

Sistem Kontrol Kualitas Air Tambak Udang Berbasis Fuzzy Logic

Fuzzy Logic Based Shrimp Pond Water Quality Control System

Muhammad Faizal Akbar¹, Denny Irawan²

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatra No.101, Randuagung, Gresik, 61121

Informasi Makalah

Diajukan : 13 Mei 2023
Diterima : 1 Juni 2023
Diterbitkan : 16 Juni 2023

Kata Kunci:

Tambak Udang
Esp 32
Fuzzy Logic
IoT

Keyword:

Shrimps ponds
Esp 32
Fuzzy Logic
Iot

INTISARI

Pada saat penelitian ini dibuat perkembangan teknologi sudah mengalami kemajuan yang begitu pesat. Dari hasil perkembangan teknologi salah satunya penerapan IoT (*Internet of things*). Oleh karena itu memanfaatkan informasi ini untuk membantu pekerjaan mereka untuk pengaplikasian alat pengontrol kualitas air tambak menggunakan metode *fuzzy logic* dan untuk membandingkan biaya produksi dengan metode tradisional. Informasi ini juga masih belum banyak petani tambak tahu pengaplikasian rancangan bangun untuk memudahkan mengontrol kualitas air tambak. Penelitian ini membahas bagaimana cara membuat alat yang memudahkan para petani tambak untuk mengontrol kualitas air tambak udang secara otomatis. Pada penelitian ini merancang sebuah alat pengontrol kualitas air tambak pada tambak udang berbasis IoT dengan metode *fuzzy logic*, sistem ini menggunakan mikrokontroler Esp32 sebagai sistem pengendali rangkaian input dan output dan IoT sebagai pemantau jalannya operasi, dan *fuzzy logic* sebagai penerapan penalaran masalah kompleks yang tidak jelas, yang dapat dikontrol oleh operator manusia secara efisien, kemudian alat ini akan dirancang 3 sensor yang dimana sensor ini akan mengendalikan pompa untuk mengisi cairan pH asam atau basa dan menambahkan air bersih.

ABSTRACT

At the time this research was made, technological developments had progressed so rapidly. From the results of technological developments, one of them was the application of IoT (Internet of things). Therefore, they use this information to assist their work for the application of pond water quality control devices using fuzzy logic methods and to compare production costs with traditional methods. This information also not many pond farmers know about the application of the design to make it easier to control the quality of pond water. This research discusses how to make a tool that makes it easy for pond farmers to automatically control the quality of shrimp pond water. In this study designed a pond water quality control device for IOT-based shrimp ponds with the fuzzy logic method. This system uses the Esp 32 microcontroller as a control system for input and output circuits and IOT as monitoring of operations, and fuzzy logic as the application of complex problem reasoning that does not clearly, which can be controlled by human operators efficiently, then this tool will be designed with 3 sensors where these sensors will control the pump to fill the acidic or alkaline pH liquid and add clean water.

Korespondensi Penulis:

Muhammad Faizal Akbar, Denny
Irawan Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No.101, Randuagung, Gresik, 61121
Email: faizalakbar229@gmail.com , den2mas@umg.ac.id

1. PENDAHULUAN

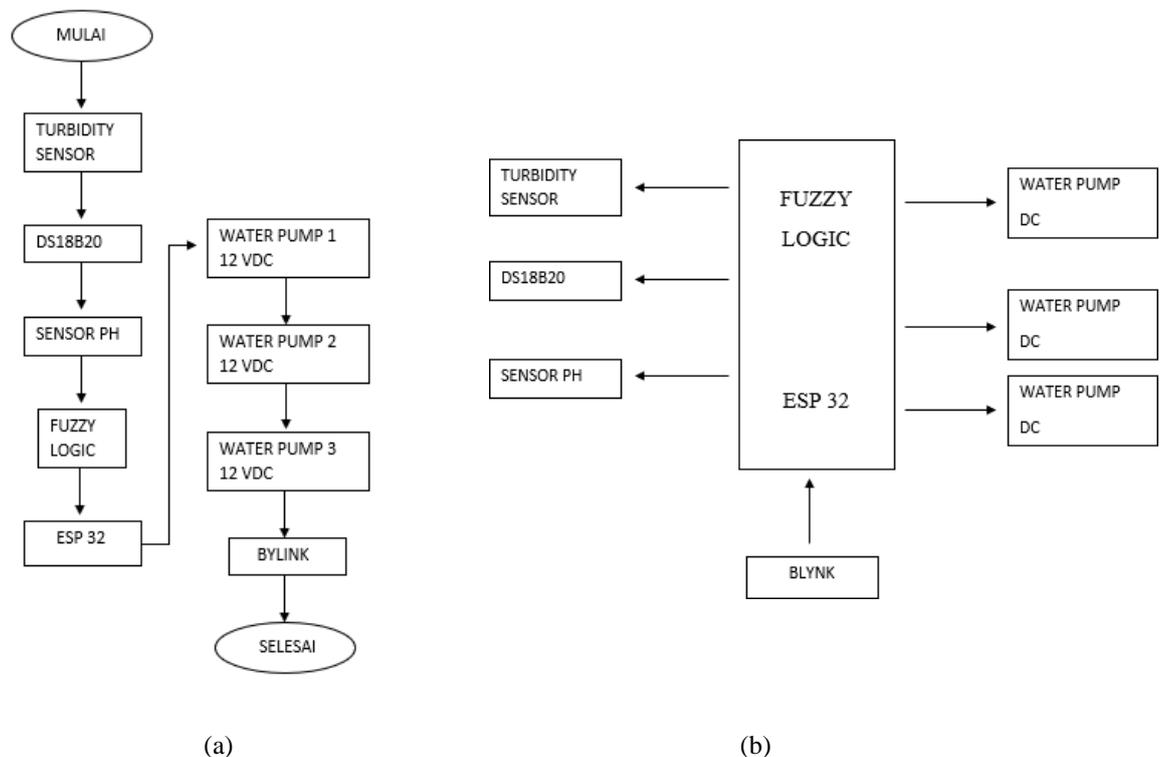
Usaha budidaya udang merupakan salah satu bisnis yang sangat menjanjikan di bidang pembudidayaan udang dari tahun ke tahun perkembangan dari bisnis ini meningkat pesat[1]. BPS juga mencatat konsumsi udang yang diawetkan lebih besar dari pada produk segar. Pada 2021, rata-rata konsumsi ikan dan udang yang diawetkan sebesar 0,418 kg per kapita per minggu[2]. Kemajuan teknologi diharapkan dapat meningkatkan hasil produksi yang berguna untuk meningkatkan produktifitas[3].

Fakta di atas adalah alasan mengapa jumlah pembudidaya dan pemeliharaan udang terus meningkat dari tahun ke tahun dikarenakan budidaya udang menjadi pertumbuhan ekonomi di Indonesia yang sangat potensial[4]. Keuntungan merupakan target yang lumrah dipakai sebagai alasan utama para pebisnis dalam mengembangkan bisnisnya[5]. Dalam pembudidayaan udang, kualitas air adalah faktor yang harus diperhatikan agar hasil produksi bisa maksimal[6]. Hal tersebut harus dipikirkan matang-matang agar dalam proses pengelolaan bisnis tidak terjadi kesalahan. Kesalahan besar seperti membengkaknya biaya produksi yang tidak sebanding dengan hasil yang didapat merupakan hal yang mutlak harus dihindari oleh seorang pebisnis[7].

Berdasarkan hal tersebut, untuk membantu mempermudah dalam mengelola bisnis udang maka diterapkan sebuah aplikasi untuk mengkalkulasi faktor-faktor yang berpengaruh pada hasil produksi[8]. Salah satu faktor yang mempengaruhi hasil produksi adalah kualitas air[9]. Dan juga faktor tempat pembudidayaan udang juga akan berpengaruh terhadap kualitas air[10], agar udang dapat bertahan dalam kondisi hidup maka suhu air yang baik antara 31° - 33° C selanjutnya kekeruhan air yang baik adalah 35 - 45 cm kemudian derajat keasaman pH air yang baik antara 7,5 - 8,5[11]. Solusi yang bisa digunakan adalah pengaplikasian logika fuzzy dengan menambahkan sistem berbasis *Internet of things* serta menggunakan aplikasi android dalam proses monitoring dan kontroling kualitas air[12]. Sistem mengakses data kadar pH, Tingkat kekeruhan air, suhu air dan perhitungan penggunaan *fresh water* dan cairan penetral pH secara Realtime[13]. NodeMCU ESP 32 digunakan sebagai pusat pengolah data dan kendali dalam proses kontrol untuk mematikan dan menghidupkan pompa *fresh water* dan pompa cairan penetral pH[14]. Dengan demikian, petani tambak udang tidak harus berkeliling kolam serta mengontrol penggunaan *fresh water* dan cairan penetral pH. Alat monitoring yang digunakan adalah smartPhone yang diharapkan dapat mengakses data secara langsung sebagai penerapan dari IoT (*Internet of things*)[15].

2. METODE PENELITIAN

Pada metodologi penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan dalam melakukan penelitian, Konsep alur metodologi penyelesaian tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar :



Gambar 1 (a) Diagram Alir Penelitian, (b) Diagram Blok Perangkat Keras

2.1. Perancangan Sistem

Perancangan sistem yang di gunakan dipenelitian ini menggunakan 2 tahapan yaitu perancangan menggunakan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan menggunakan perangkat lunak (*software*), untuk perangkat keras menggunakan sensor berupa : Turbidity sensor yang dimana sensor ini untuk mengukur kekeruhan air, sensor temperatur DS18B20 yang dimana sensor ini akan digabungkan dengan turbidity sensor untuk mengisi air bersih kedalam tambak menggunakan mikrokontroler berupa Esp32, sensor pH Meter sebagai pengukur tingkat kelayakan kadar pH pada air.

Sedangkan perangkat lunaknya menggunakan Esp 32 sebagai IoT atau Pemantau sensor-sensor di SmartHome yang pengaplikasiannya menggunakan *Fuzzy Logic* Kontrol sebagai teori kontrol disetiap sensor yang menggunakan aplikasi berupa Matlab.

Alat ini dirancang secara garis besar memiliki dua perangkat utama :

- 2.1.1. Perangkat lunak (*Software*), yaitu jalur diagram yang dilakukan untuk menjalankan sistem mekanik.
- 2.1.2. Perangkat keras (*Hardware*), yaitu seperti rangkaian sistem mekanik dan rangkaian pengontrol.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perancangan Alat

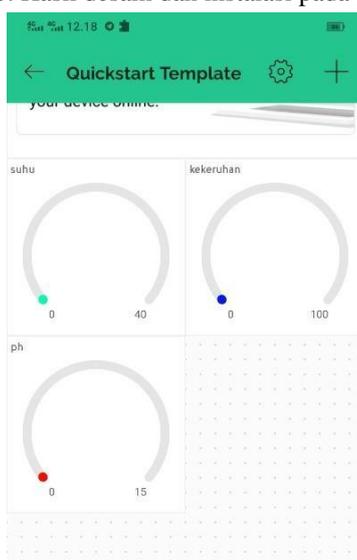
Gambar 1 merupakan gambaran hasil instalasi Esp 32 terhadap Sensor Suhu, Sensor Kekeruhan, Sensor pH, dan Relay untuk pompa saling terhubung.



Gambar 1. Hasil instalasi Esp32 dengan komponen pendukung

3.2 Hasil Perancangan Sistem Monitoring

Pembuatan aplikasi menggunakan *blynk* yang berfungsi sebagai monitoring dan kontrol kualitas air tambak udang. Pembuatan design aplikasi *blynk* ini didesain sedemikian rupa agar menjadi aplikasi yang *user interface*. Hasil desain dan instalasi pada *blynk* dapat dilihat pada gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Desain Aplikasi dengan blynk Gambar Smartphone



3. Hasil Instalasi Awal pada

3.3 Pengujian Sensor Kekeruhan

Sensor Kekeruhan yang digunakan diuji berdasarkan tingkat kekeruhan yang berada pada sebuah bak atau wadah tertentu. Sensor kekeruhan dapat dikalibrasi dengan sebuah alat ukur *turbidity* meter. Karena dalam penelitian alat ini menggunakan sensor kekeruhan yang mempunyai karakteristik tersendiri. Maka pengukuran mengacu pada percobaan dengan datasheet pada sensor tersebut. Sensor kekeruhan membutuhkan tegangan input sebesar 3.3 V DC dan mengeluarkan tegangan output DC. Berikut tabel percobaan sensor kekeruhan untuk mengetahui tegangan output pada setiap kekeruhan.

Tabel 1. Pengujian sensor ADC

Pengujian Nilai Adc	
Tegangan input	Nilai ADC
0,92 V	953
1,20 V	1315
2.8 V	3350
3.3 V	4095

Dari Tabel 1 dapat dianalisa jumlah bit dalam ADC tersebut adalah 12 bit dikarenakan nilai ADC 4095. Kemudian dapat melakukan pengujian ADC kembali dengan menggunakan sensor kekeruhan.

Tabel 2. Pengujian sensor kekeruhan untuk mengetahui tegangan output pada air

Pengujian sensor Kekeruhan			
Sample air kolam keruh	Nilai ADC pengujian	Nilai Tegangan	Nilai Kekeruhan
Sedikit keruh	953	0.92 Volt	23 %
Sedikit keruh	1315	1,20 Volt	32 %
keruh	2905	2,51 Volt	71 %
keruh	3350	2,80 Volt	82 %
keruh	3876	3,01 Volt	91 %

Nilai dalam tabel 2 tersebut didapat dengan menggunakan fungsi (map) pada coding ESP 32. Dengan demikian setelah melakukan beberapa percobaan untuk menemukan titik jenuh atau kekeruhan maksimal pada sensor tersebut. Juga dapat mengkalibrasi dan menganalisa kekeruhan pada sensor dengan nilai ADC pada datasheet.

3.4. Pengujian Sensor suhu DS18B20

Pengujian sensor suhu DS18B20 bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dan error dari data hasil pengukuran sensor suhu. Pengukuran dilakukan dengan membanding termometer air raksa dan sensor suhu DS18B20 dengan perlakuan yang sama. Pengukuran dilakukan didalam ruang inkubator. Sensor suhu DS18B20 dan termometer air raksa diletakan didalam inkubator kemudian proses pengukur suhu dimulai. Suhu bersumber dari pemanas berupa lampu pijar. Pengamatan suhu dengan sensor akan tertampil pada layar LCD. Hasil pembacaan sensor suhu DS18B20 dicatat pada tabel. Pengujian sensor bertujuan menghitung tingkat error atau kesalahan. Contoh pengujian sensor suhu dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Pengujian sensor suhu DS18B20

Ragam ralat dari pengukuran atau pengamatan dibagi menjadi 3 macam, yaitu: ralat sistematis (*systematic error*), ralat rambang (*random error*), dan ralat kekeliruan tindakan. Ralat sistematis adalah ralat pengukuran yang akan memberikan efek tetap terhadap hasil ukur (Panduan Praktikum Fisika Dasar, 2016) ditunjukkan pada persamaan (1) dan (2). Rumus perhitungan nilai *error* :

$$error = |X - Xi| \quad (1)$$

$$\% error = \left| \frac{(X - Xi)}{X} \times 100\% \right| \quad (2)$$

Keterangan :

X = Data Sebenarnya

X_i = Data Terukur

% *Error* = Ralat *Systematic*

Selanjutnya dapat dijabarkan untuk mencari *error* dan menghitung % *error*, ditunjukkan pada persamaan (3) dan (4). yaitu :

$$Error = | \text{suhu sebenarnya} - \text{suhu terukur} | \quad (3)$$

$$\% error = \left| \frac{\text{suhu sebenarnya} - \text{suhu terukur}}{\text{suhu sebenarnya}} \right| \times 100\% \quad (4)$$

Tabel 3. Hasil Pengujian Suhu Sensor DS18B20 dengan Termometer

No	Pengukuran Suhu Termometer (°C)	Pengukuran Sensor Suhu DS18B20 (°C)	Error	% Error
1	29,0	29,2	0,2	0,68
2	28,4	29,0	0,6	2,1
3	27,8	28,6	0,8	2,8
4	27,8	28,4	0,6	2,1
5	29,9	28,2	1,7	5,6
6	25,8	26,7	0,9	3,4
7	26,2	27,8	1,6	5,7
8	27,4	27,6	0,2	0,7
9	29,0	30,9	1,9	6,1
10	27,5	28,9	1,4	4,8
Rata-rata error dan % error			0,99	3,3 %

Hasil pengujian pengukuran suhu sensor DS18B20 menggunakan pembandingan termometer air raksa hasilnya pada tabel 3. Selanjutnya dilakukan pengujian tegangan sensor suhu DS18B20. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan sensor. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur tegangan sensor ketika terjadi perubahan suhu. Pengukuran tegangan sensor menggunakan alat ukur multimeter digital Wipro type DT830D. Hasil pengukuran tegangan keluaran sensor dicatat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Tegangan Sensor Suhu DS18B20

No	Suhu	Output Tegangan (volt)	
		Tanpa Beban	Dengan Beban
1	28,6	4,94	4,87
2	29,0	4,94	4,86
3	30,0	4,94	4,86
4	28,4	4,94	4,86
5	30,4	4,94	4,87

Berdasarkan tabel 4 dapat dilihat bahwa pengukuran dilakukan pada saat perubahan nilai suhu, maka akan didapat tegangan pada sensor tetap. Sehingga dikatakan sensor bekerja secara stabil.

3.5. Pengujian Sensor pH

Pengujian sensor pH 4502C dilakukan untuk melihat keakuratan dari hasil pembacaan sensor pH 4502C. Pengujian dilakukan dengan mengecek hasil dari monitoring pH air. Pengukuran pH dilakukan dengan beberapa kali percobaan dan dari percobaan akan didapat data hasil uji alat. Sensor pH adalah sensor yang digunakan untuk membaca kadar pH atau keasaman pada air. Rumus (5) dan (6) adalah rumus pH yang digunakan pada percobaan ini.

$$\text{Voltage} = \text{averageData()} * 5.0 / 1025 \quad (5)$$

$$\text{pH Value} = 3.5 * \text{voltage} + \text{Offset} - 1 \quad (6)$$

Pada rangkaian alat system kontrol ini, pin output yang digunakan adalah pin analog *Output* dan *Digital Input*. Berdasarkan hasil pengujian terhadap alat, arus listrik dapat mengalir dengan baik ke seluruh komponen. Sensor pH juga berfungsi mendeteksi tingkat keasaman air dengan baik. Tabel 5 menunjukkan hasil pengukuran tegangan pada sensor pH untuk beberapa kepekatan pH air. Contoh pengujian sensor pH dapat dilihat pada gambar 5.

Tabel 5. Hasil pengukuran tegangan pada sensor pH

No	Sensor pH	Volt (Tegangan)
1.	pH 7,4	2,73
2.	pH 4,8	2,59
3.	pH 5,7	2,82



Gambar 5. Foto Pengujian pH

Pengujian dilakukan pada hari dan waktu yang berbeda, dengan alat pH Meter Digital dan sensor pH4502C kemudian data dari kedua alat tersebut dibandingkan untuk mengetahui hasil dari kedua alat tersebut.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sensor pH

No	Nama Air	Pengukuran pH		Akurasi (%)
		SensorpH 4502C	pH MeterATC	
1	Air Pam	6.62pH	7.01pH	94.43%
2	Air waduk	6.1pH	6.5PH	92.42%
3	Air isi ulang	7.5pH	7.4pH	98.66%
4	Aqua	7pH	7pH	100%
5	Sprite	4.19pH	4.20pH	99.76%
6	Air garam	5.61pH	5.80pH	96.72%
7	Teh NU green tea	5.28pH	5.40pH	97.77%
8	Kopi kapal api	5.14pH	5.21pH	98,65%
9	Susu Yakult	4.19pH	4.20pH	97.14%
10	Pocari sweat	4.19pH	4.20pH	99.76%

Dapat dilihat pada Tabel 6, hasil pengujian Sensor pH meter 4502C dibandingkan dengan pengukuran pH meter digital (terbacaoleh sensor pH), didapatkan rata-rata akurasi sensor pH adalah sebesar 97,5%.

3.6. Pengujian Pompa

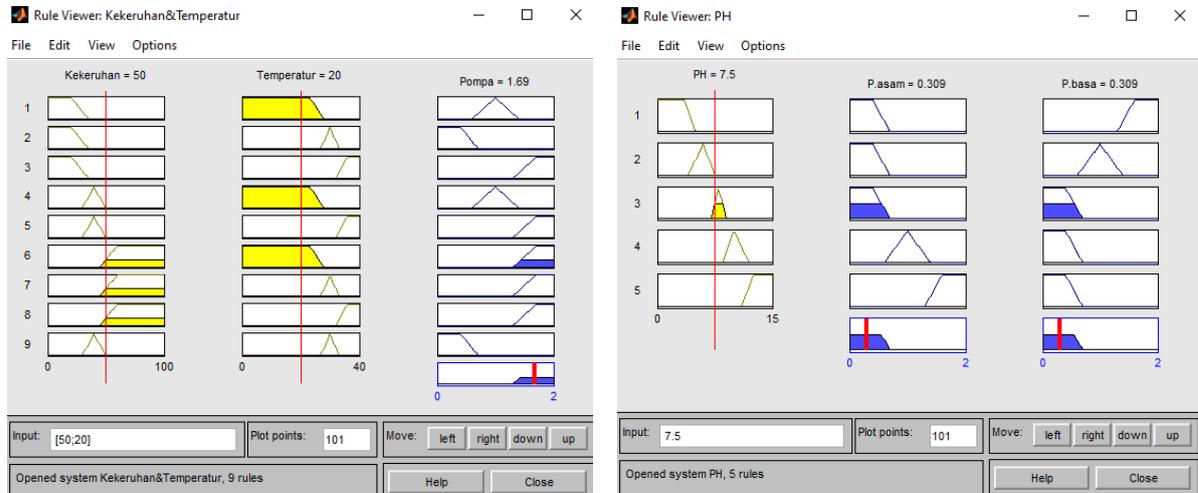
Data pada tabel Pengujian menunjukkan dari pompa air DC yang bertujuan untuk menguji coba pompa Ketika relay aktif maka pompa akan aktif dan pada saat relay mati maka pompa akan ikut mati.

Tabel 7. Pengujian Pompa Air

Pompa	Tegangan sumber (Volt)	Kondisi Relay	Kondisi Pompa
Pompa 12v	12	NO (NormalyOpen)	Aktif
	0	NC (NormalyClose)	Mati

3.7. Pengujian Algoritma Fuzzy

Dalam hal ini membandingkan kesesuaian antara output dari simulasi di matlab dengan hasil dari pembacaan sensor dengan mikrokontroller.



Gambar 6. Simulasi Fuzzy Logic Matlab

Pada gambar 6 menunjukkan simulasi dari beberapa rule dari rule base yang sudah dirancang. Dan tentunya dengan output fuzzy.

Tabel 8. Pengujian Output Fuzzy suhu air & Kadar Kekeruhan

Percobaan Ke-	Suhu Air	Kadar Kekeruhan	Simulasi Output Pompa	Output Pompa
1	32°	40 %	0.277	0 (MATI)
2	15°	92 %	1.74	2 (NYALA 2)
3	24°	81 %	1.74	2 (NYALA 2)
4	26°	62 %	1.73	2 (NYALA 2)
5	31°	74 %	0.17	2 (NYALA 2)
6	28°	25 %	1	1 (NYALA 1)
7	35°	68 %	1.69	2 (NYALA 2)
8	32°	74 %	1.74	2 (NYALA 2)
9	17°	36 %	1	1 (NYALA 1)

Tabel 9. Pengujian Output Fuzzy Kadar pH

Percobaan Ke-	Kadar pH	Simulasi Output Pompa Asam	Simulasi Output Pompa Basa	Output Pompa Asam	Output Pompa Basa
1	2	0.277	1.72	0 (MATI)	2 (NYALA 2)
2	3.5	0.277	1.72	0 (MATI)	2 (NYALA 2)
3	5	0.309	1	0 (MATI)	1 (NYALA 1)
4	6	0.277	1	0 (MATI)	1 (NYALA 1)

5	7.5	0.309	0.309	0 (MATI)	0 (MATI)
6	9	1	0.321	1 (NYALA 1)	0 (MATI)
7	10.5	1	0.292	1 (NYALA 1)	0 (MATI)
8	12	1.7	0.296	2 (NYALA 2)	0 (MATI)
9	14	1.72	0.277	2 (NYALA 2)	0 (MATI)

Dari hasil diatas menunjukkan bahwa implementasi dari fuzzy logic sudah menunjukkan kesesuaian. Sesuai dengan rule yang telah dirancang ketika diset suhu air, kadar kekeruhan dan kadar pH. Output dari fuzzy ini hanya terdapat 3 kategori yakni MATI, NYALA 1, NYALA 2 dikarenakan menggunakan tipe *mamdani/tsukamoto*. Yang dimana output berupa himpunan fuzzy.

3.8. Pengujian Keseluruhan Sistem

Setelah pengujian umum instrumen selesai dan semua kerangka berfungsi dengan baik, tahap berikutnya adalah mengumpulkan informasi dan memeriksa informasi pada perangkat. Pengambilan data diamati saat alat bekerja dengan keseluruhan dan analisa data dilakukan dengan cara menganalisa dari data percobaan pada alat.

Tabel 10. Pengambilan Data Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Waktu	Suhu Air	Nilai Kekeruhan Air	Kadar PH	Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3	Keterangan
13.30	22 ⁰	28 %	1	NYALA 1	MATI	NYALA 2	Sesuai
13.32	23 ⁰	35 %	3	NYALA 1	MATI	NYALA 2	Sesuai
13.34	20 ⁰	32 %	4.5	NYALA 1	MATI	NYALA 1	Sesuai
13.36	25 ⁰	81 %	5.5	NYALA 2	MATI	NYALA 1	Sesuai
13.38	32 ⁰	45 %	6	MATI	MATI	NYALA 1	Sesuai
13.40	35 ⁰	74 %	8	NYALA 2	MATI	MATI	Sesuai
13.42	28 ⁰	25 %	10	NYALA 1	NYALA 1	MATI	Sesuai
13.44	24 ⁰	68 %	11	NYALA 2	NYALA 1	MATI	Sesuai
13.46	36 ⁰	74 %	13	NYALA 2	NYALA 2	MATI	Sesuai
13.48	31 ⁰	25 %	13.5	MATI	NYALA 2	MATI	Sesuai
13.50	26 ⁰	68 %	14	NYALA 2	MATI	MATI	Sesuai

Dari hasil pengujian diatas ketika suhu air kurang/lebih dari 31⁰-33⁰, dan jika kekeruhan air kurang/lebih dari 35%-45% maka pompa 1 akan nyala/mati sesuai rules. Jika kadar pH kurang/lebih dari 7.5-8. maka pompa 1 atau pompa 2 akan berjalan sesuai rules. Artinya maka proses tersebut sesuai yang diharapkan. Pada gambar 7 menunjukkan hasil pengujian keseluruhan sistem.



Gambar 7 . Pengujian Seluruh Sistem

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan perancangan, dan pembuatan sistem yang kemudian dilanjutkan dengan tahap pengujian dan analisis, maka dapat disimpulkan beberapa hal yang dapat digunakan untuk perbaikan dan pengembangan selanjutnya, yaitu:

- a. Sensor kekeruhan dapat dikalibrasi dengan sebuah alat ukur turbidity meter. Karena dalam pembuatan alat ini memiliki keterbatasan alat pembanding serta sensor kekeruhan yang mempunyai karakteristik tersendiri. Maka pengukuran mengacu pada percobaan dengan datasheet pada sensor, semakin tinggi nilai ADC maka nilai kekeruhan juga akan semakin tinggi yang didapat dengan menggunakan fungsi (map) pada coding ESP32
- b. Saat dilakukan pengujian sensor suhu (DS18B20) yang dilakukan selama sepuluh kali percobaan diketahui bahwa akurasi mencapai 96,7 % dari volume air sebenarnya. Hal tersebut menunjukan bahwa ketelitian sensor mendekati volume ukuran yang sebenarnya dengan error yang didapat 3,3 %. Akurasi tertinggi 99.32 % serta ralat tertinggi yakni 6.1%
- c. Dari hasil pengujian keseluruhan seluruh sitem diatas ketika suhu air kurang/lebih dari 31°-33°, dan jika kekeruhan air kurang/lebih dari 35%-45% maka pompa 1 akan nyala/mati sesuai rules. Jika kadar pH kurang/lebih dari 7.5-8. maka pompa 1 atau pompa 2 akan berjalan sesuai rules. Artinya maka proses tersebut sesuai yang diharapkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. B. Muljono, I. M. A. Nnrtha, I. M. Ginarsa, And I. M. B. Suksmadana, "Rancang Bangun Smart Energy Meter Berbasis Uno Dan Raspberry Pi," *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, Vol. 14, No. 1, Pp. 9–18, Apr. 2018, Doi: 10.17529/Jre.V14i1.8718.
- [2] M. C. Pujiyanto, Istiyo Winarno, And D. Rahmatullah, "Smart Meter Dan Pengontrol Penggunaan Energi Listrik Berdasarkan Smart Relay Dengan Komunikasi Ethernet Dan Wireless," *Media ElektriKa*, Vol. 14, No. 2, Pp. 87–94, Dec. 2021.
- [3] A. Putu, S. Purna, R. Mustaricihie, And L. A. Wardoyo, "Review Artikel : Pengaplikasian Internet Of Things (Iot) Dalam Manufaktur Industri Farmasi Di Era Industri 4.0," *Farmaka*, Vol. 20, No. 1, Pp. 105–112, 2022.
- [4] P. Kaur And S. Singh, "Internet Of Things (Iot) In Agriculture: A Review On Technology Advancements," *Internet Of Things*, Vol. 6, Pp. 1–13, 2017.
- [5] Semtech, "What Is Lora?," <https://www.semtech.com/>. <https://www.semtech.com/Lora/What-Is-Lora> (Accessed Jul. 26, 2022).
- [6] A. Hikmaturokhman, H. Nafi'ah, S. Larasati, And P. Rahmawati, "Lorawan Planning And Implementation Analysis For Smart Factories In Industrial Estates," *Ieee Int. Conf. Commun. Networks Satell.*, Pp. 116–122, 2021.
- [7] Dinas Komunikasi Dan Informatika, "Demografi Penduduk Kabupaten Gresik," *Dinas Komunikasi Dan Informatika*, 2022. <https://gresikkab.go.id/info/demografi> (Accessed Dec. 14, 2022).
- [8] M. I. Nashiruddin And S. Winalisa, "Designing Lorawan Internet Of Things Network For Smart Manufacture In Batam Island," In *2020 8th International Conference On Information And Communication Technology, Icoict 2020*, Institute Of Electrical And Electronics Engineers Inc., Jun. 2020. Doi: 10.1109/Icoict49345.2020.9166426.
- [9] Dinas Komunikasi Dan Informatika, "Lokasi Kabupaten Gresik," *Dinas Komunikasi Dan Informatika*, 2022. <https://gresikkab.go.id/info/geografi> (Accessed Dec. 14, 2022).
- [10] Badan Pusat Statistik Kabupaten Gresik, "Jumlah Penduduk Kabupaten Gresik," *Badan Pusat Statistik Kabupaten Gresik*, 2022. <https://gresikkab.bps.go.id/pressrelease/2021/01/27/88/jumlah-penduduk-kabupaten-gresik-hasil-sensus-penduduk-2020--sp-2020--sebesar-1-311-215-orang-.html> (Accessed Dec. 14, 2022).
- [11] P. Rahmawati, A. Hikmaturokhman, K. Ni'amah, And M. I. Nashiruddin, "Lorawan Network Planning At Frequency 920-923 Mhz For Electric Smart Meter: Study Case In Indonesia Industrial Estate," *Journal Of Communications*, Vol. 17, No. 3, Pp. 222–229, Mar. 2022, Doi: 10.12720/Jcm.17.3.222-229.
- [12] D. Sallyna, U. Kurniawan Usman, And M. A. Murti, "Perencanaan Jaringan Long Range (Lora) Pada Frekuensi 920 Mhz-923 Mhz Di Kota Bandung Long Range (Lora) Network Planning With Frequency 920 Mhz-923 Mhz In Bandung City," *E-Proceeding Of Engineering*, Vol. 7, No. 1, Pp. 933–940, 2020.
- [13] I. Rezkika, S. Novalianda, And A. Ramadhan, "Analisis Kebutuhan Parameter Jaringan Lte Dengan Sistem Refarming Frekuensi Pada Daerah Urban Metropolitan Centre," *Semnastek Uisu*, Vol. 4, No. 2, Pp. 31–36, 2019.
- [14] B. Alfaresi, M. Vierly, E. Satya, And D. F. Ardianto, "Analisa Model Propagasi Okumura-Hata Dan Cost-Hata Pada Komunikasi Jaringan Wireless 4g Lte," *Jurnal Ampere*, Vol. 5, No. 1, 2020, Accessed: Dec. 14, 2022. [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/319237-analisa-model-propagasi-okumura-hata-dan-d8dc5d0a.pdf>
- [15] A. S. Ayuningtyas, I. Uke, K. Usman, And I. Alinursafa, "Analisis Perencanaan Jaringan Lora (Long Range) Di Kota Surabaya Lora (Long Range) Network Planning Analysis In Surabaya City," *E-Proceeding Of Engineering*, Vol. 7, No. 2, Pp. 3350–3358, 2020.