

Rancang Bangun Pengurasan dan Pakan Otomatis Pada Budidaya Ikan Lele berbasis Internet of Things

Reynaldo Gerard Tuerah¹, Dr. Helmy Widyantara, S.Kom., M.Eng.²,
Muhammad Adib Kamali, S.T., M.Eng.³.

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Surabaya

¹reynaldogerard@students.telkomuniversity.ac.id, ²helmywidyantara@telkomuniversity.ac.id,

³adibkamali@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Dalam budidaya ikan lele, pemberian pakan idealnya dilakukan 4-6 kali dalam sehari, namun keterbatasan waktu pembudidaya menyebabkan ketidakteraturan pemberian pakan yang dapat mempengaruhi pH dan kandungan amonia. Air kolam ikan lele membutuhkan pH antara 6 hingga 8 dan kandungan amonia kurang dari 0,1 ppm untuk mencegah ikan terkena penyakit, sehingga diperlukan pergantian air. Solusi dari permasalahan ini adalah menggunakan sistem otomatis yang memberikan pakan sesuai dengan waktu dan takaran yang sesuai bobot ikan lele, serta sistem pengurasan air untuk menjaga kualitas air. Sensor pH-E4502C dan sensor gas MQ-135 digunakan untuk memantau tingkat pH dan kandungan amonia pada air kolam, serta sistem pengurasan air mengimplementasikan metode *fuzzy logic* untuk menentukan durasi pompa air aktif dalam proses pengurasan air kolam. Seluruh data monitoring dan kontrol aktuator dapat diakses melalui sebuah website. *Fuzzy logic* sebagai kontrol pengurasan air otomatis berjalan dengan baik, dengan hasil pengujian menggunakan matlab menunjukkan selisih *error* sebesar 0,138. Hasil pengujian sistem budidaya ikan lele dilakukan selama 10 hari dengan pemberian pakan 4 kali sehari. Pada awal budidaya biomassa ikan lele 192 gram dengan berat rata-rata 3,2 gram. Setelah hari ke-10, biomassa ikan meningkat menjadi 261 gram dan berat rata-rata 4,6 gram.

Kata kunci : ikan lele, pakan otomatis, pengurasan otomatis, pH, amonia, *fuzzy logic*.

Abstract

In cultivating catfish, feeding is ideally done 4-6 times a day, however, the limited time of farmers causes irregular feeding which can affect the pH and ammonia content. Catfish pond water requires a pH of between 6 and 8 and an ammonia content of less than 0.1 ppm to prevent the fish from contracting disease, so a water change is necessary. The solution to this problem is to use an automatic system that provides food at the right time and in doses according to the weight of the catfish, as well as a water drainage system to maintain water quality. The pH-E4502C sensor and MQ-135 gas sensor are used to monitor the pH level and ammonia content in pool water, and the water draining system implements the fuzzy logic method to determine the duration of the active water pump in the pool water draining process. All actuator monitoring and control data can be accessed via a website. Fuzzy logic as an automatic water drain control runs well, with test results using Matlab showing an error difference of 0,138. The results of testing the catfish cultivation system were carried out for 10 days with feeding 4 times a day. At the start of cultivation, the catfish biomass was 192 grams with an average weight of 3,2 grams. After the 10th day, the fish biomass increased to 261 grams and the average weight was 4,6 grams.

Keywords: catfish, automatic feed, automatic drain, pH, ammonia, fuzzy logic.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Pemberian pakan ikan lele idealnya dilakukan sebanyak 4 sampai 6 kali sehari [1], Namun keterbatasan waktu pembudidaya dapat mengakibatkan ketidakteraturan dalam pemberian pakan. Hal ini berpotensi meninggalkan sisa pakan yang dapat mempengaruhi pH dan kandungan amonia dan dapat memperburuk kondisi air kolam [2], sehingga mempengaruhi pertumbuhan ikan menjadi tidak merata [3]. Kebutuhan pakan harian dihitung dari biomassa ikan lele, yaitu berat rata-rata ikan dikali dengan jumlah ikan yang ada. Setelah itu, kebutuhan pakan harian dapat dihitung dengan rumus biomassa ikan dikalikan 3% [4]. Pemberian pakan sebanyak 3% dari biomassa merupakan aturan jelas dalam pemberian pakan ikan lele [5].

Dalam budidaya ikan lele, kualitas air kolam harus dijaga dengan pH antara 6 hingga 8, ketika pH tidak sesuai, ikan dapat mengalami masalah kesehatan dan nafsu makan berkurang [6]. Selain itu, kandungan amonia pada air kolam juga sangat penting. Batas maksimal kandungan amonia pada budidaya ikan lele adalah 0,1 ppm, jika melebihi batas maksimal dapat menyebabkan ikan mudah terinfeksi penyakit dan pertumbuhan ikan terhambat [7]. Kandungan amonia berasal dari sisa pakan, feses, dan urin yang dikeluarkan oleh ikan [8], maka perlu

dilakukan pergantian air pada kolam untuk memastikan kondisi air tetap terjaga. Saat ini, pemantauan kualitas air pada budidaya lele masih banyak yang dilakukan secara manual sehingga tidak efektif dan butuh waktu yang lama [9]. Oleh karena itu diperlukan implementasi teknologi IoT pada budidaya ikan lele untuk mengatasi permasalahan tersebut menggunakan sistem otomatis. Sistem ini memberikan pakan dengan waktu dan takaran yang sesuai berdasarkan biomassa ikan lele, serta sistem pengurusan air untuk menjaga kualitas air kolam agar tetap optimal. Solusi ini membantu mencegah pertumbuhan ikan yang tidak merata. Bagi pembudidaya ikan lele yang memiliki waktu terbatas, sistem otomatis ini dapat menjadi solusi yang tepat.

Topik dan Batasannya

Topik pada penelitian ini adalah membangun sistem otomatis untuk menguras dan mengisi air kolam ikan lele, serta sistem pemberian pakan secara otomatis. Permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana merancang sistem pengurusan air otomatis dengan menerapkan metode *fuzzy logic* untuk menentukan durasi pompa air aktif, bagaimana merancang sistem pemberian pakan otomatis berdasarkan persentase biomassa ikan lele, serta bagaimana menerapkan sistem monitoring pada website menggunakan database *firebase*. Sistem pemberian pakan otomatis dengan jadwal pemberian sebanyak 4 kali sehari, dan metode *fuzzy logic* menggunakan *input* nilai pH dan amonia. Pengujian budidaya ikan lele dilakukan pada ember 80L dengan jumlah ikan lele sebanyak 60 ekor dalam kurun waktu 10 hari. Pengujian dimulai pada saat ikan berukuran 8 sampai 9 cm atau usia lele 40 hari, dengan ukuran pakan sebesar 2mm

Tujuan

Tujuan pada penelitian ini adalah sistem dapat memberikan pakan dengan konsistensi yang sesuai dengan ikan untuk mengoptimalkan penggunaan pakan, menjaga kualitas air kolam dengan melakukan pergantian air pada saat pH dan kandungan amonia pada kolam tidak sesuai, serta dapat melakukan monitoring budidaya ikan lele melalui website.

Organisasi Tulisan

Pada penelitian ini terdiri dari beberapa bagian yang terdiri dari pendahuluan, studi terkait, sistem yang dibangun, evaluasi, dan kesimpulan. Bagian pendahuluan berisi penjelasan tentang permasalahan dalam penelitian tugas akhir ini. Bagian studi terkait berisi penjelasan tentang literatur terkait dalam penelitian ini. Bagian sistem yang dibangun menjelaskan tahapan perancangan sistem. Bagian evaluasi menjelaskan hasil dari penelitian telah di uji. Bagian kesimpulan menjelaskan hasil akhir dari penelitian yang dihubungkan dengan rumusan masalah pada penelitian ini

2. Studi Terkait

Penelitian Terdahulu

Penelitian pertama, sistem menerapkan konsep IoT pada alat pakan lele, dan pemantauan kondisi air. Sistem ini menggunakan aplikasi Telegram untuk melakukan kontrol dan pemantauan dari jarak jauh. Pemantauan kondisi air menggunakan nilai pH dan suhu. Ketika kondisi air tidak sesuai, pengguna dapat mengaktifkan sistem pergantian air, serta pemberian pakan melalui aplikasi Telegram [10].

Penelitian kedua, bertujuan untuk mengatasi permasalahan kebutuhan pakan harian yang tidak sesuai jadwal pemberian pakan. Sensor *loadcell* untuk mengetahui berat pakan dan motor servo untuk mengontrol pemberian pakan. Sistem menggunakan NodeMCU ESP8266 *firebase* sebagai cloud untuk menyimpan data [11].

Penelitian ketiga, fokus pada *monitoring* dan kontrol kualitas air tawar dengan metode *fuzzy logic sugeno*. *Input* yang digunakan adalah amonia dan suhu dengan *output* waktu pompa aktif. *Output* pada *fuzzy logic* dibagi menjadi 3, yaitu mati dengan waktu 0 detik, cepat dengan waktu 30 detik, lama dengan waktu 60 detik [12].

Penelitian keempat, sistem ini mengimplementasi metode *fuzzy logic* untuk mengontrol kecepatan pompa air di sistem akuaponik. Metode *fuzzy logic* dengan *input* suhu dan amonia. Variabel suhu terdiri atas 4 himpunan *fuzzy*, yaitu dingin, baik, hangat, dan panas. Variabel amonia terdiri atas 3 himpunan *fuzzy*, yaitu aman, peringatan, dan beracun. *Output* kecepatan motor pompa terdiri atas 3 himpunan *fuzzy*, yaitu lambat, normal, dan cepat [13].

Penelitian Kelima, sistem bertujuan untuk pemberian pakan dapat dilakukan secara otomatis dan melakukan pemantauan ketersediaan menggunakan *smartphone*. Sistem menggunakan *board* Wemos D1 *mini* sebagai kendali dari seluruh sistem. Modul RTC untuk penjadwalan pakan dan sensor ultrasonik untuk pemantauan ketersediaan pakan. Sistem pemberian pakan menggunakan servo untuk membuka dan menutup tempat pakan [14].

Ikan Lele

Ikan lele adalah jenis ikan yang hidup di air tawar dan memiliki sifat kanibalisme. Sifat ini muncul karena ukuran ikan yang tidak merata yang disebabkan oleh pemberian pakan yang tidak teratur [15]. Pada penelitian ini, pemberian pakan pada ikan lele adalah 4 kali sehari, maka jadwal yang sesuai adalah pada pukul 09.00, 13.00, 17.00, dan 21.00 WIB [16], dengan ukuran pakan ikan lele berukuran 8 sampai 9 cm adalah 2 mm [17]. Berat ikan lele dan jumlah pakan yang akan diberikan dianalisis menggunakan beberapa formula [4], sebagai berikut;

- a. Menghitung biomassa ikan lele :

$$Biomassa = Berat\ rata - rata\ ikan \times Jumlah\ sampel\ ikan \quad (1)$$

b. Menghitung kebutuhan pakan ikan lele :

$$\text{Kebutuhan pakan} = \text{Biomassa} \times 3\% \tag{2}$$

Sensor pH-E4502C

Sensor pH-E4502C digunakan untuk mengukur tingkat pH pada air kolam ikan. Nilai pH berkisar antara 1 sampai 14, dan untuk pH air netral adalah 7. Sedangkan jika dibawah 7 adalah asam dan jika diatas 7 adalah basa [18].

Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 merupakan alat elektronik yang dapat mendeteksi gas amonia, natrium dioksida, sulfur hidroksida, dan gas berbahaya lainnya [19]. Sensor MQ-135 digunakan pada penelitian karena sensor ini dapat mendeteksi gas amonia yang ada pada kolam ikan.

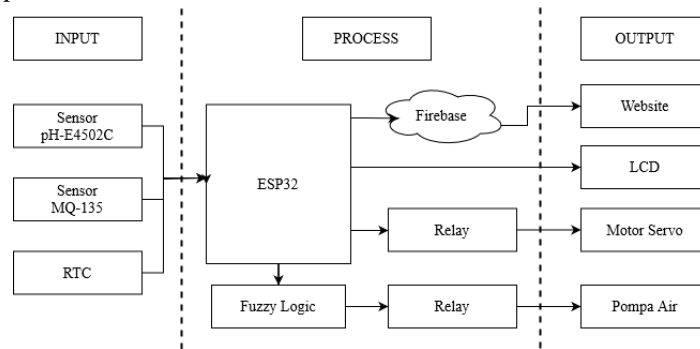
Fuzzy Logic

Fuzzy logic merupakan logika yang mampu mendefinisikan nilai diantara kondisi seperti benar atau salah [20]. Pada penelitian ini metode *fuzzy logic sugeno* akan digunakan karena metode *sugeno* memiliki tingkat nilai *error* yang paling kecil dibandingkan dengan metode *fuzzy logic tsukamoto* dan *mamdani* [21].

3. Sistem yang Dibangun

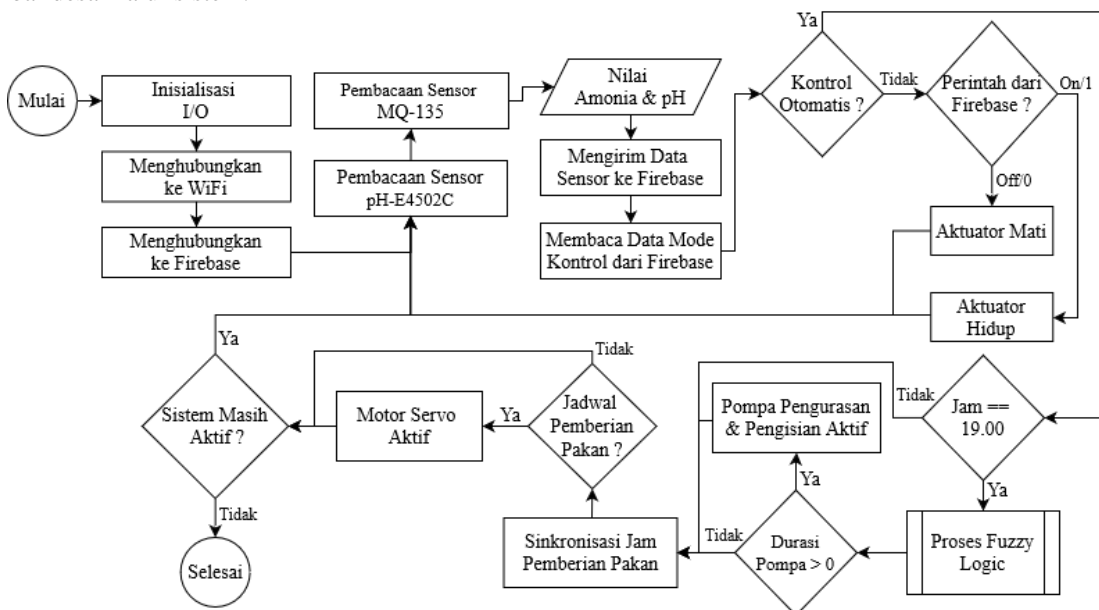
Perancangan Sistem

Pada Gambar 1, merupakan diagram blok sistem penelitian ini, mencakup sensor pH-E4502C, dan sensor MQ-135. *fuzzy logic* menentukan durasi pompa air untuk proses pengurasan air. Motor servo untuk menjatuhkan pakan, pompa air sebagai pengurasan dan pengisian air kolam, RTC untuk melakukan sinkronisasi jam dengan waktu pemberian pakan, dan LCD untuk menampilkan data sensor. ESP32 mengirim data ke *cloud* firebase untuk penyimpanan data dan pemantauan melalui *website*.



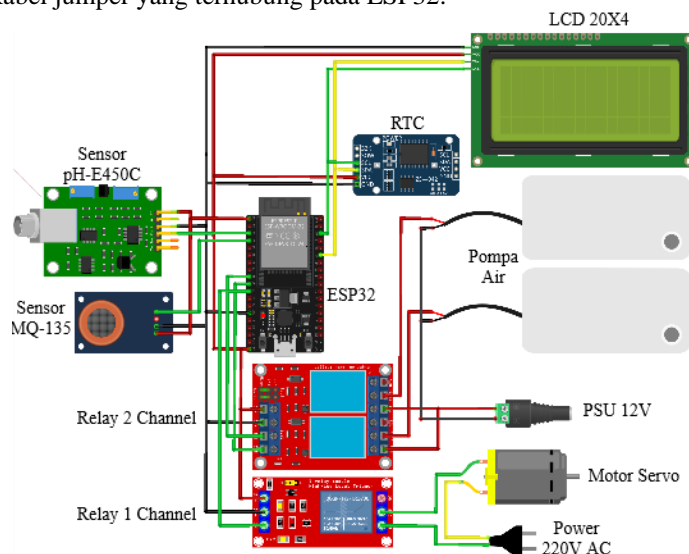
Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Selanjutnya adalah membuat bagaimana alur sistem bekerja secara keseluruhan. Alur sistem dimulai dari inialisasi pembacaan sensor, proses fuzzy logic, dan bagaimana aktuator bekerja. Pada Gambar 2, dapat dilihat gambar desain alur sistem.



Gambar 2. Diagram Alur Sistem

Pada Gambar 3, dapat diketahui bagaimana desain perangkat keras. Setiap perangkat keras tersambung dengan menggunakan kabel jumper yang terhubung pada ESP32.



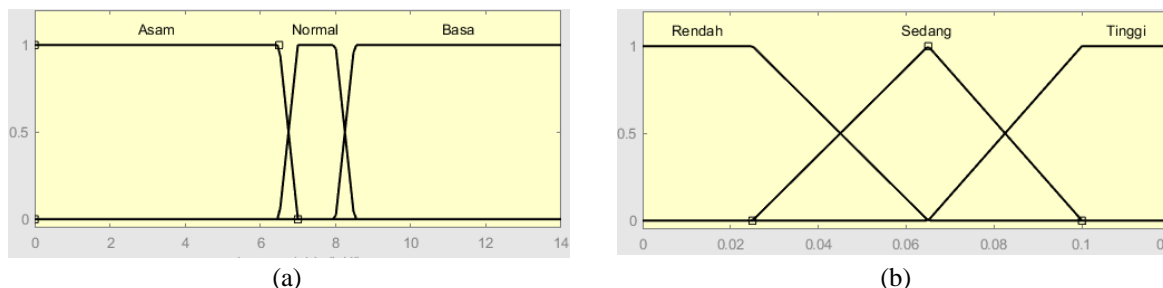
Gambar 3. Desain Perangkat Keras

Perancangan Fuzzy Logic

Pada perancangan *fuzzy logic* akan melakukan tahapan untuk menentukan durasi aktif pompa pada proses pengurasan air kolam dengan *input* parameter pH dan amonia, dengan tahapan awal sebagai berikut :

1. Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Terdapat 2 variabel *input*, yaitu pH dan amonia. Variabel *fuzzy* pH terdiri dari 3 himpunan *fuzzy*, yaitu asam ketika nilai pH kurang dari 7, normal ketika nilai pH antara 6,5 hingga 8,5, dan basa ketika nilai pH lebih dari 8 [22]. Variabel *fuzzy* amonia terdiri dari 3 himpunan *fuzzy*, yaitu rendah ketika nilai amonia kurang dari 0,025 ppm, sedang ketika nilai amonia antara dari 0,025 hingga 0,1 ppm, dan tinggi ketika nilai amonia lebih dari 0,1 ppm [13]. Pada Gambar 4, merupakan grafik fungsi keanggotaan pH dan amonia.



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Fuzzy, (a) parameter pH, (b) parameter amonia

2. Komposisi Aturan

Pada tahap ini, dibuat aturan *fuzzy* berdasarkan nilai pH dan amonia untuk menentukan output yang diinginkan. *Output* nilai durasi pompa didapatkan dari hasil pengujian pompa air, yaitu 337 detik. Namun, jumlah maksimal yang dikuras adalah 50% atau 168 detik, dengan nilai mati 0 detik, cepat 84 detik, dan lama 168 detik.

Tabel 1. Kombinasi Aturan Fuzzy

| pH Amonia | Asam | Normal | Basa |
|----------------------------|-------|--------|-------|
| Rendah | Cepat | Mati | Cepat |
| Sedang | Lama | Cepat | Lama |
| Tinggi | Lama | Cepat | Lama |

Pada Tabel 1, dapat dilihat untuk 9 kombinasi aturan *fuzzy*. Berikut adalah cara untuk menentukan kombinasi aturan yang digunakan [22]:

- Jika kedua parameter sesuai aturan maka pompa mati.
- Jika salah satu parameter tidak sesuai aturan maka durasi pompa cepat.
- Jika kedua parameter tidak sesuai aturan maka durasi pompa lama.

3. Defuzzyfikasi

Proses *defuzzyfikasi* dilakukan dengan cara mencari nilai rata-rata terbobot (*weight average*) dengan rumus berikut :

$$WA = \frac{\sum_{i=1}^N a_i z_i}{\sum_{i=1}^N a_i} \tag{3}$$

Pada rumus diatas, dimana WA adalah rata-rata nilai terbobot yang didapat dari jumlah variabel *a* predikat ke-*i* dikalikan dengan nilai konsekuen ke-*i*.

Perancangan Website

Pada penelitian ini menerapkan *Internet of Things* dengan menampilkan output dari nilai amonia, pH, kapasitas pakan, dan status aktuator serta dapat mengontrol aktuator secara manual menggunakan website. Perancangan website menggunakan bahasa pemrograman *JavaScript* dan *library ReactJS*, serta database *Firebase*. Pada Gambar 5, dapat dilihat database pada *firebase* untuk menyimpan semua data.

```

https://catfishdb-814f7-default-rtdb.asia-south
├── data_ikan
├── data_pompa
├── data_sensor
├── kebutuhan_pakan: 12
├── nilai_sensor: "0.0198/7.517/0.00"
├── status_aktuator: "0/0/0"
├── status_kontrol: "manual"
└── waktu_pakan_terakhir: "23-5-2024/13:16:32"
    
```

Gambar 5. Data Pada Firebase

4. Evaluasi

Hasil Perancangan *Prototype*

Pada Gambar 6, merupakan hasil *prototype* pengurusan dan pakan otomatis pada penelitian ini. komponen *hardware* terletak di dalam *project box*. Air yang digunakan berasal PDAM sehingga harus distabilkan terlebih dahulu untuk menurunkan pH, menggunakan molase yang mengandung asam organik dan aktuator untuk menghilangkan kadar kaporit pada air.



(a)



(b)

Gambar 6. *Prototype* Sistem, (a) Rangkaian *hardware*, (b) Media Sistem Budidaya

Hasil Pengujian Sensor pH

Pengujian sensor pH dilakukan menggunakan cairan pH buffer yang bernilai 4,01, 6,86, 9,18, serta pH meter digital sebagai nilai acuan. Pengujian setiap pH buffer dilakukan selama 10 menit dengan interval 1 menit, setelah itu di rata-rata. Pada Tabel 2, merupakan hasil pengujian sensor pH dengan pH buffer yang menunjukkan nilai rata-rata selisih *error* sebesar 0,122.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor pH dengan pH Buffer

| No | pH Buffer (<i>ground truth</i>) | pH Meter Digital | Sensor pH | Selisih (buffer – sensor) |
|-----------|-----------------------------------|------------------|-----------|---------------------------|
| 1 | 4,01 | 4,03 | 3,935 | 0,075 |
| 2 | 6,86 | 6,76 | 6,825 | 0,035 |
| 3 | 9,18 | 9,05 | 9,436 | 0,256 |
| Rata-rata | | | | 0,122 |

Hasil Pengujian Sensor Amonia

Pengujian sensor amonia dibandingkan dengan hasil dari amonia *test kit* pada media air yang berbeda. Pada Tabel 3, merupakan hasil dari pengujian sensor amonia. Berdasarkan pengujian didapatkan hasil perbandingan dengan selisih yang tidak jauh, meskipun amonia *test kit* tidak menunjukkan nilai dalam satuan ppm, namun dapat menjadi perbandingan dalam pengujian.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Amonia dengan Amonia Test Kit

| Media | Amonia Test Kit (ground truth) | Sensor Amonia |
|------------------------|-----------------------------------|---------------|
| Air Sumur | 0 | 0,00 |
| Air PDAM | 0 | 0,00 |
| Air Kolam Lele | $0 < x < 0,1$ | 0,01 |
| Air Endapan Pakan Ikan | $0,5 < x < 1$ | 0,81 |
| Air Urin | $x > 2$ | 4,06 |
| Air Limbah Rumah | $1 < x < 2$ | 1,18 |

Hasil Pengujian Motor Servo

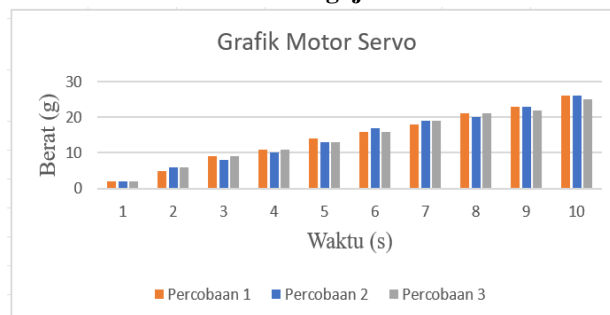
$$t = t_1 + \frac{(w-w_1)(t_2-t_1)}{(w_2-w_1)}$$

Keterangan :

- t = waktu yang dicari
- t_1 & t_2 = waktu yang diketahui di sekitar nilai yang dicari
- w = berat pakan yang dibutuhkan
- w_1 & w_2 = berat pakan pada waktu t_1 & t_2

Pengujian pemberian pakan dengan motor servo bertujuan mengukur berat pakan yang jatuh pada waktu tertentu. Ukuran pakan yang digunakan berukuran 2 mm.

Gambar 7. Hasil Pengujian Motor Servo



Pada Gambar 7, dapat dilihat percobaan motor servo berkala setiap 1 detik. Untuk menjatuhkan berat pakan dengan waktu tertentu dapat menggunakan rumus berikut

$$t = t_1 + \frac{(w-w_1)(t_2-t_1)}{(w_2-w_1)} \tag{4}$$

Keterangan :

- t = waktu yang dicari
- t_1 & t_2 = waktu yang diketahui di sekitar nilai yang dicari
- w = berat pakan yang dibutuhkan
- w_1 & w_2 = berat pakan pada waktu t_1 & t_2

Hasil Pengujian Pompa Air

Pada pengujian pompa air, bertujuan untuk menghitung durasi yang dibutuhkan dalam proses pengisian dan pengurasan pada ember berukuran 80 liter. Pada Tabel 4, adalah hasil dari pengujian pompa air, dengan rata-rata waktu pengisian 337 detik dan rata-rata pengurasan 251 detik. Durasi pompa pada *output fuzzy logic* menggunakan hasil pompa pengisian, sedangkan pompa pengurasan didapatkan dari persentase rata-rata waktu pengurasan terhadap rata-rata pompa pengisian dengan rumus berikut

$$Persentase = \frac{\text{rata-rata pompa pengurasan}}{\text{rata-rata pompa pengisian}} \times 100 \tag{5}$$

Dari hasil rumus tersebut didapatkan nilai persentase, yaitu sebesar 74,4%. Jadi ketika hasil dari *fuzzy logic* bernilai 100, maka nilai tersebut digunakan untuk pompa pengisian dan untuk pompa pengurasan adalah 74,4% dari 100, yaitu 74.

Tabel 4. Hasil Pengujian Pompa Air

| Percobaan ke- | Volume (liter) | Durasi yang dibutuhkan (s) | |
|---------------|----------------|----------------------------|------------|
| | | Pengisian | Pengurasan |
| 1 | 80 | 338 | 253 |
| 2 | | 337 | 255 |
| 3 | | 339 | 252 |
| 4 | | 337 | 252 |
| 5 | | 334 | 250 |
| 6 | | 337 | 251 |
| 7 | | 336 | 250 |
| 8 | | 339 | 252 |
| 9 | | 339 | 250 |
| 10 | | 337 | 249 |
| Rata-rata | | 337 | 251 |

Hasil Pengujian *Fuzzy Logic* pada Simulasi Matlab

Pada pengujian ini, *fuzzy logic* yang sudah dirancang pada mikrokontroler disimulasikan menggunakan Matlab. Nilai keluaran pada mikrokontroler dibandingkan dengan hasil simulasi pada Matlab. Pada Tabel 5, dapat dilihat hasil dari perhitungan di mikrokontroler dan Matlab. Dari simulasi tersebut, diperoleh rata-rata selisih *error* sebesar 0,138.

Tabel 5. Hasil Perbandingan Perhitungan Mikrokontroler dan Matlab

| No. | Sensor | | Durasi Pompa (Mikrokontroler) | Durasi Pompa (Matlab) | Error (selisih) |
|-----------|--------|--------|-------------------------------|-----------------------|-----------------|
| | pH | Amonia | | | |
| 1 | 7,2 | 0,032 | 14,7 | 14,7 | 0 |
| 2 | 8,6 | 0,058 | 153,3 | 153 | 0,3 |
| 3 | 6,4 | 0,077 | 168 | 168 | 0 |
| 4 | 7,1 | 0,102 | 84 | 84 | 0 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 18 | 7,9 | 0,086 | 84 | 84 | 0 |
| 19 | 2,6 | 0,012 | 84 | 84 | 0 |
| 20 | 6,7 | 0,118 | 134,4 | 134 | 0,4 |
| Rata-rata | | | | | 0,138 |

Hasil Pengujian Sistem Pengurasan Otomatis Berdasarkan Logika *Fuzzy*

Pengujian sistem pengurasan otomatis dilakukan dengan membuat kondisi pH dan amonia pada ember menjadi 9 kondisi. Pada Tabel 6, merupakan pengujian sistem pengurasan otomatis. Berdasarkan hasil pengujian, sistem pengurasan otomatis dapat berjalan dengan baik.

Tabel 6. Hasil Pengujian Pompa Air Berdasarkan Logika *Fuzzy*

| Kondisi (pH – amonia) | pH | amonia | Status Pompa | Durasi status pompa (s) | |
|-----------------------|-------|--------|--------------|-------------------------|------------|
| | | | | Pengisian | Pengurasan |
| normal-rendah | 7,12 | 0,015 | Mati | 0 | 0 |
| normal-sedang | 7,49 | 0,065 | Hidup | 84 | 62 |
| normal-tinggi | 7,35 | 0,113 | Hidup | 84 | 62 |
| asam-rendah | 6,89 | 0,023 | Hidup | 19 | 14 |
| asam-sedang | 6,71 | 0,067 | Hidup | 132 | 98 |
| asam-tinggi | 6,45 | 0,177 | Hidup | 168 | 124 |
| basa-rendah | 10,64 | 0,018 | Hidup | 84 | 62 |
| basa-sedang | 9,12 | 0,064 | Hidup | 166 | 123 |
| basa-tinggi | 11,79 | 0,109 | Hidup | 168 | 124 |

Hasil Pengujian Sistem Pakan Otomatis Berdasarkan Penjadwalan

Pengujian sistem pakan otomatis pada budidaya ikan lele dilakukan selama 10 hari, dari tanggal 7 - 16 mei 2024. Pada Tabel 7, merupakan hasil pengambilan data dari pengujian pakan otomatis, dengan penjadwalan pada pukul 09.00, 13.00, 17.00, dan 21.00 WIB. Pada awal budidaya biomassa ikan lele sebesar 192 gram dengan berat rata-rata 3,2 gram, dan di hari ke-5, biomassa menjadi 224 gram dengan berat rata-rata 3,8 gram. Setelah hari ke-10, ikan ditimbang untuk mengetahui berat total akhir ikan. Hasil penimbangan yang didapatkan yaitu biomassa sebesar 261 gram dan berat rata-rata ikan 4,6 gram.

Tabel 7. Hasil Pengujian Sistem

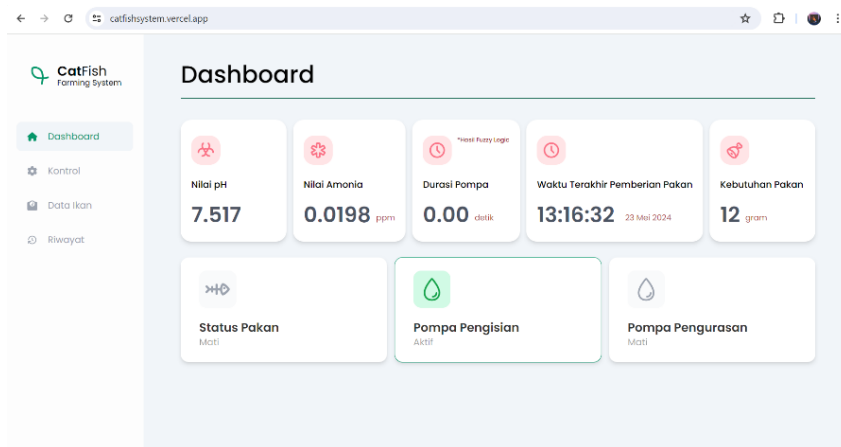
| tanggal | Sebelum Pakan | | Setelah Pakan | | jadwal pakan otomatis | | | |
|-----------|---------------|--------|---------------|--------|-----------------------|-------|-------|-------|
| | ph | amonia | ph | amonia | 09.00 | 13.00 | 17.00 | 21.00 |
| 7-5-2024 | 7,67 | 0,01 | 7,6 | 0,01 | Aktif | | | |
| | 7,69 | 0,01 | 7,6 | 0,01 | | Aktif | | |
| | 7,39 | 0,01 | 7,36 | 0,01 | | | Aktif | |
| | 7,4 | 0,01 | 7,37 | 0,01 | | | | Aktif |
| 8-5-2024 | 7,52 | 0,01 | 7,57 | 0,01 | Aktif | | | |
| | 7,41 | 0,01 | 7,43 | 0,01 | | Aktif | | |
| | 7,43 | 0,01 | 7,39 | 0,01 | | | Aktif | |
| | 7,42 | 0,01 | 7,41 | 0,01 | | | | Aktif |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| 15-5-2024 | 7,47 | 0,01 | 7,52 | 0,02 | Aktif | | | |
| | 7,4 | 0,02 | 7,32 | 0,02 | | Aktif | | |
| 16-5-2024 | 7,29 | 0,019 | 7,33 | 0,02 | Aktif | | | |
| | 7,33 | 0,019 | 7,37 | 0,017 | | Aktif | | |
| | 7,5 | 0,021 | 7,46 | 0,021 | | | Aktif | |
| | 7,6 | 0,023 | 7,66 | 0,02 | | | | Aktif |

Analisis Perubahan Nilai pH dan Amonia pada Kolam Lele

Dari hasil monitoring kualitas air, ditemukan bahwa nilai pH dan kadar amonia mengalami perubahan setelah hari ke-5 pengujian sistem pakan otomatis. Hal ini terjadi seiring dengan peningkatan bobot ikan lele, dimana pada awal budidaya biomassa ikan lele sebesar 192 gram dengan berat rata-rata 3,2 gram, dan pada hari ke-5 biomassa menjadi 224 gram dengan berat rata-rata 3,8 gram. Peningkatan bobot ikan lele ini menyebabkan perubahan pada pH dan amonia, karena semakin besar bobot ikan lele, feses yang dikeluarkan juga semakin banyak sehingga dapat meningkatkan amonia pada kolam, serta mempengaruhi pH air.

Hasil Monitoring Website

Hasil dari pembacaan sensor, durasi aktif pompa, status kondisi aktuator, waktu terakhir pemberian pakan ditampilkan pada *website*, serta terdapat fitur untuk menyimpan data dari ikan seperti jumlah, berat keseluruhan, berat rata-rata, biomassa, dan kebutuhan pakan ikan. Berikut merupakan tampilan *website* yang dapat diakses oleh pembudidaya ikan lele. Pada Gambar 8, dapat dilihat halaman utama *website*.



Gambar 8. Tampilan Halaman Utama

5. Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah bahwa pembacaan sensor pH dan amonia dapat berjalan dengan baik. Implementasi metode *fuzzy logic* sebagai kontrol pengurasan air otomatis berjalan dengan baik, dengan hasil

pengujian menggunakan matlab menunjukkan selisih *error* sebesar 0,138. Sistem pengurusan otomatis dapat menjaga kualitas air kolam tetap optimal. Pengujian sistem pemberian pakan pada budidaya ikan lele bekerja sesuai penjadwalan dan biomassa ikan lele, serta dapat mengoptimalkan penggunaan pakan sehingga tidak ada kelebihan pakan yang tersisa di kolam. Pada awal budidaya, biomassa ikan lele sebesar 192 gram dengan berat rata-rata 3,2 gram dan setelah hari ke-10 biomassa meningkat menjadi 261 gram dan berat rata-rata ikan 4,6 gram. Sistem dapat di monitoring melalui website catfishsystem.vercel.app yang menampilkan nilai pH, amonia, status aktuator, durasi pompa, waktu terakhir pemberian pakan, data ikan lele, serta kontrol aktuator secara manual

Daftar Pustaka

- [1] R. Indra, S. Komariyah, and Rosmaiti, "Pengaruh Frekuensi Pemberian Pakan yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) pada Media Budikdamber," *J. Kelaut. dan Perikan. Indones.*, vol. 1, no. 2, pp. 52–59, 2021.
- [2] A. M. Hendri, H. Zarory, and A. Faizal, "Alat Monitoring Kadar Amonia dan Pengontrolan pH pada Kolam Ikan Lele Berbasis IoT," *BRILIANT (Jurnal Ris. dan Konseptual)*, vol. 8, no. 1, pp. 272–280, Feb. 2023, doi: 10.28926/briliant.v8i1.
- [3] S. Firmansyah, A. F. Setiawan, and D. Rudhistiar, "SISTEM MONITORING DAN KONTROLING PENEBAR PAKAN IKAN LELE BERBASIS IOT," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 7, no. 1, pp. 865–872, Feb. 2023.
- [4] A. Sinaga, S. Raharjo, V. Sabariah, and S. S. Suruan, "Pengaruh Pemberian Pakan Terhadap Pertumbuhan Berat Ikan Lele (*Clarias sp*) Di Kolam Prafi Kabupaten Manokwari Provinsi Papua Barat," *JRPK (Jurnal Ris. Perikan. dan Kelautan)*, vol. 2, no. 2, pp. 189–196, Mar. 2020.
- [5] efishery.com, "Berapa Kebutuhan Pakan Ikan Lele Sampai Panen?," efishery.com. [Online]. Available: <https://efishery.com/id/resources/kebutuhan-pakan-ikan-lele-sampai-panen/>
- [6] R. Nurhidayat, "PENGENDALIAN KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA IKAN LELE JENIS MUTIARA," *J. Ilm. Mhs. Kendali dan List.*, vol. 1, no. 2, pp. 42–50, 2020, doi: 10.33365/jimel.v1i1.
- [7] B. H. Damanik, H. Hamdani, I. Riyantini, and H. Herawati, "UJI EFEKTIVITAS BIO FILTER DENGAN TANAMAN AIR UNTUK MEMPERBAIKI KUALITAS AIR PADA SISTEM AKUAPONIK IKAN LELE SANGKURIANG (*Clarias gariepinus*)," *J. Perikan. dan Kelaut.*, vol. 9, no. 1, pp. 134–142, Jun. 2018.
- [8] S. Wahyuningsih and A. M. Gitarama, "AMONIA PADA SISTEM BUDIDAYA IKAN," *J. Ilm. Indones.*, vol. 5, no. 2, pp. 112–125, Feb. 2020.
- [9] A. Sumardiono, S. Rahmat, E. Alimudin, and N. A. Ilahi, "Sistem Kontrol-Monitoring Suhu dan Kadar Oksigen pada Kolam Budidaya Ikan Lele," *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 5, no. 2, pp. 231–236, Dec. 2020, doi: 10.31544/jtera.v5.i2.2020.231-236.
- [10] R. Maulana, Kusnadi, and M. Asfi, "Sistem Monitoring dan Controlling Kualitas Air Serta Pemberian Pakan Pada Budidaya Ikan Lele Menggunakan Metode Fuzzy, NodeMCU dan Telegram," *ITEJ Inf. Technol. Eng. Journals*, vol. 6, no. 1, pp. 53–64, Jul. 2021, [Online]. Available: <https://syekhnrjati.ac.id/journal/index.php/itej>
- [11] A. A. W. Aisyah, H. Pujiharsono, and M. A. Afandi, "Sistem Monitoring dan Kontrol Pakan Budidaya Ikan Lele menggunakan NodeMCU berbasis IoT," *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 108–116, Jul. 2022, doi: 10.20895/jtece.v4i2.533.
- [12] Y. Nindra Kristiantya, E. Setiawan, and B. H. Prasetyo, "Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air pada Kolam Ikan Air Tawar menggunakan Logika Fuzzy berbasis Arduino," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 7, pp. 3145–3154, Jul. 2022, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [13] F. Rozie *et al.*, "SISTEM AKUAPONIK UNTUK PETERNAKAN LELE DAN TANAMAN KANGKUNG HIDROPONIK BERBASIS IOT DAN SISTEM INFERENSI FUZZY," *JTIK (Jurnal Teknol. Inf. dan Ilmu Komputer)*, vol. 8, no. 1, pp. 157–166, Feb. 2021, doi: 10.25126/jtiik.202184025.
- [14] R. Ridho Prabowo, Kusnadi, and R. Taufiq Subagio, "SISTEM MONITORING DAN PEMBERIAN PAKAN OTOMATIS PADA BUDIDAYA IKAN MENGGUNAKAN WEMOS DENGAN KONSEP INTERNET OF THINGS (IoT)," *J. Digit (Digital J. Inf. Technol.)*, vol. 10, no. 2, pp. 185–195, Nov. 2020.
- [15] S. Sundari, E. Nugroho, and J. Subagja, "PENGARUH FREKUENSI PEMBERIAN PAKAN PADA PENDEDERAN KE DUA IKAN LELE DUMBO YANG DIPELIHARA DI KOLAM TANAH," *J. Sains Nat.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, Jan. 2011.

- [16] A. Rakhfid *et al.*, “Frekuensi Pemberian Pakan untuk Pertumbuhan Benih Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*),” *Agrikan J. Agribisnis Perikan.*, vol. 13, no. 2, pp. 260–268, 2020, doi: 10.29239/j.agrikan.13.2.260-268.
- [17] efishery.com, “Tips & Trik Pemberian Pakan Ikan Lele Berdasarkan Umurnya,” efishery.com. Accessed: Jun. 09, 2024. [Online]. Available: <https://efishery.com/id/resources/pemberian-pakan-ikan-lele-berdasarkan-umur/>
- [18] I. S. Suasana, “Monitoring Air Limbah Rumah Sakit Berdasarkan Kadar pH Dan Suhu Menggunakan Arduino,” *Media Inf. Penelit. Kabupaten Semarang*, vol. 5, no. 1, pp. 166–179, Jul. 2023, doi: 10.55606/sinov.v5i1.573.
- [19] I. Alexander Rombang, L. Bambang Setyawan, and G. Dewantoro, “Perancangan Prototipe Alat Deteksi Asap Rokok dengan Sistem Purifier Menggunakan Sensor MQ-135 dan MQ-2,” *Techne (Jurnal Ilmiah Elektron.)*, vol. 21, no. 1, pp. 131–144, Apr. 2022.
- [20] Iqbal and A. Husna, “SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT AUTIS PADA ANAK-ANAK MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC,” *J. TIKA (Fakultas Ilmu Komput. Univ. Almuslim)*, vol. 8, no. 2, pp. 111–116, Aug. 2023.
- [21] K. W. SUARDIKA, G. K. GANDHIADI, and L. P. I. HARINI, “PERBANDINGAN METODE TSUKAMOTO, METODE MAMDANI DAN METODE SUGENO UNTUK MENENTUKAN PRODUKSI DUPA (Studi Kasus: CV. Dewi Bulan),” *E-Jurnal Mat.*, vol. 7, no. 2, pp. 180–186, May 2018, doi: 10.24843/mtk.2018.v07.i02.p201.
- [22] T. M. Raihan, “Sistem pemantauan kualitas air menggunakan esp32 dengan fuzzy logic sugeno berbasis android,” 2022.