



Pemberi Pakan Ikan Otomatis berbasis IoT dengan FLC Berdasarkan Kualitas Air (Suhu, PH, Kekeruhan)

Elsanda Merita Indrawati^{1*}, Bambang Suprianto², Unit Three Kartika³ 

^{1,2,3} Magister Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received July 22, 2024

Accepted October 13, 2024

Available online October 25, 2024

Kata Kunci:

Fuzzy, IoT, Pakan Ikan.

Keywords:

Fuzzy, IoT, Fish Feed.



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2024 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

ABSTRAK

Pemberian pakan ikan secara konsisten dengan jumlah yang sama tanpa melihat kondisi lingkungan dan kebutuhan ikan dapat menyebabkan pakan tidak termakan, mengendap didasar kolam dan meracuni ikan. Tujuan pada penelitian ini yaitu menciptakan alat pemberi pakan ikan otomatis berbasis IoT dengan *Fuzzy Logic Controller* yang akurat dalam menentukan jumlah pakan berdasarkan kualitas air kolam. Jenis penelitian ini yaitu *Research and Deveopment* (RnD). Pada penelitian ini parameter inputan yaitu berupa suhu, ph, tingkat kejernihan dan outputan yaitu berupa banyaknya putaran motor yang dapat menentukan jumlah pakan sehingga menghasilkan 27 aturan fuzzy. Metode pengumpulan data yaitu berupa wawancara dan observasi kepada petani ikan gurami, sedangkan instrumen yang digunakan adalah lembar wawancara dan observasi. Setelah data dikumpulkan kemudian dianalisis menggunakan metode analisis statistik deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan eknologi pemberi pakan ikan efektif untuk digunakan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, pengembangan alat pemberi pakan ikan otomatis berbasis IoT dengan Fuzzy Logic Controller (FLC) mampu memberikan hasil yang akurat dalam menentukan jumlah pakan berdasarkan kualitas air kolam (suhu, ph, dan turbidity) yang mana jam pemberian pakan dilakukan secara real time meanggunakan RTC. Adanya alat ini petani diharapkan mampu memberikan pakan lebih efektif dan efisien dalam jumlah dan waktu pemberian pakan.

ABSTRACT

Consistently feeding fish with the same amount without considering environmental conditions and fish needs can cause the feed to be inedible, settle at the bottom of the pond and poison the fish. This study aims to create an IoT-based automatic fish feeder with a fuzzy logic controller that accurately determines the feed amount based on the pond water quality. This type of research is *Research and Development* (RnD). In this study, the input parameters are in the form of temperature, pH, and clarity level, and the output is in the form of the number of motor rotations that can determine the amount of feed to produce 27 fuzzy rules. The data collection method is in the form of interviews and observations with gourami farmers, while the instruments used are interviews and observation sheets. After the data is collected, it is analyzed using descriptive statistical analysis methods. The results of the study show that fish feeder technology is effective. So it can be concluded that the development of an IoT-based automatic fish feeder with a Fuzzy Logic Controller (FLC) can provide accurate results in determining the amount of feed based on the quality of the pond water (temperature, pH, and turbidity) where the feeding hours are carried out in real-time using RTC. With this tool, farmers are expected to be able to provide feed more effectively and efficiently in terms of the amount and time of feeding.

1. PENDAHULUAN

Kematian ikan akibat pencemaran kolam yang disebabkan oleh kelebihan pakan yang tidak dimakan merupakan masalah umum dalam budidaya ikan. Pakan yang tidak termakan akan mengendap di dasar kolam dan membusuk, yang menjadi penyebab utama berbagai permasalahan kompleks. Masalah ini mencakup penurunan kualitas air, peningkatan kekeruhan, rendahnya kadar oksigen, pertumbuhan alga yang tidak terkendali, serta tingginya kadar amonia dan nitrat yang dapat menyebabkan keracunan pada ikan. Kondisi tersebut membuat ikan rentan terhadap penyakit, sehingga banyak yang mati sebelum masa panen. Selain itu, kualitas air yang buruk, seperti suhu, pH, dan turbidity yang tidak sesuai kebutuhan ikan, dapat mengurangi nafsu makan ikan, memperburuk kondisi kesehatan mereka, dan menghambat pertumbuhan. Tingkat kandungan ph yang terlalu ekstrim dapat menyebabkan reaksi serius dan kematian pada ikan dan tingkat kejernihan kolam harus ideal dimana tidak boleh terlalu jernih dan tidak boleh terlalu keruh, hal ini karena jika terlalu jernih kandungan plankton dalam kolam ikan yang merupakan makanan pendamping alami ikan tidak ada (Hamid et al., 2020; Hendrawati et al., 2022; Wijayanti et al., 2021). Suhu optimal yang dibutuhkan oleh ikan gurami yaitu 25⁰C-30⁰C, dengan PH air yaitu 6,6-8,5 dan

*Corresponding author.

E-mail addresses: 24051505003@mhs.unesa.ac.id (Elsanda Merita Indrawati)

nilai turbidity sebesar 10-25 (Hidayat et al., 2020; Patmawati et al., 2022; Widoretno et al., 2023). Budidaya ikan yang baik yaitu dengan mengontrol lingkungan air karena kualitas air merupakan hal yang krusial seperti sistem monitoring suhu, ph, dan kekeruhan air diperlukan untuk mengetahui kualitas air kolam sehingga dengan monitoring ini akan didapat nilai kebutuhan pakan ikan, sehingga tidak terjadi lagi keracunan dan kematian ikan yang disebabkan kualitas air yang rendah akibat dari pembusukan pakan ikan di kolam (Ihtisyamuddin et al., 2023; Inayah et al., 2023). Seiring berjalannya waktu teknologi juga berdampak besar terhadap kemajuan bidang perikanan khususnya teknologi bidang elektronika, dimana elektronika berperan pada pembuatan peralatan canggih yang dapat bekerja secara otomatis dengan tingkat kepresisian, efisiensi, dan hasil yang memiliki kualitas yang tinggi pada bidang perikanan (Nurhadi et al., 2023; Pratama, 2023; Somantri et al., 2023; Sulistiani et al., 2023). Kemajuan teknologi elektronika di bidang perikanan telah menghasilkan berbagai perangkat yang tersedia di pasaran. Namun, perangkat pemberi pakan ikan otomatis yang ada di pasaran umumnya belum mampu menyesuaikan jumlah pakan dengan kebutuhan ikan secara spesifik. Berdasarkan hasil observasi, sistem pemberi pakan ikan otomatis yang dijual hanya mengandalkan penjadwalan tetap dengan pemberian pakan 100% pada setiap waktu yang telah ditentukan, tanpa mempertimbangkan faktor lingkungan seperti suhu, kadar oksigen, tingkat kekeruhan, dan pH air, yang secara signifikan memengaruhi nafsu makan ikan.

Dalam budidaya ikan, teknologi IoT berperan penting dalam memantau pertumbuhan ikan gurami secara real-time dan efektif. Alat pemberi pakan ikan otomatis berbasis IoT mampu mengatur jumlah pakan dan waktu pemberian secara otomatis, sesuai dengan jadwal dan parameter input yang telah ditentukan pada Arduino IDE, yang kemudian diproses oleh NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler (Asari & Hufron, 2023; Shalahuddin.M et al., 2024). Terdapat sejumlah penelitian yang membahas mengenai pemberi pakan ikan otomatis berbasis IoT yang dilengkapi dengan sensor ultrasonic yang digunakan untuk mengetahui efektivitas pakan dalam wadah masih tersedia, tampilan hasil suhu, jarak, dan waktu pemberian pakan ditampilkan pada LCD virtual pada aplikasi *blynk*. Penggunaan parameter *Real Time Clock* (RTC) pada alat pemberi pakan otomatis digunakan untuk pengaturan waktu yang akurat dalam pemberian pakan, yang mana alat tersebut dilengkapi dengan sensor ultrasonic yang digunakan untuk mengetahui jumlah pakan yang tersedia pada wadah pemberi pakan ikan otomatis (Hayatunnufus & Alita, 2020; Jadhav et al., 2020). Peneliti lain mengembangkan alat pemberi pakan otomatis yang dilengkapi dengan NodeMCU8266, RTC, Arduino Uno, dan motor penggerak. Alat ini dijadwalkan untuk pemberian pakan ikan dan dapat dipantau melalui aplikasi Telegram atau *Blynk*, sehingga pengguna dapat dengan mudah memonitor suhu air dan jadwal pemberian pakan (Jadhav et al., 2020; Nurhadi et al., 2023; Somantri et al., 2023). Teknologi pemberi pakan ikan otomatis juga dapat diaplikasikan menggunakan panel surya yang dapat menghasilkan listrik untuk kerja motor penggerak, pemberi pakan ikan otomatis juga dilengkapi dengan sistem pelacakan energi matahari yang akan berputar menurut intensitas cahaya dan dapat bekerja sepanjang waktu (Deepthi et al., 2023; Yuniarti et al., 2022).

Berpijak pada permasalahan dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Maka solusi untuk mengatasi masalah yang ada adalah mengembangkan alat pemberi pakan ikan otomatis dengan mengkolaborasikan teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan *Fuzzi Logic Controller* (FLC) untuk memberikan pakan ikan secara otomatis sesuai dengan kebutuhan ikan berdasarkan kualitas air kolam yang meliputi parameter suhu, ph, dan tingkat kekeruhan kolam. Ketiga parameter berupa suhu, ph dan kekeruhan yang diukur dapat mewakili tingkat kualitas air, penggabungan metode *Fuzzy Logic Controller* dengan IoT dapat memberikan efektifitas dalam pemberian pakan, dimana teknologi ini dapat mengatur pakan secara otomatis dan sesuai dengan kebutuhan kebutuhan (Nurhadi et al., 2023; Ramadani et al., 2021; Sobri et al., 2021). Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan alat pemberi pakan ikan otomatis yang mengintegrasikan teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan *Fuzzy Logic Controller* (FLC). *Internet of Things* (IoT) adalah model komunikasi bersama dan saling terintegrasi, dimana sensor, perangkat lunak, dan perangkat fisik saling terhubung melalui internet sehingga sistem pengendalian dapat dipantau menggunakan ponsel pintar secara real time dan jarak (Alam & Nasuha, 2020; Islamy et al., 2023; Zuraiyah et al., 2019). Pada penelitian ini IoT digunakan untuk memantau pemberian pakan ikan otomatis berdasarkan pembacaan sensor suhu, sensor ph dan sensor kekeruhan air selain itu sistem IoT dapat memberikan notifikasi jika terjadi permasalahan pada alat pemberi pakan ikan otomatis dan kondisi lingkungan yang buruk. *Internet of Things* (IoT) memungkinkan layanan canggih dengan interkoneksi baik secara fisik dan virtual yang dapat memonitor kualitas air secara real time dan hasil pembacaan data dapat dikirimkan dan ditampilkan pada *database cloud firehouse* yang telah terintegrasi dengan jaringan internet sehingga dapat diakses dan dilihat melalui aplikasi android (Khaerudin & Kurniawan, 2021; Sulistiani et al., 2023) Pengaplikasian *Fuzzy Logic Controller* (FLC) pada penelitian ini yaitu untuk mengelola dan mengatur jumlah dan waktu pemberian pakan ikan secara cerdas dan adaptif sesuai dengan hasil pembacaan sensor suhu, sensor ph, dan sensor turbidity. *Fuzzi logic* adalah cabang

dari Artificial Intelligence yang merupakan suatu pengetahuan yang dapat membuat computer dapat menirukan kecerdasan manusia, *fuzzi logic controller* digunakan dan dimanfaatkan sebagai alat pengambilan keputusan dari hasil pembacaan inputan, sehingga dapat meningkatkan keandaalan (Harani et al., 2022; Husnaini et al., 2023). *Fuzzy Logic Controller* diterapkan untuk menangani permasalahan yang melibatkan ketidakpastian, ketidaktepatan, sifat-sifat yang ambigu, atau gangguan (*noisy*), dengan pendekatan yang dikembangkan berdasarkan kecerdasan dan pola pikir manusia. Oleh karena itu, penerapan *Fuzzy Logic Controller* bertujuan untuk mengatasi ketidakjelasan secara efektif (Nurwirasaputra et al., 2020; Sholahudin et al., 2023; Tamaji & Utama, 2023). Pengaplikasian *fuzzi logic controller* pada teknologi pemberi pakan ikan otomatis digunakan untuk pengaturan jumlah pakan sesuai dengan kualitas kolam berdasarkan inputan suhu, ph, dan tingkat kejernihan air dan dapat memunculkan variasi dari pakan yang diberikan berdasarkan pada indikator kondisi kualitas air (Alam & Nasuha, 2020; Taufiqurrahman et al., 2023). Kolaborasi antara IoT dan *fuzzi logic controller* (FLC) pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan keakurasian yang tinggi antara jumlah pemberian pakan ikan dengan kondisi kolam dan memberikan efisiensi waktu pengguna dimana pengguna dapat menggunakan sistem pemantauan jarak jauh dalam memantau pemberi pakan dan kondisi kolam hanya dengan menggunakan aplikasi telegram yang didalamnya akan menampilkan jumlah suhu, ph dan tingkat kekeruhan kolam serta dapat memonitor waktu dan jumlah pakan melalui aplikasi telegram. Tujuan pada penelitian ini yaitu mengembangkan alat pemberi pakan ikan otomatis berbasis IoT dengan *Fuzzy Logic Controller* yang akurat dalam menentukan jumlah pakan berdasarkan kualitas air kolam dengan parameter inputan berupa suhu, ph, dan tingkat kekeruhan air kolam.

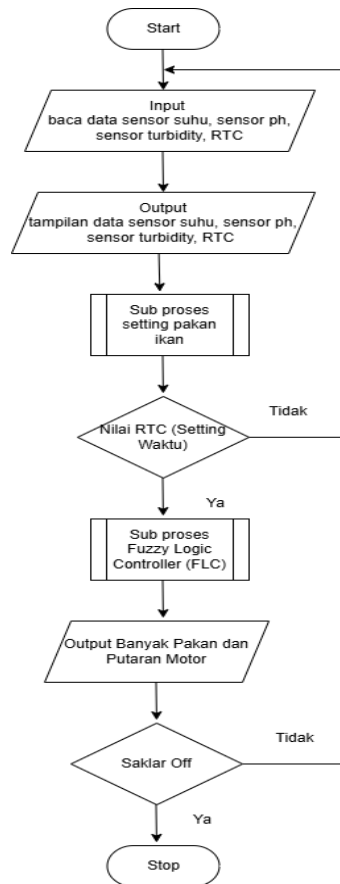
2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Reseach and Development* (RnD) dengan model pengembangan menggunakan empat tahapan utama yang meliputi tahapan analisis dan identifikasi kebutuhan, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, perakitan perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian perangkat keras dan perangkat lunak. *Metode Reseach and Development* (RnD) merupakan tahapan yang digunakan untuk menghasilkan produk, mengkaji produk, dan melakukan pengembangan dari produk yang telah ada sebelumnya (Aziz & Suharjo, 2024; Yuniarti et al., 2022). Pada penelitian ini jumlah ikan gurami dalam 1 kolam yaitu sebanyak 1000 ikan dengan usia ikan 4 bulan dan bobot rata-rata yaitu 200 gram per ikan. Tahapan pengembangan pada penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 dibawah ini.



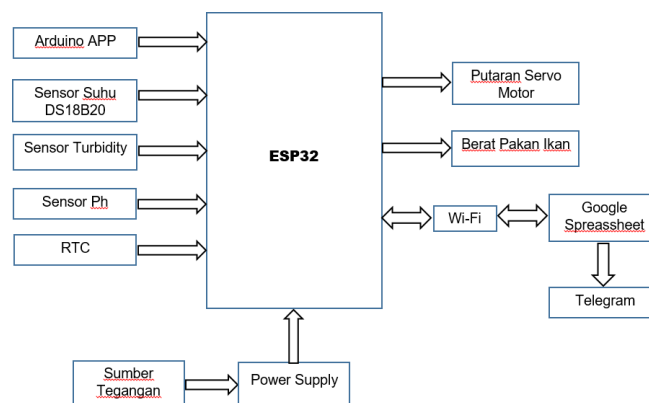
Gambar 1. Tahapan Pengembangan pada Penelitian

Tahap analisis dan indentifikasi dilakukan dengan dua cara, yaitu pertama dengan melakukan observasi dan wawancara terkait permasalahan budidaya ikan gurami pada petani ikan gurami di Desa Singkalanyar Prambon Nganjuk, dan cara kedua yaitu dengan menggunakan acuan hasil penelitian-penelitian terdahulu untuk dijadikan referensi. Hasil observasi dan wawancara menunjukkan bahwa permasalahan utama pada budidaya ikan gurami yaitu sistem monitoring kualitas air dan pemberian pakan otomatis, sedangkan hasil dari menganalisis penelitian-penelitian terdahulu terkait sistem monitoring dan pemberi pakan ikan otomatis yaitu sebagian besar penelitian terdahulu hanya berfokus pada jam pemberian pakan dan kurangnya variabel inputan dalam menentukan jumlah pakan. Dari hasil analisis didapatkan bahwa, hasil kebutuhan data-data yang diperlukan untuk alat pemberi pakan ikan otomatis, yaitu; 1) alat memiliki kemampuan dalam memonitoring suhu, ph, dan turbidity secara akurat; 2) alat memberikan jumlah pakan secara presisi sesuai dengan kondisi lingkungan; 3) hasil inputan dan eksekusi akan terbaca menggunakan aplikasi telegram pengguna. Identifikasi kebutuhan pemberian pakan ikan otomatis berbasis IoT dengan *fuzzi logic controller* yaitu meliputi Sensor DHT 11, sensor PH 4502C, sensor turbidity, RTC, motor servo, Node MCU ESP 32. Tahap perancangan atau desain hardware dan software dilakukan untuk mempermudah proses implementasi alat pemberi pakan ikan otomatis berbasis IoT dengan *Fuzzy Logic Controller* (FLC) berdasarkan parameter kualitas air, yaitu suhu, pH, dan kekeruhan. Tahapan ini mencakup perancangan flowchart, pembuatan diagram blok, dan desain alat yang berfungsi sebagai panduan dan alur kerja dalam pembuatan alat. Flowchart sistem pemberi pakan ikan otomatis ditampilkan pada Gambar 2 di bawah ini.



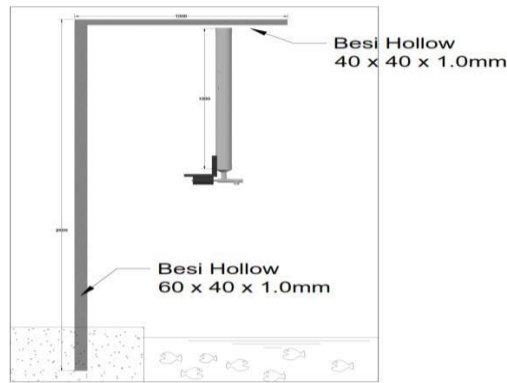
Gambar 2. Flowchart

Gambar 2 menunjukkan alur kerja alat pemberi pakan ikan otomatis yang bekerja sesuai dengan pembacaan sensor menggunakan *Fuzzy Logic Controller*. Banyaknya pakan dan banyaknya putaran motor akan dihitung berdasarkan nilai sensor atau nilai defuzzifikasi. Blok diagram akan ditunjukkan pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Blok Diagram

Gambar 3 menunjukkan blok diagram perangkat keras dimana ESP32 digunakan sebagai *controller* utama yang akan memproses input dari 3 sensor yang terhubung, sensor suhu digunakan untuk mengukur suhu pada kolam ikan gurami, sensor ph digunakan untuk mengukur kandungan ph pada air kolam, sensor *turbidity* digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan pada kolam ikan gurami, dan motor servo digunakan untuk sebagai *actuator* yang akan menggerakkan mekanisme pemberian pakan pada ikan.



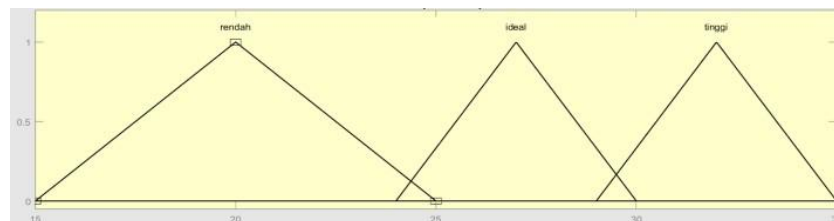
Gambar 4. Desain Alat Pemberi Pakan Ikan Otomatis Pemberian Berbasis IoT dengan FLC berdasarkan Kualitas Air

Gambar 4 menunjukkan desain alat pemberi pakan ikan otomatis, dimana wadah penyimpanan pakan terbuat dari paralon dengan ukuran $\frac{3}{4}$ inci dan panjang 1,5 meter yang dipasang pada besi hollow yang nantinya posisi pemberi pakan ikan berada pada tengah kolam ikan. Tahapan perakitan hardware alat pemberi pakan ikan otomatis berbasis IoT dengan *Fuzzy Logic Controller* yaitu meliputi perakitan sirkuit elektronik, integrasi mekanik, dan pemasangan komponen elektronik dalam box. Perakitan software meliputi pembuatan perancangan pemrograman menggunakan arduino IDE, perancangan *Fuzzy Logic Controller* menggunakan matlab, penyusunan data base pada *google spreadsheet*, integrasi IoT dengan *Fuzzy Logic Controller*, dan pemrograman kontrol waktu. Tahapan perakitan sistem yang digunakan untuk mengontrol jumlah pakan ikan sesuai dengan kondisi lingkungan yaitu dibuat dengan metode *Fuzzy Logic Controller* (FLC) tipe sugeno yang mana dengan metode ini pada tahap input atau masukan akan memetakan sensor suhu, sensor ph, dan sensor turbidity serta akan mengubah masukan dari semua sensor menjadi himpunan fuzzy yang pada akhirnya menjadi dasar keputusan dari output. Tabel Himpunan Fuzzy untuk variabel input ditunjukkan pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Himpunan Fuzzy pada Variabel Input (Sensor suhu, ph, dan turbidity)

| No | Variabel | Fuzzy | Domain |
|----|-------------|----------------|--------------|
| 1. | Temperature | Rendah | 15-25 |
| | | Ideal | 24-30 |
| | | Panas | 29-35 |
| 2. | PH | Rendah (Asam) | 3-6 |
| | | Ideal (Netral) | 5-8 |
| | | Tinggi (Basa) | 7-9 |
| 3. | Turbidity | Terlalu Jernih | 0-6 |
| | | Ideal | 5-20 |
| | | Keruh | 19-30 |

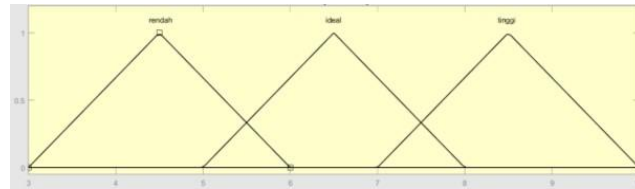
Penetapan nilai variable input berupa nilai sensor suhu, sensor ph, dan sensor turbidity didasarkan pada fungsi variabel linguistik. Berdasarkan himpunan fuzzy yang terbentuk, fungsi keanggotaan yang digunakan untuk merepresentasikan data adalah fungsi keanggotaan berbentuk segitiga. Fungsi keanggotaan variabel sensor suhu disajikan pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Fungsi Variabel Suhu

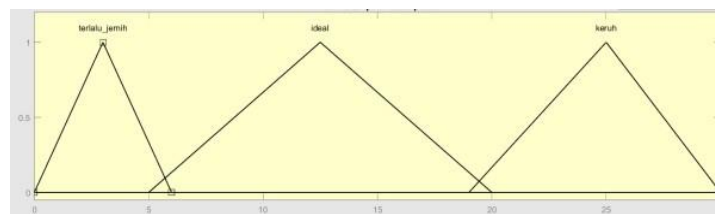
Suhu berpengaruh terhadap tingkah laku dan nafsu makan ikan. Kebutuhan suhu optimal ikan gurami yaitu 25-30°C. Pada suhu ini proses metabolisme ikan meningkat, ikan akan lebih aktif sehingga

nafsu makan ikan menjadi meningkat, pada suhu optimal kebutuhan pakan ikan gurami perhari yaitu 3% dari berat tubuhnya. Suhu dibawah standar atau suhu yang terlalu rendah kebutuhan pakan ikan gurami perhari yaitu 2% dari berat tubuhnya, maka akan menyebabkan nafsu makan ikan menjadi lebih menurun dikarenakan proses metabolisme melambat, hal ini sejalan jika suhu terlalu tinggi yaitu akan menyebabkan menurunnya kandungan oksigen dalam air sehingga menyebabkan kematian sebelum masa panen. Pada suhu tinggi kebutuhan pakan ikan gurami menurun drastis yaitu 1,5% dari berat badan ikan.



Gambar 6. Fungsi Variabel PH

PH optimal yang dibutuhkan ikan gurami yaitu berkisar antara 6,5-8,5. Ph yang terlalu tinggi dan terlalu rendah akan mempengaruhi proses metabolisme ikan dan nafsu makan ikan akan menurun. Angka penurunan kebutuhan pakan ikan pada suhu diatas dan dibawah normal yaitu menjadikan kebutuhan makan ikan gurami perhari yaitu menjadi 2% sampai 1% dari berat tubuh ikan.



Gambar 7. Fungsi Variabel Turbidity

Tingkat kekeruhan air yang terlalu tinggi dapat menyebabkan berkurangnya kadar oksigen dalam air, meningkatkan risiko ikan terserang penyakit, membatasi daya pandang ikan, dan meningkatkan tingkat stres akibat kontaminasi air kolam. Kondisi ini berpengaruh negatif terhadap daya tahan tubuh dan nafsu makan ikan. Sebaliknya, air kolam yang terlalu jernih juga tidak ideal untuk ikan gurami karena rendahnya kandungan nutrisi atau plankton yang menjadi sumber makanan alami, serta tingginya visibilitas lingkungan yang dapat mengurangi nafsu makan ikan. Tingkat kekeruhan (turbidity) ideal untuk kolam ikan gurami berada pada kisaran 5-20 NTU. Setelah menentukan fungsi keanggotaan untuk suhu, pH, dan turbidity, langkah berikutnya adalah menetapkan *rule base*. Aturan aturan atau rule base yang dibuat yaitu dengan menggunakan metode Fuzzy sugeno yang ditunjukkan pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Rule Base

| Rule | Suhu | PH | Turbidity | Putaran Motor |
|------|--------|--------|-----------|---------------|
| R1 | Rendah | Rendah | rendah | Sedang |
| R2 | Rendah | Rendah | Ideal | Sedang |
| R3 | Rendah | Rendah | Tinggi | Sedang |
| R4 | Rendah | Ideal | rendah | Sedang |
| R5 | Rendah | Ideal | Ideal | Lama |
| R6 | Rendah | Ideal | Tinggi | Sedang |
| T7 | Rendah | Tinggi | rendah | Sedang |
| R8 | Rendah | Tinggi | Ideal | Sedang |
| R9 | Rendah | Tinggi | Tinggi | Cepat |
| R10 | Ideal | Rendah | rendah | Sedang |
| R11 | Ideal | Rendah | Ideal | Lama |
| R12 | Ideal | Rendah | Tinggi | Sedang |
| R13 | Ideal | Ideal | rendah | Lama |
| R14 | Ideal | Ideal | Ideal | Lama |
| R15 | Ideal | Ideal | Tinggi | Lama |
| R16 | Ideal | Tinggi | rendah | Sedang |
| R17 | Ideal | Tinggi | Ideal | Lama |

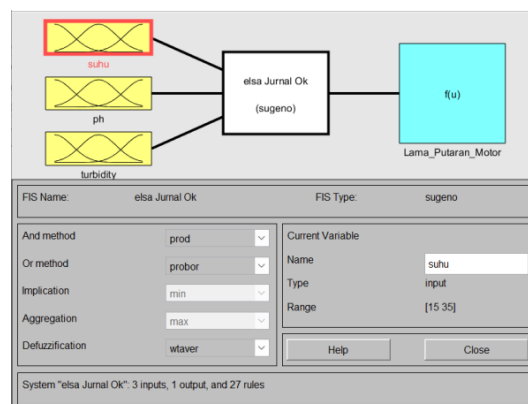
| Rule | Suhu | PH | Turbidity | Putaran Motor |
|------|--------|--------|-----------|---------------|
| R18 | Ideal | Tinggi | Tinggi | Cepat |
| R19 | Tinggi | rendah | rendah | Sedang |
| R20 | Tinggi | rendah | Ideal | Sedang |
| R21 | Tinggi | rendah | Tinggi | Cepat |
| R22 | Tinggi | Ideal | rendah | Sedang |
| R23 | Tinggi | Ideal | Ideal | Lama |
| R24 | Tinggi | Ideal | Tinggi | Cepat |
| R25 | Tinggi | Tinggi | rendah | Cepat |
| R26 | Tinggi | Tinggi | Ideal | Cepat |
| R27 | Tinggi | Tinggi | Tinggi | Cepat |

Hasil Tabel 2 menunjukkan bahwa rule base yang menghasilkan output putaran motor cepat yaitu sebanyak 7, rule base yang menghasilkan output putaran motor sedang yaitu sebanyak 13, dan rule base yang menghasilkan output putaran motor lama yaitu sebanyak 7 jadi total rule base sebanyak 27 rule yang terdiri dari 3 input dan 1 output. Tahapan pengujian alat pemberi pakan ikan otomatis berbasis IoT dengan Fuzzy Logic Controller dilakukan dengan lima kali pengujian dalam waktu yang berbeda-beda dengan tujuan yaitu untuk memastikan alat pemberi pakan ikan otomatis berbasis IoT dengan Fuzzy Logic Controller akurat dalam menentukan jumlah pakan berdasarkan kualitas air kolam.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

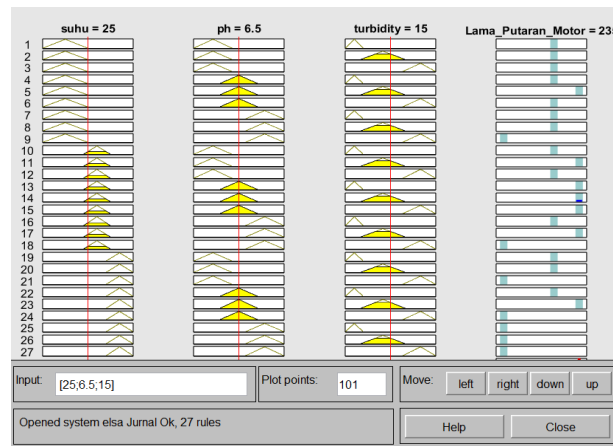
Survey, observasi, dan wawancara terhadap petani ikan gurami telah dilakukan di kampung gurami Desa Singkalanyar Kecamatan Prambon Kabupaten Nganjuk. Kegiatan tersebut dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang dihadapi petani ikan gurami. Pada satu kolam ikan gurami diisi dengan 1000 ikan usia 4 bulan dengan berat rata-rata ikan 200 gram. Ukuran kolam ikan gurami yaitu 144 meter per segi dengan kedalaman kolam yaitu 1,5 meter. Sistem pemberian pakan ikan selama ini masih menggunakan sistem manual dimana ikan diberi makan 2 kali sehari sebanyak 8 kg per hari. Berdasarkan hasil wawancara didapat bahwa pada kondidi tertentu jumlah pakan ikan ikan yang diberikan tidak seluruhnya dimakan oleh ikan dan berakibat mengendap dikolam. Kelemahan sistem pemberian pakan ini yaitu mengakibatkan keracunan ikan yang disebabkan pakan yang mengendap didasar air menjadikan pH rendah dan tringkat kekeruhan yang terlampau tinggi. Alat pemberi pakan ikan otomatis berbasis IoT dengan Fuzzy Logic Controller (FLC) berdasarkan kualitas air bekerja melalui dua mekanisme utama. Pertama, alat ini memonitor kondisi kolam menggunakan sensor suhu, sensor pH, dan sensor turbidity. Kedua, hasil pembacaan dari ketiga sensor tersebut diolah untuk menentukan jumlah pakan yang akan diberikan kepada ikan secara presisi. Perhitungan pemberian pakan menggunakan matlab bertujuan untuk mengetahui sistem kerja program yang telah dirancang sebelum diaplikasikan pada alat, sehingga hasil pengujian alur kerja pada matlab akan menjadi acuan jalanya sistem kerja pada alat. Penggunaan algoritma Fuzzy ditampilkan pada matlab disajikan pada Gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Fuzzi Logic Toolbox

Gambar 8 menunjukkan bahwa terdapat tiga inputan pada program yaitu berupa suhu, ph, dan turbidity dimana ketiga inputan tersebut akan mempengaruhi jalanya outputan. Outputan pada program

ini yaitu berupa lama putaran motor yang akan menentukan banyaknya jumlah pakan ikan. Program ini dapat menentukan fungsi keanggotan dari inputan dan outputan sesuai dengan metode defuzzifikasi. Hasil simulasi dan pengaturan jumlah inputan dan hasil outputan ditunjukkan pada Gambar 9 dibawah ini.



Gambar 9. Hasil Pengujian Program pada Matlab

Hasil pengujian program pada Gambar 9 menunjukkan bahwa ketika suhu mencapai 25°C, pH menunjukkan angka 6,5, dan tingkat kekeruhan (turbidity) sebesar 15 NTU, output menghasilkan putaran motor selama 235 detik. Dalam durasi tersebut, alat mampu mengeluarkan pakan sebanyak 3,9 kg. Hal ini mengindikasikan bahwa pada kondisi tertentu, jumlah pakan yang diberikan akan berbeda, sesuai dengan kualitas dan kondisi kolam, sehingga pemberian pakan menjadi lebih presisi. Pengujian sensor suhu dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor suhu DS18B20 dengan pengukuran termometer. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Suhu

| | Hasil | | Error (%) |
|---|----------------------|----------------------|-----------|
| | Sensor DS18B20 | Termometer | |
| 1 | 28,09 ⁰ C | 28,01 ⁰ C | 0,29 |
| 2 | 29,81 ⁰ C | 29,67 ⁰ C | 0,47 |
| 3 | 27,12 ⁰ C | 27,06 ⁰ C | 0,22 |

Tabel 3 menunjukkan pengujian sensor dilakukan sebanyak tiga kali dengan rata-rata presentasi error rata- rata 0,33%. Pada hasil pengujian sensor dapat dilihat bahwa sensor dapat bekerja dengan baik dalam menentukan kondisi kolam ikan gurami. Berdasarkan pada Tabel 1 kondisi kolam terpantau ideal untuk ikan gurami. Kualitas kolam dapat menentukan jumlah pakan ikan, dimana kolam dengan suhu yang terlalu tinggi > 30⁰C maka akan menurunkan kadar oksigen dalam air dan meningkatkan resiko penyakit. Jika yang terlalu rendah atau kurang dari 25⁰C maka akan menyebabkan gangguan pencernaan dan penurunan metabolisme pada ikan. Pengujian sensor PH dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor PH-4502C dengan PH meter. Hasil pengujian sensor PH ditunjukkan pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor PH

| No | Hasil Pengukuran | | Error (%) |
|----|------------------|----------|-----------|
| | Sensor PH-4502C | PH Meter | |
| 1 | 7 | 6,7 | 4,5 |
| 2 | 7.2 | 6,9 | 4,3 |
| 3 | 7 | 6,6 | 6,0 |

Tabel 4 menunjukkan dari tiga kali percobaan pengujian sensor ph-4502C dengan ph meter dengan rata-rata presentasi error yaitu sebesar 4.9%. Pada hasil pengujian sensor pH didapatkan hasil bahwa sensor pH dapat bekerja dengan baik dan presisi dalam menentukan kondisi kolam ikan gurami,

dimana berdasarkan Tabel 1 kondisi kolam terpantau ideal untuk ikan gurami. Pengujian sensor turbidity dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor turbidity dengan dengan turbidity meter. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor Turbidity

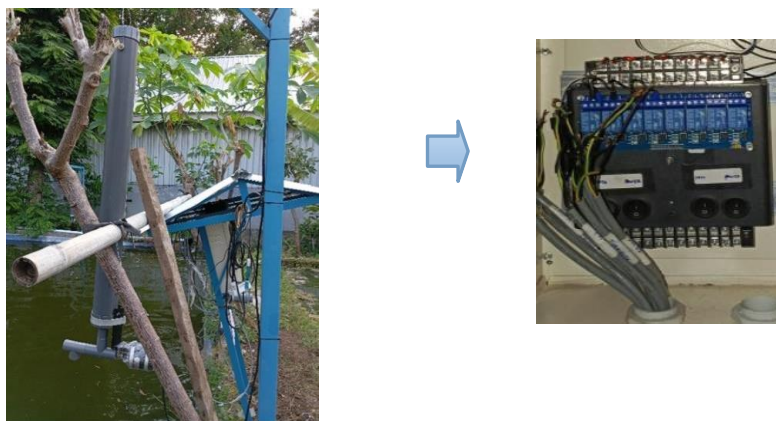
| | Hasil | | Error (%) |
|---|------------------|-----------------|-----------|
| | Sensor Turbidity | Turbidity meter | |
| 1 | 16,5 | 16,2 | 1,85 |
| 2 | 16,7 | 16,9 | 1,19 |
| 3 | 17,1 | 17,5 | 2,33 |

Tabel 5 menunjukkan dari tiga kali percobaan dengan presentasi error sebesar 2.33%. Pada hasil pengujian sensor turbidity didapatkan hasil bahwa sensor dapat bekerja dengan baik dan presisi. Berdasarkan Tabel 1 kondisi kolam terpantau ideal untuk ikan gurami. Kondisi tingkat kekeruhan atau tingkat kejernihan kolam ikan gurami harus ideal dikarenakan jika terlalu jernih maka kandungan mikroorganisme yang merupakan sumber makanan alami ikan gurami, jika tingkat kekeruhan terlalu tinggi makan akan menyebabkan kandungan oksigen menurun dimana dampak terburuk dari tidak idealnya tingkat kejernikahn kolam adalah kematian pada ikan. Alat pemberi pakan ikan otomatis pemberian berbasis IoT dengan FLC selanjutnya diuji dan dibandingkan hasilnya dengan pengujian simulasi menggunakan Matlab. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6. Hasil Pengujian Alat Pemberi Pakan Ikan Otomatis

| Pengujian Ke | Suhu | Input | Turbidity | Output | | Error (%) |
|--------------|------|-------|-----------|--------|------|-----------|
| | | PH | | Matlab | Alat | |
| 1 | 20 | 4 | 5 | 206 | 207 | 0,48 |
| 2 | 25 | 7 | 5 | 235 | 235 | 0 |
| 3 | 27 | 7 | 10 | 235 | 235 | 0 |
| 4 | 26 | 7 | 18 | 235 | 235 | 0 |
| 5 | 32 | 9 | 23 | 147 | 148 | 0,48 |

Hasil pada Tabel 6 menunjukkan bahwa dari lima kali pengujian menunjukkan bahwa pengujian pertama mampu melakukan pemberian pakan ikan dengan rata-rata kesalahan sebanyak 0,48% dengan lamanya waktu putar motor sebanyak 207 detik dengan jumlah pemberian pakan sebanyak 3.519 gram, pengujian kedua ketiga dan keempat dengan rata-rata kesalahan sebanyak 0,% dengan lama waktu putar motor selama 235 detik dengan jumlah pemberian pakan sebanyak 3.995 gram, dan pada pengujian kelima mampu melakukan pemberian ikan dengan rata-rata kesalahan sebanyak 0,48% dengan lamanya waktu putar motor sebanyak 148 detik dengan jumlah pemberian pakan sebanyak 2.516 gram, sehingga berdasarkan lima kali percobaan maka rata-rata kesalahan yaitu 0.2% atau dengan kata lain kesalahan sangat kecil dan alat dapat bekerja dengan baik.



Gambar 10. Perakitan dan penerapan Alat Pemberi Pakan Ikan Otomatis

Pengaplikasian alat ditunjukkan pada Gambar 10 dibawah ini. Hasil pengujian pada Tabel 6 menunjukkan bahwa alat pemberi pakan ikan otomatis berbasis IoT dengan Fuzzy Logic Controller (FLC)

akurat dalam menentukan jumlah pakan berdasarkan kualitas air kolam. Alat ini bekerja 2 kali dalam satu hari dimana waktu pemberian pakan sudah diatur menggunakan Real Time Clock (RTC) sehingga waktu pemberian pakan yaitu secara real time dengan jumlah pakan ikan gurami yang berbeda-beda sesuai dengan kondisi kolam atau parameter keterbacaan sensor suhu, sensor ph, dan sensor turbidity. Alat ini membuat pakan tidak terbuang dan menyebabkan pakan mengendap didasar air atau pemberian pakan yang kurang, sehingga sangat efektif dalam menghemat biaya pakan ikan dan penghematan waktu dalam pemberian pakan. Hal ini karena petani hanya perlu memantau kinerja alat dan hasil eksekusi pemberian pakan melalui aplikasi telegram.

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan alat pemberi pakan ikan otomatis berbasis *IoT* dengan *Fuzzy Logic Controller* (FLC) berdasarkan kualitas air (suhu, ph, dan turbidity) berhasil untuk memberikan pakan ikan dengan jumlah yang presisi sesuai dengan kebutuhan ikan dan kualitas air. Pada tahap pengujian alat kondisi kualitas air dideteksi melalui sensor suhu, sensor ph, dan sensor turbidity, kemudian hasil pembacaan sensor akan diolah menggunakan algoritma fuzzy sehingga menghasilkan 27 kemungkinan yang digunakan untuk menentukan jumlah lama putaran motor dan jumlah pakan ikan gurami. Jadwal pemberian pakan yaitu diatur menggunakan *Real Time Clock* (RTC) sehingga waktu pemberian pakan dilakukan secara real time. Hasil pembacaan ketiga sensor, jumlah putaran, dan jumlah pakan akan ditampilkan melalui aplikasi telegram penggunaan, sehingga pengguna dapat memantau setiap saat kondisi kolam ikan, waktu pemberian pakan, lama putaran motor, dan jumlah pakan yang diberikan oleh alat pemberi pakan ikan otomatis berbasis *IoT* dengan *Fuzzy Logic Controller* (FLC). Pada lima (5) kali pengujian [Tabel 1](#) menunjukkan bahwa jumlah pakan yang diberikan pada setiap waktu berbeda-beda hal ini dikarenakan kondisi kolam atau kualitas kolam gurami akan berubah-ubah setiap waktu dengan rata-rata presentasi error pada lima kali pengujian sangat rendah yaitu 0,19%. Alat pemberian pakan secara otomatis pada penelitian ini lebih baik dibandingkan penelitian otomatis pada penelitian sebelumnya, hal ini karena pada penelitian ini sudah menggunakan aturan fuzzy dalam menentukan jumlah pakan ikan pada alat pemberi pakan ikan otomatis berbasis *IoT* dimana waktu pemberian pakan secara real time sedangkan pada penelitian sebelumnya alat pemberi pakan ikan otomatis hanya berfokus pada waktu pemberian pakan melalui sistem pengontrolan jarak jauh sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan tanpa menentukan banyaknya jumlah pakan yang diberikan. Sistem pemberi pakan ikan otomatis menggunakan *IoT* bekerja sesuai jadwal yang ditentukan menggunakan parameter waktu *Real Time Clock* (RTC), dimana pengguna dapat memantau alat pemberian pakan melalui aplikasi blynk atau aplikasi telegram ([Hayatunnufus & Alita, 2020](#); [Jadhav et al., 2020](#); [Nurhadi et al., 2023](#)). Pada penelitian berikutnya yaitu pemberi pakan ikan otomatis berdasarkan temperatur air didapatkan hasil yaitu alat pemberi pakan ikan otomatis berdasarkan pembacaan suhu dengan sensor DS18B20 atau sensor DS18S20 mampu menyalakan motor servo selama 9 jam yaitu jam 07.00 pagi- jam 16.00 sore dan bekerja berdasarkan input data yang diseting pada *Real Time Clock* (RTC) ([Fitri & Rasyid, 2023](#); [Pratisca & Sardi, 2020](#)). Alat pemberi pakan ikan otomatis berbasis *IoT* dengan *Fuzzy Logic Controller* (FLC) ini memiliki tiga kriteria inputan suhu, ph, dan turbidity dengan 27 aturan fuzzy lebih baik dibandingkan penelitian sebelumnya yang hanya menggunakan dua kriteria inputan dengan 9 kriteria fuzzy. Alat pemberi pakan ikan berbasis fuzzy logic menggunakan dua kriteria inputan yaitu suhu dengan ph atau ph dengan turbidity yang menghasilkan 9 aturan fuzzy yang diterapkan pada alat pemberi pakan ikan otomatis dengan hasil pengujian alat yang baik ([Harani et al., 2022](#); [Hendrawati et al., 2022](#); [Widoretno et al., 2023](#)). Penelitian ini memiliki kelebihan berupa kolaborasi *IoT* dan *Fuzzy Logic Controller* (FLC) berdasarkan tiga kriteria inputan berupa suhu, ph, dan turbidity untuk menentukan jumlah pakan ikan dengan hasil yang presisi dimana jumlah pakan yang diberikan sesuai dengan kebutuhan ikan dan kualitas air kolam. Implikasinya penelitian ini dapat digunakan dalam mengembangkan penelitian selanjutnya terkait sistem otomatisasi pemberi pakan ikan otomatis berbasis *IoT* dengan *Fuzzy Logic Controller* (FLC) berdasarkan kualitas air (suhu, ph, dan turbidity) sehingga dapat membantu upaya pengembangan sistem cerdas budidaya ikan modern. Kekurangan penelitian ini yaitu terletak pada tidak adanya sistem otomasi suhu, ph, dan turbidity agar ketiga kriteria tersebut tetap dalam kondisi ideal sesuai dengan kebutuhan lingkungan ikan gurami. Saran bagi penelitian selanjutnya yaitu dengan melengkapi alat ini dengan sistem otomasi kondisi kolam sesuai dengan kebutuhan ikan gurami serta menguji menggunakan algoritma lain untuk meningkatkan keakuratan alat dan efisiensi alat pemberi pakan ikan otomatis.

4. SIMPULAN

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pengembangan alat pemberi pakan ikan otomatis berbasis IoT dengan Fuzzy Logic Controller (FLC) mampu memberikan hasil yang akurat dalam menentukan jumlah pakan berdasarkan kualitas air kolam (suhu, ph, dan turbidity) dimana jam pemberian pakan dilakukan secara real time meanggunakan RTC (Real Time Clock). Berdasarkan hasil penerapan alat pada budidaya ikan gurami menunjukkan bahwa alat pemberi pakan ikan otomatis berbasis IoT dengan Fuzzy Logic Controller (FLC) mampu memberikan pakan lebih efektif dan efisien dalam jumlah dan waktu pemberian pakan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alam, R. L., & Nasuha, A. (2020). Sistem Pengendali pH Air dan Pemantauan Lingkungan Tanaman Hidroponik menggunakan Fuzzy Logic Controller Berbasis IoT. *ELINVO (Electronics, Information, and Vocational Education)*, 5(1), 11–20. <https://doi.org/10.21831/elinvo.v5i1.34587>.
- Asari, & Hufron, M. (2023). Implementasi Augmented Reality Dalam Peningkatan Pembelajaran Pai Di Mts Agung Alim Blado: Studi Kasus Dan Evaluasi. *Muaddib: Jurnal Pendidikan Agama Islam*, 2(1), 192–202. <https://ejournal.insuriponorogo.ac.id/index.php/muaddib/article/view/4274/2319>.
- Aziz, H., & Suharjo, I. (2024). Pengembangan Sistem Keamanan Gerbang Rumah Smart Home Berbasis IoT dengan Metode RnD. *JEKIN - Jurnal Teknik Informatika*, 4(3), 663–674. <https://doi.org/10.58794/jekin.v4i3.895>.
- Deepthi, C. S., Kalpana, S., Charan, S. V., & Lekhana, D. (2023). Automatic Fish Feeder Using Tracking Of Solar Energy and Internet of Things. *2023 10th IEEE Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering, UPCON 2023*, 10, 311–315. <https://doi.org/10.1109/UPCON59197.2023.10434688>.
- Fitri, H., & Rasyid, R. (2023). Rancang Bangun Sistem Pemberi Pakan Ikan Otomatis Berdasarkan Temperatur Air pada Kolam Ikan Nila Menggunakan Sensor DS18B20. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, 12(1), 138–144. <https://doi.org/10.25077/jfu.12.1.138-144.2023>.
- Hamid, S. A., Abdullah, S., Rahim, A. M. A., Muhammad, Z., Fadhlullah, S., & Leh, N. A. M. (2020). IoT based Water Quality Monitoring System and Evaluation. In *International Coference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE2020)*, August (pp. 21–22). <https://doi.org/10.1109/ICCSCE50387.2020.9204931>.
- Harani, N. H., Sadih, A. S., & Nurbasari, A. (2022). Smart Fish Feeder Using Arduino Uno with Fuzzy Logic Controller. *5th International Conference on Computing Engineering and Design, ICCED 2019*. <https://doi.org/10.1109/ICCED46541.2019.9161114>.
- Hayatunnufus, & Alita, D. (2020). Sistem cerdas pemberi pakan ikan secara otomatis. *JTST*, 01(01), 11–16. <https://doi.org/10.33365/jtst.v1i1.799>.
- Hendrawati, T. D., Rahayu, S., & Nabila, E. (2022). *Rancang Bangun Pemberian Pakan Otomatis Pada Budidaya Ikan Hias Berbasis Fuzzy Logic*. Seminar Nasional Teknologi Dan Riset Terapan. <http://seminastera.polteksmi.ac.id/index.php/seminastera/article/view/517/187>.
- Hidayat, A., Darmansyah, R., Junaldi, & Nasrullah. (2020). Alat Ukur Takaran Pakan Ikan Otomatis Menggunakan Metode Fuzzy dengan Sensor Suhu dan pH. *Elektron Jurnal Ilmiah*, 12(1), 28–33. <https://doi.org/10.30630/eji.12.1.144>.
- Husnaini, I., Ali, A., Yuhendri, M., & Risfendra. (2023). Perancangan Kendali Temperatur Ruangan Penyimpan Menggunakan Logika Fuzzy. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 4(1), 40–49. <https://doi.org/10.24036/jtein.v4i1.332>.
- Ihtisyamuddin, L., Mashoedah, & Zakaria, M. (2023). Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Air Dan Pemberi Pakan Otomatis Pada Kolam Budidaya Ikan Lele Berbasis Internet Of Things Di MBS (Muhammadiyah Boarding School) YOGYAKARTA. *Journal of Electronics and Education (JEED)*, 1(2), 1–11. <https://journal.uny.ac.id/publications/jeed/article/view/112/52>.
- Inayah, A., Lubis, D. C., Ardiyani, F., & Usiono, U. (2023). Meningkatkan Kesadaran Sosial Remaja Melalui Kegiatan Jumbara di Kampung Outbound. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 30485–30489. <https://doi.org/10.31004/jptam.v7i3.11927>.
- Islamy, S., Gusti, W. R., & Zakariyah, M. (2023). Penerapan IoT pada Prototipe Pengukur Tekanan Darah Non- Invasive Berbasis ESP8266. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 12(3), 823–832. <https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v12i3.56356>.
- Jadhav, K., Vaidya, G., Mali, A., Bankar, V., Mhetre, M., & Gaikwad, J. (2020). IOT based Automated Fish Feeder. In *IOT based Automated Fish Feeder. 2020 International Conference on Industry 4.0 Technology* (Issue 2020, pp. 90–93). <https://doi.org/10.1109/I4Tech48345.2020.9102682>.
- Khaerudin, R., & Kurniawan, I. H. (2021). Implementasi Internet Of Things Untuk Monitoring Kualitas Air Secara Realtime Pada Utilities PT . Kilang Pertamina Internasional Cilacap Berbasis

- Mikrokontroler Nodemcu Esp 32. *Jurnal Riset Rekayas Elektro*, 3(2), 127–140. <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRRE>.
- Nurhadi, E., Arinal, V., Patricia, A., Wati, S. S., & Bila, S. (2023). Implementasi Alat Pemberi Pakan Ikan Otomatisasi Menggunakan IoT. *Journal of Information Technology and Computer Science*, 6(1), 171–176. <https://doi.org/10.31539/intecom.v6i1.5521>.
- Nurwirasaputra, H. F., Sumaryo, S., & Pangaribuan, P. (2020). Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Air Secara Real-Time Untuk Budidaya Perikanan Menggunakan Metode Fuzzy Logic. *E-Proceeding of Engineering*, 7(2), 1–8. <https://doi.org/https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/13031>.
- Patmawati, H., Sumarsih, E., Wahyuningsih, S., & Mansyur, M. Z. (2022). Budidaya Ikan Gurami (*Ospheronemus Gouramy*) dalam Kolam Bundar pada Kelompok Pemuda Sabilulungan di Sindangkasih Ciamis (Cultivation of Gourami (*Ospheronemus Gouramy*) in a Circular Ponds at the Sabilulungan Youth Community , Sindangkasih , Ciamis. *Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 8(1), 59–66. <https://doi.org/10.29244/agrokreatif.8.1.59-66>.
- Pratama, R. P. (2023). Desain Alat Pemberi Makan Ikan Otomatis Berbasis ESP32. *Elektriese: Jurnal Sains Dan Teknologi Elektro*, 13(1), 74–82. <https://doi.org/10.47709/elektriese.v13i01.2708>.
- Pratisca, S., & Sardi, J. (2020). Alat Pemberi Pakan Ikan Otomatis Berbasis Suhu Air pada Kolam Ikan. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 1(2), 193–200. <https://doi.org/10.24036/jtein.v1i2.81>
- Ramadani, M. E., Raafi'u, B., Mursid, M., Ash-shiddieqy, R. H., Zain, A. T., & Adziimaa, A. F. (2021). Design and Development Of Monitoring System On Carp Farming Ponds As IoT- Based Water Quality Control. *International Conference on Research and Academic Community Service (ICRACOS)*, 148–153. <https://doi.org/10.1109/ICRACOS53680.2021.9701980>.
- Shalahuddin, M., Tansah, L., Hasanah, A., & Arifin, B. S. (2024). Penanaman Nilai Akhlak Berbasis Pendidikan Islam Sebagai Landasan teori Pendidikan Karakter di Sekolah. *Pendas : Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 9(3). <https://doi.org/10.23969/jp.v9i3.17464>.
- Sholahudin, Y., S., M. A., Nurhidayat, W. D., Muslim, A. I., Aminuddin, I., Kurniawan, A., Alfaturisya, M. A., Damey, Y., Fauji, W., Ruhiat, U., & Sugriwa, F. S. (2023). IoT-based Mamdani Fuzzy Logic System for Monitoring Air Pollution in Sukabumi Regency. *Fidelity: Jurnal Teknik Elektro*, 5(3), 216–222. <https://doi.org/10.52005/fidelity.v5i3.185>.
- Sobri, H., Nurdiansyah, Y., Istiyadi, D. R., & Infantono, A. (2021). Implementasi Fuzzy Logic Control Untuk Pemberi Pakan Ayam Otomatis Pada Ayam Broiler Dengan Menggunakan Teknologi IoT. In *Prosiding Seminar Sains Teknologi Dan Inovasi Indonesia* (Vol. 3, pp. 179–190). <https://doi.org/10.54706/senastindo.v3.2021.159>.
- Somantri, I., G., O., S., & Kamdan. (2023). Perancangan Sistem Otomatisasi Pemberi Pakan Ikan Lele Berdasarkan Suhu Air Menggunakan Logika Fuzzy Sugeno. *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika*, 9(2), 289–298. <https://doi.org/10.26418/jp.v9i2.65823>.
- Sulistiani, H., Saputra, W., Darwis, D., Isnain, A. R., Putra, A. R., & Khairunisa, Y. (2023). IoT : Monitoring Temperature , Water pH , and Automatic Water Drainage Systems for Gurami Cultivation. *2023 International Conference on Networking, Electrical Engineering, Computer Science, and Technology (IConNECT)*, 19–23. <https://doi.org/10.1109/IConNECT56593.2023.10327341>.
- Tamaji, & Utama, Y. A. K. (2023). Implementaso Fuzzy Logic Untuk Kualitas Udara, Suhu, dan Kelembaban Udara Berbasis IoT. *Jurnal FORISTEK*, 13(1), 39–46. <https://doi.org/10.54757/fs.v14i1.249>.
- Taufiqurrahman, I., Nurdiansyah, R., R. A. U., Risnandar, M. A., & Faridah, L. (2023). Penentuan Kuantitas Pakan Ikan Berbasis Fuzzy Logic. *Journal of Energy and Electrical Engineering (JEEE)*, 04(02), 87–94. <https://jurnal.unsil.ac.id/index.php/jeee/article/view/6882/2657>.
- Widoretno, S., Mukhlison, & Roziqin, M. K. (2023). Pendeteksi Suhu Air Kolam Ikan Gurame Menggunakan Ds18b20 Sebagai Saklar Otomatis Pompa Air Sumur Di Sutojayan Blitar. *Jurnal Qua Teknika*, 12(2), 63–71.
- Wijayanti, K. A. N., Murwantoko, & Istiqomah, I. (2021). Struktur Komunitas Plankton pada Air Kolam Ikan Lele yang Berbeda Warna. *Jurnal Perikanan*, 23(1), 45–54. <https://doi.org/10.22146/jfs.62733>.
- Yuniarti, E., Sofiah, H., R., S., & Ardian, E. (2022). Rancang Bangun Sistem Monitoring Motor Servo dan Jumlah Pakan Ikan Berbasis Internet of Things. *Jurnal Ampere*, 7(1), 1–8. <https://doi.org/10.31851/ampere>.
- Zurairiyah, T. A., Suriansyah, M. I., & Akbar, A. P. (2019). Smart Urban Farming Berbasis Internet Of Things (IoT). *Information Management for Education and Professionals*, 3(2), 139–150.