

Sistem IoT untuk Monitoring Air dan Otomatisasi Pakan pada Budidaya Ikan Sistem Bioflok

Tugas Akhir

diajukan untuk memenuhi salah satu syarat

memperoleh gelar sarjana

dari Program Studi Teknologi Informasi (Kampus Kota Surabaya)

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

1202200014

Yuvens Anggito



**Program Studi Sarjana Teknologi Informasi (Kampus Kota
Surabaya)**

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

Surabaya

2024

LEMBAR PENGESAHAN

Sistem IoT untuk Monitoring Air dan Otomatisasi Pakan pada Budidaya Ikan Sistem Bioflok

IoT System for Water Monitoring and Feed Automation in Biofloc System Fish Farming

NIM : 1202200014

Yuvens Anggito

Tugas akhir ini telah diterima dan disahkan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar pada Program Studi Sarjana Teknologi Informasi (Kampus Kota Surabaya)

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

Surabaya, 21 Juni 2024

Menyetujui

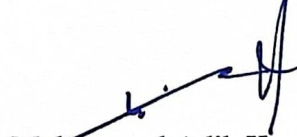
Pembimbing I,



Dr. Helmy Widyantara, S.Kom., M.Eng.

19790001

Pembimbing II,



Muhammad Adib Kamali, S.T,

M.Eng.

22970007

Ketua Program Studi
Sarjana Teknologi Informasi



Bernadus Anggo Seno Aji, S.Kom., M.Kom.

NIP: 23929009



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya, Yuvens Anggito, menyatakan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul Sistem IoT untuk Monitoring Air dan Otomatisasi Pakan pada Budidaya Ikan Sistem Bioflok beserta dengan seluruh isinya adalah merupakan hasil karya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Saya siap menanggung resiko/sanksi yang diberikan jika di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam buku TA atau jika ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya,

Surabaya, 17 Mei 2024

Yang Menyatakan



Yuvens Anggito

Sistem IoT untuk Monitoring Air dan Otomatisasi Pakan pada Budidaya Ikan Sistem Bioflok

Yuvens Anggito¹, Dr. Helmy Widyantara, S.Kom., M.Eng.², Muhammad Adib Kamali, S.T, M.Eng.³

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

¹yuvens@students.telkomuniversity.ac.id, ²HelmyWidyantara@telkomuniversity.ac.id,

³adibmkamali@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Sistem bioflok populer di Indonesia karena efisiensi pakan dan peningkatan produktivitas budidaya ikan. Namun, dalam melakukan budidaya pada bioflok, pemantauan langsung masih diperlukan, namun sering kali kurang dilakukan dengan baik oleh beberapa pembudidaya. Penelitian ini menggunakan teknologi IoT untuk memantau kualitas air dalam budidaya ikan nila dengan sistem bioflok, dengan perangkat IoT dengan protokol MQTT yang memantau parameter kualitas air, mengatur pengurasan kolam dan memberikan pakan secara otomatis. Metode Fuzzy Logic digunakan untuk mengoptimalkan kualitas air dengan pengurasan kolam dan pemberian pakan secara adaptif. Perangkat IoT terhubung ke layanan cloud Firebase untuk menyimpan data monitoring. Dengan pendekatan ini, sistem dapat meningkatkan efisiensi budidaya ikan dalam sistem bioflok dengan memastikan kondisi air yang optimal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem IoT yang dikembangkan mampu menjaga kualitas air pada kondisi optimal, dengan pH berkisar antara 6,31 hingga 6,92 dan turbidity antara 417 hingga 628 NTU. Selain itu, sistem otomatisasi pemberian pakan berhasil menyesuaikan sudut servo pakan antara 101 hingga 116 derajat dan durasi operasi pompa antara 145 hingga 351 detik, sesuai dengan kondisi kejernihan kolam.

Kata kunci : bioflok, IoT, fuzzy

Abstract

The biofloc system is popular in Indonesia because of its feed efficiency and increased productivity of fish farming. However, in cultivating biofloc, direct monitoring is still needed, but it is often not done well by some cultivators. This research uses IoT technology to monitor water quality in tilapia cultivation with a biofloc system, with an IoT device with the MQTT protocol that monitors water quality parameters, regulates pond draining and provides feed automatically. The Fuzzy Logic method is used to optimize water quality by draining the pond and feeding it adaptively. IoT devices connect to the Firebase cloud service to store monitoring data. With this approach, the system can increase the efficiency of fish cultivation in a biofloc system by ensuring optimal water conditions. Test results show that the developed IoT system is able to maintain water quality at optimal conditions, with a pH ranging from 6.31 to 6.92 and turbidity between 417 and 628 NTU. In addition, the feeding automation system managed to adjust the feed servo angle between 101 and 116 degrees and the pump operation duration between 145 and 351 seconds, according to the pond clarity conditions.

Keywords: biofloc, IoT, fuzzy

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Teknologi bioflok menggunakan bakteri heterotrof untuk mengubah nitrogen anorganik menjadi sumber makanan bagi organisme budidaya. [1].

Sistem bioflok menjadi metode budidaya ikan yang populer di Indonesia. Karena metode ini mampu memaksimalkan penggunaan pakan dan meningkatkan produktivitas [2]. Penelitian ini difokuskan pada penerapan teknologi IoT untuk memantau kualitas air pada kolam ikan nila menggunakan sistem bioflok dengan tujuan mengatasi kendala pemantauan manual yang memakan waktu dan kurang efisien.

Masalah yang terjadi dalam bidang spesifik penelitian ini adalah kesulitan dalam melakukan pemantauan dan pengendalian yang efisien terhadap parameter kualitas air, seperti kadar nitrat, pH, dan jumlah bioflok [3]. Ketidakstabilan pH, Nitrit dapat mengakibatkan gangguan pada kesehatan dan pertumbuhan ikan, serta berpotensi mengurangi produktivitas budidaya ikan secara keseluruhan.

Kurangnya otomatisasi dalam memantau dan mengendalikan kualitas air pada sistem budidaya ikan tradisional menyebabkan risiko peningkatan kadar nitrat, ketidakseimbangan pH, dan pertumbuhan bioflok yang tidak terkontrol, menjadi penyebab utama masalah yang dihadapi[4]. Masalah ini ditandai oleh fluktuasi parameter kualitas air yang sulit dideteksi secara manual dan dapat terjadi dengan cepat. Kadar nitrat yang tinggi dan pH air

yang tidak netral dapat berdampak negatif pada kesehatan ikan, sementara kualitas air yang buruk dapat menyebabkan stres, pertumbuhan terhambat, kerentanan terhadap penyakit, dan bahkan kematian ikan [5]. Dampak dari masalah ini tidak terbatas pada sistem budidaya ikan saja, tetapi juga dapat mempengaruhi industri budidaya ikan secara keseluruhan. Kelalaian dalam menjaga kualitas air dapat menyebabkan penurunan produktivitas, meningkatkan risiko penyakit, dan berdampak negatif pada keuangan para pembudidaya ikan. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang mengintegrasikan pemantauan otomatis dan kontrol parameter kualitas air untuk mengatasi masalah tersebut.

Salah satu solusi yang mungkin adalah menggunakan teknologi IoT untuk memantau kualitas air dalam sistem bioflok secara otomatis. Dengan memanfaatkan sensor dan perangkat IoT, data kualitas air dapat dipantau secara real-time dan pengendalian dapat dilakukan dengan lebih efisien.

Solusi dalam penelitian ini adalah mengembangkan sistem monitoring berbasis IoT dengan teknologi terbaru dan metode Fuzzy Logic untuk mengoptimalkan kualitas air dalam sistem bioflok. Sistem ini dirancang untuk memberikan pengendalian adaptif terhadap parameter kualitas air seperti kadar nitrat, pH. Metode Fuzzy Logic digunakan untuk membuat keputusan adaptif dalam pengurusan kolam dan pemberian pakan ikan secara otomatis, berdasarkan kondisi aktual yang diukur. Dengan menggabungkan teknologi IoT dan metode Fuzzy Logic, diharapkan sistem yang dikembangkan dapat secara efektif mengoptimalkan kondisi air dalam sistem bioflok untuk mendukung pertumbuhan ikan yang sehat dan meningkatkan keberhasilan produksi ikan secara keseluruhan.

Solusi yang diusulkan melibatkan penggunaan mikrokontroler esp32 sebagai pusat pengendalian, dilengkapi dengan sensor pH, suhu, turbidity, dan TDS untuk memantau parameter kualitas air. Metode Fuzzy Logic digunakan untuk membuat keputusan adaptif dalam pengurusan kolam, dan pemberian pakan ikan secara otomatis. Solusi ini penting untuk meningkatkan efisiensi dan keberhasilan produksi ikan dalam sistem bioflok, dengan memanfaatkan teknologi IoT dan metode Fuzzy Logic untuk memantau dan mengendalikan kualitas air secara akurat dan efisien. Diharapkan solusi ini memberikan manfaat nyata bagi pembudidaya ikan dalam meningkatkan keberhasilan produksi dan mengurangi risiko kerugian finansial akibat kualitas air yang buruk. Keunggulan solusi ini adalah kemampuannya dalam memantau dan mengendalikan parameter kualitas air secara real-time dengan tingkat akurasi yang tinggi, serta adaptabilitasnya terhadap kondisi aktual yang diukur melalui metode Fuzzy Logic, sehingga meningkatkan performa produksi ikan dan mengurangi risiko gangguan kesehatan ikan.

Topik dan Batasannya

Penelitian ini berfokus pada budidaya ikan menggunakan sistem bioflok sebagai objek penelitian. Pengembangan perangkat berbasis IoT dilakukan untuk memantau parameter kualitas air, pengurusan kolam, dan memberikan pakan ikan secara otomatis. Penerapan metode Fuzzy Logic dalam sistem monitoring berbasis IoT bertujuan untuk mengoptimalkan kualitas air dalam sistem bioflok.

Tujuan

Penelitian ini membangun dan mengembangkan sistem monitoring berbasis IoT menggunakan metode Fuzzy Logic untuk memantau dan mengendalikan kualitas air dalam sistem bioflok. Sistem ini dioptimalkan untuk mengontrol variabel-variabel seperti kadar nitrat, pH, dan jumlah bioflok secara adaptif berdasarkan kondisi aktual yang diukur. Selain itu, metode logika fuzzy diimplementasikan dalam pengurusan kolam, dan pemberian pakan ikan secara otomatis berdasarkan kondisi air yang terukur.

Organisasi Tulisan

Penelitian ini dibuat dan disusun dengan organisasi tulisan sebagai berikut:

- **Pendahuluan.** Bagian ini menjelaskan mengenai apa yang mendasari penelitian ini, tujuan dari penelitian ini, serta apa penelitian ini.
- **Studi Terkait.** Bagian ini menjelaskan mengenai bagaimana penelitian ini dibuat dari beberapa referensi yang dijadikan sebagai pengembang dari penelitian ini.
- **Sistem yang Dibangun.** Bagian ini menjelaskan mengenai bagaimana sistem yang nantinya akan dibangun dan diimplementasikan pada penelitian ini.
- **Evaluasi.** Bagian ini menjelaskan mengenai bagaimana hasil dari penelitian ini dan proses analisa dari hasil yang diperoleh.
- **Kesimpulan.** Bagian ini menjelaskan mengenai apa yang dapat disimpulkan dari penelitian ini.

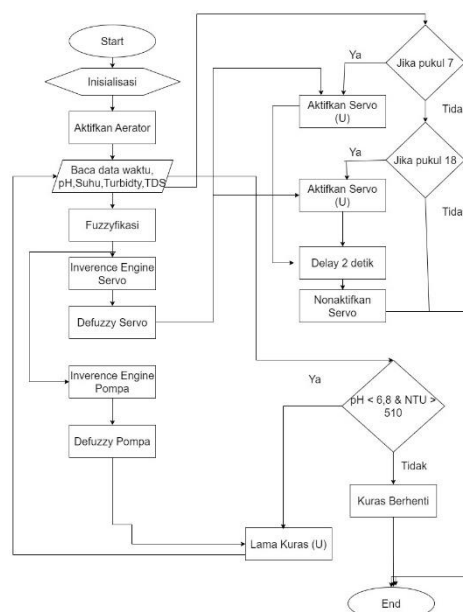
2. Studi Terkait

Penelitian[6] mengembangkan alat sirkulasi air otomatis untuk budidaya ikan menggunakan teknologi bioflok dan sensor kekeruhan, namun ketergantungan pada sensor ini bisa menjadi kelemahan karena akurasi dapat terpengaruh oleh faktor lingkungan. Sebaliknya, penelitian[7] menciptakan sistem pemantauan dan pengendalian real-time berbasis IoT untuk tambak ikan bioflok, meskipun tidak menggunakan logika fuzzy untuk menangani kompleksitas data dan kondisi lingkungan. Penelitian[8] memfokuskan pada sistem monitoring dan kontrol kualitas air dengan sensor suhu, pH, dan nutrisi air, namun tanpa pemberian pakan otomatis dan mengalami delay dalam pengiriman data. Penelitian[9] mengeksplorasi teknologi otomasi dan IoT dalam meningkatkan produktivitas budidaya ikan bioflok, meskipun kurang adaptif karena tidak menggunakan sensor dissolved oxygen dan metode fuzzy. Sementara itu, penelitian[10] menyoroti penggunaan metode fuzzy Mamdani untuk mengontrol kekeruhan air dalam budidaya ikan, namun hanya fokus pada monitoring dan belum dilengkapi sensor level air.

3. Sistem yang Dibangun

Perancangan Sistem Monitoring

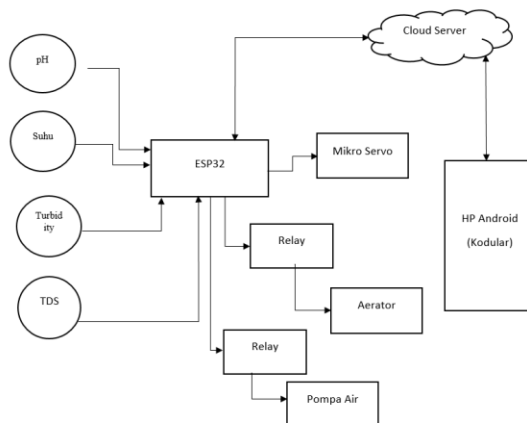
Perancangan Sistem Monitoring dan Otomatisasi Pemberian Pakan pada Budidaya Ikan Bioflok melibatkan langkah-langkah perangkat lunak yang terstruktur. Inisialisasi dimulai dengan menyiapkan library, mengatur pin-pin sensor, dan variabel-variabel yang diperlukan. Aerator dinyalakan terus-menerus untuk menjaga ketersediaan oksigen bagi mikroorganisme dalam sistem bioflok. Sensor membaca nilai-nilai pH, suhu, kekeruhan, dan kadar terlarut air, kemudian variabel input diubah menjadi variabel linguistik melalui fuzzyfikasi. Inference engine menggunakan aturan fuzzy untuk menghubungkan input dengan output. Hasil inferensi dikonversi kembali menjadi nilai numerik. Sistem melakukan pengecekan waktu untuk mengatur pemberian pakan. Jika kondisi air tidak memenuhi standar, pompa akan diaktifkan untuk menguras kolam. Diharapkan sistem ini dapat meningkatkan efisiensi pakan dan produktivitas budidaya ikan bioflok secara otomatis.



Gambar 1. Diagram Perangkat Lunak

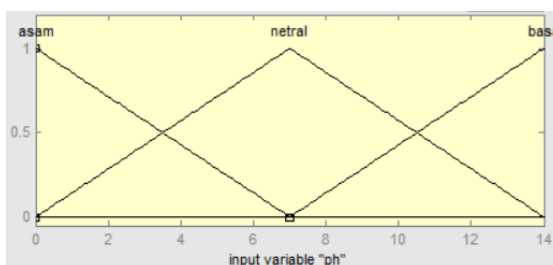
Perancangan Hardware Monitoring

Dalam penelitian ini, digunakan mikrokontroler ESP32. Pengukuran parameter kualitas air dilakukan dengan sensor pH dari DFRobot, sensor suhu DS18B20, sensor turbidity, dan sensor TDS. Komponen tambahan yang digunakan meliputi power supply untuk meningkatkan tegangan, mikro servo P90 sebagai aktuator untuk pemberian pakan otomatis, relay untuk pengendalian listrik, aerator untuk menambah oksigen, dan pompa air untuk menguras kolam. Untuk pengkodean, digunakan IDE Arduino, sementara aplikasi dibuat dengan Kodular karena kemudahannya dalam fitur drag and drop. Firebase dipilih sebagai cloud database karena tampilannya yang ramah pengguna. Protokol MQTT digunakan untuk publish dan subscribe data ke database, dipilih karena kemampuan mengirimkan data berukuran lebih besar dibandingkan HTTP.



Gambar 2. Diagram Perangkat Keras

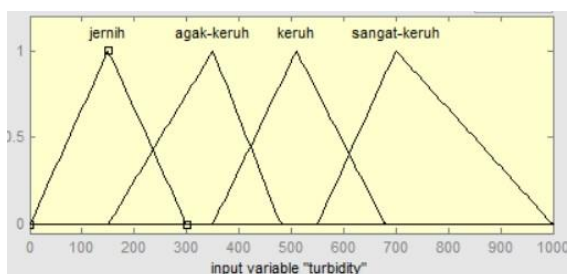
Fuzzyfikasi pH



Gambar 3. Grafik Membership Segitiga Fuzzy pH

Gambar tersebut menunjukkan skala pH yang menggambarkan tingkat keasaman dan kebasaan larutan, dengan nilai dari 0 hingga 14. Skala ini penting untuk memahami sifat kimia dan reaktivitas zat. Rentang membership segitiga pH 0 hingga 7 menunjukkan sifat asam, batas membership pH Netral dari 0, 7 dan 14, lalu pH 7 hingga 14 menandakan larutan basa.

Fuzzyfikasi Turbidity



Gambar 4. Grafik Membership Segitiga Fuzzy Turbidity

Grafik tersebut menampilkan tingkat kekeruhan air dari rentang 0 hingga 1000, rentang 0 hingga 300 menunjukkan membership segitiga jernih, rentang 150 hingga 480 menunjukkan membership segitiga agak keruh, rentang 350 hingga 680 menunjukkan membership segitiga keruh, rentang 550 hingga 1000 menunjukkan membership segitiga sangat keruh.

RuleBase

Tahap selanjutnya setelah melakukan pengujian pada sensor-sensor dilakukan fuzzyfikasi. Fungsi keangotaan fuzzy dibentuk menggunakan fungsi keanggotaan segitiga. Fungsi keanggotaan dibuat untuk menentukan buka tutup servo dan juga pengurasan kolam, fungsi bisa dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Pembuatan Rulebase Servo

	Jernih	Keruh	Agak Keruh	Sangat Keruh
--	--------	-------	------------	--------------

Asam	Buka Sedikit	Tutup Penuh	Tutup Penuh	Tutup Penuh
Netral	Buka Penuh	Buka Separuh	Buka Separuh	Buka Sedikit
Basa	Buka Penuh	Buka Penuh	Buka Separuh	Buka Sedikit

Tabel 2. Pembuatan Rulebase Pompa

	Jernih	Keruh	Agak Keruh	Sangat Keruh
Asam	Tidak Kuras	Tidak Kuras	Kuras Lama	Kuras Lama
Netral	Tidak Kuras	Tidak Kuras	Kuras Sedikit	Kuras Sedikit
Basa	Tidak Kuras	Tidak Kuras	Tidak Kuras	Tidak Kuras

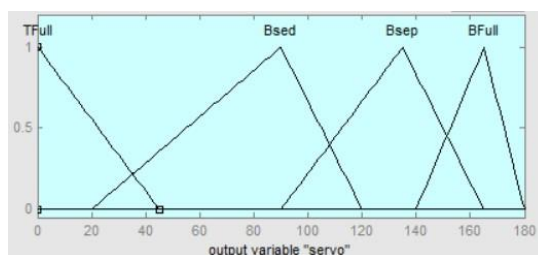
Inference Engine

Inference Engine dibuat dengan penetapan rulebase berdasarkan parameter variable dari sensor ph dan turbidity. Penggunaan dan penetapan rulebase pada inference engine fuzzy maxmin pada servo ditetapkan 4 parameter yaitu Tfull(tutup full), Bsed(buka sedikit), Bsep(buka separuh), Bfull(buka full), dan pada pompa ditetapkan rulebase Tkuras(tidak kuras), Ksedikit(kuras sedikit), Klama(kuras lama).

Tabel 3. Inference Engine Servo dan Pompa

<p>Servo</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. BSedikit=Max(Bsed,Min(μAsam,μJernih)) 2. BFull=Max(Bfull,Min(μNetral,μJernih)) 3. BFull=Max(Bfull,Min(μBasa,μJernih)) 4. TFull=Max(Tfull,Min(μAsam,μAgak Keruh)) 5. BSeparuh=Max(Bsep,Min(μNetral,μAgak Keruh)) 6. BFull=Max(Bfull,Min(μBasa,μAgak Keruh)) 7. TFull=Max(Tfull,Min(μAsam,μKeruh)) 8. BSeparuh=Max(Bsep,Min(μNetral,μKeruh)) 9. BSeparuh=Max(Bsep,Min(μBasa,μKeruh)) 10. TFull=Max(Tfull,Min(μAsam,μSangat Keruh)) 11. BSedikit=Max(Bsed,Min(μNetral,μSangat Keruh)) 12. BSedikit=Max(Bsed,Min(μBasa,μSangat Keruh))
<p>Pompa</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. TKuras=Max(TKuras,Min(μAsam,μJernih)) 2. TKuras=Max(TKuras,Min(μNetral,μJernih)) 3. TKuras=Max(TKuras,Min(μBasa,μJernih)) 4. TKuras=Max(TKuras,Min(μAsam,μAgak Keruh)) 5. TKuras=Max(TKuras,Min(μNetral,μAgak Keruh)) 6. TKuras=Max(TKuras,Min(μBasa,μAgak Keruh)) 7. KLama=Max(KLama,Min(μAsam,μKeruh)) 8. KSedikit=Max(KSedikit,Min(μNetral,μKeruh)) 9. TKuras=Max(TKuras,Min(μBasa,μKeruh)) 10. KLama=Max(KLama,Min(μAsam,μSangat Keruh)) 11. KSedikit=Max(KSedikit,Min(μNetral,μSangat Keruh)) 12. TKuras=Max(TKuras,Min(μBasa,μSangat Keruh))

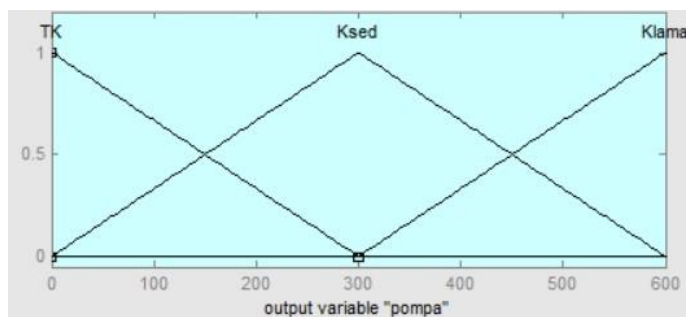
Defuzzifikasi



Gambar 5. Grafik Defuzzy servo

Berdasarkan gambar grafik defuzzy servo, membership defuzzy servo dibuat dengan mapping pada membership TFull(tutup full) berupa 0 hingga 45 derajat, membership Bsed(buka sedikit) berupa 20 hingga 120 derajat,

membership Bsep(buka separuh) berupa 90 hingga 165 derajat, dan membership Bfull(buka full) berupa 140 hingga 180 derajat.



Gambar 6. Grafik Defuzzy pompa

Berdasarkan gambar grafik defuzzy pompa, membership defuzzy pompa dibuat dengan mapping pada TK(tidak kuras) berupa 0 sampai 300 detik, Ksed(kuras sedikit) berupa 0 sampai 600 detik, dan Klama(kuras lama) berupa 300 sampai 600 detik.

4. Evaluasi

4.1 Hasil Pengujian

Pengujian Fuzzyfikasi pH

Tabel 4 mencatat hasil pengujian fuzzyfikasi untuk nilai pH. Pengujian dilakukan sebanyak 8 kali, di mana data 1-4 diambil saat kondisi kolam jernih dan data 5-8 sisanya saat kolam keruh. Dari hasil pengujian tersebut, nilai pH dari kolam jernih memiliki ph dengan nilai 6,88 sampai 6,92 dan pada saat kolam keruh ph memiliki nilai 6,31 sampai 6,48. dengan nilai μ_{Asam} berkisar antara 0,01 hingga 0,1, μ_{Netral} berkisar antara 0,9 hingga 0,98 dan μ_{Basa} berkisar antara 0 hingga 0,54.

Tabel 4. Pengujian Fuzzyfikasi pH

Data ke-	Tanggal Data	Data diambil Jam-	pH	μ_{Asam}	μ_{Netral}	μ_{Basa}
1	09/06/2024	08:02:00	6,88	0,02	0,98	0
2	09/06/2024	09:00:00	6,87	0,02	0,98	0,51
3	09/06/2024	10:00:00	6,88	0,02	0,98	0,51
4	09/06/2024	11:01:20	6,92	0,01	0,99	0,52
5	10/06/2024	10:11:18	6,48	0,07	0,93	0,54
6	10/06/2024	11:00:43	6,42	0,08	0,92	0,54
7	10/06/2024	13:03:58	6,39	0,09	0,91	0,40
8	10/06/2024	14:15:08	6,31	0,1	0,9	0,42

Pengujian Fuzzyfikasi Turbidity

Tabel 5 mencatat hasil fuzzyfikasi nilai turbidity. Data 1-4 (kolam jernih) menunjukkan turbidity 417-628, dengan $\mu_{AgakKeruh}$ 0,2-0,48, μ_{Keruh} 0,31-0,65, dan $\mu_{SangatKeruh}$ 0,48-0,52. Data 5-8 (kolam keruh) menunjukkan turbidity 618-622, dengan μ_{Keruh} 0,34-0,36 dan $\mu_{SangatKeruh}$ 0,45-0,48.

Tabel 5. Pengujian Fuzzyfikasi Turbidity

Data ke-	Tanggal Data	Data diambil Jam-	Turbidity(NTU)	μ_{Jernih}	$\mu_{AgakKeruh}$	μ_{Keruh}	$\mu_{SangatKeruh}$
1	09/06/2024	08:02:00	628	0	0	0,31	0,52
2	09/06/2024	09:00:00	622	0	0	0,34	0,48
3	09/06/2024	10:00:00	454	0	0,2	0,65	0
4	09/06/2024	11:01:20	417	0	0,48	0,42	0
5	10/06/2024	10:11:18	621	0	0	0,35	0,47
6	10/06/2024	11:00:43	618	0	0	0,36	0,45

7	10/06/2024	13:03:58	620	0	0	0,35	0,47
8	10/06/2024	14:15:08	622	0	0	0,34	0,48

Pengujian Inference Engine Servo

Tabel 6 mencatat hasil pengujian inference engine servo. Saat kolam jernih (4 kali uji), nilai tutup full 0,01-0,02, buka sedikit 0-0,48, dan buka separuh 0,34-0,65. Saat kolam keruh (4 kali uji), nilai tutup full 0,07-0,10, buka sedikit 0,45-0,48, dan buka separuh 0,34-0,36.

Tabel 6. Pengujian Inference Engine Servo

Data ke-	Tanggal Data	Data diambil Jam-	pH	NTU	Tutup Full	Buka Sedikit	Buka separuh	Buka Full
1	09/06/2024	08:02:00	6,88	628	0,02	0,31	0,52	0
2	09/06/2024	09:00:00	6,87	622	0,02	0,48	0,34	0
3	09/06/2024	10:00:00	6,88	454	0,02	0	0,65	0
4	09/06/2024	11:01:20	6,92	417	0,01	0	0,48	0
5	10/06/2024	10:11:18	6,48	621	0,07	0,47	0,35	0
6	10/06/2024	11:00:43	6,42	618	0,08	0,45	0,36	0
7	10/06/2024	13:03:58	6,39	620	0,09	0,47	0,35	0
8	10/06/2024	14:15:08	6,31	622	0,10	0,48	0,34	0

Pengujian Inference Engine Pompa

Hasil pengujian inference engine untuk pompa dapat dilihat pada tabel ini, pengambilan data dilakukan selama 8 kali dengan 4 kali pengambilan data pada saat kolam jernih dan 4 kali pengambilan data pada saat kolam keruh.

Tabel 7. Pengujian Inference Engine Pompa

Data ke-	Tanggal Data	Data diambil Jam-	pH	NTU	Tidak Kuras	Kuras Sedikit	Kuras Lama
1	09/06/2024	08:02:00	6,88	628	0	0,52	0,02
2	09/06/2024	09:00:00	6,87	622	0	0,48	0,02
3	09/06/2024	10:00:00	6,88	454	0,20	0,65	0,02
4	09/06/2024	11:01:20	6,92	417	0,48	0,42	0,01
5	10/06/2024	10:11:18	6,48	621	0	0,47	0,07
6	10/06/2024	11:00:43	6,42	618	0	0,45	0,08
7	10/06/2024	13:03:58	6,39	620	0	0,47	0,09
8	10/06/2024	14:15:08	6,31	622	0	0,48	0,10

Pengujian Defuzzifikasi

Sebelum proses pengujian dilakukan pengambilan sampel untuk jumlah pakan berdasarkan pembukaan katup pakan ikan berdasarkan simpangan sudut motor servo selama 2 detik dihasilkan, untuk sudut simpangan 90° menghasilkan pakan sebanyak 4 gram, sudut simpangan 135° sebanyak 21 gram dan 165° sebanyak 67 gram. Hasil pengujian defuzzifikasi dilakukan 8 kali: 4 kali saat kolam jernih dan 4 kali saat kolam keruh. Hasilnya menunjukkan pompa menyala selama 145-311 detik pada kolam jernih dan 341-351 detik pada kolam keruh. Servo untuk pakan terbuka pada 108-116 derajat saat kolam jernih dan 101-104 derajat saat kolam keruh. Pompa kuras melakukan pengurasan pada data ke-5 hingga ke-8 karena pengujian dilakukan saat kolam keruh.

Tabel 8. Pengujian Defuzzifikasi Servo dan Pompa

Data ke-	pH	NTU	Servo (Derajat)	Pompa (Detik)	Jumlah Pakan yang keluar	NTU sesudah kuras	Lama Waktu Kuras
1	6,88	628	108,78	310	10 gram	0	0:00:00
2	6,87	622	108,78	311	9 gram	0	0:00:00
3	6,88	454	116,91	237	17 gram	0	0:00:00
4	6,92	417	116,91	145	17 gram	0	0:00:00
5	6,48	621	103,02	341	8 gram	501	1:43:25
6	6,42	618	104,5	346	8,4 gram	471	3:21:10

7	6,39	620	104,5	347	8,2 gram	500	1:47:20
8	6,31	622	101,23	351	6,8 gram	387	4:04:09

Berdasarkan hasil percobaan diatas, pakan ikan yang diberikan oleh sistem sudah sesuai dengan kondisi air. Hal ini sesuai dengan jumlah pakan habis dimakan oleh ikan dan tidak bersisa. Untuk pengurasan berdasarkan ph dan kekeruhan dihasilkan waktu yang tepat untuk lama pengurasan, hal tersebut dibuktikan adanya penurunan nilai kekeruhan yang sebelumnya diatas 510 menjadi kurang dari 510.

4.2 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan sistem fuzzy logic efektif dalam membedakan kondisi kolam jernih dan keruh. Pada fuzzyfikasi pH, kolam jernih memiliki pH 6,88-6,92 dengan μ Netral dominan, sedangkan kolam keruh memiliki pH 6,31-6,48 dengan peningkatan μ Asam. Fuzzyfikasi turbidity menunjukkan kolam jernih dengan NTU 417-628 dan kolam keruh dengan NTU 618-622, dengan μ Keruh dan μ SangatKeruh lebih tinggi. Inference engine menunjukkan respons yang tepat dengan servo dan pompa beroperasi lebih lama pada air keruh. Defuzzifikasi dan monitoring menunjukkan kualitas air meningkat setelah pengurasan, mengonfirmasi efektivitas sistem dalam menjaga kualitas air dan otomatisasi pemberian pakan.

5. Kesimpulan

Sistem IoT yang dikembangkan untuk monitoring kualitas air dan otomatisasi pemberian pakan pada budidaya ikan sistem bioflok menunjukkan hasil yang efektif dan efisien. Sistem ini berhasil menjaga pH air pada rentang optimal dengan nilai pH berkisar antara 6,31 hingga 6,92, dan turbidity berkisar antara 417 hingga 628 NTU. Pengujian menunjukkan bahwa saat kondisi kolam jernih, sistem secara otomatis menyesuaikan sudut servo pakan antara 108 hingga 116 derajat dan durasi pompa antara 145 hingga 311 detik. Saat kondisi kolam keruh, sudut servo pakan diatur antara 101 hingga 104 derajat dan durasi pompa meningkat hingga 351 detik. Selain itu, sistem juga efektif dalam menurunkan nilai NTU setelah proses pengurasan, yang meningkatkan kualitas air secara keseluruhan. Dengan demikian, sistem ini mampu mendukung efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan budidaya ikan bioflok. Meskipun mendekati performa yang diharapkan, sistem memerlukan penyesuaian untuk hasil yang lebih presisi dan optimal.

Saran

- Sensor Turbidity kurang optimal digunakan untuk melakukan monitoring pada kolam bioflok, sebaiknya sensor DO(Dissolved Oxygen) dikarenakan kolam bioflok menggunakan mikroorganisme yang mengharuskan untuk menghidupkan aerator selama terus menerus
- ESP32 sedikit kurang cocok apabila menggunakan sensor yang banyak serta dilakukan perhitungan fuzzy karena hasil dari fuzzy agak sedikit terlambat

Daftar Pustaka

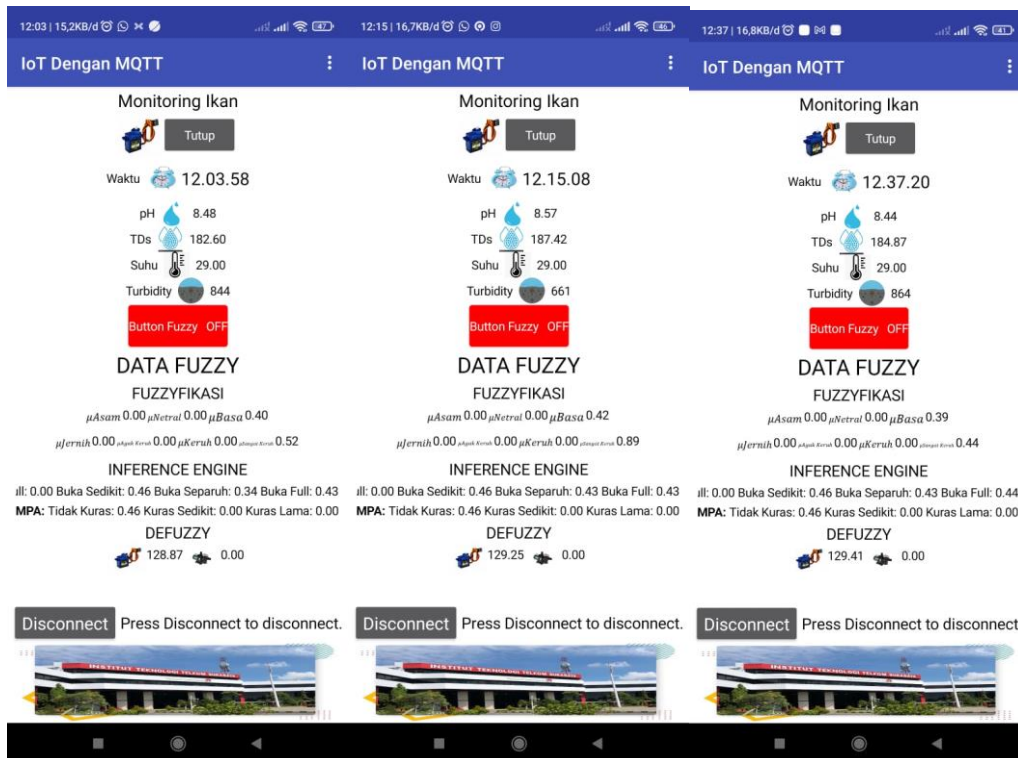
- [1] C. D. Wulandari, S. Sudiro, dan T. Poerwati, “Budidaya Ikan Lele dengan Sistem Bioflok untuk Kawasan Permukiman.” *Abdimas J. Pengabd. Masy. Univ. Merdeka Malang*, vol. 5, no. 3, hlm. 286–293, Nov 2020, doi: 10.26905/abdimas.v5i3.4044.
- [2] F. Faridah, S. Diana, dan Y. Yuniati, “Budidaya Ikan Lele Dengan Metode Bioflok Pada Peternak Ikan Lele Konvensional,” *CARADDE J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 2, hlm. 224–227, Feb 2019, doi: 10.31960/caradde.v1i2.74.
- [3] M. Mahmudi dan M. Musa, “HUBUNGAN pH DENGAN PARAMETER KUALITAS AIR PADA TAMBAK INTENSIF UDANG VANNAMEI (*Litopenaeus vannamei*),” vol. 4, 2020.
- [4] I. G. H. Putrawan, P. Rahardjo, dan I. G. A. P. R. Agung, “Sistem Monitoring Tingkat Kekeruhan Air dan Pemberi Pakan Otomatis pada Kolam Budidaya Ikan Koi Berbasis NodeMCU,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 19, no. 1, hlm. 1, Okt 2019, doi: 10.24843/MITE.2020.v19i01.P01.
- [5] S. Andayani, “ANALISIS KESEHATAN IKAN BERDASARKAN KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA IKAN KOI (*Cyprinus Sp.*) SISTEM RESIRKULASI,” *JFMR-J. Fish. Mar. Res.*, vol. 6, no. 3, Des 2022, doi: 10.21776/ub.jfmr.2022.006.03.4.
- [6] T. Widodo, B. Irawan, A. T. Prastowo, dan A. Surahman, “Sistem Sirkulasi Air Pada Teknik Budidaya Bioflok Menggunakan Mikrokontroler Arduino UNO R3,” *J. Tek. Dan Sist. Komput.*, vol. 1, no. 2, hlm. 34–39, Des 2020, doi: 10.33365/jtikom.v1i2.12.
- [7] R. Tasnim, A. S. Shaikat, A. Al Amin, M. R. Hussein, dan M. M. Rahman, “Design of a Smart Biofloc Monitoring and Controlling System using IoT,” *J. Eng. Adv.*, hlm. 155–161, Des 2022, doi: 10.38032/jea.2022.04.003.
- [8] I. F. Ashari, M. C. Untoro, M. Praseptiawan, A. Afriansyah, dan E. Nur’azmi, “Sistem Monitoring dan Kontrol Budidaya Ikan Nila Berbasis IoT dengan Bioflok (Studi kasus: Kelompok Budidaya Ikan Sadewa Mandiri, Pringsewu),” *Suluh Bendang J. Ilm. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 22, no. 2, hlm. 375, Jul 2022, doi: 10.24036/sb.02760.
- [9] H. Maghfiroh, C. Hermanu, dan F. Adriyanto, “Prototipe Automatic Feeder Dengan Monitoring Iot Untuk Perikanan Bioflok Lele Masyarakat Dukuh Prayunan”.
- [10] A. Maulana dan N. Ratama, “SISTEM MONITORING DAN CONTROLING TINGKAT KEKERUHAN AIR PADA AQUARIUM MENGGUNAKAN METODE FUZZY BERBASIS ARDUINO UNO,” vol. 1, no. 2, 2023.
- [11] K. Masykuroh, F. T. Syifa, dan F. A. Pamungkas, “Rancang Bangun Prototipe Pemantau Kekeruhan Air dan Pengaturan Pakan Ikan pada Akuarium Menggunakan Nodemcu ESP32,” *J. Telecommun. Electron. Control Eng. JTECE*, vol. 5, no. 1, hlm. 31–40, Jan 2023, doi: 10.20895/jtece.v5i1.917.

Lampiran

Lampiran dapat berupa detail data dan contoh lebih lengkapnya, data-data pendukung, detail hasil pengujian, analisis hasil pengujian, detail hasil survey, surat pernyataan dari tempat studi kasus, screenshot tampilan sistem, hasil kuesioner dan lain-lain.

Lampiran data pengujian





Lampiran rumus pengujian fuzifikasi

Dari Hasil Fuzzyfikasi diatas akan diuji dengan perhitungan manual pengujian manual rumus pH

$$\frac{1}{b - a} = \frac{\mu B}{b - x}$$

$$\frac{1}{10 - 7,8} = \frac{\mu B}{10 - 8,66}$$

$$\mu B = \frac{1,34}{2,2} = 0,61$$

Pengujian manual rumus turbidity

$$\frac{1}{b - a} = \frac{\mu K}{b - x}$$

$$\frac{1}{510 - 460} = \frac{\mu K}{510 - 490}$$

$$\mu K = \frac{20}{50} = 0,4$$

Data Pengujian 2

Dari Hasil Fuzzyfikasi diatas akan diuji dengan perhitungan manual

$$\frac{1}{b - a} = \frac{\mu B}{b - x}$$

$$\frac{1}{10 - 7,8} = \frac{\mu B}{10 - 8,77}$$

$$\mu B = \frac{1,23}{2,2} = 0,56$$

Pengujian manual rumus turbidity

$$\frac{1}{c - b} = \frac{\mu K}{c - x}$$

$$\frac{1}{600 - 510} = \frac{\mu K}{600 - 591}$$

$$\mu K = \frac{9}{90} = 0,1$$

Data Pengujian 3

Dari Hasil Fuzzyfikasi diatas akan diuji dengan perhitungan manual

$$\frac{1}{\frac{b-a}{1}} = \frac{\mu B}{\frac{b-x}{\mu B}}$$

$$\frac{1}{10-7,8} = \frac{\mu B}{10-8,78}$$

$$\mu B = \frac{1,22}{2,2} = 0,55$$

Pengujian manual rumus turbidity

$$\frac{1}{\frac{c-b}{1}} = \frac{\mu K}{\frac{c-x}{\mu K}}$$

$$\frac{1}{600-510} = \frac{\mu K}{600-591}$$

$$\mu K = \frac{9}{90} = 0,1$$

Data Pengujian 4

Dari Hasil Fuzzyfikasi diatas akan diuji dengan perhitungan manual

$$\frac{1}{\frac{b-a}{1}} = \frac{\mu B}{\frac{b-x}{\mu B}}$$

$$\frac{1}{10-7,8} = \frac{\mu B}{10-8,80}$$

$$\mu B = \frac{1,2}{2,2} = 0,54$$

Pengujian manual rumus turbidity

Data Pengujian 5

Dari Hasil Fuzzyfikasi diatas akan diuji dengan perhitungan manual

$$\frac{1}{\frac{b-a}{1}} = \frac{\mu B}{\frac{b-x}{\mu B}}$$

$$\frac{1}{10-7,8} = \frac{\mu B}{10-8,84}$$

$$\mu B = \frac{1,16}{2,2} = 0,53$$

Pengujian manual rumus turbidity

Data Pengujian 6

Dari Hasil Fuzzyfikasi diatas akan diuji dengan perhitungan manual

$$\frac{1}{\frac{b-a}{1}} = \frac{\mu B}{\frac{b-x}{\mu B}}$$

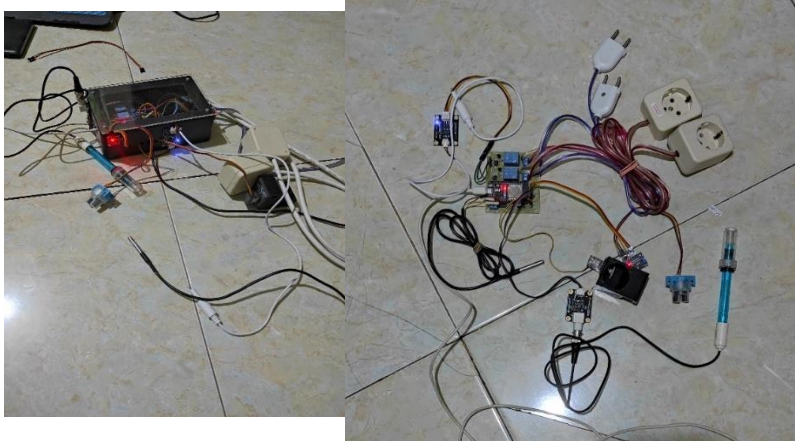
$$\frac{1}{10-7,8} = \frac{\mu B}{10-8,86}$$

$$\mu B = \frac{1,14}{2,2} = 0,52$$

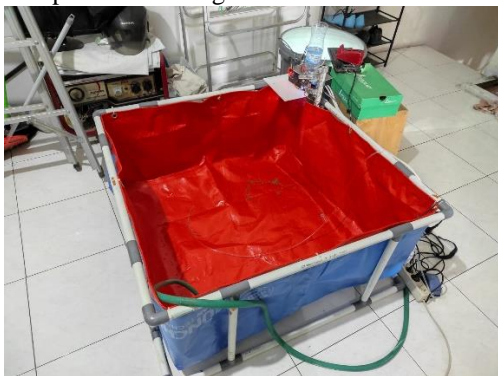
Rumus Manual Defuzzifikasi

$$\mu = \frac{\mu B_{Full} \times CB_{Full} + \mu B_{Sep} \times CB_{Sep} + \mu B_{sed} \times CB_{sed} + \mu T_{Full} \times CT_{full}}{\mu B_{Full} + \mu B_{Sep} + \mu B_{sed} + \mu T_{Full}}$$

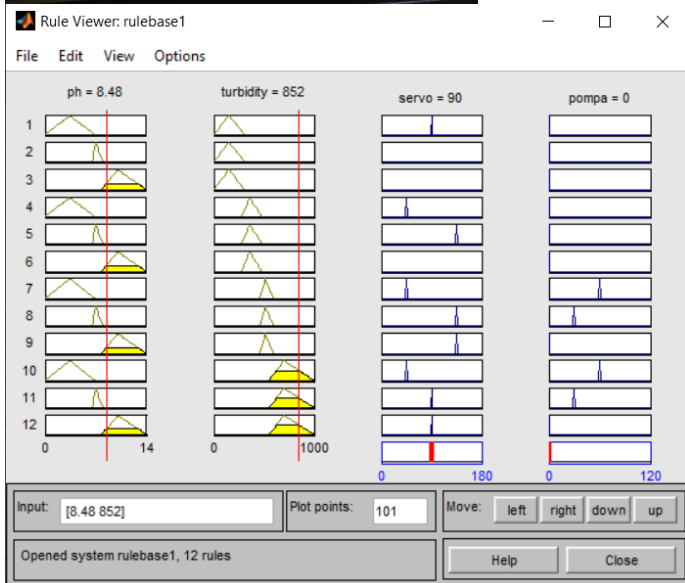
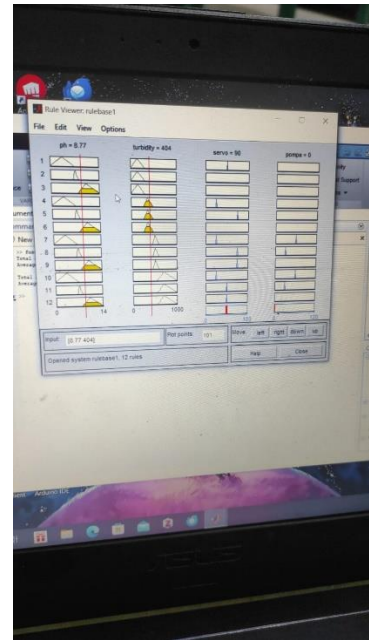
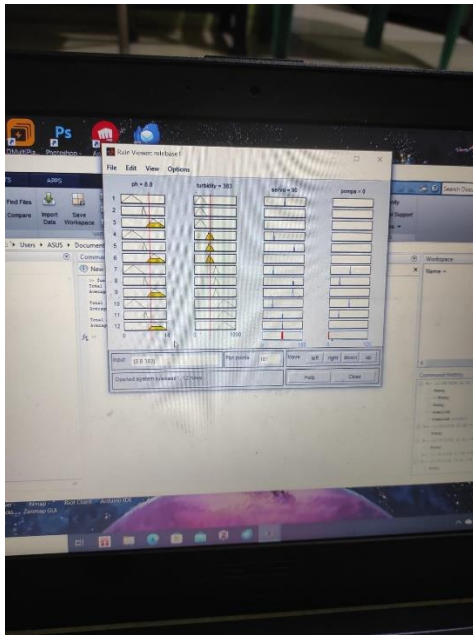
Lampiran Percancangan Hardware



Lampiran Perancangan Kolam



Lampiran Uji Matlab



Lampiran Gambar Kalibrasi Sensor

