

Perancangan dan Integrasi IoT pada Sistem Kendali Air Kolam dengan Metode *Fuzzy* Berdasarkan Ph dan *Turbidity* Berbasis Mikrokontroler

Ni Ketut H.D ^{1*)}, Joni Mahardani ²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Elektro
Universitas Jenderal Achmad Yani
Jalan Terusan Jend. Sudirman PO. BOX 148 Cimahi 40531

^{*)}Korespondensi: niketuthd@lecture.unjani.ac.id

Abstrak

Dalam budidaya ikan lele sangat penting untuk memperhatikan kualitas air kolam, diantaranya tingkat keasaman air kolam, dan tingkat kekeruhan pada kolam. Dengan sistem yang berbasis Arduino dan IoT yang otomatis dapat membantu mengontrol keasaman air dan kekeruhan kolam meskipun pemilik sedang tidak berada di tempat. Penelitian ini bertujuan untuk membuat prototipe kontrol kendali air kolam ikan lele dengan menggunakan mikrokontroler dan sensor pH serta sensor *turbidity*. Penelitian ini menggunakan metode *fuzzy logic control*. *Output* dari hasil perhitungan fuzzy berupa *timer*, yaitu lama waktu yang diperlukan untuk menguras air kolam. Hasil pembacaan sensor pH dan *turbidity* akan ditampilkan di LCD, oleh Arduino akan dikirim ke ESP8266 untuk diteruskan ke pengguna melalui aplikasi Blynk. Sistem penyesuaian pH otomatis berhasil dibangun dan dapat diakses melalui aplikasi Blynk. Keakuratan sensor pH dapat membaca nilai derajat keasaman dengan rata-rata *error* sebesar 2,053% sehingga dapat dikatakan sensor bekerja dengan cukup baik. Sensor *turbidity* yang digunakan juga mempunyai keandalan yang cukup baik dengan rata-rata *error* 8,057%. Pengujian perhitungan metode Sugeno dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan *fuzzy logic control* dengan hasil perhitungan *Matlab*. Dengan menggunakan 15 masukan yang berbeda, sistem dapat memberikan hasil keluaran yang sama dengan perhitungan manual. Dengan demikian sistem sudah sesuai dalam melakukan perhitungan fuzzy.

Kata kunci : Arduino Uno, *Fuzzy Logic*, pH Air, Kekeruhan Air

Abstract

In cultivating catfish, it is very important to pay attention to the quality of the pond water, including the acidity level of the pond water and the level of turbidity in the pond. With a system based on Arduino and IoT that can automatically help control the acidity of the water and the turbidity of the pool even though the owner is not there. This research aims to create a water control prototype for catfish ponds using a microcontroller and a pH sensor and turbidity sensor. This research uses the fuzzy logic control method. The output from the fuzzy calculation results is in the form of a timer, namely the amount of time needed to drain the pool water. The results of the pH and turbidity sensor readings will be displayed on the LCD, which Arduino will send to the ESP8266 to be forwarded to the user via the Blynk application. The automatic pH adjustment system was successfully built and can be accessed via the Blynk application. The accuracy of the pH sensor can read the value of the degree of acidity with an average error of 2.053%, so it can be said that the sensor works quite well. The turbidity sensor used also has quite good reliability with an average error of 8.057%. The Sugeno method calculation test was carried out by comparing the fuzzy logic control calculation results with the Matlab calculation results. By using 15 different inputs, the system can provide the same output results as manual calculations. Thus the system is suitable for carrying out fuzzy calculations.

Keywords : Arduino Uno, *Fuzzy Logic*, pH Water, *Turbidity Water*

I. PENDAHULUAN

Pada masa saat ini, pertumbuhan teknologi dalam bidang elektronika tumbuh pesat serta memberi akibat pada penciptaan alat-alat mutakhir yaitu penciptaan alat-alat yang bekerja secara otomatis serta presisi yang tinggi untuk mempermudah pekerjaan manusia jauh lebih instan, murah serta efisien. Pertumbuhan teknologi saat ini sudah mendesak banyak kehidupan manusia untuk melaksanakan hal-hal yang efektif serta otomatis dari berbagai bidang [1]. Salah satu pemanfaatan teknologi di bidang peternakan adalah budidaya ikan lele.

Ikan lele (*Claris sp.*) merupakan komoditas perikanan yang sangat menjanjikan untuk industri dan pertanian rumah tangga [2]. Selain itu ikan lele juga merupakan jenis ikan yang bernilai ekonomis, mudah perawatannya dan cepat tumbuh. Oleh karena potensi tersebut mendorong minat masyarakat untuk membudidayakan ikan lele secara besar-besaran [3]. Berbagai cara dilakukan untuk mengembangkan perikanan budidaya ikan lele dengan intensif, namun hal ini masih terus diupayakan karena sistem ini masih terkendala oleh berbagai permasalahan diantaranya kualitas air [4].

Dalam kolam pemeliharaan ikan lele sangat penting memperhatikan kualitas air kolam meliputi nutrisi, tingkat keasaman air kolam, dan tingkat kekeruhan pada kolam [5]. Air kolam yang sangat keruh disebabkan oleh pakan yang tidak dimakan dan kotoran lele yang mengendap di dasar kolam. Air yang sangat keruh mengurangi nafsu makan ikan yang dapat menyebabkan gagal panen karena ikan lele tidak tumbuh dengan baik. Selain kekeruhan, nilai pH air juga mempengaruhi kematian lele.

Keasaman atau pH air yang dianggap baik untuk perkembangan ikan lele adalah antara 6 sampai 8 [6]. Air yang mempunyai keasaman terlalu rendah akan mengakibatkan penggumpalan lendir pada insang ikan lele, sedangkan tingkat keasaman yang terlalu tinggi dapat menyebabkan berkurangnya nafsu makan ikan lele [7]. Tingkat keasaman yang tidak normal ditandai dengan warna kolam yang pekat dan bau air yang menyengat. Peranan kualitas air sangat berpengaruh dalam budidaya ikan lele, sehingga monitoring air kolam sangat penting untuk dilakukan secara berkala.

Dalam era industri 4.0 saat ini, kemajuan teknologi, khususnya *Internet of Things (IoT)*, sangat penting, terutama dalam hal kemampuan untuk memudahkan akses internet dan mengontrol alat atau beberapa objek secara jarak jauh dari sumber kendali tradisional. Kita memasuki generasi Internet Of Things (IoT), khususnya di bidang elektronik. Di masa mendatang, IoT akan meningkatkan kontrol, komunikasi, presisi, dan penciptaan pengetahuan massal. [8]. Dengan identitas eksklusif dan kemampuan untuk memindahkan data melalui jaringan tanpa memerlukan koneksi dua arah manusia-ke-manusia, *Internet of Things (IoT)* adalah sistem. Sumber ke tujuan, atau Interaksi Manusia-Komputer, *Internet of Things (IoT)* adalah kemajuan teknologi yang menjanjikan yang dapat memperbaiki kehidupan kita melalui penggunaan sensor dan objek cerdas yang terhubung ke internet dan memiliki jaringan. [9].

Penelitian ini merujuk dari beberapa sumber jurnal terkait sebagai referensi mengenai pengendalian kualitas air pada budidaya ikan lele. Jurnal-jurnal terkait yang menjadi referensi yaitu jurnal dengan pembahasan budidaya ikan lele, *internet of things*, rancang bangun alat pemberi pakan ikan otomatis berbasis mikrokontroler, perancangan sistem pengatur pH air akuarium menggunakan kendali logika fuzzy. Tinjauan pustaka ini memberikan pemahaman yang mendalam mengenai sistem yang dapat

mengontrol kualitas air kolam dengan menggunakan sensor pH dan sensor *turbidity* dan sistem yang dapat mengontrol nilai dari keasaman dan kekeruhan air secara otomatis dengan menggunakan metode fuzzy serta analisis apakah metode fuzzy Sugeno dapat dijadikan alternatif untuk sistem pengontrolan derajat keasaman dan kekeruhan air kolam secara otomatis.

Dalam penelitian ini, penulis akan menggunakan metode *fuzzy Sugeno* untuk memecahkan masalah. Metode ini menggunakan aturan *if-then*, yang membuat lebih mudah bagi model untuk

Info Makalah:

Dikirim : 05-21-2024;
Revisi 1 : 06-06-2024;
Revisi 2 : mm-dd-yy;
Diterima : 05-25-2024.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-859-7499-2595
e-mail : niketuthd@lecture.unjani.ac.id

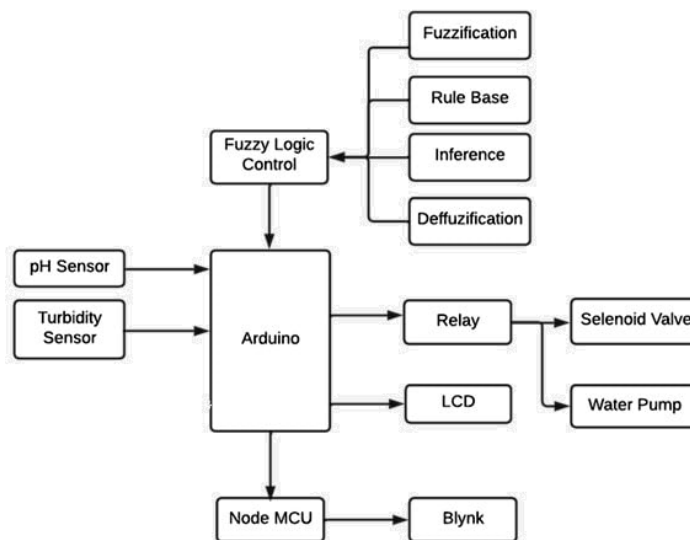
menggambarkan aspek subjektif dan kompleks dari penilaian dan manajemen data tentang tingkat kualitas air [10]. Metode *fuzzy* Sugeno digunakan untuk menentukan berapa lama pompa air akan berjalan dan mengalirkan air ke kolam berdasarkan nilai masukan dari sebuah sumber [10].

Maka berdasarkan permasalahan yang dihadapi para peternak ikan lele tersebut, peneliti bermaksud untuk membuat Perancangan dan Integrasi IoT pada Sistem Kendali Air Kolam dengan Metode Fuzzy Berdasarkan pH dan Turbidity Berbasis Mikrokontroler. Perangkat sistem dibagi menjadi beberapa bagian, pada bagian *input* terdiri dari sensor pH dan sensor *turbidity*, bagian proses terdiri dari Arduino Uno dan NodeMCU dan bagian *output* terdiri dari motor servo, *relay*, pompa air, *solenoid valve*, dan LCD. Bagian *input* merupakan perangkat yang membaca tingkat pH air dan kekeruhan air. Selanjutnya data dari bagian *input* akan diolah oleh mikrokontroler yang selanjutnya akan mengatur pompa air untuk melakukan pengurasan.

II. METODE

A. Diagram Blok Sistem

Perancangan sistem melibatkan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak secara bersamaan. Perancangan sistem hardware mencakup perancangan rangkaian sistem secara utuh, sedangkan perancangan perangkat lunak mencakup perancangan metode *fuzzy* Sugeno, perancangan pengambilan data sensor, dan perancangan program utama sistem. Semua perangkat lunak dibuat dalam kode program IDE Arduino yang dipasang pada mikrokontroler Arduino Uno. Desain sistem digambarkan pada diagram blok seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Blok Sistem

Diagram blok terdiri dari :

1. Input

Dua sensor digunakan sebagai variabel masukan untuk penelitian ini; ini adalah pH sensor *module* MSP 340 dan *Turbidity Sensor* SEN0189.

- a. Untuk mengukur tingkat keasaman air, modul pH sensor MSP 340 dipasang di dalam air dan disambungkan ke Arduino. Data pH kemudian dikirim ke Arduino untuk diproses lebih lanjut.
- b. Untuk mengukur kekeruhan air, *sensor* kekeruhan analog SEN0189 dimasukkan ke dalam air dan dihubungkan ke Arduino. Data tentang kekeruhan kemudian dikirim ke Arduino untuk diproses.

2. Proses

Arduino dapat digunakan untuk menyimpan kode program yang menggunakan Bahasa C untuk menggunakan *fuzzy* Sugeno untuk memproses *data input* dari kedua sensor tersebut.

3. *Output*

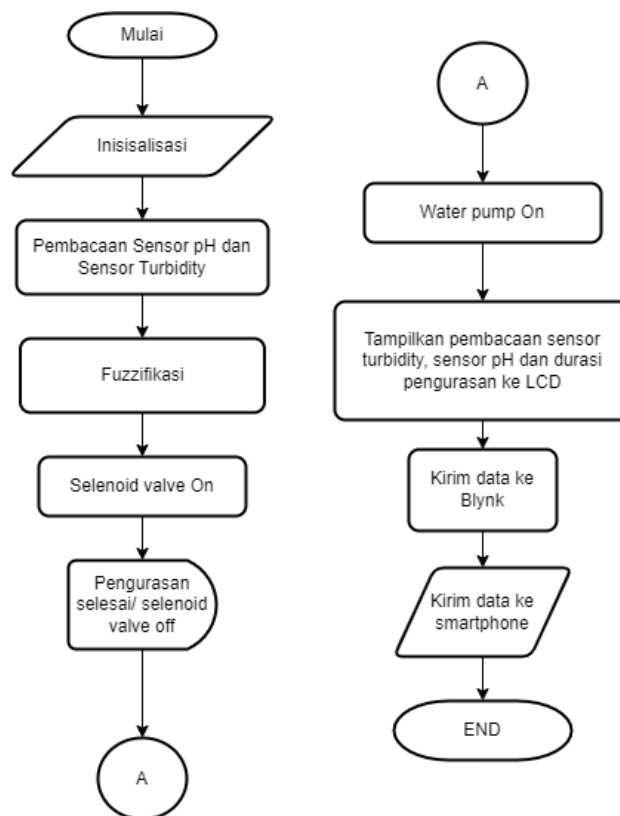
Output dari sistem ini adalah terdiri dari 2 bagian, yaitu keluaran berupa aktuator dan berupa data. *Output* aktuator terdiri dari water pump dan *solenoida valve* yang diatur oleh *relay*. *Output* data yaitu nilai pH dan *turbidity* yang ditampilkan pada LCD dan pada aplikasi Blynk.

B. Prinsip Kerja Sistem

Sistem pengendalian air kolam otomatis ini mengukur derajat keasaman (pH) dan kekeruhan air yang ideal untuk ikan lele. Mikrokontroler Arduino Uno memproses pengukuran ini dan mengatur pompa air dan *solenoid valve*.

Sistem ini menggunakan pompa dan *solenoid valve* sebagai aktuator. Pompa digunakan untuk memasok air kolam dengan air jernih dan pH netral, dan *solenoid valve* mengurangi volume air kolam. *Solenoid valve* akan terbuka untuk menyelaraskan kembali derajat keasaman (pH) dan kekeruhan air jika mereka berada di bawah tingkat yang ideal untuk ikan lele.

Sistem ini dirancang dengan metode *fuzzy* Sugeno. Dua sensor digunakan untuk mengukur derajat keasaman (pH) air dan *sensor turbidity* untuk mengukur kekeruhan air.



Gambar 2 Diagram Alir

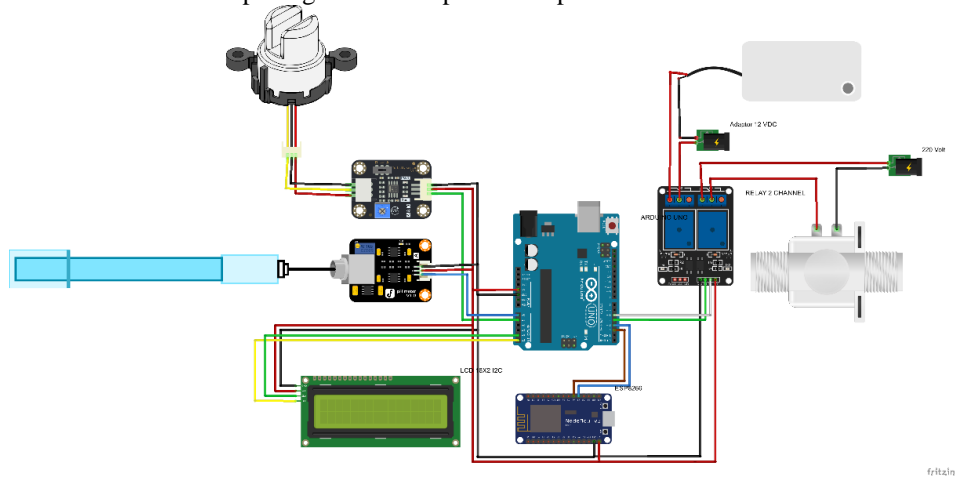
Gambar 2 menunjukkan proses perancangan perangkat lunak untuk program utama sistem. Tujuannya adalah untuk mengetahui hasil pembacaan data sensor, yang akan diproses melalui metode penyelesaian *fuzzy* Sugeno. Ini karena mikrokontroler pada dasarnya akan membaca nilai sensor secara terus menerus.

- Untuk membedakan *input* dan *output*, pin Arduino diinisialisasi untuk memulai sistem. pembacaan data dari sensor viskositas SEN0189 dan sensor pH MSP 340
- Proses kalibrasi dilakukan pada sensor pH MSP 340, yang termasuk dalam kode program.
- Mengaktifkan fungsi *fuzzy* Sugeno
- Kemudian, hasil perhitungan *fuzzy* Sugeno ditemukan, yang menentukan apakah pH kolam harus naik atau turun. Selain itu, ditemukan jumlah liter air yang harus ditambahkan ke kolam.

C. Perancangan Hardware

1. Skema Rangkaian Keseluruhan Sistem

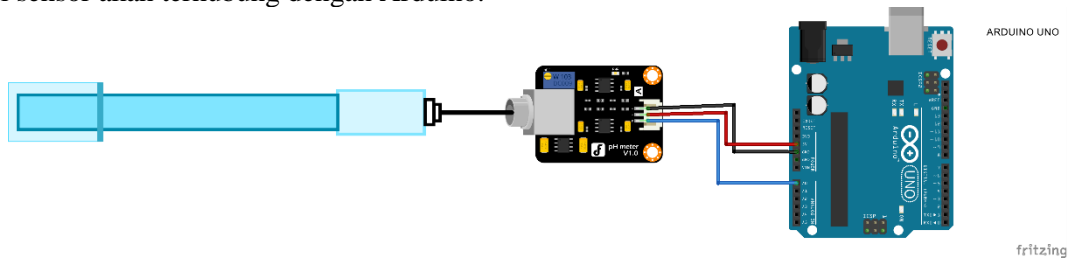
Pada tahapan ini, komponen-komponen perangkat keras yang telah didapat dirancang rangkaiannya. Rancangan perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram Skematik

2. Rangkaian Sensor pH

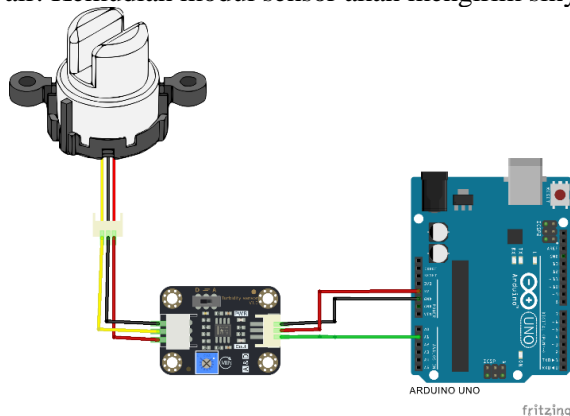
Dalam rangkaian ini akan digambarkan bagaimana Arduino dapat terhubung dengan sensor pH. Sensor pH merupakan sensor analog yang berfungsi untuk mengukur keasaman air. Sensor pH mempunyai 2 bagian diantaranya modul sensor dan *probe* sensor. *Probe* sensor akan terhubung ke modul sensor dan modul sensor akan terhubung dengan Arduino.



Gambar 4 Rangkaian Sensor pH

3. Rangkaian Sensor *Turbidity*

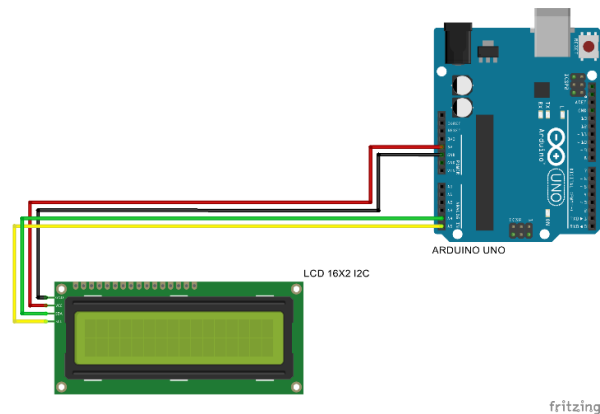
Dalam rangkaian ini akan menggambarkan bagaimana sensor *turbidity* akan terhubung dengan Arduino. Sensor *turbidity* digunakan untuk mengukur derajat kekeruhan air. Sensor *turbidity* memiliki 2 bagian yaitu modul sensor dan *probe* sensor. *Probe* sensor akan membaca derajat kekeruhan dengan mencelupkannya ke dalam air. Kemudian modul sensor akan mengirim sinyal menuju Arduino.



Gambar 5 Rangkaian Sensor *Turbidity*

4. Rangkaian LCD

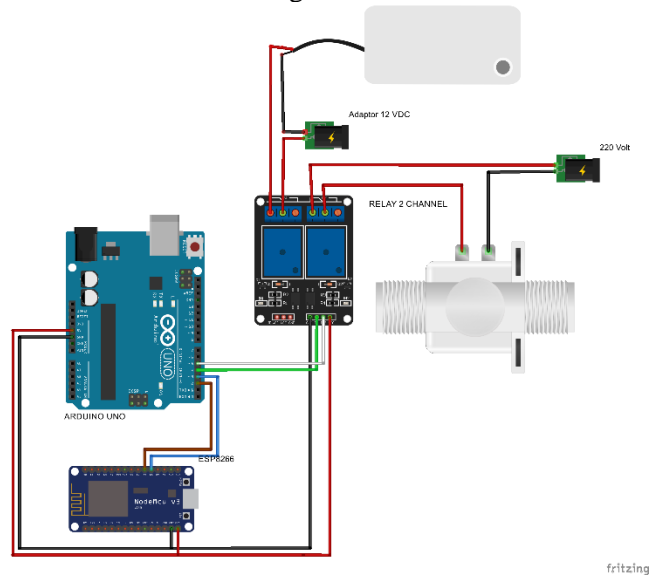
Dalam rangkaian ini akan menggambarkan bagaimana LCD akan terhubung dengan Arduino. LCD akan menampilkan hasil pembacaan dari derajat keasaman dan kekeruhan yang telah diukur.



Gambar 6 Rangkaian LCD

5. Rangkaian Relay

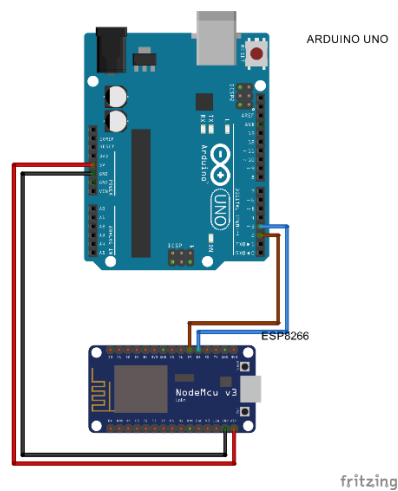
Dalam skema rangkaian ini akan menggambarkan bagaimana Arduino dapat terhubung dengan relay 2 saluran. Relay ini berfungsi untuk mengatur aliran listrik ke pompa dan solenoid valve. Relay dikendalikan oleh Arduino untuk membuka maupun menutup sambungan aliran listrik di dalam relay tersebut. Relay memanfaatkan medan elektromagnetik untuk membuka dan menutup saklar.



Gambar 7 Rangkaian Relay dengan Arduino

6. Rangkaian ESP8266 dengan Arduino

Dalam skema rangkaian ini akan menggambarkan bagaimana ESP8266 dapat terhubung dengan Arduino. ESP8266 digunakan untuk menerima data dari Arduino dan mengirimkan data ke Blynk dengan WiFi.

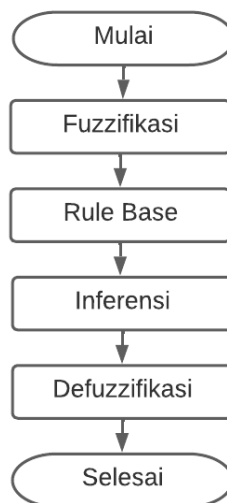


Gambar 8 Rangkaian ESP8266 dengan Arduino

D. Perancangan Perangkat Lunak

Pada sub-bab perancangan perangkat lunak dibagi menjadi 2 pembahasan, yakni perancangan perangkat lunak dengan metode fuzzy Sugeno dengan Matlab dan perancangan program dengan Arduino IDE.

1. Perancangan Metode Fuzzy Sugeno



Gambar 9 Diagram Alir Metode Fuzzy

Proses perhitungan *fuzzy* Sugeno terdiri dari beberapa tahap, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Perancangan sistem dengan metode *fuzzy* membutuhkan beberapa proses: fuzzifikasi, pembentukan rule base, inferensi, dan defuzzifikasi.

a. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses menciptakan himpunan dan keanggotaan setiap parameter, kemudian menghasilkan aturan. Himpunan *fuzzy* adalah kumpulan variabel *fuzzy* yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu. Pada setiap parameter, pembentukan himpunan dilakukan. Ada tiga parameter dalam sistem ini, dengan dua parameter sebagai data input dari sensor yang sudah dikalibrasi, dan satu parameter sebagai output sistem, air dalam satuan liter. Sensor pH dan *turbidity* adalah dua sensor input.

- Himpunan Sensor pH Meter SEN0161

Dalam sensor pH, ada tiga himpunan: *Low*, *Normal*, dan *High*. Berikut adalah penjelasannya:

- Sangat Asam [0 3 4]

Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \geq 4 \\ \frac{4-x}{4-3}, & 3 \leq x \leq 4 \\ 1, & x \leq 3 \end{cases}$$

- Asam [3 4 5 6]
 Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 3 \text{ atau } x \geq 6 \\ \frac{x-3}{4-3}, & 3 \leq x \leq 4 \\ 1, & 4 \leq x \leq 5 \\ \frac{6-x}{6-5}, & 5 \leq x \leq 6 \end{cases}$$

- Netral [5 6 8 9]
 Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

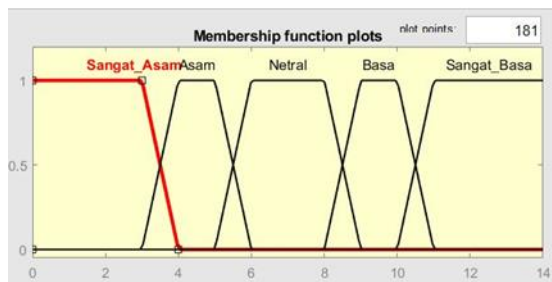
$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 5 \text{ atau } x \geq 9 \\ \frac{x-5}{6-5}, & 5 \leq x \leq 6 \\ 1, & 6 \leq x \leq 8 \\ \frac{9-x}{9-8}, & 8 \leq x \leq 9 \end{cases}$$

- Basa [8 9 10 11]
 Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 8 \text{ atau } x \geq 11 \\ \frac{x-8}{9-8}, & 8 \leq x \leq 9 \\ 1, & 9 \leq x \leq 10 \\ \frac{11-x}{11-10}, & 10 \leq x \leq 11 \end{cases}$$

- Sangat Basa [10 11 14]
 Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 10 \\ \frac{x-10}{11-10}, & 10 \leq x \leq 11 \\ 1, & x \geq 11 \end{cases}$$



Gambar 10 Fungsi keanggotaan pH

Himpunan sensor *turbidity* mempunyai 3 himpunan yaitu Normal, Keruh, dan sangat Keruh.

- Normal [0 40 50]

Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \geq 50 \\ \frac{50 - x}{50 - 40}, & 40 \leq x \leq 50 \\ 1, & x \leq 40 \end{cases}$$

- Keruh [40 50 70 80]

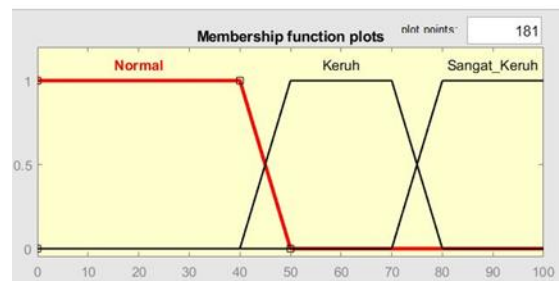
Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 40 \text{ atau } x \geq 80 \\ \frac{x - 40}{50 - 40}, & 40 \leq x \leq 50 \\ 1, & 50 \leq x \leq 70 \\ \frac{80 - x}{50 - 70}, & 70 \leq x \leq 80 \end{cases}$$

- Sangat Keruh [70 80 100]

Fungsi keanggotaan dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 70 \\ \frac{x - 70}{80 - 70}, & 70 \leq x \leq 80 \\ 1, & x \geq 80 \end{cases}$$

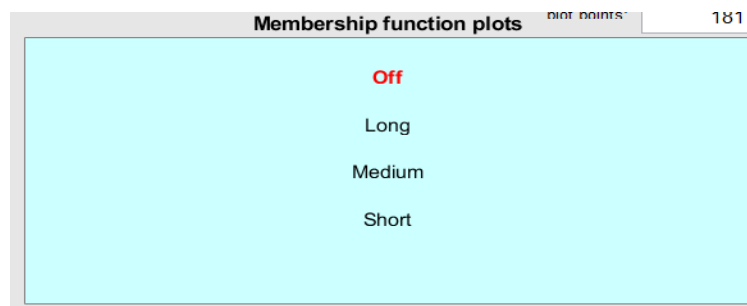


Gambar 11 Fungsi Keanggotaan *Turbidity*

- Himpunan Durasi pompa

Durasi pengaktifan pompa memiliki 4 himpunan yaitu *Off*, *Long*, *Medium*, dan *Short*. di bawah ini merupakan penjelasan himpunnanya :

- *Off* [0]
- *Medium* [20]
- *Short* [40]
- *Long* [60]



Gambar 12 Fungsi Keanggotaan Durasi Pengurasan

b. Pembuatan Aturan Fuzzy

Aturan *fuzzy* dibuat setelah himpunan dan keanggotaan pada setiap parameter dibuat. Dalam bahasa Inggris, *rule*, atau penyebutan, adalah pengetahuan prosedural yang menghubungkan informasi yang diberikan dengan tindakan. Secara logika, peraturan *fuzzy* mengatur pemrosesan masukan dan membandingkannya dengan keluaran. Himpunan output ditentukan melalui perhitungan manual dalam kondisi kolam ikan lele.

Tabel 1 *Rule Base*

pH	Turbidity		
	Normal	Keruh	Sangat Keruh
Sangat Asam	<i>Medium</i>	<i>Long</i>	<i>Long</i>
Asam	<i>Short</i>	<i>Medium</i>	<i>Long</i>
Netral	<i>OFF</i>	<i>Medium</i>	<i>Long</i>
Basa	<i>Short</i>	<i>Medium</i>	<i>Long</i>
Sangat Basa	<i>Medium</i>	<i>Long</i>	<i>Long</i>

Berdasarkan tabel 1 maka didapatkan *rule* sebagai berikut:

- [R1] Jika pH Sangat Asam dan *Turbidity* Normal maka Durasi bukaan *valve Medium*
- [R2] Jika pH Sangat Asam dan *Turbidity* Keruh maka Durasi bukaan *valve Long*
- [R3] Jika pH Sangat Asam dan *Turbidity* Sangat Keruh maka Durasi bukaan *valve Long*
- [R4] Jika pH Asam dan *Turbidity* Normal maka Durasi bukaan *valve Short*
- [R5] Jika pH Asam dan *Turbidity* Keruh maka Durasi bukaan *valve Medium*
- [R6] Jika pH Asam dan *Turbidity* Sangat Keruh maka Durasi bukaan *valve Long*
- [R7] Jika pH Netral dan *Turbidity* Sangat Normal maka Durasi bukaan *valve Off*
- [R8] Jika pH Netral dan *Turbidity* Keruh maka Durasi bukaan *valve Medium*
- [R9] Jika pH Netral dan *Turbidity* Sangat Keruh maka Durasi bukaan *valve Long*
- [R10] Jika pH Basa dan *Turbidity* Normal maka Durasi bukaan *valve Short*
- [R11] Jika pH Basa dan *Turbidity* Keruh maka Durasi bukaan *valve Medium*
- [R12] Jika pH Basa dan *Turbidity* Sangat Keruh maka Durasi bukaan *valve Long*
- [R13] Jika pH Sangat Basa dan *Turbidity* Normal maka Durasi bukaan *valve Medium*
- [R14] Jika pH Sangat Basa dan *Turbidity* Keruh maka Durasi bukaan *valve Long*
- [R15] Jika pH Sangat Basa dan *Turbidity* Normal maka Durasi bukaan *valve Long*

III. HASIL DAN DISKUSI

Dalam penelitian ini, penulis melakukan pengujian dan menganalisis hasilnya. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem telah memenuhi semua kebutuhan yang diharapkan. Proses pemeriksaan sistem terdiri dari empat komponen: pengujian tingkat akurasi sensor pH, yang mengukur tingkat keasaman air; pengujian sensor kekeruhan, yang mengukur tingkat kekeruhan air; dan pengujian pompa air dan *solenoid valve*, yang mengatur aliran air. Terakhir, pemeriksaan sistem secara keseluruhan untuk menentukan apakah sistem dengan logika *fuzzy* Sugeno dapat digunakan sebagai alternatif untuk mengontrol kualitas air secara otomatis.

A. Pengujian Sensor pH

Pada bagian ini akan dilakukan pengujian terhadap sensor pH yang digunakan pada sistem ini. Pengujian dibagi menjadi 2 bagian yaitu pengujian karakteristik dan pengujian keakuratan sensor.

1. Pengujian Karakteristik Sensor pH

Pada bagian ini didapatkan hubungan antara nilai ADC dan tegangan yang dikeluarkan oleh sensor pH dengan nilai keluaran sensor pH. Sensor pH juga dapat dikalibrasi melalui potensiometer yang terdapat pada modul pH.

Tabel 2 Hubungan Antara Nilai ADC, Voltase dan Nilai pH

No.	Nilai ADC	Voltase	Nilai pH
1.	628	3,066	4,25
2.	632	3,086	4,14
3.	551	2,690	6,46
4.	544	2,656	6,66
5.	473	2,310	8,70
6.	477	2,329	8,594

2. Pengujian Keakuratan Sensor pH

Hasil pengujian sensor pH yang telah dilakukan ditunjukkan pada Tabel 3. Tabel tersebut menunjukkan hasil pembacaan derajat keasaman yang dilakukan dengan menggunakan sensor pH dan pH meter. Terlihat bahwa sensor pH dapat mencatat nilai derajat keasaman yang berbeda pada berbagai jenis air, dan hasil perbandingan antara keduanya pada objek air yang sama menunjukkan perbedaan nilai.

Tabel 3 Hasil Pengujian Sensor pH

No.	Sensor pH	pH meter	<i>Error</i>
1.	4,15	4,3	3,49%
2.	4,42	4,6	3,91%
3.	4,85	5,0	3,0%
4.	5,21	5,4	3,52%
5.	5,50	5,7	3,5%
6.	6,12	6,3	2,86%
7.	6,43	6,6	2,58%
8.	6,85	7,0	2,14%
9.	7,08	7,2	1,67%
10.	7,58	7,5	1,07%
11.	7,88	7,8	1,0%
12.	8,26	8,3	0,48%
13.	8,42	8,4	0,24%
14.	8,75	8,8	0,57%
15.	9,170	9,1	0,77%
Rata-rata			2,053%

Untuk menentukan persentase *error* pada setiap pengujian, menggunakan persamaan (1) berikut :

$$\text{Persentase error} : \frac{|\text{pembacaan alat ukur} - \text{pembacaan sensor}|}{\text{Pembacaan alat ukur}} \times 100\% \quad (1)$$

Adapun cara untuk menghitung nilai selisih pembacaan nilai sensor dan alat ukur yaitu dengan menggunakan persamaan (2) berikut :

$$\text{Selisih nilai pembacaan} = |\text{pembacaan alat ukur} - \text{pembacaan sensor}| \quad (2)$$

Contoh perhitungan persentase error pada pengujian sebagai berikut :

Nilai derajat keasaman pembacaan sensor = 4,15

Nilai derajat keasaman pembacaan alat ukur = 4,3

$$\begin{aligned} \text{Selisih nilai pembacaan} &= |\text{pembacaan alat ukur} - \text{pembacaan sensor}| \\ &= |4,3 - 4,15| \\ &= 0,15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase error} &= \frac{|\text{pembacaan alat ukur} - \text{pembacaan sensor}|}{\text{Pembacaan alat ukur}} \times 100\% \\ &= \frac{|4,3 - 4,15|}{4,3} \times 100\% \\ &= \frac{0,15}{4,3} \times 100\% \\ &= 3,49\% \end{aligned}$$

Adapun untuk menghitung nilai rata-rata *error* keseluruhan pengujian adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata error} &= \frac{\text{Jumlah persentase error}}{\text{Jumlah pengujian}} \\ &= \frac{30,8}{15} \\ &= 2,053\% \end{aligned}$$

Akurasi sensor $100\% - 2,053\% = 97,947\%$

Dengan menggunakan sensor pH yang sudah dikalibrasi, *error* yang dihasilkan sangat kecil, yaitu 2,053%, ditunjukkan oleh hasil pengujian pada tabel 10. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor pH meter sangat baik dalam membaca nilai derajat keasaman, bahkan jika terjadi *error* antara pembacaan sensor dan alat ukur.

B. Pengujian Sensor Turbidity

1. Pengujian Karakteristik Sensor Turbidity

Pada bagian ini didapatkan hubungan antara nilai ADC dan tegangan yang dikeluarkan oleh sensor pH dengan nilai keluaran sensor *turbidity*. Sensor *turbidity* juga dapat dikalibrasi melalui potensiometer yang terdapat pada modul *turbidity*.

Tabel 4 Hubungan Antara Nilai ADC, Voltase dan Nilai NTU

No.	Nilai ADC	Voltase	Nilai NTU
1.	875	4,27	2,8
2.	890	4,35	1,1
3.	698	3,41	22,2

2. Pengujian Keakuratan Sensor Turbidity

Beberapa sampel diambil untuk melakukan pengujian. Tingkat kekeruhan dalam air diukur dengan satuan *Nephelometric Turbidity Units* (NTU). Untuk menguji hal ini, sensor *turbidity* dimasukkan ke dalam air bersih sampai airnya menjadi keruh, lalu ditampilkan ke *serial monitor*. Nilai NTU meningkat seiring dengan keruhnya air.

Tabel 5 Hasil pengujian sensor kekeruhan

No.	Sensor kekeruhan	Turbidity meter	Error
1.	2,8	3,0	6,67%
2.	1,1	1,0	10%
3.	22,2	24,0	7,5%
Rata-rata error			8,057%

Sebelum penggunaan kontrol *fuzzy*, penulis melakukan analisis pengambilan data sensor. Dengan membandingkan sensor *turbidity* dengan *turbidity meter*, hasil menunjukkan persentase *error* rata-rata 8,057%. Dengan akurasi pembacaan 91,943%, sensor *turbidity* memiliki tingkat akurasi yang cukup baik. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.

C. Pengujian Pompa Air

Uji pompa air dilakukan untuk mengukur jumlah air yang dikeluarkan dalam beberapa detik. Hasil uji ini dapat digunakan sebagai referensi untuk menentukan berapa lama *timer* untuk pengisian dan pengurasan. Tabel uji coba yang telah dilakukan dengan pompa air 12V ditunjukkan di sini.

Tabel 6 Hasil pengujian Pompa Air

No.	Waktu	Jumlah
1.	6 detik	200ml
2.	18 detik	600ml
3.	30 detik	1000ml
4.	42 detik	1400ml
5.	60 detik	2000ml

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 6 dapat diketahui bahwa pompa air yang digunakan dapat mengalirkan air dengan kecepatan 33,3 ml/s atau 2 liter setiap menitnya.

D. Pengujian Fuzzy

Pengujian ini dilakukan untuk menguji metode *fuzzy* sistem (*fuzzy sugeno*). Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui hasil dari nilai *fuzzy* dari Matlab dan perhitungan manual.

Pada pengujian ini, *input* dilakukan secara manual tanpa menggunakan sensor pada sistem. Keluaran sistem akan dibandingkan dengan keluaran yang dihitung secara manual. Data diambil sebanyak lima belas kali untuk setiap kondisi pada *rule base* yang dibuat pada aturan *fuzzy*. Ini adalah hasil dari pengujian proses *fuzzy* Sugeno.

Misalkan diberikan nilai

- pH = 7

- *Turbidity* = 72

Berikutnya tentukan nilai dari masing-masing himpunan fuzzy berdasarkan nilai yang telah diberikan.

- pH Sangat asam = 0
- pH Asam = 0
- pH Netral = 1
- pH Basa = 0
- pH Sangat Basa = 0
- *Turbidity* Normal = 0
- *Turbidity* Keruh = 0,8
- *Turbidity* Sangat Keruh = 0,2

Setelah memiliki nilai masing masing himpunan fuzzy maka selanjutnya adalah melakukan fungsi implikasi MIN beserta menerapkan peraturan fuzzy.

- Durasi Pompa *Short* = 20
- Durasi Pompa *Medium* = 40
- Durasi Pompa *Long* = 80

Tabel 7 Deskripsi, Fungsi Implikasi dan *Rule*

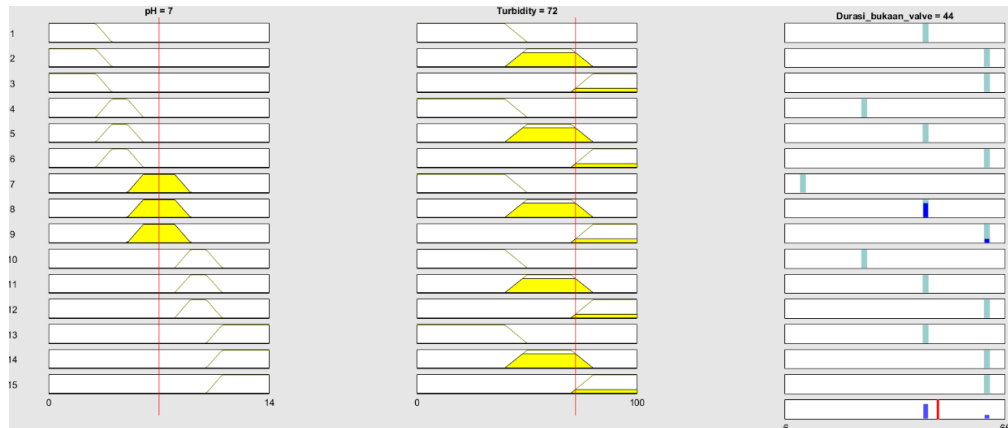
No.	Deskripsi	Fungsi Implikasi MIN	<i>Rule</i>
1.	Jika pH Sangat Asam dan <i>Turbidity</i> Normal maka Durasi bukaan <i>valve Medium</i>	MIN (0,0) = 0	40
2.	Jika pH Sangat Asam dan <i>Turbidity</i> Keruh maka Durasi bukaan <i>valve Long</i>	MIN (0,0.8) = 0	80
3.	Jika pH Sangat Asam dan <i>Turbidity</i> Sangat Keruh maka Durasi bukaan <i>valve Long</i>	MIN (0,0.2) = 0	80
4.	Jika pH Asam dan <i>Turbidity</i> Normal maka Durasi bukaan <i>valve Short</i>	MIN (0,0) = 0	20
5.	Jika pH Asam dan <i>Turbidity</i> Keruh maka Durasi bukaan <i>valve Medium</i>	MIN (0,0.8) = 0	40
6.	Jika pH Asam dan <i>Turbidity</i> Sangat Keruh maka Durasi bukaan <i>valve Long</i>	MIN (0,0.2) = 0	80
7.	Jika pH Netral dan <i>Turbidity</i> Normal maka Durasi bukaan <i>valve Off</i>	MIN (1,0) = 0	0
8.	Jika pH Netral dan <i>Turbidity</i> Keruh maka Durasi bukaan <i>valve Medium</i>	MIN (1,0.8) = 0.8	40
9.	Jika pH Netral dan <i>Turbidity</i> Sangat Keruh maka Durasi bukaan <i>valve Long</i>	MIN (1,0.2) = 0.2	80
10.	Jika pH Basa dan <i>Turbidity</i> Normal maka Durasi bukaan <i>valve Short</i>	MIN (0,0) = 0	20
11.	Jika pH Basa dan <i>Turbidity</i> Keruh maka Durasi bukaan <i>valve Medium</i>	MIN (0,0.8) = 0	40
12.	Jika pH Basa dan <i>Turbidity</i> Sangat Keruh maka Durasi bukaan <i>valve Long</i>	MIN (0,0.2) = 0	80
13.	Jika pH Sangat Basa dan <i>Turbidity</i> Normal maka Durasi bukaan <i>valve Medium</i>	MIN (0,0) = 0	40
14.	Jika pH Sangat Basa dan <i>Turbidity</i> Keruh maka Durasi bukaan <i>valve Long</i>	MIN (0,0.8) = 0	80
15.	Jika pH Sangat Basa dan <i>Turbidity</i> Normal maka Durasi bukaan <i>valve Long</i>	MIN (0,0.2)= 0	80

Perancangan dan Integrasi IoT pada Sistem Kendali Air Kolam dengan Metode Fuzzy Berdasarkan Ph dan Turbidity Berbasis Mikrokontroler
(Ni Ketut H.D, Joni Mahardani : Halaman 17 - 32)

Berikutnya adalah melakukan defuzzifikasi

Nilai rata-rata =

$$= \frac{(0 \times 40) + (0 \times 80) + (0 \times 80) + (0 \times 20) + (0 \times 40) + (0 \times 80) + (0 \times 0) + (0.8 \times 40) + (0.2 \times 80) + (0 \times 20) + (0 \times 40) + (0 \times 80) + (0 \times 40) + (0 \times 80) + (0 \times 80)}{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0.8 + 0.2 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0} = \frac{48}{1} = 48$$



Gambar 13 Perhitungan Fuzzy dengan Matlab

Tabel 8 Hasil Pengujian Fuzzy Sugeno

No.	Nilai pH	Nilai <i>Turbidity</i>	Hasil Perhitungan Manual	Hasil Perhitungan Sistem
1.	4	10	20	20
2.	6	55	40	40
3.	7	3	0	0
4.	9	25	20	20
5.	7	85	60	60

Keluaran dari kedua tes—sistem dan perhitungan manual—memiliki nilai yang sama dengan hasil perhitungan manual, seperti yang ditunjukkan oleh hasil tes pada Tabel 8 di atas. Dengan demikian, sistem sudah sesuai untuk melakukan perhitungan *fuzzy* karena sistem dapat memberikan hasil yang sama dengan perhitungan manual dengan 15 masukan yang berbeda.

E. Pengujian pengiriman data ke Blynk

Pada bagian ini akan diuji pengiriman data dari ESP8266 ke aplikasi Blynk. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan data yang keluar pada serial monitor dengan data yang tampil di Blynk. Terdapat 5 data yang dikirim dari ESP8266 ke aplikasi Blynk. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali untuk setiap data tersebut. Berikut hasil pengujian pengiriman data ke aplikasi Blynk.

Tabel 9 Pengujian Pengiriman Data ke Blynk

No.	Data Serial Monitor	Data Sensor	Hasil
1.	pH : 4,26	pH : 4,2	Sesuai
	<i>Turbidity</i> : 10 NTU	<i>Turbidity</i> : 10 NTU	Sesuai

	Durasi Pompa : 20s	Durasi Pompa : 20s	Sesuai
2.	pH : 7,84	pH : 7,8	Sesuai
	<i>Turbidity</i> : 3,4	<i>Turbidity</i> : 3	Sesuai
	Durasi Pompa : 0	Durasi Pompa : 0	Sesuai
3.	pH : 7,11	pH : 7,1	Sesuai
	<i>Turbidity</i> : 85	<i>Turbidity</i> : 85	Sesuai
	Durasi Pompa : 60s	Durasi Pompa : 60s	Sesuai

IV. KESIMPULAN

Sistem kendali kualitas air kolam dapat bekerja dengan cukup baik dengan menggunakan *fuzzy logic* metode Sugeno, Arduino, ESP8266 dengan tambahan sensor pH, sensor *turbidity* serta *relay* dan pompa air. Sistem juga terhubung aplikasi Blynk pada *smartphone* pengguna melalui jaringan internet dan koneksi WiFi. Selain itu sistem juga menampilkan informasi melalui layar LCD.

Sensor pH yang diletakkan dalam kondisi air kolam sebagian terendam dapat dengan akurat mengukur nilai derajat keasaman dengan rata-rata *error* sebesar 2,053%. Ini menunjukkan bahwa sensor bekerja dengan cukup baik karena ia dapat mengamati perubahan dalam tingkat keasaman dalam berbagai air meskipun dengan perubahan yang cukup kecil. Sensor *turbidity* yang digunakan juga sangat andal dengan rata-rata *error* 8,057%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan dosen dan mahasiswa Teknik Elektro Universitas Jenderal Achmad Yani atas doa dan dukungannya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. D. Putra, A. Sulastra and D. R. Suchendra, "IMPLEMENTASI PENGONTROL PAKAN TERNAK MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK BERBASIS ARDUINO UNO," *Telkom University*, p. 1958, 2018.
- [2] D. Jatnika, K. Sumantadinata and N. H. Pandjaitan, "Pengembangan Usaha Budidaya Ikan Lele (*Clarias* sp.) di Lahan Kering," *Manajemen IKM*, pp. 96-105, 2014.
- [3] S. Ciptanto and S. Suyantoro, *Top 10 ikan air tawar : panduan lengkap pembesaran secara organik di kolam air, kolam terpal, karamba, dan jala apung*, Yogyakarta: Lily Publisher, 2010.
- [4] I. Apriyani, *Budidaya ikan lele sistem bioflok : teknik pembesaran ikan lele sistem bioflok kelola mina pembudidaya*, Yogyakarta: Deepublish, 2017.
- [5] E. N. Fatimah and M. Sari, *Kiat Sukses Budi Daya Ikan Lele Dari Pembenihan, Panen Raya, Hingga Pasca Panen*, Jakarta: Bibit Publisher, 2015.
- [6] R. Nurhidayat, "PENGENDALIAN KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA IKAN LELE," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listrik*, pp. 42-50, 2020.
- [7] N. Nasution, M. I. Nasution and S. Irawati, "RANCANG BANGUN SISTEM SMART KOLAM CATFISH BERBASIS," *Jurnal Hasil Penelitian Bidang Fisika*, 2022.
- [8] Saharuddin, Aji Ery Burhandenny, Arif Harjanto, Happy Nograho, Pandu Wirawan, "Rancang Bangun Sistem Internet Of Things (IoT) Alat Pengendalian Kekurangan Air Pada Kolam Terpal Ikan Lele Memanfaatkan Firebase," *Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 2023.
- [9] A. Junaidi, "INTERNET OF THINGS, SEJARAH, DAN TEKNOLOGI" *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, pp. 62-66, 2015.
- [10] S. Sembiring, A. Rifai and P. A. Kurnia, "JURNAL INFORMATIK," *Perancangan Sistem Pengatur pH Air Akuarium Menggunakan Kendali Logika Fuzzy*, vol. 1, no. 16, p. 13, 2020.