

SISTEM PELONTAR PAKAN IKAN 360° DAN MONITORING Ph BERBASIS IoT MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY

Muhammad Agus Wahyudi^{1*}, RD Kusumanto²

^{1,2}Prodi Sarjana Terapan Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya Jl Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139

Keywords:

360° Fish Feeder;
Internet of Things (IoT),
Fuzzy Logic,
pH Monitoring

Correspondent Email:

muhammadaguswahyudi01@gmail.com



Copyright © 2026 The Author(s),
Published by Jurnal Informatika dan
Teknik Elektro Terapan. This is an
open-access article distributed under
the terms of the Creative Commons
Attribution-NonCommercial 4.0
International License (CC BY-NC
4.0).

Abstrak. Budidaya ikan lele menghadapi kendala berupa ketidakaturan pemberian pakan manual dan sulitnya pemantauan kualitas air secara berkelanjutan. Penelitian ini merancang Sistem Pelontar Pakan Ikan 360° dan Monitoring pH Berbasis IoT menggunakan Logika Fuzzy Mamdani. Mikrokontroler ESP32 membaca data sensor pH untuk memantau keasaman air dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi ketersediaan pakan, kemudian memprosesnya secara adaptif untuk menentukan durasi kerja motor DC pelontar pakan. Mekanisme pelontar mendistribusikan pakan secara melingkar 360° ke seluruh area kolam, sementara data sistem ditampilkan *real-time* melalui aplikasi Blynk. Hasil pengujian menunjukkan laju pengeluaran pakan 0,2273 kg/detik pada kondisi penuh dan 0,1724 kg/detik pada kondisi setengah penuh. Sistem berhasil mengotomatisasi pemberian pakan sekaligus memantau kualitas air secara berkelanjutan, sehingga meningkatkan efisiensi dan konsistensi pengelolaan tambak ikan lele.

Abstract. Catfish aquaculture faces challenges due to irregular manual feeding and difficulty in continuously monitoring water quality. This study develops a 360° Fish Feed Launcher and pH Monitoring System based on IoT using Mamdani Fuzzy Logic. An ESP32 microcontroller reads data from a pH sensor to monitor water acidity and an HC-SR04 ultrasonic sensor to detect feed availability, then adaptively determines the DC motor operating duration. The launcher distributes feed in a 360° circular pattern across the entire pond, while system data is displayed in real-time via the Blynk application. Test results show feed ejection rates of 0.2273 kg/second at full capacity and 0.1724 kg/second at half capacity. The system successfully automates feeding while continuously monitoring water quality, improving the efficiency and consistency of catfish pond management.

1. PENDAHULUAN

Sektor perikanan budidaya, khususnya budidaya ikan lele, merupakan salah satu sub-sektor yang memiliki potensi ekonomi cukup tinggi di Indonesia, termasuk di wilayah Palembang. Permintaan pasar yang terus meningkat mendorong banyak pelaku usaha mengembangkan tambak ikan lele sebagai sumber pendapatan utama. Salah satu usaha tambak di kawasan Palembang dengan luas

lahan sekitar 1000 m² dan tiga kolam pemeliharaan mampu menghasilkan pendapatan sekitar Rp6.000.000 setiap tiga bulan. Meskipun demikian, pengelolaan tambak tersebut masih menghadapi berbagai kendala operasional yang berdampak pada produktivitas dan keberlanjutan usaha.

Permasalahan utama yang dihadapi adalah sistem pemberian pakan yang masih dilakukan secara manual oleh satu orang karyawan.

Ketidakteraturan waktu pemberian pakan menyebabkan ikan tidak memperoleh asupan nutrisi secara konsisten, sehingga berdampak pada pertumbuhan ikan yang tidak seragam serta ketidakpastian waktu panen. Selain itu, pemilik tambak juga menghadapi permasalahan terkait kualitas air, khususnya kadar pH. Indikasi di lapangan menunjukkan bahwa ketika nilai pH air meningkat, ikan cenderung mengalami penurunan nafsu makan, namun kondisi ini belum dipantau secara berkelanjutan sehingga sulit dikendalikan secara dini. Kedua permasalahan tersebut menunjukkan perlunya sebuah sistem yang dapat mengotomatisasi pemberian pakan sekaligus memantau kualitas air secara *real-time*.

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) membuka peluang besar untuk mengatasi permasalahan tersebut melalui otomatisasi dan pemantauan jarak jauh. Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem pemberian pakan ikan maupun monitoring kualitas air berbasis IoT dengan berbagai pendekatan. Sugiarto dkk. [1] mengembangkan sistem pemberian pakan ikan hias otomatis berbasis ESP32 dengan kontrol melalui aplikasi Blynk, namun sistem tersebut masih terbatas pada penjadwalan sederhana tanpa integrasi monitoring kualitas air sehingga kurang adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Ariyandi dkk. [7] merancang sistem pemberi pakan ikan berbasis IoT dengan aplikasi Android, namun masih berfokus pada kontrol manual tanpa integrasi sumber energi terbarukan. Mukhtar dkk. [8] mengembangkan *feeder* berbasis *auger* dengan ESP32 yang memiliki akurasi pemberian pakan tinggi, tetapi sistem masih berbasis waktu dan belum mengintegrasikan parameter kualitas air sebagai acuan adaptif.

Penelitian lain oleh Sudibyo dkk. [9] mengembangkan sistem *smart farming* berbasis IoT yang mengintegrasikan monitoring kondisi kolam dengan pemberian pakan dalam satu sistem, sedangkan Martins dkk. [10] memanfaatkan tenaga surya untuk sistem monitoring kualitas air pada kolam ikan dengan fokus pada efisiensi dan keberlanjutan energi. Kedua penelitian tersebut menunjukkan kemajuan dalam integrasi monitoring dan otomatisasi, namun belum ada penelitian yang secara khusus mengintegrasikan sistem pelontar pakan otomatis dengan jangkauan distribusi

360°, monitoring pH air secara *real-time*, kontrol jarak jauh berbasis IoT, dan pemanfaatan energi surya dalam satu sistem yang utuh untuk diterapkan pada tambak ikan lele skala kecil hingga menengah.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini mengembangkan Sistem Pelontar Pakan Ikan 360° dan Monitoring pH Berbasis IoT yang menggunakan mikrokontroler ESP32 untuk mengotomatisasi proses pemberian pakan secara terjadwal, memantau kadar pH air dan ketersediaan pakan secara *real-time* melalui sensor pH dan sensor ultrasonik HC-SR04, serta menampilkan dan mengendalikan seluruh proses tersebut dari jarak jauh melalui aplikasi Blynk. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi mekanisme pelontar pakan dengan sudut distribusi 360°, monitoring kualitas air berbasis pH, dan konektivitas IoT dalam satu rangkaian sistem yang dirancang untuk mendukung efisiensi serta keberlanjutan usaha budidaya ikan lele.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem pelontar pakan ikan otomatis berbasis IoT menggunakan ESP32 yang dapat bekerja secara terjadwal untuk mengatasi ketidakteraturan pemberian pakan, membangun sistem pemantauan kadar pH air secara langsung dan berkelanjutan agar kondisi lingkungan budidaya tetap optimal, serta mengintegrasikan kedua fungsi tersebut ke dalam satu sistem yang dapat diakses dan dikontrol dari jarak jauh melalui jaringan internet. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, konsistensi, dan keberlanjutan pengelolaan tambak ikan lele.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah paradigma teknologi yang menghubungkan berbagai perangkat fisik ke dalam jaringan internet, memungkinkan komunikasi dan pertukaran data tanpa interaksi manusia secara langsung [6]. Dengan menambahkan perangkat keras dan perangkat lunak yang cerdas, objek-objek ini dapat berkomunikasi satu sama lain dan berpartisipasi secara efektif dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari, sehingga memungkinkan bentuk komunikasi baru antara manusia dan benda, serta antar benda itu sendiri [15].

2.2 Blynk

Blynk adalah platform *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan pengguna untuk mengendalikan dan memantau perangkat elektronik secara jarak jauh melalui aplikasi seluler yang intuitif [2]. Platform ini menyediakan antarmuka yang dapat disesuaikan dengan berbagai *widget*, memungkinkan pengguna untuk membuat *dashboard* yang sesuai dengan kebutuhan proyek mereka tanpa memerlukan pengetahuan pemrograman yang mendalam. Blynk mendukung berbagai perangkat keras populer seperti Arduino, ESP8266, dan Raspberry Pi, serta menyediakan pustaka yang memudahkan integrasi perangkat keras dengan platformnya [1].

2.3 Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems sebagai penerus dari ESP8266. Mikrokontroler ini dikenal karena integrasi Wi-Fi dan Bluetooth, memungkinkan pengembangan perangkat *Internet of Things* (IoT) yang efisien dan hemat biaya [11]. ESP32 dilengkapi dengan prosesor Xtensa *dual-core* 32-bit LX6 yang beroperasi pada frekuensi hingga 240 MHz, serta memori SRAM sebesar 520 KB. Fitur tambahan mencakup berbagai antarmuka seperti SPI, I2C, UART, ADC 12-bit, DAC 8-bit, dan sensor sentuh kapasitif, menjadikannya fleksibel untuk berbagai aplikasi [8].

ESP32 adalah chip mikrokontroler yang dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi 2.4 GHz dan Bluetooth, dengan desain teknologi yang menggunakan proses 40 nm. Chip ini didesain untuk menyediakan kinerja radio yang optimal dengan daya yang efisien serta menunjukkan ketahanan, keserbagunaan, dan keandalan dalam berbagai aplikasi dan skenario daya [4]. ESP32 memungkinkan pengguna untuk dengan mudah mengembangkan berbagai sistem aplikasi dan proyek berbasis *Internet of Things* (IoT) karena memiliki fitur mode ganda Wi-Fi dan Bluetooth. Sebagai penerus ESP8266, ESP32 menawarkan banyak fitur tambahan dan keunggulan, seperti inti CPU dan Wi-Fi yang lebih cepat, jumlah GPIO yang lebih banyak, dukungan untuk Bluetooth 4.2, serta konsumsi daya yang rendah [9]. Hal ini membuatnya sangat cocok untuk berbagai proyek elektronika berbasis IoT.

2.4 Fuzzy Logic

Fuzzy *logic* atau logika fuzzy merupakan metode pengambilan keputusan yang didasarkan pada konsep himpunan fuzzy (*fuzzy set*). Berbeda dengan logika Boolean konvensional yang hanya mengenal nilai benar (1) atau salah (0), logika fuzzy memungkinkan nilai kebenaran berupa bilangan riil antara 0 dan 1. Konsep ini pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965 dan telah banyak diterapkan dalam sistem kendali cerdas berbasis mikrokontroler maupun IoT [5].

Dalam konteks sistem pelontar pakan ikan 360° dan monitoring pH berbasis IoT ini, metode Fuzzy *Logic* diterapkan untuk menentukan keputusan pemberian pakan secara otomatis berdasarkan dua masukan utama, yaitu nilai pH air kolam dari sensor pH dan sisa stok pakan dari sensor ultrasonik. Keluaran dari sistem fuzzy ini berupa durasi aktif dinamo 12V [15].

Sistem fuzzy yang diterapkan pada penelitian ini menggunakan metode Mamdani yang terdiri dari empat tahapan utama, yaitu fuzzifikasi, evaluasi aturan (*rule evaluation*), agregasi, dan defuzzifikasi. Metode Mamdani dipilih karena menghasilkan *output* yang lebih intuitif dan mudah diinterpretasikan dalam sistem kendali berbasis fisik seperti motor dinamo [6].

- a. Fuzzifikasi merupakan proses mengubah nilai masukan crisp (nilai nyata dari sensor) menjadi derajat keanggotaan pada himpunan fuzzy yang telah didefinisikan. Nilai crisp dari sensor pH dan sensor ultrasonik dikonversi menggunakan fungsi keanggotaan segitiga (*triangular membership function*) dan trapesium (*trapezoidal membership function*).
- b. Evaluasi aturan merupakan proses menerapkan aturan IF-THEN yang telah dirancang berdasarkan pengetahuan pakar pembudidaya ikan. Setiap aturan menggabungkan kondisi pH air dan kondisi stok pakan untuk menghasilkan keputusan aksi pemberian pakan.
- c. Agregasi merupakan proses menggabungkan hasil dari seluruh aturan fuzzy yang aktif menjadi satu himpunan fuzzy tunggal. Pada metode Mamdani, agregasi dilakukan menggunakan operasi MAX, yaitu mengambil nilai derajat

keanggotaan tertinggi dari seluruh aturan yang terpicu.

- d. Defuzzifikasi merupakan proses mengubah himpunan fuzzy hasil agregasi kembali menjadi nilai crisp yang dapat digunakan sebagai sinyal kendali. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode Centroid (Center of Area/COA) dengan persamaan sebagai berikut:

$$z^* = \frac{\sum(\mu(z) \times z)}{\sum \mu(z)}$$

Keterangan: z^* adalah nilai crisp hasil defuzzifikasi, $\mu(z)$ adalah derajat keanggotaan pada nilai z , dan z adalah nilai variabel output pada himpunan fuzzy

3. METODE PENELITIAN

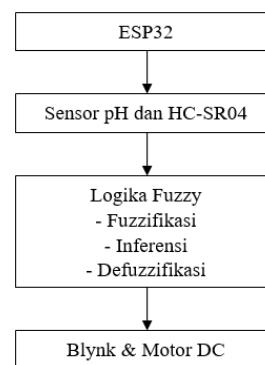
Penelitian dengan judul "Sistem Pelontar Pakan Ikan 360° dan Monitoring pH Berbasis IoT Menggunakan Logika Fuzzy" diawali dengan studi literatur untuk memperoleh landasan teori mengenai sistem pemberian pakan ikan otomatis, sensor pH, sensor ultrasonik, ESP32, *Internet of Things* (IoT), dan metode logika fuzzy. Selanjutnya dilakukan tahap perancangan sistem yang meliputi desain elektronik, desain mekanik, desain logika fuzzy, dan desain IoT. Desain elektronik berfokus pada perancangan rangkaian perangkat keras yang terdiri dari ESP32, sensor pH, sensor ultrasonik, relay, motor DC, dan catu daya. Desain mekanik dilakukan untuk merancang konstruksi alat pelontar pakan yang mampu menyebarkan pakan ke segala arah (360°). Pada desain logika fuzzy disusun fungsi keanggotaan, aturan (*rule base*), proses inferensi, dan defuzzifikasi dengan masukan berupa nilai pH air dan ketinggian pakan dari sensor ultrasonik untuk menghasilkan keluaran berupa durasi kerja motor pelontar. Sementara itu, desain IoT bertujuan menghubungkan ESP32 dengan aplikasi Blynk sehingga data pH, ketinggian pakan, serta status alat dapat dipantau secara *real-time* dan sistem dapat dikendalikan melalui internet.

Setelah seluruh desain selesai, dilakukan realisasi alat dengan merakit seluruh komponen, mengimplementasikan program pada ESP32, serta mengintegrasikan sistem logika fuzzy dan IoT hingga alat dapat beroperasi sesuai rancangan. Tahap berikutnya

adalah pengumpulan data melalui pengujian alat untuk memperoleh data pembacaan sensor pH, sensor ultrasonik, durasi kerja motor, serta kinerja pelontaran pakan 360°. Data hasil pengujian kemudian dianalisis pada tahap analisis hasil dan evaluasi untuk menilai performa sistem, meliputi akurasi sensor, efektivitas logika fuzzy dalam menentukan durasi pelontaran pakan, keberhasilan penyebaran pakan secara merata, dan keandalan monitoring berbasis IoT. Berdasarkan hasil analisis tersebut, ditarik kesimpulan mengenai keberhasilan sistem yang telah dikembangkan serta diberikan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

3.1 Blok Diagram

Blok diagram merupakan representasi visual yang menggambarkan hubungan antar komponen dalam suatu sistem secara sederhana dan terstruktur. Melalui blok diagram, alur kerja sistem dapat dipahami dengan lebih mudah mulai dari tahap masukan (*input*), proses pengolahan data (*process*), hingga keluaran (*output*) yang dihasilkan. Blok diagram berfungsi untuk menunjukkan integrasi antar perangkat keras atau perangkat lunak yang digunakan dalam sistem memudahkan proses perancangan, analisis, dan pengembangan sistem.



Gambar 1 Blok Diagram Sistem

Sistem dalam penelitian ini menggunakan logika fuzzy untuk membuat pelontar pakan ikan berbasis *Internet of Things* (IoT) dan sistem pemantauan pH. Sebuah mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pusat kontrol dalam arsitektur sistem. Mikrokontroler ini mengumpulkan data sensor, menginterpretasikannya menggunakan logika fuzzy, mengelola aktuator, dan mengirimkan data ke platform pemantauan.

Menurut diagram blok ini, ESP32 menerima data input dari sensor pH dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk memulai fungsi sistem. Sensor HC-SR04 digunakan untuk menentukan tinggi atau ketersediaan pakan di dalam wadah pakan, sementara sensor pH mengukur tingkat keasaman air kolam, yang berfungsi sebagai indikator kualitas air untuk ikan lele. Setelah itu, ESP32 menerima data dari kedua sensor untuk pemrosesan lebih lanjut.

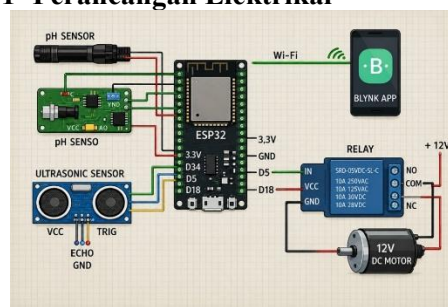
ESP32 menggunakan logika fuzzy untuk memproses data sensor setelah diterima. Fuzzifikasi adalah tahap awal, yang melibatkan transformasi nilai input tingkat pakan dan pH air menjadi nilai bahasa yang telah ditentukan, seperti rendah, sedang, dan tinggi. Penerapan basis aturan yang dimaksudkan untuk menetapkan kondisi pemberian pakan berdasarkan kombinasi tingkat pH dan ketersediaan pakan adalah langkah berikutnya dalam inferensi fuzzy. Defuzzifikasi, langkah terakhir, mengubah temuan inferensi menjadi keluaran yang jelas yang menjadi dasar pengambilan keputusan sistem.

Sebuah motor DC yang berfungsi sebagai pelontar pakan ikan dikendalikan oleh hasil pemrosesan logika fuzzy. Pemberian pakan otomatis dan lebih efisien dimungkinkan oleh motor DC yang beroperasi sesuai dengan keputusan yang dibuat oleh sistem. Selain itu, koneksi internet digunakan untuk menyediakan informasi status pemberian pakan dan pembacaan sensor ke aplikasi Blynk. Pengguna tidak perlu hadir secara fisik di kolam ikan untuk menggunakan aplikasi Blynk guna memantau tingkat pH air dan status sistem secara real-time melalui ponsel mereka.

3.2 Perancangan Sistem

Karena menentukan fungsionalitas dan kinerja perangkat, perancangan sistem adalah tahap kritis dalam proses pembuatan perangkat. Tahap ini mencakup pemilihan komponen dengan spesifikasi yang sesuai dan pengembangan desain yang optimal untuk mencapai hasil terbaik. Dalam penelitian ini, proses desain dibagi menjadi tiga komponen utama yang saling terkait: perancangan elektrik, perancangan perangkat lunak, dan perancangan mekanik.

3.2.1 Perancangan Elektrikal



Gambar 2 Skematik Rangkaian

Perancangan elektrik bertujuan untuk memastikan bahwa semua komponen dari pelontar pakan ikan berbasis IoT dan sistem pemantauan pH beroperasi secara terintegrasi, stabil, dan aman. Sirkuit listrik terdiri dari sensor pH untuk memantau kualitas air, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi ketersediaan pakan, relay sebagai saklar elektronik, motor DC sebagai aktuator pelontar pakan, dan aplikasi Blynk sebagai platform pemantauan berbasis internet.

1. Sumber Daya (*Power Supply*), baterai aki berfungsi sebagai sumber daya utama untuk sistem. Output 12V dari baterai kemudian diturunkan menjadi 5V untuk memenuhi kebutuhan daya ESP32 dan relay. Sementara itu, motor DC terus beroperasi langsung pada 12V untuk menghasilkan daya dan torsi yang cukup untuk menggerakkan pelontar pakan. Distribusi tegangan ini dirancang untuk menjaga stabilitas sistem dan mencegah gangguan yang disebabkan oleh penurunan tegangan saat motor DC beroperasi.
2. *Step-down*, konverter *step-down* 12V ke 5V memungkinkan sistem untuk mendistribusikan tegangan dengan tepat di seluruh sistem dengan bertindak sebagai pengatur tegangan untuk memastikan bahwa input daya ke sirkuit kontrol tetap dalam persyaratan operasi perangkat dan tidak menyebabkan kerusakan akibat tegangan yang terlalu tinggi. Konverter *step-down* digunakan untuk mengurangi tegangan dari baterai aki 12V menjadi 5V yang diperlukan oleh komponen elektronik tertentu dalam sistem, seperti ESP32 dan relay. Sebuah konverter *step-down* juga membantu menjaga kestabilan sistem secara umum,

terutama ketika motor DC beroperasi dan beban sumber daya utama berubah.

3. Sensor pH, secara *real-time*, sensor pH mengukur tingkat keasaman di air kolam. Modul ini terhubung ke ESP32 melalui pin analog, dan mengirimkan data pembacaan pH. Data yang diterima digunakan sebagai salah satu parameter input dalam proses logika fuzzy untuk menentukan kondisi pemberian pakan. Selain itu, nilai pH dikirim ke aplikasi Blynk untuk tujuan pemantauan.
4. Sensor Ultrasonik HC-SR04, sensor ultrasonik HC-SR04 mengukur jarak antara sensor dan permukaan pakan di dalam wadah. Sensor ini terhubung ke ESP32 melalui pin Trigger dan Echo sehingga dapat mengirim dan menerima gelombang ultrasonik. Dengan menggunakan data tentang jarak, sistem dapat memberi tahu sistem ketika tingkat pasokan turun.
5. ESP32, berfungsi sebagai pusat kontrol sistem; ia menerima data dari sensor pH dan sensor ultrasonik, kemudian memprosesnya menggunakan logika fuzzy untuk menghitung durasi operasi motor DC melalui relay. Selain itu, ESP32 dapat terhubung ke jaringan Wi-Fi sehingga dapat mengirimkan data sensor dan status sistem ke aplikasi Blynk secara *real-time*.
6. Relay, berfungsi sebagai saklar elektronik yang dikendalikan oleh ESP32. Ketika ESP32 mengirimkan sinyal logika HIGH ke pin kontrol relay, kontak relay menutup, memungkinkan motor DC menerima pasokan daya 12 V dan mulai berputar. Ketika relay dinonaktifkan, pasokan daya ke motor terputus, menyebabkan motor berhenti berfungsi.
7. Motor DC, berfungsi sebagai aktuator utama yang menggerakkan mekanisme pemberi pakan ikan. Ia menerima pasokan daya 12V melalui relay yang dikendalikan oleh ESP32. Waktu kerja motor dihitung menggunakan perhitungan logika fuzzy, sehingga jumlah pakan yang lontarkan dapat disesuaikan dengan kondisi yang telah ditentukan oleh sistem.

3.2.2 Perancangan Perangkat Lunak

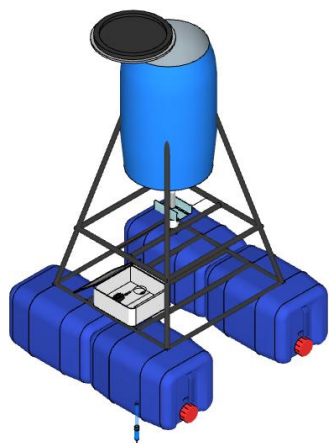
Perangkat lunak ini dirancang untuk mengontrol alur kerja sistem, termasuk pembacaan sensor, pemrosesan data fuzzy, kontrol motor, dan transmisi informasi ke platform IoT. Program ini dijalankan pada mikrokontroler ESP32 menggunakan Arduino IDE. Sistem dimulai dengan inisialisasi pin, koneksi Wi-Fi, dan integrasi Blynk. ESP32 kemudian membaca data dari sensor pH dan ultrasonik HC-SR04 secara berkala. Blynk menerima pembacaan sensor dan status aktuator sehingga pengguna dapat dengan mudah melihat kondisi sistem secara *real-time* di *smartphone* mereka. Akibatnya, proses pemberian pakan menjadi lebih efisien, terkontrol, dan disesuaikan dengan kebutuhan ikan.

1. Arduino IDE, program ini dirancang untuk mengatur alur kerja sistem, termasuk pembacaan sensor, pemrosesan data fuzzy, kontrol motor, dan transmisi informasi ke platform IoT. Ini dimulai dengan menginisialisasi pin, menghubungkan ke Wi-Fi, dan mengintegrasikan Blynk. ESP32 membaca data dari sensor pH dan sensor ultrasonik HC-SR04 secara berkala, dan Blynk menerima pembacaan sensor serta sensitivitas aktuator. Akibatnya, proses pemberian pakan menjadi lebih efisien, terkontrol, dan disesuaikan dengan kebutuhan ikan.
2. Aplikasi Blynk adalah platform pemantauan berbasis IoT yang memungkinkan pengguna menggunakan *smartphone* mereka untuk memantau kondisi sistem dari jarak jauh. Tingkat pH air, ketersediaan pakan berbasis sensor ultrasonik, dan status operasional pelontar pakan motor semuanya ditampilkan dalam data. Komunikasi antara ESP32 dan Blynk berlangsung melalui jaringan Wi-Fi, yang memungkinkan pengambilan data secara *real-time*.
3. Google Colab adalah platform berbasis *cloud* yang memudahkan peneliti untuk memproses data, menganalisisnya, dan mendokumentasikan perhitungan terkait penelitian. Tujuan utamanya adalah untuk memudahkan peneliti melakukan perhitungan tanpa menginstal perangkat

lunak tambahan di komputer mereka; dalam studi ini, dapat digunakan untuk memproses data sensor, membuat visualisasi grafis, dan

3.2.3 Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik adalah proses pembuatan komponen dan sistem mekanis agar dapat berfungsi secara efektif dan efisien dalam melaksanakan tugas-tugas tertentu. Proses ini mencakup perhitungan teknis, pemilihan material, dan desain bentuk serta struktur komponen untuk memastikan kekuatan, stabilitas, dan keamanannya. Desain mekanis juga mempertimbangkan aspek ergonomis dan estetis.



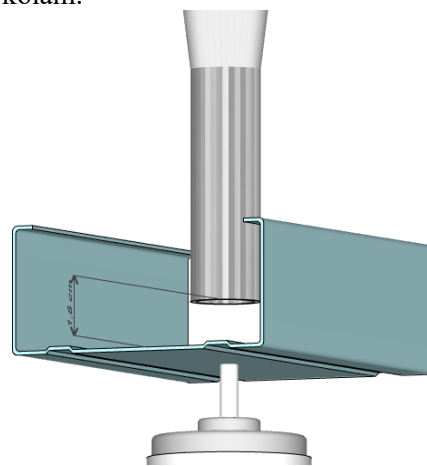
Gambar 3 Desain 3D

Tujuan dari pelontar pakan ikan otomatis ini, yang mengapung di permukaan kolam, adalah untuk mendistribusikan dan menyimpan pakan ikan secara merata di area tertentu, yang membuat pemberian pakan lebih efisien dan membutuhkan lebih sedikit tenaga kerja. Komponen utama perangkat ini adalah ember penyimpanan pakan berkapasitas 25 liter di bagian atas, yang memiliki diameter 33,6 cm dan tinggi 51,6 cm, sehingga cukup besar untuk menampung banyak pakan. Ember tersebut diposisikan di bagian atas sehingga gravitasi digunakan untuk memasukkan pakan ke dalam mekanisme pelontar di bawahnya.

Sebuah rangka utama yang terbuat dari pipa berdiameter 2 cm mendukung ember saat mengapung. Dasar rangka berukuran 57 cm × 57 cm dan berbentuk seperti piramida terpotong yang kuat. Kerangka tersebut juga berfungsi sebagai penghubung antara wadah pakan dan sistem distribusi. Untuk menjaga perangkat tetap mengapung di air, empat jerigen 10 liter digunakan sebagai pelampung, dan mereka

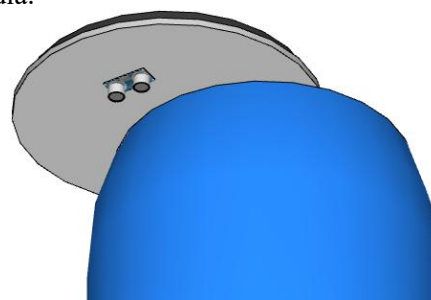
ditempatkan di bagian bawah. Setiap jerigen memiliki ukuran tinggi 39,15 cm, panjang 25 cm, dan lebar 25 cm. Keempat pelampung ini diatur secara simetris untuk memastikan distribusi berat yang merata, sehingga perangkat tidak miring atau terbalik dengan mudah.

Sebuah motor DC 12V menggerakkan mekanisme pelontar pakan di bagian tengah bawah rangka. Pakan dari ember mengalir turun melalui saluran ke pelontar, yang berjarak 1,6 cm. Kemudian, pakan tersebut dilemparkan atau diputar dalam busur 360 derajat, memastikan bahwa pakan tersebut didistribusikan lebih merata dan luas di seluruh area kolam.



Gambar 4 Jarak Antara Corong dan Pelontar

Sebuah sensor ultrasonik HC-SR04 juga dipasang di bagian bawah tutup ember. Sensor ini bekerja dengan mengirimkan gelombang ultrasonik dan menerima gema-nya, yang menentukan tinggi atau jumlah pakan yang tersisa. Ini memungkinkan sistem untuk memantau tingkat stok pakan secara *real-time*, memungkinkan pengguna untuk mengetahui kapan harus mengisi ulang pakan dan menghindari kekurangan pakan selama masih tersedia.



Gambar 5 Sensor HC-SR04

3.3 Prinsip Kerja Alat

Sistem pelontar pakan ikan berbasis IoT dan pemantauan pH beroperasi dengan dasar bahwa baterai memberi daya pada seluruh rangkaian melalui modul *step-down* yang mengubah tegangan sesuai dengan kebutuhan berbagai komponen. Sensor pH menentukan tingkat keasaman air kolam setelah ESP32 dinyalakan dan terhubung ke jaringan Wi-Fi, dan sensor ultrasonik HC-SR04 mengukur seberapa banyak pakan yang masih ada di dalam wadah. ESP32 kemudian menerima data dari kedua sensor dan memprosesnya menggunakan teknik logika fuzzy yang mencakup langkah-langkah fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi. Pilihan berapa lama motor DC yang digunakan sebagai pelontar pakan ikan akan berjalan adalah hasil dari prosedur logika kabur. Setelah itu, ESP32 memicu relay yang menghubungkan motor DC ke sumber daya 12 V, memungkinkan motor beroperasi selama waktu yang telah ditentukan. Aplikasi Blynk menerima data waktu nyata tentang tingkat pH, jarak umpan, dan status motor saat sistem beroperasi, memungkinkan pelanggan menggunakan *smartphone* mereka untuk memantau kondisi kolam dan kinerja perangkat dari jarak jauh.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab Hasil dan Pembahasan menyajikan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian Sistem Pelontar Pakan Ikan 360° dan Monitoring pH Berbasis IoT Menggunakan Logika Fuzzy. Pada bab ini dibahas kinerja setiap komponen sistem, meliputi sensor pH, sensor ultrasonik, ESP32, relay, motor pelontar, serta integrasi dengan platform IoT. Selain itu, dilakukan analisis terhadap penerapan metode logika fuzzy dalam menentukan durasi pelontaran pakan berdasarkan nilai pH air dan ketinggian pakan pada wadah. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengevaluasi tingkat akurasi, keandalan, dan efektivitas sistem dalam menyebarkan pakan secara merata hingga 360° serta menampilkan data monitoring secara *real-time*, sehingga dapat diketahui apakah sistem telah bekerja sesuai dengan tujuan penelitian.

4.1 Hasil Perangkat Keras (*Hardware*)



Gambar 6 Hasil Perancangan *Hardware*

Sebuah wadah pakan, rangka penyangga, sensor pH, sensor ultrasonik HC-SR04, ESP32, relay, motor DC, dan mekanisme pakan membentuk prototipe pelontar pakan ikan 360° dan sistem pemantauan pH berbasis *Internet of Things* yang merupakan hasil dari desain perangkat keras penelitian ini. Pemberian pakan otomatis dan pemantauan kualitas air secara *real-time* didukung oleh perangkat keras. Untuk memungkinkan operasi terkoordinasi sesuai dengan urutan yang telah diprogram sebelumnya, semua komponen diintegrasikan ke dalam satu sistem.

Wadah penyimpanan pakan dengan sensor ultrasonik HC-SR04 di atasnya digambarkan pada bagian pertama **Gambar 6**. Jumlah pakan yang tersisa di dalam wadah ditentukan dengan mengukur jarak antara sensor dan permukaan pakan. Setelah itu, ESP32 menerima data, memprosesnya, dan menampilkannya di aplikasi Blynk. Pengguna dapat memantau tingkat pakan tanpa harus membuka wadahnya berkat sensor ultrasonik.

Desain mekanis umum perangkat ini, yang terdiri dari rangka besi yang berfungsi sebagai penyangga utama dan wadah pakan yang ditempatkan di atas, terlihat pada bagian kedua. Wadah pakan, motor DC pakan, dan komponen listrik semuanya didukung oleh konstruksi rangka yang kuat. Sebuah saluran keluar pakan yang terpasang pada mekanisme pelontar terletak di bagian bawah corong. Karena pengaturan ini, pakan dapat mengalir secara gravitasi menuju pelontar sebelum disebarkan di sekitar kolam.

Sistem pelontar pakan yang digerakkan oleh motor DC ditampilkan di bagian ketiga. Baling – baling atau sirip penyebar yang dipasang pada poros motor digunakan untuk menyebarkan pakan ke berbagai arah, menghasilkan distribusi yang lebih merata. ESP32 menggunakan relay untuk mengoperasikan motor DC tergantung pada hasil pemrosesan logika fuzzy yang mempertimbangkan kondisi pakan dan tingkat

pH air. Untuk mendistribusikan pakan semerata mungkin di sekitar kolam, motor berputar selama jangka waktu tertentu ketika relay dihidupkan.

Secara desain perangkat keras efektif dalam menciptakan sistem prototipe yang dapat menggabungkan pemberian pakan otomatis, pemantauan pH, dan pemantauan ketersediaan pakan menjadi satu unit. Dengan mengurangi kebutuhan untuk memberi pakan secara manual dan menyederhanakan prosedur pemantauan menggunakan teknologi IoT.

4.2 Hasil Perangkat Lunak (Software)

Arduino IDE digunakan dalam desain perangkat lunak penelitian ini, yang diimplementasikan pada mikrokontroler ESP32. Perangkat lunak ini dibuat untuk mengumpulkan informasi dari sensor pH dan HC-SR04, menginterpretasikannya menggunakan logika fuzzy, dan menghitung berapa lama motor DC yang digunakan sebagai pemberi pakan ikan akan beroperasi. Selain itu, perangkat lunak ini memungkinkan pemantauan status sistem secara *real-time* dengan mengirimkan data pembacaan sensor ke aplikasi Blynk.

```

float readUltrasonic() {
    digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);
    long duration = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH, 30000);
    float distance = duration * 0.034 / 2;
    return distance;
}

String kondisiLevel(float d) {
    if (d < 5)
        return "PENUH";
    else if (d < 20)
        return "SETENGAH";
    else
        return "HABIS";
}

```

Gambar 7 Script Arduino Mengukur Pakan

Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk membaca tingkat pakan ditunjukkan pada **Gambar 7**. Jarak antara sensor dan permukaan pakan di dalam wadah diukur menggunakan metode *readUltrasonic()*. Sensor menerima gelombang ultrasonik yang dipantulkan melalui pin ECHO setelah sinyal pemicu dikirim melalui pin TRIG selama sepuluh mikrodetik untuk memulai pengukuran. Rumus berikut digunakan untuk menentukan jarak berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk menerima pantulan:

$$\text{Jarak} = \frac{\text{Durasi} \times 0,034}{2}$$

Metode *conditionLevel()* kemudian digunakan untuk mengkategorikan data pengukuran jarak. Tingkat pakan

diklasifikasikan sebagai PENUH jika jaraknya kurang dari 10 cm, SETENGAH jika jaraknya kurang dari 40 cm, dan KOSONG jika jaraknya lebih dari 40 cm. Sistem fuzzy menggunakan kategorisasi ini sebagai salah satu parameter inputnya untuk membuat keputusan.

```

float readPH() {
    int buffer_arr[10], temp;
    unsigned long int avgval = 0;

    for (int i = 0; i < 10; i++) {
        buffer_arr[i] = analogRead(PH_PIN);
        delay(30);
    }

    for (int i = 0; i < 9; i++) {
        for (int j = i + 1; j < 10; j++) {
            if (buffer_arr[i] > buffer_arr[j]) {
                temp = buffer_arr[i];
                buffer_arr[i] = buffer_arr[j];
                buffer_arr[j] = temp;
            }
        }
    }

    for (int i = 2; i < 8; i++) {
        avgval += buffer_arr[i];
    }

    float voltage = (float)avgval * 3.3 / 4095.0 / 6;
}

```

Gambar 8 Script Arduino Mengukur pH

Sebuah program untuk membaca pembacaan pH menggunakan sensor pH yang terhubung ke ESP32 melalui pin analog ditunjukkan pada **Gambar 8**. Menggunakan instruksi *analogRead(PH_PIN)*, metode *readPH()* pertama-tama memperoleh sepuluh sampel data analog dari sensor pH. Untuk mendapatkan data yang lebih andal, ada jeda 30 ms setelah setiap pembacaan *buffer_arr[]* adalah tempat di mana data yang dikumpulkan kemudian disimpan untuk pemrosesan lebih lanjut.

Perangkat lunak mengatur angka dari yang terkecil hingga yang terbesar setelah semua data dikumpulkan. Prosedur ini bertujuan untuk mengurangi pengaruh kebisingan, atau penciran, yang mungkin memberikan hasil pengukuran yang kurang dapat diandalkan. Hanya enam titik data tengah yaitu, data pada indeks 2 hingga 7 yang digunakan oleh perangkat lunak setelah data diurutkan; dua titik data terbesar dan dua titik data terkecil dihilangkan. Dengan menggunakan teknik ini, diperoleh angka rata-rata yang lebih mencerminkan keadaan sebenarnya. Rumus berikut kemudian digunakan untuk mengubah nilai rata-rata pengukuran menjadi tegangan:

$$V_{out} = \frac{\text{Nilai ADC Rata} - \text{Rata} \times 3,3}{4095}$$

Ini disebabkan oleh penggunaan ADC 12-bit pada ESP32 dengan tegangan referensi 3,3 volt dan rentang pembacaan 0–4095. pH nyata dari air kemudian dihitung menggunakan tegangan yang dikumpulkan selama proses kalibrasi.

Setelah dikirim ke ESP32 sebagai data input untuk proses logika fuzzy, nilai pH ini ditampilkan di aplikasi Blynk untuk pemantauan kualitas air secara *real-time*.

```
int durasiMotor(String ph, String level) {
    // Jika pakan habis
    if (level == "HABIS")
        return 0;

    // ---- pH ASAM ----
    if (ph == "ASAM" && level == "PENUH")
        return 1000;

    else if (ph == "ASAM" && level == "SETENGAH")
        return 3000;

    // ---- pH NORMAL ----
    else if (ph == "NORMAL" && level == "PENUH")
        return 1000;

    else if (ph == "NORMAL" && level == "SETENGAH")
        return 2500;

    // ---- pH BASA ----
    else if (ph == "BASA" && level == "PENUH")
        return 1500;

    else if (ph == "BASA" && level == "SETENGAH")
        return 3500;

    return 0;
}
```

Gambar 9 Script Arduino Logika Fuzzy

Durasi operasi motor DC dihitung menggunakan fungsi *durasiMotor()*, yang menggabungkan data tentang ketersediaan pakan dan tingkat pH air dari sensor ultrasonik HC-SR04. Proses pemberian pakan dikendalikan oleh sistem fuzzy, yang menghasilkan durasi kerja motor dalam milidetik. Tiga kategori pH Asam, Normal, dan Basa serta tiga kategori tingkat pakan Penuh, Setengah Penuh, dan Kosong digunakan dalam penelitian ini.

Uji mekanis perangkat tersebut mengungkapkan bahwa, ketika corong pakan penuh, 5 kg pakan dapat dikosongkan sepenuhnya dalam 22 detik. Akibatnya, rumus berikut dapat digunakan untuk menentukan laju pengeluaran pakan:

$$Q_{penuh} = \frac{m}{t}$$

$$Q_{penuh} = \frac{5}{22} = 0,2273 \text{ kg/detik}$$

Sebaliknya, 5 kg pakan dimakan dalam 29 detik dengan pengaturan setengah pakan, menghasilkan laju pelepasan berikut:

$$Q_{setengah} = \frac{5}{29} = 0,1724 \text{ kg/detik}$$

Temuan menunjukkan bahwa laju ejeksi menurun sekitar 24,15% ketika jumlah pakan keadaan setengah karena ada gaya gravitasi yang lebih sedikit mendorong pakan ke arah ejektor.

Sistem berjalan dengan durasi motor 19.000 ms (19 detik) ketika pH bersifat asam dan beban umpan penuh. Massa pakan yang dikeluarkan

dapat dihitung menggunakan rumus berikut dengan laju ejeksi 0,2273 kg/detik:

$$m = Q \times t$$

$$m = 0,2273 \times 19 = 4,3187 \text{ kg}$$

Selain itu, perangkat ini menghasilkan durasi motor sebesar 26.000 ms (atau 26 detik) dalam lingkungan pH asam dengan pengaturan setengah umpan. Jumlah pakan yang dikeluarkan pada laju pembuangan 0,1724 kg/detik adalah:

$$m = 0,1724 \times 26 = 4,4824 \text{ kg}$$

Durasi motor diatur pada 22.000 ms (22 detik) ketika pH normal dan pasokan pakan penuh. Jumlah pakan yang disuplai pada laju aliran 0,2273 kg/detik adalah:

$$m = 0,2273 \times 22 = 5,0006 \text{ kg}$$

Dengan pengaturan setengah umpan dan pH normal, sistem menghasilkan durasi motor sebesar 29.000 ms, atau 29 detik. Hasil berikut dari laju pembuangan 0,1724 kg/detik:

$$m = 0,1724 \times 29 = 4,9996 \text{ kg}$$

Ketika pH bersifat basa dan pasokan pakan penuh, sistem menyesuaikan durasi motor menjadi 19 detik, yang mendistribusikan 4,32 kg pakan. Di sisi lain, motor beroperasi selama 26 detik dan mengeluarkan sekitar 4,48 kg pakan ketika pH bersifat basa dan pasokan pakan setengah penuh. Sementara itu, sistem mengeluarkan durasi 0 ms jika sensor ultrasonik mendeteksi kondisi pakan kosong; akibatnya, motor tidak berputar dan tidak ada pakan yang disalurkan.

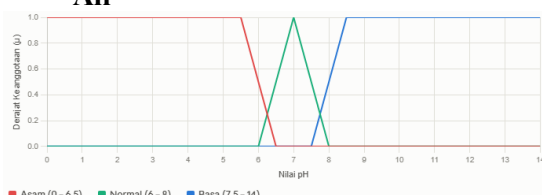
Kapasitas pakan sebesar 5 kg, yang sesuai dengan kebutuhan pakan untuk ikan lele selama fase awal pemeliharaan, digunakan untuk pengujian. Ketersediaan dan keteraturan pakan sangat penting untuk mendorong perkembangan ikan pada tahap ini. Akibatnya, sistem yang dibuat berfungsi sebagai pelontar pakan otomatis dan cara untuk menyesuaikan jumlah pakan dengan lebih akurat tergantung pada stok pakan yang tersedia dan kondisi lingkungan.

4.3 Pengujian Logika Fuzzy

Kapasitas sistem untuk menghitung durasi kerja motor DC tergantung pada ketersediaan pakan dan kualitas air diuji menggunakan logika fuzzy. Algoritma logika fuzzy Mamdani dengan dua variabel

input pH air dan jarak pakan yang ditentukan oleh sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan dalam penelitian ini. Waktu operasi motor DC yang menggerakkan pelontar pakan adalah keluaran dari sistem fuzzy. Untuk memungkinkan pemberian pakan yang otomatis dan lebih efektif, pengujian ini mencoba memverifikasi bahwa sistem dapat memberikan penilaian yang sesuai dengan kondisi nyata di kolam ikan.

4.3.1 Pengujian Membership Function pH Air



Gambar 10 Membership Function pH Air

Sistem logika fuzzy yang menentukan durasi operasional motor pelontar pakan menggunakan variabel pH air sebagai parameter masukan. Pertama, metode fuzzifikasi digunakan untuk mengubah nilai pH dari sensor menjadi derajat keanggotaan fuzzy. Variabel pH dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy: Basa, Normal, dan Asam.

Sebagaimana terlihat pada **Gambar 10** fungsi keanggotaan trapesium dengan rentang [0, 0, 5, 6,5] merepresentasikan X, yaitu himpunan fuzzy Asam. Nilai keanggotaan untuk kategori Asam adalah 1, yang menunjukkan kondisi air yang sepenuhnya asam dalam rentang pH 0 hingga 5. Nilai keanggotaan kemudian menurun secara linear pada rentang pH 5 hingga 6,5, hingga mencapai angka 0 pada pH 6,5.

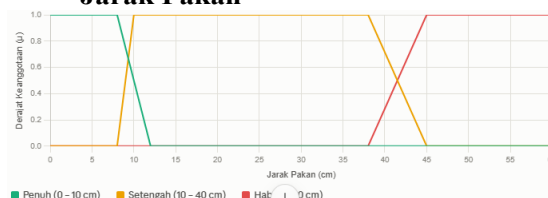
Fungsi keanggotaan segitiga dengan parameter [6, 7, 8] merepresentasikan himpunan fuzzy Normal. Pada pH 6, nilai keanggotaannya adalah nol; pada pH 7, nilainya mencapai maksimum satu; dan pada pH 8, nilainya turun secara linear hingga nol. Rentang ini dipilih karena nilai pH netral hingga sedikit basa sering kali ideal untuk pertumbuhan ikan lele.

Sementara itu, fungsi keanggotaan trapesium yang melebar dengan parameter [7,5, 9, 14, 14] merepresentasikan himpunan fuzzy Basa. Nilai keanggotaan meningkat dari 0 pada pH 7,5 hingga mencapai maksimum 1 pada pH

9, lalu tetap berada di angka 1 hingga pH 14. Kondisi air dengan alkalinitas tinggi direpresentasikan oleh fungsi ini.

Berdasarkan grafik tersebut, satu nilai pH dapat memiliki beberapa derajat keanggotaan secara bersamaan di dua area yang saling tumpang tindih. Himpunan Asam dan Normal tumpang tindih pada rentang pH 6,0–6,5, sedangkan himpunan Normal dan Basa tumpang tindih pada rentang pH 7,5–8,0. Adanya zona tumpang tindih ini memungkinkan sistem fuzzy untuk membuat keputusan yang lebih halus, sehingga tidak terjadi perubahan mendadak saat nilai pH berubah sedikit.

4.3.2 Pengujian Membership Function Jarak Pakan



Gambar 11 Membership Function Jarak Pakan

Untuk mengevaluasi seberapa baik sistem merepresentasikan ketersediaan pakan berdasarkan data dari sensor ultrasonik HC-SR04, fungsi keanggotaan jarak pakan diuji. Karena menunjukkan seberapa banyak pakan yang tersisa di dalam wadah penyimpanan, variabel jarak pakan berfungsi sebagai masukan bagi sistem logika fuzzy. Ketersediaan pakan menjadi lebih sedikit ketika jarak yang terukur antara sensor dan permukaan pakan semakin besar. Sebaliknya, jarak ukur yang lebih kecil menandakan masih terdapat jumlah pakan yang signifikan di dalam wadah.

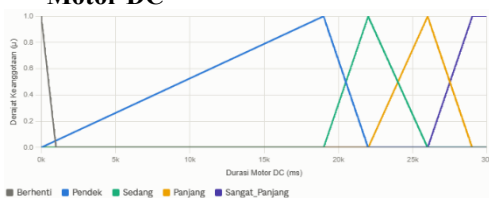
Variabel jarak pakan dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy Penuh, Setengah, dan Kosong berdasarkan desain MATLAB. Himpunan Penuh direpresentasikan oleh fungsi keanggotaan trapesium menurun dengan parameter [0, 0, 8, 12]. Himpunan Kosong menggunakan fungsi keanggotaan trapesium menaik dengan parameter [8, 10, 38, 45], sedangkan himpunan Setengah menggunakan fungsi keanggotaan segitiga dengan parameter [38, 45, 60, 60]. Berkat klasifikasi ini, sistem mampu membuat keputusan yang lebih adaptif dengan mengidentifikasi kondisi stok pakan secara bertahap.

Sebagaimana terlihat pada **Gambar 11** pada rentang jarak 0 hingga 10 cm, himpunan Penuh

menunjukkan derajat keanggotaan maksimum ($\mu = 1$). Nilai keanggotaan menurun secara linear di luar rentang tersebut dan mencapai nol pada jarak lima sentimeter. Hal ini menunjukkan bahwa wadah dalam keadaan penuh karena permukaan pakan berada sangat dekat dengan sensor.

Himpunan Setengah direpresentasikan oleh fungsi segitiga dengan titik awal 8 cm, puncak 38 cm, dan titik akhir 45 cm. Setelah meningkat secara linear dari nol hingga nilai maksimum ($\mu = 1$) pada 38 cm, nilai keanggotaan kembali ke nol pada 45 cm. Himpunan ini menggambarkan situasi ketika pasokan pakan berada pada tingkat menengah, atau sekitar setengah dari kapasitas wadah. Di sisi lain, kondisi "kosong" mulai terdeteksi pada jarak 38 cm dan meningkat secara linear hingga mencapai nilai maksimumnya pada 60 cm. Setelah titik tersebut, nilai tetap berada pada angka satu hingga jarak pengamatan maksimum 60 cm. Hal ini menunjukkan bahwa permukaan bahan baku berada jauh dari sensor, yang mengindikasikan bahwa persediaan bahan baku yang tersisa sangat sedikit atau bahkan tidak ada sama sekali.

4.3.3 Pengujian Membership Function Durasi Motor DC



Gambar 12 Membership Function Durasi Motor

4.3.4 Rule Base Fuzzy

Rule base fuzzy terdiri dari kumpulan aturan IF-THEN yang digunakan dalam proses inferensi Mamdani untuk menghitung berapa lama motor DC akan berjalan tergantung pada tingkat pH air dan ketersediaan pakan di dalam wadah. Variabel input dalam penelitian ini meliputi tingkat pakan, yang dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy: Penuh, Setengah, dan Kosong, serta pH air, yang dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy: Asam, Normal, dan Basa. Waktu kerja motor DC, yang menggerakkan sistem pelontar pakan ikan, adalah keluaran akhir.

Tabel 1 Rule Base Fuzzy

No	pH (Input 1)	Jarak Pakan (Input 2)	Durasi Motor DC (Output)
----	-----------------	--------------------------	-----------------------------

R1	Asam	Penuh	Pendek
R2	Asam	Setengah	Panjang
R3	Asam	Habis	Berhenti
R4	Normal	Penuh	Sedang
R5	Normal	Setengah	Sangat Panjang
R6	Normal	Habis	Berhenti
R7	Basa	Penuh	Pendek
R8	Basa	Setengah	Panjang
R9	Basa	Habis	Berhenti

4.4 Pengujian Sistem IoT

Untuk memastikan aplikasi Blynk dapat menampilkan data dari sensor pH dan ultrasonik secara *real-time*, dilakukan uji pemantauan. Selain berfungsi sebagai alat pemantauan, program Blynk juga berfungsi sebagai antarmuka pengguna untuk menampilkan kondisi motor dan waktu operasi.



Gambar 13 Monitoring Melalui Blynk

$$Q = \frac{\text{Berat Pakan}}{\text{Waktu}}$$

$$Q_{\text{penuh}} = \frac{5}{22} = 0,227 \text{ kg/s}$$

$$Q_{\text{setengah}} = \frac{5}{29} = 0,172 \text{ kg/s}$$

Menurut temuan uji untuk mekanisme pengeluaran pakan, ketika wadah pakan berada dalam kategori "Penuh", motor DC mengeluarkan pakan dengan laju rata-rata sekitar 0,23 kg/detik; ketika dalam kondisi "Setengah Penuh", laju tersebut menurun menjadi sekitar 0,17 kg/detik. Tekanan gravitasi dan jumlah pakan di dalam *hopper* mempengaruhi variasi kapasitas dispensasi ini. Tekanan umpan yang lebih tinggi menstabilkan aliran menuju pelontar ketika wadah penuh, meningkatkan kapasitas dispensasi. Di sisi lain, penurunan laju dispensasi disebabkan oleh penurunan tekanan di saluran keluaran yang disebabkan oleh penurunan jumlah input.

4.5 Pengujian dan Hasil Sistem

Tanggal	Sesi	pH	Kategori pH	Jarak (cm)	Kategori Jarak	Durasi Motor
25-May	Pagi	6.59	Normal	1.1	Penuh	22,000ms / 22s
25-May	Sore	6.62	Normal	12.4	Setengah	29,000ms / 29s
26-May	Pagi	6.61	Normal	23.9	Setengah	29,000ms / 29s
26-May	Sore	6.60	Normal	30.1	Setengah	29,000ms / 29s
27-May	Pagi	6.62	Normal	2.3	Penuh	22,000ms / 22s
27-May	Sore	6.65	Normal	10.2	Setengah	29,000ms / 29s
28-May	Pagi	6.74	Normal	21.9	Setengah	29,000ms / 29s
28-May	Sore	6.78	Normal	33.4	Setengah	29,000ms / 29s
29-May	Pagi	6.71	Normal	40	Habis	0ms / 0s
29-May	Sore	6.77	Normal	2.7	Penuh	22,000ms / 22s
30-May	Pagi	6.65	Normal	11.9	Setengah	29,000ms / 29s
30-May	Sore	6.62	Normal	20.1	Setengah	29,000ms / 29s
31-May	Pagi	6.74	Normal	33.6	Setengah	29,000ms / 29s
31-May	Sore	6.79	Normal	3.1	Penuh	22,000ms / 22s
01-Jun	Pagi	6.66	Normal	12.9	Setengah	29,000ms / 29s
01-Jun	Sore	6.66	Normal	24.2	Setengah	29,000ms / 29s
02-Jun	Pagi	6.73	Normal	36.7	Setengah	29,000ms / 29s
02-Jun	Sore	6.76	Normal	2.2	Penuh	22,000ms / 22s
03-Jun	Pagi	6.90	Normal	14.9	Setengah	29,000ms / 29s
03-Jun	Sore	6.88	Normal	22.1	Setengah	29,000ms / 29s
04-Jun	Pagi	6.87	Normal	31.2	Setengah	29,000ms / 29s

Gambar 14 Data Hasil Pengujian

Berdasarkan **Gambar 14**, hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai pH selama periode 25 Mei hingga 4 Juni berada pada rentang 6,59–6,90 sehingga seluruh data diklasifikasikan dalam kategori Normal, yang menandakan kualitas air tetap stabil. Sementara itu, sensor ultrasonik mendeteksi ketinggian pakan dengan jarak 1,1–40 cm, yang berdasarkan fungsi keanggotaan fuzzy diklasifikasikan menjadi Penuh (0–10 cm), Setengah (10,1–40 cm), dan Kosong (>40 cm). Sistem logika fuzzy kemudian menyesuaikan durasi kerja motor secara otomatis, yaitu 22.000 ms pada kondisi Penuh, 29.000 ms pada kondisi Setengah untuk mengompensasi berkurangnya tekanan gravitasi akibat volume pakan yang menurun, dan 0 ms pada kondisi Kosong sehingga motor berhenti beroperasi karena pakan telah habis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem logika fuzzy Mamdani yang diimplementasikan pada ESP32 mampu mengambil keputusan secara tepat berdasarkan kondisi nyata di dalam wadah pakan, di mana perubahan jarak pakan yang terdeteksi sensor ultrasonik secara langsung memengaruhi durasi kerja motor, sedangkan nilai pH yang tetap berada pada kategori Normal menunjukkan kualitas air yang stabil, sehingga proses pemberian pakan dapat berlangsung secara otomatis, adaptif, dan *real-time*.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- Sistem pelontar pakan ikan 360° berbasis IoT berhasil dirancang dan diimplementasikan melalui integrasi ESP32, sensor pH, sensor ultrasonik HC-SR04, relay, motor DC 550, dan aplikasi Blynk. Sistem mampu melakukan

pembacaan sensor, pengolahan data menggunakan logika fuzzy Mamdani, pengendalian aktuator, serta monitoring secara *real-time*.

- Penerapan metode logika fuzzy Mamdani mampu menghasilkan keputusan pemberian pakan secara otomatis berdasarkan kondisi yang terdeteksi oleh sensor. Variabel masukan berupa nilai pH air dan jarak ketersediaan pakan diproses melalui tahapan fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi sehingga menghasilkan keluaran berupa durasi kerja motor. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memberikan durasi motor sebesar 22 detik pada kondisi pakan penuh, 29 detik pada kondisi pakan setengah, dan 0 detik pada kondisi pakan habis. Mekanisme tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu menyesuaikan waktu kerja motor sesuai kondisi ketersediaan pakan sehingga proses pemberian pakan menjadi lebih efisien.
- Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki kinerja yang stabil dalam memantau kondisi tambak dan mengendalikan proses pemberian pakan. Selama pengujian, sensor pH menghasilkan nilai pada rentang 6,59–6,90 yang termasuk dalam kategori normal, sedangkan sensor ultrasonik mampu mendeteksi perubahan ketinggian pakan sesuai fungsi yang dirancang. Informasi tersebut berhasil ditampilkan pada aplikasi Blynk secara *real-time* sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan tanpa harus berada di lokasi tambak.
- Sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan tambak ikan lele dibandingkan metode konvensional. Otomatisasi pemberian pakan mengurangi ketergantungan terhadap tenaga kerja, sementara mekanisme pelontar pakan 360° membantu mendistribusikan pakan ke berbagai arah sehingga penyebaran pakan menjadi lebih merata. Selain itu, adanya fitur monitoring berbasis IoT memberikan kemudahan dalam mengawasi kondisi kualitas air dan ketersediaan pakan secara berkelanjutan.

Dengan demikian, tujuan penelitian untuk merancang sistem pelontar pakan ikan 360° dan monitoring pH berbasis IoT menggunakan logika fuzzy Mamdani telah berhasil dicapai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. R. Sugianto, M. Muhtarom, and A. A. K. Asri, "Implementasi Sistem Pemberian Pakan Ikan Hias Otomatis Menggunakan ESP32 Berbasis IoT," *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi*, vol. 5, no. 3, 2024.
- [2] J. Jeffrey et al., "Automatic Fish Feeder Using Blynk and ESP32," *Telcomatics*, vol. 9, no. 2, 2024.
- [3] A. Pratama et al., "Development of IoT-Based Fish Pond Water Quality Monitoring System Integrated with Solar Power," *Pinisi Journal of Science and Technology*, 2024.
- [4] M. A. Sobri and S. Topiq, "Automatic Fish Feed Design and IoT-Based Monitoring Using NodeMCU ESP8266," *Journal of Technology Information*, vol. 7, no. 1, 2024.
- [5] R. Hossam, A. Heakl, and W. Gomaa, "Precision Aquaculture: IoT and Computer Vision for Optimized Fish Feeding," 2024.
- [6] M. N. I. Nayoun, S. A. Hossain, K. M. R. Rezaul, K. N. E. A. Siddiquee, and M. S. Islam, "Internet of Things-Driven Precision in Fish Farming: Automated Temperature, Oxygen, and pH Regulation," *Computers*, vol. 13, no. 10, p. 267, 2024.
- [7] Z. Ariyandi, T. Taufiq, and N. Nunsina, "Design of IoT-Based Fish Feeder System Using Android Application," *Journal of Applied Informatics and Computing*, vol. 9, no. 4, 2025.
- [8] A. Mukhtar, A. Munir, and A. Azis, "ESP32 IoT Auger-Based Automatic Feeder for Fish Pellets," *SALAGA Journal*, vol. 3, no. 2, 2025.
- [9] H. Sudibyo et al., "Sistem Monitoring Budidaya Perikanan Berbasis IoT Fish Feeder," *JOISIE*, vol. 8, no. 2, 2025.
- [10] P. F. De J. Martins et al., "Pemanfaatan Tenaga Surya dan IoT untuk Monitoring Kualitas Air," *Jurnal FORTECH*, vol. 6, no. 2, 2025.
- [11] M. A. Sobri et al., "IoT-Based Fish Feeder and Monitoring System Using ESP32," *Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronik*, vol. 8, no. 2, 2025.
- [11] M. Misniati, L. D. Samsumar, and Zaenudin, "Implementation of Smart Feeder Based on IoT for Fish Aquarium," *Journal of Computer Science and Informatics Engineering*, vol. 5, no. 1, 2025.
- [12] M. A. S. Widyati, Y. Anshori, C. A. Lamasitudju, R. Laila, and Y. Y. Joeffie, "Automatic Fish Feeding and Temperature Control System for Aquariums Based on IoT," *Journal of Applied Informatics and Computing*, vol. 9, no. 1, pp. 146–152, 2025.
- [13] M. A. Sobri and H. Suhendi, "IoT-Based Fish Feeder and Water Quality Monitoring System Using ESP32," *Jurnal Informatika dan Rekayasa Elektronik*, vol. 8, no. 2, 2025.
- [14] M. F. I. Ayon, S. Nahar, A. Rahman, M. T. Arif, A. Hasib, and A. S. M. A. S. Akib, "IoT-Enabled Smart Aquarium System for Real-Time Monitoring and Automated Feeding," 2026.
- [15] Tikneon, F., & Belutowe, Y. S., "Otomatisasi dan monitoring pemberian pakan ikan lele dumbo berbasis *Internet of Things* (IoT)," *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*, 13(3), 1973–1979, 2025.