

IMPLEMENTASI PAKAN IKAN HIAS PADA AQUARIUM KACA BERBASIS INTERNET OF THINGS & ARDUINO MEGA2560 BUILT-IN WIFI ESP8266 (Studi Kasus: Ruko Burayak Ikan, Pucung)

* Catatan: Sub-judul tidak perlu dimasukkan

Kemala Zahrah Charli Putri
Teknik Informatika
Telkom University Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
zahrah@student.telkomuniversity.ac.id

Anggi Zafia
Teknik Informatika
Telkom University Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
anggiz@telkomuniversity.ac.id

Iqsyahiro Kresna A.
Teknik Informatika
Telkom University Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
hiroka@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Budidaya ikan hias menjadi komoditas penting bagi sebagian masyarakat Indonesia karena memiliki potensi ekonomi yang menjanjikan. Aktivitas ini memerlukan perhatian khusus terhadap ekosistem akuarium, termasuk pemberian pakan secara teratur, pemantauan pH air, pengaturan suhu, dan menjaga kebersihan untuk mendukung pertumbuhan serta kesehatan ikan hias. Dalam pemeliharaan, suhu ideal air bagi ikan hias, khususnya ikan mas koki, berada pada kisaran 27°C untuk kondisi dingin hingga 27–30°C untuk kondisi hangat. Namun, metode konvensional dalam pemeliharaan masih menghadapi tantangan, terutama dalam menjaga konsistensi pemberian pakan dan memantau kualitas air secara rutin selama 24 jam penuh. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan perangkat akuarium berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mengotomatisasi pemberian pakan ikan menggunakan RTC DS3231 secara presisi. Sistem ini juga memantau tiga parameter utama kualitas air, yaitu pH, suhu (temperature), dan tingkat kekeruhan (turbidity) secara real-time, dengan data yang ditampilkan melalui antarmuka web berbasis PHP. Data pemantauan disimpan pada basis data MySQL dan dapat diakses melalui jaringan WiFi menggunakan modul ESP8266. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pemberian pakan otomatis berjalan baik dan sesuai dengan jadwal yang ditentukan dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%. Sensor pH4502C mampu membaca pH air dengan akurat 6.06, sensor DS18B20 mendeteksi suhu air secara stabil pada kisaran 27–30°C, sedangkan sensor TS300B saat diuji pada air jernih menunjukkan nilai 12,3 yang dikategorikan keruh/cukup layak. Sistem yang dijalankan terbukti stabil dengan koneksi internet yang optimal pada skala rumahan, sebagaimana telah diuji pada Ruko Burayak Ikan, Pucung.

Kata kunci— Akuarium Otomatis, Internet of Things (IoT), Pemantauan Kualitas Air, Pemberian Pakan, RTC DS3231

I. PENDAHULUAN

Ikan hias merupakan komoditas perdagangan yang memiliki potensi besar dalam mendukung perekonomian masyarakat di Indonesia[1]. Di daerah Cikmpek dan

Karawang, Jawa Barat pemeliharaan ikan hias tidak hanya menjadi hobi, tetapi juga mulai sebagai dikembangkan sebagai usaha rumahan yang memiliki potensi besar dalam mendukung perekonomian lokal. Salah satu jenis ikan hias yang banyak diminati adalah ikan mas koki[2]. Ikan mas koki merupakan ikan hias air tawar yang berasal dari perairan Tiongkok dan menyebar ke berbagai negara melalui jalur perdagangan, termasuk Jepang dan Indonesia. Dalam pemeliharaannya, terdapat beberapa aspek penting yang harus diperhatikan, di antaranya adalah menjaga kualitas air (pH, suhu, dan kekeruhan) dan memberikan pakan secara teratur dan terkontrol. pH air yang ideal bagi ikan mas koki berkisar antara 6,5 hingga 7, sedangkan suhu air yang disarankan berada dalam rentang 24–38°C. Selain itu, pemberian pakan harus dilakukan secara terjadwal dalam jumlah yang sesuai untuk mencegah sisa pakan mengendap di dasar akuarium, yang dapat mempengaruhi kualitas air. Untuk menjaga kondisi akuarium yang optimal, pemilik akuarium harus melakukan pemantauan dan perawatan secara rutin, termasuk pergantian air secara berkala setiap dua minggu sekali[3]. Ikan hias merupakan komoditas perdagangan yang memiliki potensi besar dalam mendukung perekonomian masyarakat di sebagian wilayah Indonesia[1]. Di daerah Cikampek dan Karawang, Jawa Barat pemeliharaan ikan hias tidak hanya menjadi hobi, tetapi juga mulai dikembangkan sebagai usaha rumahan yang memiliki potensi besar dalam mendukung perekonomian lokal. Salah satu jenis ikan hias yang banyak diminati adalah ikan mas koki[2]. Ikan mas koki merupakan ikan hias air tawar yang berasal dari perairan Tiongkok dan menyebar ke berbagai negara melalui jalur perdagangan, termasuk Jepang dan Indonesia. Dalam pemeliharaannya, terdapat beberapa aspek penting yang harus diperhatikan, di antaranya adalah menjaga kualitas air (pH, suhu, dan kekeruhan) dan memberikan pakan secara teratur dan terkontrol. pH air yang ideal bagi ikan mas koki berkisar antara 6,5 hingga 7, sedangkan suhu air yang disarankan

berada dalam rentang 24-38°C. Selain itu, pemberian pakan harus dilakukan secara terjadwal dalam jumlah yang sesuai untuk mencegah sisa pakan mengendap di dasar akuarium, yang dapat mempengaruhi kualitas air. Untuk menjaga kondisi akuarium yang optimal, pemilik akuarium harus melakukan pemantauan dan perawatan secara rutin, termasuk pergantian air secara berkala setiap dua minggu sekali[3]. Namun, sistem pemantauan dan pemberian pakan secara konvensional memiliki beberapa kendala, seperti ketergantungan pada ingatan manusia atau human error yang menyebabkan kelalaian dalam pemberian pakan atau pemantauan kualitas air. Selain itu, jadwal yang tidak konsisten dalam pemberian pakan dan perawatan akuarium dapat berdampak negatif pada kondisi lingkungan di dalam akuarium. Untuk menjawab kebutuhan tersebut, penelitian ini mengembangkan sebuah sistem akuarium otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang mengintegrasikan mikrokontroler Arduino Mega2560 dengan modul WiFi ESP8266 untuk menghubungkan sistem ke internet. Sistem ini dilengkapi dengan sensor pH, sensor suhu air, dan sensor kekeruhan air yang memungkinkan pengguna memantau kondisi akuarium secara real-time melalui antarmuka web berbasis PHP. Selain itu, sistem juga dirancang untuk dapat memberikan pakan secara otomatis berdasarkan jadwal yang diatur melalui modul, serta menyediakan fitur kontrol manual sudut servo pakan melalui halaman web. Dengan menggabungkan berbagai komponen tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menghadirkan solusi praktis dan terintegrasi dalam pemeliharaan akuarium ikan hias secara otomatis, yang sesuai diterapkan dalam skala rumahan. Judul penelitian ini, **Implementasi Pakan Ikan Hias Pada Aquarium Kaca Berbasis Internet Of Things & Arduino Mega2560 Built-In Wifi Esp8266**, menggambarkan solusi terintegrasi untuk otomatisasi dan pemantauan akuarium secara tepat guna.

II. KAJIAN TEORI

A. Sistem Smart Akuarium

Penelitian yang berkaitan dengan sistem pemberian pakan ikan dan pemantauan kualitas lingkungan akuarium berbasis Internet of Things telah banyak dilakukan sebelumnya. Penelitian oleh Bagus Alit Prasetyo dan Agung Syukur mengembangkan sistem smart akuarium ikan hias discus menggunakan metode waterfall yang mampu memantau pH dan suhu air secara responsif[4]. Sementara itu, Alfandi, Danny Permana, dan Sigit Doni merancang sistem pemberian pakan otomatis berbasis Arduino Uno yang bekerja secara terjadwal dan terukur jumlahnya[5]. Achmad Eko Novianto dan Lilik Sulistyono juga mengembangkan alat pemberi pakan otomatis berbasis Arduino dengan fokus pada jadwal tebar pakan ikan, menggunakan metode R&D dan prototyping[6].

B. Pemberian Pakan Otomatis

Penelitian oleh Miftahul Walid dan kawan-kawan memanfaatkan ESP32 dalam sistem monitoring jarak jauh dan pemberian pakan ikan nila, dengan kontrol derajat motor servo untuk menentukan banyaknya pakan yang diberikan[7]. Sementara itu, Hapid Hidayat

dan Wasis Haryono merancang alat pemberi pakan otomatis pada budidaya ikan lele yang dapat menjadwalkan pemberian pakan dengan gramasi tertentu, menggunakan metode observasi[8]. Dalam pengembangan sistem pengawasan air, Muhammad Afif Askar dan kawan-kawan menggunakan metode rapid prototyping untuk merancang sistem monitoring kualitas air berbasis IoT, termasuk deteksi kekeruhan dan pH air[9].

C. Monitoring Kualitas Air

Penelitian lain oleh Deniar Ferdianto dan kawan-kawan mengimplementasikan sistem pemantauan suhu, lampu otomatis, dan pakan ikan yang dikendalikan melalui chatbot Telegram[10]. Abdul Yazid dan Ridha Febriliana juga mengembangkan sistem berbasis IoT yang dapat memantau dan mengendalikan suhu serta ketinggian air akuarium menggunakan metode waterfall[11]. Bekti Utomo dan Lilik Anifah fokus pada akuarium ikan Channa dengan pendekatan eksperimental untuk mengembangkan sistem monitoring suhu air[12].

D. Gap Penelitian

Penelitian Indra Gunawan dan Hamza Ahmadi menambahkan fitur penguras air keruh otomatis melalui aplikasi desktop dan Android, berdasarkan observasi dan studi pustaka[13]. Desi Yenniwati dan kawan-kawan merancang sistem monitoring dan controlling kolam ikan hias berbasis web[14]. Mukti Thorikul Sidiq dan Ahmad Heru Mujianto membangun alat pemberi pakan otomatis dengan akurasi gramasi serta pengontrol suhu air antara 24–30°C[3].

E. Internet of Things

Istilah “Internet of Things” dicetuskan pada tahun 1999 oleh pionir teknologi asal Inggris bernama Kevin Ashton, ia menggambarkan bahwa sebuah sistem dimana objek dalam dunia fisik dapat berhubungan dengan internet oleh sensor. Internet of Things merupakan suatu objek tertentu yang mempunyai kemampuan dalam transfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi antar manusia dengan manusia maupun manusia dengan perangkat komputer. Internet of Things sering disebut dengan singkatan “IoT”. IoT sudah berkembang pesat mulai dari konvergensi teknologi nirkabel, micro-electronical system (MEMS), serta juga internet. IoT kerap diidentifikasikan dengan RFID sebagai metode komunikasi, meskipun begitu IoT ini juga mencakup teknologi-teknologi sensor lainnya, semacam teknologi nirkabel ataupun kode QR pada saat ini. Menurut (Buyya, 2008) Internet of Things (IoT) adalah struktur dimana objek, orang disediakan dengan identitas eksklusif dan kemampuan untuk pindah data melalui jaringan tanpa melalui dua arah antar manusia yaitu sumber ke tujuan atau interaksi manusia dengan komputer. Internet of Things merupakan perkembangan keilmuan yang sangat menjanjikan dalam mengoptimalkan kehidupan berdasarkan sensor cerdas dan peralatan pintar yang bekerjasama melalui jaringan internet. Internet of

Things, dikenal dengan singkatan IoT, adalah sebuah konsep yang bertujuan dalam memperluas manfaat dari konektivitas pada internet yang tersambung secara terus-menerus. Adapun dalam kemampuan seperti berbagi data, remote control, dan lainnya, termasuk pada benda di dunia nyata. Contohnya seperti bahan pangan, elektronik, koleksi, dan berbagai macam peralatan termasuk benda hidup yang semuanya tersambung pada jaringan local dan global melalui sensor yang tertanam serta selalu aktif. Pada dasarnya, Internet of Things mengacu terhadap benda yang mampu mengidentifikasi secara unik sebagai representasi virtual dalam sebuah struktur yang berbasis internet. Istilah dari IoT juga berawal cetusan Kevin Ashton dan mulai dikenal melalui Auto-ID Center di MIT, dan saat ini IoT menjadi salah satu tugas mahasiswa di perguruan tinggi untuk ikut serta dalam perkembangan dari IoT. Prinsip dan tujuan utama dari IoT sebagai sarana yang memudahkan dalam pengawasan dan pengendalian benda fisik, maka konsep dari IoT sangat memungkinkan untuk digunakan hampir di seluruh kegiatan sehari-hari, mulai dari digunakan secara perorangan, perkantoran, rumah sakit, pariwisata, industri, transportasi, konservasi hewan, pertanian serta peternakan, dan juga sampai pemerintah. Selain untuk tujuan penghematan, IoT juga dapat digunakan sebagai sarana kemajuan usaha dengan sistem monitoring maka dalam kebutuhan usaha dapat lebih terukur. IoT sangat berguna dalam otomatisasi pada seluruh perangkat yang terhubung ke internet, dimana konfigurasi otomatisasi tersebut mampu di sesuaikan dengan mudah[27].

F. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan suatu perangkat elektronik terpadu (embedded system) yang berfungsi sebagai unit pemroses utama dalam sistem otomasi berskala kecil. Secara struktural, mikrokontroler terdiri dari unit pemroses pusat (CPU), memori program (ROM/Flash), memori kerja (RAM), serta peripheral I/O yang terintegrasi dalam satu chip tunggal (monolithic chip). Inilah yang membedakannya dari sistem komputer konvensional yang biasanya terdiri atas beberapa komponen terpisah. Fungsi utama mikrokontroler adalah mengontrol perangkat eksternal berdasarkan instruksi program, dengan menekankan efisiensi dalam hal konsumsi daya, ukuran fisik, serta biaya produksi. Berbeda dengan mikroprosesor yang umumnya hanya terdiri dari CPU dan membutuhkan IC tambahan untuk berfungsi penuh, mikrokontroler telah mencakup seluruh subsistem penting dalam satu paket, sehingga sering disebut sebagai single-chip microcomputer. Penggunaannya sangat luas pada perangkat yang membutuhkan kontrol digital otomatis, seperti alat elektronik rumah tangga, perangkat IoT (Internet of Things), robotika, sistem sensor, serta aplikasi industri. Dalam konteks kendali sistem, mikrokontroler berperan sebagai "otak" pengendali yang menjalankan instruksi logis secara berurutan, termasuk pembacaan data dari sensor

(input), pemrosesan keputusan logika atau matematika, serta pengaktifan aktuator seperti motor, relay, atau display (output). Semua tindakan tersebut dilakukan berdasarkan program yang ditulis menggunakan bahasa pemrograman tingkat tinggi seperti C/C++ dan dikompilasi ke dalam format biner yang bisa dieksekusi langsung oleh prosesor internal. Walaupun memiliki ukuran fisik yang kecil, prinsip kerja mikrokontroler sejatinya menyerupai komputer lengkap. Ia mampu menjalankan perintah bersyarat, melakukan perulangan, serta menyimpan dan memanipulasi data sementara di RAM. Dengan kata lain, mikrokontroler memungkinkan pembuatan sistem kontrol yang lebih ringkas, hemat energi, dan efisien biaya dibandingkan desain rangkaian elektronik konvensional berbasis TTL atau CMOS yang lebih kompleks[28].

Dari pemaparan teoritis di atas, dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler merupakan perangkat komputasi terintegrasi yang sangat efisien dan fleksibel dalam mendukung sistem otomasi berbasis logika terprogram. Dengan kemampuannya membaca input dari sensor, mengolah data, dan mengatur keluaran ke aktuator secara presisi, mikrokontroler menjadi elemen vital dalam membangun sistem kendali otomatis. Dalam penelitian ini, mikrokontroler Arduino Mega2560 dipilih karena memiliki jumlah pin I/O yang banyak dan mendukung komunikasi serial dengan modul WiFi ESP8266 tertanam di dalamnya, yang memungkinkan sistem terhubung ke internet. Kombinasi keduanya memberikan keunggulan dalam hal kontrol perangkat keras lokal sekaligus kapabilitas konektivitas IoT, sehingga sistem dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh melalui antarmuka web. Dengan demikian, mikrokontroler bukan hanya sebagai pengendali logika, tetapi juga sebagai penghubung antara dunia fisik dan digital dalam sistem akuarium otomatis yang dirancang. Maka Mikrokontroler Arduino mega2560 + WiFi ESP8266 Built-In yang dapat mengakomodasi dan mengintegrasikan sensor pH4502C, TS300B, dan DS18B20.

Mikrokontroler tersebut merupakan varian khusus dari Arduino Mega2560. Dengan terintegrasi module WiFi ESP8266, memberikan kemampuan komunikasi serial yang memungkinkan proyek-proyek Internet of Things dilakukan dengan mudah[29].

G. Black Box Testing

Black box testing merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengamati hasil eksekusi melalui data uji serta memeriksa fungsional dari objek yang diteliti. Pengujian tersebut bertujuan untuk mengetahui keberhasilan dari sensor-sensor dan alat-alat yang digunakan serta memastikan alat dan sensor berfungsi sebagaimana semestinya. Black-Box Testing yang berfokus pada fungsional

perangkat lunak (software), Teknik tersebut memungkinkan didapatkan set kondisi inputan yang sepenuhnya akan dilaksanakan dengan semua persyaratan fungsional untuk sebuah program dengan mengumpulkan hasil dari inputan yang dilakukan oleh sebuah perangkat lunak (software). Black-Box Testing berusaha dalam menemukan kesalahan pada kategori berikut:

1. Fungsi yang tidak benar atau fungsi yang hilang
2. Kesalahan antarmuka
3. Kesalahan dalam struktur data atau akses database eksternal
4. Kesalahan perilaku (behavior) atau kesalahan kinerja
5. Inisialisasi dan pemutusan kesalahan

Alpha testing merupakan pengujian yang dilakukan oleh user pada lingkungan pengembang, dalam hal ini lingkungan yang terkendali. Selain itu terdapat Beta testing, yaitu pengujian yang dilakukan oleh user pada lingkungan operasi user dimana lingkungan perangkat lunak (software) tidak lagi dikendalikan oleh pengembang[45].

III. METODE

Dalam perancangan penelitian dibutuhkan tahapan penelitian yang dapat membantu proses perancangan berjalan sesuai dengan visi dan misi penulis secara teratur dan terarah. Berdasarkan batasan masalah penulis menentukan alur penelitian menggunakan metode prototype dan membuat alur penelitian dalam bentuk *flowchart* yang dapat dilihat pada gambar 1

merupakan bagan alur metode penelitian prototype yang digunakan dalam tugas akhir yang penulis susun. Metode prototype ini dipilih karena dapat memfasilitasi pengembangan sistem berbasis perangkat keras dan perangkat lunak secara iteratif dan mudah disesuaikan untuk diterapkan. Alur dimulai dengan tahap identifikasi kebutuhan. Tahap ini mewajibkan peneliti menggali kebutuhan sistem berdasarkan studi literatur, wawancara, serta observasi langsung terhadap permasalahan di lapangan. Dalam tahap analisis kebutuhan juga dilakukan analisis masalah. Analisis masalah dilakukan untuk memodelkan masalah agar lebih jelas dipahami dalam mengidentifikasi solusi yang tepat guna.

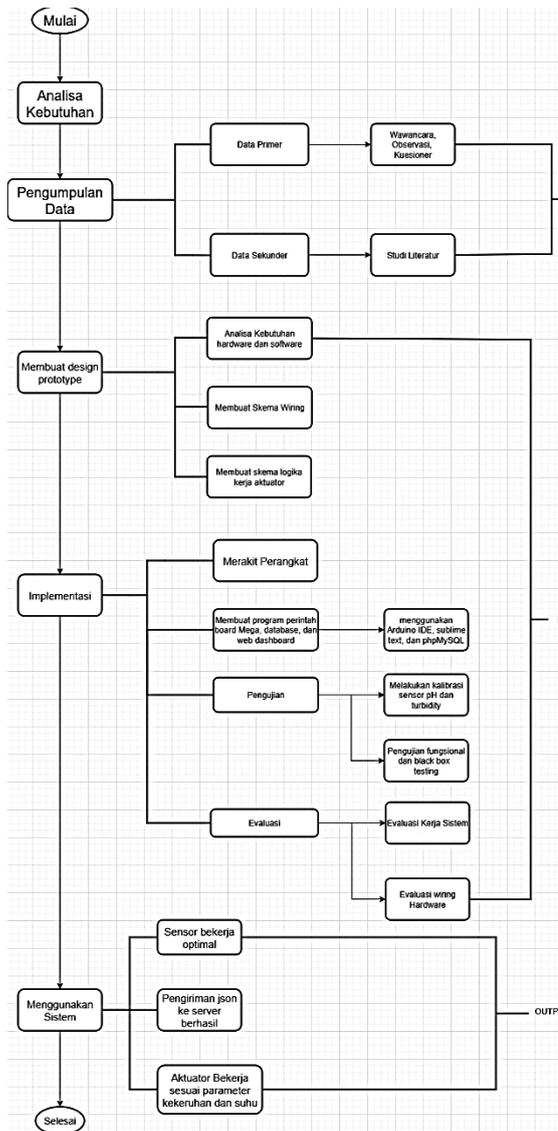
Berikut ini beberapa tahapan yang dilakukan penulis, yaitu:

1. Menyiapkan satu bidang yang memiliki titik lemah yang berhubungan dengan kesalahan manusia.
2. Mengidentifikasi sebab dan akibat dari masalah.
3. Mengkategorikan sebab utama masalah.
4. Mengkajinya dengan membandingkannya anatra permasalahan hasil analisa penelitian sebelumnya dengan permasalahan nyata di lapangan menurut sudut pandang pemelihara ikan hias.

5. Mencapai titik temu dan kesepakatan atas permasalahan, sebab dan akibat serta solusi yang akan dibuat.
6. Tahap ini dilanjutkan dengan pengumpulan data, baik data primer maupun sekunder sebagai pendukung perancangan sistem. Selanjutnya data yang terkumpul dianalisa dan dirumuskan dalam tahap analisis kebutuhan untuk menghasilkan asumsi sehingga menentukan fitur dan spesifikasi teknis dari sistem yang akan dikembangkan. Setelah itu, masuk ke tahap desain sistem yang terdiri dari diagram blok sistem, perancangan perangkat keras, dan flowchart kerja sistem.

Di dalam sistem yang sudah didesain, peneliti melakukan tahap implementasi. Tahap ini merupakan proses perakitan perangkat yang terdiri dari konfigurasi wiring sensor dengan modul, modul dengan papan arduino yang dilengkapi instalasi supply daya untuk mencukupi instrumentasi sensor, aktuator, modul, dan jika switch relay. Dan yang terpenting implementasi sketch yang berisi logika kerja yang nantinya harus berkesinambungan satu-sam lain antara nilai yang dibaca sensor dengan reaksi yang diberikan aktuator sebagai respon terhadap perubahan nilai sensor. Selain melakukan implementasi perangkat, peneliti juga melakukan implementasi perancangan antarmuka sebagai visualisasi sistem dengan memanfaatkan pemrograman berbasis web seperti php, sql, html, javascript serta menggunakan vps server sebagai pusat penyimpanan data dari esp8266 tertanam di board mega2560. Setelah tahap implementasi diselesaikan, peneliti melakukan tahap pengujian untuk memverifikasi apakah seluruh komponen bekerja dengan optimal dan berhasil guna sesuai dengan yang dirancang. Jika terjadi kesalahan baik pembacaan nilai sensor yang mengakibatkan aktuator tidak aktif atau bahkan nilai terbaca benar, tapi aktuator tidak aktif sebagaimana mestinya, maka peneliti melakukan evaluasi. Evaluasi tersebut dilakukan dengan menganalisa logika fungsional relay dengan aktuator di dalam sketch ataupun pemeriksaan jalur supply daya. Setelah sistem pada perangkat bekerja sesuai harapan, selanjutnya peneliti melakukan tahap akhir yaitu pembuatan laporan yang mendokumentasikan seluruh proses pengembangan hasil yang diperoleh.

Dari pendekatan prototype ini, pengembangan sistem kontrol berbasis IoT dapat diterapkan dengan terstruktur untuk menghasilkan perangkat yang responsif dan mudah digunakan.



GAMBAR 1
Diagram Alir

A. Pengumpulan Data

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari narasumber dan responden. Data yang dimaksud adalah karakteristik ikan hias mas koki, ekosistem ideal dalam aquarium, gejala penyakit, dan penanganan dan pencegahan. Berikut ini cara mendapatkan data tersebut:

1. Metode Observasi. Metode ini merupakan pengumpulan data yang dilakukan peneliti dengan terlibat langsung di tempat pemeliharaan dan penjualan ikan hias di Ruko Burayak Ikan, Jl. Pucung, Kecamatan Kota Baru, Karawang, Jawa Barat 41374.
2. Metode Wawancara. Metode ini dilakukan dengan memberikan pertanyaan kepada pemilik usaha di Ruko Burayak Ikan. Adapun pertanyaan yang diajukan adalah:
 1. Bagaimana cara menyiapkan akuarium yang ideal untuk ikan mas koki?
 2. Ukuran ideal akuarium yang dibutuhkan?
 3. Jenis filter yang paling cocok?

4. Selain filter, pencahayaan apa yang digunakan untuk menjaga kualitas air akuarium?
5. Apakah ada fluktuasi atau perubahan suhu secara drastis yang dapat memengaruhi hidup ikan hias?
6. Berapa pH air akuarium yang ideal untuk ikan mas koki?
7. Seberapa sering air akuarium harus diganti?
8. Kemudian jenis pakan yang paling ideal untuk ikan mas koki?
9. Seberapa sering ikan mas koki harus diberi makan dalam satu hari?
10. Bagaimana cara mendeteksi ciri-ciri ikan hias yang mengalami gejala sakit?
11. Jika terlanjur terjangkit penyakit, penyakit apa yang umum dan sering dialami ikan hias dan bagaimana penanganan masalah tersebut?
12. Untuk menghindari dan mencegah penyakit tersebut, langkah apa yang dilakukan dalam mengawasi pertumbuhan dan kesehatan ikan secara tepat guna?
13. Apakah dengan metode konvensional masih dapat dioptimalkan secara tepat guna?
14. Apa yang perlu diperhatikan dalam perawatan akuarium ikan hias?
15. Apa saja kesalahan umum yang dilakukan pemelihara ikan hias menurut pengalaman anda?

3. Metode kuesioner kepada responden dari kalangan mahasiswa, dosen, pemelihara ikan hias, dan penjual ikan terkait implementasi sistem melalui pertanyaan di *google form*.

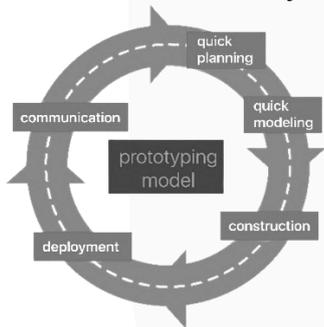
1. Profesi responden?
2. Apakah anda pernah memelihara ikan di rumah (Akuarium atau Kolam kecil)?
3. Seberapa rutin anda memeriksa kualitas air di akuarium atau kolam kecil anda?
4. Parameter apa yang menurut anda penting untuk dipantau secara otomatis?
5. Pernahkah anda mengalami gangguan akibat kualitas air yang buruk (air keruh, bau, berubah warna)?
6. Seberapa penting sistem yang dapat memantau dan memberi notifikasi ketika kualitas air menurun?
7. Apakah menurut anda penggunaan teknologi IoT dapat mempermudah pemantauan kualitas air akuarium?
8. Jika sistem ini tersedia secara terjangkau, apakah anda bersedia menggunakannya?

9. Seberapa setujuakah anda bahwa sistem ini perlu segera dirancang dan diterapkan untuk pengguna rumahan?

4. Metode Pengembangan Prototype
 Metode Prototype adalah salah satu model pengembangan sistem perangkat lunak yang menekankan pada pembuatan versi awal (prototipe) dari sistem untuk kemudian divalidasi, dievaluasi, dan disempurnakan secara bertahap berdasarkan umpan balik pengguna[46][47][48].
 Prototipe yang dimaksud adalah versi sederhana dari sistem akhir, yang menunjukkan fungsi inti atau antarmuka utama. Tujuannya adalah untuk:
 1. Menggali kebutuhan pengguna lebih akurat
 2. Menghindari miskomunikasi antara pengembang dan pengguna
 3. Meningkatkan kepuasan pengguna karena dilibatkan sejak awal

5. Bagaimana dashboard monitoring dan menampilkan kondisi aquarium (pH, suhu, kekeruhan)?

2. *Quick Plan* (perencanaan cepat)
 Penulis menyusun rencana pengembangan prototype yang meliputi:
 1. Menentukan komponen: Arduino Mega2560, modul WiFi ESP 8266, motor servo, senso suhu DS18B20, sensor pH4502C, sensor Turbidity Probe TS300B, OLED 128x64, peltier, kipas, pompa, relay, adaptor, bug converter, RTC 3231, power step-down.
 2. Merancang alur kerja dasar: sensor membaca parameter air →ESP8266 mengirim data →Arduino membaca parameter →user mengakses monitoring nilai sensor, notifikasi jadwal, kontrol slider servo →motor servo bergerak sesuai perintah.
 3. Penyusunan jadwal pelaksanaan.



Gambar 1 model pengembangan prototipe[49]

Tahapan Metode Prototype:

1. *Communication* (komunikasi)
 Tahapan ini penulis berinteraksi dengan penjual ikan hias atau penghobi ikan hias di aquarium kaca yang sebagai pengguna potensial, untuk mengidentifikasi kebutuhan awal seperti:
 1. Bagaimana penjadwalan dilakukan?
 2. Berapa kali pemberian pakan?
 3. Pukul berapa servo digerakkan?
 4. Apakah toggle-switch bergerak sesuai perintah pengguna?

3. *Modelling Quick* (pemodelan cepat)
 Tahapan pemodelan cepat dimulai dari merancang model awal:
 1. Desain skematik rangkaian sistem pemberian pakan.
 2. Database dashboard web (menampilkan toggle-switch servo dan menampilkan monitoring kondisi air aquarium).

4. *Construction* (konstruksi)
 Tahapan konstruksi adalah proses pembuatan prototype:
 1. Merakit hardware: Arduino Mega2560, modul WiFi ESP 8266, motor servo, senso suhu DS18B20,

sensor pH4502C, sensor Turbidity Probe TS300B, OLED 128x64, peltier, kipas, pompa, relay, adaptor, bug converter, RTC 3231, power step-down.

2. Membuat program pada arduino IDE dan komunikasi IoT pada server dari ESP8266 ke VPS Hosting.
3. Mengembangkan antarmuka menggunakan web browser.

5. *Deployment* (pengetesan awal atau penempatan)

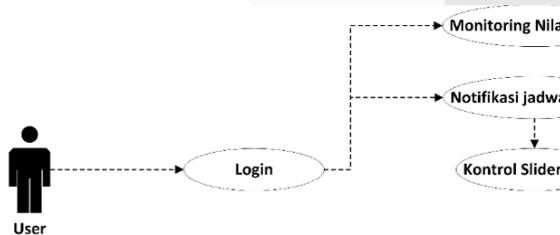
1. Prototype diuji pada aquarium kaca
2. Mengamati apakah monitoring sensor sesuai.
3. Mengamati sensor berfungsi dan data bisa diakses dari web browser.
4. Pengujian kestabilan jaringan internet, black box testing dan respon sistem serta sensor terhadap kondisi baik atau error.

B. Perancangan Sistem atau Alur Model

Berikut ini use case diagram untuk memvisualisasikan akses user terhadap sistem yang dirancang.

A. Use case diagram

Berikut ini use case diagram untuk memvisualisasikan akses user terhadap sistem yang dirancang.



Use Case Diagram di atas menggambarkan hubungan antara aktor User dengan sistem berbasis Internet of Things (IoT) yang dikembangkan untuk otomatisasi pemberian pakan dan pemantauan kualitas air pada aquarium ikan hias. Aktor dalam diagram ini adalah User, yaitu pemilik atau pengelola aquarium, yang berinteraksi langsung dengan sistem melalui antarmuka web.

Sebelum mengakses fitur sistem, User harus terlebih dahulu melakukan proses Login sebagai

bagian dari autentikasi. Proses login ini berfungsi untuk memastikan bahwa hanya pengguna yang berwenang yang dapat mengakses fitur-fitur pengendalian dan pemantauan.

Setelah berhasil login, sistem menyediakan tiga use case utama yang dapat diakses oleh user:

1. Monitoring Nilai Sensor:

Fitur ini memungkinkan user untuk memantau parameter kualitas air akuarium secara real-time. Nilai yang ditampilkan meliputi suhu air (sensor DS18B20), tingkat keasaman pH (sensor pH4502C), dan kekeruhan air (sensor TS300B). Data ditampilkan dalam bentuk numerik pada card UI serta grafik tren terhadap waktu, sehingga pengguna dapat mengidentifikasi perubahan nilai secara detail setiap detik.

2. Notifikasi Jadwal Pakan

Fitur ini memberikan pengingat atau peringatan kepada user ketika waktu pemberian pakan tiba, berdasarkan waktu yang telah dijadwalkan sebelumnya melalui Real Time Clock (RTC DS3231). Notifikasi hanya dapat diterima apabila user dalam keadaan login ke dashboard. Fungsi ini mendorong pengguna untuk memberikan perhatian lebih terhadap rutinitas pakan.

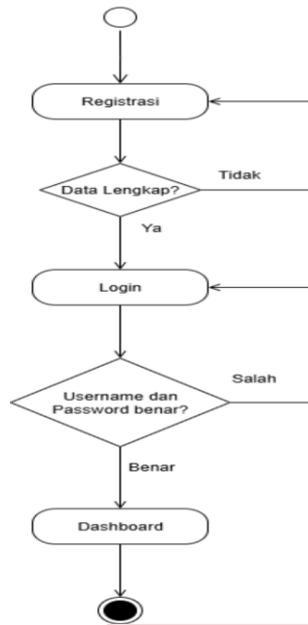
3. Kontrol Slider Servo

Setelah notifikasi pakan aktif, user diberikan opsi untuk mengontrol pergerakan servo motor melalui slider yang tersedia di antarmuka web. Slider ini memiliki rentang sudut dari 0° hingga 90°, di mana sudut tersebut berpengaruh terhadap banyaknya pakan yang dikeluarkan oleh alat. Fitur ini memungkinkan pemberian pakan yang fleksibel dan dapat disesuaikan dengan jumlah ikan.

Ketiga fitur tersebut dirancang untuk meningkatkan kenyamanan dan efektivitas pengelolaan akuarium ikan hias secara otomatis dan jarak jauh.

B. Activity diagram

Diagram aktivitas adalah diagram UML yang menggambarkan aspek dinamis dalam suatu sistem yang secara umum. Adapun dalam tulisan ini, penulis membuat diagram aktivitas sebagai berikut.



Gambar di atas merupakan diagram alur (flowchart) dari proses registrasi akun hingga autentikasi pengguna ke dalam sistem dashboard pemantauan dan pengendalian akuarium berbasis IoT.

Alur dimulai dari simbol start (lingkaran awal), yang menunjukkan bahwa sistem telah diakses oleh pengguna baru.

1. Registrasi Akun:

Langkah awal bagi pengguna yang belum memiliki akun adalah melakukan registrasi. Pengguna diminta mengisi data yang dibutuhkan, seperti username, password, dan kemungkinan informasi tambahan seperti email atau nama lengkap.

2. Validasi Kelengkapan Data:

Sistem akan memverifikasi apakah semua data yang diwajibkan telah terisi. Jika data belum lengkap, maka pengguna diarahkan untuk kembali ke proses registrasi guna melengkapi seluruh data yang dibutuhkan.

3. Login:

Jika data registrasi telah lengkap, maka pengguna akan diarahkan ke halaman login untuk memasukkan username dan password.

4. Verifikasi Kredensial

Sistem akan melakukan validasi terhadap username dan password yang dimasukkan. Jika kredensial tidak sesuai, maka pengguna kembali ke proses login untuk memasukkan ulang data secara benar. Jika kredensial sesuai, maka pengguna diberikan akses menuju halaman dashboard utama.

5. Dashboard

Setelah login berhasil, pengguna diarahkan ke halaman dashboard, yang merupakan tampilan utama dari sistem. Di halaman ini, pengguna dapat memanfaatkan fitur-fitur seperti monitoring sensor, notifikasi jadwal pakan, dan kontrol aktuatur servo melalui antarmuka web.

Alur ditutup dengan simbol end (lingkaran ganda), menandakan akhir dari proses login yang berhasil. Selanjutnya ada diagram aktivitas menggerakkan slider untuk gerak servo pada gambar berikut ini.



Gambar di atas menunjukkan diagram aktivitas yang merepresentasikan proses bisnis saat user menggerakkan slider pada dashboard untuk mengaktifkan servo motor sebagai aktuatur pemberi pakan ikan dalam sistem Akuakultur Berbasis IoT.

Proses dimulai dengan simbol start, menandakan bahwa sistem telah aktif dan user berada pada fase awal interaksi.

1. Dashboard Akuakultur IoT:

Tahapan pertama adalah ketika pengguna telah berhasil login dan masuk ke halaman dashboard utama dari sistem pemantauan dan pengendalian akuarium. Halaman dashboard ini menampilkan antarmuka monitoring serta kontrol pakan ikan.

2. Notifikasi Jadwal Pakan Tiba:

Sistem secara otomatis memunculkan notifikasi kepada pengguna bahwa waktu pemberian pakan telah tiba. Notifikasi ini dapat berbentuk indikator visual pada antarmuka dashboard, atau berupa perintah prompt dari sistem.

Perhatikan bahwa persamaan dipusatkan menggunakan perhentian tab tengah. Pastikan bahwa simbol dalam persamaan Anda telah ditentukan sebelum atau segera setelah persamaan. Gunakan “(1)”, bukan “Persamaan. (1)” atau “persamaan (1)”, kecuali di awal kalimat: “Persamaan (1) adalah . . .”

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk memastikan sistem pakan dan akuarium berbasis internet of things berfungsi sesuai harapan, maka dilakukan dua skenario utama pengujian. Setiap skenario dirancang untuk mengamati perilaku sistem terhadap kondisi tertentu yang mempresentasikan pengguna di lapangan. Skenario yang dilakukan ada dua, yaitu skenario satu untuk memastikan pembacaan sensor dan pengiriman data sensor ke server, dan skenario dua adalah memastikan pengendalian aktuator melalui relay maupun switch-toggle/slider dari antarmuka web mampu bekerja secara optimal. Adapun berikut ini merupakan tabel pengujian fungsional terhadap komponen-komponen utama sistem. Tabel ini menyajikan hasil yang memastikan bahwa setiap modul bekerja sesuai fungsi yang dirancang.

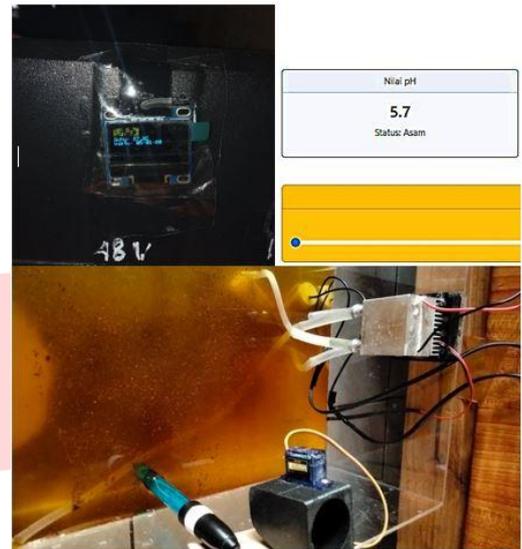
A. Black Box Testing

Black-box testing merupakan metode pengujian berbasis respon sistem terhadap input yang diberikan user tanpa mempertimbangkan bagaimana proses internal berlangsung. Pada konteks internet of things untuk sistem pakan otomatis dan monitoring kualitas air akuarium ini, pendekatan black-box testing digunakan untuk mengemati kesesuaian perilaku sistem dalam merespon data lingkungan yang diperoleh dari sensor dan aktuator apa yang dikendalikan secara otomatis sesuai perintah yang sudah diprogram ke dalam mikrokontroler Arduino Mega2560 built-in WiFi ESP8266. Pengujian dilakukan dalam akuarium ikan hias yang berisi air bening lalu diberikan garam dan serbuk kopi sebagai sebuah gangguan terhadap air yang akan dibaca oleh sensor pH4502C dan turbidity TS300B. selain itu diberikan juga air dingin untuk memperoleh data dari sensor DS18B20 dan respon apa yang diberikan aktuator terhadap nilai yang dibaca. Tujuan utama dari pengujian black-box ini adalah untuk memastikan bahwa seluruh komponen sistem bekerja sesuai spesifikasi akhir, yaitu mampu menjalankan proses pemantauan dan pengendalian lingkungan akuarium secara otomatis berdasarkan input sensor. Selain itu, juga untuk menguji penerapan logika Finite State Machine untuk pengendalian aktuator. Berikut ini tabel black-box testing dari setiap sensor yang digunakan:

Tabel 1 black-box testing pH4502C

No	INPUT	OUTPUT pH	Kategori	Aktuator
1	Air Ledeng	7,14	Netral	Tidak ada aksi, pH Normal
2	Air Galon	5,70	Asam	Tidak ada aksi langsung, hanya dicatat di dashboard
3	Air endapan pakan ikan	4,5	Asam	Tidak ada aksi, data hanya ditampilkan di dashboard

Gambar 1(A)



B. Tabel

TABEL 1 PENGUJIAN FUNGSIONAL (B)

No	Modul	Skenario	Input	Output	Hasil	Status
1	DS18B20	Pembacaan suhu air di kondisi berbeda-beda	Air Dingin, Air Hangat	Nilai Suhu Sesuai Faktual Termometer	26.5°C 28.5°C	Valid
2	pH4502C	Uji pH pada beragam jenis cairan	Destilasi, Ledeng, dan Galon	Sesuai Tipe Ciran dan kondisi air tanah di rumah	6.88, 6.2, 6.5	Valid
3	TS300B	Pengukuran NTU pada air jernih dan keruh	Air Bening, Air Endapan pakan ikan	Sesuai tingkat keruh dan logika pembacaan NTU	0 NTU, 100 NTU	Valid
4	Servo Motor	Uji Kendali	Slider diatur 0° - 90°	Servo bergerak ke sudut	Sudut sesuai slider	Valid
5	ESP8266	Kirim data JSON dari ke Mega Server	Data sensor tersedia	Data terkirim ke server	Diterima dan kode 200	Valid
6	Dashboard Monitoring	Tampilkan data dan Grafik secara real-time	Data tersimpan di server tiap detik	Data tampil dengan grafik tren real-time	Data tampil lancar per detik	Valid

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem perancangan dan pengimplementasian akuarium otomatis berbasis Internet of Things (IoT) berhasil berjalan optimal. Sistem mampu menjalankan pemberian pakan otomatis pada ikan mas koki menggunakan servo motor yang dikendalikan modul RTC DS3231 sehingga jadwal pakan lebih teratur dan konsisten. Selain itu, sistem ini mampu melakukan pemantauan kualitas air secara real-time, meliputi pH air dengan sensor pH4502C melalui modul ADS1115 dan menampilkan nilai 0.06, suhu air dengan sensor DS18B20 menampilkan nilai 28.5°C, dan tingkat kekeruhan menggunakan sensor TS300B menampilkan nilai 0.2. Data dari setiap sensor dapat ditampilkan secara langsung baik melalui OLED maupun antarmuka web, sehingga

pengguna dapat melakukan monitoring jarak jauh dengan mudah. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa data pembacaan sensor dan status servo dapat tersimpan secara berkala pada basis data MySQL, sehingga mendukung kebutuhan monitoring jangka panjang. Demikian, sistem yang dirancang ini terbukti stabil, akurat, dan dapat diterapkan secara efektif pada akuarium kaca baik untuk kebutuhan skala rumahan, seperti pada studi kasus di Ruko Burayak Ikan, Pucung.

REFERENSI

- [1] K. Boakye-Agyei, "KAJIAN HUKUM TERHADAP PENCURIAN IKAN DILAUT BERDASARKAN UU NOMOR 45 TAHUN 2009 TENTANG PERUBAHAN ATAS UU NOMOR 31 TAHUN 2004 TENTANG PERIKANAN," hal. 12–42, 2009.
- [2] A. Apriani dan C. Widayati, "PEMBERDAYAAN EKONOMI MASYARAKAT MELALUI BUDIDAYA IKAN MAS KOKI DI KECAMATAN PARUNG, KABUPATEN BOGOR," vol. 3, no. 1, hal. 52–64, 2023.
- [3] M. T. Sidiq dan A. H. Mujiyanto, "Implementasi Internet Of Things Untuk Alat Pemberian Makan Ikan Otomatis Dan Monitoring Suhu Air," *Inov. J. Ilm. Inov. Teknol. Inf.*, vol. 8, no. 1, hal. 179–188, 2023.
- [4] B. A. Prasetyo dan Agung Syukur, "Rancang Bangun Smart Akuarium Ikan Hias Discus Berbasis Internet Of Things," *J. Ilm. Inform. Glob.*, vol. 15, no. 2, hal. 58–66, 2024.
- [5] S. D. Alfandi, Danny Permana, "Alat Pakan Ikan Otomatis dengan Arduino," *J. Ilmial Mhs. Kendali dan List.*, vol. 2, no. 2, hal. 42–48, 2020.
- [6] A. E. Novianto, "Protoype Alat Pemberi Makan Ikan Aquarium Otomatis Berbasis Arduino Uno," *J. Elektro Kontrol*, vol. 2, no. 1, hal. 28–34, 2022.
- [7] M. Walid dan B. Akramul Umam, "Pengembangan Alat Pemberi Pakan Ikan Dan Monitoring Kolam Budidaya Ikan Nila Berbasis Internet of Things (Iot) Dan Mikrokontroler Esp32," *Oktober 2022 J. Artic.*, vol. 8, no. 1, hal. 45–50, 2022.
- [8] H. Hidayat dan W. Haryono, "Pengembangan Perangkat Pemberi Pakan Ikan Otomatis Berbasis Mikrokontroler Node Mcu Pada Budidaya Ikan Lele," *JORAPI J. Res. Publ. Innov.*, vol. 1, no. 3, hal. 937–944, 2023.
- [9] M. A. Askar, E. Susanto, dan A. S. Wibowo, "Sistem Pengendalian Pakan dan Monitoring Kualitas Air Akuarium Otomatis," *e-Proceeding Eng.*, vol. 9, no. 2, hal. 273–280, 2022.
- [10] D. Ferdianto, B. Nur Said, dan R. Yunus, "Perancangan dan Implementasi Sistem Pemantauan Suhu, lampu otomatis dan pakan otomatis pada Akuarium Ikan Hias berbasis IoT," *Edu Elektromatika*, vol. 4, no. 2, hal. 1–11, 2023.
- [11] A. Yazid dan R. Febriliana, "Sistem Monitoring dan Pengendalian Akuarium Berbasis Internet of Things," *JELIKU (Jurnal Elektron. Ilmu Komput. Udayana)*, vol. 12, no. 3, hal. 717–730, 2024.
- [12] B. Utomo dan L. Anifah, "Rancang Bangun Smart Aquarium Untuk Ikan Channa Berbasis IoT," *J. Tek. Elektro*, vol. 12, no. 3, hal. 68–75, 2023.
- [13] I. Gunawan dan H. Ahmadi, "Kajian Dan Rancang Bangun Alat Pakan Ikan Otomatis (Smart Feeder) Pada Kolam Budidaya Ikan Berbasis Internet Of Things," *Infotek J. Inform. dan Teknol.*, vol. 7, no. 1, hal. 40–51, 2024.
- [14] D. Yeniwati, Nilawati, dan Mawardi, "Smart Fish Pond Monitoring Dan Controlling Internet of Things (Iot) Ikan Hias (Study Kasus: Dinas Kelautan Dan Perikanan Provinsi Jambi)," *FORTECH (Journal Inf. Technol.)*, vol. 5, no. 2, hal. 30–34, 2021.
- [15] A. Rizal, G. Aditya, dan H. Nurdiansyah, "Fish Feeder for Aquaculture with Fish Feed Remaining and Feed Out Monitoring System Based on IoT," *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 1, no. 2, 2021.
- [16] M. Marwondo, S. Sarjono, dan I. Ardiansyah, "Rancang Bangun Perangkat IoT untuk Pengendalian Pakan Pada Budidaya Ikan Hias Cupang (Betta Fish)," *J. Account. Inf. Syst.*, vol. 6, no. 2, hal. 149–161, 2023.
- [17] M. Al Rasyid, N. Muhtadai, dan A. Nugraha, "Design of the Feeding System Automatic Koi Fish Based on Internet of Things Using the Fuzzy Logic Controller Method," hal. 921–930, 2023.
- [18] S. Samsugi, "Penerapan Penjadwalan Pakan Ikan Hias Molly Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno Dan Sensor Rtc Ds3231," *J. Teknol. dan Sist. Tertanam*, vol. 4, no. 1, 2023.
- [19] A. A. Putra Hasibuan, T. Syahputra, D. Setiawan, dan J. Halim, "Aplikasi Pemberian Pakan Serta Keketuhan Air Kolam Ikan Cupang Berbasis Nodemcu," *J. MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, vol. 2, no. 2, hal. 69–74, 2021.
- [20] M. Shazuwan, M. Nordin, dan M. Yusof, "Sistem Pengurusan Makanan Ikan Fish Feed Management System," *Appl. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 2, no. 2, hal. 1605–1620, 2021.
- [21] M. R. Nur *et al.*, "Sistem Pakan Tertakar Otomatis untuk Budidaya Ikan Nila Merah Berbasis IoT," *J. Internet Softw. Eng.*, vol. 1, no. 4, hal. 9, 2024.
- [22] B. A. Prasetyo dan A. Syukur, "JURNAL ILMIAH INFORMATIKA GLOBAL VOLUME X No. XX Juli/Desember XXXX Rancang Bangun Smart Aquarium Ikan Hias Discus Berbasis Internet Of Things," vol. X, no. Xx, hal. 58–66, 2021.
- [23] D. Hanifah, A. Setyawan, K. Masyarakat, dan U. D. Muhammadiyah Hamka, "Indonesian Journal of Science," *Indones. J. Sci.*, vol. 1, no. 3, hal. 926–935, 2024.
- [24] L. S. L. Carroll, "A comprehensive definition of technology from an ethological perspective," *Soc. Sci.*, vol. 6, no. 4, 2017.
- [25] G. Booch, J. Rumbaugh, dan I. Jacobson, *The Unified Modelling Language User Guide*, 2 ed. Addison Wesley, 1999.
- [26] S. M. and R. F. Simon Bennett, *Object-Oriented Systems Analysis and Design Using UML*, 4 ed., vol. 3, no. 1. McGraw-Hill, 2015.

- [27] O. Mphale, K. N. Gorejena, dan O. Nojila, "The Future of Things: A Comprehensive Overview of Internet of Things History, Definitions, Technologies, Architectures, Communication and beyond," *J. Inf. Syst. Informatics*, vol. 6, no. 2, hal. 1263–1286, 2024
- [28] I. G. Widharma, Suputra, "Buku Teks Mikrokontroler (Chapter Two)," in *Buku Teks Mikrokontroler*, 2 ed. Bali: Politeknik Negeri Bali, 2021.
- [29] B. F. Koyanagi, "Arduino MEGA 2560 With WiFi Built-in - ESP8266 Introduction : Arduino MEGA 2560 With WiFi Built-in - Step 1: Physical Characteristics of the Board Step 2: Access to ESP8266 Pins," *AUTODESK INSTRUCTABLES*, 2019.
- [30] J. F. Vetelino dan A. Reghu, "Introduction to sensors," *Introd. to Sensors*, no. November, hal. 1–180, 2020, doi: 10.1201/9781315218274.
- [31] R. M. Kosanke, "OLED 4 Pin 128*64 Display Module 0.96" Blue Color," hal. 3–6, 2019.
- [32] C. X. Meregildo Collave, R. J. Lázaro Bacilio, A. E. Guerrero Escobedo, R. F. Rodriguez Espinoza, Y. F. Azabache Liza, dan J. M. Ipanaque Roña, "Turbidity and color removal from irrigation water, with coagulants and activated carbon, controlled by an Arduino system," *Case Stud. Chem. Environ. Eng.*, vol. 10, no. July, 2024
- [33] F. Baskoro, A. M. F. R. Gazali, dan N. Kholis, "PERANCANGAN SISTEMs PENGENDALIAN pH AIR BERBASIS ARDUINO UNO PADA BUDIDAYA'IKAN AIR TAWAR," *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, hal. 299–305, 2021.
- [34] D. A. da Silva, A. B. R. Mariano, dan A. B. O. de Sousa, "Development of a low-cost iot platform for data collection," *Rev. Eng. na Agric. - REVENG*, vol. 30, hal. 85–96, 2022
- [35] R. ELECTRONICS, "3 CHANNEL RELAY - 5V Features :," *Data sheet relay module 5v*. hal. 4–6, 2016.
- [36] S. A. Hamzah dan S. Suhaimi, "Solar Exhaust Fan with Temperature Sensor," *Int. J. Recent Technol. Appl. Sci.*, vol. 4, no. 2, hal. 84–96, 2022
- [37] D. Nuwantha Jayawardhana, S. Wijewickrama, dan A. D. Induranga, "Development of a High-Torque DC Servo Motor with a Compact Worm Gear Transmission," 2025.
- [38] R. Sinaga, N. Novriyenni, dan S. Syahputra, "Design of an Automatic Water Faucet System Using the IOT Based HC-SR04 Sensor," *J. Artif. Intell. Eng. Appl.*, vol. 3, no. 1, hal. 274–278, 2023
- [39] Elga Aris Prasetyo, "Pengertian, Jenis dan Cara Kerja Kabel Jumper Arduino," *Arduino Indonesia*, 2022.
- [40] S. Sudarmaji, "Work System Analysis of Power Supply in Optimizing Electricity on Personal Computer (Pc)," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 2, hal. 168–177, 2017
- [41] N. Husin, Norhidayuwati Abu dan A. Syahira, S. Zahari, *EMBEDDED IoT For Beginner Penulis*: Politeknik Muadzam Shah, 2024.
- [42] F. W. Stodola, *The C PLUS Programming Language*, 4 ed., vol. 15, no. 1. 1980.
- [43] D. M. K. Singh, D. K. K. Raghuvanshi, dan P. (Dr. S. Gautam, *PHPProgrammingBook*, 2024 ed. Sheetal Printers, Jaipur: NEELKANTH PUBLISHERS (P) LTD., 2024.
- [44] PHP GROUP, "PHP Sites," 2001.
- [45] Arduino.cc, "Arduino Home."
- [46] A. Fuggetta, *Software process*. 2000. doi: 10.1145/336512.336521.
- [47] B. W. Boehm, "Software engineering economics," *Softw. Eng. Barry W. Boehm'S Lifetime Contrib. to Softw. Dev. Manag. Res.*, hal. 117–149, 2007, doi: 10.1109/9780470187562.ch2.
- [48] I. Sommerville, *Software Engineering (9th ed.; Boston, Ed.). Massachusetts: Pearson Education*. 2011.
- [49] G. E. A. Kustanto dan H. P. Chernovita, "Perancangan Sistem Informasi Manajemen Berbasis Web Studi Kasus : PT Unicorn Intertranz," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 4, hal. 719, Jul 2021