



Department of Digital Business

**Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)**

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 4 No. 3 (2025) pp: 4228-4266

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

---

## Perangkat Otomatisasi Pergantian Air Budidaya Ikan Lele Menggunakan Metode Rule Based Expert System

Alexander Jacob<sup>1</sup>, Ridho Taufiq Subagio<sup>2</sup>, Arif Nursetyo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Catur Insan Cendekia

[Alexander.jacob.ti.21@ci.ac.id](mailto:Alexander.jacob.ti.21@ci.ac.id)<sup>1</sup>, [ridho.taufiq@ci.ac.id](mailto:ridho.taufiq@ci.ac.id)<sup>2</sup>, [arif.nursetyo@ci.ac.id](mailto:arif.nursetyo@ci.ac.id)<sup>3</sup>

### Abstrak

Budidaya ikan lele skala kecil atau rumahan merupakan kegiatan yang populer untuk dilakukan karena proses pemeliharannya yang relatif murah serta memiliki potensi keuntungan yang cukup. Namun permasalahan yang sering dihadapi para pembudidaya ikan lele adalah tingginya tingkat kekeruhan air akibat kotoran yang dapat mempengaruhi kesehatan dan pertumbuhan ikan lele. Proses pergantian air yang dilakukan secara manual membutuhkan banyak tenaga dan waktu. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem otomatisasi yang mampu melakukan pergantian air secara efektif dan efisien dengan menerapkan metode Rule Base Expert System. Sistem yang dirancang menggunakan Turbidity Sensor untuk mendeteksi tingkat kekeruhan air dengan menghitung banyaknya partikel di dalam air dengan cahaya dan Ultrasonic Sensor untuk mengukur tinggi permukaan air. Data yang diperoleh dari kedua sensor tersebut nantinya akan dikirim dan diproses oleh microcontroller Arduino Nano, yang kemudian mengendalikan katup Solenoid Valve dan Water Pump menggunakan Relay untuk mengatur pembuangan air kotor dan penambahan air bersih pada kolam ikan lele secara lebih praktis, sehingga mempermudah proses budidaya ikan lele dalam skala kecil atau rumahan.

*Kata Kunci:* Arduino Nano, Relay, Rule Base Expert System, Sistem Pergantian Air, Ternak Ikan Lele

### 1. Latar Belakang

Budidaya ikan lele melonjak pesat di Indonesia karena memiliki rasa yang enak, kandungan gizi yang tinggi, serta harganya yang relatif terjangkau. Ikan lele juga mudah dipelihara karena memiliki masa panen sekitar tiga sampai empat bulan, tahan terhadap penyakit, serta dapat hidup di lahan sempit dengan air yang terbatas dan dengan tingkat kepadatan yang tinggi. Ikan lele dapat mengkonsumsi berbagai jenis pakan, memiliki tingkat toleransi tinggi terhadap kualitas air, dan mampu mengambil oksigen langsung dari udara, sehingga cocok dibudidayakan di rumah dengan modal yang relatif kecil dan teknologi yang sederhana [1].

Kolam tanah dalam budidaya ikan lele merupakan wadah atau media konvensional yang paling sering digunakan para peternak ikan lele, namun kolam tersebut memiliki beberapa keterbatasan seperti membutuhkan lahan yang luas, dan wadah yang tidak dapat dipindahkan setelah berhasil dibuat, namun ada alternatif lain yang biasa dipakai yaitu kolam jenis terpal ataupun kolam yang terbuat dari wadah gentong atau galon bekas. Kolam alternatif ini memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi sehingga populer digunakan oleh para peternak rumahan.

Terdapat banyak modifikasi pada kolam alternatif dengan memanfaatkan teknologi sederhana untuk meningkatkan efektivitas budidaya ikan lele, dengan menggunakan pompa dan filter air untuk menjaga suhu dan kebersihan air sehingga kualitas air pada kolam tetap terjaga. Pemasangan pipa dengan katup manual di bagian bawah kolam memudahkan proses pembuangan kotoran yang menumpuk. Terdapat juga modifikasi dengan perangkat yang diaplikasikan sistem otomatisasi dengan cara menggunakan microcontroller seperti Arduino Nano, seperti menghubungkan sensor suhu, sensor ultrasonik, dan kekeruhan air ke perangkat Arduino Nano untuk memantau kondisi kolam budidaya ikan lele dengan besaran nilai yang didapatkan dan nantinya akan diberlakukan sistem yang berjalan secara otomatis [2].

Penggunaan microcontroller seperti Arduino Nano untuk mengontrol alat dan sensor pada sistem budidaya ikan lele, dibutuhkan beberapa metode ilmiah agar sistem dapat berjalan secara optimal dan responsif terhadap perubahan yang terjadi pada kolam ikan lele. Salah satu metode yang digunakan adalah Rule Base Expert System yang bekerja berdasarkan kumpulan aturan logis yang disusun ke dalam kode pemrograman untuk mengatur sistem

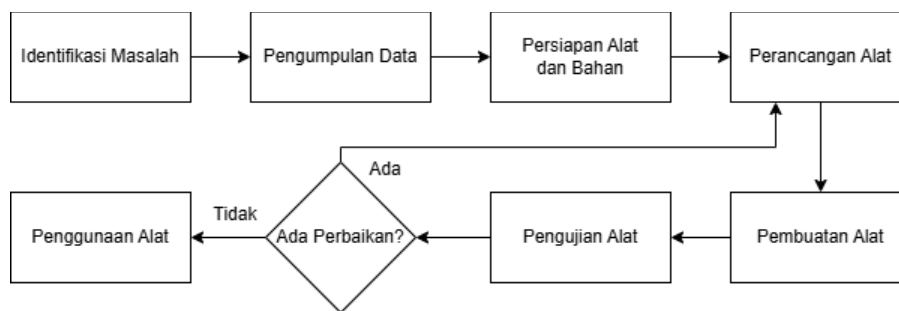
pergantian air secara otomatis melalui besaran nilai yang didapat dari sensor yang digunakan. Metode tersebut memungkinkan sistem untuk mengambil keputusan secara otomatis.

Permasalahan yang biasanya terjadi pada peternak ikan lele adalah para peternak ikan lele masih harus menjaga tingkat kejernihan air secara manual dengan cara memindahkan ikan lele ke dalam wadah lain untuk membersihkan air pada kolam, apabila air tidak diganti secara rutin, maka kotoran yang ada di dalam kolam akan bertambah dan pastinya membuat air semakin kotor dan merusak atau menurunkan kualitas air di dalam kolam yang mengakibatkan ikan lele berisiko terjangkit oleh penyakit yang dapat membuat peternak mengalami kerugian yang berdampak pada penghasilan dari penjualan ikan lele.

Wawancara yang dilakukan kepada narasumber membuktikan bahwa masa panen ikan lele antara tiga sampai empat bulan, melakukan pergantian air dengan memindahkan ikan lele ke wadah lain tidak efektif, dan apabila kolam dibiarkan kotor dengan kotoran yang terus menumpuk, akan membuat ikan lele berisiko terjangkit penyakit.

## 2. Metode Penelitian

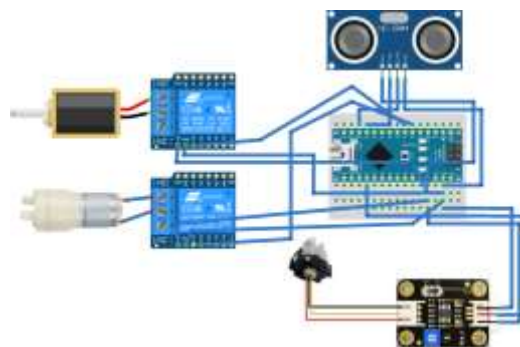
### 2.1. Prosedur penelitian



Gambar 1. Prosedur Penelitian

Tahapan dimulai dengan melakukan identifikasi atau pencarian terhadap masalah yang ada di lingkup penelitian lalu dilakukan pengumpulan data-data yang nantinya akan digunakan untuk melakukan penelitian, setelah mencatat data-data atau informasi yang telah dikumpulkan, dilakukan persiapan alat dan bahan yang nantinya akan digunakan di dalam penelitian, sebelum memulai dalam membuat alat akan dilakukan tahap perancangan, dimulai dari merancang rangkaian alat hingga logika yang ada di dalam sistem, setelah alat berhasil dibuat akan dilakukan pengujian terhadap alat untuk memeriksa apakah sudah tepat dengan rancangan yang telah dibuat atau belum, apabila belum, akan kembali dilakukan perancangan ulang, dan apabila sudah, penelitian dianggap telah selesai.

### 2.2. Rancangan Sistem



Gambar 2. Rancangan Sistem

Sistem penambahan air diatur menggunakan microcontroller Arduino Nano dengan memanfaatkan Ultrasonic Sensor untuk mendeteksi tingkat ketinggian atau jarak air dari Ultrasonic Sensor, ketika Ultrasonic Sensor mendeteksi bahwa tingkat ketinggian air terlalu rendah, maka microcontroller Arduino Nano mengirim sinyal kepada Relay untuk membuka Solenoid Valve.

Sistem pembuangan air diatur menggunakan microcontroller Arduino Nano dengan memanfaatkan Turbidity Sensor untuk mendeteksi tingkat kekeruhan air pada kolam ikan lele, ketika Turbidity Sensor mendeteksi bahwa tingkat kekeruhan air tinggi, maka microcontroller Arduino Nano mengirim sinyal kepada Relay untuk menyalakan Water Pump.

### 2.3. Sistem Pembuangan Air

```
START
Inisialisasi nilai:
  threshold
  turbidity
  keruhStartTime
  keruhDelay
IF turbidity < threshold THEN
  IF keruhStartTime == 0 THEN
    keruhStartTime = currentTime
  ENDF
  IF (currentTime - keruhStartTime) >= keruhDelay THEN
    Nyalakan water pump
  ELSE
    TUNGU/ water pump mati (belum nyata)
  ENDF
ELSE
  keruhStartTime = 0
  Matikan water pump
ENDF
END
```

Gambar 3. Pseudocode Sistem Pembuangan Air

Sistem diawali dengan inisialisasi nilai awal variabel: 'threshold', 'turbidity', 'keruhStartTime', dan 'keruhDelay', untuk menentukan ambang batas kekeruhan air yang dapat diterima oleh sistem untuk akhirnya melakukan pembuangan kotoran yang ada di dalam kolam ikan lele. Lalu dilakukan pengecekan kondisi apakah nilai variabel 'turbidity' (nilai kekeruhan yang dideteksi oleh sensor) lebih kecil daripada nilai variabel 'threshold' (nilai ambang batas yang dapat diterima sebelum dilakukan sebuah proses). Selama nilai variabel 'turbidity' lebih kecil daripada 'threshold', maka 'currentTime' bernilai sama 'keruhStartTime' untuk memulai perhitungan waktu sebelum akhirnya menyalakan Water Pump. Apabila telah melewati batas waktu perhitungan yang telah ditentukan, maka Water Pump akan dinyalakan, jika sebaliknya apabila perhitungan belum melewati batas waktu perhitungan, maka Water Pump tidak akan dinyalakan. Apabila nilai variabel 'turbidity' lebih besar daripada 'threshold', maka waktu perhitungan akan direset kembali dan Water Pump akan dimatikan.

### 2.4. Sistem Penambahan Air

```
START
Inisialisasi nilai:
  waterLevel
  minWaterLevel
  maxWaterLevel
IF waterLevel > 0 THEN
  IF waterLevel > minWaterLevel THEN
    Nyalakan solenoid valve (katup pengisi air dibuka)
  ELSE
    IF waterLevel <= maxWaterLevel THEN
      Matikan solenoid valve (katup pengisi air ditutup)
    ELSE
      Diam / tidak mengubah status solenoid valve
    ENDF
  ENDF
ELSE
  Matikan solenoid valve (katup pengisi air ditutup)
ENDF
END
```

Gambar 4. Pseudocode Sistem Penambahan Air

Sistem diawali dengan inisialisasi nilai awal variabel: 'waterLevel', 'minWaterLevel', dan 'maxWaterLevel', untuk menentukan ambang batas kekeruhan air yang dapat diterima oleh sistem untuk akhirnya melakukan pembuangan kotoran yang ada di dalam kolam ikan lele. Apabila nilai variabel 'waterLevel' lebih dari 0, maka dilakukan pengecekan kondisi lanjutan. Apabila nilai variabel 'waterLevel' lebih dari nilai variabel 'minWaterLevel', maka air akan dianggap kurang dan Solenoid Valve dibuka untuk mengalirkan air bersih ke dalam kolam ikan lele hingga nilai variabel 'waterLevel' kurang dari nilai variabel 'maxWaterLevel', maka air akan dianggap cukup dan Water Pump dimatikan.

### 3. Hasil dan Diskusi

#### 3.1. Tampilan Kode

```
1 #include <NewPing.h>
```

Gambar 5. Impor Library “NewPing.h”

Perintah untuk mengimpor library eksternal bernama NewPing yang khusus dibuat untuk menggunakan Ultrasonic Sensor HC-SR04 secara lebih praktis dan efisien.

```
3 // === PIN YANG DIGUNAKAN ===  
4 const int trigPin = 9;  
5 const int echoPin = 10;  
6 const int turbidityPin = A0;  
7 const int drainPumpPin = 3;  
8 const int fillValvePin = 4;
```

Gambar 6. Inisialisasi Pin Pada Variabel Alat

Perintah untuk memberikan informasi kepada Arduino Nano terkait pin yang digunakan sensor-sensor dan output untuk perangkat otomatisasi.

```
10 // === KONFIGURASI SISTEM ===  
11 const int maxDistance = 18;  
12 const int minWaterLevel = 10;  
13 const int maxWaterLevel = 8;  
14 const int turbidityThreshold = 550;  
15 const unsigned long keruhDelay = 5UL * 1000;
```

Gambar 7. Inisialisasi Ambang Batas Sistem Pergantian Air

Perintah untuk memberikan ambang batas yang akan diterima oleh sistem, dari nilai yang terbaca oleh sensor-sensor yang digunakan, sebelum diolah atau diberikan perintah lanjut oleh Arduino Nano.

```
17 NewPing sonar(trigPin, echoPin, maxDistance);
```

Gambar 8. Objek Baru Untuk Mengolah Ultrasonic Sensor

Perintah untuk membuat objek baru bernama sonar untuk melakukan proses inisialisasi objek dari library newPing yang nantinya akan digunakan untuk mengakses fungsi Ultrasonic Sensor.

```
19 // === VARIABEL PENANDA WAKTU ===  
20 unsigned long keruhStartTime = 0;
```

Gambar 9. Inisialisasi Variabel Timer

Perintah untuk membuat variabel untuk menyimpan waktu saat sistem pertama kali mendeteksi air dalam kondisi keruh agar sistem dapat menunggu beberapa detik sebelum membuang kotoran secara otomatis.

```
22 void setup() {
23     Serial.begin(9600);
24
25     pinMode(drainPumpPin, OUTPUT);
26     pinMode(fillValvePin, OUTPUT);
27
28     digitalWrite(drainPumpPin, LOW); // Water pump mati di awal
29     digitalWrite(fillValvePin, LOW); // Katup pengisi juga mati
30
31     Serial.println("Sistem Pergantian Air Kolam Ikan Lele Siap");
32 }
```

Gambar 10. Inisialisasi Status Relay Terhadap Output

Perintah untuk memberikan sebuah deklarasi bahwa solenoid valve dan water pump berupa output atau keluaran dan dalam kondisi mati di awal sistem berjalan.

```
34 void loop() {
35     int waterLevel = sonar.ping_cm();
36     int turbidity = analogRead(turbidityPin);
37     unsigned long currentTime = millis();
38
39     Serial.println("-----");
40     if (waterLevel > 0) {
41         Serial.print("Level Air: ");
42         Serial.print(waterLevel);
43         Serial.println(" cm dari sensor");
44     } else {
45         Serial.println("Level Air: Tidak terbaca / 0 (Sensor mungkin gagal baca)");
46     }
47 }
```

Gambar 11. Proses Awal Pengolahan Data dan Output ke Serial Monitor

Perintah untuk mencetak nilai yang diberikan oleh sensor ke serial monitor sebagai visual dalam melakukan pengecekan.

```
48 Serial.print("Kekeruhan Air (semakin rendah = makin keruh): ");
49 Serial.println(turbidity);
```

Gambar 12. Proses Output Nilai Kekeruhan Air ke Serial Monitor

Perintah untuk menampilkan nilai Turbidity Sensor untuk melihat tingkat kejernihan air di dasar kolam ikan lele.

```
51 // == PEMERIKSAAN AIR KERUH ==
52 if (turbidity < turbidityThreshold) {
53     if (keruhStartTime == 0) {
54         keruhStartTime = currentTime;
55         Serial.println("[INFO] Air keruh terdeteksi. Menunggu 10 detik sebelum membuang...");
56     }
57
58     if (currentTime - keruhStartTime >= keruhDelay) {
59         digitalWrite(drainPumpPin, LOW); // MATI! water pump dinyalakan
60         Serial.println("[AKSI] Air sangat keruh! Pompa pembuangan dinyalakan.");
61     } else {
62         digitalWrite(drainPumpPin, HIGH); // Pompa tetap mati selama penundaan
63         Serial.println("[TUNGGU] Masih dalam penundaan. Pompa belum nyala.");
64     }
65 } else {
66     keruhStartTime = 0;
67     digitalWrite(drainPumpPin, HIGH); // Pompa dimatikan karena air jernih
68     Serial.println("[STATUS] Air cukup jernih. Pompa pembuangan dimatikan.");
69 }
```

Gambar 13. Proses Sistem Pembuangan Kotoran

Perintah untuk melakukan pengecekan apakah nilai raw analog < 550, apabila iya maka air akan dibuang hingga analog raw ≥ 550.

```
71 // --- PENYALURAN AIR BERSIH KE KOLAM ---  
72 if (waterLevel > 0) {  
73   if (waterLevel > minWaterLevel) {  
74     digitalWrite(fillValvePin, LOW);  
75     Serial.println("[AKSI] Level air rendah. Katup pengisi dibuka.");  
76   } else if (waterLevel <= maxWaterLevel) {  
77     digitalWrite(fillValvePin, HIGH);  
78     Serial.println("[AKSI] Level air cukup. Katup pengisi ditutup.");  
79   } else {  
80     Serial.println("[STATUS] level air masih aman. Tidak mengisi.");  
81   }  
82 }  
83 }  
84 delay(2000);  
85 }
```

Gambar 14. Proses Sistem Penambahan Air

Perintah untuk melakukan pengecekan terhadap ketinggian air untuk membuka-tutup solenoid valve berdasarkan jarak air dari ultrasonic sensor.

### 3.2. Tampilan Output



Gambar 15. Pengujian Sistem Penambahan Air

Kondisi dimulai dengan jarak air > 10cm dari Ultrasonic Sensor, pada kondisi ini Solenoid Valve dinyalakan menggunakan Relay untuk membuka aliran air bersih ke dalam kolam ikan lele, Solenoid Valve akan terus dibuka hingga jarak air  $\leq$  8cm dari Ultrasonic Sensor.



Gambar 16. Pengujian Sistem Penambahan Air (Lanjutan)

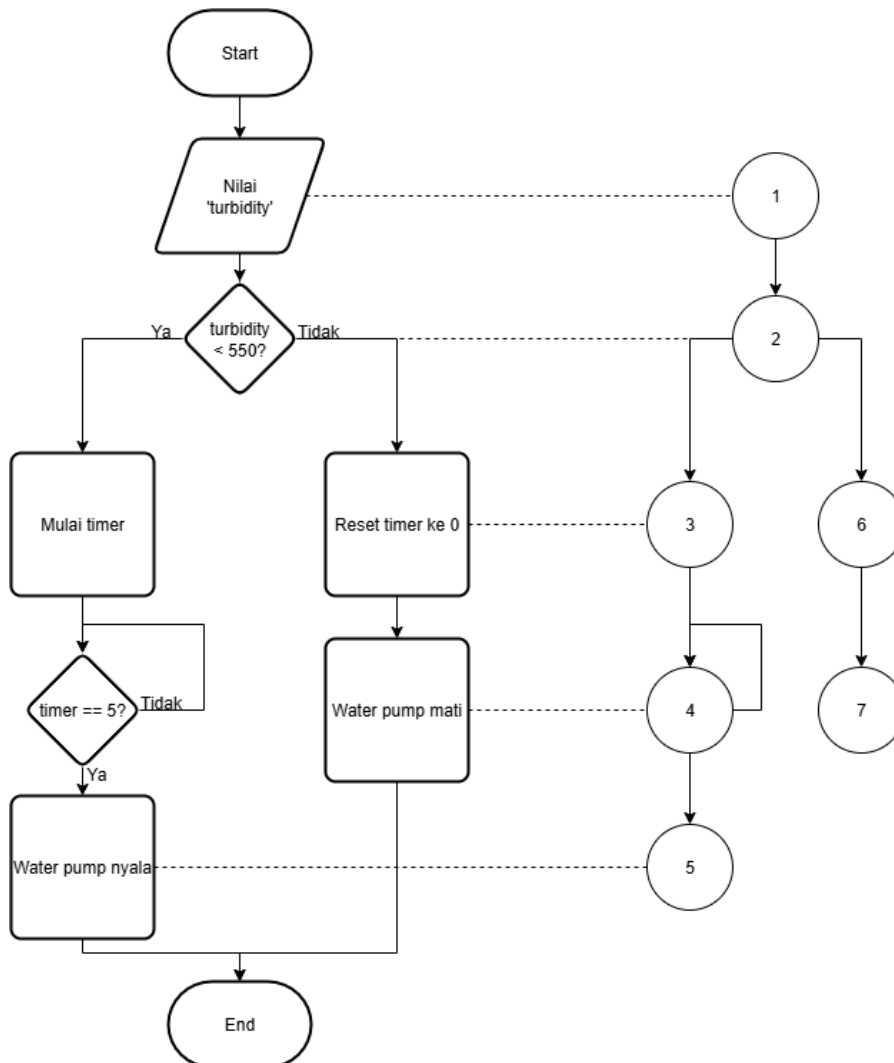
Pada saat kondisi jarak air  $\leq$  8cm dari Ultrasonic Sensor, Solenoid Valve akan ditutup menggunakan Relay untuk mencegah air mengalir ke dalam kolam ikan lele lebih lanjut.



Gambar 17. Pengujian Sistem Pembuangan Air

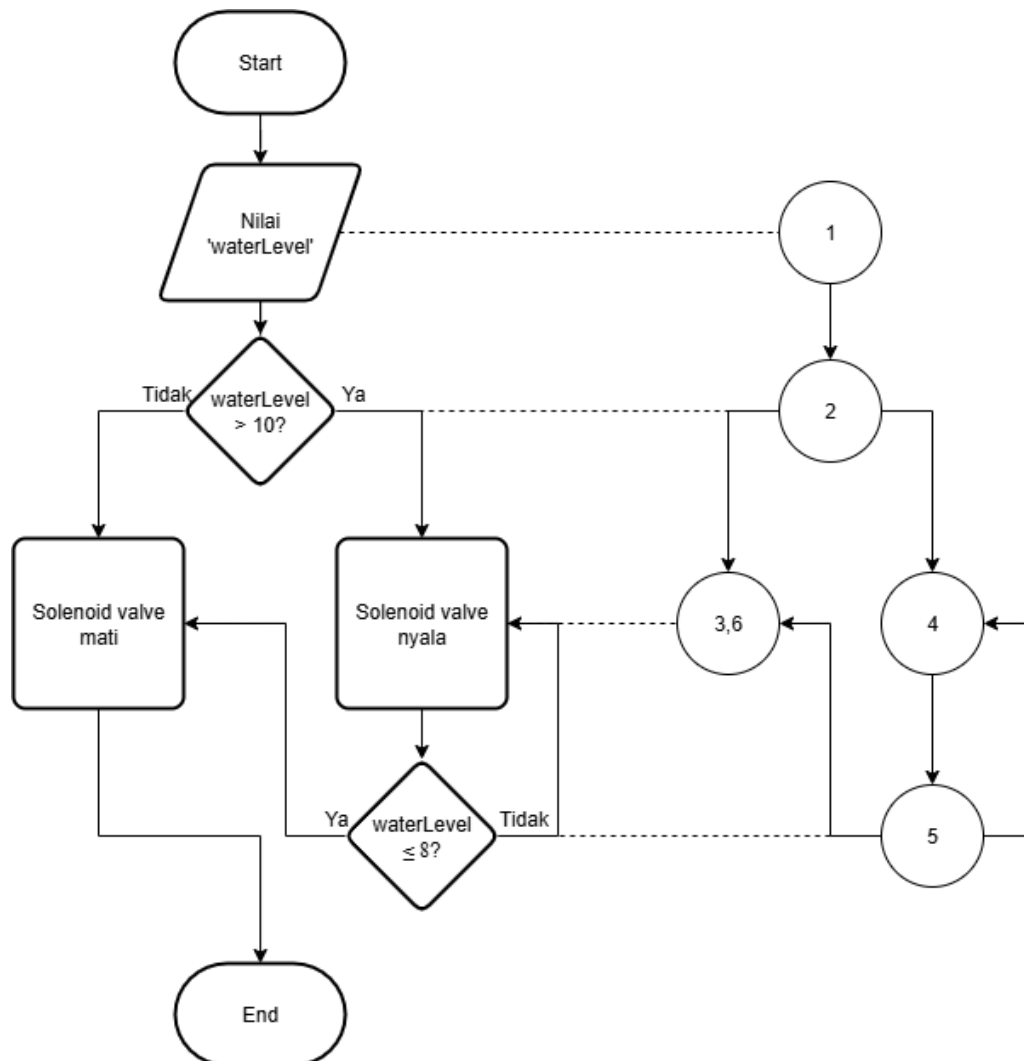
Pada kondisi ini air yang ada di dalam kolam ikan lele dikeruhkan menggunakan arang yang telah dihaluskan dan dicampurkan dengan air untuk menguji Turbidity Sensor dan Water Pump, ketika nilai Analog Raw < 550, maka Water Pump diaktifkan menggunakan Relay untuk mengeluarkan kotoran yang ada di dalam kolam ikan lele, Water Pump akan dimatikan kembali ketika nilai Analog Raw > 550.

### 3.3. Pengujian



Gambar 18. Whitebox Sistem Pembuangan Air

Hasil perhitungan rumus dari pengujian whitebox adalah  $CC=V(g)=P+1=2+1=3$ , yang menunjukkan bahwa sistem harus diuji dengan minimal 3 test case yang berbeda, dan menunjukkan juga bahwa sistem pembuangan air bekerja seperti yang diharapkan.



Gambar 19. Whitebox Sistem Penambahan Air

Hasil perhitungan rumus dari pengujian whitebox adalah  $CC=V(g)=P+1=2+1=3$ , yang menunjukkan bahwa sistem harus diuji dengan minimal 3 test case yang berbeda, dan menunjukkan juga bahwa sistem penambahan air bekerja seperti yang diharapkan

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh setelah menyelesaikan penelitian ini adalah bahwa Sensor Kekeruhan terbukti efektif dalam mendeteksi tingkat kejernihan air pada kolam lele alternatif yang menggunakan galon sebagai wadahnya. Selain itu, Sensor Ultrasonik juga terbukti efektif dalam mendeteksi level air pada kolam yang sama. Kemudian, Solenoid Valve terbukti mampu berfungsi dengan baik sebagai pengontrol aliran air, baik yang jernih maupun yang tidak jernih, sehingga mendukung otomatisasi sistem pengelolaan air pada kolam lele. Saran yang diberikan kepada pembaca dan peneliti selanjutnya adalah agar sistem yang dikembangkan ke depannya dapat dilengkapi dengan regulator manual untuk menentukan ambang batas kejernihan air, sehingga Solenoid Valve dapat terbuka secara otomatis untuk membuang endapan kotor tanpa harus mengubah pengaturan melalui kode program. Selain itu, disarankan juga untuk menambahkan regulator manual pada ambang batas level air, baik minimum maupun maksimum, agar dapat mengatur buka tutup aliran air bersih secara fleksibel tanpa memerlukan modifikasi kode. Terakhir, disarankan agar rangkaian alat ditata lebih rapi dan efisien, sehingga tampilan alat menjadi lebih bersih

dan dapat membantu mengurangi biaya.

## Referensi

1. A. F. Adriansyah, N. Widyasari, A. U. P. Santi, and S. Istiqomah, "Budidaya Lele Rumahan sebagai Usaha Sampingan untuk Meningkatkan Kesejahteraan Rumah Tangga di Dusun Aik Rayak Timur I," in *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ*, vol. 1, no. 1, Dec. 2020.
2. M. Cholilulloh, D. Syauby, and T. Tibyani, "Implementasi metode fuzzy pada kualitas air kolam bibit lele berdasarkan suhu dan kekeruhan," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 5, pp. 1813–1822, 2018.
3. I. N. Fauziyah, H. Harliana, and M. B. Gigih, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Sensor MQ-6 Berbasis Arduino," *Jurnal Ilmiah Intech: Information Technology Journal of UMUS*, vol. 2, no. 1, pp. 41–50, 2020.
4. P. Sokibi and R. A. Nugraha, "Perancangan Prototype Sistem Peringatan Indikasi Kebakaran di Dapur Rumah Tangga Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Digit: Digital of Information Technology*, vol. 10, no. 1, pp. 11–22, 2020.
5. S. Nuraisah dan D. Setiyadi, "Rancang Bangun Sistem Pemberian Ikan Lele dan Pergantian Air Kolam Secara Otomatis Menggunakan Mikrokontroler," *Jurnal Gerbang STMIK Bani Saleh*, vol. 11, no. 2, 2021.
6. A. E. Widodo and S. Suleman, "Otomatisasi Pemilahan Sampah Berbasis Arduino Uno," *Indonesian Journal on Software Engineering (IJSE)*, vol. 6, no. 1, pp. 12–18, 2020.
7. R. D. Valentin, B. Diwangkara, J. Jupriyadi, S. D. Riskiono, and E. Gusbriana, "Alat Uji Kadar Air Pada Buah Kakao Kering Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer*, vol. 1, no. 1, pp. 28–33, 2020.
8. D. Wahyuni and D. Winarso, "Penerapan Metode Rule Based Reasoning Dalam Sistem Pakar Deteksi Dini Gangguan Kesehatan Mental Pada Mahasiswa," *Journal of Software Engineering and Information System (SEIS)*, pp. 1–10, 2022.
9. H. Nugroho and A. Yoraeni, "Rule Based Expert System untuk Program Latihan Fitness," *JIKA (Jurnal Informatika)*, vol. 6, no. 2, pp. 119–126, 2022.
10. N. S. R. Suyanto, *Budidaya Ikan Lele*, ed. revisi. Jakarta: Niaga Swadaya, 2004.
11. H. N. Faisal, "Studi kelayakan usaha budidaya ikan lele dengan sistem kolam terpal," *Agribios*, vol. 20, no. 2, pp. 219–226, 2022.
12. R. N. Hidayat, "Perancangan Sistem Deteksi Kekeruhan Air Pada Akuarium Ikan Arwana Berbasis IoT," *KONSTELASI: Konvergensi Teknologi dan Sistem Informasi*, vol. 1, no. 2, pp. 391–401, 2021.
13. M. F. A. Abdullah, *Pemetaan Kualitas Air Tanah di Kecamatan Kotagede dan Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta dengan Parameter Temperatur, pH, Kekeruhan, Nitrat & TDS*, Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia, 2023.
14. M. R. Rasyid and M. F. Rustan, "The Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Pembudidayaan Ikan Air Tawar Menggunakan ESP 32 dan ESP 8266," *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2023.
15. Y. Y. MZ and H. Indrianta, "Penerapan sistem pakar untuk identifikasi anak berkebutuhan khusus menggunakan metode rule based system," *Informasi Interaktif*, vol. 7, no. 1, pp. 8–15, 2022.
16. F. Djuandi, *Pengenalan Arduino*, E-book, [www.tobuku.com](http://www.tobuku.com), 2011.
17. R. Muhamad, A. Rukmana, and H. Susilawati, "Implementasi Sistem Portable Kehadiran Mahasiswa Menggunakan NodeMCU Dan Sensor Fingerprint Berbasis IoT," *Fuse-Teknik Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 82–91, 2021.
18. Narin Laboratory, "Jumper Dupont Cable," [Online]. Available: <https://narin.co.id/etalase/kabel/kabel-dupont-jumper-wire.html>. [Accessed: Mar. 10, 2025].
19. Cipta Hidropower, "Solenoid Valve," [Online]. Available: <https://www.ciptahidropower.com/solenoid-valve/>. [Accessed: Dec. 26, 2024].
20. Arita Indonesia, "Water Pump: Pengertian, Fungsi, Jenis, Kelebihan & Aplikasi," [arita.co.id](http://arita.co.id), [Online]. Available: <https://www.arita.co.id/water-pump-pengertian-fungsi-jenis-kelebihan-aplikasi>. [Accessed: Jul. 13, 2025].
21. T. N. Arifin, G. F. Pratiwi, and A. Janrafasih, "Sensor Ultrasonik sebagai Sensor Jarak," *Jurnal Tera*, vol. 2, no. 2, pp. 55–62, 2022.
22. Alat Uji, "Pengertian Turbidity Sensor," [Online]. Available: <https://alatuji.co.id/pengertian-turbidity-sensor-dan-cara-kerjanya/>. [Accessed: Dec. 26, 2024].
23. Polsri Repository, "Apa Itu Adaptor," [Online]. Available: <http://eprints.polsri.ac.id/4537/3/File%20III.pdf>. [Accessed: Mar. 10, 2025].
24. Berita Terkini, "Pengertian Breadboard Beserta Fungsi dan Prinsip Kerjanya," [Online]. Available: <https://kumparan.com/berita-terkini/pengertian-breadboard-beserta-fungsi-dan-prinsip-kerjanya-21R5nC9Sa1/full>. [Accessed: Mar. 30, 2025].
25. Ajifahreza, "Pengertian Relay dan Fungsinya," [Online]. Available: <https://www.ajifahreza.com/2019/01/apa-itu-relay-pengertiannya.html>. [Accessed: Mar. 30, 2025].
26. Berita Hari Ini, "Pengertian, Jenis-jenis, dan Cara Kerja Relay sebagai Komponen Elektronika," [Online]. Available: <https://kumparan.com/berita-hari-ini/pengertian-jenis-jenis-dan-cara-kerja-relay-sebagai-komponen-elektronika-1wiZc8VT1E7>. [Accessed: May. 09, 2025].
27. KWOCO, "Relay: Panduan Jenis dan Aplikasi," [Online]. Available: <https://kwoco-plc.com/id/electrical-relay/#:~:text=Lebih%20rendah-.4.%20Apa%20saja%20jenis%20Relai?,selama%20waktu%20yang%20ditentukan%20sebelumnya>. [Accessed: May. 12, 2025].