

# Pengembangan Sistem Pakan Ikan Otomatis Berbasis IoT dengan Penjadwalan Berbasis Web pada Budidaya Nila

Slamet Rahayu<sup>1,\*</sup>, Mohammad Iqbal<sup>2</sup>, Roni Suhartono<sup>3</sup>, Bagus Rino Arfian<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup>Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer, Politeknik Negeri Subang, Subang, Indonesia

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Subang, Subang, Indonesia

\*email: slamet@polsub.ac.id

**Abstrak**— Pakan merupakan komponen biaya terbesar dalam budidaya ikan nila, sehingga efisiensi dalam pengelolaannya menjadi faktor penting untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan usaha budidaya. Pada praktik konvensional, pemberian pakan masih dilakukan secara manual sehingga sering terjadi ketidaktepatan jumlah pakan, ketidakteraturan jadwal pemberian pakan, serta distribusi pakan yang tidak merata. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan pemborosan pakan, menurunkan kualitas lingkungan perairan, serta menghambat pertumbuhan ikan secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pakan ikan otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dilengkapi dengan fitur penjadwalan pemberian pakan melalui aplikasi berbasis web pada budidaya ikan nila. Metode pengembangan sistem menggunakan pendekatan *Waterfall* yang meliputi tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama, sensor load cell untuk mengukur berat pakan, motor servo untuk mengatur bukaan katup pakan, motor DC sebagai mekanisme distribusi pakan, serta modul Real Time Clock (RTC) untuk pengaturan jadwal pemberian pakan. Sistem juga dilengkapi antarmuka berbasis web yang memungkinkan pengguna mengatur jumlah dan waktu pemberian pakan secara real-time melalui jaringan internet. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendistribusikan pakan dengan tingkat akurasi sebesar 97,6% dengan rata-rata kesalahan  $\pm 2,4\%$ . Implementasi sistem ini berhasil mengurangi penggunaan pakan hingga sekitar 15% dibandingkan metode manual dan menghasilkan nilai *Feed Conversion Ratio* (FCR) sebesar 1,46, lebih baik dibandingkan metode konvensional dengan FCR sebesar 2,00. Selain itu, sistem ini juga meningkatkan pertumbuhan ikan, keseragaman ukuran, serta tingkat kelangsungan hidup ikan nila. Dengan demikian, sistem pakan ikan otomatis berbasis IoT dengan penjadwalan melalui aplikasi web dapat menjadi solusi teknologi yang efektif untuk meningkatkan efisiensi pakan dan produktivitas budidaya ikan nila.

**Kata Kunci:** *Internet of Things* (IoT), Sistem Pakan Ikan Otomatis, ESP32, Budidaya Ikan Nila, *Feed Conversion Ratio* (FCR).

**Abstract**— Feed constitutes the largest cost component in Nile tilapia aquaculture; therefore, efficient feed management is essential to improve productivity and sustainability in fish farming practices. In conventional aquaculture systems, feeding is commonly conducted manually, which often leads to inaccurate feed dosage, irregular feeding schedules, and uneven feed distribution. These conditions may result in feed wastage, deterioration of water quality, and suboptimal fish growth. This study aims to design and implement an *Internet of Things* (IoT)-based automatic fish feeding system equipped with a scheduling feature through a web-based application for Nile tilapia cultivation. The system development follows the *Waterfall* method, which includes requirement analysis, system design, implementation, testing, and maintenance stages. The system is developed using an ESP32 microcontroller as the main controller, a load cell sensor for measuring feed weight, a servo motor to regulate the feed valve opening, a DC motor as the feed distribution mechanism, and a Real Time Clock (RTC) module to control feeding schedules. In addition, a web-based interface is provided to enable users to configure feeding quantity and schedules in real time via an internet connection. The experimental results indicate that the system is capable of distributing feed with an accuracy of 97.6%, with an average error of  $\pm 2.4\%$ . The implementation of the proposed system reduces feed consumption by approximately 15% compared to manual feeding methods and achieves a *Feed Conversion Ratio* (FCR) of 1.46, which is better than the conventional method with an FCR of 2.00. Furthermore, the system improves fish growth, size uniformity, and survival rate of Nile tilapia. Therefore, the proposed IoT-based automatic feeding system with web-based scheduling provides an effective technological solution for improving feed efficiency and productivity in Nile tilapia aquaculture.

**Keywords:** *Internet of Things* (IoT), Automatic Fish Feeding System, ESP32, Nile Tilapia Cultivation, *Feed Conversion Ratio* (FCR).

## 1. PENDAHULUAN

Budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu sektor perikanan yang berkembang pesat di Indonesia karena memiliki tingkat adaptasi lingkungan yang tinggi, pertumbuhan relatif cepat, serta permintaan pasar yang stabil[1]. Komoditas ini banyak dibudidayakan oleh masyarakat karena mampu memberikan nilai ekonomi yang cukup baik dan berpotensi meningkatkan ketahanan pangan berbasis protein hewani. Namun, keberhasilan kegiatan budidaya ikan nila sangat dipengaruhi oleh manajemen pakan yang tepat dan efisien. Dalam kegiatan budidaya, pakan menempati porsi biaya terbesar, yaitu mencapai lebih dari 60% dari total biaya produksi. Oleh karena itu, pengelolaan pakan yang tidak efisien dapat menyebabkan pemborosan, menurunkan produktivitas budidaya, serta mengurangi keuntungan pembudidaya[2][3].

Pada praktik budidaya konvensional, pemberian pakan masih banyak dilakukan secara manual dengan mengandalkan perkiraan pengalaman pembudidaya. Metode ini sering menimbulkan beberapa permasalahan, seperti ketidaktepatan dosis pakan, ketidakteraturan waktu pemberian pakan, serta distribusi pakan yang tidak merata di dalam kolam. Kondisi tersebut dapat menyebabkan sisa pakan yang terbuang ke dasar kolam, sehingga tidak hanya meningkatkan biaya produksi tetapi juga menurunkan kualitas lingkungan perairan akibat penumpukan bahan organik. Selain itu, pemberian pakan yang tidak terkontrol dapat menyebabkan pertumbuhan ikan yang tidak seragam serta meningkatkan tingkat mortalitas ikan [4]. Ketergantungan pada tenaga manusia juga membuat proses pemberian pakan menjadi kurang efisien dan sulit dilakukan secara konsisten, terutama pada sistem budidaya dengan jumlah kolam yang banyak [5][6].

Perkembangan teknologi digital, khususnya *Internet of Things* (IoT), memberikan peluang untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan budidaya perikanan melalui sistem otomatis dan terintegrasi. Teknologi IoT memungkinkan berbagai perangkat seperti sensor, *aktuator*, dan *mikrokontroler* untuk saling terhubung melalui jaringan internet sehingga mampu melakukan pengumpulan data, pemantauan, serta pengendalian sistem secara real-time[7][8]. Dalam konteks budidaya perikanan, teknologi IoT dapat dimanfaatkan untuk mengotomatisasi proses pemberian pakan, mengatur jadwal pemberian pakan secara presisi, serta memantau kinerja sistem secara jarak jauh. Dengan penerapan teknologi tersebut, diharapkan pemborosan pakan dapat diminimalkan dan efisiensi konversi pakan menjadi biomassa ikan dapat meningkat [9][10].

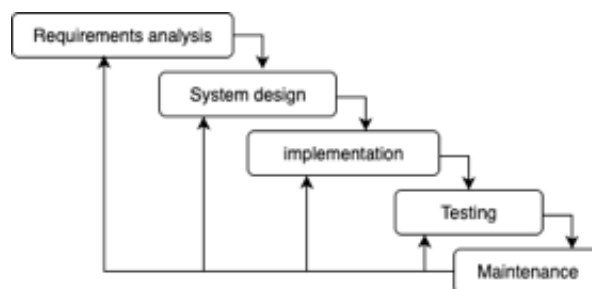
Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem pemberian pakan ikan otomatis berbasis mikrokontroler dan teknologi IoT. Sistem tersebut umumnya memanfaatkan perangkat seperti NodeMCU atau ESP32 yang terhubung dengan motor penggerak untuk mengeluarkan pakan secara otomatis[11][12]. Meskipun demikian, sebagian besar sistem yang dikembangkan masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti belum dilengkapi mekanisme pengukuran berat pakan yang akurat, belum terintegrasi dengan sistem penjadwalan berbasis waktu yang *fleksibel*, serta belum menyediakan antarmuka pemantauan yang mudah diakses oleh pengguna melalui jaringan internet [13]. Selain itu, beberapa sistem hanya berfokus pada mekanisme distribusi pakan tanpa memperhatikan efisiensi penggunaan pakan yang diukur melalui parameter budidaya seperti *Feed Conversion Ratio (FCR)*[14][15].

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu sistem yang mampu mengintegrasikan mekanisme pemberian pakan otomatis dengan pengukuran berat pakan secara presisi serta pengaturan jadwal pemberian pakan yang fleksibel. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pakan ikan otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dilengkapi dengan fitur penjadwalan pemberian pakan melalui aplikasi berbasis web pada budidaya ikan nila. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama, sensor load cell untuk mengukur berat pakan secara akurat, motor servo untuk mengatur bukaan katup pakan, motor DC sebagai mekanisme distribusi pakan, serta modul Real Time Clock (RTC) untuk memastikan ketepatan waktu pemberian pakan.

Melalui penerapan sistem ini diharapkan proses pemberian pakan dapat dilakukan secara lebih teratur, terjadwal, dan efisien sehingga mampu meningkatkan efisiensi penggunaan pakan, memperbaiki pertumbuhan dan keseragaman ikan, serta menurunkan tingkat mortalitas ikan. Selain itu, sistem ini juga diharapkan dapat menjadi solusi teknologi tepat guna yang mendukung modernisasi sektor budidaya perikanan serta meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan usaha budidaya ikan nila.

## 2. METODE PENELITIAN

Pengembangan sistem pakan ikan otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) pada penelitian ini menggunakan metode Waterfall[16], [17]. Metode *Waterfall* dipilih karena memiliki alur pengembangan yang sistematis, terstruktur, dan berurutan, sehingga setiap tahapan pengembangan dapat dilakukan secara terkontrol dan terdokumentasi dengan baik. Selain itu, kebutuhan sistem pada penelitian ini telah didefinisikan dengan jelas sejak awal, sehingga metode *Waterfall* dinilai sesuai untuk digunakan. Tahapan pengembangan sistem menggunakan metode *Waterfall* meliputi beberapa fase utama, yaitu analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan, sebagaimana dijelaskan berikut.



Gambar 1. Metode Pengembangan *Waterfall* [17]

## 2.1 Analisis Kebutuhan (Requirement Analysis)

Tahap analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada proses pemberian pakan ikan secara konvensional serta menentukan kebutuhan sistem yang akan dikembangkan. Pada tahap ini dilakukan studi literatur terhadap berbagai penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem pakan ikan otomatis, teknologi *Internet of Things* (IoT), serta manajemen pakan pada budidaya ikan. Selain itu, dilakukan juga analisis terhadap kebutuhan fungsional dan nonfungsional sistem. Kebutuhan fungsional sistem meliputi kemampuan sistem untuk memberikan pakan secara otomatis sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan, mengatur jumlah pakan yang dikeluarkan berdasarkan satuan berat, serta menyediakan kontrol manual dan otomatis melalui aplikasi berbasis web. Sistem juga harus mampu membaca data dari sensor load cell untuk mengetahui berat pakan yang dikeluarkan dan mengendalikan motor servo serta motor DC sebagai aktuator distribusi pakan[18]. Sementara itu, kebutuhan nonfungsional sistem mencakup aspek keandalan sistem, kemudahan penggunaan, ketepatan waktu pemberian pakan, serta kemampuan sistem untuk beroperasi secara stabil dalam jangka waktu yang lama. Sistem juga diharapkan mampu terhubung dengan jaringan internet sehingga dapat dikendalikan dan dipantau secara jarak jauh melalui antarmuka web.

Penentuan kebutuhan pakan pada sistem pakan ikan otomatis dalam penelitian ini mengacu pada standar praktik budidaya ikan, yaitu sebesar 3% dari total biomassa ikan per hari. Pada penelitian ini digunakan 100 ekor ikan dengan berat rata-rata 500 gram per ekor, sehingga total biomassa ikan sebesar 50 kg. Berdasarkan perhitungan tersebut, kebutuhan pakan harian adalah sebesar 1,5 kg per hari[19]. Untuk menjaga kestabilan pemberian pakan, proses pemberian pakan dibagi menjadi tiga kali dalam sehari, yaitu pagi, siang, dan sore, sehingga setiap siklus pemberian pakan sebesar  $\pm 500$  gram[20]. Nilai ini digunakan sebagai parameter utama dalam pengaturan sistem pakan otomatis berbasis IoT.

Selain itu, sistem juga dirancang untuk memastikan distribusi pakan yang merata di dalam kolam melalui mekanisme pelontaran pakan menggunakan motor DC. Pengujian dilakukan untuk mengukur jarak lontaran pakan dari titik alat menuju area kolam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendistribusikan pakan dengan jarak sekitar 1–2 meter dari titik alat, yang masih berada dalam batas area kolam budidaya. Jarak tersebut dinilai optimal karena mampu menghindari penumpukan pakan di satu titik serta mencegah pakan terlempar keluar dari kolam. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya mampu memberikan pakan secara tepat sesuai kebutuhan biomassa ikan, tetapi juga memastikan penyebaran pakan yang merata untuk mendukung pertumbuhan ikan yang optimal dan efisiensi penggunaan pakan.

## 2.2 Perancangan Sistem (System Design)

Tahap perancangan sistem dilakukan untuk menentukan arsitektur perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam sistem pakan ikan otomatis. Pada tahap ini dilakukan perancangan diagram sistem, flowchart proses kerja sistem, serta desain antarmuka pengguna. Perancangan perangkat keras meliputi pemilihan mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama karena memiliki kemampuan pemrosesan yang cukup baik serta telah dilengkapi dengan modul Wi-Fi yang memungkinkan komunikasi data melalui jaringan internet. Sensor load cell digunakan untuk mengukur berat pakan yang dikeluarkan secara presisi. Motor servo digunakan untuk mengatur bukaan katup pakan pada wadah penyimpanan pakan, sedangkan motor DC digunakan sebagai mekanisme distribusi pakan menuju kolam. Motor DC dikendalikan menggunakan driver motor BTS7960 agar mampu menghasilkan torsi yang stabil. Selain itu, digunakan modul Real Time Clock (RTC) untuk mengatur jadwal pemberian pakan secara otomatis berdasarkan waktu yang telah ditentukan.

Pada sisi perangkat lunak, perancangan dilakukan dengan menyusun logika kontrol sistem yang mengatur proses pembacaan sensor, pengendalian aktuator, serta komunikasi data dengan aplikasi web. Antarmuka web dirancang untuk memungkinkan pengguna melakukan pengaturan jumlah pakan, menentukan jadwal pemberian pakan, serta memantau status sistem secara real-time.

## 2.3 Implementasi (Implementation)

Tahap implementasi merupakan tahap penerapan hasil perancangan ke dalam bentuk sistem nyata[21]. Implementasi perangkat keras dilakukan dengan merakit seluruh komponen yang telah dirancang, meliputi pemasangan sensor load cell pada mekanisme penimbang pakan, pemasangan motor servo pada katup pakan, serta pemasangan motor DC pada sistem distribusi pakan. Seluruh komponen tersebut dihubungkan dengan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendalian sistem. Implementasi perangkat lunak dilakukan dengan menanamkan program atau firmware pada mikrokontroler ESP32 menggunakan bahasa pemrograman C++

melalui platform Arduino IDE. Program ini berfungsi untuk membaca data dari sensor load cell, mengontrol pergerakan motor servo dan motor DC, menjalankan penjadwalan pemberian pakan berdasarkan waktu dari modul RTC, serta mengirimkan data ke aplikasi web melalui koneksi *Wi-Fi*[22]. Sistem juga dikembangkan agar mampu menerima perintah dari pengguna melalui antarmuka web sehingga memungkinkan pengaturan jadwal dan jumlah pakan secara fleksibel.

## 2.4 Pengujian Sistem (System Testing)

Tahap pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa sistem pakan ikan otomatis yang telah dikembangkan dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi yang telah ditentukan [23]. Pengujian dilakukan dengan beberapa skenario pengujian, antara lain pengujian fungsional sistem, pengujian akurasi distribusi pakan, serta pengujian ketepatan waktu pemberian pakan. Pengujian akurasi distribusi pakan dilakukan dengan memberikan target berat pakan tertentu pada setiap siklus pemberian pakan, kemudian membandingkan hasil berat pakan yang dikeluarkan oleh sistem dengan nilai target menggunakan timbangan digital. Dari hasil pengujian tersebut kemudian dihitung nilai kesalahan (*error*) dan tingkat akurasi sistem. Selain itu, dilakukan juga pengujian terhadap fitur penjadwalan pakan untuk memastikan bahwa sistem mampu memberikan pakan secara otomatis sesuai dengan waktu yang telah ditentukan pada modul RTC. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui performa sistem serta tingkat keandalan sistem dalam mendukung kegiatan budidaya ikan nila.

Selain pengujian teknis terhadap perangkat, penelitian ini juga melakukan evaluasi terhadap efisiensi penggunaan pakan pada sistem budidaya ikan nila. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil budidaya antara kelompok yang menggunakan sistem pakan otomatis berbasis IoT dengan kelompok yang menggunakan metode pemberian pakan secara manual. Parameter yang diamati dalam evaluasi ini meliputi jumlah pakan yang digunakan, pertambahan biomassa ikan, tingkat mortalitas, serta nilai *Feed Conversion Ratio (FCR)*[24] [25]. Nilai FCR dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$FCR = \frac{\text{Total pakan yang di berikan}}{\text{Pertambahan biomassa ikan}}$$

Semakin kecil nilai FCR menunjukkan semakin efisien penggunaan pakan dalam proses budidaya ikan. Hasil evaluasi ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana sistem pakan otomatis yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan pakan serta produktivitas budidaya ikan nila.

## 2.5 Pemeliharaan (Maintenance)

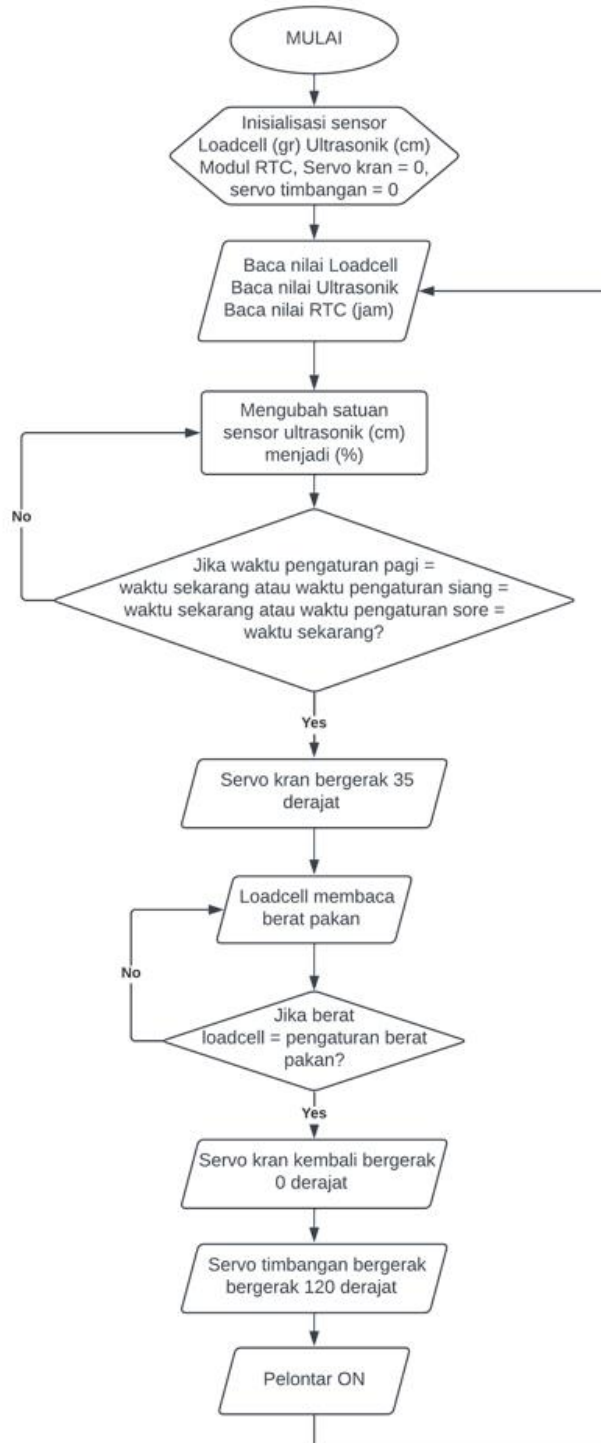
Tahap pemeliharaan dilakukan setelah sistem pakan ikan otomatis selesai diuji dan diimplementasikan pada lingkungan budidaya. Tahap ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat beroperasi secara stabil dan berkelanjutan dalam jangka waktu yang lama. Pada tahap ini dilakukan pemantauan terhadap kinerja sistem secara berkala untuk mendeteksi kemungkinan terjadinya gangguan pada perangkat keras maupun perangkat lunak yang digunakan. Kegiatan pemeliharaan meliputi beberapa aspek penting, antara lain pengecekan kondisi perangkat keras seperti mikrokontroler ESP32, motor servo, motor DC, serta koneksi kelistrikan pada sistem. Selain itu, dilakukan juga kalibrasi sensor load cell secara berkala untuk memastikan akurasi pengukuran berat pakan tetap terjaga. Pemeliharaan perangkat lunak dilakukan dengan melakukan pembaruan program atau perbaikan sistem apabila ditemukan kesalahan pada proses pengendalian atau komunikasi data antara perangkat dan aplikasi web.

Selain menjaga kestabilan sistem yang telah dikembangkan, tahap pemeliharaan juga membuka peluang untuk pengembangan sistem di masa mendatang. Pengembangan tersebut dapat berupa penambahan fitur optimasi jumlah pakan berdasarkan biomassa ikan, integrasi dengan sensor kualitas air seperti suhu, pH, dan kadar oksigen terlarut, serta pengembangan sistem monitoring yang lebih *komprehensif* berbasis *Internet of Things*. Dengan demikian, sistem pakan ikan otomatis yang dikembangkan tidak hanya mampu mendukung efisiensi pemberian pakan, tetapi juga dapat menjadi bagian dari sistem budidaya perikanan cerdas (*smart aquaculture*) yang lebih modern dan berkelanjutan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

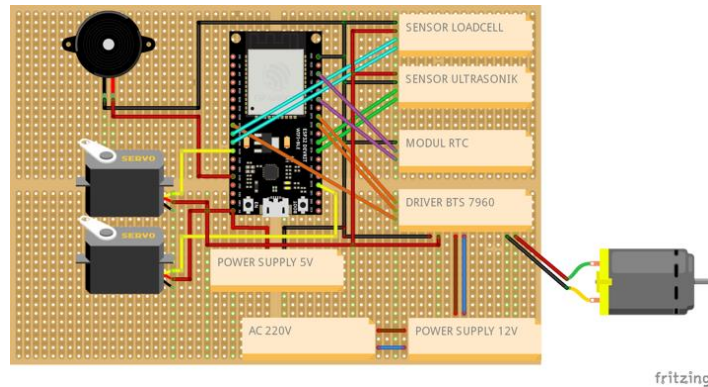
#### 3.1 Perancangan dan Implementasi Sistem Pakan Ikan Otomatis

Perancangan sistem pakan ikan otomatis pada penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan mekanisme pemberian pakan yang terukur, terjadwal, dan efisien guna mendukung peningkatan produktivitas budidaya ikan nila. Sistem dirancang dengan pendekatan integrasi antara perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) berbasis *Internet of Things* (IoT) sehingga mampu melakukan proses pemberian pakan secara otomatis serta memungkinkan pemantauan dan pengaturan sistem secara jarak jauh melalui jaringan internet [26].



Gambar 2. Flowchart Perancangan Sistem Pakan Otomatis

Dari sisi perangkat keras, modul pakan otomatis terdiri dari wadah pakan sebagai tempat penyimpanan utama, motor servo yang berfungsi mengatur bukaan katup pakan, motor DC sebagai penggerak mekanisme distribusi pakan, serta sensor load cell yang digunakan untuk mengukur berat pakan yang dikeluarkan. Seluruh komponen tersebut dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 yang berperan sebagai pusat pengolahan data dan kontrol sistem[27]. Motor DC dikendalikan menggunakan driver BTS7960 untuk memastikan kestabilan arus dan torsi selama proses distribusi pakan. Modul *Real Time Clock (RTC)* digunakan untuk menjamin ketepatan waktu pemberian pakan sesuai jadwal yang telah ditentukan.



**Gambar 3.** Diagram Sistem Pakan IoT

Secara mekanik, wadah pakan dipasang pada rangka penyangga agar sistem tetap stabil saat beroperasi. Sensor load cell ditempatkan di bagian bawah mekanisme pakan untuk memastikan berat pakan yang keluar sesuai dengan nilai target. Kotak kontrol yang berisi ESP32, driver motor, dan catu daya juga dipasang pada rangka yang sama untuk memudahkan perawatan dan meningkatkan keandalan sistem. Perancangan ini memungkinkan sistem bekerja secara modular dan mudah dikembangkan di masa mendatang.



**Gambar 4.** Implementasi Alat Pakan

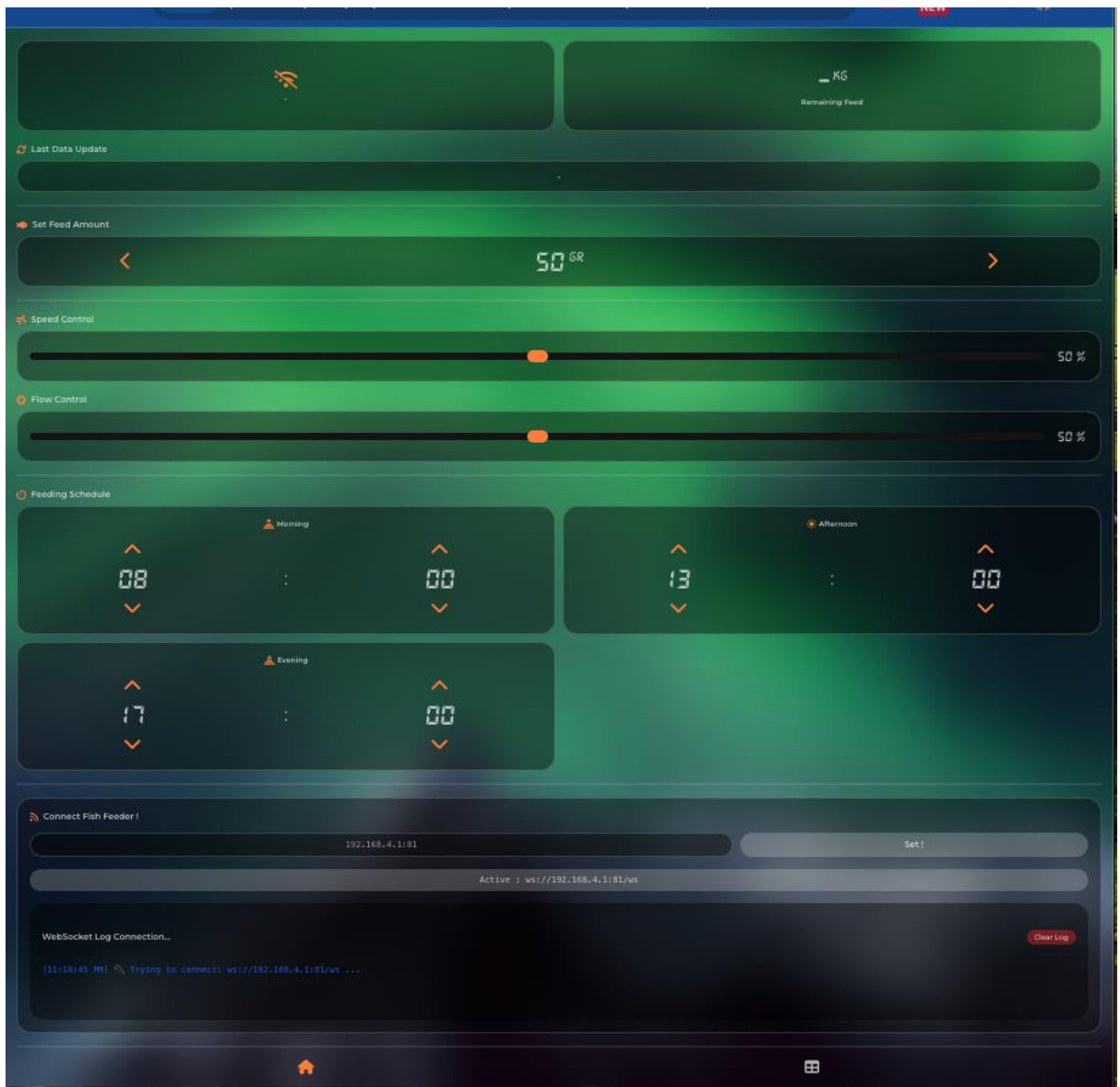
### 3.2 Implementasi Aplikasi Web untuk Pengaturan Pakan

Aplikasi web dikembangkan sebagai antarmuka pengguna yang berfungsi untuk melakukan pengaturan jadwal pemberian pakan, menentukan jumlah pakan yang akan diberikan, serta memantau status sistem secara real-time. Antarmuka ini dirancang agar mudah digunakan oleh pembudidaya ikan sehingga proses pengendalian sistem

dapat dilakukan secara praktis melalui perangkat komputer maupun smartphone yang terhubung dengan jaringan internet.

Secara arsitektur, aplikasi web terhubung dengan mikrokontroler ESP32 melalui jaringan Wi-Fi menggunakan mekanisme komunikasi berbasis protokol HTTP. ESP32 berperan sebagai perangkat utama yang menerima perintah dari aplikasi web, kemudian mengeksekusi perintah tersebut dengan mengendalikan aktuator berupa motor servo dan motor DC. Selain itu, ESP32 juga mengirimkan data status sistem ke server sehingga informasi dapat ditampilkan secara langsung pada halaman web.

Dari sisi perangkat lunak, sistem dikembangkan dengan firmware pada ESP32 yang mengintegrasikan pembacaan sensor load cell, pengendalian motor, serta komunikasi data melalui jaringan Wi-Fi. Sistem mendukung pengaturan jadwal pemberian pakan secara otomatis berbasis waktu serta kontrol manual melalui antarmuka web. Dengan rancangan tersebut, sistem mampu memberikan pakan secara presisi sesuai kebutuhan ikan dan mengurangi ketergantungan pada pemberian pakan manual.



**Gambar 5.** Antarmuka Sistem WEB Pakan Otomatis di akses melalui

Antarmuka web terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

1. Halaman Dashboard

Halaman dashboard menampilkan informasi utama mengenai status sistem pakan otomatis. Informasi yang ditampilkan meliputi status koneksi perangkat, waktu sistem, serta informasi jadwal pemberian pakan yang

sedang aktif. Halaman ini memudahkan pengguna untuk memantau kondisi sistem secara cepat tanpa perlu melakukan konfigurasi tambahan.

2. Menu Pengaturan Jadwal Pakan  
Fitur ini memungkinkan pengguna untuk menentukan waktu pemberian pakan secara otomatis. Pengguna dapat memasukkan beberapa jadwal pemberian pakan dalam satu hari, misalnya pagi, siang, dan sore. Jadwal yang telah diatur akan disimpan dalam sistem dan dijalankan secara otomatis oleh modul *Real Time Clock* (RTC) pada mikrokontroler ESP32.
3. Pengaturan Jumlah Pakan  
Selain menentukan jadwal, pengguna juga dapat menentukan jumlah pakan yang akan diberikan dalam satuan gram. Nilai ini digunakan sebagai target oleh sistem ketika sensor *load cell* melakukan pengukuran berat pakan. Ketika berat pakan yang dikeluarkan telah mencapai nilai target, sistem secara otomatis menghentikan proses distribusi pakan.
4. Kontrol Manual Sistem  
Aplikasi web juga menyediakan fitur kontrol manual yang memungkinkan pengguna mengaktifkan pemberian pakan secara langsung tanpa menunggu jadwal otomatis. Fitur ini berguna apabila pembudidaya ingin memberikan pakan tambahan pada kondisi tertentu.
5. Monitoring Sistem  
Halaman monitoring menampilkan informasi status sistem secara real-time, seperti status aktuator, jumlah pakan yang telah dikeluarkan, serta waktu pemberian pakan terakhir. Informasi ini membantu pengguna dalam melakukan evaluasi terhadap kinerja sistem pakan otomatis.

Implementasi aplikasi web ini memungkinkan proses pengendalian sistem pakan ikan dilakukan secara jarak jauh tanpa harus berada di lokasi kolam. Dengan adanya fitur pengaturan jadwal dan jumlah pakan yang fleksibel, pembudidaya dapat mengoptimalkan manajemen pemberian pakan sehingga penggunaan pakan menjadi lebih efisien. Selain itu, sistem berbasis web juga memberikan kemudahan dalam proses penjadwalan, monitoring dan pengambilan keputusan terkait kegiatan budidaya ikan nila.

### 3.3 Kinerja Modul Pemberian Pakan Otomatis

Penjadwalan pemberian pakan pada sistem pakan ikan otomatis dalam penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan modul Real Time Clock (RTC) yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32. Jadwal pemberian pakan diatur melalui aplikasi web dan disesuaikan dengan kebutuhan budidaya ikan, yaitu sebanyak tiga kali dalam sehari pada pukul 08.00, 13.00, dan 17.00 WIB. Waktu tersebut dipilih untuk merepresentasikan periode pemberian pakan pagi, siang, dan sore yang umum digunakan dalam praktik budidaya ikan nila. Data jadwal yang telah ditentukan kemudian disimpan dan dijalankan secara otomatis oleh sistem berdasarkan sinkronisasi waktu pada modul RTC.

Untuk memastikan keandalan sistem dalam menjalankan penjadwalan, dilakukan pengujian terhadap ketepatan waktu pemberian pakan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan waktu yang telah diatur pada sistem dengan waktu aktual saat alat mulai mendistribusikan pakan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan pemberian pakan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan dengan tingkat ketepatan waktu yang tinggi, di mana selisih waktu yang terjadi relatif kecil dan masih dalam batas toleransi operasional. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi antara modul RTC dan mikrokontroler ESP32 mampu bekerja secara sinkron dalam mengendalikan proses pemberian pakan secara otomatis sesuai waktu yang telah ditetapkan. Dengan demikian, sistem tidak hanya mampu mengatur jumlah pakan secara presisi, tetapi juga menjamin ketepatan waktu pemberian pakan secara konsisten.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa modul pemberian pakan otomatis mampu mendistribusikan pakan dengan tingkat akurasi yang tinggi. Berdasarkan sepuluh kali pengujian dengan target pemberian pakan sebesar 50 gram per siklus, rata-rata kesalahan distribusi tercatat sebesar  $\pm 2,4\%$  atau sekitar  $\pm 1,2$  gram per siklus. Dengan demikian, akurasi sistem mencapai 97,6%, yang menunjukkan bahwa kombinasi sensor *load cell* dan pengendalian motor bekerja secara stabil dan konsisten. Ketepatan distribusi pakan ini sangat dipengaruhi oleh perancangan sistem mekanik dan logika kontrol yang digunakan. Motor servo mampu mengatur bukaan katup secara presisi, sementara motor DC memastikan pakan terdistribusi secara merata. Integrasi sensor *load cell* memungkinkan sistem melakukan koreksi secara otomatis hingga berat pakan yang dikeluarkan sesuai dengan nilai target.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Distribusi Pakan

Siklus	Target Pakan (g)	Pakan Tersalurkan (g)	Selisih(g)	Error (%)
1	50	48	-2	4.0
2	50	49	-1	2.0
3	50	51	+1	2.0
4	50	52	+2	4.0
5	50	49	-1	2.0
6	50	50	0	0.0
7	50	51	+1	2.0
8	50	47	-3	6.0
9	50	49	-1	2.0
10	50	50	0	0.0

Data pada Tabel 1 diperoleh melalui pengujian kinerja sistem pakan ikan otomatis dengan menetapkan target pakan sebesar 50 gram per siklus yang diinput melalui aplikasi web. Proses dimulai ketika motor servo membuka katup sehingga pakan jatuh ke wadah penimbangan yang dilengkapi sensor load cell, kemudian sensor membaca berat pakan secara real-time dan mengirimkan data ke mikrokontroler ESP32 untuk dibandingkan dengan nilai target. Ketika berat pakan telah mencapai atau mendekati nilai yang ditentukan, sistem secara otomatis menutup katup dan mengaktifkan motor DC untuk mendistribusikan pakan ke kolam. Selanjutnya, pakan yang telah dikeluarkan ditimbang kembali menggunakan timbangan digital eksternal untuk memperoleh nilai pakan tersalurkan. Selisih antara target dan hasil aktual dihitung sebagai dasar perhitungan error dalam persentase, kemudian pengujian diulang sebanyak 10 kali siklus untuk mendapatkan data yang representatif dan menunjukkan tingkat akurasi serta konsistensi sistem dalam mendistribusikan pakan.

### 3.4 Efisiensi Pakan

Penerapan sistem pakan ikan otomatis memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi penggunaan pakan. Total pakan yang digunakan pada kelompok eksperimen tercatat sebesar 12 kg, lebih rendah dibandingkan kelompok kontrol dengan metode manual yang mencapai 14 kg. Hal ini menunjukkan adanya pengurangan pemborosan pakan sekitar 15%. Efisiensi tersebut tercermin pada nilai *Feed Conversion Ratio (FCR)*. Kelompok dengan sistem pakan otomatis berbasis IoT memiliki nilai FCR sebesar 1,46, sedangkan kelompok kontrol memiliki FCR sebesar 2,00. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem otomatis lebih efektif dalam mengonversi pakan menjadi biomassa ikan, karena pakan diberikan dalam jumlah yang tepat dan pada waktu yang konsisten.

**Tabel 2.** Perbandingan Efisiensi Pakan antara Kelompok Eksperimen dan Kelompok Kontrol

Parameter	Kelompok Eksperimen (IoT)	Kelompok Kontrol (Manual)
Total pakan yang diberikan (kg)	12,0	14,0
Biomassa ikan akhir (kg)	10,2	9,0
Biomassa ikan awal (kg)	2,0	2,0
Pertambahan biomassa (kg)	8,2	7,0
Mortalitas (%)	6%	15%
FCR (Total pakan / Pertambahan biomassa)	1,46	2,00

Berdasarkan data pada Tabel 2, penggunaan sistem pakan ikan otomatis berbasis IoT terbukti mampu meningkatkan efisiensi penggunaan pakan dibandingkan metode manual, yang ditunjukkan oleh total pakan yang lebih rendah pada kelompok eksperimen 12 kg dibandingkan kelompok kontrol 14,0 kg, namun menghasilkan pertambahan biomassa yang lebih tinggi 8,2 kg vs 7,0 kg. Hal ini berdampak pada nilai *Feed Conversion Ratio (FCR)* yang lebih rendah pada sistem IoT, yaitu 1,46 dibandingkan 2,00 pada metode manual, yang menunjukkan bahwa pakan dimanfaatkan secara lebih efektif dalam proses pertumbuhan ikan. Selain itu, tingkat *mortalitas* pada kelompok *eksperimen* juga lebih rendah, yaitu 6% dibandingkan 15% pada kelompok kontrol, yang mengindikasikan bahwa pemberian pakan yang terjadwal dan terukur mampu menciptakan kondisi budidaya yang lebih stabil dan mendukung kesehatan ikan. Dengan demikian, sistem pakan otomatis berbasis IoT tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan pakan, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan *produktivitas* dan keberhasilan budidaya ikan nila secara keseluruhan.

### 3.5 Pertumbuhan dan *Survival Rate*

Penerapan sistem pakan ikan otomatis berbasis IoT memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tingkat kelangsungan hidup ikan (*survival*

rate) pada kelompok eksperimen mencapai 92,5%, lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol sebesar 81%. Pemberian pakan yang terjadwal dan terukur membantu mengurangi stres ikan serta meminimalkan sisa pakan yang dapat menurunkan kualitas lingkungan perairan. Dari aspek pertumbuhan, bobot rata-rata ikan pada kelompok eksperimen mencapai 280 gram per ekor, sedangkan kelompok kontrol hanya mencapai 245 gram per ekor. Selain itu, tingkat keseragaman ukuran ikan pada kelompok eksperimen juga lebih baik dengan nilai koefisien variasi (CV) sebesar 8%, dibandingkan 15% pada kelompok kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pakan otomatis mampu mendistribusikan pakan secara lebih merata sehingga mengurangi kompetisi antar ikan dan menghasilkan pertumbuhan yang lebih seragam. Secara keseluruhan, sistem pakan otomatis berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi pemberian pakan, memperbaiki pertumbuhan ikan, serta meningkatkan tingkat kelangsungan hidup ikan nila dalam kegiatan budidaya.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pakan ikan otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang dan diimplementasikan pada budidaya ikan nila mampu bekerja secara andal, presisi, dan efisien dalam mengelola proses pemberian pakan. Sistem ini berhasil mengintegrasikan berbagai komponen perangkat keras dan perangkat lunak, yang meliputi mikrokontroler ESP32, motor servo, motor DC, sensor load cell, serta modul Real Time Clock (RTC) untuk menghasilkan mekanisme pemberian pakan yang terukur dan terjadwal secara otomatis melalui aplikasi berbasis web.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mendistribusikan pakan dengan tingkat akurasi sebesar 97,6% dengan rata-rata kesalahan sebesar  $\pm 2,4\%$ , sehingga mampu mengurangi pemborosan pakan secara signifikan dibandingkan metode pemberian pakan secara manual. Penerapan sistem ini juga terbukti meningkatkan efisiensi penggunaan pakan yang ditunjukkan oleh nilai *Feed Conversion Ratio* (FCR) sebesar 1,46, yang lebih baik dibandingkan metode konvensional dengan nilai FCR sebesar 2,00. Selain itu, sistem pakan otomatis juga memberikan dampak positif terhadap performa budidaya ikan nila, seperti peningkatan pertumbuhan ikan, keseragaman ukuran ikan yang lebih baik, serta peningkatan tingkat kelangsungan hidup ikan.

Selain keberhasilan sistem dalam mengontrol jumlah pakan secara presisi, hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa fitur penjadwalan pemberian pakan berbasis modul *Real Time Clock* (RTC) dapat berjalan dengan baik sesuai waktu yang telah ditentukan. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mengeksekusi pemberian pakan secara otomatis pada jadwal yang telah diatur melalui aplikasi web, yaitu pada waktu yang telah ditetapkan tanpa keterlambatan yang signifikan. Selisih waktu antara jadwal yang ditentukan dan waktu aktual pemberian pakan berada dalam batas toleransi yang sangat kecil, sehingga tidak mempengaruhi proses pemberian pakan secara keseluruhan. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi antara sistem penjadwalan, mikrokontroler ESP32, dan modul RTC mampu bekerja secara sinkron dan andal. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya efektif dalam mengatur jumlah pakan, tetapi juga mampu menjamin ketepatan waktu pemberian pakan secara konsisten dalam mendukung kegiatan budidaya ikan nila.

Dengan demikian, sistem pakan ikan otomatis berbasis IoT ini berpotensi menjadi solusi teknologi tepat guna bagi pembudidaya ikan nila dalam meningkatkan efisiensi biaya pakan, produktivitas budidaya, serta keberlanjutan sistem perikanan. Untuk pengembangan selanjutnya, sistem ini dapat dioptimalkan dengan penambahan fitur analisis kebutuhan pakan berdasarkan biomassa ikan, integrasi sensor kualitas air, serta penerapan sistem pada skala budidaya yang lebih luas guna mendukung konsep budidaya perikanan cerdas (smart aquaculture).

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini. Penelitian ini didanai melalui skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) yang bersumber dari hibah Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi (Kemendikristek). Kami juga menyampaikan apresiasi kepada Politeknik Negeri Subang atas dukungan institusional yang diberikan selama proses penelitian. Ucapan terima kasih turut kami sampaikan kepada seluruh tim peneliti atas kerja sama, dedikasi, dan kontribusinya dalam pelaksanaan penelitian ini. Selain itu, kami juga mengucapkan terima kasih kepada Sumurgintung Farm sebagai mitra penelitian yang telah memberikan dukungan serta fasilitas dalam pelaksanaan kegiatan penelitian di lapangan. Tanpa dukungan dan kolaborasi dari berbagai pihak tersebut, penelitian ini tidak akan dapat terlaksana dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] U. F. S. Sitorus Pane and I. A. Andriyani, "Sistem Pendeteksi Kualitas Air Pada Budidaya Ikan Air Tawar Berbasis Internet Of Things (IoT)," *J-SISKO TECH (Jurnal Teknol. Sist. Inf. dan Sist. Komput. TGD)*, vol. 7, no. 1, p. 84, 2024, doi: 10.53513/jsk.v7i1.9562.
- [2] F. Azhar, M. Marzuki, A. R. Scabra, N. Muahiddah, R. I. Affandi, and M. Sumsanto, "Produksi Ikan Nila Dengan Kolam Terpal di Desa Kramajaya, Lombok Barat Untuk Mencegah Stunting," *J. Gema Ngabdi*, vol. 5, no. 3, pp. 308–318, 2023, doi: 10.29303/jgn.v5i3.374.
- [3] R. D. Ristanto, H. Ananta, B. Sunarko, U. Hasanah, M. S. Ramdhani, and D. H. Hidayatilah, "Implementasi Budidaya Ikan Nila Cerdas Berbasis IoT pada Kelompok Tani Kalikatok Desa Ngabean Kendal," vol. 4, no. 1, pp. 29–38, 2025.
- [4] R. R. Lamangkaraka, Mulis, Y. Koniyo, and M. Alvionita, "Analisis Kualitas Air Pada Sistem Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)," vol. 11, no. 2, pp. 61–66, 2024.
- [5] H. Rastegari, F. Nadi, S. Shiung, M. Ikhwanuddin, and N. Azman, "Smart Agricultural Technology Internet of Things in aquaculture : A review of the challenges and potential solutions based on current and future trends," *Smart Agric. Technol.*, vol. 4, no. October 2022, p. 100187, 2023, doi: 10.1016/j.atech.2023.100187.
- [6] A. Ahmad and S. S. Ashraf, "Efficient cultivation and scale-up of marine microalgae *Fistulifera peliculosa* and *Nannochloropsis oculata* for sustainable aquaculture applications," *Chem. Eng. J. Adv.*, vol. 22, no. February, p. 100720, 2025, doi: 10.1016/j.ceja.2025.100720.
- [7] C. Orłowski, D. Cygert, and P. Nowak, "Extended continuous improvement model for Internet of Things system design environments," *J. Inf. Telecommun.*, vol. 5, no. 3, pp. 279–295, 2021, doi: 10.1080/24751839.2020.1847506.
- [8] A. O. Silalahi, H. M. Panggabean, and T. Del, "SMART AUTOMATED FISH FEEDING BASED ON IOT SYSTEM USING LORA TTGO SX1276 AND CAYENNE PLATFORM," no. 3, pp. 66–79, 2023, doi: 10.21303/2461-4262.2023.002745.
- [9] H. Sudibyoy *et al.*, "SISTEM MONITORING BUDIDAYA PERIKANAN BERBASIS IOT FISH," vol. 8, no. 2, pp. 236–247, 2024.
- [10] E. H. Tiarso, S. Mansur, and A. Kinasih, "Rancang Bangun Purwarupa Mekanik Alat Pemberi Pakan Ikan Otomatis," *Sebatik*, vol. 28, no. 1, pp. 206–212, 2024, doi: 10.46984/sebatik.v28i1.2458.
- [11] J. Jung and I. Kwon, "A Capacitive DC-DC Boost Converter with Gate Bias Boosting and Dynamic Body Biasing for an RF Energy Harvesting System," *Sensors*, vol. 23, no. 1, pp. 1–11, 2023, doi: 10.3390/s23010395.
- [12] M. R. Al Mamun, A. K. Ahmed, S. M. Upoma, M. M. Haque, and M. Ashik-E-Rabbani, "IoT-enabled solar-powered smart irrigation for precision agriculture," *Smart Agric. Technol.*, vol. 10, no. January, p. 100773, 2025, doi: 10.1016/j.atech.2025.100773.
- [13] M. A. Sobri and S. Topiq, "Automatic Fish Feed Design and IoT Based Monitoring Using NodeMCU ESP8266 Microcontroller," vol. 4, no. 001, pp. 503–514, 2024.
- [14] E. M. Indrawati, B. Suprianto, and U. T. Kartika, "Pemberi Pakan Ikan Otomatis berbasis IoT dengan FLC Berdasarkan Kualitas Air ( Suhu , PH , Kekeruhan )," vol. 13, no. 3, pp. 383–394, 2024.
- [15] A. R. Chaidir *et al.*, "Evaluasi Pengujian Alat Pemberi Pakan Ikan Otomatis Berbasis IoT dengan Protokol MQTT," *J. Telemat.*, vol. 19, no. 1, pp. 1–5, 2024, doi: 10.61769/telematika.v19i1.624.
- [16] D. S. Danuatmaja and U. Widyatama, "Penerapan Metode Waterfall ( Versi Sommerville ) dalam Pengembangan Sistem Informasi Berbasis Komputer," no. September, 2025.
- [17] I. Sommerville, *Software engineering (10th edition)*. 2016.
- [18] L. M. Pires and R. Martins, "IoT-Enabled Real-Time Monitoring of Urban Garbage Levels Using Time-of-Flight Sensing Technology," vol. 11, 2025.
- [19] S. D. Aqkuatik, U. Lampung, and B. Lampung, "KANDUNGAN PROTEIN BERBEDA TERHADAP PERTUMBUHAN IKAN NILA," vol. 02, pp. 13–20, 2025.
- [20] N. A. K. Zul Fahmi, Yuliana, "PENGELOLAAN PEMBERIAN PAKAN PADA PEMBESARAN IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) DI CV. BERKAT JAYA SAMUDRA MANADO SULAWESI UTARA FEED," pp. 780–788, 2021.
- [21] G. W. Sasmito, "Penerapan Metode Waterfall Pada Desain Sistem Informasi Geografis Industri Kabupaten Tegal," *J. Inform. Pengemb. IT*, vol. 2, no. 1, 2017.
- [22] H. Hambali, "Sistem Pemberian Pakan Ikan Otomatis Berbasis IOT," vol. 1, no. 2, 2024.
- [23] T. S. Jaya, "Pengujian Aplikasi Dengan Metode Blackbox Testing Boundary Value Analysis (Studi Kasus: Kantor Digital Politeknik Negeri Lampung)," *J. Inform. J. Pengemb. IT*, vol. 3, no. 2, pp. 45–48, 2018.

- [24] D. E. Putri, R. O. Putri, T. Y. Dinanti, and D. Zakaria, "Perkembangan Teknologi Pakan Ikan Otomatis dalam Perikanan Modern : Tinjauan Literatur Development of Automated Fish Feed Technology in Modern Fisheries : Literature Review," vol. 11, no. 2, 2023.
- [25] A. Journal *et al.*, "PERTUMBUHAN DAN RASIO KONVERSI PAKAN IKAN NILA ( *Oreocromis niloticus* ) YANG DIBERIKAN PAKAN MAGGOT DAN BAHAN ALAMI PADA PEMELIHARAAN BERBASIS TEKNOLOGI BUDIKDAMRUM GROWTH AND FEED CONVERSION RATIO OF OREOCROMIS NILOTICUS FEEDED MAGGOT AND NATURAL INGREDIENTS IN CULTIVATION BASED ON BUDIKDAMRUM TECHNOLOGY," vol. 5, no. April, pp. 1–14, 2023.
- [26] et al. Yun, Y., "IoT-Based Agricultural Technologies in Developing Countries: Improving Productivity and Efficiency for Smallholder Farmers.," *Comput. Electron. Agric.*, no. 174, p. 105481, 2020.
- [27] Z. Ariyandi, "Design of an Internet of Things ( IoT ) -Based Fish Feeder System Using an Android Application," vol. 9, no. 4, 2025.