

Monitoring dan Klasifikasi Kualitas Penyaringan Air Pada Budidaya Ikan Nila Menggunakan Internet of Things dan Fuzzy Logic

1st Muhammad Ma'ruf Firmansyah
Teknik Elektro
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia
mmfirmansyahh@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Anifatul Faricha, S.T., M.Sc., Ph.D.
Teknik Elektro
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia
faricha@telkomuniversity.ac.id

3rd Dr. Helmy Widyatara, S.Kom., M.Eng.
Teknologi Informasi
Telkom University Surabaya
Surabaya, Indonesia
helmywidyatara@telkomuniversity.ac.id

Budidaya ikan nila merupakan salah satu sektor perikanan air tawar yang memiliki prospek ekonomi tinggi di Indonesia. Keberhasilan budidaya sangat dipengaruhi oleh kualitas air yang digunakan, khususnya pada parameter suhu, pH, dan kadar amonia. Kualitas air yang tidak sesuai dapat menyebabkan stres, penurunan produktivitas, bahkan kematian pada ikan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem monitoring dan klasifikasi kualitas air pada kolam ikan nila secara otomatis menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) dan metodelogika fuzzy mamdani. Sistem ini memanfaatkan sensor suhu DS18B20, sensor pH, dan sensor TGS2602 untuk mengukur kadar amonia. Data dari sensor dikirim secara nirkabel menggunakan NodeMCU ESP8266 dan ditampilkan pada aplikasi smartphone berbasis kodular. Selanjutnya, logika fuzzy mamdani digunakan untuk mengklasifikasikan kualitas air menjadi tiga kategori: baik, sedang, dan buruk. Output dari klasifikasi digunakan untuk mengendalikan aktuator berupa motor servo sebagai respon terhadap kondisi air. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat memantau kualitas air secara real-time, memberikan klasifikasi yang sesuai, dan membantu menjaga kolam budidaya tetap optimal. Dengan sistem ini, pembudidaya dapat meminimalisir risiko gagal panen akibat penurunan kualitas air.

Kata kunci : Budidaya ikan nila, kualitas air, monitoring, Fuzzy mamdani, Internet of Things.

I. PENDAHULUAN

Sektor perikanan di Indonesia memiliki tingkat dengan komoditas yang cukup tinggi. menurut data Direktorat Perikanan Budidaya tahun 2018, perikanan di Indonesia mencapai 15.772 ton [1]. Selain itu, Indonesia memiliki beragam jenis ikan untuk di budidayakan, seperti ikan air asin, ikan air tawar, dan ikan air payau. Ketiganya jenis ikan air tersebut memiliki potensi untuk dijadikan peluang usaha yang cukup. Salah satu jenis ikan yang dapat di budidayakan adalah ikan nila, nila merupakan ikan yang sering dijumpai pada pembudidayaan ikan di Indonesia. Upaya budidaya ikan

nila memiliki beberapa hal yang perlu diperhatikan, seperti halnya memperhatikan kualitas air

pada kolam ikan nila. Kualitas air perludiperhatikan karena sangat mempengaruhi kelangsungan hidup ikan nila seperti pH air, suhu air, dan kadar amonia[2][3]. Media air bagi ikan sangatlah penting untuk diperhatikan karenadapat mencegah ikan tidak stress, sakit, dan bahkan mencegah agar tidak cepat menimbulkan kematian [4]

Berdasarkan dari pembahasan tersebut, perlunya menggunakan alat canggih yang mampu untuk memonitoring kualitas air pada pembudidayaan ikan nila[4]. Dengan mengembangkan sistem tersebut, dapat memantau kualitas pada air secara langsung. Pada penelitian sebelumnya, rata-rata yang digunakan adalah sistem monitoring pada kondisi air, dan masih kurang efisien dalam penanganan [1][5][6][7][8]. Penelitian tersebut sangat bergantung pada aksi langsung pada manusia untuk mengoptimalkan budidaya ikan nila untuk keberlangsungan hidupnya.

Dalam konteks tersebut, untuk meningkatkan keefisienan dalam memonitoring, IoT (Internet of Things) merupakan salah satu sistem yang bisa digunakan untuk pemantauan jarak jauh. Dilengkapi dengan sensor pH, sensor suhu air, dan sensor kadar amonia yang dapat dipantau secara realtime menggunakan perangkat mobile [9]Fuzzy mamdani juga berfungsi sebagai mengelola input dari sensor yang kemudian nantinya outputnya akan menentukan tingkat kualitas air [10].

II. KAJIAN TEORI

A. Teori Dasar

Fuzzy adalah sebuah metode untuk pemecahan masalah berbasis dengan akuisisi data. Biasanya, metode fuzzy mempunyai dua logika kemungkinan seperti 0 atau 1, "benar" atau "salah". Langkah untuk merancang metode fuzzy yaitu menentukan parameter masukan (input) dan keluaran (output), menentukan rule fuzzy, dan defuzzifikasi [11]. Fuzzifikasi berguna untuk mengetahui parameter nilai ke

dalam himpunan fuzzy melalui keanggotaan fuzzy. Seperti parameter yang digunakan pada penelitian meliputi nilai pH, suhu, dan kadar amonia. Metode centroid adalah metode yang cocok pada penelitian agar memperoleh nilai kualitas air.

B. Sensor Suhu Ds18B20

Sensor suhu Ds18b20 merupakan sensor suhu digital kabel tunggal atau hanya memerlukan satu pin jalur data komunikasi. Sensor Ds18B20 memiliki nomor seri 64-bit yang unik, yang berarti dapat memiliki beberapa sensor pada bus daya yang sama (beberapa sensor terhubung ke GPIO yang sama). Ini sangat berguna untuk merekam data untuk proyek pengendalian suhu (Budidaya & Hias, n.d.). Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan membuat prototipe sensor Ds18B20, serta menerapkannya secara praktis sebagai sensor suhu kedap air untuk mengukur suhu media budidaya ikan nila.



GAMBAR 1
(SENSOR SUHU DS18B20)

Pada Gambar 1 merupakan gambaran dari sensor suhu DS18B20 yang berfungsi sebagai pembacaan dari suhu air pada kolam ikan nila. Pemasangan sensor suhu DS18B20 nantinya akan di celupkan sedikit kedalam air, agar pembacaan sensor bisa optimal.

TABEL 1

(SPESIFIKASI SENSOR SUHU DS18B20)

Tegangan	3V – 5,5 V
Konsumsi arus	1 mA
Range suhu	-55°C – 125°C
Akurasi	±0,5°C
Resolusi	9 – 12 bit
Waktu konversi	< 750 ms
Pin	3

Tabel 1 merupakan spesifikasi dari sensor suhu DS18B20 yang mencakup berbagai aspek teknis seperti rentang suhu antara -55°C– 125°C, rentang tegangan antara 3V – 5,5V, dan lain lain sebagainya. Spesifikasi ini sangat penting diperhatikan agar memastikan bahwa sensor bekerja sesuai dengan kebutuhan aplikasi dan dalam kondisi yang diharapkan.

C. Sensor TGS2602

TGS2602 adalah sebuah sensor gas yang sensitif terhadap senyawa organic volatil (VOC), bau busuk, amonia, dan hydrogen sulfida. Sensor ini sering digunakan untuk aplikasi pemantauan kualitas udara dan deteksi gas-gas berbahaya[12].



GAMBAR 2
(SENSOR TGS2602)

Pada Gambar 2 merupakan gambaran sensor TGS2602 yang dimana sensor gas ini berbasis Metal-Oxide semiconductor (MOS) yang digunakan untuk mendeteksi gas amonia (NH_3) dalam udara. Sensor gas ini bekerja difase udara, bukan air. Namun, dalam penelitian ini kadar NH_3 dalam air yang tinggi (terutama saat $\text{pH} > 8$) dapat menguap ke udara, sehingga sensor ini tetap relevan untuk mendeteksi indikasi NH_3 bebas (un-ionized amonia) dipermukaan kolam (Gutierrez et al., 2022). Sensor ini mengukur perubahan resistansi yang terjadi saat terpapar gas, yang kemudian diolah menjadi konsentrasi gas dalam ppm (*parts per million*) menggunakan persamaan logaritmik berikut:

Prinsip Resistansi:

$$R_s = \left(\frac{V_{\text{supply}} - V_{\text{out}}}{V_{\text{out}}} \right) \times R_L \quad (\text{II-1})$$

Kemudian hitung Ratio:

$$\text{Ratio} = \frac{R_s}{R_o} \quad (\text{II-2})$$

Hitung konsentrasi NH_3 (ppm):

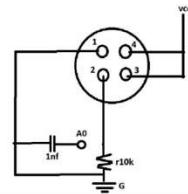
$$\log_{10} (\text{ppm}) = a * \log_{10} \left(\frac{R_s}{R_o} \right) + b \quad (\text{II-3})$$

Keterangan:

- R_L = resistor beban tetap
- R_o = nilai R_s saat sensor di udara bersih
- $a = -1.0$, $b = 1.5$ (koefisien pendekatan dari kurva NH_3 pada datasheet Figaro TGS2602)

Pada tahap perancangan sistem, sensor gas TGS2602 digunakan sebagai komponen utama untuk mendeteksi gas amonia (NH_3). Sensor ini memiliki karakteristik resistansi yang berubah ketika terpapar gas target, sehingga memerlukan kalibrasi awal guna menentukan nilai resistansi saat kondisi udara bersih (R_o)[13]. Untuk memperoleh data pengukuran, sensor dihubungkan dengan resistor beban tetap (R_L) dalam konfigurasi pembagi tegangan, yang kemudian dihubungkan ke pin analog mikrokontroler (seperti ESP8266 atau Arduino) agar dapat dibaca secara digital. Nilai tegangan yang diperoleh digunakan untuk menghitung resistansi sensor (R_s), yang selanjutnya dibandingkan dengan nilai R_o untuk memperoleh rasio R_s/R_o . Berdasarkan kurva sensitivitas yang disediakan dalam datasheet sensor, rasio ini dapat dikonversikan menjadi nilai konsentrasi amonia dalam

satuan ppm (part per million). Sistem ini selanjutnya diintegrasikan dengan logika pemrosesan data pada mikrokontroler agar mampu memantau kualitas udara atau air secara real time.



GAMBAR 3
(RANGKAIAN MODUL SENSOR TGS2602)

Rangkaian pada Gambar 3 merupakan konfigurasi dasar untuk membaca sinyal dari sensor gas TGS2602, yang dirancang untuk mendeteksi gas-gas seperti amonia (NH_3), hidrogen sulfida (H_2S), dan pelarut organik. Sensor ini dihubungkan dengan pembagi tegangan menggunakan resistor $10 \text{ k}\Omega$ sebagai beban (load resistor) dan kapasitor 1 nF untuk menyaring noise frekuensi tinggi. Tegangan keluaran dari pembagi tegangan ini kemudian dibaca oleh pin analog A0 mikrokontroler[14]. Kombinasi resistor dan kapasitor juga membantu menstabilkan sinyal analog yang diterima, serta memperbaiki performa pengukuran sensor dalam lingkungan yang fluktuatif. Selain itu, untuk menghitung waktu respons (t) dalam sistem pengendalian kualitas air, khususnya pada kolam ikan. Secara sederhana, rumus ini menghubungkan tiga faktor utama yang mempengaruhi proses pengolahan atau penormalaan kualitas air, yaitu koefisien pendekatan (M), volume kolam, dan kadar amonia yang terdeteksi (PPM). Berikut ruas untuk menghitung waktu respon sistem pengendalian kualitas air, yaitu :

$$\text{PPM} = \frac{M(\text{zat})}{\text{volume} \times t}$$

$$M(\text{zat}) = t \times \text{Volume} \times \text{PPM}_{\text{total}}$$

$$t_{\text{total}} = \frac{M(\text{zat})}{\text{Volume} \times \text{PPM}}$$

Ket :

- Volume: 2.095 m^3
- $t = 199,13 \approx 199$
- $\text{PPM}_{\text{total}} = 18,669 \approx 19$

D. NodeMCU Esp8266 V.3

NodeMCU Esp8266 merupakan sebuah perangkat berbasis IoT. Sistem terdiri dari perangkat keras berupa chip Esp8266. Saat ini, NodeMCU sedang menjalani tiga kali upgrade. Perangkat yang digunakan adalah NodeMCU versi 3 yang memiliki fitur lebih baik dari versi sebelumnya. NodeMCU memiliki 17 pin GPIO yang dapat diintegrasikan dengan komponen elektronik lainnya[15].



GAMBAR 4
(NodeMCU Esp8266)

Gambar 4 merupakan gambaran dari NodeMCU Esp8266 yang dimana salah satu komponen untuk perangkat IoT. Selain untuk perangkat IoT, NodeMCU Esp8266 juga bisa sebagai kontroller atau otak dari pengendalian pada penelitian ini.

E. Water Pump

Water pump adalah sebuah motor pompa AC yang dapat mengalirkan air dengan cara menghisap air melalui suatu lubang lalu mengeluarkannya ke lubang yang lainnya[15]. Sehingga nantinya pada kolam akan terdapat sirkulasi air dengan kecepatan tertentu sesuai keinginan.



GAMBAR 5
(WATER PUMP)

Pada Gambar II.5 adalah gambar dari Water Pump yang dimana nantinya akan berfungsi untuk sistem penyaringan air dan akan mengeluarkan air. Keluaran dari air nantinya akan masuk kedalam box pengendali pH melalui selang air.

F. Sensor pH

Sensor pH merupakan suatu perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengukur pH (keasaman atau kebasaan) suatu cairan (memiliki elektroda khusus yang mengukur pH bahan semi padat). Pengukur pH terdiri dari elektroda (probe pengukur) yang dihubungkan ke perangkat elektronik untuk mengukur dan menampilkan nilai Ph [15].



GAMBAR 6
(SENSOR pH)

Pada Gambar II.6 merupakan gambar dari Sensor pH yang berfungsi sebagai pembacaan dari kadar pH pada air kolam ikan nila. Nantinya pada sensor pH air ini akan dicelupkan pada air, agar pembacaan pada sensor berfungsi dengan optimal.

G. Power Supply

Power supply adalah suatu perangkat atau sistem yang menyediakan energi listrik atau tegangan yang dibutuhkan

oleh perangkat elektronika. Sumber arus dari power supplu adalah arus bolak-balik AC, yang kemudian diubah menjadi arus searah DC. Power supply 12V 20A mengacu pada catu daya yang mampu memberikan tegangan keluaran sebesar 12 volt dengan arus 20 ampere. Power supply biasanya dilengkapi dengan fitur keamanan seperti proteksi overheating dan overcurrent untuk melindungi perangkat yang terhubung [15].



GAMBAR 7
(POWER SUPPLY 12V)

Pada Gambar 7 merupakan Power Supply yang akan berfungsi sebagai sumber tegangan dari penilitian ini.

H. Motor Servo

Motor servo adalah jenis motor yang menggunakan sistem closed feedback dari motor dan akan dikirimkan balik ke rangkaian. Motor servo dikendalikan dengan sinyal PWM, yang nantinya lebar sinyal sangat menentukan posisi sudut dari poros motor servo. Gerakan rotasi motor servo yakni bisa dari 0 hingga 180°, yang dimana outputnya membatasi gerakan berputar ke kiri dan ke kanan sebesar 90°[16]. Fungsi motor servo pada penelitian ini adalah untuk mengatur output pada filtrasi yang akan menentukan kemana arah air akan keluar.



GAMBAR 8
(MOTOR SERVO)

Pada Gambar 8 merupakan gambaran Motor Servo yang dimana motor servo inilah yang akan menjadi penentu dari keluaran pada air. Pada keluaran air yang nantinya ada box pengendali pH, akan dibantu dengan motor servo yang akan mengontrol perputaran dan menghasilkan keluaran yang sesuai dengan keinginan.

I. Multiplexer

Dalam sistem monitoring kualitas air berbasis Internet of Things (IoT), penggunaan berbagai jenis sensor analog seperti pH, suhu, dan amonia sangat diperlukan untuk mendapatkan data lingkungan secara akurat. Namun, keterbatasan jumlah pin analog pada Esp menjadi tantangan utama ketika harus menghubungkan banyak sensor sekaligus. Untuk mengatasi hal ini, multiplexer analog digunakan sebagai solusi efektif dengan cara mengalihkan sinyal dari

beberapa sensor ke satu pin ADC mikrokontroller secara bergantian. Dengan multiplexer, sistem dapat menghemat jumlah pin yang dibutuhkan sekaligus memungkinkan penambahan jumlah sensor tanpa memerlukan perangkat mikrokontroler tambahan.



GAMBAR 9
(MULTIPLEXER)

Pada Gambar II.9 merupakan gambaran dari multiplexer. Setelah sinyal dari sensor-sensor tersebut dialihkan melalui multiplexer, mikrokontroler membaca data secara bergantian dan memproses informasi yang diperoleh untuk pemantauan kualitas air secara real-time. Penggunaan multiplexer ini meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas sistem monitoring, karena memungkinkan pengambilan data dari berbagai parameter air secara simultan tanpa batasan perangkat keras. Oleh karena itu, multiplexer menjadi komponen penting dalam desain sistem IoT yang melibatkan banyak sensor analog, seperti yang diterapkan dalam penelitian ini untuk memastikan kualitas air pada budidaya ikan tetap terjaga dengan baik.

III. METODE

A. Pembuatan logika fuzzy

Pada tahap ini, logika fuzzy Mamdani digunakan untuk mengolah data dari pH air. pH air diubah menjadi tiga kategori berdasarkan nilai yang terdeteksi, yaitu: "asam", "netral", dan "basa". Proses ini disebut fuzzifikasi, yang memungkinkan sistem untuk mengelola data yang tidak selalu pasti atau tepat, memberikan keputusan yang lebih fleksibel. Sebagai contoh, jika pH air terlalu tinggi (basa), sistem akan menyesuaikan pH untuk menjaga kualitas air yang baik bagi ikan. Sedangkan untuk suhu air dan kadar amonia, meskipun keduanya mempengaruhi kualitas air, mereka tidak melalui proses fuzzifikasi. Artinya, sistem langsung menggunakan nilai suhu dan amonia untuk membuat keputusan. Suhu yang tidak sesuai dapat mempengaruhi kesehatan ikan, dan kadar amonia yang tinggi dapat membahayakan ikan. Selain itu, pH yang tinggi dapat meningkatkan toksisitas amonia dalam air, yang membuat amonia menjadi lebih berbahaya bagi ikan. Oleh karena itu, meskipun Amoniak tidak difuzzifikasi, tingginya pH dapat mempengaruhi keputusan sistem untuk menurunkan kadar amonia dan memperbaiki kondisi air.

Pada pembuatan logika mamdani ini, memiliki beberapa tahapan yaitu:

1. Fuzzifikasi

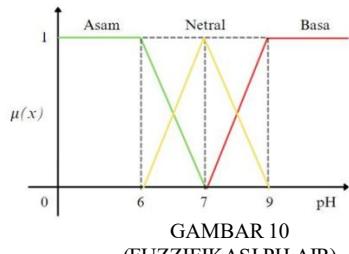
Pada tahap fuzzifikasi penelitian ini, memiliki beberapa variabel yang berpengaruh terhadap alur sistem. Variabel input pada pH Air di kelompokkan menjadi beberapa kelompok, yaitu Asam, Netral, Basa. Kemudian membuat fuzzifikasi pada penelitian ini:

a. Fuzzifikasi pH air

$$\mu_{Asam} \begin{cases} 0; x \geq 7 \\ \frac{7-x}{7-6}; 6 \leq x \leq 7 \\ 1; x \leq 6 \end{cases}$$

$$\mu_{Netral} \begin{cases} 0; x \leq 6 \text{ atau } x \geq 9 \\ \frac{x-6}{7-6}; 6 \leq x \leq 7 \\ \frac{9-x}{9-7}; 7 \leq x \leq 9 \end{cases}$$

$$\mu_{Basa} \begin{cases} 0; x \leq 7 \\ \frac{x-7}{9-7}; 7 \leq x \leq 9 \\ 1; x \geq 9 \end{cases}$$



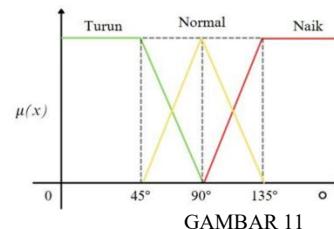
Pada Gambar 10 menggambarkan grafik fuzzifikasi pH air yang membagi nilai pH menjadi tiga kategori logika fuzzy: Asam, Netral, dan Basa. Setiap kategori memiliki fungsi keanggotaan yang menunjukkan sejauh mana suatu nilai pH termasuk dalam kategori tersebut. Kategori Asam memiliki keanggotaan penuh (1) ketika pH kurang dari atau sama dengan 6, yang berkurang secara linear hingga mencapai 0 pada pH 7. Kategori Netral memiliki keanggotaan penuh pada pH 7, dan keanggotaan ini menurun secara linear ketika pH menjauh dari nilai tersebut, baik menuju 6 atau 9. Sedangkan kategori Basa dimulai dengan keanggotaan 0 pada pH 7 dan meningkat secara linear hingga mencapai 1 pada pH 9 ke atas [5]. Grafik yang ada di bagian bawah gambar menunjukkan perubahan keanggotaan ini, dengan warna hijau untuk Asam, kuning untuk Netral, dan merah untuk Basa, yang memudahkan pemahaman bagaimana nilai pH terkласifikasikan dalam kategori tersebut.

b. Fuzzifikasi output motor servo

$$\mu_{Turun} \begin{cases} 0; x \geq 45 \\ \frac{90-x}{90-45}; 45 \leq x \leq 90 \\ 1; x \leq 45 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal} \begin{cases} 0; x \leq 45 \text{ atau } x \geq 135 \\ \frac{x-45}{90-45}; 45 \leq x \leq 90 \\ \frac{135-x}{135-90}; 90 \leq x \leq 135 \end{cases}$$

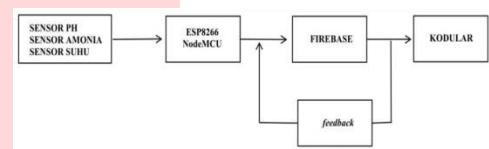
$$\mu_{Naik} \begin{cases} 0; x \leq 135 \\ \frac{x-90}{135-90}; 90 \leq x \leq 135 \\ 1; x \geq 135 \end{cases}$$



GAMBAR 11 (FUZZIFIKASI MOTOR SERVO)

Pada Gambar 11 merupakan grafik dari fuzzifikasi output dari motor servo yang dimana motor servo akan bergerak berapa derajatnya menyesuaikan dari nilai-nilai input.

B. Desain Sistem Komunikasi IoT



GAMBAR 12 (DESAIN SISTEM KOMUNIKASI IoT)

Terlihat pada Gambar 12 menggambarkan sistem pemantauan kualitas air pada budidaya ikan nila menggunakan teknologi IoT. Sensor pH, sensor amonia, dan sensor suhu mengukur kualitas air dan mengirimkan data ke ESP8266 NodeMCU, yang berfungsi sebagai penghubung ke platform cloud. Data yang diterima kemudian dikirim ke Firebase, tempat data disimpan secara real-time. Pengguna dapat memantau kondisi air melalui aplikasi yang dibuat di Kodalur, yang menampilkan data seperti pH, suhu, dan kadar amonia. Sistem ini juga memiliki feedback yang memastikan bahwa setiap nilai data yang dikirim dari sensor berhasil diterima dan terupdate dengan benar di Firebase. Jika terjadi kegagalan dalam pengiriman atau pembaruan data, feedback ini akan memberikan peringatan atau mencoba kembali mengirimkan data, memastikan integritas dan keandalan sistem.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Respon Alat Terhadap Kondisi yang Berbeda

Pada penelitian ini metode yang digunakan dalam pengambilan keputusan alat dalam suatu keadaan yaitu menggunakan metode fuzzy mamdani, dalam hal ini motor sero nantinya akan memberikan output berupa arah derajat perputaran motor servo yang akan masuk ke box pengendalian pH sesuai dengan bacaan sensor yang telah terpasang pada alat penelitian. Pengambilan Keputusan perputaran motor servo pada alat penelitian ini haruslah sesuai dengan rules yang telah diberikan sebelumnya. Karena hal tersebut dalam percobaan sebelumnya telah diambil beberapa sampel acak dari percobaan alat penelitian ini. Hasil uji coba alat ini didapatkan hasil sesuai dengan tabel berikut dan telah digolongkan sesuai dengan rules yang sudah ditetapkan:

TABEL 2 (HASIL KEPUTUSAN FUZZY)

	pH	Suhu	Gas Amonia	Putaran Servo	Output
1.	7,61	30,12	0,2	90	Normal

		5			
2.	7,41	30	0,4	90	Normal
3.	9,89	17,93	0,0	145	Ketapang
4.	7,40	18,31	0,0	90	Normal
5.	6,56	47,43	0,99	90	Normal
6.	5,35	26,81	0,35	37,7	Batu Kapur
7.	8,39	30,06	0,63	137,1	Ketapang
8.	8,48	30,18	0,63	128,9	Ketapang
9.	4,95	32	0,1	34,5	Batu Kapur
10.	5,77	29	0,2	50,1	Batu Kapur
11.	7	30	0,0	90	Normal
12.	5,09	27	0,4	35,3	Batu Kapur
13.	5,91	20	0,1	63	Batu Kapur
14.	8,23	27	0,1	130	Ketapang
15.	4,54	17	0,6	34,5	Batu Kapur

Pada Tabel 2 merupakan hasil keputusan dari alat monitoring dan klasifikasi kualitas air pada pembudidayaan ikan nila menggunakan metode fuzzy mamdani, yang didasarkan pada pembacaan ketiga sensor. Dalam tabel tersebut, dapat dilihat bahwa output yang dihasilkan oleh alat sudah sesuai dengan penggolongan aturan (rules) yang telah ditentukan. Alat ini dapat mengendalikan dan memutuskan putaran servo berdasarkan input dari sensor yang diterima. Berdasarkan pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa alat penelitian ini berfungsi secara efisien dalam berbagai kondisi kualitas air pada budidaya ikan nila.

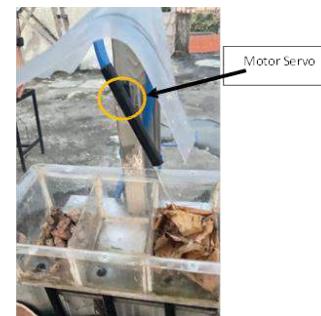
B. Analisis Perbedaan dengan Fuzzy dan Tanpa Fuzzy

Dalam pengujian penormalisasi kualitas air pada budidaya ikan nila dilakukan dua kali percobaan. Dengan menggunakan dua kali percobaan ini kita dapat membandingkan hasil percobaan yang telah dilakukan. Dimana kedua percobaan ini akan memonitoring dan mengklasifikasi kualitas air pada kolam menggunakan metode fuzzy mamdani dan tanpa menggunakan fuzzy.



GAMBAR 13
(PERBANDINGAN GRAFIK
PENORMALAN AIR KOLAM IKAN NILA)

Pada gambar 13 merupakan grafik hasil pengujian yang telah dilakukan menggunakan metode fuzzy mamdani terdapat perubahan yang terjadi diantaranya yaitu perubahan nilai pembacaan sensor pH. Dimana kadar pH pada kolam mengalami penuruan, hal tersebut disebabkan pada output box pengendali, air masuk ke box daun ketapang yang digunakan untuk menurunkan pH air. Pada perbandingan dengan menggunakan fuzzy logic dan tanpa fuzzy logic menunjukkan bahwa dalam waktu 8 jam 30 menit penggunaan logika fuzzy dapat menentukan nilai pH sampai ke nilai 7-8, namun jika tidak menggunakan logika fuzzy, nilai pH hanya dikisaran 8,4-8,5 jika nilai awalnya diatas pH yang normal.



GAMBAR 14
(KONDISI BOX PENGENDALI SAAT
PENORMALAN KOLAM IKAN NILA)

Pada Gambar V.2 menunjukkan selang hitam yang digerakkan oleh servo terletak di bagian kanan atas, terhubung dengan pipa transparan yang mengarah ke box ketapang. Servo yang dipasang di bagian belakang berfungsi untuk mengatur pergerakan selang hitam ini, sehingga aliran air dapat diarahkan menuju box ketapang. Box ketapang digunakan dalam penelitian ini untuk menurunkan pH air, dan servo akan bergerak untuk mengarahkan air ke dalam box ketapang ketika kondisi pH air terlalu tinggi, sesuai dengan keputusan sistem untuk menurunkan pH dan menjaga kestabilan parameter air.

Secara keseluruhan, penggunaan fuzzy logic memberikan dampak yang signifikan dalam menciptakan kondisi kualitas air yang lebih stabil dan optimal untuk budidaya ikan. Dengan pengaturan yang lebih halus terhadap pH, suhu, dan kadar amonia, sistem berbasis fuzzy logic mampu meningkatkan efisiensi dalam menjaga kualitas air, mengurangi stres pada ikan, dan meningkatkan kelangsungan hidup serta produktivitas kolam ikan. Sebaliknya, sistem tanpa fuzzy logic cenderung menghasilkan pengendalian yang lebih kasar, yang dapat berisiko menurunkan kualitas air dan kesehatan ikan.

C. Analisis Komunikasi pada Sistem IoT

Pada bagian ini menjelaskan proses sistem komunikasi pada penelitian ini dengan IoT (Internet of Things). Dalam komunikasi IoT ada beberapa tahap, yaitu NodeMCU ESP8266 V3 sebagai mikrokontroler utama yang berperan dalam mengolah data dari sensor serta mengirimkannya ke platform Firebase. Firebase kemudian menjadi perantara antara perangkat keras dan aplikasi kodular yang digunakan oleh pengguna untuk melakukan pemantauan secara real-time melalui ponsel.

D. Analisis Jarak Komunikasi IoT

Sistem IoT yang diterapkan dalam penelitian ini memanfaatkan NodeMCU ESP8266, yang terhubung ke internet untuk mengirimkan data dari sensor ke cloud (Firebase). Koneksi internet ini memungkinkan perangkat untuk mengirimkan data tanpa batasan jarak fisik, karena data dapat diakses dan dipantau dari mana saja, asalkan perangkat tersebut terhubung dengan jaringan internet. Dengan demikian, sistem ini memungkinkan pemantauan jarak jauh dan tidak terbatas oleh lokasi geografis, selama ada akses internet.

E. Analisis Komunikasi dengan Firebase

Firebase berfungsi sebagai database real-time yang menerima data dari perangkat dan memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi air kolam ikan nila secara langsung. Komunikasi antara ESP8266 dan Firebase terjadi melalui internet, yang memastikan data disinkronkan secara instan dan efisien. Karena Firebase berbasis cloud, tidak diperlukan server fisik tambahan untuk menangani komunikasi, sehingga mempermudah pengelolaan data dan menungkatkan keandalan sistem.

F. Analisis Aplikasi dalam Kodular

Aplikasi Kodular berfungsi sebagai antarmuka pembudidaya yang menampilkan data yang diterima dari Firebase. Pengguna dapat memantau kualitas air secara real-time di perangkat mereka, mendapatkan informasi terkait pH, suhu, dan kadar amonia. Aplikasi ini menerima pembaruan data secara langsung dari firebase dengan respon yang cepat (sekitar 0,5 detik hingga 2 detik) yang ditunjukkan pada Gambar V.6, memberikan kemampuan kepada pengguna untuk melakukan pemantauan tanpa harus berada di dekat kolam ikan nila.

G. Analisis Hasil Penerapan Klasifikasi Kualitas Air

Pada percobaan yang telah dilakukan hasil pengamatan klasifikasi alat penelitian ini menunjukkan bahwa alat klasifikasi dapat bekerja sesuai dengan desain yang telah dibuat sebelumnya. Dengan dilengkapinya alat penelitian ini menggunakan klasifikasi kualitas air maka alat penelitian ini tidak hanya dapat memonitoring tetapi juga dapat meningkatkan kualitas air agar dapat menjadi media pembudidayaan ikan nila yang baik. Dalam proses uji coba dapat diketahui bahwa box pengendali dapat mengendalikan pH air kolam ikan nila. Hasil dari pengendalian pH air dengan durasi waktu 8 jam 37 menit tergolong masih cukup lama, hal ini dipengaruhi oleh volume kolam ikan nila yang cukup besar. Namun penting diperhatikan kembali bahwa alat penelitian ini diimplementasikan secara langsung para pembudidaya, tetapi harus tetap mengontrol pada box pengendali agar tidak terlalu kotor akibat endapan yang ada di dalam kolam.

H. Analisis Waktu Respon Sensor TGS2602

Dalam penelitian ini, waktu yang diperlukan untuk menormalkan kualitas air adalah 8 jam 37 menit, yang setara dengan waktu responsif 1,38 detik per pengukuran berdasarkan rumus perhitungan yang digunakan. Setiap 5 menit dalam pengukuran mencatat nilai pH dan kadar amonia yang berbeda, yang kemudian dihitung untuk mendapatkan waktu responsif.

Proses penormalisasian kualitas air menunjukkan perubahan waktu responsif setiap 5 menit, yang berkisar antara 0,02 detik hingga 0,11 detik. Hal ini menggambarkan bahwa proses penormalisasian berjalan secara bertahap dan stabil. Waktu responsif ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti fluktuasi kadar amonia dan pH yang dapat memperlambat penormalaan ketika kadar amonia atau pH ekstrem. Selain itu, interaksi kimia dan biologis, seperti aktivitas mikroorganisme, serta kondisi suhu dan lingkungan sekitar juga mempengaruhi laju penormalisasian.

Dengan rata-rata waktu responsif 1,93 detik, sistem ini sangat efisien dan cepat dalam merespons perubahan kadar

amonia, serta efektif dalam menormalkan kualitas air dalam waktu 8 jam 37 menit, meskipun terdapat fluktuasi kadar amonia, yang menunjukkan efisiensi sistem meskipun volume kolam besar.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan kualitas air otomatis berbasis Internet of Things (IoT) untuk budidaya ikan nila. Sistem menggunakan sensor suhu, pH, dan amonia yang datanya dikirim secara nirkabel dan ditampilkan melalui aplikasi berbasis Kodular. Logika fuzzy Mamdani diintegrasikan untuk mengklasifikasikan kualitas air dan mengendalikan aktuator secara otomatis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan informasi akurat dan tindakan korektif secara real-time, serta menjawab seluruh rumusan masalah penelitian. Sistem ini berpotensi mendukung budidaya ikan nila yang lebih modern, efektif, dan berkelanjutan.

REFERENSI

- [1] N. Affandi, A. R. Nasution, I. Tanjung, "Rancang bangun alat ukur pH dan ketinggian air berbasis smartphone guna meningkatkan produktivitas budidaya ikan nila," vol. 2, no. 2, pp. 75–80, 2021.
- [2] U. Fatimah, S. S. Pane, "Sistem pendekripsi kualitas air pada budidaya ikan air tawar berbasis Internet of Things (IoT)," vol. 7, no. 1, 2024.
- [3] Hidayah, "Potensi filtrat buah asam gelugur (*Gracinia atroviridis*) terhadap penurunan kadar amonia (NH₃) pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis," vol. 1, no. 5, 2023.
- [4] Scabra, A. R., Afriadin, A., & Marzuki, "Efektivitas Peningkatan Oksigen Terlarut Menggunakan Perangkat Microbubble Terhadap Produktivitas Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)," *J. Perikan. Unram*, vol. 12, no. 1, pp. 13–21, 2022.
- [5] Salim A, "Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Bibit Ikan Nila Menggunakan Algoritma Decision Tree," *J. Vocat. Tek. Elektron. dan Inform.*, vol. 11, no. 2, 2023.
- [6] Sutopo Pamungkas, D., Rayhan, A. M., Yusuf, M., Qadri, A., Rafini, A., Suharni, E. A., Elektro, J. T., Batam, N., Center, B., & Yani, "SISTEM MONITORING KUALITAS AIR KOLAM IKAN NILA," 2023, [Online]. Available: <https://abecindonesia.org/proceeding/index.php/abec/article/view/370/357>
- [7] Syaifuldin, M., & Akbar, M., "Rancang Bangun Monitoring Sirkulasi Air pada Kolam Ikan Nila Berbasis Arduino," vol. 5, no. 2, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.30743/infotekjar.v5i2.3114>
- [8] Syaipul Anwar, & Latifa, "PERANCANGAN APLIKASI MONITORING KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA IKAN NILA BERBASIS IOT

- MENGGUNAKAN ANDROID STUDIO,”*J. Power Elektron.*, vol. 11, no. 2, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.30591/polektro.v12i1.3748%0A>
- [9] Ashari, I. F., Untoro, M. C., Praseptiawan, M., Afriansyah, A., & Nur’azmi, “Sistem Monitoring dan Kontrol Budidaya Ikan Nila Berbasis IoT dengan Bioflok (Studi kasus: Kelompok Budidaya Ikan Sadewa Mandiri, Pringsewu),” *Suluah Bendang J. Ilm. Pengabdi. Kpd. Masy.*, vol. 22, no. 2, p. 375, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.24036/sb.02760>
- [10] Putra E, “SISTEM MONITORING KUALITAS AIR PADA BUDIDAYA BIBIT IKAN HIAS MENGGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI BERBASIS INTERNET of THINGS.,” 2020.
- [11] Pujiharsono, H., & Kurnianto, D. “Mamdani fuzzy inference system for mapping water quality level of biofloc ponds in catfish cultivation,” *J. Teknol. Dan Sist. Komputer*, vol. 8, no. 2, pp. 84–88, 2020.
- [12] Andreas Putra, D., & Erlina, “Identifikasi Penyakit Halitosis dengan Sensor Gas menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Metode Pembelajaran Backpropagation”.
- [13] Panjagal, S. B., & Ramaiah, “OdorSense: measuring, assessment and alerting the health effects of odor pollution,” *3C Tecnol. Innovación Apl. a La Pyme*, pp. 97–113, 2021.
- [14] Ue-nh., *Leading gas sensing solutions supplier in China Long-acting Gas Sensor Manual (Model : UE-NH 3)*. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/https://doi.org/10.1128/spectrum.01850-21>
- [15] Boy Panroy Manullang, A., Saragih, Y., Hidayat, “IMPLEMENTASI NODEMCU ESP8266 DALAM RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN SEPEDA MOTOR BERBASIS IOT,” *J. Inform. Rekayasa Elektron.*, vol. 4, no. 2, 2021.
- [16] Askar, M., Susanto, E., & Wibowo, “Sistem Pengendalian Pakan Dan Monitoring Kualitas Air Akuarium Otomatis Automatic Aquarium Feed Control And Water Quality Monitoring System,” 2022, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/issue%0A/view/173>