

## Pengendali Kualitas Air Kolam Budidaya Air Tawar Berbasis IoT dan Logika Fuzzy

Marwondo<sup>1\*</sup>, Sardjono<sup>2</sup>, Ujang Riswanto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Informatika dan Bisnis Indonesia

Jl. Soekarno Hatta No.643, Sukapura, Kec. Kiaracondong, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia

\*Corresponding author e-mail : marwondo@unibi.ac.id

### ABSTRAK

Keberhasilan budidaya perikanan berkaitan sangat erat terhadap kondisi lingkungan yang optimal. Salah satu faktor penting dalam keberhasilan budidaya ikan adalah pengelolaan kualitas air yang baik agar terjaga kondisi air yang layak untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup. Kualitas air yang buruk dapat menyebabkan pertumbuhan ikan menjadi lambat, mudah terserang penyakit serta mempengaruhi ketersediaan pakan alami, yaitu plankton. Mengendalikan kualitas air tidaklah mudah, untuk itu diperlukan sistem pengendali cerdas yang dapat membantu pengendaliannya. Sistem ini dapat menggunakan *Internet of Things (IoT)* yang dibekali dengan logika fuzzy pada pengolahan datanya. Fuzzy kendali Sugeno digunakan sebagai dasar pengolahan data yang ditanamkan pada mikrokontroler arduino mega 2560. Sebagai masukan digunakan Sensor PH dan sensor DS18B20 untuk pengukuran suhu airnya. Berdasarkan hasil olahan data, perangkat akan menyalakan atau mematikan pompa air selama waktu yang telah ditentukan. Platform Blynk digunakan sebagai media informasi mengenai status kualitas air. Hasil pengujian untuk mengukur tingkat akurasi pembacaan masing-masing sensor dengan hasil tingkat akurasi diatas 90% dan tingkat *error* dibawah 10%. Pada pengujian logika fuzzy mendapatkan hasil yang baik dimana sistem dapat bekerja sesuai dengan aturan-aturan fuzzy yang telah dibuat dan sistem ini berhasil terhubung dengan platform blynk untuk melihat informasi mengenai kualitas air.

**Kata kunci** : kualitas air, IoT, logika fuzzy, otomatis, sistem pakar

### ABSTRACT

*The success of aquaculture is closely related to optimal environmental conditions. One important factor in the success of fish farming is good water quality management to maintain suitable water conditions for growth and survival. Poor water quality can cause fish to grow slowly, become susceptible to disease and affect the availability of natural food, namely plankton. Controlling water quality is not easy, this requires an intelligent control system that can help control it. This system can use the Internet of Things (IoT) which is equipped with fuzzy logic in data processing. Sugeno's fuzzy control is used as the basis for data processing embedded in the Arduino Mega 2560 microcontroller. As input, the PH sensor and DS18B20 sensor are used to measure the water temperature. Based on the data processing results, the device will turn on or turn off the water pump for a predetermined time. The Blynk platform is used as a medium for information regarding water quality status. Test results to measure the level of accuracy of the readings of each sensor with results of an accuracy level above 90% and an error rate below 10%. In the fuzzy logic test, we got good results where the system was able to work according to the fuzzy rules that had been created and this system was successfully connected to the Blynk platform to view information about water quality.*

**Keywords:** water quality, IoT, fuzzy logic, automatic, expert system

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini sudah semakin canggih dengan kemajuan yang sangat pesat dalam berbagai hal, guna memberi kemudahan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya dan

meningkatkan efisiensi produksi dalam berbagai bidang seperti budidaya, komunikasi, industri dan lain sebagainya. Salah satu teknologi yang dibutuhkan saat ini adalah kemampuan suatu alat yang mampu berjalan secara otomatis. Sistem otomatis memberikan kemudahan saat melakukan pekerjaan

dengan hasil yang lebih efisien, ekonomis, dan praktis.

Keberhasilan budidaya perikanan berkaitan sangat erat terhadap kondisi lingkungan yang optimum untuk kehidupan dan pertumbuhan ikan [1]. Terdapat beberapa faktor penting dalam keberhasilan budidaya ikan, diantaranya pemberian pakan ikan yang baik dan merata serta manajemen kualitas air yang baik dapat mempengaruhi tingkat keberhasilan budidaya ikan [2] [3]. Maka untuk memperoleh kualitas air yang baik perlu dilakukan pengelolaan kualitas air untuk menjaga kondisi air tetap dalam kondisi baik, sehingga diperoleh air yang layak untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan.

Dalam kegiatan budidaya ikan, kualitas air merupakan salah satu parameter yang sangat penting karena merupakan faktor yang mempengaruhi ketersediaan pakan alami, yaitu plankton. Ikan membutuhkan lingkungan yang nyaman agar dapat hidup sehat, tumbuh optimal, dan berkembang biak. Bila lingkungan tersebut tidak memenuhi syarat, ikan dapat mengalami stress, mudah terserang penyakit yang akhirnya akan menyebabkan kematian. Untuk itu, seorang petani ikan tidak hanya dapat mengetahui parameter kualitas air saja, tetapi juga harus mengetahui dan memahami karakteristik air yang merupakan habitat ikan

Pada saat ini masih banyak petani ikan yang kurang menyadari betapa pentingnya kualitas air bagi kelangsungan hidup ikan sehingga terdapat beberapa kolam ikan yang memiliki kualitas air buruk yang berdampak pada gagal panen. Hal tersebut terjadi karena tidak ada saluran pembuangan air dan tidak ada pergantian air secara berkala. Dikarenakan ada beberapa petani ikan yang mempunyai pekerjaan lain dan memiliki banyak kolam, sehingga tidak memiliki banyak waktu untuk mengelola kualitas air sehingga dibutuhkan suatu alat yang dapat membantu petani tersebut untuk selalu bisa menjaga kualitas air.

Sistem pakar (*expert system*) banyak digunakan dalam berbagai bidang untuk meningkatkan produktivitas kerja, yang mana dapat membantu dalam menyelesaikan setiap pekerjaan dalam waktu yang lebih cepat, memiliki tingkat keandalan yang relatif tinggi, dapat bekerja secara *real-time* dan melakukan banyak fungsi lain yang biasanya memerlukan keberadaan seorang pakar [4]. Terdapat banyak bidang yang dapat menggunakan sistem pakar diantaranya adalah bidang budidaya ikan karena sistem pakar dipandang sebagai cara penyimpanan pengetahuan pakar pada bidang tertentu dalam program komputer sehingga keputusan dapat diberikan dalam melakukan penalaran secara cerdas. Umumnya pengetahuannya diambil dari seorang manusia yang pakar dalam domain tersebut dan sistem pakar itu berusaha meniru metodologi dan kinerjanya (*performance*).

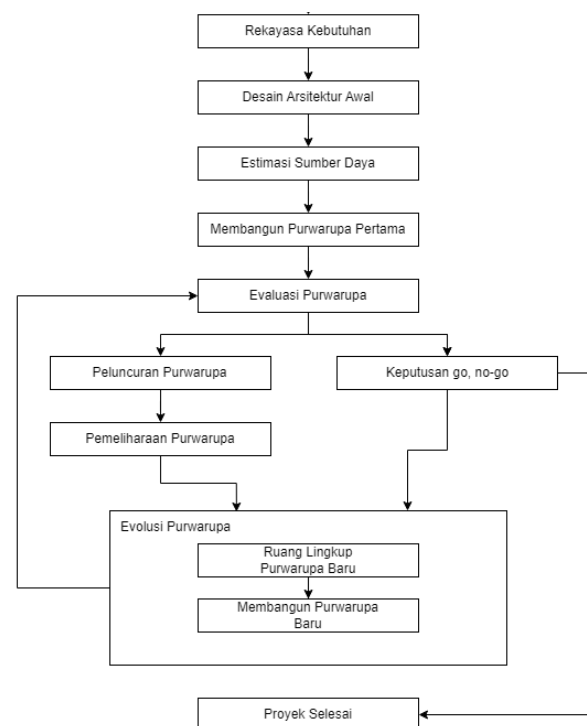
Pengendalian kualitas air dapat dilakukan melalui *Internet of Thing (IoT)* sebagaimana telah dilakukan dalam penelitian-penelitian sebelumnya [5] [6] [7]. Data-data penentu kualitas air diambil berdasarkan sensor yang ada, diolah menjadi keputusan. Piranti IoT akan menjadi lebih maksimal jika ditambahkan dengan logika fuzzy yang digunakan dalam pengolahan datanya.

## II. METODE

Pengumpulan data awal dilakukan dengan mempelajari Pustaka yang dimaksudkan untuk:

- Mempelajari literatur mengenai permasalahan yang ditemukan pada kualitas air.
- Mempelajari mengenai peran sistem pakar dan pengelolaan kualitas air.
- Mencari metode yang bisa digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada.
- Mempelajari penelitian-penelitian sebelumnya yang membuktikan bahwa sistem pakar dapat menjadi asisten pribadi yang memiliki kemampuan seorang pakar.

Pembangunan piranti ini menggunakan metode *Incremental Prototype* yang mengacu pada model pengembangan yang dikemukakan oleh Roger S. Presman [8] dengan skema sebagai berikut.



Gambar 1. Model *Incremental Prototype*

Berdasarkan gambar 1, terlihat rangkaian aktivitas pengembangan yang sistematis tetapi juga ada bagian aktivitas yang berulang. Aktivitas berulang dilakukan saat mengembangkan purwarupa perangkat.

### Rekayasa Kebutuhan

Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi, mengumpulkan, menganalisis dan mengkomunikasikan kebutuhan pengguna terhadap perangkat lunak yang akan dikembangkan. Rekayasa kebutuhan sangat penting dalam proses pengembangan perangkat lunak karena memastikan bahwa perangkat lunak yang dikembangkan memenuhi kebutuhan pengguna dan klien dan memastikan bahwa proyek berjalan sesuai dengan jadwal dan anggaran yang ditetapkan.

Dokumen spesifikasi kebutuhan sangat penting karena menjadi panduan untuk tim pengembang dalam merancang dan mengembangkan perangkat lunak yang tepat. Selain itu, dokumen ini juga digunakan sebagai acuan untuk mengukur kesuksesan pengembangan perangkat lunak dan memastikan bahwa perangkat lunak memenuhi kebutuhan dan persyaratan pengguna.

### Desain Arsitektur Awal

Pada tahap ini arsitektur perangkat lunak direncanakan dan dibuat. Arsitektur ini mencakup bagaimana perangkat lunak akan dikembangkan, diimplementasikan, dan diintegrasikan dengan sistem lain. Pengambilan keputusan arsitektur perangkat lunak sangat penting untuk keberhasilan perangkat lunak sistem. Pada tahap ini juga komponen-komponen dan modul-modul yang diperlukan dalam pengembangan sistem pengelolaan kualitas air kolam budidaya ikan direncanakan.

Desain arsitektur awal sangat penting dalam proses pengembangan perangkat lunak karena memastikan bahwa perangkat lunak dikembangkan dengan benar dan memenuhi kebutuhan sistem yang diinginkan. Ini juga membantu dalam memastikan bahwa perangkat lunak diterapkan dengan efisien dan efektif, sehingga memastikan bahwa proyek berjalan sesuai dengan jadwal dan anggaran yang ditetapkan.

### Estimasi Sumber Daya

Pada tahap ini sumber daya yang dibutuhkan untuk mengembangkan dan menjalankan perangkat lunak dievaluasi dan diprediksi. Sumber daya yang dapat diperkirakan meliputi waktu, tenaga kerja, dan biaya.

Berikut ini adalah beberapa estimasi biaya, waktu dan tenaga kerja yang dibutuhkan dalam pengembangan sistem pengelolaan kualitas air kolam budidaya ikan:

- a) Estimasi biaya untuk pengembangan perangkat ini meliputi: arduino uno, sensor ph, sensor suhu, sensor kekeruhan, relay, pompa, breadboard, resistor dan perkabelan serta *cloud storage* untuk penyimpanan data.

- b) Waktu yang diperlukan untuk membangun sistem ini sekitar 4 bulan meliputi: *planning, design, developing, evaluate* dan *release*.
- c) Tenaga kerja yang dibutuhkan untuk mengembangkan sistem ini dapat dikerjakan beberapa orang, karena banyak bagian-bagian yang cukup rumit dan kompleks dalam pengerjaannya.

Estimasi sumber daya sangat penting dalam proses pengembangan perangkat lunak karena memastikan bahwa proyek perangkat lunak dapat menyelesaikan dengan sukses dengan sumber daya yang tersedia. Ini juga membantu dalam memastikan bahwa anggaran proyek sesuai dengan sumber daya yang dibutuhkan, sehingga memastikan bahwa proyek berjalan sesuai dengan jadwal dan anggaran yang ditetapkan.

### Membangun Purwarupa Pertama

Pada tahap ini sebuah purwarupa (contoh) sistem pertama dibuat dan dikembangkan. Purwarupa ini dapat mencakup sebagian atau seluruh fitur yang didefinisikan dalam tahap rekayasa kebutuhan. Tujuan dari tahap ini adalah untuk membangun versi sementara dari perangkat untuk menguji dan mengevaluasi desain sistem untuk memvalidasi bahwa solusi yang diterapkan sesuai dengan kebutuhan. Berikut ini adalah uraian proses untuk membangun purwarupa pertama:

- a) Transisi dari purwarupa kertas ke desain perangkat lunak
- b) Purwarupa antarmuka pengguna
- c) Buat purwarupa virtual
- d) Tambahkan input dan output ke purwarupa
- e) Merekayasa algoritma
- f) Uji purwarupa
- g) Purwarupa dengan mempertimbangkan penyebaran

### Evaluasi Purwarupa

Pada tahap ini purwarupa yang dibuat dalam tahap membangun purwarupa pertama dievaluasi. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menentukan apakah prototype memenuhi kebutuhan klien dan memiliki potensi untuk diteruskan ke tahap pengembangan berikutnya. Tahap evaluasi ini menggunakan *User Acceptance Testing (UAT)* yang akan diuji secara langsung oleh pengguna atau pemangku kepentingan, pengujian ini berfokus untuk memverifikasi bahwa purwarupa sistem yang dibangun telah memenuhi kebutuhan pengguna sebelum sistem diluncurkan.

### Keputusan Go, No-go

Setelah beberapa tahap sebelumnya dilaksanakan, pada tahap ini keputusan diambil apakah purwarupa layak untuk dikembangkan menjadi produk akhir atau tidak. Jika purwarupa

dinilai berhasil dan memenuhi persyaratan, keputusan "Go" dibuat untuk melanjutkan pengembangan. Namun, jika prototipe menghadapi masalah serius atau tidak memenuhi persyaratan, keputusan "No-Go" dibuat untuk menghentikan pengembangan dan memulai ulang proses. Keputusan ini didasarkan pada hasil evaluasi purwarupa secara menyeluruh dan ketersediaan sumber daya yang dibutuhkan.

### Evolusi Purwarupa

Tahap ini dapat dilakukan apabila pada tahap keputusan Go, no-go menghasilkan keputusan untuk melanjutkan proses pengembangan purwarupa menjadi produk akhir. Setelah prototipe dikembangkan dan dievaluasi, pada tahap ini purwarupa kembali dianalisa dan dievaluasi lagi berdasarkan umpan balik dan masukan dari tahap sebelumnya untuk kemudian diperbaiki dan diuji coba lagi. Tahap evolusi purwarupa dibagi menjadi 2 bagian yaitu:

- a) Ruang lingkup baru purwarupa  
Tahap ini penulis memperluas cakupan dari purwarupa yang telah dikembangkan sebelumnya. Setelah tahap evolusi purwarupa selesai, penulis menyadari bahwa ada beberapa aspek baru yang harus ditambahkan ke dalam purwarupa atau menemukan masalah yang harus diatasi.
- b) Membangun purwarupa baru  
Tahap ini penulis menggunakan hasil evaluasi dan analisis pada tahap sebelumnya untuk membangun purwarupa baru, menambah fitur, memperbaiki kesalahan atau kekurangan, atau meningkatkan kualitas purwarupa.

### Peluncuran Purwarupa

Tahap ini adalah tahap akhir dari pengembangan perangkat lunak yang menandakan bahwa purwarupa yang telah ditingkatkan sudah siap untuk dirilis dan diterima oleh pengguna. Tahap ini membutuhkan banyak persiapan dan verifikasi untuk memastikan bahwa purwarupa telah memenuhi rumusan masalah dan batasan masalah yang telah ditentukan dan telah siap untuk digunakan oleh pengguna.

### Pemeliharaan Purwarupa

Setelah purwarupa dirilis, tahap pemeliharaan dimulai. Pengembangan akan terus memperbaiki dan meningkatkan purwarupa berdasarkan masukan pengguna dan perubahan persyaratan. Pemeliharaan ini meliputi perbaikan *bug*, peningkatan fungsionalitas, dan pemenuhan kebutuhan baru yang muncul seiring penggunaan sistem.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sesuai dengan metode yang digunakan, pembangunan piranti dapat diuraikan sebagai berikut.

### 1. Rekayasa Kebutuhan

Rekayasa kebutuhan (requirement engineering) yang dilakukan mencakup kebutuhan komponen serta fungsionalitas piranti. Adapun sistem ini sendiri merupakan sebuah sistem yang dapat mengelola kualitas air dalam kolam budidaya ikan. Sistem ini akan secara otomatis mengganti air kolam ikan yang sudah tidak bagus menjadi air yang bagus untuk ekosistem kolam budidaya ikan, sistem akan akan beroperasi ketika beberapa faktor seperti suhu air dan kadar pH air menunjukkan indikator yang tidak normal dan sistem akan berhenti beroperasi ketika semua faktor tersebut menunjukkan indikator yang normal.

Perangkat keras (komponen) yang digunakan pada sistem ini adalah sebagai berikut.

#### a) Mikrokontroler Arduino UNO

Arduino Uno adalah salah satu jenis papan mikrokontroler berbasis ATmega328, dan Uno adalah istilah bahasa Italia yang artinya satu. Arduino Uno dinamai untuk menandai peluncuran papan mikrokontroler yang akan datang yaitu Arduino Uno Board 1.0. Papan ini mencakup 14 pin digital, DC jack, 6 pin analog, resonator keramik-A16 MHz, koneksi USB, tombol RST, dan header ICSP. Semua ini dapat mendukung mikrokontroler untuk operasi lebih lanjut dengan menghubungkan papan ini ke komputer. Catu daya papan ini dapat dilakukan dengan bantuan adaptor AC ke DC, kabel USB, atau baterai.

Setiap 14 pin digital pada arduino uno dapat digunakan sebagai input dan output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Fungsi fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 volt, Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah resistor pull-up (terputus secara default) 20-50 kOhm.

Arduino yang digunakan pada sistem ini adalah Arduino Mega 2560 salah satu jenis papan mikrokontroler berbasis chip ATmega 2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak yaitu: 54 buah pin digital (dengan 15 pin diantaranya adalah *Pulse Width Modulation* (PWM)), 16 buah pin analog input, 4 buah pin UART (*serial port hardware*), DC jack power, koneksi USB, tombol RST, dan header ICSP. Semua ini dapat mendukung mikrokontroler untuk operasi lebih lanjut dengan menghubungkan papan ini ke komputer. Catu

daya papan ini dapat dilakukan dengan bantuan adaptor AC ke DC, kabel USB, atau baterai. Setiap pin digital pada arduino mega dapat digunakan sebagai input dan output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalwrite()`, dan `digitalRead()`. Fungsi fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 volt, Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah resistor pull-up (terputus secara default) 20-50 kOhm.



Gambar 2. Arduino Mega 2560

b) Modul Wifi ESP8266

ESP8266 adalah modul wifi yang terintegrasi dengan protokol TCP/IP, dan memiliki kapabilitas sebagai *micro processor unit* (MCU), yang berarti ESP8266 ini memberikan kemampuan kepada semua mikrokontroler untuk mengakses jaringan wifi yang tersedia. Modul ESP8266 cukup kuat untuk melakukan proses dan kapabilitas penyimpanan datanya, yang memungkinkan modul ini untuk terintegrasi dengan sensor ataupun aplikasi lain yang spesifik melalui GPIOs miliknya, versi terbaru dari ESP8266 wifi modul memiliki peningkatan ukuran flash disk dari 512KB menjadi 1MB.



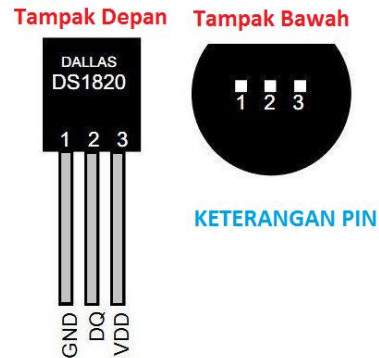
Gambar 3. Modul ESP8266

c) Sensor suhu DS16B20

Sensor DS18B20 waterproof merupakan sensor pengukur temperatur atau suhu yang dapat dihubungkan dengan mikrokontroler. Sensor ini memiliki keluaran digital sehingga tidak membutuhkan rangkaian ADC, tingkat keakurasian

serta kecepatan dalam mengukur suhu memiliki kestabilan yang lebih baik dari sensor suhu lainnya.

Sensor DS18B20 merupakan sensor digital yang memiliki 12-bit ADC internal. Sangat presisi, sebab jika tegangan referensi sebesar 5 volt, maka akibat perubahan suhu, ia dapat merasakan perubahan terkecil sebesar  $5/(2^{12}-1) = 0.0012$  volt. Pada rentang suhu -10 sampai +85 derajat Celcius, sensor ini memiliki akurasi +/-0.5 derajat. Sensor ini bekerja menggunakan protokol komunikasi 1-wire (*one-wire*).



Gambar 4. Sensor suhu DS1820

d) Sensor pH-4501c

Sensor pH (power of hidrogen) adalah sensor untuk mendeteksi derajat keasaman suatu cairan. Sekala pH berada pada 0 – 14 dengan nilai 7 dianggap netral. Niai pH kurang dari 7 dianggap asam dan nilai pH lebih dari 7 dianggap basa. PH-4502C merupakan modul dari sensor ph yang digunakan pada penelitian ini dan menggunakan elektroda E-201 sebagai sensor ph nya.



Gambar 5. modul PH 4502C dan sensor elektroda E-201

Sensor pH meter termasuk kedalam variabel jenis sensor kimia, yang dimana output nilai yang ditampilkan dihasilkan dari reaksi kimia yang terdeteksi kemudian dirubah menjadi besaran tegangan listrik. Terdapat 2 jenis elektroda pada sensor pH, yaitu elektroda kaca dan elektroda referensi. Elektroda kaca berfungsi untuk mengukur jumlah ion yang ada dalam larutan dan elektroda referensi berfungsi untuk merubah jumlah ion yang terbaca oleh elektroda kaca menjadi nilai tegangan analog.

Dengan prinsip kerja yaitu semakin banyak elektron yang terdeteksi pada sampel maka semakin bernilai asam pula cairan tersebut, dan apabila semakin sedikit elektron yang terdeteksi maka sampel cairan tersebut bernilai basa. Apabila nilai pH yang ditampilkan  $< 7$  maka larutan tersebut bersifat asam, dan apabila nilai yang ditampilkan  $> 7$  maka larutan tersebut bersifat basa. Sensor pH merupakan elektroda gelas yang memiliki sensitifitas pada ujungnya. Sehingga nilai pH yang ditampilkan didapat dari elektroda khusus yang terhubung ke rangkaian elektronik yang mengukur dan menampilkan pembacaan pH melalui sinyal tegangan berdasarkan reaksinya.

Untuk mendapatkan nilai pH dengan skala 0 - 14 perlu dilakukan pengkalibrasian atas besaran tegangan yang dihasilkan oleh sensor pH. Cara pengkalibrasiannya dilakukan dengan skala berbanding antara tegangan dengan larutan yang telah memiliki nilai pH pasti.

Pada proses ini menggunakan rumus konversi besaran nilai analog yang terbaca untuk mendapatkan nilai tegangan pH dengan menggunakan larutan pH bernilai 4,01 sebagai asam dan 6,86 sebagai netral. Rentang nilai analog yang dihasilkan sensor pH E-4502C sebesar 0 – 1024 dan rentang nilai tegangan yang dicari antara 0 – 5 volt. Rumus konversi perhitungan yang digunakan adalah:

$$\text{Tegangan Ph} = \text{Analog} * (5.0/1024)$$

Keterangan:

Analog : nilai yang dibaca oleh sensor Ph

5.0 : nilai tegangan maksimal yang digunakan pada mikrokontroler

1024 : nilai analog maksimal yang dibaca oleh sensor.

e) Relay 5v single channel

Relay adalah komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip, relay merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (solenoid). Relay berfungsi untuk memutuskan atau mengalirkan arus listrik yang dikontrol dengan memberikan tegangan suplai pada koilnya, Menjalankan logic function, Memberikan time delay function dan Melindungi motor atau komponen lainnya dari korsleting atau kelebihan tegangan. Ada dua jenis relay berdasarkan tegangan untuk menggerakkan koilnya, yaitu relay DC dan relay AC.

Pada penelitian ini menggunakan relay DC dengan tegangan 5V DC 1 channel, relay ini dapat mengalirkan arus AC maksimal 250V/10A dan arus DC maksimal 30V/10A. Relay ini digunakan untuk mengatur tegangan pada pompa DC. Bentuk relay bisa dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Relay 5v DC

Relay tersusun atas kumparan, pegas, saklar (terhubung pada pegas) dan 2 kontak elektronik (*Normally Close* dan *Normally Open*).

1. *Normally Close* (NC) yaitu saklar terhubung dengan kontak ini saat relay tidak aktif atau dapat dikatakan saklar dalam kondisi terbuka.
2. *Normally Open* (NO) yaitu saklar terhubung dengan kontak ini saat relay aktif atau dapat dikatakan saklar dalam kondisi tertutup

f) Sensor keruh

Sensor kekeruhan (*turbidity sensor*) merupakan sensor yang dapat mendeteksi kualitas air dengan menggunakan cahaya. Sensor kekeruhan mendeteksi partikel yang berada di dalam air dengan mengukur transmisi cahaya serta laju hamburan yang berubah seiring dengan jumlah *total suspended soil* (TSS) dalam air. Sehingga ketika TSS meningkat maka tingkat kekeruhan air juga meningkat.



Gambar 7. sensor kekeruhan air

Prinsip kerja dari sensor kekeruhan air adalah memanfaatkan cahaya yang dipancarkan pada LED yang kemudian hasil pemantulan cahaya yang akan dibaca oleh sensor, sehingga semakin tinggi tingkat kekeruhan air yang akan dideteksi maka tingkat pemantulan cahaya yang diterima akan semakin sedikit dan sebaliknya.

Sensor yang dapat membaca pantulan cahaya ini biasanya menggunakan photodiode yang apabila dia menerima cahaya pada bagian basisnya maka bagian collector ke emiternya

dapat menghantarkan listrik. Rumus pembacaan sensor turbidity:

$$\text{Tegangan} = \text{input} * (5.0/1024)$$

Dimana nilai input adalah nilai tegangan yang didapat dari pin analog output sensor dan nilai 1024 adalah nilai analog maksimal yang dapat dibaca oleh sensor. Berikut ini adalah rumus untuk menghitung kekeruhan air dengan satuan NTU.

$$\text{Kekeruhan} = 100.00 - (\text{tegangan/hasil nilai tegangan pada saat membaca air jernih}) * 100.00$$

g) Pompa dc 5v

Pompa yang digunakan pada sistem ini adalah pompa bercatu daya DC 5v.

h) Kabel jumper

Kabel jumper adalah suatu istilah kabel yang berdiameter kecil yang di dalam dunia elektronika digunakan untuk menghubungkan 2 titik atau lebih dan dapat juga menghubungkan 2 komponen atau lebih komponen elektronika. Kabel jumper ini digunakan untuk menghubungkan *relay*, modul dan sensor yang digunakan pada alat pengelola kualitas air pada kolam budiaya ikan air tawar ke *board* arduino uno. Bentuk kabel jumper bisa dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 8 Kabel Jumper

i) Kabel USB

Sebagai konektor, USB tipe B standar digunakan perangkat penghubung antara komputer dengan Arduino *board*. Selain USB tipe B standar terdapat beberapa jenis kabel USB lain yang biasa dipakai sebagai konektor. Kabel USB tipe B standar ini digunakan untuk mengunggah program yang ditulis pada arduino IDE ke *board* arduino mega.

j) Catu daya

Catu daya dapat menggunakan battery atau adaptor. Catu daya 7-9 Volt untuk mikrokontroler, dan catu daya 5 Volt untuk pompa dc.

Adapun kebutuhan fungsional yang diperlukan mencakup:

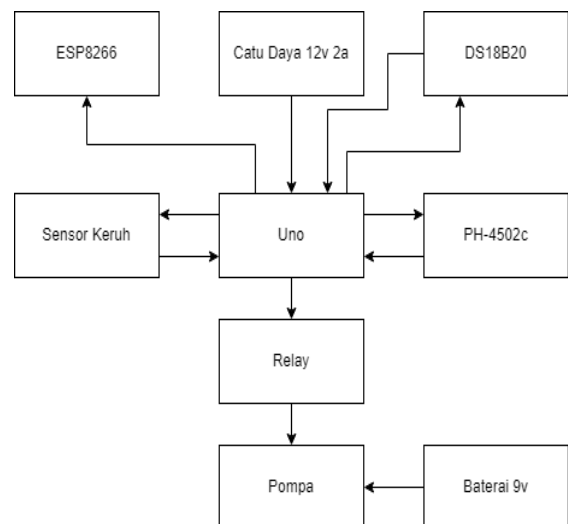
- 1) Sistem dapat menampilkan nilai dari sensor suhu
- 2) Sistem dapat menampilkan nilai dari sensor pH
- 3) Sistem dapat menampilkan nilai dari sensor kekeruhan
- 4) Sistem dapat menampilkan hasil dari proses fuzzy
- 5) Sistem dapat mengganti air pada kolam

## 2. Desain Arsitektur Awal

Arsitektur sistem akan didesain menggunakan arsitektur berorientasi layanan (service-oriented architecture/SOA). SOA memungkinkan untuk memisahkan fungsionalitas sistem ke dalam layanan yang independen satu sama lain dan dapat diintegrasikan dengan mudah. Setiap komponen di dalam SOA disebut sebagai layanan (service), dan setiap layanan dapat berkomunikasi dengan layanan lainnya untuk melakukan tugas-tugas yang lebih kompleks.

Arsitektur aplikasi ini terdiri dari tiga lapisan utama yaitu: lapisan presentasi, lapisan bisnis, dan lapisan data. Lapisan presentasi bertanggung jawab untuk menampilkan antarmuka pengguna, lapisan bisnis mengelola logika bisnis aplikasi, dan lapisan data menyimpan data yang diperlukan oleh aplikasi.

Adapun untuk gambaran interaksi antar komponen dapat dilihat pada blok diagram dibawah ini.



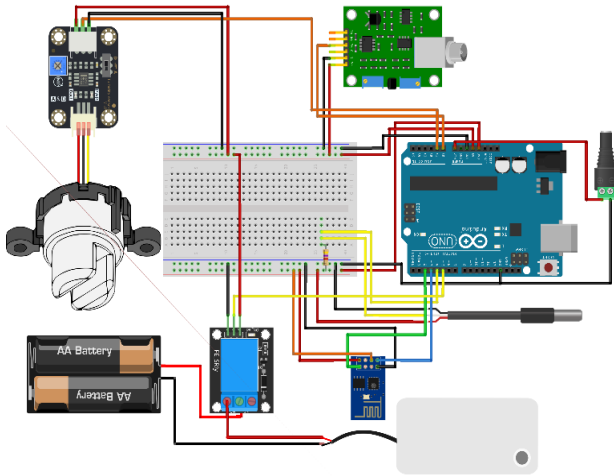
Gambar 9. Blok Diagram Sistem

## 3. Estimasi Sumber Daya

Berdasarkan kebutuhan maupun desain awal yang sudah dibuat sebelumnya, estimasi sumber daya dibuat untuk menentukan kelayakan pengerjaan sistem ini. Biaya yang diperlukan untuk mengembangkan sistem ini masih di bawah 1 juta

rupiah. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh diperkirakan mencapai 3 bulan.

#### 4. Mengembangkan Purwarupa Awal



Gambar 10. Rancangan IoT

Pada tahap ini *prototype* pertama dirancang dan dibangun, berikut adalah hasil yang telah penulis lakukan. Rancang Alat IoT. Pada tahap ini dibuat perancangan yang dilakukan untuk mewakili semua aspek perangkat keras yang dibutuhkan untuk menjadi dasar dalam pembangunan sistem untuk mengelola kualitas air pada kolam budidaya ikan air tawar. Berikut ini adalah rancangan dari sistem pengelolaan kualitas air dapat dilihat pada gambar 10.

#### Percobaan Pendahuluan

Pada tahap ini dilakukan percobaan berdasarkan pada penelitian-penelitian yang dilakukan oleh Cholilulloh dkk. [9], Kristiantya dkk. [10], serta Guntoro dkk. [11]. Percobaan sistem ini untuk mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan oleh pompa untuk bisa mencapai kualitas air yang baik, percobaan ini menggunakan tiga variabel kualitas air yaitu: suhu, kadar keasaman dan kekeruhan. Percobaan ini dilakukan pada sebuah kotak yang mampu menampung air dengan volume kurang lebih dua liter. Kemudian hasil percobaan ini akan menjadi acuan untuk nilai output dari fuzzy sugeno yang akan penulis rancang. Namun pada percobaan ini hanya dilakukan dalam beberapa kondisi saja, dikarenakan keterbatasan pH buffer yang dimiliki. Berikut ini adalah hasil dari percobaan sistem yang telah dilakukan.

Tabel 1 Percobaan Pendahuluan

Suhu	Kadar keasaman	Kekeruhan	Waktu pompa menyala (ms)
25,31	4,76	3,22	60000
35,20	5,91	5,33	37000
28,55	6,33	26,04	35000
24,63	5,73	10,42	35000
32,82	4,15	9,33	62000

#### Perancangan Mesin Inferensi Fuzzy Logic Sugeno

Algoritma fuzzy logic sugeno terdiri dari 3 tahapan yaitu menentukan fungsi keanggotaan untuk mengubah masukan numerik menjadi variabel linguistik yang dapat diproses oleh sistem, membuat aturan fuzzy dan menentukan metode defuzzifikasi untuk mendapatkan nilai yang diinginkan. Oleh karena itu penulis akan menjelaskan tahapan-tahapan proses yang terdapat dalam fuzzy logic sugeno tersebut sesuai dengan data yang penulis peroleh dari nilai sensor. Sebelum fungsi keanggotaan ditentukan, variabel input dan output harus terlebih dahulu ditentukan untuk digunakan dalam mesin inferensi. Variabel input yang digunakan yaitu nilai suhu, nilai pH dan nilai kekeruhan. Sedangkan variabel output yaitu suatu tindakan yang harus diambil berdasarkan nilai input. Berikut ini adalah beberapa tahapan dalam perancangan fuzzy logic sugeno.

##### A. Pembentukan himpunan fuzzy

Pada tahap ini dilakukan penentuan variabel dan semesta pembicara, kemudian dilanjutkan dengan membentuk himpunan fuzzy. Dalam penelitian ini menggunakan 4 variabel yaitu variabel input yang terdiri dari variabel suhu, variabel kadar keasaman dan variabel kekeruhan (X) serta variabel output yaitu variabel waktu menyala pompa (Y).

1. Suhu terdiri dari 2 himpunan fuzzy yaitu BAIK, PANAS dan DINGIN
2. Kadar Keasaman terdiri dari 2 himpunan fuzzy yaitu BAIK, ASAM dan BASA
3. Kekeruhan terdiri dari 2 himpunan fuzzy yaitu BAIK dan BURUK
4. Waktu Menyala Pompa sebagai output

Berdasarkan data yang sudah diurutkan diatas, maka diperoleh seperti pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Penentuan variabel dan semesta pembicara

Fungsi	Variabel	Semesta Pembicara	Keterangan
Input	Suhu	20-30	Suhu air kolam budidaya (celcius)
	Kadar keasaman	1-14	Kadar keasaman air kolam budidaya (pH)
	Kekeruhan	1-100	Kekeruhan air kolam budidaya (NTU)
Output	Waktu menyala pompa	0-90000	Waktu menyala pompa air (milidetik)

Sumber: Diolah dari buku dan jurnal-jurnal terkait



Tabel 3. Himpunan fuzzy

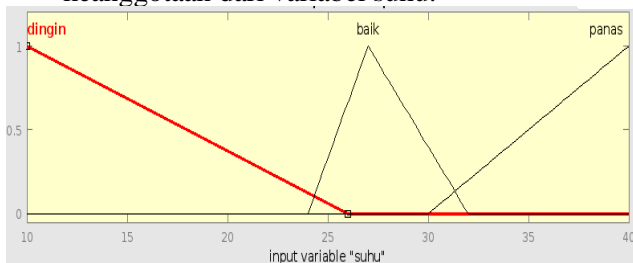
Fungsi	Variabel	Nama himpunan fuzzy	Semesta pembicara	Domain
Input	Suhu	NORMAL	20-30	25-30
		DINGIN		<24
		PANAS		>30
	Kadar Keasaman	NETRAL	1-14	6-9
		ASAM		1-5
		BASA		10-14
	Kekeruhan	JERNIH	1-25	1-25
		KERUH		> 25

Sumber: Diolah dari buku dan jurnal-jurnal terkait

Pada variabel suhu semesta pembicara nya yaitu dari 20 – 30 dengan domain 25 – 30 (nilai suhu yang baik) kemudian dibawah 24 (nilai suhu yang dingin) dan diatas 30 (nilai suhu yang panas) begitu juga dengan semesta pembicara pada variabel kadar keasaman, kekeruhan dan waktu menyala pompa. Himpunan fuzzy beserta nilai keanggotaan dari masing-masing variabel input dapat direpresentasikan sebagai berikut.

1) Variabel suhu

Pada variabel suhu terdiri dari 2 himpunan yaitu: NORMAL, DINGIN dan PANAS. Pada himpunan NORMAL memiliki domain [25, 30], himpunan DINGIN memiliki domain dibawah 24, sedangkan himpunan PANAS memiliki domain diatas 30. Berikut ini adalah fungsi keanggotaan dari variabel suhu.



Gambar 11. Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy normal, dingin dan panas dari variabel suhu

Berdasarkan dari jumlah nilai suhu baik, dingin dan panas, maka fungsi keanggotaan berdasarkan representasi naik, turun dan segitiga sebagai berikut:

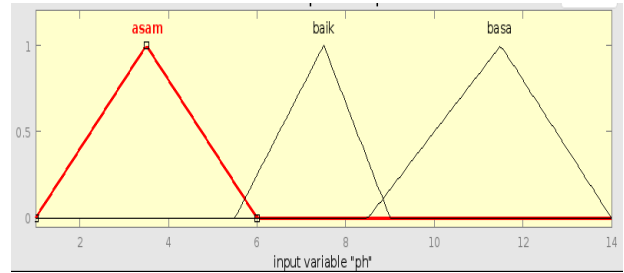
$$\mu_{DINGIN}[s] = \begin{cases} 1, & x < 24 \\ \frac{27-x}{3}, & 24 \leq x \leq 27 \\ 0, & x > 27 \end{cases}$$

$$\mu_{NORMAL}[s] = \begin{cases} 0, & x < 26 \text{ atau } x > 29 \\ \frac{26-x}{3}, & 26 \leq x \leq 27 \\ \frac{29-x}{3}, & 27 \leq x \leq 29 \end{cases}$$

$$\mu_{PANAS}[s] = \begin{cases} 0, & x < 29 \\ \frac{x-29}{3}, & 29 \leq x \leq 32 \\ 1, & x > 32 \end{cases}$$

2) Variable kadar keasaman (pH)

Pada variabel kadar keasaman terdiri dari 2 himpunan yaitu: NETRAL, ASAM dan BASA. Pada himpunan NETRAL memiliki domain [6, 9], himpunan ASAM memiliki domain [1,5] sedangkan himpunan BASA memiliki domain [10,14]. Berikut ini adalah fungsi keanggotaan dari variabel kadar keasaman.



Gambar 12. Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy netral, asam dan basa dari variabel kadar keasaman

Berdasarkan dari jumlah nilai kadar keasaman netral, asam dan basa, maka fungsi keanggotaan berdasarkan representasi segitiga adalah sebagai berikut.

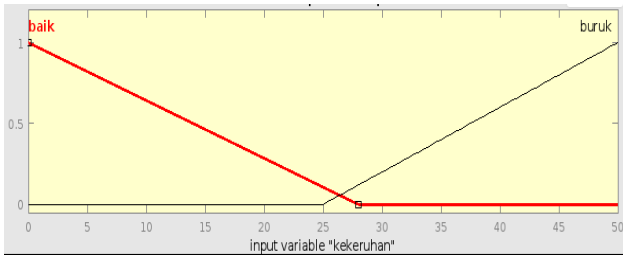
$$\mu_{ASAM}[s] = \begin{cases} 0, & x < 1 \text{ atau } x > 5 \\ \frac{3-x}{2}, & 1 \leq x < 3 \\ \frac{5-x}{2}, & 3 \leq x \leq 5 \end{cases}$$

$$\mu_{NETRAL}[s] = \begin{cases} 0, & x < 6 \text{ atau } x > 9 \\ 7-x, & 6 \leq x < 7 \\ 1, & 7 \leq x \leq 8 \\ 9-x, & x \geq 9 \end{cases}$$

$$\mu_{BASA}[s] = \begin{cases} 0, & x \leq 10 \text{ atau } x \geq 14 \\ \frac{12-x}{2}, & 10 \leq x < 12 \\ \frac{14-x}{2}, & 12 \leq x \leq 14 \end{cases}$$

3) Variable kekeruhan

Pada variabel kekeruhan terdiri dari 2 himpunan yaitu: JERNIH dan KERUH. Pada himpunan JERNIH memiliki domain [0,25], sedangkan himpunan KERUH memiliki dua domain yaitu [25,100]. Berikut ini adalah fungsi keanggotaan dari variabel kekeruhan.



Gambar 13. Fungsi keanggotaan himpunan fuzzy jernih dan keruh dari variabel kekeruhan

Berdasarkan dari jumlah nilai suhu baik dan nilai suhu buruk, maka fungsi keanggotaan berdasarkan representasi naik dan turun sebagai berikut:

$$\mu_{JERNIH}[s] = \begin{cases} 1, & x < 1 \\ \frac{25-x}{24}, & 1 \leq x \leq 25 \\ 0, & x > 25 \end{cases}$$

$$\mu_{KERUH}[s] = \begin{cases} 0, & x < 25 \\ \frac{x-25}{25}, & 25 \leq x \leq 50 \\ 1, & x > 50 \end{cases}$$

**B. Pembentukan aturan dasar fuzzy**

Berdasarkan himpunan fuzzy yang sudah dimodelkan akan digabungkan untuk menentukan nilai keanggotaan dari setiap variabel dan melakukan penentuan fungsi keanggotaan variabel, maka harus dilakukan pembentukan aturan logika fuzzy untuk menentukan *output*-nya. Berdasarkan himpunan fuzzy yang telah ditentukan sebelumnya, dari 3 variabel *input* terbentuk sebanyak 18 kombinasi aturan implikasi yang digunakan untuk menyatakan hubungan antara 3 variabel input dan output yang merupakan nilai konstanta berupa waktu menyala pompa. Aturan-aturan fuzzy sugeno ini didasarkan dari penelitian-penelitian yang dilakukan oleh Cholilulloh dkk [9], Kristiantya [10], dan Guntoro dkk [11] serta percobaan pendahuluan yang telah dilakukan oleh penulis sebelumnya untuk menyesuaikan dengan ukuran kolam dan kemampuan pompa. Aturan-aturan fuzzy tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. Hasil dari aturan yang terbentuk pada inferensi fuzzy

Aturan	Suhu	Kadar Keasaman	Kekeruhan	Implikasi	Waktu Menyala Pompa (ms)
R1	Dingin	Asam	Jernih	Maka	70000
R2	Dingin	Asam	Keruh	Maka	70000
R3	Dingin	Netral	Jernih	Maka	30000

R4	Dingin	Netral	Keruh	Maka	40000
R5	Dingin	Basa	Jernih	Maka	70000
R6	Dingin	Basa	Keruh	Maka	70000
R7	Normal	Asam	Jernih	Maka	60000
R8	Normal	Asam	Keruh	Maka	70000
R9	Normal	Netral	Jernih	Maka	0
R10	Normal	Netral	Keruh	Maka	30000
R11	Normal	Basa	Jernih	Maka	60000
R12	Normal	Basa	Keruh	Maka	70000
R13	Panas	Asam	Jernih	Maka	70000
R14	Panas	Asam	Keruh	Maka	70000
R15	Panas	Netral	Jernih	Maka	30000
R16	Panas	Netral	Keruh	Maka	60000
R17	Panas	Basa	Jernih	Maka	70000
R18	Panas	Basa	Keruh	Maka	70000

Sumber: Diolah dari jurnal dan percobaan pendahuluan

Setelah diketahui aturan fuzzy dan fungsi implikasinya, selanjutnya akan dicari waktu pompa menyala dengan menggunakan rumus persamaan metode sugeno orde-nol berikut ini.

$$IF (X1 IS A1) \cap (X2 IS A2) \cap (X3 IS A3) \cap \dots \cap (Xn IS An) THEN z = k$$

Pada penelitian ini, fungsi implikasi yang akan digunakan adalah fungsi minimum, yaitu dinyatakan dalam rumus persamaan sebagai berikut.

$$\alpha_i = \mu_{Ai}(X) \cap \mu_{Bi}(X) = \min\{\mu_{Ai}(X), \mu_{Bi}(X)\}$$

Selanjutnya menentukan nilai  $\alpha$ -predikat untuk masing-masing aturan fuzzy.

[R1] jika suhu dingin, kadar keasaman asam, dan kekeruhan jernih, maka waktu menyala pompa lama.

$$\alpha\text{-predikat} = \min (\mu_{suhudingin} \cap \mu_{kadarkeasamanasam} \cap \mu_{kekeruhanjernih})$$

$$z = 70000$$

[R2] jika suhu dingin, kadar keasaman asam, dan kekeruhan keruh, maka waktu menyala pompa lama.

$$\alpha\text{-predikat} = \min (\mu_{suhudingin} \cap \mu_{kadarkeasamanasam} \cap \mu_{kekeruhankeruh})$$

$$z = 70000$$

[R3] jika suhu dingin, kadar keasaman netral, dan kekeruhan jernih, maka waktu menyala pompa cukup lama.

$$\alpha\text{-predikat} = \min (\mu_{suhudingin} \cap \mu_{kadarkeasamannetral} \cap \mu_{kekeruhanjernih})$$

$$z = 30000$$

[R4] jika suhu dingin, kadar keasaman netral, dan kekeruhan keruh, maka waktu menyala pompa lama.

$$\alpha\text{-predikat} = \min (\mu_{suhudingin} \cap \mu_{kadarkeasamannetral} \cap \mu_{kekeruhankeruh})$$

$$z = 40000$$

[R5] jika suhu dingin, kadar keasaman basa, dan kekeruhan jernih, maka waktu menyala pompa lama.

$$\alpha\text{-predikat} = \min (\mu_{\text{suhudingin}} \cap \mu_{\text{kadarkeasamanbasa}} \cap \mu_{\text{kekeruhanjernih}})$$

$$z = 70000$$

[R6] jika suhu dingin, kadar keasaman basa, dan kekeruhan keruh, maka waktu menyala pompa lama.

$$\alpha\text{-predikat} = \min (\mu_{\text{suhudingin}} \cap \mu_{\text{kadarkeasamanbasa}} \cap \mu_{\text{kekeruhankeruh}})$$

$$z = 70000$$

[R7] jika suhu normal, kadar keasaman asam, dan kekeruhan jernih, maka waktu menyala pompa cukup lama.

$$\alpha\text{-predikat} = \min (\mu_{\text{suhunormal}} \cap \mu_{\text{kadarkeasamanasam}} \cap \mu_{\text{kekeruhanjernih}})$$

$$z = 60000$$

[R8] jika suhu normal, kadar keasaman asam, dan kekeruhan keruh, maka waktu menyala pompa lama.

$$\alpha\text{-predikat} = \min (\mu_{\text{suhunormal}} \cap \mu_{\text{kadarkeasamanasam}} \cap \mu_{\text{kekeruhankeruh}})$$

$$z = 70000$$

[R9] jika suhu normal, kadar keasaman netral, dan kekeruhan jernih, maka waktu menyala pompa mati.

$$\alpha\text{-predikat} = \min (\mu_{\text{suhunormal}} \cap \mu_{\text{kadarkeasamannetral}} \cap \mu_{\text{kekeruhanjernih}})$$

$$z = 0$$

[R10] jika suhu normal, kadar keasaman netral, dan kekeruhan keruh, maka waktu menyala pompa sebentar.

$$\alpha\text{-predikat} = \min (\mu_{\text{suhunormal}} \cap \mu_{\text{kadarkeasamannetral}} \cap \mu_{\text{kekeruhankeruh}})$$

$$z = 30000$$

[R11] jika suhu normal, kadar keasaman basa, dan kekeruhan jernih, maka waktu menyala pompa cukup lama.

$$\alpha\text{-predikat} = \min (\mu_{\text{suhunormal}} \cap \mu_{\text{kadarkeasamanbasa}} \cap \mu_{\text{kekeruhanjernih}})$$

$$z = 60000$$

[R12] jika suhu normal, kadar keasaman basa, dan kekeruhan keruh, maka waktu menyala pompa lama.

$$\alpha\text{-predikat} = \min (\mu_{\text{suhunormal}} \cap \mu_{\text{kadarkeasamanbasa}} \cap \mu_{\text{kekeruhankeruh}})$$

$$z = 70000$$

[R13] jika suhu panas, kadar keasaman asam, dan kekeruhan jernih, maka waktu menyala pompa lama.

$$\alpha\text{-predikat} = \min (\mu_{\text{suhupanas}} \cap \mu_{\text{kadarkeasamanasam}} \cap \mu_{\text{kekeruhanjernih}})$$

$$z = 70000$$

[R14] jika suhu panas, kadar keasaman asam, dan kekeruhan keruh, maka waktu menyala pompa lama.

$$\alpha\text{-predikat} = \min (\mu_{\text{suhupanas}} \cap \mu_{\text{kadarkeasamanasam}} \cap \mu_{\text{kekeruhankeruh}})$$

$$z = 70000$$

[R15] jika suhu panas, kadar keasaman netral, dan kekeruhan jernih, maka waktu menyala pompa cukup lama.

$$\alpha\text{-predikat} = \min (\mu_{\text{suhupanas}} \cap \mu_{\text{kadarkeasamannetral}} \cap \mu_{\text{kekeruhanjernih}})$$

$$z = 30000$$

[R16] jika suhu panas, kadar keasaman netral, dan kekeruhan keruh, maka waktu menyala pompa lama.

$$\alpha\text{-predikat} = \min (\mu_{\text{suhupanas}} \cap \mu_{\text{kadarkeasamannetral}} \cap \mu_{\text{kekeruhankeruh}})$$

$$z = 60000$$

[R17] jika suhu panas, kadar keasaman basa, dan kekeruhan jernih, maka waktu menyala pompa lama.

$$\alpha\text{-predikat} = \min (\mu_{\text{suhupanas}} \cap \mu_{\text{kadarkeasamanbasa}} \cap \mu_{\text{kekeruhanjernih}})$$

$$z = 70000$$

[R18] jika suhu panas, kadar keasaman basa, dan kekeruhan keruh, maka waktu menyala pompa lama.

$$\alpha\text{-predikat} = \min (\mu_{\text{suhupanas}} \cap \mu_{\text{kadarkeasamanbasa}} \cap \mu_{\text{kekeruhankeruh}})$$

$$z = 70000$$

### C. Proses defuzzyfikasi

Tahap ini bertujuan untuk mengubah keluaran dari mesin inferensi fuzzy menjadi nilai numerik yang dapat digunakan untuk mengambil keputusan. Padahal tahap ini metode defuzzyfikasi yang digunakan adalah rata-rata berbobot (average weight). Metode ini digunakan untuk menghitung nilai rata-rata dari bobot yang dihasilkan oleh setiap aturan fuzzy. Dalam metode Average Weight, bobot yang dihasilkan oleh setiap aturan fuzzy diberi nilai yang sama pentingnya (atau sama bermakna) dalam menentukan nilai akhir dari keluaran. Bobot ini dapat dinyatakan dalam persentase atau dalam skala tertentu, tergantung pada aplikasi yang digunakan. Berikut ini adalah rumus untuk menghitung average weight.

$$z = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \alpha_3 z_3 \dots + \alpha_n z_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 \dots + \alpha_n}$$

### Implementasi source code

Kode program *import library*, menentukan variabel dan setup pada arduino. Beberapa potongan kode program untuk implementasi.

```
1 #include <OneWire.h>
2 #include <DallasTemperatur.h>
3 // pin sensor suhu di digital 4
4 #define ONE_WIRE_BUS 4
5 // setup sensor suhu
6 OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
7 // berikan nama variabel, masukan ke
  pustaka Dallas
8 DallasTemperatur sensorSuhu(&oneWire);
```

Kode Program 1. library yang digunakan

Kode program untuk mendefinisikan pin sensor kekeruhan dan kadar keasaman pada pin analog A0 dan A1 pada arduino, mendefinisikan pin pompa air pada pin digital 3 pada arduino dan

mendeklarasikan nama variabel untuk masing-masing nilai keluaran dan tegangan sensor.

```

9 // pin-pin sensor
10 #define pinPh A0
11 #define pinKeruh A1
12 int pinPompa = 5;
13 // deklarasi variabel untuk nilai
    masing-masing sensor
14 float suhuSekarang;
15 float kekeruhan;
16 float nilaiPh;
17 // deklarasi nilai tegangan pada sensor
18 float teganganKeruh;
19 double teganganPh;

```

#### Kode Program 2. variabel untuk sensor

```

27 // fungsi untuk membaca nilai dari sensor
    suhu
28 Void getSuhu() {
29     sensorSuhu.requestTemperatures()
30     suhuSekarang=
    sensorSuhu.getTempCByIndex(0);
31     Return suhuSekarang;
32 };
33
34 // fungsi untuk membaca nilai dari sensor
    ph
35 Void getPh() {
36     int adcPh = analogRead(pinPh);
37     tegangaPh = adcPh*(5/1024.0);
38     nilaiPh = 7.00+((2.64-teganganPh)/0.17);
39     Return nilaiPh;
40 };
41
42 // fungsi untuk membaca nilai dari sensor
    kekeruhan
43 Void getKeruh() {
44     int adcKeruh = analogRead(pinKeruh);
45     teganganKeruh = adcKeruh*(5/1023.0);
46     kekeruhan = 100.00-(teganganKeruh / 2.85
    ) * 100.00;
47     Return kekeruhan;
48 };

```

#### Kode Program 3. Pembacaan nilai sensor

```

24 float airJernih(){
25     getKeruh();
26     if (kekeruhan <= 25){jernih = 1;}
27     else if (kekeruhan >= 25 && kekeruhan <
30) {jernih=(30-kekeruhan)/5;}
28     else if (kekeruhan >= 30){jernih = 0;}
29     return jernih;
30 }
31 float airKeruh(){
32     getKeruh();
33     if (kekeruhan <= 30){keruh = 0;}
34     else if (kekeruhan >= 30 && kekeruhan <
35) {keruh=(kekeruhan-30)/20;}
36     else if (kekeruhan >= 50){keruh = 1;}
37     return keruh;
38 }

```

#### Kode Program 4. Fuzifikasi

## 5. Evaluasi Purwarupa

Berdasarkan rancangan kode program yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya ditemukan sebuah masalah yang terdapat pada purwarupa pertama, yaitu: ketika dipasangkan module wifi esp8266 untuk terhubung ke dalam jaringan wifi, seluruh kode program tidak dapat dieksekusi oleh arduino uno karena ukuran kode program yang sangat besar. Kode program tersebut menghabiskan memori sebesar

29,44kb (92%) dari total memori yang dimiliki arduino uno yaitu 32kb, sedangkan arduino uno memerlukan ruang memori yang kosong untuk *bootloader* nya sebanyak 4kb.

## 6. Keputusan Go-No Go

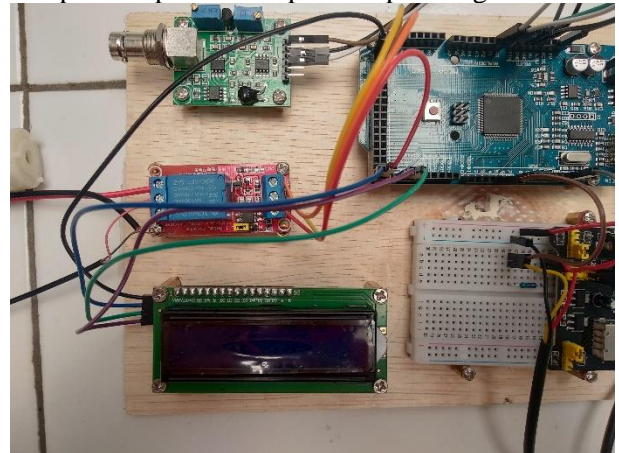
Berdasarkan hasil dari tahap evaluasi purwarupa pertama, didapatkan hasil berupa kode program yang tidak dapat dieksekusi oleh board arduino uno. Dikarenakan ukuran kode program yang sangat besar memenuhi seluruh memori yang terdapat pada board arduino uno nya. Sehingga diperlukan penggantian board mikrokontroler dengan ukuran memori yang lebih besar. Oleh karena itu diambil keputusan “Go” untuk melanjutkan pengembangan sistem pengelolaan kualitas air kolam pada budidaya ikan air tawar ini.

## 7. Evolusi Purwarupa

Berdasarkan hasil keputusan pada tahap sebelumnya yaitu “Go”, sistem pengelolaan kualitas air kolam pada budidaya ikan air tawar layak dilanjutkan dengan ruang lingkup sistem yang baru. Beberapa tambahan yang dilakukan antara lain:

1. Perbaiki modul ESP8266 agar koneksi WiFi dapat bekerja dengan baik,
2. Perbaiki *interface* pada Blynk sehingga dapat menampilkan informasi dalam bentuk grafik,
3. Penambahan LCD

Adapun tampilan akhir purwarupa sebagai berikut.



Gambar 14 Tampilan akhir purwarupa

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem pengelolaan kualitas air ini dilakukan secara otomatis dengan menggunakan logika fuzzy sugeno dan output dari hasil perhitungan fuzzy tersebut digunakan untuk menyalakan atau mematikan pompa air selama waktu yang telah ditentukan. Serta memanfaatkan platform

Blynk sebagai media informasi mengenai status kualitas air. Hasil akhir yang didapat yaitu tingkat akurasi pembacaan dari masing-masing sensor diatas 90% dan tingkat error dibawah 10%. Kemudian program logika fuzzy dapat dieksekusi dengan baik oleh arduino mega 2560 sehingga sistem dapat bekerja sesuai dengan aturan-aturan fuzzy yang telah dibuat dan platform blynk dapat menampilkan status kualitas air secara akurat. Namun masih terdapat beberapa hal yang dapat dikembangkan pada purwarupa selanjutnya.

## V. SARAN

Adapun beberapa saran yang perlu diperhatikan bagi peneliti selanjutnya yang tertarik untuk melanjutkan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Peneliti selanjutnya diharapkan mengimplementasikannya langsung pada kolam budidaya ikan dan lebih baik menggunakan serial komunikasi jarak jauh untuk masing-masing sensor dan menambahkan beberapa sensor agar pengukurannya lebih akurat dan dilakukan kalibrasi ulang untuk masing-masing sensor.
2. Peneliti selanjutnya diharapkan untuk membuat aplikasi monitoring sendiri dengan tampilan yang ramah pengguna dan juga dapat menyajikan berbagai literasi tentang budidaya ikan untuk mengedukasi petani-petani budidaya ikan kedepannya.
3. Peneliti selanjutnya dapat menambahkan module GSM atau module komunikasi lain nya dan juga UPS, agar sistem selalu dapat mengirim data ke aplikasi dan bekerja sesuai dengan fungsinya. Meskipun jaringan wifi dalam gangguan dan pemadaman listrik.

## DAFTAR PUSTAKA

- YANG MEMPENGARUHI PRODUKSI PEMBENIHAN IKAN LELE DUMBO (Clarias gariepenus) DI KABUPATEN WONOGIRI,” dalam *Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UNIMUS*, Semarang, 2017.
- [4] K. Jha, A. Doshi, P. Patel dan M. Shah, “A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence,” *Artificial Intelligence in Agriculture*, vol. 2, pp. 1-12, 2019.
  - [5] A. Lestari dan A. Zafia, “Penerapan Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis Internet Of Things,” *Ledger: Jurnal Informatik and Information Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 17-24, 2022.
  - [6] Danih dan Sugiyatno, “Sistem Monitoring Berbasis Internet of Thing (IoT) Untuk Pengendalian Kualitas Air dan Pakan Ikan pada Budidaya sistem Akuaponik,” *Journal of Students' Research in Computer Science (JSRCS)*, vol. 2, no. 1, pp. 89-98, 2021.
  - [7] A. B. Pratama, I. M. I. Subroto dan A. Riansyah, “Sistem Monitoring Dan Kontrol Kualitas Air Pada Kolam Ikan Koi,” *Jurnal Transistor Elektro dan Informatika (TRANSISTOR EI)*, vol. 4, no. 3, pp. 171-180, 2022.
  - [8] R. S. Pressman dan B. R. Maxim, *Software Engineering A Practitioner's Approach Ninth Edition*, New York: Mc Graw Hill, 2020.
  - [9] M. Cholilulloh, D. Syauqy dan T. Tibyani, “Implementasi Metode Fuzzy Pada Kualitas Air Kolam Bibit Lele Berdasarkan Suhu Dan Kekeruhan,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 5, p. 1813–1822, 2018.
  - [10] Y. N. Kristiantya, E. Setiawan dan B. H. Prasetyo, “Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air pada Kolam Ikan Air Tawar menggunakan Logika Fuzzy berbasis Arduino,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, vol. 6, no. 7, p. 3145–3154, 2022.
  - [11] D. Guntoro, G. E. Setiawan dan H. Fitriyah, “Pengontrolan Derajat Keasaman (pH) Air Secara Otomatis Pada Kolam Ikan Gurame Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 1, p. 1047–1052, 2019.
  - [1] U. Yanuhar, D. K. W. P. Raharjo, H. Suryanto, Rhobithotus, T. Fauliza, N. P. Wardani, R. Pahlefi, D. Sukma dan N. R. Caesar, “PKM PENERAPAN RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEM UNTUK PENGELOLAAN AIR DAN KESEHATAN IKAN BERKELANJUTAN DI POKDAKAN ROILELE KABUPATEN MALANG,” *Jurnal Pengabdian Pendidikan dan Teknologi (JP2T)*, vol. 3, no. 2, pp. 159-165, 2022.
  - [2] M. Ryan, A. Munzir, Harminto dan Tashwir, “Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Budidaya Ikan Hias Air Tawar Berbasis Usaha Pembenihan Rakyat (UPR) Di Bukittinggi,” *PENA Akuatika : Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, vol. 21, no. 1, pp. 65-74, 2022.
  - [3] M. D. Pramono, E. S. Rahayu dan M. Ferichani, “ANALISIS FAKTOR FAKTOR