

Implementasi Sistem IoT Berbasis ESP32 untuk Monitoring dan Pemberian Pakan Otomatis Ikan Lele

Nyoman Adi Andrian Kusuma Putra^{1*}, Made Adi Paramartha Putra²,
Ni Putu Noviyanti Kusuma³

^{1,2,3} Program Studi Informatika, Universitas Primakara, Denpasar, Indonesia

Email: andre.kusuma1584@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.31603/komtika.v9i2.15171>

Received: 30-10-2025, Revised: 14-11-2025, Accepted: 23-11-2025

ABSTRACT

Catfish farming is a potential sector in fulfilling the community's consumption needs. However, manual feeding methods often lead to irregular schedules and trigger cannibalism, which decreases productivity. Good's Lele fish farm, located in Batubulan, Sukawati, Gianyar, still relies on manual feeding, making it necessary to develop an automated system to improve efficiency. This system utilizes an ESP32 microcontroller and is equipped with various sensors, including a temperature sensor (DS18B20), pH sensor, turbidity sensor, ultrasonic sensor, and load cell. It is capable of monitoring water quality as well as detecting the height and weight of feed in the container. When optimal conditions are detected, the feeding mechanism is automatically activated using a servo motor and a DC motor. Monitoring data is displayed on a 20x4 I2C LCD and transmitted to a website interface accessible via devices such as laptops or smartphones. The final result of this project is an integrated system that can operate both automatically and manually via the website interface. This system enables timely and efficient fish feeding and monitoring. In addition, it is expected to help increase farm productivity and support the development of IoT-based technology in the aquaculture sector.

Keywords: *Catfish; Internet of things (IoT), Automatic feeding, Monitoring system, ESP32*

ABSTRAK

Budidaya ikan lele merupakan sektor potensial dalam memenuhi kebutuhan konsumsi masyarakat. Namun, metode pemberian pakan manual sering menyebabkan ketidakteraturan dan memicu kanibalisme, yang menurunkan produktivitas. Tambak Good's Lele di Batubulan, Sukawati, Gianyar, masih menggunakan metode manual sehingga diperlukan sistem otomatis untuk meningkatkan efisiensi. Pengembangan sistem ini memanfaatkan *microcontroller* ESP32 dan dilengkapi dengan berbagai sensor seperti sensor suhu (DS18B20), sensor pH, *turbidity* sensor, *ultrasonic*, dan *loadcell*. Sistem ini mampu memantau kualitas air serta mendeteksi tinggi dan berat pakan dalam wadah. Ketika kondisi terdeteksi sesuai, mekanisme pemberian pakan akan diaktifkan secara otomatis menggunakan motor servo dan motor DC. Data hasil pemantauan ditampilkan melalui LCD 20x4 I2C serta dikirimkan ke antarmuka *website* yang dapat diakses melalui perangkat seperti laptop atau smartphone. Hasil akhir dari proyek ini adalah sebuah sistem yang terintegrasi dan dapat bekerja secara otomatis serta manual melalui antarmuka *website*. Sistem ini memungkinkan pengawasan dan pemberian pakan ikan secara tepat waktu dan efisien. Selain itu, sistem ini juga diharapkan dapat membantu meningkatkan produktivitas tambak dan mendukung pengembangan teknologi di sektor perikanan berbasis IoT

Kata Kunci : Ikan lele, *Internet of things* (IoT), Pemberian pakan otomatis, Sistem monitoring, ESP32

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara yang memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah, termasuk dalam sektor perikanan yang menyediakan berbagai jenis ikan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi masyarakat [1]. Salah satu komoditas ikan air tawar yang banyak dibudidayakan adalah ikan lele. Ikan ini memiliki sejumlah keunggulan, seperti mudah beradaptasi dengan lingkungan, tahan terhadap penyakit, dan pertumbuhannya relatif cepat [2]. Selain itu, ikan lele juga digemari oleh masyarakat karena rasa dagingnya yang lezat, kandungan proteinnya yang tinggi, serta kemudahan dalam pengolahannya menjadi berbagai jenis makanan [3].

Kebutuhan konsumsi terhadap ikan lele yang terus meningkat menuntut sistem budidaya yang lebih efisien dan terkontrol. Namun demikian, proses budidaya ikan lele masih menghadapi berbagai tantangan, salah satunya adalah perilaku kanibalisme yang sering terjadi akibat ketidakteraturan dalam pemberian pakan maupun kekurangan asupan nutrisi [4]. Kanibalisme ini dapat menurunkan populasi ikan dalam kolam, mengurangi produktivitas, serta menimbulkan kerugian ekonomi bagi peternak [5]. Oleh karena itu, pemberian pakan dengan waktu yang konsisten dan jumlah yang tepat menjadi faktor penting dalam mencegah perilaku kanibalisme serta menjaga produktivitas budidaya ikan lele.

Perkembangan teknologi, khususnya dalam bidang *Internet of things* (IoT), membuka peluang besar untuk diterapkan dalam kegiatan budidaya perikanan. IoT merupakan konsep jaringan cerdas yang memungkinkan perangkat saling terhubung, berkomunikasi, dan bertukar data secara otomatis melalui internet [6]. Dengan teknologi ini, proses pemantauan serta pengendalian dapat dilakukan secara *real-time* tanpa harus hadir di lokasi. Pada sektor perikanan, IoT telah banyak digunakan dalam sistem pemberian pakan otomatis yang mampu mengatur jadwal pemberian pakan serta memantau kualitas air secara efisien [7][8].

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengimplementasikan teknologi IoT untuk sistem pemberian pakan ikan otomatis. Penelitian oleh [1] mengembangkan sistem berbasis IoT dengan aplikasi Blynk menggunakan Arduino Uno, ESP8266, *relay*, motor servo, dan sensor suhu air. Sistem tersebut mampu menampilkan informasi suhu dan jumlah pakan secara *real-time*. Sementara itu, penelitian oleh [9] menggunakan WEMOS D1 Mini yang terhubung ke platform ThingSpeak untuk menampilkan data suhu dan level pakan dalam bentuk grafik periodik. Meskipun demikian, penelitian-penelitian sebelumnya masih memiliki beberapa keterbatasan, antara lain belum adanya integrasi menyeluruh antara sistem pemberian pakan dengan pemantauan kualitas air seperti suhu, pH, dan kekeruhan, serta kurangnya penyesuaian terhadap karakteristik perilaku ikan lele di tambak skala kecil [10][11].

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini memiliki beberapa keunggulan dan perbedaan yang signifikan dibandingkan penelitian sebelumnya. Pertama, sistem ini menggunakan NodeMCU ESP32 sebagai *microcontroller* utama yang memiliki kinerja pemrosesan lebih tinggi dan jumlah pin GPIO yang lebih banyak dibandingkan ESP8266, sehingga mendukung integrasi lebih banyak sensor dan aktuator. Kedua, sistem ini menerapkan sensor *loadcell* untuk menakar jumlah pakan secara akurat, menggantikan metode pengukuran berdasarkan durasi buka-tutup servo yang digunakan pada penelitian terdahulu. Ketiga, sistem ini dilengkapi dengan *turbidity* sensor, sensor DS18B20, dan sensor pH meter untuk memantau kualitas air (kekeruhan, suhu, dan tingkat keasaman), memberikan hasil pemantauan yang lebih komprehensif terhadap kondisi lingkungan tambak. Selain itu, sistem juga terintegrasi

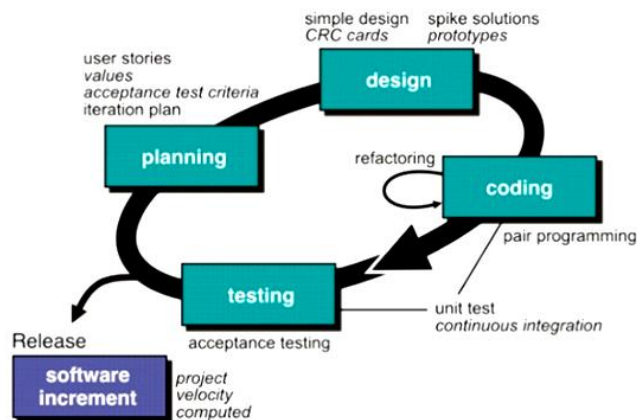
dengan *relay*, motor servo, dan LCD 20x4 I2C guna mendukung otomatisasi dan meningkatkan fungsionalitas operasional.

Keunggulan lain dari penelitian ini adalah pemanfaatan Firebase *Realtime Database* sebagai media penyimpanan data berbasis cloud. Firebase memungkinkan penyimpanan data dalam format JSON yang disinkronkan secara *real-time* ke setiap klien yang terhubung [12], sehingga mempercepat proses komunikasi antara perangkat IoT dan antarmuka pengguna. Data hasil pemantauan tersebut kemudian ditampilkan melalui *website* berbasis IoT, yang menjadi keunggulan tambahan dibandingkan pendekatan sebelumnya yang menggunakan aplikasi Telegram atau platform terbatas lainnya. *Website* merupakan kumpulan komponen *input* yang menghasilkan *output* berupa informasi dan terdiri dari beberapa halaman yang menampilkan teks, animasi, suara, gambar, atau gabungan dari semuanya, yang dapat diakses oleh pengguna kapan saja [13]. Dalam penelitian ini, *website* digunakan sebagai antarmuka utama untuk menampilkan data suhu, pH, kekeruhan air, serta status pemberian pakan, sekaligus memungkinkan pengguna untuk mengatur jadwal pakan dan memantau histori aktivitas secara *real-time* melalui berbagai perangkat dan browser.

Dengan integrasi antara *microcontroller* ESP32, sensor-sensor pendukung, Firebase, dan *website* berbasis IoT, penelitian ini berfokus untuk mengatasi keterbatasan sistem sebelumnya yang belum menyediakan sistem monitoring dan pemberian pakan otomatis yang terpadu dan adaptif terhadap kondisi tambak ikan lele. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, menjaga kualitas air, mengurangi perilaku kanibalisme, serta meningkatkan produktivitas tambak ikan lele. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini menjadi penting karena menghadirkan solusi inovatif dan komprehensif dalam penerapan teknologi IoT untuk mendukung budidaya ikan lele yang lebih modern, efektif, dan berkelanjutan.

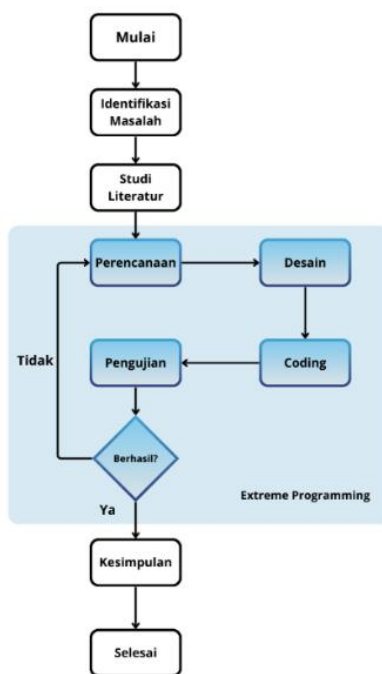
METODE

Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring dan pemberian pakan otomatis berbasis IoT pada tambak ikan lele dengan mengintegrasikan komponen seperti ESP32, *ultrasonic*, *loadcell*, motor servo, dan modul *relay*. Sistem ini mampu mencatat data seperti volume pakan, tinggi air, serta kualitas air secara otomatis dan mengatur pemberian pakan secara terjadwal. Seluruh data dikirim dan disimpan secara *real-time* ke Firebase *Realtime Database* untuk keperluan monitoring melalui antarmuka *website*. Pengembangan sistem menggunakan metode *Extreme Programming* (XP) yang bersifat iteratif dan adaptif, dengan tahapan meliputi perencanaan, desain, pengkodean, dan pengujian. Metode XP dipilih karena menekankan kepuasan pengguna, umpan balik cepat, serta rilis produk secara bertahap untuk memastikan kesalahan dapat dideteksi sejak awal dan disesuaikan dengan kebutuhan [14][15][16]. Proses pengembangan dilakukan secara berulang dalam waktu singkat agar sistem yang dihasilkan responsif, stabil, dan berkualitas tinggi. Berikut merupakan tahapan dari metode XP terdapat pada gambar 1.



Gambar 1 Metode *Extreme Programming* [17]

Tahapan penelitian ini dilakukan secara sistematis guna menghasilkan sistem monitoring dan pemberian pakan otomatis berbasis IoT yang efektif dan sesuai dengan kebutuhan lapangan. Berikut merupakan tahapan penelitian yang terdapat pada gambar 2.



Gambar 2 Tahapan Penelitian

Proses dimulai dengan tahap identifikasi masalah yang dilakukan melalui wawancara dan observasi langsung. Proses identifikasi masalah ini melibatkan peneliti dan pemilik untuk menentukan tujuan dan juga fungsi dari alat tersebut. Dalam hal ini penulis nantinya akan melaksanakan pengumpulan data untuk menganalisis, mengidentifikasi masalah dan kebutuhan secara garis besar. Tujuan dari tahap ini adalah untuk memahami permasalahan utama yang dihadapi pembudidaya ikan lele, khususnya terkait ketidakteraturan pemberian pakan serta kesulitan dalam memantau kondisi air tambak secara konsisten. Setelah permasalahan berhasil diidentifikasi, dilakukan studi literatur untuk menggali solusi yang telah dikembangkan dalam penelitian-penelitian sebelumnya. Studi ini mencakup pemanfaatan teknologi *Internet of things*, penggunaan sensor untuk pemantauan air, sistem

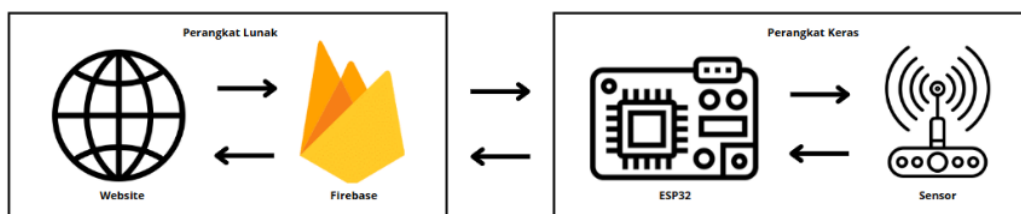
pemberian pakan otomatis, serta pemilihan metodologi pengembangan perangkat lunak yang sesuai seperti metode *Extreme Programming* (XP). Informasi dari studi ini menjadi dasar dalam menentukan pendekatan teknis dan desain sistem yang akan dikembangkan.

Tahap selanjutnya adalah perencanaan, yang berfokus pada penentuan fitur utama sistem seperti otomatisasi pemberian pakan dan pemantauan kualitas air secara *real-time*. Di samping itu, disusun juga jadwal kerja yang bersifat iteratif agar pengembangan dapat dilakukan secara bertahap berdasarkan kebutuhan dan masukan dari pengguna lapangan. Dalam tahap desain, dilakukan perancangan struktur sistem secara menyeluruh, termasuk pemilihan jenis sensor dan modul yang akan digunakan. Skema alat dirancang menggunakan aplikasi Fritzing untuk memastikan seluruh komponen dapat terhubung dengan baik dan berfungsi sesuai dengan perannya dalam sistem. Desain ini menjadi acuan utama pada tahap implementasi sistem.

Tahap pengkodean dilakukan menggunakan Arduino IDE untuk pemrograman perangkat keras dengan bahasa C++, serta Laravel sebagai *framework* PHP untuk pengembangan sistem monitoring berbasis web. Setiap fitur yang dikembangkan langsung diuji secara lokal untuk memastikan fungsionalitas dasarnya berjalan baik sebelum digabungkan ke sistem utama. Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *blackbox*, baik pada perangkat keras maupun perangkat lunak. Uji coba dilakukan secara langsung di lingkungan tambak. Jika ditemukan kendala, dilakukan perbaikan dan penyesuaian sistem hingga fitur berfungsi dengan baik. Setelah sistem dinyatakan berhasil dalam pengujian, tahap implementasi dapat dilakukan.

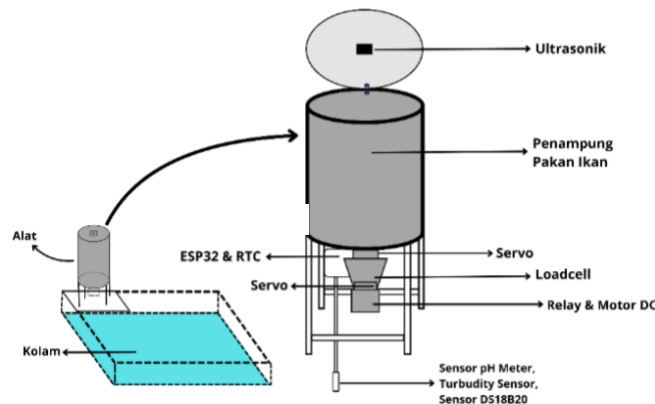
Sebagai penutup, dilakukan evaluasi terhadap sistem yang telah dibangun. Evaluasi ini mencakup penilaian terhadap kinerja sistem secara keseluruhan, identifikasi kelebihan dan kekurangan sistem, serta pemberian rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut. Tujuannya adalah agar sistem dapat terus ditingkatkan guna mendukung efisiensi dan produktivitas dalam budidaya ikan lele secara berkelanjutan.

Pada perancangan sistem ini, peneliti melakukan *input* waktu dan takaran pakan ikan pada *website* yang dapat diakses di berbagai perangkat keras. Selanjutnya data yang di *input* akan di simpan oleh Firebase yang kemudian dikirim ke ESP32 kemudian dari ESP32 akan mengirim data pada sensor-sensor. Peneliti melakukan monitoring sensor seperti monitoring suhu dan pH pada *website*. Rancangan penelitian secara umum dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 3 Rancangan Penelitian

Untuk menciptakan sistem pemberian pakan ikan yang efisien dan otomatis, berbagai komponen teknologi diterapkan dalam rancangan alat ini. Rancangan alat pakan ikan dapat dilihat pada gambar 4 dan berikut ini adalah penjelasan mengenai komponen utama yang digunakan dalam sistem ini serta fungsinya masing-masing:



Gambar 4 Rancangan Alat Pakan

1. Sensor *ultrasonic* HC-SR04 ditempatkan di bagian dalam tutup bak penyimpanan pakan ikan untuk mengukur ketinggian sisa pakan yang ada. Dengan mendeteksi jarak antara sensor dan permukaan pakan, sistem dapat mengestimasi volume pakan yang tersisa secara akurat.
2. Tabung penyimpanan pakan ikan memiliki kapasitas 30 liter dan berbentuk drum, mampu menampung sekitar 30.000 gram pakan ikan atau setara dengan 30 kilogram. Bentuk drum memastikan distribusi pakan yang merata dan mudah dikelola.
3. Pemasangan Servo diletakkan di bagian bawah tabung penyimpanan pakan dan berfungsi untuk mengatur buka-tutup saluran keluaran pakan. Ini memungkinkan pakan mengalir dari tabung penyimpanan ke tempat takaran pakan dengan kontrol yang presisi.
4. Tempat takaran pakan dibuat berbentuk jorong dan berfungsi sebagai wadah sementara untuk menampung pakan sebelum ditimbang. Desain ini memudahkan proses pengukuran jumlah pakan yang akan diberikan ke ikan.
5. Kotak *microcontroller* ditempatkan di dalam sebuah kotak pelindung untuk menjaga perangkat tetap aman dari kelembapan, debu, dan faktor lingkungan lainnya. Kotak ini memastikan stabilitas dan keandalan sistem kontrol.
6. Fungsi servo dan *loadcell* Di bagian bawah tabung penyimpanan pakan, servo dan *loadcell* dipasang untuk melakukan penimbangan pakan. Servo mengeluarkan pakan ke tempat takaran, sementara *loadcell* mengukur berat pakan dengan akurasi tinggi untuk memastikan pemberian pakan sesuai kebutuhan.
7. Pelempar pakan menggunakan motor DC yang dirancang untuk menyebarkan pakan hingga jarak yang lebih jauh. Sistem ini memungkinkan pakan menjangkau ikan yang berada di area yang lebih luas di danau.
8. Sensor DS18B20 dipasang untuk mengukur suhu air di danau, sedangkan sensor pH air digunakan untuk memantau tingkat pH. *Turbidity* sensor dipasang untuk mengetahui kekeruhan air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini membahas proses pengembangan alat pemberian pakan ikan otomatis berbasis *website* yang dilakukan menggunakan metode *Extreme Programming* (XP). Metode ini mencakup lima tahapan utama, yaitu perencanaan, perancangan, pengkodean, pengujian,

dan implementasi. Seluruh tahapan tersebut dilaksanakan secara bertahap dalam dua kali iterasi agar alat yang dikembangkan dapat berfungsi optimal sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Iterasi Pertama

Pada iterasi pertama, proses pengembangan sistem dilakukan dengan mengikuti tahapan metode Extreme Programming (XP), yang meliputi tahap perencanaan, perancangan (desain), pengkodean, dan pengujian. Iterasi ini dimulai dari tahap perancangan sistem untuk membangun dasar fungsi utama yang akan dikembangkan pada sistem secara keseluruhan.

Pada tahap awal perancangan, dilakukan wawancara dengan pemilik usaha budidaya ikan lele yang telah beroperasi sejak tahun 2020. Ditemukan permasalahan utama pada aspek pemberian pakan yang masih manual dan tidak konsisten, serta tidak adanya pemantauan kualitas air kolam. Permasalahan ini berisiko menyebabkan stres dan kanibalisme pada ikan, serta kerugian ekonomi. Oleh karena itu, dirancang sistem otomatisasi pemberian pakan dan pemantauan kualitas air berbasis IoT.

Kebutuhan fungsional sistem meliputi penggunaan ESP32 sebagai *microcontroller* utama, motor servo/DC sebagai aktuator pemberi pakan, serta sensor DS18B20, pH, dan *turbidity* untuk memantau kondisi air. Komponen pendukung seperti LCD, buzzer, dan push button juga disiapkan untuk interaksi sistem. Kebutuhan nonfungsional mencakup koneksi internet, pasokan daya yang stabil, perangkat monitoring (PC/*smartphone*), serta perlindungan alat dari air dan korosi.

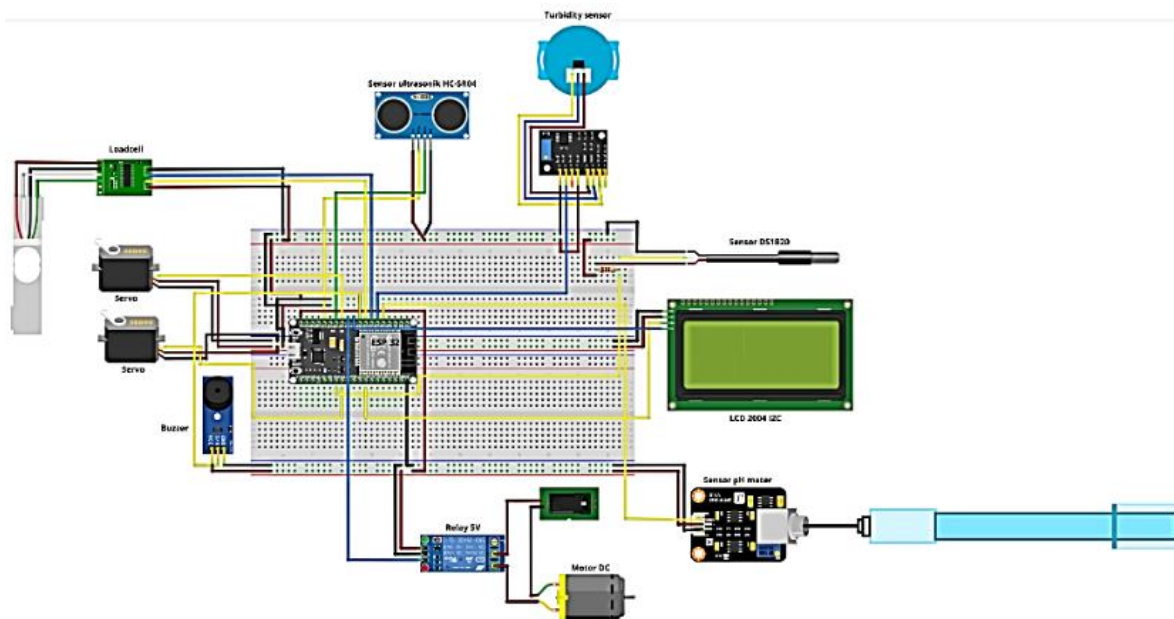
Sebagai hasil awal, disusun flowchart alur kerja sistem seperti pada gambar 5 untuk dua fungsi utama: otomatisasi pemberian pakan dan pemantauan kualitas air, yang menjadi dasar implementasi sistem pada tahap berikutnya.



Gambar 5 Flowchart Pemberian Pakan Otomatis

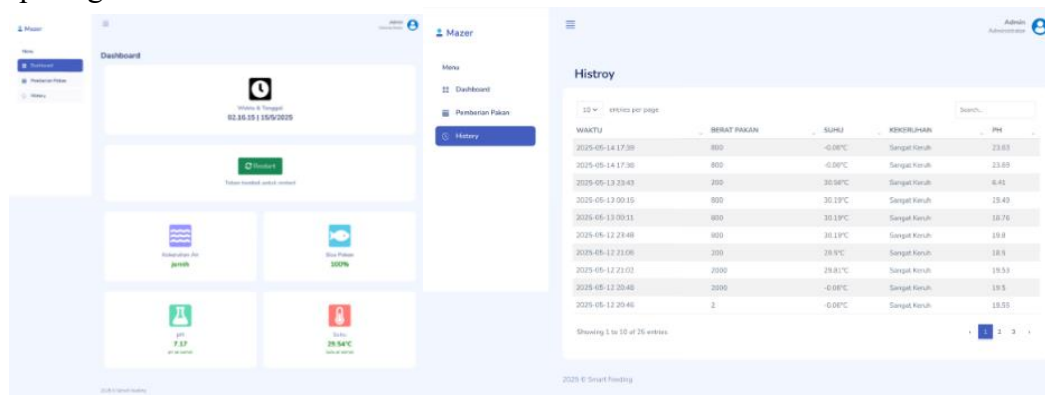
Tahap desain berfokus pada perancangan sistem otomatisasi pemberian pakan dan pemantauan kualitas air kolam ikan lele, yang mencakup desain perangkat keras dan perangkat lunak berbasis web. Desain perangkat keras melibatkan konfigurasi enam *input* utama, yaitu sensor *turbidity*, pH, DS18B20, *ultrasonic*, *loadcell*, dan *push button*, yang terhubung ke *microcontroller* ESP32. *Output* sistem meliputi pengendalian motor (via L298N), LCD, buzzer, serta dua servo yang mengatur distribusi pakan. Seluruh komponen

disusun pada PCB untuk stabilitas dan kemudahan perawatan. Desain perangkat terdapat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6 Desain Alat

Desain perangkat lunak dilakukan melalui Figma, dengan halaman utama berupa *dashboard* monitoring, jadwal pemberian pakan, riwayat pakan, dan *login*. Antarmuka dirancang agar responsif dan *user-friendly*, memungkinkan pengguna memantau dan mengontrol sistem secara *real-time* melalui perangkat apapun. Desain perangkat lunak dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Desain *Website* Pemberian Pakan dan Monitoring

Tahap pengkodean meliputi proses pemrograman *microcontroller* ESP32 untuk membaca data sensor dan mengendalikan aktuator, serta pengembangan sistem *website* untuk menampilkan dan mengelola data secara *real-time*. Perakitan perangkat keras pada gambar 8 diawali dengan pemasangan komponen seperti *loadcell*, motor servo, motor DC, LCD, serta sensor pH, suhu (DS18B20), dan *turbidity*, yang seluruhnya diintegrasikan melalui PCB agar sistem lebih rapi dan stabil. ESP32 dikonfigurasi untuk terhubung ke Wi-Fi guna mengirimkan data sensor ke Firebase secara berkala. Antarmuka LCD menampilkan informasi kondisi kolam secara langsung, sementara data yang dikirim ke Firebase dapat

diakses melalui *website*. Proses ini memastikan sistem bekerja secara otomatis, terintegrasi, dan dapat dipantau jarak jauh secara efisien



Gambar 8 Rakitan Sensor

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *black box testing* untuk memastikan bahwa seluruh fungsi berjalan sesuai spesifikasi tanpa memeriksa proses internal. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1 Pengujian Iterasi

<i>Testing Ultrasonic</i>			
Fitur yang Diuji	Input yang Diberikan	Output yang Diharapkan	Hasil Uji
Pembacaan Sensor <i>Ultrasonic</i>	Ketinggian pakan rendah (sedikit)	Data menunjukkan berapa persen pakan tersisa dan muncul notifikasi perlu mengisi stok pakan	Berhasil
Pembacaan Sensor <i>Ultrasonic</i>	Ketinggian pakan tinggi (penuh)	Data menunjukkan persenan sisa pakan	Berhasil
<i>Testing Sensor pH</i>			
Fitur yang Diuji	Input yang Diberikan	Output yang Diharapkan	Hasil Uji
Pembacaan Sensor pH asam	Air dengan pH dibawah 6	Nilai pH tampil di LCD dibawah 6 dan memunculkan notifikasi “pH air asam”	Berhasil
Pembacaan Sensor pH basa	Air dengan pH diatas 9	Nilai pH tampil di LCD di atas 9 dan memunculkan notifikasi “pH air basa”	Berhasil
<i>Testing Turbidity Sensor</i>			
Fitur yang Diuji	Input yang Diberikan	Output yang Diharapkan	Hasil Uji
Pembacaan <i>Turbidity Sensor</i>	Air jernih	Nilai kekeruhan tampil di LCD “Air Jernih”	Berhasil

Tabel 2 Lanjutan Pengujian Iterasi

Pembacaan <i>Turbidity Sensor</i>	Air agak keruh	Nilai kekeruhan tampil LCD “Air agak keruh”	Berhasil
Pembacaan <i>Turbidity Sensor</i>	Air Keruh	Nilai kekeruhan tampil LCD “Air keruh”	Berhasil
<i>Testing Sensor Suhu DS18B20</i>			
Fitur yang Diuji	Input yang Diberikan	Output yang Diharapkan	Hasil Uji
Pembacaan Sensor Suhu DS18B20	Air pada suhu rendah	Nilai suhu tampil pada LCD dibawah 16°C dan memberikan notifikasi suhu air rendah	Berhasil
Pembacaan Sensor Suhu DS18B20	Air pada suhu tinggi	Nilai suhu tampil pada LCD diatas 16°C dan memberikan notifikasi suhu air tinggi	Berhasil
<i>Testing Loadcell</i>			

Fitur yang Diuji	Input yang Diberikan	Output yang Diharapkan	Hasil Uji
Pembacaan <i>Loadcell</i>	Pakan ditimbang 1000 gram	Berat tampil di LCD dari mulai mengukur hingga selesai	Berhasil
Testing Servo			
Fitur yang Diuji	Input yang Diberikan	Output yang Diharapkan	Hasil Uji
Servo 1 (Penjatuhan ke Timbangan)	Pemberikan pakan	Servo akan aktif membuka 45° untuk menjatuhkan pakan ketimbangan sesuai takaran yang ditentukan	Berhasil
Servo 2 (Menjatuhkan ke Baling-Baling)	Timbangan penuh sesuai takaran yang ditentukan	Servo membuka jalur pakan ke baling-baling	Berhasil
Testing Motor DC			
Fitur yang Diuji	Input yang Diberikan	Output yang Diharapkan	Hasil Uji
Motor DC	Perintah pemberian pakan	Motor dc akan aktif saat pakan sudah mulai menimbang	Berhasil
Testing Push Button			
Fitur yang Diuji	Input yang Diberikan	Output yang Diharapkan	Hasil Uji
Reset Sistem (Push Button)	Tekan tombol reset	Sistem restart, LCD kembali ke tampilan awal	Berhasil
Testing Buzzer			
Fitur yang Diuji	Input yang Diberikan	Output yang Diharapkan	Hasil Uji
Buzzer Aktif	Kondisi error atau peringatan	Buzzer berbunyi	Berhasil

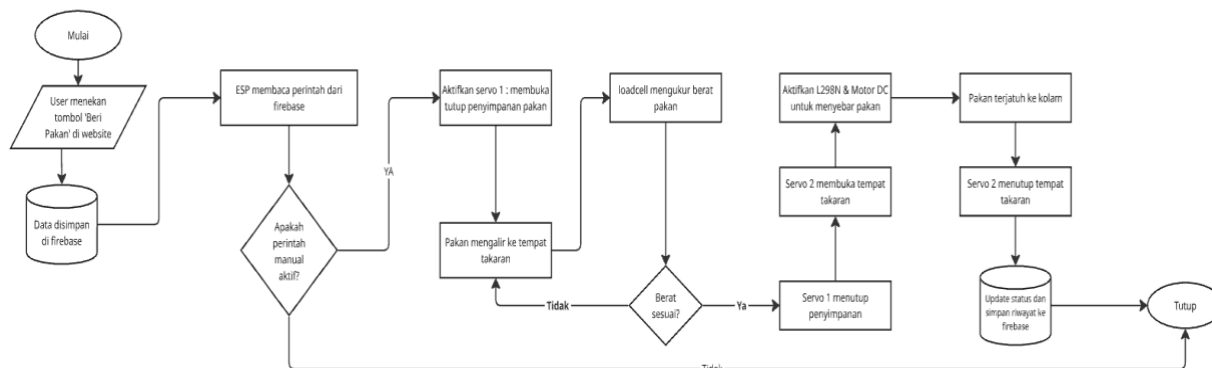
Pengujian difokuskan pada *input-output* dari sensor (*ultrasonic*, pH, *turbidity*, suhu DS18B20, dan *loadcell*) serta respons aktuator (*buzzer*, motor DC, dan dua *motor servo*), termasuk fitur reset melalui *push button*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua komponen berfungsi dengan baik dan sistem dinyatakan layak digunakan. Namun, dari evaluasi pengguna, muncul kebutuhan tambahan berupa fitur pemberian pakan manual dan pengaturan arah pelontaran pakan. Berdasarkan masukan ini, dilakukan iterasi kedua sebagai upaya pengembangan sistem lebih lanjut.

Iterasi Kedua

Pada iterasi kedua, pengembangan sistem kembali dilakukan mengikuti tahapan *Extreme Programming (XP)*, yang meliputi *perencanaan*, *perancangan (desain)*, *pengkodean*, *pengujian*, serta dilanjutkan ke tahap *implementasi*. Iterasi ini difokuskan pada penyempurnaan hasil dari iterasi pertama, penambahan fitur pendukung, perbaikan bug, serta penerapan sistem secara langsung pada lingkungan tambak untuk menguji kinerja dan keandalannya dalam kondisi nyata.

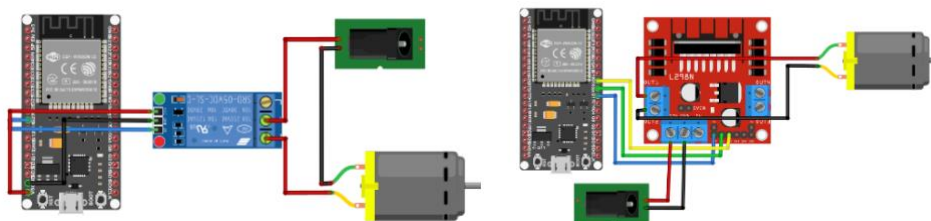
Proses perancangan sistem dilakukan secara *iteratif* dengan mempertimbangkan masukan dari pemilik tambak setelah dilakukan pengujian awal terhadap prototipe sistem. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dilakukan beberapa penyesuaian fungsional guna meningkatkan fleksibilitas dan efektivitas penggunaan sistem di lapangan. Penyesuaian yang dilakukan antara lain penambahan fitur pemberian pakan secara manual serta penambahan pengaturan jarak pelontaran pakan sesuai dengan kebutuhan kolam. Dengan adanya penyesuaian ini, alur kerja sistem diperbarui sehingga dapat mengakomodasi skenario kontrol

manual sekaligus pengaturan jarak distribusi pakan yang lebih sesuai dengan kondisi tambak. Alur lengkap sistem setelah modifikasi tersebut ditampilkan pada gambar 9 berikut.



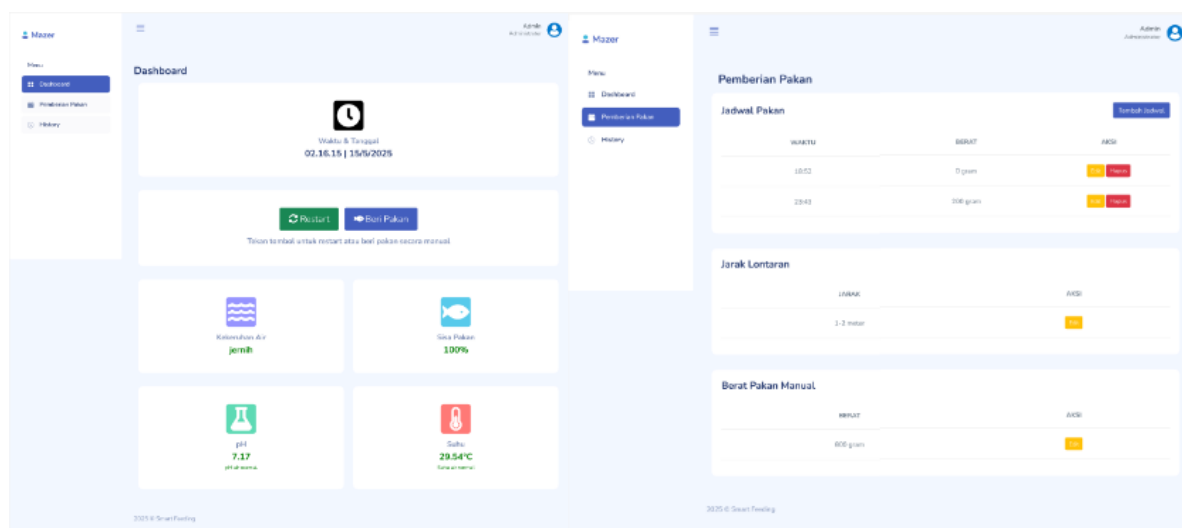
Gambar 9 Alur Sistem Pemberian Pakan Manual

Berikut merupakan desain fitur untuk pemberian pakan secara manual dapat dilihat pada gambar 10. Selain itu pada pengaturan pelontaran pakan maka ditambahkan modul L298N untuk mengatur kecepatan baling baling saat pakan jatuh. Berikut desain fritzing untuk rangkaian pengganti *relay* 5V ke Modul L298N:



Gambar 10 Desain Rancangan Iterasi kedua

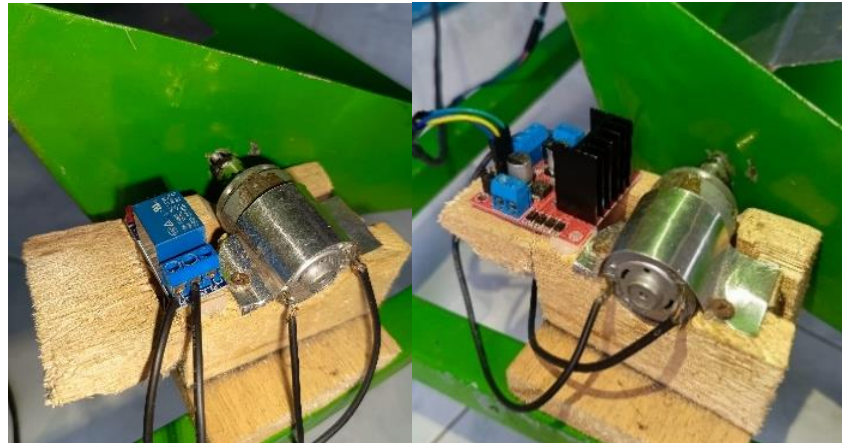
Berikut desain *website* dari penambahan dua fitur terdapat pada gambar 11.



Gambar 11 Desain Iterasi kedua

Pada tahap pengkodean iterasi kedua, dilakukan sejumlah penambahan dan modifikasi kode program guna mengimplementasikan fitur-fitur tambahan yang diminta oleh pemilik

tambak. Perubahan ini mencakup integrasi fitur pemberian pakan secara manual serta pengaturan kecepatan motor DC pada baling-baling guna menyesuaikan jarak pelontaran pakan. Untuk mendukung fungsi pengaturan kecepatan motor, digunakan modul L298N sebagai driver motor. Modul ini memungkinkan kontrol kecepatan dan arah putaran motor DC melalui sinyal PWM dari *microcontroller* ESP32. Skema pemasangan modul L298N pada sistem dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Perubahan Modul *Relay* ke L298N

Pengujian dilakukan terhadap fitur pemberian pakan secara manual serta modul pengukur kecepatan motor DC, yang berfungsi untuk mengatur jarak pelontaran pakan. Hasil dari pengujian tersebut disajikan pada tabel 3

Tabel 3 Pengujian Iterasi Kedua

Fitur yang Diuji	Input yang Diberikan	Output yang Diharapkan	Hasil Uji
Tombol Pemberian Pakan Manual	Klik Tombol Pakan Manual	Setelah di klik maka alat akan langsung menimbang untuk proses pelontaran pemberian pakan pada ikan	Berhasil
Modul L298N	Mengatur jarak pelontaran pakan dengan cara mengatur kecepatan menggunakan modul melalui <i>website</i>	Pakan akan terlontar jauh jika kecepatan modul di naikan dan akan terlontar dekat jika kecepatan dikurangi	Berhasil

Berdasarkan tabel 2, dapat disimpulkan bahwa fitur yang ditambahkan telah berfungsi dengan baik dan modul yang digunakan mampu memenuhi kebutuhan pengguna. Selain itu, pemilik tambak tidak memberikan masukan tambahan untuk pengembangan sistem. Oleh karena itu, proses pengembangan dihentikan pada iterasi kedua dan tidak dilanjutkan ke iterasi selanjutnya.



Gambar 13 Hasil Akhir Alat

Pada gambar 13 menunjukkan sistem pemberian pakan otomatis dan monitoring kualitas air yang terdiri dari *microcontroller* ESP32, sensor ultrasonic, *loadcell*, sensor suhu (DS18B20), pH, dan *turbidity*. Sistem ini mengatur pemberian pakan secara otomatis menggunakan motor servo dan motor DC berdasarkan data sensor, dengan hasil pembacaan ditampilkan di LCD 20x4 I2C dan dikirim ke antarmuka *website*. Pengguna juga dapat mengontrol pemberian pakan secara manual melalui *website*, dan data dapat diakses secara *real-time*.

Pada Gambar 14 ditunjukkan perangkat pemberian pakan otomatis yang telah dikembangkan, diimplementasikan, dan diuji secara langsung di Tambak Good's Lele, Batubulan, Gianyar, selama kurang lebih seminggu untuk memastikan sistem berjalan dengan baik pada kondisi operasional nyata. Sistem ini dirancang dengan dua mode kerja, yaitu otomatis dan manual. Pada mode otomatis, jadwal pemberian pakan diatur melalui *website* dan disimpan pada basis data Firebase. Pengguna dapat menentukan sendiri waktu pemberian pakan, misalnya pada pukul 10.00 dan 17.00, serta dapat mengubah jadwal tersebut kapan pun sesuai kebutuhan. Ketika waktu perangkat sesuai dengan jadwal yang tersimpan, mikrokontroler ESP32 akan mengeksekusi perintah pemberian pakan secara otomatis.



Gambar 14 Implementasi Perangkat di Lokasi Studi Kasus Tambak Good's Lele

Selain itu, sistem juga mendukung mode manual, di mana pengguna dapat memberikan pakan secara langsung tanpa harus menunggu waktu yang telah diinput. Mode ini berguna untuk kondisi tertentu, seperti saat dilakukan penyesuaian jumlah pakan, uji coba perangkat, atau situasi darurat.

Proses distribusi pakan dikendalikan oleh motor dinamo yang membuka katup wadah pakan berdasarkan berat yang terdeteksi oleh sensor loadcell, sehingga takaran pakan sesuai dengan nilai yang ditentukan. Sementara itu, sensor pH, suhu, dan turbidity digunakan untuk memantau kondisi air sebelum dan sesudah proses pemberian pakan. Seluruh data sensor ditampilkan pada LCD 20x4 I2C dan disimpan ke Firebase, sehingga pengguna dapat memantau kondisi tambak serta aktivitas pemberian pakan melalui dashboard website secara real-time. Dengan demikian, sistem ini mampu melakukan pemberian pakan secara otomatis maupun manual, sekaligus menyediakan pemantauan kondisi tambak yang efisien dan mudah diakses dari jarak jauh.

Hasil data yang diperoleh selama proses pengujian sistem ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5. Tabel tersebut berisi data pembacaan dari sensor loadcell, pH, suhu, dan turbidity yang diambil secara berkala selama pengujian berlangsung.

Tabel 4 Hasil Data Tahap Pengujian

Tanggal	Waktu	Berat Pakan	Kekeruhan	pH	Suhu
20-05-25	10.00	1000	Agak Keruh	5.44	29.65
20-05-25	17.00	1000	Sangat Keruh	6.35	27.01
21-05-25	10.00	1000	Sangat Keruh	4.68	29.22
21-05-25	17.00	1000	Agak Keruh	5.24	28.46
22-05-25	10.00	1000	Sangat Keruh	4.52	29.89
22-05-25	17.00	1000	Agak Keruh	6.95	27.13
23-05-25	10.00	1000	Sangat Keruh	4.97	29.30
23-05-25	17.00	1000	Agak Keruh	6.80	27.10
24-05-25	10.00	1000	Agak Keruh	5.18	29.20
24-05-25	17.00	1000	Agak Keruh	4.27	27.63
25-05-25	10.00	1000	Sangat Keruh	6.71	29.10

Tabel 5 Lanjutan Hasil Data Tahap Pengujian

Tanggal	Waktu	Berat Pakan	Kekeruhan	pH	Suhu
25-05-25	17.00	1000	Sangat Keruh	4.72	27.62
26-05-25	10.00	1000	Sangat Keruh	6.63	29.89
26-05-25	17.00	1000	Sangat Keruh	4.66	27.92

Berdasarkan hasil tersebut, sistem mampu menjalankan pemberian pakan sesuai jadwal dengan tingkat keakuratan berat pakan yang stabil, serta menampilkan data kondisi air secara real-time pada website. Data pada Tabel 4 dan Tabel 5 juga menunjukkan bahwa nilai sensor berada dalam rentang normal untuk budidaya ikan lele, sehingga sistem dapat dikatakan bekerja dengan baik dalam kondisi operasional sebenarnya.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem pemberian pakan otomatis dan monitoring kualitas air berbasis IoT menggunakan *microcontroller* ESP32. Sistem terintegrasi dengan sensor *ultrasonic*, *loadcell*, *turbidity sensor*, suhu (DS18B20), dan pH serta aktuatur motor servo dan motor DC. Data sensor ditampilkan secara *real-time* pada LCD 20x4 I2C dan antarmuka *website*. Pengembangan pada iterasi kedua menambahkan fitur pemberian pakan manual melalui *website* dan pengaturan kecepatan pelontar pakan dengan modul L298N. Umpan balik pengguna menunjukkan sistem yang fleksibel, responsif, dan berpotensi dikembangkan lebih lanjut sesuai kebutuhan budidaya ikan lele.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mempertimbangkan beberapa pengembangan lanjutan guna meningkatkan kinerja dan cakupan sistem. Salah satu pengembangan yang direkomendasikan adalah penambahan fitur kamera cerdas yang mampu melakukan deteksi gerakan ikan, pengukuran tingkat kekeruhan air, serta analisis perilaku ikan secara *real-time*. Fitur ini dapat dikombinasikan dengan teknologi berbasis kecerdasan buatan untuk meningkatkan efektivitas monitoring serta mendukung pengambilan keputusan secara otomatis. Selain itu, disarankan pula pengembangan sistem distribusi pakan yang dapat menjangkau beberapa kolam sekaligus, sehingga proses pemberian pakan menjadi lebih efisien dan merata, terutama dalam skala budidaya yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. G. D. A. Yadnya, I. G. J. E. Putra, and I. N. Purnama, "Perancangan Alat Pemberian Pakan Ikan Berbasis *Internet of things*," *Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer*, vol. 19, pp. 411–424, 2023.
- [2] S. K. H. Nasution, Rahmanta, and V. R. Manurung, "Pelatihan Budidaya Ikan Lele Pada Kolam Terpal Dalam Rangka Meningkatkan Pendapatan Masyarakat Di Desa Sei Semayang Kecamatan Sunggal Kabupaten Deli Serdang," *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 5, no. 1, pp. 379–386, 2024, doi: 10.31949/jb.v5i1.7716.
- [3] E. Ciptawati, I. B. Rachman, H. O. Rusdi, and M. Alvionita, "Analisis Perbandingan Proses Pengolahan Ikan Lele terhadap Kadar Nutrisinya," *Indonesian Journal of Chemical Analysis*, vol. 04, no. 01, pp. 40–46, 2021, doi: 10.20885/ijca.vol4.iss1.art5.
- [4] K. N. Siregar, F. Maulana, M. Zairin Jr., A. Alimuddin, and W. Widanarni, "Controlling the cannibalism of African catfish juvenile by 17 β -estradiol hormone administration and the stocking density determination," *Jurnal Akuakultur Indonesia*, vol. 20, no. 1, pp. 72–81, Jun. 2021, doi: 10.19027/jai.20.1.72-81.
- [5] S. Tangguda, "Manajemen Pemberian Pakan Pada Pembesaran Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias Gariepinus*) Di Balai Benih Ikan (BBI) Lewa, Sumba Timur, NTT," *JURNAL MEGAPTERA*, vol. 1, no. 1, p. 39, Nov. 2022, doi: 10.15578/jmtr.v1i1.11836.
- [6] I. K. D. A. Oka, B. P. W. Nirmala, and M. A. P. Putra, "Model IoT Berbasis Fuzzy Tsukamoto Untuk Penyemprotan Pestisida Otomatis Pada Tanaman Sayur Kubis," *Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer*, vol. 18, no. 2, 2022.
- [7] A. G. Prawiyogi and A. S. Anwar, "Perkembangan *Internet of things* (IoT) pada Sektor Energi : Sistematis Literatur Review," *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 2, pp. 187–197, Jan. 2023, doi: 10.34306/mentari.v1i2.254.
- [8] C. Christiand, A. Dwinanda Soewono, M. Darmawan, H. Sutanto, and F. Wenehenubun, "Rancang Bangun Alat Pemberi Pakan Otomatis Untuk Budidaya Ikan Lele Di Pondok Aren," *J-Dinamika : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 7, no. 2, pp. 187–192, Aug. 2022, doi: 10.25047/j-dinamika.v7i2.2888.
- [9] R. R. Prabowo and R. T. Subagio, "Sistem Monitoring Dan Pemberian Pakan Otomatis Pada Budidaya Ikan Menggunakan Wemos Dengan Konsep *Internet of things* (IoT)," *Jurnal Digit: Digital of Information Technology*, vol. 10, no. 2, pp. 185–195, 2020.

- [10] D. Ratnasari, N. Astuti, and R. R. Manullang, “Analisis Studi Kelayakan Bisnis Usaha Ikan Hias Lokal Khas Bangka Belitung Di Wilayah Kota Pangkalpinang (Tahun 2020-2021),” *Jurnal Media Wahana Ekonomika*, vol. 18, no. 4, pp. 444–467, 2022.
- [11] R. Anindita, A. A. Sadiyah, N. Khoiriyah, and D. R. Nendyssa, “The demand for beef in Indonesian urban,” *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 411, no. 1, Jan. 2020, doi: 10.1088/1755-1315/411/1/012057.
- [12] M. Bagus, R. Huda, and W. D. Kurniawan, “Analisa Sistem Pengendalian Temperatur Menggunakan Sensor DS18B20 Berbasis *Microcontroller* Arduino,” *JRM*, vol. 7, no. 2, pp. 18–23, 2022.
- [13] I. G. A. A. E. Mayra, I. N. Y. A. Wijaya, A. A. G. A. M. Putra, and N. P. N. Kusuma, “Rancang Bangun Sistem Informasi Bank Sampah Pada Yayasan Mulung Parahita Padma Negara Berbasis *Website* Dengan Metode Prototype,” *INFOTECH journal*, vol. 11, no. 2, pp. 148–157, Jul. 2025, doi: 10.31949/infotech.v11i2.14874.
- [14] T. Ardiansah, Y. Rahmanto, and Z. Amir, “Penerapan Extreme Programming Dalam Sistem Informasi Akademik SDN Kuala Teladas,” *Journal of Information Technology, Software Engineering and Computer Science (ITSECS)*, vol. 1, no. 2, 2023, doi: 10.58602/itsecs.v1i2.25.
- [15] A. A. Mutezar and U. Salamah, “Pengembangan Sistem Manajemen Event Pameran Karya Mahasiswa Menggunakan Metode Extreme Programming,” *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 5, no. 4, pp. 809–819, Aug. 2021, doi: 10.29207/resti.v5i4.3249.
- [16] J. Yudhistira, “Perancangan Sistem Informasi Ujian Online Menggunakan Metode Extreme Programming,” *Journal of Artificial Intelligence and Technology Information (JAITI)*, vol. 2, no. 2, 2024, doi: 10.58602/jaiti.v2i2.122.
- [17] M. Karimah, E. S. Eriana, and H. Haerudin, “Implementasi Metode Extreme Programming pada Pembuatan E-Ticketing,” *Spectrum: Multidisciplinary Journal*, vol. 1, no. 2, 2024.

