

Aplikasi IoT Untuk Monitoring Kualitas Air Tawar Pada Pemeliharaan Ikan Dengan Metode Fuzzy Logic Berbasis Aduino

Muhammad Naufal Taqiyuddin^{1*}, Sendi Novianto²

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Dian Nuswantoro

*mnaufaltaqiyuddin@gmail.com

Abstrak

Pemeliharaan ikan pada air tawar banyak yang harus diperhatikan. Kondisi air menjadi hal utama yang harus diperhatikan dalam memelihara ikan. Kondisi air meliputi kadar pH, kadar amonia, dan suhu akan mempengaruhi perkembangan dari ikan. Dalam monitoring kondisi air kita tidak selalu bisa secara kasat mata dan di lokasi. Maka diperlukan alat pembaca yang terhubung ke internet agar kita bisa membaca nilai pasti dan bisa melakukan monitoring dimanapun dan kapanpun. Disinilah peran Internet of Things (IoT) menjadi penting untuk memudahkan kita dalam monitoring kondisi air tawar dalam pemeliharaan ikan. Aplikasi juga digunakan untuk menampilkan data dari Internet of Things (IoT) yang ada. Hadirnya Internet of Things (IoT) akan menjadi efisiensi dalam pemeliharaan ikan dan menjadi lebih mudah dalam monitoring. Metode Fuzzy Logic Mamdani akan diterapkan dan ditanamkan di ESP32 sebagai mikrokontroller. Hasil penelitian ini adalah alat Internet of Things (IoT) beserta website sebagai halaman monitoring data. Alat akan diuji dengan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dibandingkan hasil perhitungannya dari Matlab. Hasilnya hanya terjadi sedikit error antara hasil pembacaan alat dibanding dengan Matlab dengan tingkat akurasi 99%. Kesimpulannya alat ini bisa membantu efisiensi monitoring kualitas air pada pemeliharaan ikan dengan tingkat akurasi pembacaan dan pengolahan fuzzy logic sebesar 99%..

Kata kunci : Internet of Things (IoT), website, aplikasi, fuzzy logic, Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Abstract

Freshwater fish farming requires a lot of attention. Water conditions are the main consideration when raising fish. Water conditions, including pH, ammonia, and temperature, will affect fish development. Monitoring water conditions is not always possible visually and on-site. Therefore, a reader connected to the internet is needed so we can read the exact values and monitor anywhere and anytime. This is where the Internet of Things (IoT) plays a crucial role in facilitating freshwater fish farming monitoring. Applications are also used to display data from the existing Internet of Things (IoT). The presence of the Internet of Things (IoT) will increase efficiency in fish farming and facilitate monitoring. The Mamdani Fuzzy Logic method will be implemented and embedded in the ESP32 as a microcontroller. The results of this research are an Internet of Things (IoT) tool along with a website as a data monitoring page. The tool will be tested using Mean Absolute Percentage Error (MAPE) compared to the results of calculations in Matlab. The results showed only a small error between the tool readings and Matlab with an accuracy level of 99%. In conclusion, this tool can help the efficiency of water quality monitoring in fish farming with a reading accuracy and fuzzy logic processing rate of 99%..

Keywords : Internet of Things (IoT), website, applications, fuzzy logic, Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara maritim yang secara geografis merupakan negara kepulauan dengan garis pantai secara keseluruhan kurang lebih 81000 Km dan memiliki potensi perikanan

tangkapan maupun budidaya yang besar^[1]. Perikanan di Indonesia dapat dimanfaatkan dengan baik maka akan menimbulkan banyak dampak positif dan manfaat yang besar bagi perkembangan ekonomi atau lainnya.^[2]. Dalam

pengembangan segi ekonomi, Indonesia termasuk dalam lima besar negara pengekspor ikan hias.^[3].

Penggunaan alat *Internet of Things (IoT)* bekerja membantu kita dalam pemantauan dimanapun dan kapanpun untuk monitoring kualitas air. *Internet of Things (IoT)* adalah sebuah teknologi yang memungkinkan sensor dan mesin untuk berkolaborasi mendapatkan data dan bisa mengolah untuk mendapatkan sebuah informasi.^[4] Website adalah suatu aplikasi berupa halaman situs sistem operasi yang dapat diakses secara cepat dan digunakan untuk mengelola data *online* yang terhubung dengan internet.^[5]. Pada penelitian ini, website akan menjadi tempat monitoring hasil pembacaan dan pengolahan data. Penelitian yang dilakukan oleh Yosia Nindra Kristiantya, Eko Setiawan, dan Barlian Henryranu Prasetyo pada tahun 2022 mmenciptakan Perangkat keras *IoT* yang mengukur suhu dan gas amonia kemudian diolah dengan *Fuzzy Logic Sugeno*.^[6].

Parameter yang dapat digunakan untuk menilai suatu ukuran kondisi air adalah kadar pH, kadar amoniak, dan suhu. Acuan mengikuti baku mutu kualitas air PP NO. 22 tahun 2021 (kelas II). Batasannya adalah pH berada pada kisaran 6 sampai 9, kadar amoniak pada kisaran kurang dari atau sama dengan 0,02 mg/L atau satuan ppm, suhu pada deviasi 3 atau 24°C sampai 30°C.^[7] Air sangat berpengaruh terhadap metabolisme

ikan, terutama jika sedang dalam penetasan telur ikan.^[8] Penelitian ini akan menggunakan sistem inferensi fuzzy mamdani atau disebut juga Fuzzy Inference System (FIS) Mamdani dirumuskan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Sistem ini dikenal juga dengan metode min-max. Tujuannya untuk menghasilkan informasi kondisi air yang akurat dan meminimalisir kematian ikan.^[9].

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dalam penelitian ini akan menerapkan *Internet of Things (IoT)* yang akan memantau kondisi air dari suhu, pH, kadar amonia secara *real time*. Datanya akan diolah dengan *Fuzzy Logic Mamdani* dan bisa dipantau melalui website

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Penelitian Terkait

Penelitian yang akan dijadikan acuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Penelitian yang dilakukan oleh Yosia Nindra Kristiantya, Eko Setiawan, dan Barlian Henryranu Prasetyo pada tahun 2022 dengan judul "Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air pada Kolam Ikan Air Tawar menggunakan Logika Fuzzy berbasis Arduino".
- Penelitian yang dilakukan oleh Dewi Lestari, Elvan Yuniarti, dan Yayang Dinda Sari pada tahun 2024 dengan judul "Sistem Monitoring Kualitas Air dan Pakan Otomatis Pada Akuarium Ikan Mas Koki Terintegrasi IoT".

- Penelitian yang dilakukan oleh Chiung-Hsing Chen, Yi-Chen Wu, Jia-Xiang Zhang, dan Ying-Hsiu Chen pada tahun 2022 dengan judul " IoT-Based Fish Farm Water Quality Monitoring System".
- Penelitian yang dilakukan oleh Fanharis Chuzaini dan Dzulkiflih pada tahun 2022 dengan judul "IoT Monitoring Kualitas Air Dengan Menggunakan Sensor Suhu, Ph, Dan Total Dissolved Solids (TDS)".
- Penelitian yang dilakukan oleh Andika Wisnu Adam Kristanto pada tahun 2022 dengan judul "Pemodelan Automatic Transfer Switch (ATS) Pada System Smartgrid Pembangkit Photovoltaic dan PLN Berbasis Internet of Things(IoT) Untuk Monitoring Penggunaan Daya Listrik"

2.2. Landasan Teori

1. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang dapat melakukan komunikasi data melalui internet dan terhubung dengan sistem cerdas atau sebuah perangkat seperti sensor atau mesin untuk pengumpulan data.^[10]

2. Sensor DS18B20

Sensor DS18B20 adalah sensor pembaca suhu yang memiliki ADC internal 12-bit. Sensor ini memiliki akurasi yang tinggi dalam pengukuran suhu dengan nilai toleransi error hanya sebesar $+- 0.5^{\circ}\text{C}$ pada kisaran suhu -10 hingga $+85$ derajat Celcius. Pemasangan sensor DS18B20

dapat ditambahkan resistor pull-up sebesar 4.7K Ohm.^[11]

3. Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 adalah sensor dengan pembacaan nilai output digital dan analog yang dapat mendeteksi gas Amonia (NH3). Sensor MQ-135 memiliki cakupan yang luas dalam deteksi Udara, respon cepat, stabil, sensitif, dan tahan lama.^[12]

4. Sensor pH dan Modul pH-4502C

Sensor pH yang digunakan pada penelitian ini memiliki beberapa bagian. Bagian tersebut adalah Elektroda E201-C, Port BNC, dan Modul pH-4502C. Elektroda E201-C memiliki spesifikasi pembacaan rentang pH antara 0.00 hingga 14.00. Elektroda ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi yaitu 98.5% dengan respon Waktu kurang dari 1 menit untuk operasional pada suhu 0 hingga 60°C .^[13]

5. ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang memiliki kemampuan untuk diprogram dengan berbagai Bahasa pemrograman. Secara umum, Bahasa pemrograman yang terkemuka untuk IoT adalah C/C++.^[14] ESP32 memiliki kemampuan komunikasi menggunakan *ethernet*, *wi-fi*, dan *Bluetooth* dengan daya rendah.^[15]

6. LCD I2C 16x2

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan salah satu alat penampil yang menggunakan kristal cair. Salah satu ukuran LCD adalah 16x2. Sedangkan

I2C adalah modul untuk LCD yang dikendalikan dengan *protocol* I2C/IIC (*Inter Integrated Circuit*) atau TWI (*Two Wire Interface*) secara serial sinkron.^[16].

7. Fuzzy Logic Mamdani

Fuzzy logic metode Mamdani Secara umum, cara kerjanya adalah *input* akan diinterpretasikan melalui variabel linguistik dan aturan yang sudah ditetapkan. Hal ini akan memungkinkan untuk membuat keputusan dalam ketidakpastian. Dengan inferensi, fungsi keanggotaan akan memodelkan hubungan rumit antar data sensor dan akan menghasilkan sebuah keputusan.^[17]

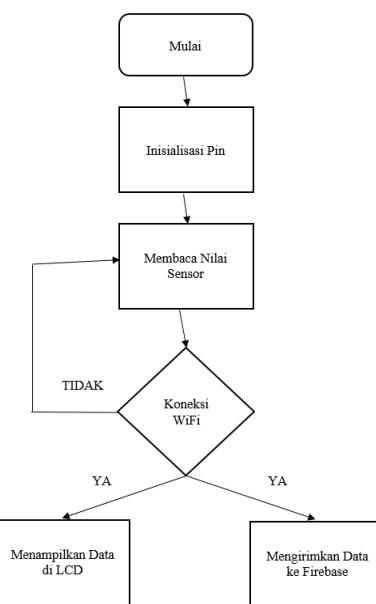
8. Firebase

Firebase adalah *database* NoSQL, jadi bukan termasuk SQL. Google Firebase memiliki keunggulan yang lebih baik yaitu dapat menyajikan data secara *realtime* dengan cepat.^[18] Firebase dapat diintegrasikan dengan berbagai *framework* seperti JavaScript, node, maupun Java.^[19]

3. Metode Penelitian

3.1. Alur Kerja

Pada penelitian ini perangkat keras IoT bekerja dengan cara sederhana dan tidak terlalu kompleks. Alur seperti gambar dibawah.

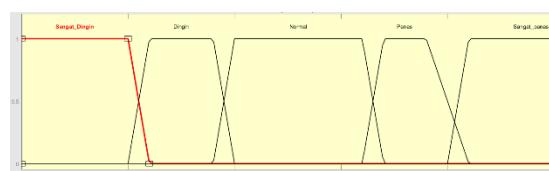


Gambar 1. Alur IoT

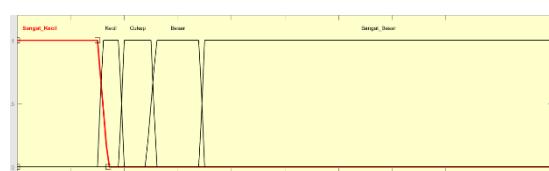
3.2. Penerapan Fuzzy Logic Mamdani

1. Fuzzifikasi.

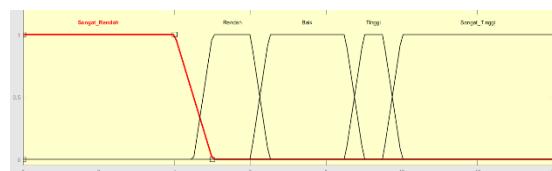
Terdapat empat variabel *fuzzy* pada penelitian ini, yaitu Suhu, Amoniak, pH, dan Kondisi. Variabel "Suhu" memiliki rentang nilai antara 15 hingga 40. Variabel "Amoniak" memiliki rentang nilai 0 hingga 0,1. Variabel "pH" memiliki rentang 0 hingga 14. Variabel "Kondisi" memiliki rentang 0 hingga 100. Rinciannya sebagai berikut



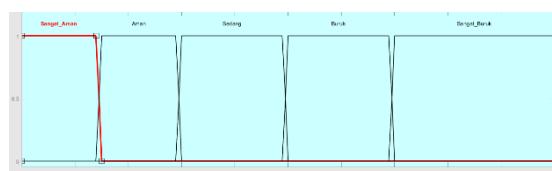
Gambar 2. Fuzzifikasi Suhu



Gambar 3. Fuzzifikasi Amoniak



Gambar 4. Fuzzifikasi pH



Gambar 5. Fuzzifikasi Kondisi

2. Inferensi

Tahap selanjutnya adalah tahap inferensi yang merupakan pemberian kondisi dari hasil fungsi keanggotaan pada fuzzifikasi. Pada tahap ini akan diberikan kondisi $IF(X_1 \text{ is } A_1) \text{ AND } (X_2 \text{ is } A_2) \text{ AND } (X_3 \text{ is } A_3) \text{ THEN } Y \text{ is } B$. Rule fuzzy yang akan digunakan pada penelitian ini berjumlah 125 rule, detailnya sebagai berikut :

Tabel 1. Tabel Rule Fuzzy

No	Suhu	Amonia	pH	Kondisi
1	Sangat Dingin	Sangat Kecil	Sangat Rendah	Sangat Buruk
2	Sangat Dingin	Sangat Kecil	Rendah	Buruk
...
124	Sangat Panas	Sangat Besar	Tinggi	Sangat Buruk
125	Sangat Panas	Sangat Besar	Sangat Tinggi	Sangat Buruk

3. Defuzzifikasi

Tahap ini mengembalikan nilai besaran fuzzy menjadi suatu keputusan atau bilangan *real*. Hasil yang dibuat ke bilangan *real* akan berada pada rentang himpunan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan, akan membuat kita dapat mengetahui angka keputusannya sebagai *output*.

3.3. Alur Kerja Website

Website akan dimulai dengan *URL* yang dibuka, kemudian akan langsung menampilkan halaman utama dari website. Selanjutnya akan diberikan kondisi jika terkoneksi dengan database Firebase maka dia akan menampilkan datanya di halaman website. Jika tidak, maka dia akan tetap menampilkan halaman utama tetapi datanya tidak bisa tampil.

3.4. Uji Akurasi Fuzzy Logic

Pengujian akurasi antara alat IoT dengan Matlab akan menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*. Langkah perhitungannya dengan cara pertama mencari *Absolute Percentage Error (APE)* dari setiap data yang direkam. Kedua, hitung total *APE*. Ketiga, hitung *MAPE*. Detail rumusnya sebagai berikut :

$$APE = \left| \frac{(n_{Alat} - n_{Matlab})}{n_{Matlab}} \right| \times 100\%$$

$$Total\ APE = APE_1 + APE_2 + APE_n \\ + \dots$$

$$MAPE = \frac{Total\ APE}{n_{Data}} \times 100\%$$

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) akan didapatkan setelah kita menghitung setiap *error* dari data yang diujikan, kemudian dihitung total *error*-nya, kemudian total dari *error* akan dibagi dengan jumlah data yang diujikan. Hasil yang diberikan dari *MAPE* akan berupa sebuah persentase *error*. Setelah mendapatkan *MAPE*, maka akan didapatkan kesimpulan untuk

persentase error dari alat IoT yang telah dibuat. Jika kita ingin menarik kesimpulan untuk tingkat akurasinya, maka bisa menggunakan rumus berikut :

$$Akurasi = 100\% - MAPE$$

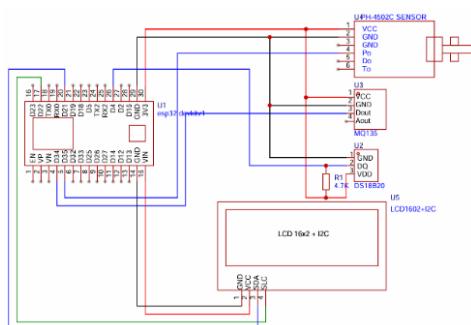
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Penelitian

Perancangan perangkat keras *Internet of Things* (*IoT*) harus direncanakan dengan matang karena menyangkut tentang kelistrikan. Kesalahan dalam memberikan masukan daya pada sensor dapat berpotensi merusak sensor itu sendiri. Selain itu, kesalahan dalam koneksi pembacaan data sensor akan menyebabkan sensor tidak bisa membaca dengan baik atau bahkan tidak bisa mengirimkan datanya ke mikrokontroler.

1. Rangkaian Kelistrikan

Pembuatan skema kelistrikan bertujuan untuk mengetahui hubungan antara tiap komponen sehingga dapat meminimalisir kerusakan atau kesalahan komunikasi.



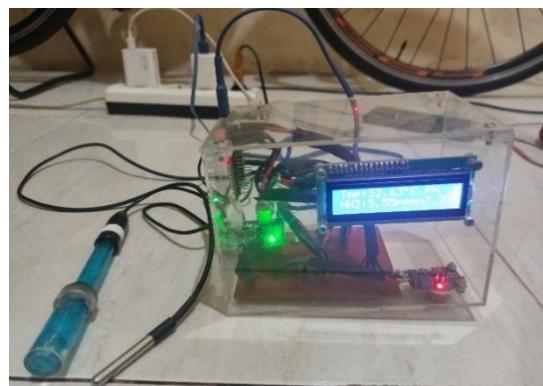
Gambar 6. Rangkaian Kelistrikan

Skema kelistrikan untuk menentukan hubungan antara mikrokontroller dengan sensor. Rangkaian

kelistrikan akan menjadi implementasi dan menampilkan jalur kabel yang seharusnya terhubung.

Printed Circuit Board (PCB) memiliki fungsi utama untuk efisiensi jalur kabel. Pada rangkaian kelistrikan ditemukan ada beberapa bagian yang sering digunakan untuk tiap sensor secara bersamaan. Jalur 3V3 dan GND sering digunakan, maka dapat diringkas dengan satu jalur agar semua komponen dapat menggunakannya secara bersamaan.

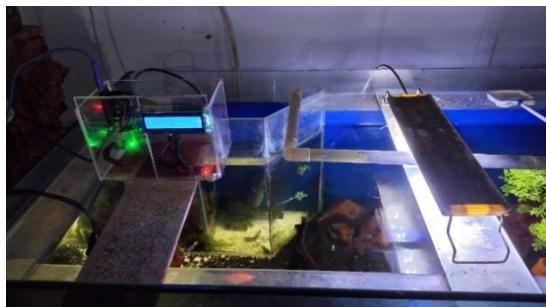
2. Hasil IoT



Gambar 7. Hasil IoT

Perangkat keras *Internet of Things* (*IoT*) yang sudah dirakit akan diberi *casing* kaca *acrylic* bening dengan ketebalan 2mm. Pemilihan bahan ini bertujuan agar kita dapat melihat lampu indikator dari komponen apakah menyala atau tidak. Selain itu, pada sensor MQ-135 akan memberikan lampu indikator berwarna hijau jika pembacaannya tidak normal. Sehingga pemilihan *casing acrylic* bening sudah sesuai fungsinya.

3. Implementasi pada Objek



Gambar 8. Implementasi pada Aquarium

Sensor pH dan suhu akan masuk didalam air karena pembacaannya yang harus kontak langsung dengan air. Sedangkan sensor amoniak tetap berada diatas tidak menyentuh air karena hanya membaca pengujian amoniak air. Aquarium berada di dalam ruangan sehingga tidak terpengaruh cuaca, memungkinkan alat selalu aman selama tidak jatuh ke air.



Gambar 9. Implementasi pada Kolam

Kolam luar ruangan memiliki potensi pengaruh cuaca seperti hujan, panas, maupun angin.

4. Hasil Website

Website akan dibangun dengan sistem dan fitur yang sederhana, hanya menerima data saja dan tidak memiliki fitur kontrol. Bagian pertama akan menampilkan tabel statis berisikan standar batasan kondisi air dari kondisi aman maupun

buruk dan indikator warna pembacaan. Dibawahnya ditampilkan data pembacaan sensor dan hasil pengolahan *Fuzzy Logic* secara *real time*, berganti setiap 5 detik.



Gambar 10. Hasil Website Bagian 1

Pada bagian kedua memiliki fitur dimana data akan secara otomatis tercatat setiap jam 9.45 waktu setempat. Data ini akan tercatat setiap hari untuk satu data dalam sehari sampai hari ke 15.



Gambar 11. Hasil Website Bagian 2

Pada bagian ketiga memiliki fitur menampilkan data tiap bulannya selama 3 bulan terakhir. Setiap hari tetap akan mencatat data harian.



Gambar 12. Hasil Website Bagian 2

Database yang digunakan untuk mengirim dan menerima data menggunakan Firebase agar dapat menampilkan data secara real time. Data sensor akan diambil dari database bernama "sensor" dan data *chart* akan diambil dari database bernama "chart".

4.2. Pembahasan

Pengujian alat *Internet of Things (IoT)* akan dilakukan di dua tempat berbeda, yaitu aquarium dalam ruangan dan kolam luar ruangan. Pengujian akan dilakukan selama 32 hari tanpa henti. Waktu pengambilan data adalah dengan cara acak tidak terpaku pada jam tertentu. Hal ini juga sekaligus menguji kestabilan alat dan mengetahui perbedaan kondisi pada air dalam waktu berbeda. Data tertera dibawah.

Tabel 2. Data Pengujian diii Aquarium

Hari	Amoniak	pH	Suhu	Persentase Kuras Air	Penilaian Fuzzy	Kondisi
1	0.00004	8.20656	30.375	0%	92.74712	Sangat Aman
2	0.00004	8.28460	30.375	0%	92.74712	Sangat Aman
3	0.00003	7.88658	28.9375	0%	92.74712	Sangat Aman
...
31	0.01262	8.44069	29.2500	0%	92.74712	Sangat Aman
32	0.01312	8.50312	29.375	0%	92.64165	Sangat Aman

Data pembacaan pada aquarium dalam ruangan menunjukkan hasil yang hampir semua kondisinya "Sangat Aman". Hal ini dikarenakan dalam ruangan tidak akan terpengaruh cuaca, seperti panas dan hujan.

Tabel 3. Data Pengujian di Kolam

Ha ri	Amonia k	pH	Suhu	Persen tase Kuras Air	Penil aihan <i>Fuzzy</i>	Kondisi
1	0.00002	7.99584	30.3750	0%	92.74 712	Sangat Aman
2	0.00005	7.51197	27.3125	0%	92.74 712	Sangat Aman
3	0.00003	7.12955	27.3750	0%	92.74 712	Sangat Aman
...
31	0.00506	6.20864	27.0625	15%	83.92 184	Aman
32	0.00925	6.13059	27.5000	15%	81.68 359	Aman

Data pembacaan kolam luar ruangan menunjukkan hasil yang sebagian "Sangat Aman" dan sebagian lagi "Aman". Hal ini disebabkan oleh pengaruh kondisi cuaca yang tidak menentu seperti hujan dan panas. *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* dalam penelitian ini berfungsi untuk mengetahui seberapa besar persentase error perbandingan antara hasil pembacaan Matlab dan alat *IoT*. Implementasi pada penelitian, ditampilkan pada tabel dibawah.

Tabel 4. Hasil Perhitungan MAPE

No	% Error Aquarium	% Error Kolam
1	0.03612	0.03612
2	0.03612	0.03612
3	0.03612	0.03612
4	0.03612	0.03612
5	0.03612	0.03612
6	0.03612	0.03612
7	0.03612	0.03612
8	0.03612	0.03612
9	0.05119	0.03612
10	0.03612	0.03612
11	0.03612	0.03612
12	0.03612	0.03612
13	0.03612	0.03962
14	0.03612	0.03964
15	0.03612	0.03612
16	0.03612	0.04015
17	0.00941	0.01903

18	0.01383	0.02671
19	0.05119	0.01063
20	0.00341	0.01429
21	0.03269	0.02408
22	0.03990	0.01993
23	0.03612	0.00636
24	0.03612	0.01543

Tabel 5. Hasil Perhitungan *MAPE*

25	0.03612	0.00009
26	0.04246	0.00289
27	0.03612	0.01902
28	0.03612	0.02030
29	0.03612	0.01543
30	0.03612	0.00859
31	0.03612	0.01760
32	0.05119	0.01195
Σ APE	1.12603	0.84731
MAPE	0.03518	0.02647
Akurasi	99.9648	99.9735

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian Pembuatan Aplikasi *IoT* untuk Monitoring Kualitas Air Tawar pada Pemeliharaan Ikan dengan Metode *Fuzzy Logic* Berbasis Arduino, terdapat kesimpulan sebagai berikut. Pada alat *IoT*, mampu berjalan dengan baik dan dapat melakukan pengolahan *Fuzzy Logic Mamdani*. Pada bagian *website* berfungsi sebagai monitoring secara *online* yang akan menyajikan data secara *real time*. Implementasi alat pada aquarium dan kolam ikan yang dilakukan selama 32 hari menghasilkan *MAPE*

yang berbeda. Aquarium pada dalam ruangan menghasilkan *MAPE* sebesar 0.03518% dan akurasi 99.9648%. Sedangkan kolam luar ruangan menghasilkan 0.02647% dan akurasi 99.9735%. Aquarium dalam ruangan yang tidak terpengaruh cuaca akan cenderung menghasilkan perhitungan *Fuzzy Logic* yang sama dan lebih stabil. Tetapi disisi lain, jika terjadi *error* yang besar dalam jumlah banyak maka akan menyebabkan *MAPE* lebih besar juga. Sebaliknya, kolam pada luar ruangan karena terpengaruh cuaca, akan menghasilkan pembacaan dan perhitungan *Fuzzy Logic* yang lebih beragam. Hasil pembacaan terkadang hanya menimbulkan *error* yang sedikit. Hal ini menyebabkan *MAPE* lebih rendah. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat saran untuk penelitian selanjutnya yaitu penambahan sistem kontrol yang bisa melakukan pergantian air secara otomatis. Sistemnya akan melakukan pembuangan air sesuai dengan persentase hasil pembacaan, kemudian diisi air lagi dengan jumlah yang sama. Sehingga potensi penggunaan *IoT* akan berguna maksimal dan semua diatur secara otomatis

6. Daftar Pustaka

- [1] A. P. Pratama, B. A. H. Dewi, M. A. A. P. Ruwi, and A. Kusumawati, "MENINGKATKAN POTENSI PERIKANAN MARITIM INDONESIA DENGAN APLIKASI FISHERY," *Lomba Karya Tulis*

- Ilmiah*, vol. 3, no. 1, pp. 103–114, Oct. 2022.
- [2] K. Indartono, B. A. Kusuma, and A. P. Putra, “PERANCANGAN SISTEM PEMANTAU KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA IKAN AIR TAWAR,” *Journal of Information System Management (JOISM)*, vol. 1, no. 2, Art. no. 2, Jan. 2020, doi: 10.24076/joism.2020v1i2.23.
- [3] I. Indirasai, A. P. Sudarso, and E. Savitri, “Mengembangkan Kualitas Sumber Daya Manusia (SDM) melalui Budidaya UMKM Ikan Hias di Kampung Cibogo, Kecamatan Ciseeng-Bogor,” *Praxis: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 3, no. 1, Art. no. 1, Feb. 2023.
- [4] I. Gunawan, M. Sadali, H. Ahmadi, L. K. Wijaya, and S. Ermawati, “Implementasi Internet Of Things (IOT) Untuk Monitoring Kualitas Tanah Tanaman Herbal Dengan Integrasi QR Code,” *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 8, no. 2, pp. 426–434, Jul. 2025, doi: 10.29408/jit.v8i2.31101.
- [5] K. Anita, A. D. Wahyudi, and E. R. Susanto, “APLIKASI LOWONGAN PEKERJAAN BERBASIS WEB PADA SMK CAHAYA KARTIKA,” *JTSI*, vol. 1, no. 1, pp. 75–80, Jun. 2020, doi: 10.33365/jtsi.v1i1.213.
- [6] Y. N. Kristiantya, E. Setiawan, and B. H. Prasetyo, “Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air pada Kolam Ikan Air Tawar menggunakan Logika Fuzzy berbasis Arduino”.
- [7] P. Y. Saputra, G. A. Yudasmara, and I. M. D. Kusuma Maharani, “Analisis Storet Kualitas Sumber Air Pada Kegiatan Pemberian Di Balai Perbenihan Ikan (BPI) Buleleng, Bali,” *penaakuatika*, vol. 22, no. 2, p. 63, Oct. 2023, doi: 10.31941/penaakuatika.v22i2.2236.
- [8] C. P. Adi, G. Prabowo, M. Gorety, and A. Suryana, “Kajian Kualitas Air Sungai Citarum yang Melintasi Kabupaten Karawang untuk Budidaya Ikan Patin (Pangasius sp.),” *Jurnal Ilmiah Karawang*, vol. 1, no. 01, Art. no. 01, Jul. 2023.
- [9] S. N. Putri and D. R. S. Saputro, “Construction fuzzy logic with curve shoulder in inference system mamdani,” *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 1776, no. 1, p. 012060, Feb. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1776/1/012060.
- [10] I. Gunawan, M. Sadali, M. Wasil, and I. Fathurrahman, “Prototipe Alat Kontrol Kualitas Air Dan Penebar Pakan Otomatis Pada Tambak Udang Berbasis Internet Of Things (IOT),” *INFOTEK*, vol. 5, no. 2, pp. 348–354, Jul. 2022, doi: 10.29408/jit.v5i2.5873.
- [11] F. R. Ibrahim, F. T. Syifa, and H. Pujiharsono, “Penerapan Sensor Suhu DS18B20 dan Sensor pH sebagai Otomatisasi Pakan Ikan Berbasis IoT,” *Journal of Telecommunication Electronics and Control Engineering (JTECE)*, vol. 5, no. 2, Art. no. 2, Jul. 2023, doi: 10.20895/jtece.v5i2.844.
- [12] I. A. Rombang, L. B. Setyawan, and G. Dewantoro, “Perancangan Prototipe Alat Deteksi Asap Rokok dengan Sistem Purifier Menggunakan Sensor MQ-135 dan MQ-2,” *Techné : Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, vol. 21, no. 1, Art. no. 1, Apr. 2022, doi: 10.31358/techn.v21i1.312.
- [13] F. Chuzaini and D. Dzulkiflih, “IoT MONITORING KUALITAS AIR DENGAN MENGGUNAKAN SENSOR SUHU, pH, DAN TOTAL DISSOLVED SOLIDS (TDS),” *Inovasi Fisika Indonesia*, vol. 11, no. 3, pp. 46–56, Jul. 2022.
- [14] I. Plauska, A. Liutkevičius, and A. Janavičiūtė, “Performance Evaluation of C/C++, MicroPython, Rust and TinyGo Programming Languages on ESP32 Microcontroller,” *Electronics*, vol. 12, no. 1, p. 143, Dec. 2022, doi: 10.3390/electronics12010143.
- [15] H. Jamaludin, “Designing ESP32 Base Shield Board for IoT Application,” *Politeknik & Kolej Komuniti Journal of Engineering*

- and Technology*, vol. 5, no. 1, Art. no. 1, Nov. 2020.
- [16] F. Anggit, "Rangkaian Pendeksi Suhu Menggunakan Sensor LM35," vol. 2, no. 1, Art. no. 1, Feb. 2022, Accessed: Nov. 23, 2024. [Online]. Available: <http://repoteknologi.id/index.php/repoteknologi/article/view/74>
- [17] A. E. Kizito, E. Ojei, and M. D. Okpor, "A Fuzzy Logic-Based Automobile Fault Detection System Using Mamdani Algorithm," *Valley International Journal Digital Library*, pp. 1081–1093, Mar. 2024, doi: 10.18535/ijsrn/v12i03.ec06.
- [18] W.-T. Sung, I. Vilia Devi, and S.-J. Hsiao, "Smart Lamp Using Google Firebase as Realtime Database," *Intelligent Automation & Soft Computing*, vol. 33, no. 2, pp. 967–982, 2022, doi: 10.32604/iasc.2022.024664.
- [19] Ilham Firman Maulana, "Penerapan Firebase Realtime Database pada Aplikasi E-Tilang Smartphone berbasis Mobile Android," *RESTI*, vol. 4, no. 5, pp. 854–863, Oct. 2020, doi: 10.29207/resti.v4i5.2232