

n



Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Proses Pembudidayaan Ikan Nila pada Kolam Bioflok (Metode fuzzy)

Tugas Akhir

**Oleh:
Muhammad Fandy Herdiyanto (4212101034)**

**Program Studi Mekatronika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Penyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : "Pengembangan Sistem monitoring Kualitas Air Pada Proses Pembudiyaaan Ikan Nila Pada Kolam Bioflok(Metode Fuzzy)" adalah hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 22 Agustus 2025



Muhammed Fandy Herdiyanto

NIM: 4212101034

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
Di
Politeknik Negeri Batam

Disusun oleh:
Muhammad Fandy Herdiyanto (4212101034)

Tanggal Sidang:

Ditetapkan oleh:



1. Widyia Rika Puspita S.Pd.,M.Si.,Ph.D
NIK: 199107292020122003



1. Daniel Sutupo Pamungkas, S.T.,
M. T.,Ph.D
NIK:10006

2. Abdullah Sani S.ST, M.Sc
NIK: 198101092021211003

Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Proses Pembudiyaaan Ikan Nila pada Kolam Bioflok(metode fuzzy)

Abstrak

Penelitian ini membahas hasil kalibrasi dan pengujian tiga sensor utama—pH, Dissolved Oxygen (DO), dan Total Dissolved Solids (TDS)—yang digunakan dalam sistem monitoring kualitas air kolam ikan berbasis fuzzy Mamdani. Kalibrasi dilakukan menggunakan larutan buffer standar untuk pH (4, 7, 9), H₂O₂ untuk DO, dan NaCl untuk TDS, yang kemudian dikoreksi dengan model regresi linier. Hasil menunjukkan bahwa masing-masing sensor memiliki deviasi terhadap alat ukur terkalibrasi, dengan rata-rata error awal yang berhasil ditekan secara signifikan setelah kalibrasi matematis. Pengujian integrasi sensor ke aplikasi monitoring menunjukkan hasil pembacaan yang konsisten antara tampilan LCD dan aplikasi smartphone. Selain itu, data sensor yang dikirim ke database Firebase menunjukkan delay rata-rata satu menit akibat jaringan internet. Sistem fuzzy Mamdani yang dirancang menunjukkan akurasi tinggi dengan error rata-rata hanya 0.08 dan persentase error 0.20% jika dibandingkan dengan LabVIEW sebagai sistem referensi. Berdasarkan 30 data pengamatan, sebagian besar kategori kualitas air tergolong “Cukup Baik”, dengan fluktuasi ringan pada parameter DO dan pH, serta variasi signifikan pada TDS. Uji statistik menunjukkan bahwa TDS memiliki penyebaran nilai tertinggi, sehingga perlu pemantauan lebih intensif. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem monitoring otomatis berbasis fuzzy Mamdani layak digunakan dalam pemantauan kualitas air kolam ikan secara efisien dan andal.

Kata kunci: Sensor pH, Fuzzy Mamdani, Kualitas Air, Kalibrasi, TDS.

Development of a Water Quality Monitoring System for Tilapia Farming Process in Biofloc Ponds(method fuzzy)

Abstract

This study discusses the results of calibration and testing of three main sensors-pH, Dissolved Oxygen (DO), and Total Dissolved Solids (TDS)-used in a Mamdani fuzzy-based fish pond water quality monitoring system. Calibration was performed using standard buffer solutions for pH (4, 7, 9), H₂O₂ for DO, and NaCl for TDS, which were then corrected with a linear regression model. The results show that each sensor has a deviation from the calibrated measuring instrument, with the average initial error significantly reduced after mathematical calibration. Testing the integration of the sensors to the monitoring application showed consistent readings between the LCD display and the smartphone application. In addition, sensor data sent to the Firebase database showed an average delay of one minute due to the internet network. The Mamdani fuzzy system designed shows high accuracy with an average error of only 0.08 and a percentage error of 0.20% when compared to LabVIEW as a reference system. Based on 30 observation data, most of the water quality categories were classified as “Fair”, with mild fluctuations in DO and pH parameters, and significant variations in TDS. Statistical tests showed that TDS had the highest spread of values, requiring more intensive monitoring. These results show that the Mamdani fuzzy-based automatic monitoring system is feasible to use in monitoring fish pond water quality efficiently and reliably.

Keywords : pH Sensor, Fuzzy Mamdani, Water Quality, Calibration, TDS.

Kata Pengantar

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul "Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Air Pada proses Pembudiyaaan Ikan nila Pada kolam Bioflok (Metode Fuzzy)". Penulisan laporan ini dimaksudkan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mekatronika (D4) di Politeknik Negeri Batam.

Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, arahan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan kekuatan, kesehatan, dan kemudahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Daniel Sutupo Pamungkas, S.T., M. T., Ph.D, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan yang berharga selama penyusunan tugas akhir ini.
3. Kedua orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan dukungan doa, moral, dan semangat tanpa henti.
4. Rekan-rekan seperjuangan yang senantiasa memberikan motivasi, dukungan, dan kebersamaan dalam menghadapi berbagai tantangan sepanjang masa studi.
5. Semua pihak yang telah membantu penulis secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan atau kekurangan yang tidak disengaja dalam tugas akhir ini dan dengan senang hati menerima kritik dan saran yang membangun sebagai bahan evaluasi untuk perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta menambah wawasan bagi kita semua.

Daftar Isi

| | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Lembar Pengesahan | Error! Bookmark not defined. |
| Abstrak | iii |
| <i>Abstract</i> | iv |
| Kata Pengantar | v |
| Daftar Isi | vi |
| Daftar Gambar | ix |
| Daftar Tabel | x |
| Bab 1. Pendahuluan | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3. Tujuan | 2 |
| 1.4. Manfaat | 2 |
| 1.5. Batasan | 2 |
| Bab 2. Tinjauan Pustaka | 4 |
| 2.1. Sistem <i>Monitoring</i> | 4 |
| 2.2. Sistem Kontrol | 4 |
| 2.3. Arduino IDE | 4 |
| 2.4. ESP 32 | 5 |
| 2.5. MIT APP INVENTOR | 6 |
| 2.5.1 Firebase | 7 |
| 2.6. Sensor PH-4502 | 8 |
| 2.7. Sensor TDS | 8 |
| 2.8. Sensor DO Meter | 9 |
| 2.9. LOGIKA FUZZY | 9 |
| 2.9.1. Himpunan Fuzzy | 10 |
| 2.9.2 Fungsi Keanggotaan | 10 |
| 2.9.3 Pembentukan rule if-then | 12 |
| 2.9.4 Sistem Inferensi Fuzzy | 13 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.9.5 | Metode Fuzzy Mamdani | 13 |
| 2.9.6 | Analisis logika fuzzy | 14 |
| 2.9.7 | Defuzzifikasi | 14 |
| 2.9.8 | . Fuzzy Mamdani | 15 |
| 2.10 | Kondisi Air Kolam Ikan Normal (pH,Do ,Tds) | 16 |
| 2.10.1 | pH dan DO | 16 |
| 2.10.2 | TDS | 16 |
| 2.11. | Referensi Jurnal | 17 |
| Bab 3. | Metodologi Penelitian | 20 |
| 3.1. | Flowchart Penelitian..... | 20 |
| 3.1.1. | Perancangan Design Aplikasi | 21 |
| 3.1.2 | Perancangan Topologi Jaringan IOT | 22 |
| 3.1.4. | Perancangan Elektrikal | 24 |
| 3.1.5. | Flowchart Sistem Kerja | 25 |
| 3.1.6. | Perancangan Mekanikal | 26 |
| 3.2. | Alat dan Bahan | 26 |
| 3.3 | Perancangan Sistem | 27 |
| 3.3.1 | Perancangan Elektrikal | 27 |
| 3.3.2 | Flowchart Perancangan Database di Firebase Realtime Database ... | 28 |
| 3.4 | Perancangan Metode Fuzzy Mamdani | 29 |
| 3.4.1 | Fuzzifikasi | 29 |
| 3.4.2 | Basis Aturan (Rule Base)..... | 33 |
| 3.4.3 | Aplikasi Fungsi Implikasi | 34 |
| 3.4.4 | Komposisi Aturan | 34 |
| 3.4.5 | Defuzzifikasi..... | 34 |
| Bab 4. | Hasil Dan Pembahasan | 35 |
| 4.1. | Hasil Kalibrasi Pengujian Sensor | 35 |
| 4.1.1 | Hasil Kalibrasi Pengujian Sensor pH..... | 35 |
| 4.1.2 | Hasil Kalibrasi Pengujian Sensor Do..... | 37 |

| | |
|--|----|
| 4.1.3 Hasil Kalibrasi Pengujian Sensor Tds..... | 40 |
| 4.1.2.Sampel Pengujian Hasil Aplikasi | 42 |
| 4.1.4. Pengambilan data dengan website MIT | 48 |
| 4.1.5 Pengujian Delay Ke Database | 48 |
| 4.1.6 Pengujian Data Fuzzy Mamdani | 49 |
| 4.1.7 Pengujian Statistik | 52 |
| Bab 5.Kesimpulan Dan Saran..... | 53 |
| 5.1. Kesimpulan | 53 |
| 5.2. Saran | 53 |
| Daftar Pustaka | 54 |
| Biodata | 56 |
| Lampiran | 57 |

Daftar Gambar

| | |
|---|----|
| Gambar 1.Arduino Ide..... | 4 |
| Gambar 2.Gambar 3.ESP32 | 6 |
| Gambar 3.OUT & IN ESP32..... | 6 |
| Gambar 4.Aplikasi Android..... | 7 |
| Gambar5.AplikasiFirebase..... | 7 |
| Gambar 6.Sensor PH | 8 |
| Gambar 7.Sensor TDS..... | 9 |
| Gambar 8.Sensor Do Meter..... | 9 |
| Gambar 9.Fungsi Keanggotaan fuzzy | 10 |
| Gambar 10.Derajat Keanggotaan Rendah..... | 11 |
| Gambar 11.Fungsi Keanggotaan..... | 11 |
| Gambar 12.Derajat Keanggotaan Kurva trapesium..... | 12 |
| Gambar 13.Flowchart Perancangan Aplikasi Android | 20 |
| Gambar 14.Perancangan Aplikasi Android | 21 |
| Gambar 15.Topologi Jaringan IOT | 22 |
| Gambar 16.Perancangan Elektrikal | 24 |
| Gambar 17.Flowchart Sistem Kerja | 25 |
| Gambar 18.Perancangan desain Mekanikal | 26 |
| Gambar 19.Elektrical Circuit..... | 28 |
| Gambar 20.Flowchart Perancangan Database | 29 |
| Gambar 21.Membership Fuction PH | 30 |
| Gambar 22.Membership Fuction Do | 31 |
| Gambar 23.Membership Fuction TDS | 31 |
| Gambar 24.Membership Fuction Output Fuzzy | 32 |
| Gambar 25.Perbandingan pH..... | 36 |
| Gambar 26.Perbandingan Do..... | 38 |
| Gambar 27.Perbandingan Tds..... | 41 |
| Gambar 28.Pengujian Hasil Aplikasi Percobaan 1..... | 43 |
| Gambar 29.Hasil Percobaan 2 | 43 |
| Gambar 30.Percobaan 3..... | 44 |
| Gambar 31.Hasi Percobaan 4 | 44 |
| Gambar 32.Hasil Percobaan 5 | 45 |
| Gambar 33.Hasil Percobaan 5 | 45 |
| Gambar 34.Perbadingan Nilai Sensor Dan Aplikasi (TDS)..... | 46 |
| Gambar 35.Perbadingan Nilai Sensor Dan Aplikasi (PH) | 47 |
| Gambar 36.Perbadingan Nilai sensor dan aplikasi (Do) | 47 |
| Gambar 37.Hasil Perbandingan dengan menggunakan Labview | 52 |

Daftar Tabel

| | |
|---|----|
| Tabel 1.Refensi Jurnal | 17 |
| Tabel 2.Alur topologi lot..... | 23 |
| Tabel 3.Estimasi Biaya | 26 |
| Tabel 4.Perancangan Komponen..... | 27 |
| Tabel 5.Hasil Kalibrasi Pengujian Sensor Ph | 35 |
| Tabel 6.Hasil Kalibrasi Sensor Do | 37 |
| Tabel 7.Hasil Data Kalibrasi Tds..... | 40 |
| Tabel 8.Data Hasil Percobaan..... | 46 |
| Tabel 9.Pengambilan Data MIT | 48 |
| Tabel 10.Pengujian Data Delay Database..... | 48 |
| Tabel 11.Hasil Data..... | 49 |
| Tabel 12.Hasil Data pengujian fuzzy mamdani..... | 50 |
| Table 13.Pengujian Stastistik..... | 52 |

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Budidaya ikan nila menggunakan teknologi bioflok merupakan metode inovatif yang telah mengubah lanskap industri perikanan. Teknologi bioflok melibatkan pembentukan agregat mikroba yang kaya nutrisi dalam air kolam ikan, yang secara efektif mengubah sampah organik menjadi sumber protein yang dapat digunakan ikan.

Untuk membudidayakan ikan nila diperlukan kolam ikan yang cukup, sehingga banyak lahan yang telah dialihfungsikan untuk membangun sebuah kolam ikan nila. Dengan banyaknya lahan yang dialihfungsikan sebagai kolam ikan, hal ini membuat banyak organisme budidaya ikan nila menggunakan bioflok. [1]

Salah satu teknologi budidaya ikan, yakni suatu teknik budidaya melalui rekayasa lingkungan yang mengandalkan pasokan oksigen dan pemanfaatan mikroorganisme yang secara langsung dapat meningkatkan nilai pencernaan pakan. Prinsip dasar bioflok adalah mengubah senyawa organik dan anorganik yang terdiri dari karbon, oksigen, hidrogen dan nitrogen menjadi massa sludge berbentuk bioflok. Perubahan tersebut dilakukan dengan memanfaatkan bakteri pembentuk gumpalan sebagai bioflok.

Saat ini peternak ikan nila bioflok masih melakukan pemantauan kualitas air masih secara manual sehingga memerlukan kehadiran peternak secara periodik. Hal ini dikarenakan peternak belum mempunyai sistem parameter otomatis yang membantu pekerjaan dalam pemantauan kualitas air. Pemantauan kualitas secara manual ini membutuhkan waktu yang lama untuk pemantauan kandungan oksigen terlarut, keasaman (pH) air dan kekeruhan air (total dissolved solid) bioflok yang dimiliki peternak. [2]

Melihat permasalahan yang dialami peternak ikan nila bioflok, kami menciptakan sebuah alat dengan menggabungkan sensor pH, sensor TDS (Total Dissolved Solids) dan sensor DO (*Dissolved Oxygen*) dalam pemantauan kualitas air kolam ikan nila yang berbasis *Internet of Things (IoT)*. Nama produk yang kami ciptakan adalah Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Ikan Nila. Alat ini berbasis mikrokontroler ESP32 yang dapat terhubung dengan internet, sehingga data pengukuran sensor pH, sensor TDS (Total Dissolved Solids) dan sensor DO (*Dissolved Oxygen*) pada bioflok dapat dipantau melalui smartphone dengan aplikasi android studio.

1.2. Rumusan Masalah.

Dari latar belakang diatas, dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang harus diselesaikan adalah sebagai berikut:

1. Peternak masih mengukur tingkat keasaman air (pH) secara manual.
2. Peternak masih mengukur tingkat kekeruhan air (*Total Dissolved Solid*) secara manual.
3. Peternak masih mengukur tingkat kadar oksigen terlarut dalam air (*Dissolved Oxygen*) secara manual.

1.3. Tujuan

Tujuan dari Pengembangan *Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Proses Pembudidaya Ikan Nila pada Kolam Bioflok* adalah:

1. Menghasilkan suatu alat pemantauan kualitas air berbasis *Internet of Things (IoT)*.
2. Mengimplementasikan teknologi tepat guna kepada organisme budidaya ikan nila sistem bioflok.
3. Menghasilkan alat yang dapat mempermudah peternak ikan nila sistem bioflok dalam pemantauan kualitas air

1.4. Manfaat

Manfaat dari Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Air pada Proses Pembudidayaan Ikan Nila Pada Kolam Bioflok adalah:

1. Meningkatkan Efisiensi Pengelolaan Kolam Pemantauan kondisi air secara real-time memungkinkan Anda mendeteksi perubahan kualitas air secara instan dan mengatasinya sebelum menjadi masalah serius.
2. Pengumpulan data untuk analisis Sistem pemantauan dapat mengumpulkan data historis mengenai kondisi air yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut guna mengidentifikasi tren dan melakukan perbaikan berkelanjutan terhadap proses pertumbuhan.
3. Memudahkan untuk mengontrol kualitas air kolam secara efektif .

1.5. Batasan

Dalam Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Air pada Proses Pembudidayaan Ikan Nila Pada Kolam Bioflok, terdapat beberapa batasan yang perlu diperhatikan. Beberapa batasan tersebut adalah:

1. Keandalan Peralatan Sensor dan perangkat pemantauan harus sangat andal, karena kegagalan peralatan dapat menyebabkan hilangnya data

penting dan pengambilan keputusan yang buruk. Kondisi lingkungan yang keras di kolam budidaya juga dapat mempengaruhi keandalan perangkat.

2. Sistem pengawasan sering kali memerlukan koneksi Internet yang stabil untuk mengirimkan data secara real-time. Di lokasi terpencil, keterbatasan infrastruktur jaringan dapat menjadi kendala.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. Sistem *Monitoring*

Monitoring adalah merupakan sebuah kegiatan untuk menjamin akan tercapainya semua tujuan organisasi dan manajemen. *Monitoring* juga didefinisikan sebagai langkah untuk mengkaji apakah kegiatan yang dilaksanakan telah sesuai dengan rencana, mengidentifikasi masalah yang timbul agar langsung dapat diatasi, melakukan penilaian apakah pola kerja dan manajemen yang digunakan sudah tepat untuk mencapai tujuan, mengetahui kaitan antara kegiatan dengan tujuan untuk memperoleh ukuran kemajuan.

2.2. Sistem Kontrol

Sistem kendali atau sistem kontrol adalah suatu sistem yang menghasilkan nilai tertentu sebagai keluarannya melalui pengendalian ataupun perubahan ketentuan dari masukan sistem.

2.3. Arduino IDE

Integrated Development Environment (IDE), adalah perangkat lunak yang umumnya digunakan untuk memprogram dan mengunggah kode ke papan Arduino. Alat ini menjadi inti dalam pengembangan berbagai macam proyek elektronik, dan sering digunakan oleh pengembang, pemula, serta pecinta elektronika. Fungsinya yang intuitif dan antarmukanya yang mudah digunakan memudahkan pengguna dalam membuat proyek-proyek berbasis Arduino. Gambar 1 menunjukkan antarmuka perangkat lunak Arduino IDE yang digunakan dalam proses pengembangan.[3]



Gambar 1.Arduino Ide

Arduino IDE menyediakan lingkungan yang intuitif dan mudah digunakan untuk menulis, menguji, dan mengunggah kode ke berbagai jenis mikrokontroler termasuk Arduino Uno. Dalam konteks pengembangan perangkat lunak untuk CNC *Controller 3-Axis* menggunakan Arduino Uno, Arduino IDE merupakan salah satu pilihan yang populer dan bermanfaat.

Arduino *Integrated Development Environment*, atau yang biasa dikenal sebagai *Arduino Software* (IDE), adalah perangkat lunak yang menyediakan lingkungan pengembangan yang lengkap untuk pengguna papan Arduino dan Genuino. IDE ini dilengkapi dengan berbagai fitur penting, termasuk editor teks untuk menulis kode, area pesan, konsol teks, *toolbar* dengan tombol untuk fungsi-fungsi umum, serta serangkaian menu. Salah satu fitur utama IDE adalah kemampuannya untuk terhubung langsung dengan perangkat keras Arduino dan Genuino, memungkinkan pengguna untuk mengunggah program dan berkomunikasi dengan papan sirkuit Arduino.

Program yang dibuat menggunakan *Arduino Software* (IDE) disebut *sketches*, yang dapat ditulis dalam editor teks yang disediakan oleh IDE dan disimpan dengan ekstensi file *.ino*. Editor ini dilengkapi dengan berbagai fitur berguna seperti pemotongan (*cut*), penempelan (*paste*), serta pencarian atau penggantian teks. Selain itu, IDE juga memberikan umpan balik saat menyimpan dan mengeksport program, dan menampilkan pesan kesalahan secara detail. Konsol pada IDE menampilkan output teks yang dihasilkan, termasuk pesan kesalahan lengkap dan informasi lainnya. Di sudut kanan bawah jendela, terdapat informasi mengenai papan yang dikonfigurasi dan *port serial* yang sedang digunakan. Tombol *toolbar* memungkinkan pengguna untuk melakukan verifikasi dan pengunggahan program, membuat, membuka, dan menyimpan *sketches*, serta membuka *monitor serial*.

2.4. ESP 32

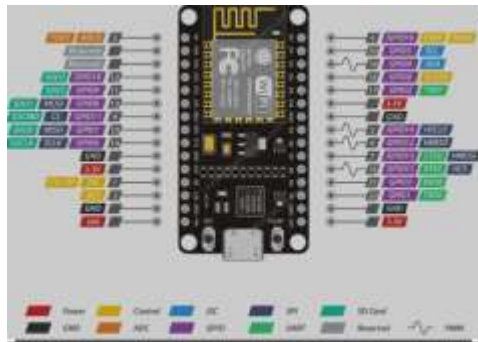
ESP32 adalah modul WiFi tambahan untuk mikrokontroler seperti Arduino, memungkinkan koneksi langsung ke WiFi dan pembentukan koneksi TCP/IP. Modul ini beroperasi pada tegangan sekitar 3.3v dan memiliki tiga mode WiFi: Station, Access Point, dan keduanya. Dilengkapi dengan prosesor, memori, dan GPIO, ESP32 dapat berdiri sendiri tanpa mikrokontroler tambahan. Firmware default menggunakan AT Command, namun modul ini mendukung beberapa Firmware SDK opensource seperti *NodeMCU (lua)*, *MicroPython (Python)*, dan AT Command. Pemrograman dapat dilakukan menggunakan ESPLorer untuk NodeMCU, putty sebagai terminal control untuk AT Command, atau Arduino IDE dengan menambahkan library ESP32 pada board manager. Harga yang terjangkau membuat ESP32 populer untuk proyek Internet of Things (IoT).[4]



Gambar 2. Gambar 3. ESP32

Dalam sejarah singkatnya, ESP32 telah mengubah paradigma konektivitas nirkabel secara luar biasa. Diluncurkan pada tahun 2014 oleh Espressif Systems, modul ini merupakan terobosan dalam pengembangan proyek berbasis IoT dan Wi-Fi. Saat itu, sebagian besar perangkat mikrokontroler masih kesulitan mengakses jaringan Wi-Fi dengan biaya terjangkau.

Penjelasan Mengenai Pin dari Esp32 berikut :



Gambar 3. OUT & IN ESP32

2.5. MIT APP INVENTOR

MIT App Inventor adalah lingkungan pemrograman visual yang intuitif yang memungkinkan semua orang, bahkan anak-anak, untuk membuat aplikasi yang berfungsi penuh untuk ponsel cerdas dan tablet. Mereka yang baru mengenal MIT App Inventor dapat membuat aplikasi pertama yang sederhana dan berjalan

dalam waktu kurang dari 30 menit. Terlebih lagi, alat berbasis blok kami memfasilitasi pembuatan aplikasi yang kompleks dan berdampak besar dalam waktu yang jauh lebih singkat daripada lingkungan pemrograman tradisional. Proyek MIT App Inventor berupaya mendemokratisasi pengembangan perangkat lunak dengan memberdayakan semua orang, terutama kaum muda, untuk beralih dari konsumsi teknologi ke penciptaan teknologi.[5]



Gambar 4. Aplikasi Android

App Inventor memungkinkan pengguna baru memprogram komputer dan membuat aplikasi perangkat lunak untuk sistem operasi Android. App Inventor menggunakan antarmuka grafis yang mirip dengan antarmuka pengguna Scratch dan StarLogo TNG, memungkinkan pengguna untuk menarik dan melepas objek visual untuk membuat aplikasi yang berjalan di perangkat Android.

Dalam mengembangkan App Inventor, Google melakukan penelitian di bidang komputasi pendidikan untuk menyempurnakan lingkungan pengembangan online Google.

2.5.1 Firebase



Gambar 5. Aplikasi Firebase

Firebase adalah platform pengembangan aplikasi seluler dan web dari Google yang menyediakan berbagai layanan untuk membantu pengembang membangun, meningkatkan, dan mengembangkan aplikasi dengan cepat. Firebase sering disebut sebagai Backend as a Service (BaaS), karena memungkinkan pengembang untuk fokus pada pengembangan fitur aplikasi tanpa harus mengelola infrastruktur backend secara manual.

2.6. Sensor PH-4502

Sensor pH adalah sensor yang dapat mendeteksi kadar pH air. Sensor ini sangat membantu mengingatkan tingkat kadar pH pada air atau untuk memantau kadar pH air untuk pencemaran air. Secara fisik, sensor ini terdiri dari LED sebagai power indikator, konektor BNC, dan *interface* sensor pH 2.0. Untuk menggunakan, cukup hubungkan sensor pH ini dengan Arduino menggunakan kabel analog yang disertakan dalam kit ini ke *IO Expansion Shield* atau bisa pula menggunakan kabel jumper.



Gambar 6.Sensor PH

2.7. Sensor TDS

Total dissolved solids (TDS) adalah sebuah indikator untuk mengukur jumlah padatan atau partikel terlarut didalam air. TDS meter merupakan alat yang sering digunakan untuk mengukur jumlah partikel terlarut pada air minum. Satuan yang digunakan TDS meter adalah ppm (Part Per Million) atau sepersejuta bagian.



Gambar 7.Sensor TDS

2.8. Sensor DO Meter

DO meter berfungsi sebagai alat untuk mengukur jumlah oksigen terlarut dalam air, dinyatakan dalam bentuk konsentrasi dalam $\mu\text{S}/\text{cm}$ (mS/cm) atau g/ml (ppm).

Pengukuran DO terutama digunakan untuk kebutuhan budidaya perikanan dan penilaian pencemaran air. Oksigen terlarut dalam jumlah besar merupakan contoh kemampuan air dalam menampung kehidupan akuatik, seperti ikan dan mikroorganisme, serta menghilangkan polusi.



Gambar 8.Sensor Do Meter

2.9. LOGIKA FUZZY

Logika fuzzy merupakan suatu metodologi untuk menyelesaikan masalah dalam sistem kontrol yang dapat diterapkan pada berbagai jenis sistem mulai dari yang sederhana hingga yang kompleks. Metodologi ini bisa digunakan pada perangkat keras, perangkat lunak, atau gabungan keduanya [10]. Dalam teori logika fuzzy, suatu nilai bisa bernilai benar dan salah secara bersamaan. Namun, tingkat kebenaran dan kesalahan tersebut bergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Logika fuzzy memiliki derajat keanggotaan yang berkisar antara 0 hingga 1 sedangkan logika digital hanya memiliki dua nilai, yaitu 1 atau 0 [11].

Logika fuzzy memiliki kemampuan menyerupai penalaran otak manusia di mana suatu himpunan bisa mewakili dua variabel linguistik secara bersamaan berdasarkan nilai derajat keanggotaan dengan fungsi keanggotaan tertentu [12]. Pada proses penerapan sistem fuzzy terdapat beberapa tahapan alur proses yang digunakan untuk mendapatkan keluaran fuzzy mulai dari fuzzifikasi hingga defuzzifikasi [13].

2.9.1. Himpunan Fuzzy

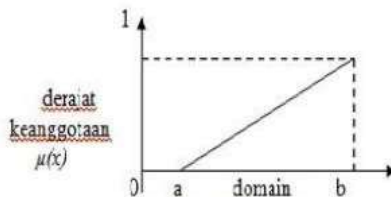
Himpunan fuzzy mempunyai 2 atribut utama dengan melibatkan fuzzification untuk mendapatkan pengolahan informasi yaitu[8]:

1. Himpunan linguistik adalah penamaan untuk sebuah kelompok yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dengan menggunakan bahasa sehari-hari, seperti: asam, netral, dan basa.
2. Himpunan numeris adalah suatu nilai atau angka yang memperlihatkan ukuran suatu variable, seperti: 20, 40, 60 dsb.

2.9.2 Fungsi Keanggotaan

1. Representasi Linear Naik

Linear naik pada dasarnya memiliki nilai kenaikan derajat keanggotaan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol dan menuju nilai domain yang memiliki nilai derajat lebih tinggi. Seperti terlihat pada gambar 9.



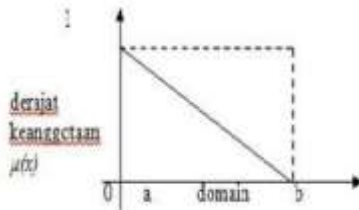
Gambar 9. Fungsi Keanggotaan fuzzy

fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{(x - a)}{(b - a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

2. Representasi Linear Turun

Linear Turun pada dasarnya merupakan kebalikan dari linear naik dimana garis lurus dimulai dari domain yang memiliki nilai keanggotaan pada sisi kiri, lalu bergerak ke kiri menuju nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan paling rendah. Seperti terlihat pada gambar .



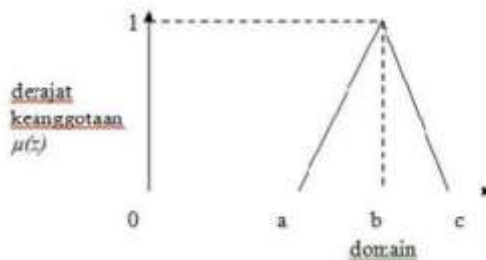
Gambar 10. Derajat Keanggotaan Rendah

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ \frac{(b-x)}{(b-a)}; & a < x < b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2)$$

3. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya menggabungkan antara 2 linear. Seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 11. Fungsi Keanggotaan

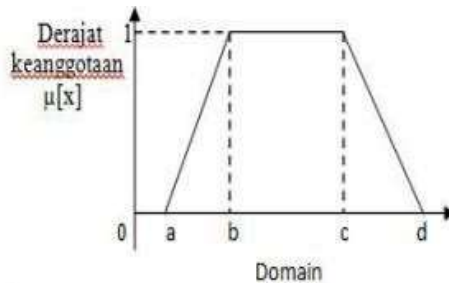
Fungsi

Keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{(b-x)}{(b-c)}; & b \leq x \leq c \\ 0; & \end{cases} \quad (3)$$

4.Representasi Kurva Trapesium

Kurva Trapesium tidak jauh berbeda dengan kurva, karena memiliki persamaan dengan menggabungkan dari 2 linear, tetapi kurva trapesium terdapat beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Seperti terlihat pada gambar 12.



Gambar 12.Derajat Keanggotaan Kurva trapesium

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a < x < b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)}; & c < x < d \\ 0; & \end{cases} \quad (4)$$

2.9.3 Pembentukan rule if-then

Pembentukan *rule if-then* ini dilakukan untuk mendapatkan hasil keluaran tegas(crisp). Yaitu pada metode Tsukamoto proses inferensi menggunakan rule berbentuk "*if-then*" dengan operasi AND, yang akan dipilih nilai yang paling minimum (MIN) dari 2 variabel yang ada.

jika (a_1 adalah A_1) \cap ... \cap (a_n adalah A_n) maka (b adalah k)

dengan,

(a_1, \dots, a_k) : variabel input

b : variabel output

(a_1 adalah A_1) \cap ... \cap (a_n adalah A_n) : anteseden

(b adalah k) : konsekuen

2.9.4 Sistem Inferensi Fuzzy

Sistem inferensi fuzzy digunakan sebagai kesimpulan dari menggabungkan aturan berdasarkan data tersedia, sehingga setidaknya mendapatkan 2 variabel fuzzy. Sistem ini merupakan suatu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan fuzzy, aturan fuzzy yang berupa if- then, dan penalaran fuzzy [12]. Sistem ini juga bisa mengevaluasi rule secara simultan untuk menghasilkan urutan rule yang diberikan acak [13]. Terdapat jenis-jenis sistem inferensi fuzzy yang dimana, Mamdani, Sugeno dan Tsukamoto. Pada dasarnya, sistem inferensi fuzzy memiliki 4 unit, diantaranya:

- Unit fuzzifikasi
- Unit penalaran logika fuzzy
- Unit basis pengetahuan, terdiri dari basis data dan basis aturan
- Unit fuzzifikasi (penegasan)

2.9.5 Metode Fuzzy Mamdani

Metode Fuzzy Mamdani merupakan salah satu bagian dari *Fuzzy Inference System* yang berguna untuk menarik kesimpulan atau suatu keputusan terbaik dalam permasalahan yang tidak pasti. Metode Fuzzy Mamdani diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Metode Fuzzy Mamdani dalam prosesnya menggunakan kaedah-kaedah linguistik dan memiliki algoritma fuzzy yang dapat dianalisis secara matematika, sehingga lebih mudah dipahami.

2.9.6 Analisis logika fuzzy

Setiap aturan yang dihasilkan adalah pernyataan implikasi, yang merupakan proses mendapatkan output dari aturan jika-maka berdasarkan seberapa benar premisnya. Hasil dari implikasi disebut predikat α atau sering ditulis α Pada saat ini, fungsi min mengambil nilai keanggotaan terkecil di antara elemen-elemen himpunan fuzzy.

$$\alpha_i = \mu_{A \cap B} = \min(\mu_{A_i}(x), \mu_{B_i}(y)), \forall i = 1, 2, 3, \dots$$

Dengan,

α_i : nilai minimal dari derajat keanggotaan pada rule ke- i

$\mu_{A_i}(x)$: derajat keanggotaan himpunan fuzzy A pada rule ke- i

$\mu_{B_i}(x)$: derajat keanggotaan himpunan fuzzy B pada rule ke- i

2.9.7 Defuzzifikasi

Proses menginputkan berupa bilangan fuzzy untuk mendapatkan nilai output berupa bilangan tegas(crisp). Proses ini menggunakan defuzzifikasi rata-rata terbobot yang dapat dirumuskan persamaan.

$$z = \frac{\sum x_i \cdot a_i}{\sum a_i}, i = 1, 2, 3, \dots$$

(5)

Dengan,

z : nilai rata-rata terbobot

x_i : nilai konsekuen pada aturan ke- i

a_i : nilai α – predikat pada aturan ke- i

Pada penelitian ini penggunaan Fuzzy Tsukamoto digunakan untuk memonitoring kondisi air kolam ikan nila MAESA.

2.9.8 Fuzzy Mamdani

Metode Mamdani merupakan salah satu jenis dari metode inferensi fuzzy. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 dan dikenal sebagai metode min-max. Ada 4 tahapan yang diperlukan untuk mendapatkan hasil output dengan metode ini, yaitu:

1. Pembentukan himpunan fuzzy

Pada metode Mamdani baik variabel input dan variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.[15]

2. Aplikasi fungsi implikasi

Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah metode min. Yang dapat dituliskan sebagai berikut [18]:

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[x],) \quad (1)$$

Dengan:

$\mu_A[x]$ = derajat keanggotaan x dari himpunan fuzzy A pada aturan ke-i

$\mu_B[x]$ = derajat keanggotaan x dari himpunan fuzzy B pada aturan ke-i

3. Komposisi aturan

Metode yang digunakan dalam melakukan komposisi aturan, yaitu metode max. Secara umum dapat dituliskan [15]:

$$\mu_{sf}[X_i] = \max(\mu_{sf}[X_i], \mu_{kf}[X_i]) \quad (2)$$

Dengan:

$\mu_{sf}[X_i]$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke i

$\mu_{kf}[X_i]$ = nilai keanggotaan konsekuan fuzzy aturan ke i

4. Penegasan (defuzzy)

Terdapat beberapa metode defuzzifikasi dalam aturan mamdani, yaitu Centroid, bisektor, Mean of Maximun, Largest of Maximun, dan Smallest of Maximun. Pada penelitian ini metode defuzzifikasi yang akan digunakan adalah metode centroid. Dimana pada metode ini terdapat beberapa keuntungan, yaitu nilai defuzzifikasi akan bergerak secara halus sehingga perubahan dari suatu himpunan fuzzy juga akan berjalan secara halus dan metode ini juga lebih mudah dalam perhitungan. Dalam metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy. Secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut [19]:

$$\int_b^a z \mu(z) dz$$

$$z^* = a$$

$$\int_b^a \mu(z) dz$$

$$a \quad (3)$$

Dengan:

z^* = nilai hasil defuzzifikasi

z = nilai output pada aturan ke- i

$\mu(z)$ = derajat keanggotaan nilai output pada aturan ke- i

2.10 Kondisi Air Kolam Ikan Normal (pH,Do ,Tds)

2.10.1 pH dan DO

pH adalah ukuran apakah air bersifat asam atau basa. Ikan memiliki pH darah rata-rata 7,4, jadi air kolam dengan pH mendekati ini adalah yang optimal. Kisaran yang dapat diterima adalah 6,5 hingga 9,0. Ikan dapat menjadi stres dalam air dengan pH berkisar antara 4,0 hingga 6,5 dan 9,0 hingga 11,0. Pertumbuhan ikan terbatas dalam pH air kurang dari 6,5, dan reproduksi berhenti dan burayak dapat mati pada pH kurang dari 5,0. Kematian hampir pasti pada pH kurang dari 4,0 atau lebih besar dari 11,0. Dalam BFT pH air berfluktuasi sepanjang hari. Biasanya, pH tertinggi saat senja dan terendah saat fajar. Ini karena respirasi malam hari meningkatkan konsentrasi karbon dioksida yang berinteraksi dengan air menghasilkan asam karbonat dan menurunkan pH. Ini dapat membatasi kemampuan darah ikan untuk membawa oksigen.

2.10.2 TDS

Total *Dissolved Solids* (TDS) mengacu pada jumlah zat yang telah terlarut dalam cairan. Zat-zat ini dapat mencakup garam, mineral, logam, kalsium, dan senyawa lain yang dapat berupa organik maupun anorganik. Secara sederhana, TDS mengacu pada apa pun yang ada di dalam air yang bukan air murni dan bukan padatan tersuspensi. Metode yang paling umum digunakan untuk menentukan TDS adalah mengukur konduktivitas spesifik untuk mendeteksi keberadaan ion dalam air (EC). Setelah EC ditentukan, faktor konversi dijalankan (biasanya oleh meteran yang melakukan pengukuran) untuk menentukan TDS. Faktor konversi akan berbeda tergantung pada sampel yang Anda uji, faktor konversi umumnya berkisar antara 0,4 – 1,0. Namun, metode ini hanya memperkirakan kadar TDS.

TDS umumnya diukur dalam satuan bagian per juta (ppm), tetapi dapat juga diukur dalam satuan mg/L. Umumnya, kadar air berkualitas baik berada di antara 0 dan 600 ppm, sedangkan kadar di atas 1200 ppm sering dianggap sebagai kadar TDS yang tidak memuaskan.

2.11. Referensi Jurnal

Tabel 1. Refensi Jurnal

| NO | Referensi | Metode | Kelemahan |
|----|---|--|--|
| 1 | SISTEM MONITORING KUALITAS AIR PADA KOLAM IKAN BERBASIS WIRELESS SENSOR NETWORK MENGGUNAKAN KOMUNIKASI ZIGBEE | Komunikasi ZigBee:Protokol ZigBee: Digunakan untuk konsumsi daya rendah dan fungsionalitas jaringan mesh untuk memungkinkan komunikasi antara node sensor dan gateway. | Meskipun ZigBee dikenal hemat energi, namun tetap memerlukan sumber daya yang cukup untuk terus mengoperasikan sensor dan node. Baterai mungkin sulit diganti atau diisi dayanya di lokasi yang sulit dijangkau. |
| 2 | PERANCANGAN APLIKASI MONITORING KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA IKAN NILA BERBASIS IOTMENGUNAKAN ANDROID | Kontrol kolam dengan mudah menggunakan sistem IoT berbasis aplikasi Android | Sistem IoT memerlukan koneksi internet yang stabil untuk mengirim data secara real-time. Di daerah terpencil, konektivitas internet mungkin menjadi masalah. |
| 3 | PROTOTYPE SISTEM KONTROL DAN MONITORING SUHU SERTA KETINGGIAN AIR PADA KOLAM BUDIDAYA IKAN MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY | Menggunakan metode fuzzy dengan menerapkan nilai konsisten pada nilai system kontro. | logika fuzzy tidak terlalu intensif dalam hal komputasi, implementasi dalam perangkat keras mikrokontroler yang memiliki |

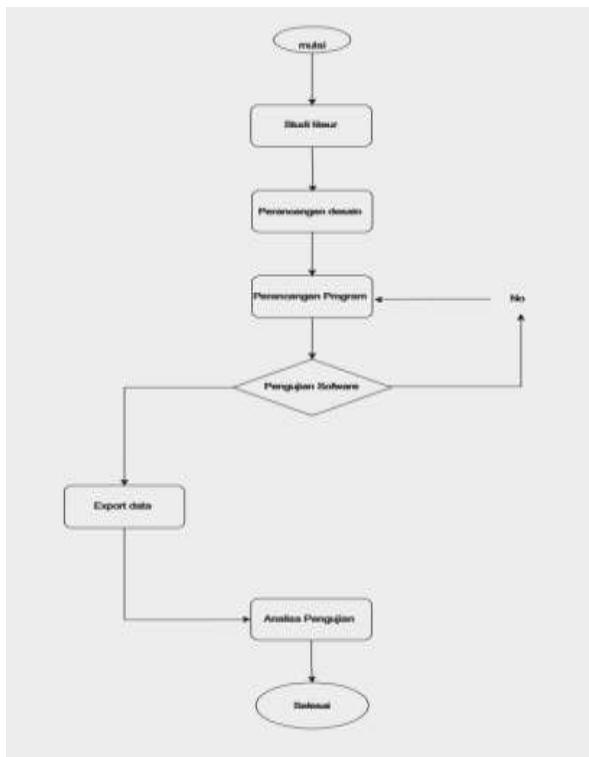
| | | | |
|---|--|---|---|
| | | | <p>keterbatasan daya komputasi dan memori bisa menjadi tantangan.</p> <p>Kecepatan</p> <p>Respons: Sistem mungkin tidak selalu mampu merespons dalam waktu nyata jika ada terlalu banyak aturan fuzzy yang harus diproses secara</p> |
| 4 | Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Bibit Ikan Nila Menggunakan Algoritma Decision Tree | Menggunakan Algoritma Decision Tree dalam monitoring air kolam. | Algoritma decision tree cenderung bekerja lebih baik dalam kasus-kasus di mana hubungan antara variabel input (misalnya pH, suhu, oksigen terlarut) dan output (kualitas air) relatif sederhana dan linier. Variabilitas yang kompleks atau non-linier dalam kualitas air dapat membuat prediksi menjadi tidak konsisten atau kurang akurat |
| 5 | PENGARUH KUALITAS AIR TERHADAP PERTUMBUHAN | Mempunyai metode | Alat yang memiliki |

| | | | |
|----|---|---|--|
| | IKAN NILA NIRWANA (Oreochromis sp.) PADA TAMBAK PAYAU | mengukur nilai dari ph air tambak payau | kekurangan pada tempat alat yang dipakai. |
| 6 | Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Budidaya Menggunakan Aquaculture Water Monitoring System Using Wireless Sensor | Dengan menggunakan metode aquaculture water monitoring. | Kurangnya sinyal pada system wireless. |
| 7 | Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu Dan Ph Pada Budidaya Ikan Nila | Merancang monitoring suhu menggunakan metode manual. | Kekurangan rancangan pada system monitoring . |
| 8 | SISTEM MANAJEMEN AKUAKULTUR BIOFLOK MENGGUNAKAN LoRa BERBASIS IoT | Menggunakan system manajemen akuakultur berbasis lora. | Kurangnya sinyal dengan menggunakan lora. |
| 9 | Sistem Monitoring Kualitas Air pada Budidaya Perikanan Berbasis IoT dan Manajemen Data | Menggunakan metode manajemen data . | Kurangnya efisien data yang kurang akurat. |
| 10 | Pembesaran Ikan Nila (Oreochromis niloticus) dengan Sistem Bioflok | Menggunakan metode Oreochromis niloticus. | Pada system oreochromis niloticus dengan kekurangan data kurang efektif. |

Bab 3. Metodologi Penelitian

3.1. Flowchart Penelitian

Dalam penelitian ini akan dibangun pengembangan sistem monitoring kualitas air kolam ikan nila metode fuzzy. Untuk membangun sistem ini diperlukan beberapa tahapan mulai dari identifikasi masalah, studi literatur, identifikasi kebutuhan, perancangan sistem, pengujian sistem, analisa hasil sistem, dan yang terakhir kesimpulan. Berikut adalah gambar *flowchart* untuk perancangan ini hal yang dilakukan yaitu:



Gambar 13. *Flowchart* Perancangan Aplikasi Android

Pada gambar 13 adalah melakukan studi literatur, lalu melakukan perancangan design, Setelah perancangan design akan dilanjutkan dengan

perancangan program. Ketika selesai melakukan perancangan program, pengguna melakukan pengujian software yang telah dibuat. Jika pengujian tidak berhasil maka melakukan perancangan program kembali, tetapi jika pengujian berhasil maka melanjutkan pengiriman data monitoring ke aplikasi android, setelah pengiriman data berhasil tahap akhir dilakukan analisa pengujian.

3.1.1. Perancangan Design Aplikasi

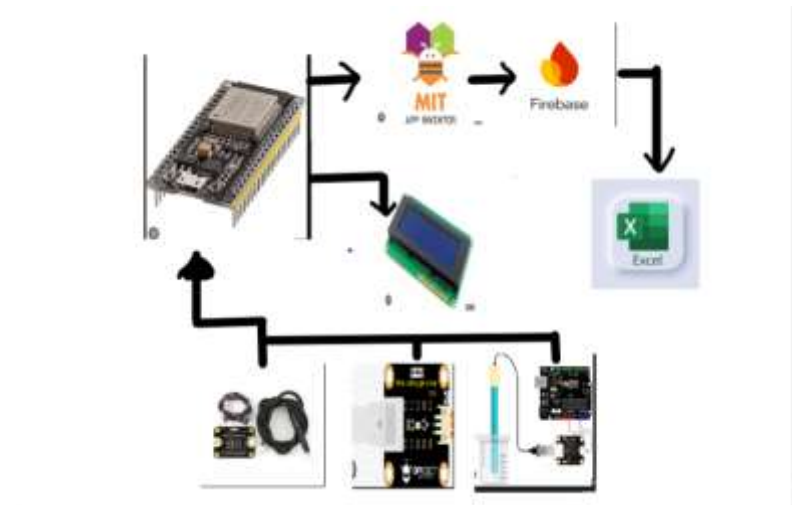
Berikut pada gambar 14 adalah perancangan design kontrol dan Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Proses Pembudidayaan Ikan Nila:



Gambar 14. Perancangan Aplikasi Android

3.1.2 Perancangan Topologi Jaringan IOT

Pada gambar 15 menunjukkan alur proses sistem yang akan digunakan pada penelitian ini, yang bertujuan untuk mempermudah gambaran awal sistem sebelum dilakukan perancangan langsung.pada Esp32 terhubung dengan 3 sensor ph,do,dan tds mengirimkan data ukur dan menampilkan ke lcd 20x4. Agar esp32 terhubung ke internet dibutuhkan layanan WiFi, sehingga nilai output dapat dikirimkan ke aplikasi monitoring yang telah dibuat menggunakan Mit app inventor. Nilai output sensor juga dapat dilihat pada layar lcd 20x4. Selain itu data hasil pembacaan sensor juga akan tersimpan pada Firebase Realtime Database, sehingga pengguna dapat menganalisis data tersebut.



Gambar 15.Topologi Jaringan IOT

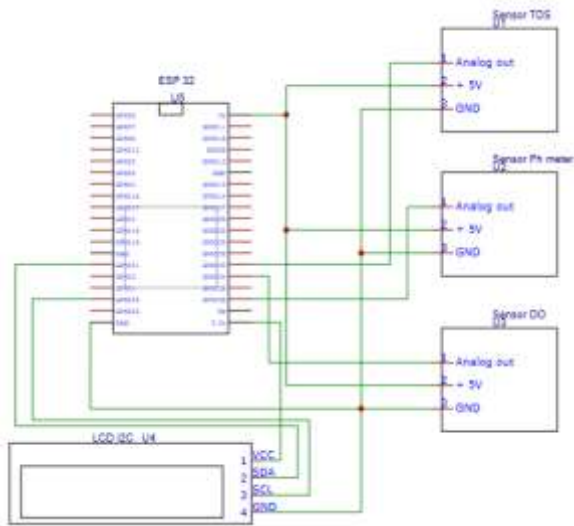
Alur Pada Topologi lot diatas sebagai berikut :

Tabel 2. Alur topologi lot

| NO | Nama | |
|----|---------------------|---|
| 1 | Esp 32 | 1. Membaca nilai sensor 2. Menggunakan logika fuzzy Mamdani untuk menilai kualitas kolam 3. Menampilkan hasil ke LCD 16x2 4. Mengirim data ke Firebase via WiFi |
| 2 | LCD 16x4 | 1. Menampilkan informasi langsung: 2. Nilai pH, DO, TDS, suhu 3. Kualitas kolam (baik / cukup baik / tidak baik) |
| 3 | Firestore | 1. Menyimpan data sensor secara real-time 2. Menghubungkan ESP32 ke aplikasi Android (App Inventor) |
| 4 | MIT App Inventor | 1. Mengakses Firestore dan menampilkan data sensor di HP pengguna 2. Bisa menambahkan fitur alarm notifikasi |
| 5 | Excel/Google Sheets | 1. Data dari Firestore bisa diekspor 2. Digunakan untuk: 3. Grafik historis (line chart) 4. Analisis statistik (mean, max, min, std) 5. Laporan monitoring kualitas kolam |

3.1.4. Perancangan Elektrikal

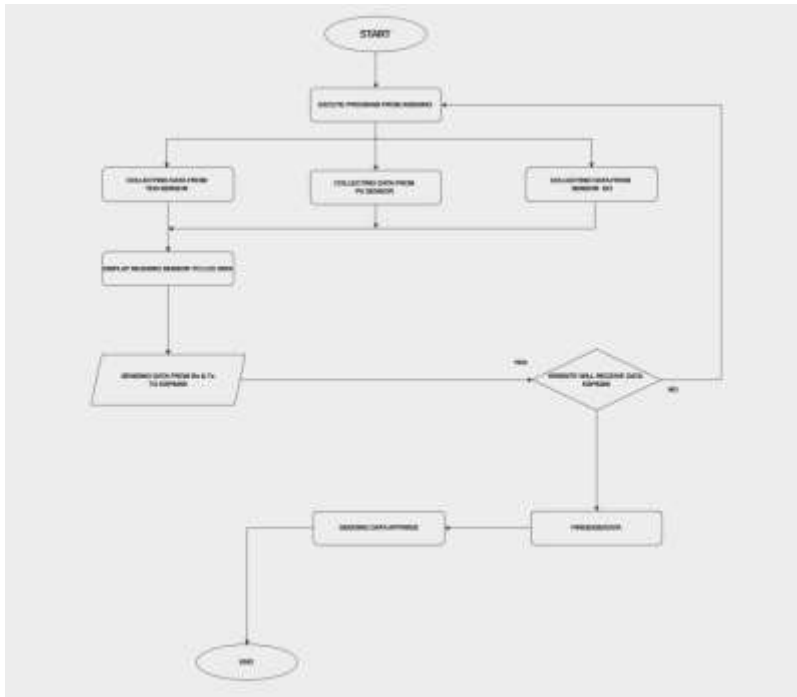
Perancangan elektrikal menggunakan *software Proteus* dan pemasangan wiring dilakukan pada setiap komponen dan sensor yang ada pada sistem monitoring kualitas air kolam ikan nila. Sensor-sensor yang digunakan dirangkai terhubung dengan Arduino Uno dan komponen-komponen lainnya, seperti ESP32, power supply, dan LCD 20X4. dibuat lebih jelas :



Gambar 16. Perancangan Elektrikal

3.1.5. Flowchart Sistem Kerja

Proses flowchart adalah suatu metode yang digunakan untuk menyajikan dalam bentuk bagaiann alur atau sekuensi aktual serangkaian peristiwa dalam proses atau layanan yang diberikan. Untuk melakukan koneksi dari Arduino Uno Mengirimkan ke Esp32 dan Mengirimkan Database Ke Aplikasi Android, berikut adalah alur flowchartnya :



Gambar 17.Flowchart Sistem Kerja

3.1.6. Perancangan Mekanikal

Pada perancangan Mekanikal ini suatu Gambar 18 tempat alat tersebut diletakkan ,sebagai berikut:



Gambar 18.Perancangan desain Mekanikal

3.2. Alat dan Bahan

Pada tahap ini merupakan rincian alat dan bahan yang akan digunakan pada perancangan Pengembangan Sistem Monitoring Air Kolam Ikan Nila menggunakan Aplikasi Android. Dalam rinciannya juga terdapat estimasi biaya pada Alat dan bahan yang akan digunakan.

Tabel 3.Estimasi Biaya

| No. | Alat/bahan | Harga Satuan (Rp.) | Jumlah | Total (Rp.) | Keterangan ¹ |
|-----|-------------|--------------------|--------|-------------|-------------------------|
| 1 | Adaptor 12V | 43.500 | 1 | 43.500 | Dari kampus |
| 2 | Esp32 | 46.300 | 1 | 46.300 | Dari kampus |
| 3 | Sensor Tds | 215.000 | 1 | 215.000 | Dari kampus |
| 4 | Sensor Do | 199.900 | 1 | 199.900 | Dari kampus |
| 5 | Sensor Ph | 555.000 | 1 | 555.000 | Dari kampus |
| 6 | MCB | 45.000 | 2 | 90.000 | Dari kampus |

| | | | | | |
|---|-------------|--------|---|-----------|-------------|
| 7 | Stop Kontak | 17.000 | 1 | 17.000 | Dari kampus |
| | Total | | | 1.166.700 | |

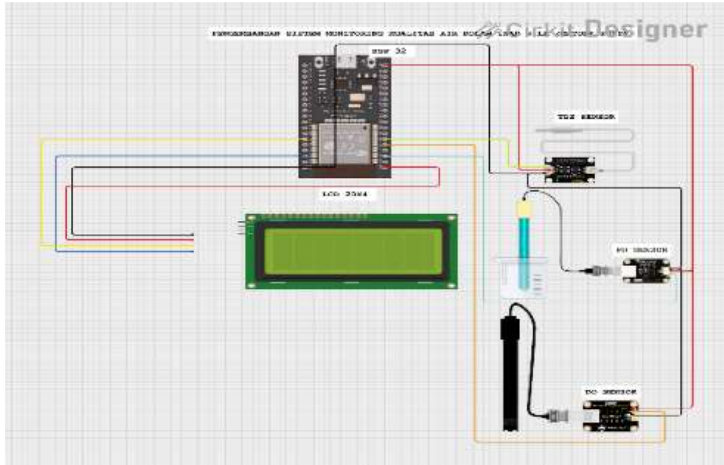
3.3 Perancangan Sistem

3.3.1 Perancangan Elektrikal

Pada gambar 19 merupakan rangkaian elektrikal yang digunakan pada perancangan tugas akhir ini. Adapun komponen yang digunakan pada rangkaian elektrikal ini seperti, mikrokontroler ESP32, Base ESP32, Sensor Ph, Sensor Do, Sensor TDS, dan LCD 20x4. Berikut adalah tabel koneksi pin komponen dengan Base ESP 32:

Tabel 4. Perancangan Komponen

| Komponen | Pin Pada Komponen | Pin Pada Base ESP 32 |
|-----------------|--------------------------|-----------------------------|
| Sensor PH | VCC | 3.3V |
| | GND | GND |
| | DATA | PIN 36 |
| | | |
| Sensor Do | VCC | 3.3V |
| | GND | GND |
| | DATA | PIN 34 |
| | | |
| Sensor TDS | VCC | 3.3V |
| | GND | GND |
| | DATA | PIN 35 |
| LCD 20X4 | | |
| | GND | GND |
| | VCC | 5 V |
| | SDA | 21 |
| | SCL | 22 |

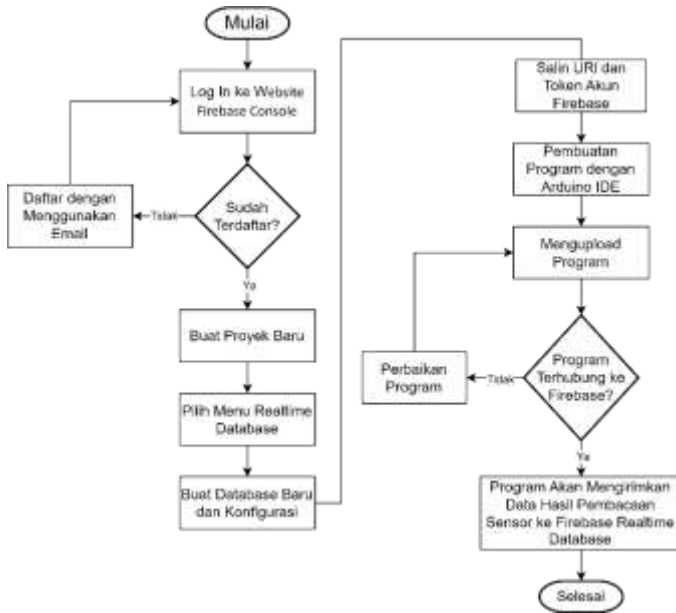


Gambar 19. Elektrical Circuit

3.3.2 Flowchart Perancangan Database di Firebase Realtime Database

Untuk membuat dan menghubungkan Firebase Realtime Database dengan ESP32, pengguna harus masuk ke situs web *Firebase Console*. Jika pengguna belum terdaftar, maka perlu mendaftar menggunakan email terlebih dahulu. Setelah berhasil masuk, pengguna harus membuat proyek baru. Setelah proyek berhasil dibuat, pilih Realtime Database pada menu di samping kiri lalu membuat database baru serta melakukan konfigurasi. Selanjutnya, pengguna harus menyalin URL dan token akun Firebase yang akan digunakan dalam program Arduino IDE.

Pengguna kemudian melanjutkan membuat program dengan Arduino IDE yang akan digunakan untuk menghubungkan ESP32 ke Firebase. Pada pembuatan pemrograman, pengguna perlu memasukkan URL dan token akun Firebase yang di salin sebelumnya serta memasukkan nama dan password WiFi pengguna. Setelah program dibuat, pengguna harus mengupload program tersebut ke ESP8266. Pengguna perlu memeriksa apakah program tersebut berhasil terhubung ke Firebase. Jika tidak, maka perlu dilakukan perbaikan pada program tersebut. Namun, jika program berhasil terhubung, maka program tersebut akan mulai mengirimkan data hasil pembacaan sensor ke Firebase Realtime Database.



Gambar 20. Flowchart Perancangan Database

3.4 Perancangan Metode Fuzzy Mamdani

3.4.1 Fuzzifikasi

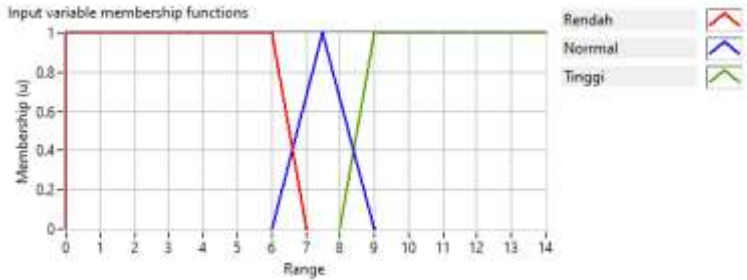
Pada proses metode Fuzzy Mamdani, langkah awal adalah pembentukan himpunan fuzzy yang juga dikenal sebagai fuzzifikasi. Dalam penelitian ini akan dibentuk fungsi keanggotaan yang terdiri dari 3 variabel input yaitu ph , do , tds dengan output pada 3 sensor tersebut adalah baik dan buruk. Berikut adalah fungsi keanggotaan yang akan digunakan pada penelitian ini:

A.PH (Keasaman Air)

Rendah: $PH < 7$

Normal: $6-9$

Tinggi: $PH > 9$



Gambar 21.Membership Funcation PH

1.PH Rendah

$$\mu_{pH \text{ Rendah}}(\alpha) \begin{cases} 0, & \alpha \geq 7 \\ \frac{7-\alpha}{7-6}, & 6 \leq \alpha \leq 7 \\ 1, & \alpha \leq 6 \end{cases} \quad (1)$$

2.PH Normal

$$\mu_{pH \text{ Normal}}(\alpha) \begin{cases} 0, & \alpha \leq 6 \text{ or } \alpha \geq 9 \\ \frac{\alpha-6}{7.5-6}, & 6 \leq \alpha < 7.5 \\ \frac{9-\alpha}{9-7.5} & 7.5 \leq \alpha \leq 9 \end{cases} \quad (2)$$

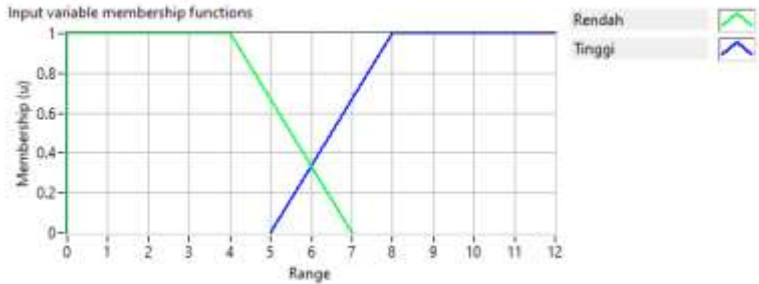
3. PH Tinggi

$$\mu_{pH \text{ Tinggi}}(\alpha) \begin{cases} 0, & \alpha \leq 8 \\ \frac{\alpha-8}{9-8}, & 8 \leq \alpha \leq 9 \\ 1, & \alpha \geq 9 \end{cases} \quad (3)$$

B.DO (Dissolved Oxygen)

Rendah : DO < 7 mg/L

Tinggi : DO > 8mg/L



Gambar 22. Membership Funcation Do

1. DO Rendah

$$\mu_{Do Rendah}(\alpha) \begin{cases} 0, & \alpha \geq 7 \\ \frac{7-\alpha}{7-4} & 4 \leq \alpha \leq 7 \\ 1, & \alpha \leq 4 \end{cases} \quad (4)$$

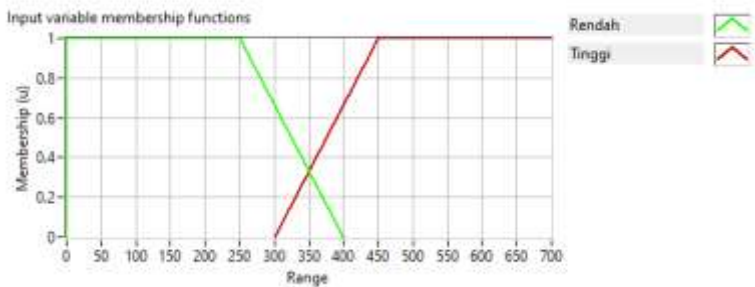
2. DO Tinggi

$$\mu_{DO Tinggi}(\alpha) \begin{cases} 0, & \alpha \leq 5 \\ \frac{\alpha-5}{8-5} & 5 \leq \alpha \leq 8 \\ 1, & \alpha \geq 8 \end{cases} \quad (5)$$

C. TDS

Rendah: <400 PPM

Tinggi: >450 PPM

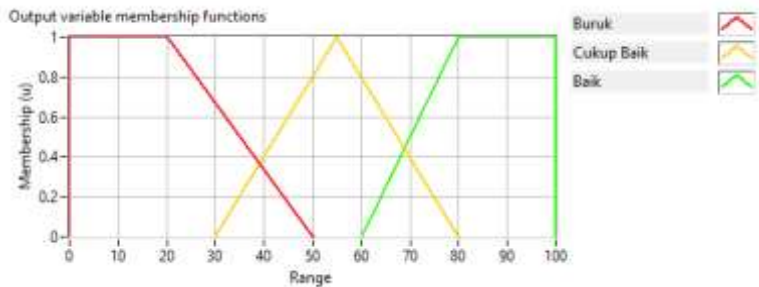


Gambar 23. Membership Funcation TDS

$$1. TDS Rendah \quad \mu_{TDS Rendah}(\alpha) \begin{cases} 0, & \alpha \geq 400 \\ \frac{400-\alpha}{400-250} & 250 \leq \alpha \leq 400 \\ 1, & \alpha \leq 250 \end{cases} \quad (6)$$

$$2. TDS Tinggi \quad \mu_{TDS Tinggi}(\alpha) \begin{cases} 0, & \alpha \leq 300 \\ \frac{\alpha-300}{450-300} & 300 \leq \alpha \leq 450 \\ 1, & \alpha \geq 450 \end{cases} \quad (7)$$

D. Fungsi Output Dari Fuzzy (Kualitas Kolam)



Gambar 24. Membership Function Output Fuzzy

1. Kolam dengan Status (Buruk): Dengan Nilai Output 0-50
(Kondisi Air Tidak ideal untuk ikan Nila)

$$\mu_{Buruk}(\alpha) \begin{cases} 0, & \alpha \geq 50 \\ \frac{50-\alpha}{50-20} & 20 \leq \alpha \leq 50 \\ 1, & \alpha \leq 20 \end{cases} \quad (8)$$

2. Kolam dengan Status (Cukup Baik): Dengan Nilai Output 30-80
(Kondisi Air Sesuai Kebutuhan Ikan Nila output :)

$$\mu_{Cukup\ Baik}(\alpha) \begin{cases} 0, & \alpha \leq 30 \text{ or } \alpha \geq 80 \\ \frac{\alpha - 30}{55 - 30} & 30 \leq \alpha \leq 55 \\ \frac{80 - \alpha}{80 - 55} & 55 \leq \alpha \leq 80 \end{cases} \quad (9)$$

3. Kolam dengan Status (Baik): Dengan Nilai Output 80-100
(Kondisi Air Sesuai Kebutuhan Ikan Nila)

$$\mu_{Baik}(\alpha) \begin{cases} 0, & \alpha \leq 60 \\ \frac{\alpha - 60}{80 - 60} & 60 \leq \alpha \leq 80 \\ 1, & \alpha \geq 80 \end{cases} \quad (10)$$

Dengan output 3 Sistem fuzzy Dari 3 Sensor yang terdiri dari:PH SENSOR, DO SENSOR, TDS SENSOR Dan terdiri dari 3 Sensor yang untuk Mengukur Kadar air didalm kolam tersebut.

3.4.2 Basis Aturan (*Rule Base*)

- [R1] Jika pH Rendah dan TDS Rendah dan DO Rendah, maka Kualitas Kolam = Buruk
- [R2] Jika pH Rendah dan TDS Rendah dan DO Tinggi, maka Kualitas Kolam = Cukup Baik.
- [R3] Jika pH Rendah dan TDS Tinggi dan DO Rendah, maka Kualitas Kolam = Buruk
- [R4] Jika pH Rendah dan TDS Tinggi dan DO Tinggi, maka Kualitas Kolam = Buruk
- [R5] Jika pH Normal dan TDS Rendah dan DO Rendah, maka Kualitas Kolam = Cukup Baik.
- [R6] Jika pH Normal dan TDS Rendah dan DO Tinggi, maka Kualitas Kolam = Baik.
- [R7] Jika pH Normal dan TDS Tinggi dan DO Rendah, maka Kualitas Kolam = Cukup Baik.
- [R8] Jika pH Normal dan TDS Tinggi dan DO Tinggi, maka Kualitas Kolam = Cukup Baik.

- [R9] Jika pH Tinggi dan TDS Rendah dan DO Rendah, maka Kualitas Kolam = Buruk.
- [R10] Jika pH Tinggi dan TDS Rendah dan DO Tinggi, maka Kualitas Kolam = Cukup Baik.
- [R11] Jika pH Tinggi dan TDS Tinggi dan DO Rendah, maka Kualitas Kolam = Buruk
- [R12] Jika pH Tinggi dan TDS Tinggi dan DO Tinggi, maka Kualitas Kolam = Buruk.

3.4.3 Aplikasi Fungsi Implikasi

Setelah pembentukan aturan fuzzy, maka langkah selanjutnya adalah menentukan fungsi implikasi. Pada metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah min yaitu:

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[x],) \quad (1)$$

Dimana $\mu_A[x]$ adalah derajat keanggotaan x dari himpunan fuzzy A pada aturan ke-i dan $\mu_B[x]$ adalah derajat keanggotaan x dari himpunan fuzzy B pada aturan ke-i.

3.4.4 Komposisi Aturan

Setelah mendapatkan hasil dari aplikasi fungsi implikasi dari setiap aturan, langkah selanjutnya adalah melakukan komposisi antar semua aturan dengan metode max. Proses komposisi aturan dengan metode max yaitu:

$$\mu_{sf}[X_i] = \max(\mu_{sf}[X_i], \mu_{kf}[X_i]) \quad (2)$$

Dimana $\mu_{sf}[X_i]$ adalah nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke i dan $\mu_{kf}[X_i]$ = nilai keanggotaan konsekuan fuzzy aturan ke i.

3.4.5 Defuzzifikasi

Langkah terakhir pada proses ini yaitu defuzzifikasi atau disebut juga tahap penegasan. Defuzzifikasi yang akan digunakan pada penelitian ini adalah dengan metode centroid. Berikut adalah rumus defuzzifikasi dengan metode centroid:

$$\frac{\int_b^z \mu(z) dz}{\int_b^a \mu(z) dz} \quad (3)$$

Dimana z^* adalah nilai hasil defuzzifikasi kemudian z adalah nilai output pada aturan ke- i dan $\mu(z)$ adalah derajat keanggotaan nilai output pada aturan ke- i .

Bab 4. Hasil Dan Pembahasan

4.1. Hasil Kalibrasi Pengujian Sensor

4.1.1 Hasil Kalibrasi Pengujian Sensor pH

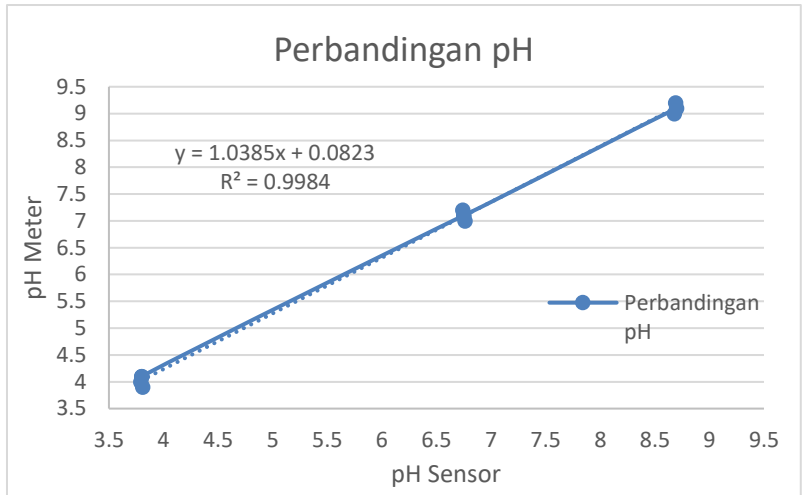
Tabel 5. Hasil Kalibrasi Pengujian Sensor Ph

| Buffer pH | Pembacaan Sensor | Pembacaan Alat Teruji | Error (Selisih) |
|-----------|------------------|-----------------------|-----------------|
| 4 | 3.8 | 4.1 | -0.3 |
| 4 | 3.79 | 4 | -0.21 |
| 4 | 3.81 | 3.9 | -0.09 |
| 4 | 3.8 | 4.1 | -0.3 |
| 7 | 6.75 | 7.1 | -0.35 |
| 7 | 6.76 | 7 | -0.24 |
| 7 | 6.74 | 7.2 | -0.46 |
| 7 | 6.75 | 7.1 | -0.35 |
| 9 | 8.7 | 9.1 | -0.4 |
| 9 | 8.68 | 9 | -0.32 |
| 9 | 8.69 | 9.2 | -0.51 |
| 9 | 8.7 | 9.1 | -0.4 |

Pada table 5 ini Melakukan ,Dalam pengujian ini, saya melakukan kalibrasi dan validasi terhadap sensor pH menggunakan larutan buffer standar dengan nilai pH 4, 7, dan 9. Setiap buffer diuji beberapa kali untuk memperoleh data yang lebih konsisten dan representatif. Kolom "Pembacaan Sensor" merupakan data yang dihasilkan oleh sensor pH buatan atau rakitan saya, sementara "Pembacaan Alat Teruji" menunjukkan nilai pH yang diperoleh dari alat ukur pH yang telah dikalibrasi dan diakui keakuratannya. Untuk menilai tingkat keakuratan sensor, saya menghitung nilai error atau selisih antara pembacaan sensor dengan alat teruji. Dari hasil tersebut, saya menemukan bahwa sensor cenderung membaca nilai pH yang lebih rendah dibandingkan alat teruji. Hal ini tercermin dari nilai error

yang seluruhnya bernilai negatif, dengan rata-rata error yang semakin besar saat nilai buffer pH meningkat. Misalnya, pada buffer pH 4, selisih rata-rata berkisar antara -0.09 hingga -0.3, sedangkan pada buffer pH 9, selisihnya mencapai -0.51.

Berdasarkan data ini, saya menyimpulkan bahwa meskipun sensor dapat membaca perubahan pH secara konsisten, namun terdapat penyimpangan tetap terhadap nilai acuan. Oleh karena itu, perlu dilakukan kompensasi nilai pembacaan menggunakan pendekatan regresi linier, sehingga pembacaan sensor bisa lebih mendekati nilai yang seharusnya.



Gambar 25. Perbandingan pH

y = Nilai pH hasil kalibrasi

x = Nilai pembacaan sensor pH

1.0385 = kemiringan garis menunjukkan seberapa besar y berubah tiap kenaikan 1 pada x

0.0823 = titik potong sumbu y nilai saat x = 0

1. Pembacaan sensor pH 3.8

$$y = 1.0385 \times 3.8 + 0.0823 = 3.96$$

Selisih awal = $3.8 - 4.1 = -0.3$

Selisih menggunakan rumus = $3.96 - 4.1 = -0.14$

2. Pembacaan sensor 6.74

$$y = 1.0385 x 6.74 + 0.0823 = 7.08$$

Selisih awal = $6.74 - 7.2 = -0.46$

Selisih menggunakan rumus = $7.08 - 7.2 = -0.12$

3. Pembacaan sensor 8.7

$$y = 1.0385 x 8.7 + 0.0823 = 9.11$$

Selisih awal = $8.7 - 9.1 = -0.4$

Selisih menggunakan rumus = $9.11 - 9.1 = 0.1$

Berdasarkan hasil pengujian terhadap larutan buffer pH 4, 7, dan 9 sebanyak dua belas kali pengujian, dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor pH menunjukkan adanya deviasi terhadap nilai yang ditunjukkan oleh alat ukur pH yang telah terkalibrasi (alat teruji). Selisih atau error yang muncul bervariasi dari -0.09 hingga -0.51, dengan kecenderungan pembacaan sensor selalu lebih rendah dibandingkan alat teruji. Pada buffer pH 4, nilai error relatif kecil dan masih dalam batas toleransi, sedangkan pada buffer pH 7 dan 9, error mulai membesar, menunjukkan bahwa akurasi sensor mulai menurun pada rentang pH netral hingga basa. Walaupun terdapat selisih, pola perubahan nilai yang ditunjukkan oleh sensor tetap mengikuti arah perubahan pH larutan, yang menunjukkan bahwa sensor tetap memberikan respon yang linier terhadap perubahan pH. Hal ini menandakan bahwa sensor masih dapat diandalkan, namun memerlukan proses kalibrasi agar nilai yang terbaca lebih mendekati nilai sebenarnya.

Dari keseluruhan data, dapat disimpulkan bahwa sensor pH yang digunakan masih layak untuk digunakan dalam sistem monitoring, dengan syarat dilakukan kalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi diperlukan untuk memperbaiki kesalahan pembacaan dan meningkatkan akurasi sensor, terutama dalam aplikasi yang memerlukan ketelitian tinggi.

4.1.2 Hasil Kalibrasi Pengujian Sensor Do

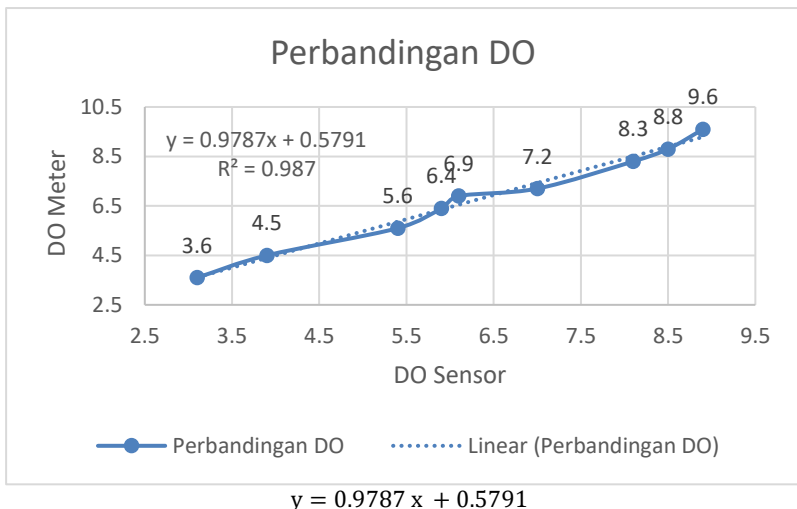
Tabel 6. Hasil Kalibrasi Sensor Do

| Pengujian ke- | Volume Larutan H ₂ O ₂ (ml) | Sensor DO (mg/L) | DO Meter Teruji (mg/L) | Error (Selisih) |
|---------------|---|------------------|------------------------|-----------------|
| 1 | 0.5 | 3.1 | 3.6 | -0.5 |

| | | | | |
|----|-----|-----|-----|------|
| 2 | 1 | 3.9 | 4.5 | -0.6 |
| 3 | 1.5 | 5.4 | 5.6 | -0.2 |
| 4 | 2 | 5.9 | 6.4 | -0.5 |
| 5 | 2.5 | 6.1 | 6.9 | -0.8 |
| 6 | 3 | 7 | 7.2 | -0.2 |
| 7 | 3.5 | 8.1 | 8.3 | -0.2 |
| 8 | 4 | 8.5 | 8.8 | -0.3 |
| 9 | 4.5 | 8.9 | 9.6 | -0.7 |
| 10 | 5 | 9.4 | 9.8 | -0.4 |
| 1 | 0.5 | 3.1 | 3.6 | -0.5 |

Tabel di atas merupakan hasil pengujian kalibrasi sensor Dissolved Oxygen (DO) dengan membandingkan pembacaan dari sensor yang diuji terhadap alat DO meter terkalibrasi yang dianggap sebagai acuan standar. Tujuan Pengujian untuk mengetahui sejauh mana akurasi sensor DO dalam mengukur kadar oksigen terlarut setelah diberikan perlakuan berupa penambahan larutan H_2O_2 (hidrogen peroksida) yang meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air.

Gambar 26. Perbandingan Do



$$y = 0.9787 x + 0.5791$$

y = Nilai DO hasil kalibrasi

x = Nilai pembacaan sensor DO

0.9787 = kemiringan garis menunjukkan seberapa besar y berubah tiap kenaikan 1 pada x

0.5791 = titik potong sumbu y nilai saat x = 0

1. Pembacaan sensor DO 3.1 (mg/l)

$$y = 0.9787 \times 3.1 + 0.5791 = 3.61$$

Selisih awal = $3.1 - 3.6 = -0.5$ (mg/l)

Selisih menggunakan rumus = $3.61 - 3.6 = 0.1$

2. Pembacaan sensor DO 6.1

$$y = 0.9787 \times 6.1 + 0.5791 = 6.61$$

Selisih awal = $6.1 - 6.9 = -0.8$ (mg/l)

Selisih menggunakan rumus = $6.61 - 6.9 = -0.35$

3. Pembacaan sensor DO 8.9

$$y = 0.9787 \times 8.9 + 0.5791 = 8.91$$

Selisih awal = $8.9 - 9.6 = -0.8$

Selisih menggunakan rumus = $8.91 - 9.6 = -0.71$

Berdasarkan hasil pengujian kalibrasi sensor *Dissolved Oxygen* (DO), terlihat bahwa sensor mampu merespons perubahan kadar oksigen terlarut dalam air yang dipengaruhi oleh penambahan larutan H_2O_2 secara bertahap. Semakin besar volume larutan H_2O_2 yang ditambahkan, semakin tinggi pula nilai DO yang terukur, baik oleh sensor maupun alat DO meter terkalibrasi. Namun demikian, dari sepuluh kali pengujian, terdapat selisih atau error antara pembacaan sensor dengan alat DO meter yang menjadi acuan standar, dengan selisih berkisar antara -0.2 hingga -0.8 mg/L. Selisih terbesar ditemukan pada pembacaan sensor 6.1 dan 8.9 yang menunjukkan perbedaan sebesar -0.8 mg/L terhadap alat teruji, yang mengindikasikan bahwa sensor belum sepenuhnya akurat dalam kondisi tertentu, khususnya pada kadar DO yang lebih tinggi. Namun, ketika hasil pembacaan sensor dikalibrasikan menggunakan persamaan regresi linear $y=0.9787x+0.5791$, nilai hasil koreksi mendekati pembacaan alat terkalibrasi. Ini menunjukkan bahwa model regresi tersebut cukup efektif dalam memperbaiki pembacaan sensor agar mendekati nilai yang sebenarnya.

Secara umum, sensor DO yang diuji memiliki kemampuan mendeteksi tren kenaikan kadar oksigen terlarut secara linier, namun tetap memerlukan kalibrasi matematis agar tingkat akurasi meningkat. Dengan menggunakan persamaan hasil kalibrasi, selisih nilai dapat ditekan secara signifikan dan hasil pengukuran menjadi lebih andal. Oleh karena itu, sensor ini masih layak digunakan dalam sistem

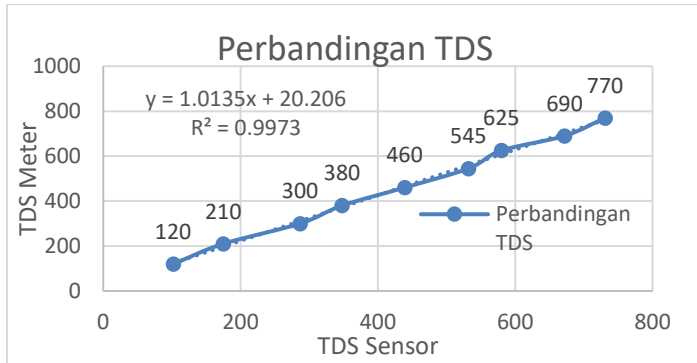
monitoring dengan syarat dikalibrasi terlebih dahulu agar dapat menghasilkan data yang lebih valid dan representatif.

4.1.3 Hasil Kalibrasi Pengujian Sensor Tds

Tabel 7. Hasil Data Kalibrasi Tds

| Uji ke | Volume Larutan NaCl (ml) | Sensor TDS (ppm) | TDS Meter Teruji (ppm) | Error (Selisih) |
|--------|--------------------------|------------------|------------------------|-----------------|
| 1 | 0.5 | 102 | 120 | -18 |
| 2 | 1 | 175 | 210 | -35 |
| 3 | 1.5 | 287 | 300 | -13 |
| 4 | 2 | 348 | 380 | -32 |
| 5 | 2.5 | 439 | 460 | -21 |
| 6 | 3 | 532 | 545 | -13 |
| 7 | 3.5 | 580 | 625 | -45 |
| 8 | 4 | 672 | 690 | -18 |
| 9 | 4.5 | 731 | 770 | -39 |

Tabel di atas merupakan hasil pengujian sensor TDS yang dilakukan dengan menggunakan larutan NaCl sebagai zat terlarut. Pengujian dilakukan sebanyak sepuluh kali dengan penambahan volume NaCl secara bertahap mulai dari 0.5 ml hingga 5 ml. Sensor TDS yang digunakan dibandingkan pembacaannya dengan alat ukur TDS yang sudah terkalibrasi dan dianggap sebagai acuan yang lebih akurat. Pada setiap tahapan pengujian, larutan NaCl ditambahkan untuk meningkatkan jumlah zat terlarut dalam air, sehingga nilai TDS seharusnya meningkat. Pembacaan dari sensor TDS kemudian dicatat dan dibandingkan dengan hasil dari alat ukur teruji. Selisih antara kedua alat tersebut ditampilkan dalam kolom terakhir sebagai error atau selisih pembacaan.



Gambar 27. Perbandingan Tds

$$y = 1.0135x + 20.206$$

y = Nilai TDS hasil kalibrasi

x = Nilai pembacaan sensor TDS

1.0135 = kemiringan garis menunjukkan seberapa besar y berubah tiap kenaikan 1 pada x

20.206 = titik potong sumbu y nilai saat x = 0

1. Pembacaan sensor TDS 102 ppm

$$y = 1.0135 \times 102 + 20.206 = 124$$

Selisih awal = $102 - 120 = -18$

Selisih menggunakan rumus = $124 - 120 = 4$

2. Pembacaan sensor TDS 348 ppm

$$y = 1.0135 \times 348 + 20.206 = 373$$

Selisih awal = $348 - 380 = -32$

Selisih menggunakan rumus = $373 - 380 = -7$

3. Pembacaan sensor TDS 348 ppm

$$y = 1.0135 \times 348 + 20.206 = 373$$

Selisih awal = $731 - 770 = -39$

Selisih menggunakan rumus = $761 - 770 = -8$

Rumus kalibrasi yang digunakan dalam pengujian ini bertujuan untuk memperbaiki akurasi pembacaan sensor TDS terhadap nilai rujukan dari alat TDS Meter yang telah teruji. Dalam hal ini, saya menggunakan model regresi linier sederhana untuk mendapatkan hubungan antara pembacaan sensor (x) dan nilai sebenarnya yang diharapkan (y).

Dari perhitungan diperoleh persamaan kalibrasi ($y = 1.0135x + 20.206$), Dalam persamaan tersebut, 1.0135 merupakan *kemiringan garis* (slope) yang menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1 satuan pada pembacaan sensor TDS akan meningkatkan nilai kalibrasi sebesar 1.0135 ppm. Artinya, sensor cenderung sedikit lebih rendah dari nilai aktual, sehingga koreksi ini membantu menaikkan hasil bacaan agar lebih mendekati nilai sebenarnya. Sedangkan 20.206 adalah *intersep* atau titik potong terhadap sumbu y, yang mengindikasikan nilai koreksi dasar ketika pembacaan sensor berada pada nol. Nilai ini menunjukkan bahwa meskipun sensor tidak membaca zat terlarut, sistem kalibrasi tetap memberikan kompensasi nilai sekitar 20 ppm untuk mengimbangi penyimpangan dasar sensor.

Dengan menggunakan rumus tersebut, hasil koreksi dari sensor bisa lebih dekat ke nilai standar. Misalnya, pada pembacaan 102 ppm, sensor awalnya menunjukkan selisih -18 dari nilai standar (102 dibanding 120). Namun setelah dikalibrasi dengan rumus, nilainya menjadi 124 ppm, sehingga hanya berselisih 4 dari nilai rujukan, dan ini menunjukkan peningkatan akurasi.

Rumus ini secara umum membantu memperbaiki deviasi yang terjadi antara pembacaan sensor dan kenyataan di lapangan. Meskipun tidak sepenuhnya menghilangkan selisih, hasil kalibrasi mampu menekan error menjadi jauh lebih kecil dan membuat sensor lebih dapat diandalkan untuk pemantauan nilai TDS di lingkungan sebenarnya.

4.1.2. Sampel Pengujian Hasil Aplikasi

Pada sub bab ini merupakan hasil pengujian yang membandingkan nilai sensor yang ditampilkan pada layar LCD 20x4 dengan nilai yang diterima dan ditampilkan pada aplikasi smartphone. Pengujian dilakukan dalam lima percobaan, dan hasil dari setiap percobaan ditampilkan dalam bentuk gambar. Pada percobaan pertama, dilakukan pengambilan data sensor dan pengiriman ke aplikasi smartphone. Gambar berikut menunjukkan nilai yang ditampilkan pada layar 20x4 dan aplikasi.



Gambar 28. Pengujian Hasil Aplikasi Percobaan 1

Selanjutnya, pada percobaan kedua, pengujian kembali dilakukan untuk mengamati keakuratan nilai yang diterima di aplikasi dibandingkan dengan layar 20x4. Hasilnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 29. Hasil Percobaan 2

Percobaan ketiga dilakukan untuk memastikan konsistensi pengiriman data sensor ke aplikasi. Nilai yang tampil pada layar 20x4 dan aplikasi ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 30.Percobaan 3

Kemudian, pada percobaan keempat, dilakukan pengujian serupa untuk membandingkan hasil pengiriman data. Gambar berikut menyajikan perbandingan nilai antara 20x4 dan aplikasi.

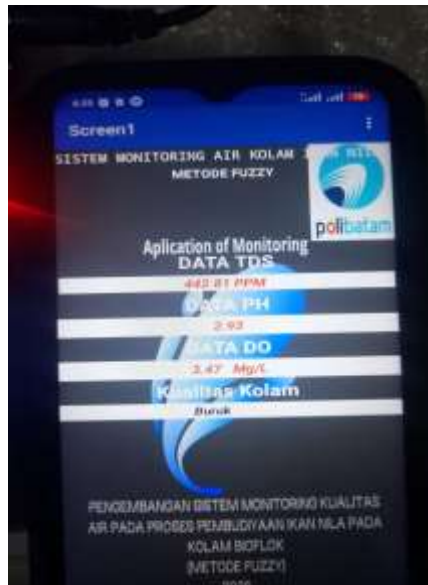


Gambar 31.Hasi Percobaan 4

Terakhir, pada percobaan kelima, pengujian dilakukan kembali untuk memvalidasi hasil pengiriman data dari sensor. Perbandingan nilai yang ditampilkan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 32. Hasil Percobaan 5



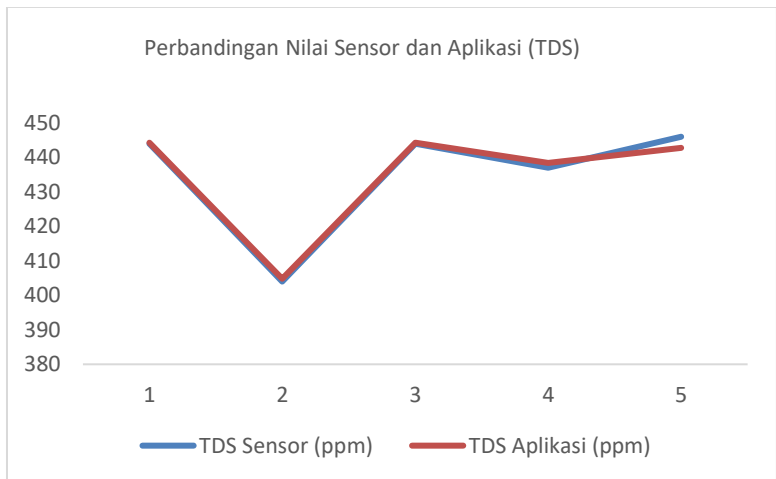
Gambar 33. Hasil Percobaan 5

Setelah semua percobaan dilakukan, nilai-nilai dari setiap percobaan dirangkum dalam tabel 8. Tabel ini menunjukkan perbandingan antara nilai sensor yang ditampilkan pada layar 20x4 dan nilai yang diterima di aplikasi monitoring.

Tabel 8.Data Hasil Percobaan

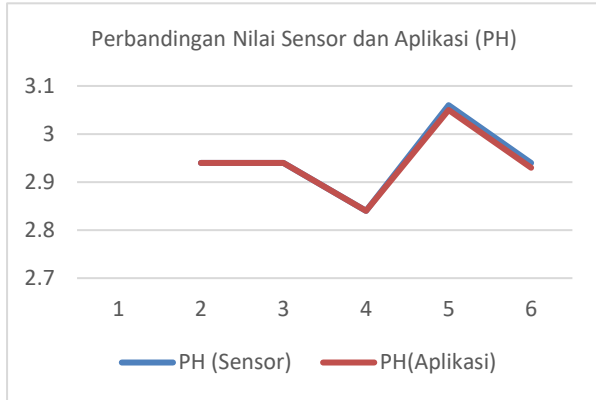
| No. | Nilai yang Dikirim oleh Sensor | | | Nilai yang Ditampilkan di Aplikasi | | |
|-----|--------------------------------|------|-----------|------------------------------------|------|-----------|
| | TDS (ppm) | PH | DO (mg/L) | TDS (ppm) | PH | DO (mg/L) |
| 1 | 444 | 2.94 | 3.60 | 444.28 | 2.94 | 3.6 |
| 2 | 404 | 2.94 | 3.44 | 404.82 | 2.94 | 3.44 |
| 3 | 444 | 2.84 | 3.23 | 444.28 | 2.84 | 3.23 |
| 4 | 437 | 3.06 | 3.37 | 438.42 | 3.05 | 3.37 |
| 5 | 446 | 2.94 | 3.64 | 442.81 | 2.93 | 3.47 |

Pada Gambar 34 dibawah ini Menunjukkan Bahwa Perbandingan Nilai Yang dibaca pada sensor dan Aplikasi ,Untuk Perbandingan Nilai (TDS), berikut :



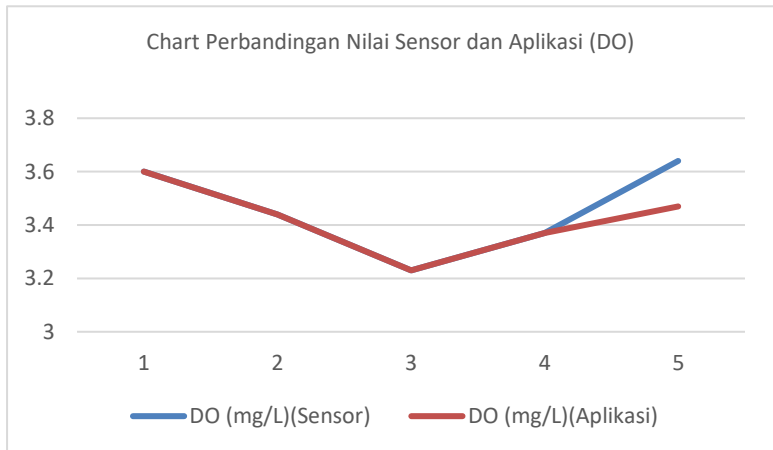
Gambar 34.Perbandingan Nilai Sensor Dan Aplikasi (TDS)

Pada Gambar 34 dibawah ini Menunjukkan Bahwa Perbandingan Nilai Yang dibaca pada sensor dan Aplikasi, Untuk Perbandingan Nilai (PH), berikut :



Gambar 35. Perbandingan Nilai Sensor Dan Aplikasi (PH)

Pada Gambar 36 dibawah ini Menunjukkan Bahwa Perbandingan Nilai Yang dibaca pada sensor dan Aplikasi , Untuk Perbandingan Nilai (Do) , berikut:



Gambar 36. Perbandingan Nilai sensor dan aplikasi (Do)

4.1.4. Pengambilan data dengan website MIT

Pada Data Dibawah ini diambil pada Aplikasi android dengan Yang didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 9.Pengambilan Data MIT

| pH | DO (mg/L) | TDS (PPM) | Kategori |
|-----|-----------|-----------|------------|
| 6.6 | 6.6 | 450 | Cukup Baik |
| 6.4 | 5.6 | 470 | Cukup Baik |
| 7 | 7.3 | 250 | Baik |
| 6.9 | 8.1 | 200 | Baik |
| 6.5 | 5.5 | 440 | Cukup Baik |

4.1.5 Pengujian Delay Ke Database

Hasil pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi waktu pengiriman data sensor ke database. Pengujian dilakukan dengan mencatat waktu yang tersimpan di database firebase. Berikut adalah tabel hasil pengujiannya:

Tabel 10.Pengujian Data Delay Database

| Timestamp | pH | DO (mg/L) | TDS (PPM) | Kategori |
|----------------|-----|-----------|-----------|------------|
| 6/8/2025 20:50 | 6.6 | 6.6 | 450 | Cukup Baik |
| 6/8/2025 20:51 | 6.4 | 5.6 | 470 | Cukup Baik |
| 6/8/2025 20:52 | 7 | 7.3 | 250 | Baik |
| 6/8/2025 20:53 | 6.9 | 8.1 | 200 | Baik |
| 6/8/2025 20:54 | 6.5 | 5.5 | 440 | Cukup Baik |
| 6/8/2025 20:55 | 6.3 | 6.4 | 395 | Cukup Baik |

Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata selisih waktu pengiriman data ke database adalah 1 Menit. Hal ini terjadi karena dipengaruhi oleh kondisi jaringan internet yang digunakan selama pengujian.

4.1.6 Pengujian Data Fuzzy Mamdani

Hasil pengujian fuzzy mamdani ini memaparkan hasil perhitungan yang dilakukan oleh sistem yang telah dirancang, didapatkan dengan menggunakan aplikasi pada tabel berikut.

Tabel 11. Hasil Data

| Timestamp | pH | DO (mg/L) | TDS (PPM) | Kategori |
|----------------|-----|-----------|-----------|------------|
| 6/8/2025 20:50 | 6.6 | 6.6 | 450 | Cukup Baik |
| 6/8/2025 20:51 | 6.4 | 5.6 | 470 | Cukup baik |
| 6/8/2025 20:52 | 7 | 7.3 | 250 | Baik |
| 6/8/2025 20:53 | 6.9 | 8.1 | 200 | Baik |
| 6/8/2025 20:54 | 6.5 | 5.5 | 440 | Cukup Baik |
| 6/8/2025 20:55 | 6.3 | 6.4 | 395 | Cukup Baik |
| 6/8/2025 20:56 | 7.2 | 7.8 | 220 | Baik |
| 6/8/2025 20:57 | 6.8 | 5.3 | 490 | Cukup Baik |
| 6/8/2025 20:58 | 7.2 | 7.5 | 275 | Baik |
| 6/8/2025 20:59 | 7 | 7.1 | 260 | Baik |
| 6/8/2025 21:00 | 6.5 | 6.5 | 400 | Cukup Baik |
| 6/8/2025 21:01 | 6.7 | 5.7 | 460 | Cukup Baik |
| 6/8/2025 21:02 | 6.4 | 6.1 | 410 | Cukup Baik |
| 6/8/2025 21:03 | 6.3 | 6.7 | 370 | Cukup Baik |
| 6/8/2025 21:04 | 6.8 | 7.4 | 180 | Baik |
| 6/8/2025 21:05 | 6.6 | 5.8 | 420 | Cukup Baik |
| 6/8/2025 21:06 | 6.9 | 6.9 | 480 | Cukup Baik |
| 6/8/2025 21:07 | 6.2 | 4.8 | 510 | Buruk |
| 6/8/2025 21:08 | 6.6 | 6 | 430 | Cukup Baik |
| 6/8/2025 21:09 | 7.1 | 7.6 | 270 | Baik |
| 6/8/2025 21:10 | 6.7 | 6.3 | 310 | Cukup Baik |

| | | | | |
|----------------|-----|-----|-----|------------|
| 6/8/2025 21:11 | 6.7 | 6.8 | 350 | Cukup Baik |
| 6/8/2025 21:12 | 7.6 | 6.1 | 530 | Buruk |
| 6/8/2025 21:13 | 6.5 | 5.9 | 460 | Cukup Baik |
| 6/8/2025 21:14 | 6 | 4.5 | 600 | Buruk |
| 6/8/2025 21:15 | 5.9 | 4.2 | 550 | Buruk |
| 6/8/2025 21:16 | 6.9 | 7.2 | 240 | Baik |
| 6/8/2025 21:17 | 6.1 | 4 | 520 | Buruk |
| 6/8/2025 21:18 | 7.3 | 7.7 | 290 | Baik |
| 6/8/2025 21:19 | 7.3 | 7.7 | 290 | Baik |

Berdasarkan pada table 11 hasil pengukuran air kolam ikan pada hari 6 Agustus 2025 pukul 20:50 sampai 21:19, diperoleh data parameter pH, DO, dan TDS yang kemudian dianalisis menggunakan sistem fuzzy. Dari seluruh 30 data yang didapat, sebagian besar kondisi air tergolong "Cukup Baik", yang artinya parameter air masih dalam batas toleransi untuk budidaya ikan nila. Sisa data dibedakan dalam kategori "Baik", yang menunjukkan kondisi optimal, dan beberapa data termasuk dalam kategori "Buruk", yang menunjukkan kualitas air tidak ideal dan harus dilakukan perbaikan. Hasil ini menunjukkan dinamika kualitas air kolam yang perlu diberikan perhatian dan dipantau secara berkala untuk menjaga kesehatan ikan.

Tabel 12. Hasil Data pengujian fuzzy mamdani

| No | pH | DO (mg/L) | TDS (PPM) | Sistem Fuzzy | Labview | Error | % Error |
|------------|-----|-----------|-----------|--------------|---------|-------|---------|
| 1 | 6.6 | 6.6 | 450 | 54.95 | 54.97 | 0.02 | 0.04% |
| 2 | 6.4 | 5.6 | 470 | 23.74 | 23.78 | 0.04 | 0.17% |
| 3 | 7.2 | 7.5 | 275 | 81.7 | 81.77 | 0.07 | 0.09% |
| 4 | 6.9 | 8.1 | 200 | 77.74 | 77.76 | 0.02 | 0.04% |
| 5 | 6.2 | 4.8 | 510 | 21.38 | 21.48 | 0.10 | 0.47% |
| 6 | 6.8 | 5.3 | 490 | 54.83 | 54.98 | 0.15 | 0.27% |
| Rata- Rata | | | | | | 0.08 | 0.20% |

Tabel 12 di atas menunjukkan hasil perbandingan antara keluaran Sistem Fuzzy dan LabVIEW dalam mengukur kualitas air kolam berdasarkan parameter pH, DO, dan TDS untuk enam contoh. Setiap baris menuliskan nilai keluaran dari dua sistem, serta nilai nilai

Error Absolut dan Percentage Error (% Error). Dari hasil yang dipresentase, nilai Error Absolut bervariasi antara 0.02 hingga 0.15, sedangkan nilai Persentase Error berada dalam rentang 0.04% hingga 0.47%. Rata-rata nilai Error Absolut adalah 0.08, dan rata-rata Persentase Error adalah 0.20%, yang menunjukkan bahwa perbedaan antara keluaran Sistem Fuzzy dan *LabVIEW* sangat kecil. Hal ini menunjukkan bahwa Sistem Fuzzy yang dibangun memiliki tingkat akurasi tinggi dan memenuhi Lebih dari 96% dari hasil *LabVIEW* sebagai sistem referensi. Maka dari itu, sistem fuzzy dapat diandalkan dalam melakukan klasifikasi kualitas air kolam secara otomatis dan efisien.

Untuk menghitung % Error pada tabel tersebut, kita gunakan rumus berikut:

$$\text{persentase error} = \left(\frac{\text{Sistem Fuzzy} - \text{LabView}}{\text{Labview}} \right) \times 100 \quad (1)$$

1. Perhitungan data pertama

Data Fuzzy = 54.95

Data LabView = 54.97

$$\text{error} = \left(\frac{54.95 - 54.97}{54.97} \right) \times 100 = 0.04\% \quad (2)$$

2. Perhitungan data kedua

Data Fuzzy = 23.74

Data LabView = 23.78

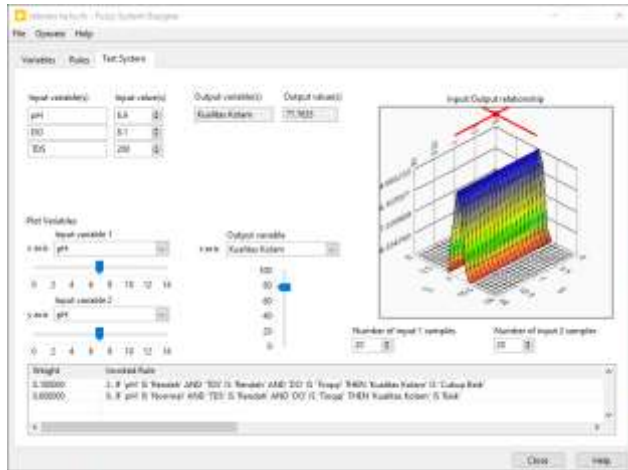
$$\text{error} = \left(\frac{23.74 - 23.78}{23.78} \right) \times 100 = 0.17\% \quad (3)$$

3. Perhitungan data ketiga

Data Fuzzy = 81.7

Data LabView = 81.77

$$\text{error} = \left(\frac{81.7 - 81.77}{81.77} \right) \times 100 = 0.09\% \quad (4)$$



Gambar 37. Hasil Perbandingan dengan menggunakan Labview

Gambar 37 menunjukkan hasil pengujian sistem fuzzy di LabVIEW untuk menilai kualitas kolam. Dengan input pH 6.9, DO 8.1 mg/L, dan TDS 200 ppm, sistem menghasilkan output Kualitas Kolan= 81.47 (kategori Baik) berdasarkan rule: "IF pH Normal AND TDS Rendah AND DO Tinggi THEN Kualitas Kolan Baik". Grafik 3D menampilkan hubungan antara input dan output secara visual.

4.1.7 Pengujian Statistik

Berikut adalah data Statistik yang diambil Dengan Data yang Diolah Dengan sistem Fuzzy Mamdani Dan Menghasilkan Pengujian Statistik Berikut ini:

Tabel 13. Pengujian Statistik

| Parameter | Mean | Standard Deviation | Variance | Minimum | Maximum |
|-----------|------|--------------------|----------|---------|---------|
| DO (mg/L) | 6.37 | 1.1 | 1.21 | 4 | 8.1 |
| PH | 6.7 | 0.41 | 0.17 | 5.9 | 7.6 |
| TDS (ppm) | 384 | 115.53 | 13345.79 | 180 | 600 |

Tabel 13 menunjukkan statistik kualitas air kolam bioflok. Nilai rata-rata DO adalah 6.37 mg/L, pH 6.7, dan TDS 384 ppm. pH dan DO relatif stabil, sedangkan TDS menunjukkan variasi tinggi dengan standar deviasi dan rentang nilai yang besar. Hal ini menunjukkan bahwa TDS perlu mendapat perhatian lebih dalam pemantauan.

Bab 5. Kesimpulan Dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah:

- a) Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Air Pembudiyaaan Ikan Nila Pada Kolam Bioflok (Metode fuzzy) berhasil dirancang dengan menggunakan sensor PH, DO dan TDS yang mampu mengukur kadar air pada kolam ikan nila secara real-time.
- b) Alat ini mampu mengimplementasikan teknologi tepat guna untuk mendukung sistem budidaya ikan nila berbasis bioflok secara lebih efisien.
- c) Dengan adanya alat ini, proses pemantauan kualitas air menjadi lebih mudah, cepat, dan akurat, sehingga membantu peternak ikan nila dalam menjaga kualitas lingkungan budidaya.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, terlihat adanya peluang untuk pengembangan lebih lanjut terhadap alat Monitoring kualitas air kolam ini. Oleh karena itu penulis ingin memberikan beberapa saran pengembangan sebagai berikut:

- a) Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menambahkan sensor lain untuk mengukur parameter kualitas air yang lebih beragam sehingga dapat memantau kondisi kualitas air kolam dengan lebih spesifik.
- b) Membandingkan metode yang sudah digunakan pada penelitian ini dengan metode yang lain untuk menentukan manakah metode yang memiliki akurasi lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] elga Prasetyo, elga, prasetyo, "No Title," arduino indonesia.
- [2] M. Fathurahman, Zulhelman, and M. A. Rahman, "SISTEM MANAJEMEN AKUAKULTUR BIOFLOK MENGGUNAKAN LoRa BERBASIS IoT," *J. Inform. Polinema*, vol. 9, no. 3, pp. 301–306, 2023, doi: 10.33795/jip.v9i3.1188.
- [3] R. Ridho, "No Title," *arduino Indones.*, 2019, [Online]. Available: <https://bee.telkomuniversity.ac.id/panduan-lengkap-apa-itu-arduino-uno-dan-manfaatnya/>
- [4] Admin, "No Title," *Esp 8266*, p. 10, 2023, [Online]. Available: <https://deriota.com/news/read/1238/mengenal-modul-esp8266-pengertian-fungsi-dan-pengembangan-dalam-bidang-iot.html>
- [5] Psti.unisayogya.ac.id, "No Title," *mit*, 2020, [Online]. Available: <https://psti.unisayogya.ac.id/2020/01/06/apa-itu-mit-app-inventor-berikut-penjelasan/>
- [6] A. E. Multazam and Z. B. Hasanuddin, "Sistem Monitoring Kualitas Air Tambak Udang Vaname," *J. IT Media Inf. STMIK Handayani Makassar*, vol. 8, no. 2, pp. 118–125, 2017, [Online]. Available: <https://lppm-stmikhandayani.ac.id/index.php/jti/article/view/30>
- [7] M. S. Anwar, "Perancangan Aplikasi Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Ikan Nila Berbasis Iot Menggunakan Android Studio," *Power Elektron. J. Orang Elektro*, vol. 11, no. 2, p. 175, 2022, doi: 10.30591/polektron.v12i1.3748.
- [8] A. Salim and Edidas, "Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Bibit Ikan Nila Menggunakan Algoritma Decision Tree," *J. Vocat. Tek. Elektron. dan Inform.*, vol. 11, no. 2, pp. 187–195, 2023, [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/voteknika/>
- [9] I. F. Ashari, M. C. Untoro, M. Praseptiawan, and A. Afriansyah, "Sistem Pantau 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, p. 417, 2022, doi: 10.24036/sb.02680.
- [10] A. Bhawiyuga and W. Yahya, "Sistem Monitoring Kualitas Air Kolam Budidaya Menggunakan Aquaculture Water Monitoring System Using Wireless Sensor," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 1, pp. 99–106, 2019, doi: 10.25126/jtiik.201961292.
- [11] V. Valentina, "RANCANG BANGUN PURWARUPA PENGONDISIAN SUHU AIR KOLAM IKAN NILA BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) DESIGN OF TILAPIA POND WATER CONDITION PROTOTYPE BASED ON INTERNET OF THING (IoT)," 2020.

- [12] A. Giawa, R. Tommy Gumelar, and Diana Yusuf, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Ketinggian Air, Suhu Dan Kekeruhan Air Pada Budidaya Ikan Lele," *J. Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 35–46, 2022, doi: 10.32546/jutech.v3i1.2156.
- [13] Y. T. K. Yunior and K. Kusriani, "Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Perikanan Berbasis IoT dan Manajemen Data," *Creat. Inf. Technol. J.*, vol. 6, no. 2, p. 153, 2021, doi: 10.24076/citec.2019v6i2.251.
- [14] E. Mufida, R. S. Anwar, R. A. Khodir, and I. P. Rosmawati, "Perancangan Alat Pengontrol pH Air untuk Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino Uno," *J. Inov.*, vol. 1, no. 1, pp. 13–19, 2020.
- [15] Nasron, I. Salamah, and W. Rahman, "Penerapan Web Base Sebagai Kontroller dan NodeMCU 1.0 (Esp- 8266) Sebagai Media Komunikasi Pada Kendali Robot Kiper Sepak Bola Beroda," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap. VII 2019*, vol. 0, pp. 1–8, 2019.
- [16] E. Lintang, Firdaus, and I. Nurcahyani, "Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Kolam Ikan Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan Komunikasi Zigbee," *Pros. Semin. Nas. Teknol. dan Inform. Ke-4*, pp. 145–152, 2017.
- [17] Y. P. dan A. S. Willem H. Siegers, "PENGARUH KUALITAS AIR TERHADAP PERTUMBUHAN IKAN NILA NIRWANA (*Oreochromis sp.*) PADA TAMBAK PAYAU," vol. 3, no. 11, pp. 95–104, 2019.
- [18] Adjovu, G. E., Stephen, H., James, D., & Ahmad, S. (2023). Measurement of Total Dissolved Solids and Total Suspended Solids in Water Systems: A Review of the Issues, Conventional, and Remote Sensing Techniques. *Remote Sensing*, 15(14), 3534. <https://doi.org/10.3390/rs15143534>
- [19] J. Jeong, B. Awosile, K. K. Thakur, H. Stryhn, B. Boyce, and R. Vanderstichel, "Longitudinal dissolved oxygen patterns in Atlantic salmon aquaculture sites in British Columbia, Canada," *Front. Mar. Sci.*, vol. 10, no. January, pp. 1–15, 2023, doi: 10.3389/fmars.2023.1289375.

Biodata



Nama : Muhammad Fandy Herdiyanto
TTL : Batam,24 Oktober 2002
Agama : Islam
Alamat : Muka Kuning Indah 1, RW. 04, RT. 07,
Blok U.09, Kel. Buliang, Kec. Batu Aji,
Kota Batam

E-mail :Fandyherdiyanto24@gmail.com
Pendidikan :SDN 001 Batu Aji Batam
SD :SMPN 35 Batam
SMP :SMAN 19 Batam
SMA

- 3) Lampiran Alat dan aplikasi pada kolam



- 4) Lampiran uji air kolam dengan menggunakan alat terkalibrasi



- 5) Lampiran media air kolam yang digunakan untuk tes alat



- 6) Lampiran Kolam Bioflog



1. Berikut Adalah Lampiran DataBase Excel:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1XooN_QfAEPuagWwAjfaWj68FuX8ioNiW0IB238TH0gY/edit?usp=sharing

2. berikut Gambar Dokumentasi

https://drive.google.com/drive/folders/1C3jkUm5egZ6hUUh_s7t4Z-4S5xAdw_74?usp=drive_link