

# Implementasi Sistem Otomatisasi Monitoring Suhu, Kelembapan, dan Amonia pada Kandang Ayam Petelur Menggunakan Metode *Fuzzy*

Muhammad Khoirul Rosikin  
Program Studi Teknik Informatika  
Jurusan Teknologi Informasi  
Politeknik Negeri Jember  
Jember, Indonesia  
[mkhoirulr97@gmail.com](mailto:mkhoirulr97@gmail.com)

Lukie Perdanasari  
Program Studi Bisnis Digital  
Jurusan Teknologi Informasi  
Politeknik Negeri Jember  
Jember, Indonesia  
[lukieperdanasari@polije.ac.id](mailto:lukieperdanasari@polije.ac.id)

Tharixs Akbar Ibnu Azis  
Program Studi Teknik Informatika  
Jurusan Teknologi Informasi  
Politeknik Negeri Jember  
Jember, Indonesia  
[tharixsakbar@gmail.com](mailto:tharixsakbar@gmail.com)

Nila Amalia  
Program Studi Teknik Informatika  
Jurusan Teknologi Informasi  
Politeknik Negeri Jember  
Jember, Indonesia  
[nilaa3794@gmail.com](mailto:nilaa3794@gmail.com)

**Abstract**— *The increase in demand for egg consumption and the high chicken population in Indonesia has not been matched by the maintenance of good chicken coops, this has led to a decrease in the quality of eggs produced. Then an automation system is needed in the chicken coop to control temperature, humidity and ammonia levels. Automatic control is by spraying cooling water and prebiotic liquids. The time in the spraying process is calculated using the fuzzy method to determine the spraying decision. The spraying data on the system is compared with manual fuzzy calculations using confusion matrix calculations to get the accuracy value of spraying on the system. The calculation results show that although the precision in water spraying and prebiotic watering reaches 100%, the recall is still low. This shows that improvements are still needed to improve the accuracy of the tool. However, this automation system still has the potential to assist laying hen farmers in optimizing the cage environment, maintaining the health of laying hens, and increasing productivity effectively and efficiently. With this system, it is hoped that the quality of life and welfare of laying hens can be improved, as well as help farmers manage cages more efficiently.*

**Keywords**—*ammonia; fuzzy; humidity; internet of things; temperature.*

**Abstrak**— *Peningkatan permintaan konsumsi telur dan populasi ayam yang tinggi di Indonesia belum diimbangi dengan adanya pemeliharaan kandang ayam yang baik, hal ini menyebabkan menurunnya kualitas telur yang dihasilkan. Maka diperlukan sistem otomatisasi pada kandang ayam untuk mengendalikan suhu, kelembapan dan kadar amonia. Pengendalian otomatis yaitu dengan penyemprotan air penyejuk dan cairan prebiotik. Waktu dalam proses penyemprotan dihitung menggunakan metode *fuzzy* untuk menentukan keputusan penyemprotan. Data penyemprotan pada sistem dibandingkan dengan perhitungan *fuzzy* manual menggunakan perhitungan *confusion matrix* untuk mendapatkan nilai akurasi dari penyemprotan pada sistem. Hasil perhitungan menunjukkan meskipun *precision* dalam penyemprotan air dan penyiraman prebiotik mencapai 100%,*

*recall*-nya masih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa masih diperlukan perbaikan untuk meningkatkan akurasi alat. Namun, sistem otomatisasi ini tetap memiliki potensi untuk membantu peternak ayam petelur dalam mengoptimalkan lingkungan kandang, menjaga kesehatan ayam petelur, dan meningkatkan produktivitas secara efektif dan efisien. Dengan adanya sistem ini, diharapkan kualitas hidup dan kesejahteraan ayam petelur dapat ditingkatkan, serta membantu peternak dalam mengelola kandang secara lebih efisien.

**Keywords**—*amonia; fuzzy; internet of things; kelembapan, suhu.*

## PENDAHULUAN

Telur merupakan komoditas tertinggi keempat yang banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia. Selain karena harganya yang terjangkau, komoditas telur adalah salah satu sumber gizi yang mudah didapatkan masyarakat. Setiap tahunnya, konsumsi telur ayam di Indonesia terus meningkat. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) pada bulan Maret 2021, rata-rata nilai konsumsi telur ayam ras/kampung per kapita per bulan sebesar 9,77 butir. Kemudian naik 2,16% menjadi 9,98 butir dalam satu bulan pada September 2021. Di Jawa timur produksi telur ayam meningkat sebanyak 51.360,88 (ton) pada tahun 2020 hingga tahun 2021, hal ini memperlihatkan bahwa ada kenaikan data yang signifikan pada konsumsi telur di Jawa Timur [1]. Namun, peningkatan konsumsi telur belum diimbangi dengan adanya sistem pemeliharaan kandang ayam yang baik sehingga dapat menurunkan kualitas telur.

Faktor yang mempengaruhi penurunan kualitas telur antara lain sifat genetik ayam, kesehatan, manajemen pemeliharaan, pakan, serta keadaan lingkungan [2]. Hal ini dikarenakan produksi ayam ras petelur cukup tinggi jika di tempatkan pada lingkungan kandang yang ideal, yaitu pada temperatur 20-25°C [3]. Hasil menunjukkan pengaruh suhu

dan kelembapan secara kumulatif sebesar 38,8% terhadap produktivitas ayam petelur. Rata-rata faktor lingkungan berupa suhu dan kelembapan secara berurutan selama pengamatan 18 hari yaitu 24,5°C dan 82,3% [4]. Kadar amonia yang terlalu tinggi dapat menyebabkan gangguan kesehatan ternak seperti gangguan iritasi mata, gangguan saluran pernapasan, gangguan sistem kekebalan tubuh, dan gangguan sistem reproduksi [5].

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Audia Faris Trinaldi, Ade Kania Ningsih dan Melina tahun 2022 dengan judul “Sistem Kontrol dan Monitoring Suhu Kelembapan Kandang pada Peternakan Ayam Broiler dengan Metode *Fuzzy* mamdani Berbasis *Internet of Things*” dengan data awal sebanyak 1874, setelah dilakukan data *cleaning* diperoleh sebanyak 1832, dari nilai rata-rata suhu yaitu 29,64°C dan kelembapan 70,66% dapat terhubung langsung dengan android untuk memonitor kondisi kandang ayam otomatis. Sehingga dapat diketahui nilai rata-rata tingkat kesalahan pada sensor DHT11 dengan variabel suhu yaitu 5,15% dan kelembapan 7,99% [6].

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Adimas Ketut Nalendra, M Mujiono, Anang Widigdyo dengan judul “PIM Sistem Kontrol Suhu dan Gas Amonia pada Kandang Ayam berbasis *Internet of Things* di Mitra CV. Bintang Timur Farm” pada tahun 2022. Penelitian ini mampu meningkatkan 5% produktivitas telur yang dihasilkan oleh ayam ras petelur dengan menjaga kestabilan suhu, kelembapan dengan otomatisasi pendinginan dan penghangatan ruangan selain itu penelitian ini juga mampu memonitoring kadar gas amonia yang ada untuk membantu peternak mengatur jadwal pembersihan kotoran ayam [7].

Penelitian ini menawarkan inovasi dengan mengintegrasikan sistem kontrol gas amonia, suhu, dan kelembapan menggunakan metode *fuzzy* untuk meningkatkan akurasi waktu respons sistem. Pada penelitian sebelumnya cenderung memisahkan kontrol variabel tersebut. Namun, pendekatan baru ini menggabungkan mereka secara holistik melalui metode *fuzzy*, memungkinkan respons yang lebih efisien terhadap perubahan kondisi lingkungan. Kontribusi kebaruan ini diharapkan dapat meningkatkan akurasi waktu dalam menanggapi dinamika perubahan gas, suhu, dan kelembapan secara bersamaan, membuka peluang aplikasi lebih lanjut dalam berbagai industri.

Penurunan kualitas telur disebabkan kondisi kandang ayam yang tidak termonitor dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan sistem otomatisasi yang dapat mengendalikan suhu, kelembapan udara dan kadar amonia pada kandang ayam agar tetap stabil. Pengendalian suhu dan kelembapan udara dengan menggunakan penyemprotan air penyejuk sedangkan pengendalian kadar amonia dalam kandang dengan menggunakan penyemprotan cairan prebiotik. Proses otomatisasi penyemprotan menggunakan metode *fuzzy* untuk mengambil keputusan dalam penyemprotan. *Output* penyemprotan *fuzzy* pada sistem akan dibandingkan dengan perhitungan penyemprotan manual dan penentuan hasil akurasi menggunakan perhitungan *confusion matrix*.

METODE PENELITIAN

A. Analisis Kebutuhan

Analisis alat dan bahan yang dibutuhkan untuk membangun alat yang terintegrasi secara otomatis dapat dilihat pada tabel 1:

Tabel 1. Analisis Kebutuhan

No	Komponen	Jumlah	Fungsi
1.	Sensor DHT22	1	Menangkap data digital berupa nilai suhu dan kelembapan udara.
2.	Sensor MQ-137	1	Menangkap data analog berupa nilai kandungan gas amonia.
3.	MCP3008	1	Untuk merubah sinyal analog menjadi sinyal digital dikarenakan pin Raspberry Pi 4 tidak memiliki pin analog.
4.	Relay	2	Menghidupkan dan mematikan pompa DC penyemprot air serta penyemprot cairan prebiotik.
5.	Raspberry Pi 4	1	<i>Microcontroller</i> berguna menyimpan program dengan menjalankan semua aktuator yang terhubung dengannya serta mengirimkan data <i>real-time</i> ke dalam <i>cloud database (firebase)</i> yang nantinya akan diakses oleh <i>smartphone</i> . Alat ini juga merupakan tempat menyimpan semua logika <i>Fuzzy Mamdani</i> dalam penentuan penyemprotan air penyejuk dan cairan prebiotik.
6.	LCD	1	Menampilkan data suhu, kelembapan dan amonia.
7.	Pompa DC	2	untuk menyemprotkan air penyejuk ruang kandang dan juga penyemprot cairan prebiotik pengurai kotoran ayam yang mengandung kadar gas amonia.

Dalam penelitian ini Raspberry Pi 4 dipilih karena memiliki kekuatan komputasi yang lebih kuat dan mendukung banyak lembar perangkat melalui port GPIO yang lebih kuat daripada Arduino. Raspberry Pi juga mendukung banyak lembar perangkat melalui port GPIO yang lebih kuat daripada Arduino. Selain itu Arduino memiliki beberapa keterbatasan, seperti keterbatasan memori yang lebih kecil dan keterbatasan dalam penggunaan port yang dapat menyebabkan kecelakaan jika Anda melakukan kesalahan dengan perangkat[8].

B. Sistem Monitoring Otomatis

Monitoring merupakan kegiatan mengamati perkembangan pelaksanaan program atau proyek. Sedangkan sistem monitoring otomatis adalah sistem monitoring dengan pemanfaatan teknologi dan perangkat elektronik untuk memantau, mengumpulkan, dan menganalisis data secara otomatis. Dengan monitoring dapat diketahui program atau proyek berjalan sesuai atau kurang sesuai dengan rencana[9].

C. Suhu, Kelembapan, dan Gas Amonia

Suhu adalah salah satu besaran pokok pada fisika yang menyatakan panas dinginnya suatu objek. Kelembapan udara suatu ruangan akan selalu terjaga secara konsisten. Secara matematis kelembapan udara relatif (RH) didefinisikan sebagai perbandingan antara tekanan uap air jenuh dengan tekanan uap air parsial. [10]. Amonia adalah gas tajam tidak berwarna dengan titik didih 33,5°C. Gas amonia mempunyai daya iritasi tinggi, terutama pada mukosa membran mata dan saluran pernapasan ayam.

D. Fuzzy

Logika fuzzy merupakan komponen pembentuk *soft computing*. Logika fuzzy digunakan untuk memecahkan masalah dari input ke output yang diharapkan. Pola aturan dalam *fuzzy logic* berbentuk IF THEN, dan ini melibatkan proses penalaran *fuzzy*[11].

Menurut Kusumadewi dan Hari [12], Ebrahim Mamdani menemukan metode mamdani atau dikenal juga dengan metode min-max pada tahun 1975. Metode mamdani melibatkan empat tahap untuk mendapatkan keluaran yaitu Fuzzyfication, Implikasi, Maximum, dan Defuzzyfikasi.

*Confusion matrix* digunakan untuk membandingkan perhitungan *fuzzy* secara manual dengan sistem yang terpasang pada alat[13]. Rumus *confusion matrix* dapat dilihat pada tabel 2:

Tabel 2. Rumus *Confusion Matrix*

		Aktual	
		True	False
Prediksi	True	True Positif (TP)	False Positif (FP)
	False	False Negatif (FN)	True Negatif (TN)

Keterangan:

TP = True Positif, yaitu jumlah data positif yang terklasifikasi dengan benar oleh sistem.

TN = True Negatif, yaitu jumlah data negatif yang terklasifikasi dengan salah oleh sistem.

FN = False Negatif, yaitu jumlah data negatif namun terklasifikasi benar oleh sistem.

FP = False Positif, yaitu jumlah data positif namun terklasifikasi salah oleh sistem.

Menentukan nilai variabel linguistik atau batas ambang sebagai parameter penentuan nilai selisih waktu pada penyemprotan air dan cairan prebiotik termasuk dalam kategori *false* atau *true* pada perhitungan manual[14]. Sebagai berikut:

Tabel 3. Variabel linguistik *fuzzy* selisih waktu perhitungan manual

Batas Ambang	Variabel
selisih ≤ 0,5 detik	True
selisih > 0,5 detik	False

Selanjutnya adalah menghitung akurasi sistem dan manual dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \tag{1}$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \tag{2}$$

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \tag{3}$$

$$F - Measure (F1) = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall} \tag{4}$$

Keterangan:

*Recall* = tingkat keberhasilan sistem dalam menemukan kembali sebuah informasi.

*Precision* = tingkat ketepatan antara informasi yang diminta oleh pengguna dengan jawaban yang diberikan oleh sistem.

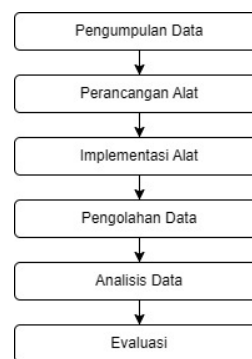
*Accuracy* = tingkat kedekatan antara nilai prediksi dengan nilai aktual.

*F-Measure (F1)* = bobot *harmonic mean* dan *recall* dan *precision*.

Dalam penelitian ini, metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

E. Alur Penelitian

Alur penelitian ini menunjukkan kerangka penelitian yang hendak dicapai pada blok diagram sistem secara keseluruhan. Blok diagram sangat penting kaitannya dengan rangkaian keseluruhan blok diagram yang akan menghasilkan suatu sistem kerja pada penelitian. Gambar 1 menunjukkan tahapan yang dilaksanakan pada penelitian ini.



Gambar 1. Alur Penelitian

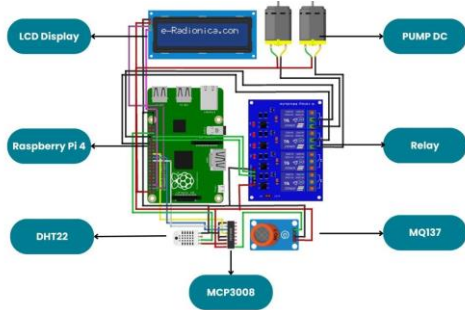
F. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang dilakukan di kandang ayam yang sudah terpasang alat dan juga sensor untuk mengukur suhu, kelembapan udara dan gas amonia. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan metode manual dan juga pengukuran dari sensor yang datanya disimpan dalam firebase database. Pengumpulan data dilaksanakan selama 20 hari dimulai pada tanggal 1 Maret 2023 sampai dengan tanggal 20 Maret 2023. Pada waktu pagi, siang dan sore dengan rentang waktu 05.00, 12.00 dan 17.00 WIB.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan Alat

Perancangan alat yang digunakan pada penelitian ini memiliki beberapa sensor dan alat yang digunakan. Sensor yang digunakan untuk mengukur suhu, kelembapan dan kadar amonia yang terdapat di kandang ayam. Gambar perancangan alat dapat dilihat pada Gambar 2:



Gambar 2. Perancangan alat

Sistem ini menggunakan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan ruangan, sensor MQ-137 untuk mengukur kandungan gas amonia, dan MCP3008 sebagai antarmuka analog-digital. Dua relay mengendalikan pompa DC penyemprot air dan cairan prebiotik. Raspberry Pi 4 berperan sebagai otak sistem, menyimpan program, mengelola aktuator, dan mengirim data ke database Firebase untuk diakses melalui smartphone. LCD menampilkan data suhu, kelembapan, dan amonia. Dua pompa DC sebagai aktuator mengatur penyemprotan air dan cairan prebiotik berdasarkan logika kontrol, termasuk metode Fuzzy Mamdani. Sistem ini memastikan lingkungan kandang ayam optimal untuk kesehatan dan kesejahteraan hewan.

B. Implementasi Alat

Pada tahapan ini merupakan tahap implementasi alat yang sudah disiapkan lengkap dengan sensor yang digunakan pada kandang ayam. Berikut merupakan bentuk fisik perangkat keras.



Gambar 3a. Box panel



Gambar 3b. Pompa DC



Gambar 3c. Tangki

Pada Gambar 3a terdapat rangkaian alat yang sudah di pasang sedemikian rupa dimana terdapat sensor DHT22 dan MQ-137 yang membaca data suhu, kelembapan udara dan kadar amonia pada kandang ayam. LCD digunakan untuk menampilkan data suhu, kelembapan dan kadar amonia dan juga Raspberry Pi sebagai mikrokontroler yang mengolah data yang didapatkan dari sensor MQ-137 dan DHT22 menggunakan metode *Fuzzy Logic*. Relay digunakan sebagai saklar otomatis yang menghidupkan dan mematikan pompa dc cairan prebiotik dan air dari data yang didapat dari sensor MQ-137 dan DHT22 yang diolah dengan metode *Fuzzy Logic*, *output* yang dihasilkan dari pengolahan data berupa

waktu penyemprotan prebiotik dan air. Gambar 3b menunjukkan pompa dc sebagai pengendali suhu dan kelembapan udara yang terkoneksi langsung dengan relay untuk mengatur lama penyemprotan air. Gambar 3c menunjukkan tangki dan pompa dc sebagai pengendali gas amonia dan terkoneksi langsung dengan relay untuk mengatur lama penyemprotan cairan prebiotik.

C. Pengolahan Data

Tahap pengolahan data merupakan tahapan dimana data yang telah diperoleh dari data sensor DHT22 dan MQ-137. Data yang didapatkan dari data sensor kemudian akan diolah atau diproses dengan algoritma cerdas menggunakan metode *fuzzy logic*. Sehingga *output* dari data yang dihasilkan akan digunakan sebagai otomatisasi pengendalian suhu, kelembapan dan gas amonia pada kandang ayam.

D. Pengujian Penyemprotan Air

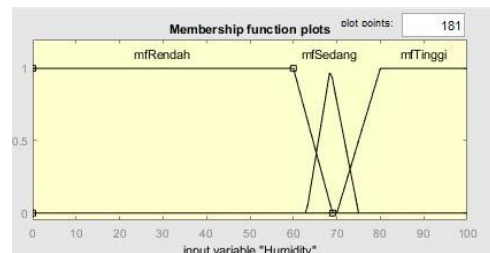
Data suhu dan kelembapan yang tercatat pada tabel berikut diperoleh melalui sensor yang tertanam pada alat dan ditampilkan melalui layar LCD. Proses perhitungan manual, data suhu dan kelembapan dicatat dari alat yang ditampilkan pada LCD dihitung menggunakan MATLAB dengan menerapkan rumus fuzzy logic dan. Selanjutnya perhitungan sistem, data suhu dan kelembapan dihitung menggunakan kode program perhitungan fuzzy logic di platform Raspberry Pi.

Fungsi fuzzy logic diimplementasikan untuk menghitung output sistem berdasarkan nilai suhu dan kelembapan yang terdeteksi dengan output durasi penyemprotan air. Output dari MATLAB mencakup data manual yang selanjutnya dibandingkan dengan data sistem. Perbandingan ini bertujuan untuk mengamati selisih antara data manual dan data sistem sebagai acuan perhitungan akurasi waktu, dan metodenya diukur menggunakan confusion matrix. Proses ini dapat memberikan informasi penting mengenai kehandalan sistem dalam menanggapi variasi suhu dan kelembapan, serta mengukur sejauh mana metode fuzzy logic mampu memberikan estimasi waktu yang akurat dalam konteks pengukuran lingkungan.

Berikut ini adalah data level suhu dan kelembapan dengan input variabel pada MATLAB.

Tabel 4. Level Suhu

Level Suhu (Celcius)	Rentang Derajat Keanggotaan
Dingin	0 – 20 °C
Sejuk	15 – 30 °C
Normal	25 – 30 °C
Hangat	27,5 - 42,5 °C
Panas	40 – 50 °C



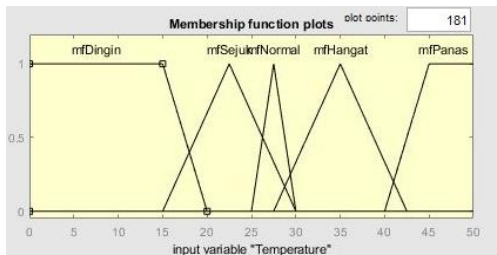
Gambar 4. Input Suhu

Tabel 5. Level Kelembapan

Level Kelembapan (%)	Rentang Derajat Keanggotaan
----------------------	-----------------------------



Rendah	0 – 69 %
Sedang	63 – 75 %
Tinggi	70 – 100 %



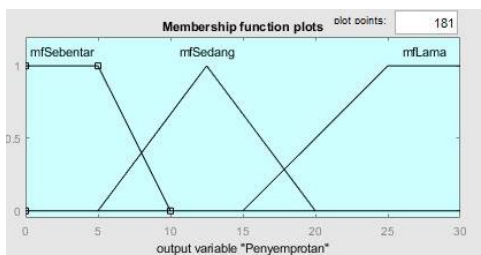
Gambar 5. Input Kelembapan

Peneliti melakukan pengujian metode *Fuzzy Logic* pada perangkat keras. Hasil pengumpulan data dan membandingkan *Fuzzy Logic* pada sistem alat dengan perhitungan manual. Terdapat selisih beberapa detik antara perhitungan manual dan sistem dengan menggunakan nilai variabel linguistik sebagai batas ambang selisih  $\leq 0,5$  detik.

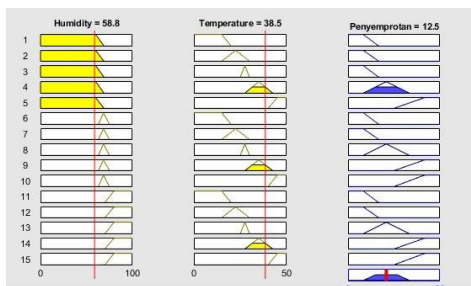
Berikut ini adalah data durasi penyemprotan air dengan rentang derajat keanggotaannya serta output penyemprotan pada MATLAB.

Tabel 5. Durasi Penyemprotan Air

Durasi Penyemprotan Air (Detik)	Rentang Derajat Keanggotaan
Sebentar	0 – 10 s
Sedang	5 – 20 s
Lama	15 – 30 s



Gambar 5. Output Penyemprotan



Gambar 6. Hasil Uji Keseluruhan

Perbandingan perhitungan sistem alat dengan perhitungan manual dapat dilihat pada tabel 4:

Tabel 6. Pengujian penyemprotan air penyejuk

Tanggal	Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Manua	Siste	Selisih	Siste	Manua	Hasil
1-Mar-23	06.00	28.3	79.6	12.4	12.6	0.2	f	t	fn
	12.00	38.5	58.8	12.5	12.5	0	t	t	tp
	17.00	34.0	66.2	20	20	0	t	t	tp
	05.00	28.9	79.3	14.1	14.6	0.5	f	t	fn

2-Mar-23	13.00	40.2	50.7	13.5	13.7	0.2	f	t	fn
	18.00	29.0	75.0	14.5	15	0.5	f	t	fn
3-Mar-23	05.00	27.5	78.3	10.8	10.4	0.4	f	t	fn
	12.00	39.2	55.5	12.5	12.5	0	t	t	tp
4-Mar-23	17.00	34.9	62.5	12.5	12.5	0	t	t	tp
	05.00	28.0	79.2	11.6	11.8	0.2	f	t	fn
5-Mar-23	13.00	39.6	55.5	12.5	12.5	0	t	t	tp
	17.00	34.4	65.5	18.1	18.8	0.7	f	f	tn
6-Mar-23	05.00	28.7	78.1	13.5	13.8	0.3	f	t	fn
	13.00	39.0	55.4	12.5	12.5	0	t	t	tp
7-Mar-23	17.00	33.7	65.8	18.6	19.3	0.7	f	f	tn
	06.00	28.5	78.4	12.9	13.2	0.3	f	t	fn
8-Mar-23	12.00	39.2	54.7	12.5	12.5	0	t	t	tp
	16.00	37.8	59.7	12.5	12.5	0	t	t	tp
9-Mar-23	05.00	28.7	79.8	13.5	13.8	0.3	f	t	fn
	12.00	39.3	53.1	12.5	12.5	0	t	t	tp
10-Mar-23	17.00	34.2	64.4	16.03	16.5	0.47	f	t	fn
	05.00	28.1	78.5	11.9	12	0.1	f	t	fn
11-Mar-23	12.00	38.4	56.6	12.5	12.5	0	t	t	tp
	17.00	36.6	62.5	12.5	12.5	0	t	t	tp
12-Mar-23	05.00	34.3	65.6	18.3	18.9	0.6	f	f	tn
	12.00	34.3	65.6	18.3	18.9	0.6	f	f	tn
13-Mar-23	17.00	34.4	62.1	12.5	12.5	0	t	t	tp
	05.00	28.7	79.4	13.5	13.8	0.3	f	t	fn
14-Mar-23	13.00	40.6	54.0	15.5	15.9	0.4	f	t	fn
	17.00	36.9	61.5	12.5	12.5	0	t	t	tp
15-Mar-23	05.00	28.8	79.1	13.8	14.2	0.4	f	t	fn
	12.00	40.4	52.2	14.5	14.8	0.3	f	t	fn
16-Mar-23	18.00	34.2	66.9	20.5	21.2	0.7	f	f	tn
	05.00	28.3	79.0	12.4	12.6	0.2	f	t	fn
17-Mar-23	12.00	39.4	54.5	12.5	12.5	0	t	t	tp
	17.00	36.5	59.9	12.5	12.5	0	t	t	tp
18-Mar-23	05.00	27.9	77.3	11.4	11.5	0.1	f	t	fn
	12.00	39.5	52.4	12.5	12.5	0	t	t	tp
19-Mar-23	17.00	36.2	60.1	12.5	12.5	0	t	t	tp
	05.00	29.4	77.9	16.5	17.1	0.6	f	f	tn
20-Mar-23	12.00	39.7	53.9	12.5	12.5	0	t	t	tp
	16.00	38.0	55.0	12.5	12.5	0	t	t	tp
21-Mar-23	05.00	29.0	75.8	14.5	15	0.5	f	t	fn
	13.00	41.5	49.8	19.4	20.1	0.7	f	f	tn
22-Mar-23	17.00	36.1	64.0	15.1	15.5	0.4	f	t	fn
	05.00	29.4	77.8	16.5	17.1	0.6	f	f	tn
23-Mar-23	12.00	40.5	54.5	15.02	15.4	0.38	f	t	fn
	16.00	31.3	68.7	22.4	23.1	0.7	f	f	tn
24-Mar-23	07.00	28.1	78.6	11.9	12	0.1	f	t	fn
	12.00	40.1	56.4	13.02	13.1	0.08	f	t	fn
25-Mar-23	17.00	35.4	65.5	18.1	18.8	0.7	f	f	tn
	05.00	28.5	77.8	12.9	13.2	0.3	f	t	fn
26-Mar-23	12.00	40.9	53.8	16.9	17.5	0.6	f	f	tn
	17.00	32.7	66.9	20.4	21.1	0.7	f	f	tn
27-Mar-23	05.00	29.6	78.5	18.01	18.7	0.69	f	f	tn
	12.00	41.2	54.3	18.2	18.9	0.7	f	f	tn
28-Mar-23	17.00	33.3	67.6	21.4	22.2	0.8	f	f	tn
	05.00	29.2	78.9	15.4	15.9	0.5	f	t	fn
29-Mar-23	12.00	40.9	55.5	16.9	17.5	0.6	f	f	tn
	17.00	33.2	64.0	15.1	15.5	0.4	f	t	fn

Selanjutnya adalah mengolah data dari selisih perhitungan sistem alat dengan perhitungan manual

menggunakan metode *Confusion matrix* yaitu *Recall*, *Accuracy*, *Precision* dan *F – Measure (F1)* pada penyemprotan air. Masukan data hasil pada tabel sesuai dengan rumus *confusion matrix* yaitu data aktual adalah manual dan data prediksi adalah system. Perhitungan *Confusion matrix* dapat dilihat pada tabel 5:

Tabel 7. Perhitungan *confusion matrix* penyemprotan air penyejuk

System	Manual	
	True	False
True	5(TP)	0(FP)
False	37(FN)	18(TN)

$$Recall = \frac{5}{5 + 37} = 0,18 = 18\% \tag{1}$$

$$Precision = \frac{5}{5 + 0} = 1 = 100\% \tag{2}$$

$$Accuracy = \frac{5 + 18}{5 + 18 + 0 + 37} = 0,38 = 38\% \tag{3}$$

$$F - Measure (F1) = 2 \times \frac{1 \times 0,18}{1 + 0,18} = 0,15 = 15\% \tag{4}$$

Hasil perhitungan *confusion matrix* untuk penyemprotan air menunjukkan bahwa *recall*-nya adalah 18%, yang berarti dari semua kasus yang sebenarnya positif (kasus di mana penyemprotan air diperlukan), hanya 18% yang terdeteksi dengan benar. *Precision*-nya adalah 100%, yang berarti dari semua kasus yang dideteksi sebagai positif, semuanya adalah benar. *Accuracy*-nya adalah 38%, yang menunjukkan sejauh mana model dapat mengklasifikasikan dengan benar kasus-kasus positif dan negatif secara keseluruhan. *F-measure*-nya adalah 15%, yang merupakan rata-rata harmonis antara *recall* dan *precision*.

E. Pengujian Penyemprotan Cairan Prebiotik

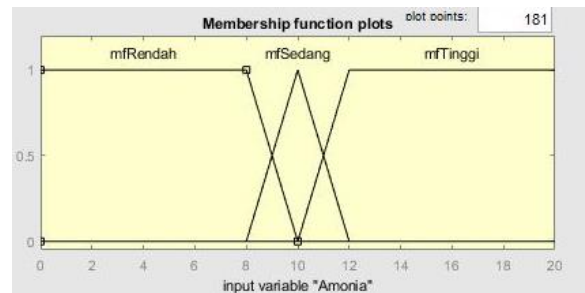
Data kadar gas amonia yang tercatat pada tabel berikut diperoleh melalui sensor yang tertanam pada alat dan ditampilkan melalui layar LCD. Proses perhitungan manual, kadar gas amonia dicatat dari alat yang ditampilkan pada LCD dihitung menggunakan MATLAB dengan menerapkan rumus fuzzy logic dan. Selanjutnya perhitungan sistem, data kadar gas amonia dihitung menggunakan kode program perhitungan fuzzy logic di platform Raspberry Pi.

Fungsi fuzzy logic diimplementasikan untuk menghitung output sistem berdasarkan nilai kadar gas amonia yang terdeteksi dengan output durasi penyemprotan cairan prebiotik. Output dari MATLAB mencakup data manual yang selanjutnya dibandingkan dengan data sistem. Perbandingan ini bertujuan untuk mengamati selisih antara data manual dan data sistem sebagai acuan perhitungan akurasi waktu, dan metodenya diukur menggunakan *confusion matrix*. Proses ini dapat memberikan informasi penting mengenai kehandalan sistem dalam menanggapi variasi kadar gas amonia, serta mengukur sejauh mana metode fuzzy logic mampu memberikan estimasi waktu yang akurat dalam konteks pengukuran lingkungan.

Berikut ini adalah data level gas amonia dengan input variabel pada MATLAB dengan output durasi penyemprotan dan hasil ujinya.

Tabel 8. Level Amonia

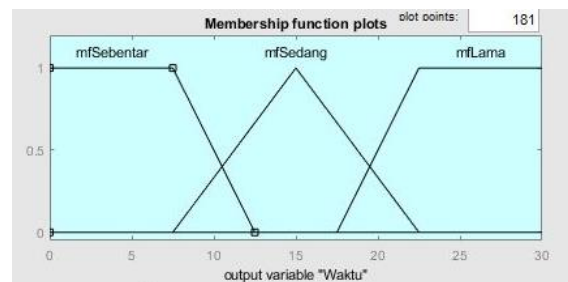
Level Amonia (Ppm)	Rentang Derajat Keanggotaan
Rendah	0 – 10 Ppm
Sedang	8 – 12 Ppm
Tinggi	10 – 20 Ppm



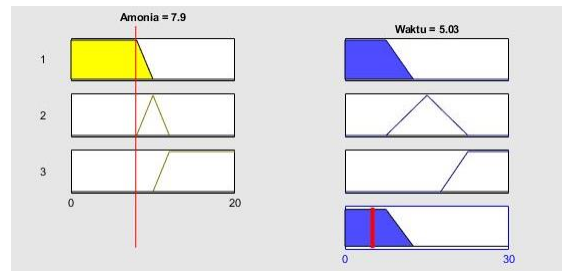
Gambar 7. Input Amonia

Tabel 9. Durasi Penyemprotan Prebiotik

Durasi Penyemprotan (Detik)	Rentang Derajat Keanggotaan
Sebentar	0 – 12,5 s
Sedang	7,5 – 22,5 s
Lama	17,5 – 30 s



Gambar 8. Output Durasi



Gambar 9. Hasil Uji Keseluruhan

Pengujian selanjutnya dilakukan pada sensor MQ-137 dengan pengecekan akurasi gas amonia untuk otomatisasi penyiraman prebiotik. Dengan melakukan pengujian metode *Fuzzy Logic* pada perangkat keras. Hasil pengumpulan data dan membandingkan *Fuzzy Logic* pada sistem alat dengan perhitungan manual. Terdapat selisih beberapa detik antara perhitungan manual dan sistem dengan menggunakan nilai variabel linguistik sebagai batas ambang selisih ≤ 0,5 detik. Pengujian sensor MQ-137 dapat dilihat pada tabel 6:

Tabel 10. Pengujian Penyemprotan Cairan Prebiotik

Tanggal Waktu	Amonia (ppm)	Manual	System	Selisih	System	Manual	Hasil	
1-Mar-23	06.00	7.90	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
	12.00	8.26	6.7	6.63	0.07	f	t	fn
	17.00	12.5	24.3	25	0.7	f	f	tn

2-Mar-23	05.00	13.51	24.3	25	0.7	f	f	tn
	13.00	15.52	24.3	25	0.7	f	f	tn
	18.00	18.39	24.3	25	0.7	f	f	tn
3-Mar-23	05.00	18.39	24.3	25	0.7	f	f	tn
	12.00	9.27	11.5	11.4	0.1	f	t	fn
	17.00	6.90	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
4-Mar-23	05.00	9.67	13.3	13.3	0	t	t	tp
	13.00	4.30	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
	17.00	4.61	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
5-Mar-23	05.00	4.45	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
	13.00	4.23	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
	17.00	4.85	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
6-Mar-23	06.00	6.00	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
	12.00	4.77	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
	16.00	4.30	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
7-Mar-23	05.00	6.29	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
	12.00	5.63	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
	17.00	5.18	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
8-Mar-23	05.00	6.39	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
	12.00	4.93	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
	17.00	4.93	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
9-Mar-23	05.00	9.09	10.7	10.7	0	t	t	tp
	12.00	9.09	10.7	10.7	0	t	t	tp
	17.00	7.45	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
10-Mar-23	05.00	9.53	12.6	12.6	0	t	t	tp
	13.00	8.88	9.8	9.74	0.06	f	t	fn
	17.00	7.90	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
11-Mar-23	05.00	9.27	11.5	11.4	0.1	f	t	fn
	12.00	8.50	8.04	7.93	0.11	f	t	fn
	18.00	8.50	8.04	7.93	0.11	f	t	fn
12-Mar-23	05.00	9.53	12.6	12.6	0	t	t	tp
	12.00	8.38	7.4	7.3	0.1	f	t	fn
	17.00	9.27	11.5	11.4	0.1	f	t	fn
13-Mar-23	05.00	8.26	6.7	6.63	0.07	f	t	fn
	12.00	8.50	8.04	7.93	0.11	f	t	fn
	17.00	7.22	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
14-Mar-23	05.00	8.88	9.8	9.74	0.06	f	t	fn
	12.00	6.49	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
	16.00	4.85	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
15-Mar-23	05.00	6.19	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
	13.00	11.40	20.8	21.6	0.8	f	f	tn
	17.00	9.27	11.5	11.4	0.1	f	t	fn
16-Mar-23	05.00	11.2	19.9	20.6	0.7	f	f	tn
	12.00	12.02	24.3	25	0.7	f	f	tn
	16.00	12.67	24.3	25	0.7	f	f	tn
17-Mar-23	07.00	14.9	24.3	25	0.7	f	f	tn
	12.00	13.51	24.3	25	0.7	f	f	tn
	17.00	13.51	24.3	25	0.7	f	f	tn
18-Mar-23	05.00	12.6	24.3	25	0.7	f	f	tn
	12.00	10.65	17.7	18.2	0.5	f	t	fn
	17.00	12.34	24.3	25	0.7	f	f	tn
19-Mar-23	05.00	13.1	24.3	25	0.7	f	f	tn
	12.00	13.51	24.3	25	0.7	f	f	tn
	17.00	12.34	24.3	25	0.7	f	f	tn
20-Mar-23	05.00	12.3	24.3	25	0.7	f	f	tn
	12.00	6.8	5.1	5.03	0.07	f	t	fn
	17.00	6.69	5.1	5.03	0.07	f	t	fn

Selanjutnya adalah mengolah data dari selisih perhitungan sistem alat dengan perhitungan manual

menggunakan metode *Confusion matrix* yaitu *Recall*, *Accuracy*, *Precision* dan *F – Measure (F1)* pada penyemprotan prebiotik. Masukan data hasil pada tabel sesuai dengan rumus *confusion matrix* yaitu data aktual adalah manual dan data prediksi adalah system. Hasil implementasi perhitungan dengan *confusion matrix* dapat dilihat pada tabel 7:

Tabel 11. Perhitungan *confusion matrix* penyemprotan cairan prebiotik

			Manual	
System	True	False		
True	19(TP)	0(FP)		
False	25(FN)	16(TN)		

$$Recall = \frac{19}{19 + 25} = 0,43 = 43\% \tag{1}$$

$$Precision = \frac{19}{19 + 0} = 1 = 100\% \tag{2}$$

$$Accuracy = \frac{19 + 16}{19 + 16 + 0 + 25} = 0,58 = 58\% \tag{3}$$

$$F - Measure (F1) = 2 \times \frac{1 \times 0,43}{1 + 0,43} = 0,30 = 30\% \tag{4}$$

Hasil dari perhitungan *confusion matrix* penyiraman prebiotik, *recall*-nya adalah 43%, yang berarti dari semua kasus yang sebenarnya positif (kasus di mana penyiraman prebiotik diperlukan), 43% yang terdeteksi dengan benar. *Precision*-nya adalah 100%, yang berarti dari semua kasus yang dideteksi sebagai positif, semuanya adalah benar. *Accuracy*-nya adalah 58%, yang menunjukkan sejauh mana model dapat mengklasifikasikan dengan benar kasus-kasus positif dan negatif secara keseluruhan. *F-measure*-nya adalah 30%, yang merupakan rata-rata harmonis antara *recall* dan *precision*.

#### F. Evaluasi

Tingkat akurasi yang menggunakan sensor DHT22 dalam mendeteksi suhu dan kelembapan udara masih belum sepenuhnya sama dengan pengukuran menggunakan tester yaitu selisih lebih tinggi kurang lebih 2%. Penggunaan raspberry pi sebaiknya digunakan sebagai server untuk menampung data-data sensor DHT22 dan MQ-137 guna membantu meng-*upload* data ke firebase database.

#### KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan, dapat disimpulkan bahwa implementasi sistem otomatisasi monitoring menggunakan metode fuzzy menghasilkan *precision* yang tinggi (100%), namun *recall* yang rendah, terutama dalam kasus penyemprotan air (18%) dan penyiraman prebiotik (43%). Meskipun akurasi keseluruhan masih bisa ditingkatkan (38% dan 58% masing-masing), kesimpulan ini menyoroti perlunya perluasan dan peningkatan metode untuk meningkatkan *recall*, akurasi keseluruhan, dan *f-measure*. Meskipun sistem telah memberikan hasil baik dalam hal *precision*, fokus pada peningkatan kemampuan mendeteksi kasus-kasus yang memerlukan penyemprotan air atau penyiraman prebiotik menjadi kunci. Kontribusi terhadap inovasi ini diharapkan membuka peluang aplikasi lebih lanjut dengan peningkatan akurasi respons terhadap perubahan dinamika gas, suhu, dan

kelembapan secara bersamaan, potensial untuk berbagai industri.

REFERENSI

- [1] Badan Pusat Statistik, "Produksi Telur Ayam Petelur menurut Provinsi (Ton), 2019-2021," 2021. .
- [2] A. Y. Azzahra, "Pengaruh Suhu dan Kelembapan Terhadap Produktivitas Ayam Petelur di Anugrah Farm," *Peternakan*, vol. 1, no. 2, pp. 1–7, 2022.
- [3] A. Dinana, D. Latipudin, D. Darwis, and A. Mushawwir, "Profil Enzim Transaminase Ayam Ras Petelur Yang Diberi Kitosan Iradiasi," *J. Nutr. Ternak Trop. dan Ilmu Pakan*, vol. 1, no. 1, pp. 6–15, 2019, doi: 10.24198/jnttip.v1i1.25425.
- [4] A. A. Justiani, "Hubungan Paparan Gas Amonia Terhadap Gangguan Pernapasan Pekerja Peternakan Ayam," *Kedokteran*, vol. 02, no. 02, pp. 750–756, 2021.
- [5] M. A. Bhakti, "Strategi Mengendalikan Amonia di Kandang," 2022. .
- [6] A. F. Trinaldi, "Sistem Kontrol dan Monitoring Suhu Kelembaban Kandang pada Peternakan Ayam Broiler dengan Metode Logika Fuzzy Mamdani Berbasis Internet of Things," *Pros. Sains Nas. dan Teknol.*, vol. 12, no. 1, p. 349, 2022, doi: 10.36499/psnst.v12i1.7046.
- [7] A. K. Nalendra, M. Mujiono, and A. Widigdyo, "PIM Sistem Kontrol Suhu dan Gas Amonia pada Kandang Ayam berbasis Internet of Things di Mitra CV. Bintang Timur Farm," *J. ABDINUS J. Pengabd. Nasant.*, vol. 6, no. 3, pp. 850–858, 2022, doi: 10.29407/ja.v6i3.18484.
- [8] A. K. & F. H. Chinmay Bepery, Sudipto Baral, "Advanced Home Automation System Using Raspberry-Pi and Arduino," *Int. J. Comput. Sci. Eng.*, vol. 8, no. 2, pp. 1–10, 2019, [Online]. Available: [http://www.iaset.us/archives?jname=14\\_2&year=2019&submit=Search](http://www.iaset.us/archives?jname=14_2&year=2019&submit=Search).
- [9] D. Michael and D. Gustina, "Rancang Bangun Prototype Monitoring Kapasitas Air Pada Kolam Ikan Secara Otomatis Dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino," *IKRA-ITH Inform.*, vol. 3, no. 2, pp. 59–66, 2019.
- [10] C. Saputra, R. Setiawan, and Y. Arvita, "Penerapan Sistem Kontrol Suhu dan Monitoring Serta Kelembapan pada Kumbung Jamur Tiram Berbasis Iot Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *J. Sains dan Inform.*, vol. 8, no. 2, pp. 116–126, 2022, doi: 10.34128/jsi.v8i2.504.
- [11] F. Pradityo and N. Surantha, "Indoor air quality monitoring and controlling system based on IoT and fuzzy logic," *2019 7th Int. Conf. Inf. Commun. Technol. ICoICT 2019*, no. July 2019, 2019, doi: 10.1109/ICoICT.2019.8835246.
- [12] S. KUSUMADEWI and H. PURNOMO, "Aplikasi Logika Fuzzy untuk pendukung keputusan," 2010.
- [13] M. E. Al Rivan and J. Suherman, "Penentuan Mutu Buah Pepaya California (Carica Papaya L.) Menggunakan Fuzzy Mamdani," *Elkha*, vol. 12, no. 2, p. 76, 2020, doi: 10.26418/elkha.v12i2.41164.
- [14] S. Somantri, G. P. Insany, S. Olis, and K. Kamdan, "Perancangan Sistem Otomatisasi Pemberi Pakan Ikan Lele Berdasarkan Suhu Air Menggunakan Logika Fuzzy Sugeno," *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 9, no. 2, p. 289, 2023, doi: 10.26418/jp.v9i2.65823.