

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tujuan Pengambilan Data

Pengambilan data pada sistem dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem kendali motor adaptif berbasis *fuzzy logic* yang telah dirancang dan diimplementasikan. Data yang diperoleh digunakan untuk mengetahui sejauh mana sistem mampu merespon perubahan kondisi lingkungan kandang ayam, khususnya terhadap parameter suhu, kelembaban, dan kadar gas *ammonia*.

Selain itu, pengambilan data juga bertujuan untuk menganalisis hubungan antara nilai input sensor dengan keluaran sistem berupa kecepatan putar kipas (RPM) yang dikendalikan melalui sinyal PWM. Dengan demikian, dapat diketahui apakah metode *fuzzy logic* yang diterapkan mampu menghasilkan respon yang sesuai dan adaptif dalam mengatur sistem ventilasi kandang.

Pengambilan data dilakukan secara *real-time* dengan memanfaatkan sensor DHT22 dan MQ-137 yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32. Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk mengevaluasi performa sistem secara keseluruhan, termasuk akurasi pembacaan sensor, kestabilan sistem, serta efektivitas pengendalian ventilasi berbasis *fuzzy logic* dalam menjaga kondisi lingkungan kandang ayam tetap optimal.

4.2 Alat Pengambilan Data

Pada proses pengambilan data pada sistem ini, diperlukan beberapa alat pendukung agar dalam prosesnya dapat berjalan dengan baik. Alat-alat yang digunakan dalam proses pengambilan data pada sistem ini terdiri dari perangkat utama dan perangkat pendukung yang masing-masing memiliki fungsi spesifik dalam mendukung proses pengambilan data, pengolahan, serta pengendalian sistem secara keseluruhan.

Perangkat Utama:

1. Sensor DHT22

Sensor ini digunakan sebagai perangkat *input* untuk mengukur suhu dan kelembaban udara di dalam kandang ayam secara *real-time*.

2. Sensor MQ-137

Sensor MQ-137 digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas *ammonia* (NH_3) di dalam kandang ayam. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan resistansi akibat adanya gas *ammonia* di lingkungan sekitar.

3. ESP32

ESP32 berfungsi sebagai mikrokontroler utama yang mengolah seluruh data dari sensor. Selain itu, ESP32 juga bertugas menjalankan algoritma *fuzzy logic* untuk menentukan kecepatan kipas, serta mengirimkan data ke *platform* IoT melalui koneksi WiFi.

4. BLDC Motor

BLDC motor (*Brushless Direct Current*) digunakan sebagai aktuator penggerak kipas untuk mengatur sirkulasi udara dalam kandang. Kipas ini memiliki keunggulan berupa efisiensi tinggi, umur pakai yang lebih lama, serta tingkat kebisingan yang rendah. Dalam sistem ini, kipas digunakan sebagai fan *inlet* dan fan *exhaust* untuk mengatur aliran udara masuk dan keluar.

5. Modul MOSFET

Modul MOSFET digunakan sebagai *driver* untuk mengendalikan kecepatan BLDC motor. Modul ini bekerja dengan menerima sinyal PWM dari ESP32, kemudian mengatur besar kecilnya tegangan yang diberikan ke kipas sehingga kecepatan putar motor dapat dikontrol secara variatif.

Perangkat Pendukung:

1. LCD 16x2

LCD ini digunakan untuk menampilkan informasi sistem secara langsung di lokasi, seperti nilai suhu, kelembaban dan kadar gas *ammonia* serta kecepatan kipas. LCD ini memudahkan pengguna dalam melakukan *monitoring* tanpa harus menggunakan perangkat tambahan.

2. Aplikasi Blynk

Aplikasi Blynk digunakan sebagai media monitoring jarak jauh berbasis *Internet of Things* (IoT). Data dari ESP32 dikirimkan ke server Blynk dan ditampilkan dalam bentuk antarmuka pada *smartphone*, sehingga pengguna dapat memantau kondisi kandang secara real-time dari jarak jauh.

3. *Smartphone*

Smartphone digunakan sebagai perangkat untuk mengakses aplikasi Blynk. Melalui perangkat ini, pengguna dapat memantau kondisi sistem, melihat data sensor, serta memastikan sistem berjalan dengan baik secara jarak jauh.

4. Laptop

Laptop digunakan untuk membuat, mengedit, dan mengunggah program ke ESP32 menggunakan *software* Arduino IDE serta pengolahan data hasil *fuzzy logic* pengamatan.

4.3 Langkah- Langkah Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan melalui beberapa tahapan yang sistematis untuk memastikan data yang diperoleh akurat dan dapat dianalisis dengan baik. Berikut merupakan langkah-langkah pengambilan data pada Sistem Kendali Motor Adaptif Berbasis *Fuzzy Logic* sebagai berikut:

1. Siapkan alat yang akan diuji dan peralatan alat ukur.
2. Pastikan seluruh komponen sistem, seperti ESP32, sensor DHT22, sensor MQ137, BLDC Motor, LCD 16×2 I2C, dan aplikasi Blynk pada *smartphone* telah terpasang dengan baik serta berfungsi sesuai perancangan.
3. Periksa seluruh kabel, konektor, dan sumber catu daya untuk memastikan sistem dapat beroperasi dengan baik selama proses pengambilan data.
4. Nyalakan sistem monitoring dengan menghubungkan sumber daya ke perangkat dan tunggu hingga proses inisialisasi selesai.
5. Pastikan ESP32 berhasil terhubung ke jaringan *Wi-Fi* dan aplikasi Blynk dapat menampilkan data dari sensor secara *real-time* pada *smartphone*.
6. Pastikan aktuator yaitu BLDC Motor sebagai kipas untuk ventilasi kandang siap beroperasi.

7. Lakukan pengambilan data suhu, kelembaban dan kadar gas *ammonia* dengan melihat perubahan kecepatan pada BLDC motor sesuai dengan data yang ditampilkan pada LCD dan aplikasi Blynk.
8. Lihat kecepatan putar motor (RPM) yang tertampil pada LCD dan aplikasi Blynk dan bandingkan dengan perhitungan PWM menggunakan metode *Fuzzy Logic*.
9. Pengambilan data dilakukan secara berkala pada pukul 06.00 WIB, 09.00 WIB, 12.00 WIB, 15.00 WIB, 18.00 WIB, dan 21.00 WIB. Pada setiap waktu pengukuran, data suhu, kelembapan dan kadar gas amonia dicatat secara berkala berdasarkan hasil pembacaan sensor yang ditampilkan pada LCD dan aplikasi Blynk.
10. Data yang telah diperoleh dikumpulkan dan disusun dalam bentuk tabel atau grafik. Data digunakan untuk analisis performa sistem pada tahap selanjutnya.
11. Dokumentasikan seluruh hasil pengukuran dan tampilan monitoring yang diperoleh selama proses pengambilan data.

4.4 Prosedur Pengoperasian Sistem

Prosedur pengoperasian sistem dilakukan untuk memastikan sistem dapat digunakan dengan benar dan aman selama proses pengujian berlangsung. Berikut prosedur pengoperasian sistem sebagai berikut:

1. Pastikan bahwa sumber daya listrik dalam kondisi stabil dan seluruh rangkaian telah terhubung dengan baik sesuai dengan desain sistem.
2. Hidupkan sistem dengan menaikkan tuas MCB pada sumber energi utama yaitu baterai 12V yang terhubung dengan komponen pendukung *solar cell* lainnya dan lakukan pengecekan awal melalui tampilan LCD untuk memastikan bahwa seluruh komponen telah aktif dan bekerja dengan normal.
3. Setelah seluruh proses selesai, sistem siap untuk dioperasikan dan digunakan dalam proses pengujian. Selama sistem beroperasi, pengguna hanya perlu memastikan bahwa sistem tetap mendapatkan suplai daya yang stabil serta koneksi jaringan yang baik.

4.5 Hasil Pengujian dan Pembahasan

Hasil pengujian sistem diperoleh dari proses pengambilan data yang telah dilakukan pada berbagai waktu yang telah ditetapkan. Data yang dikumpulkan meliputi parameter suhu, kelembaban, kadar gas *ammonia* (NH₃) serta kecepatan putar kipas (RPM) yang dihasilkan sebagai respon dari sistem kendali berbasis *fuzzy logic*.

4.5.1 Metode Perhitungan Sistem

Metode perhitungan sistem bertujuan untuk menunjukkan hasil yang sesuai pada sistem yang dibuat dengan menerapkan metode *fuzzy logic* dan penggunaan PWM sebagai kendali untuk menentukan kecepatan putar motor BLDC yang digunakan sebagai kipas ventilasi kandang ayam. Proses perhitungan yang dilakukan dalam sistem kendali motor adaptif berbasis *fuzzy logic* dilakukan melalui tahapan fuzzifikasi, evaluasi aturan (*rule base*), defuzzifikasi, serta konversi nilai PWM menjadi RPM.

Hubungan antara nilai PWM dan kecepatan putar kipas (RPM) pada sistem ini menggunakan pendekatan linier yang dinyatakan dalam persamaan umum sebagai berikut:

$$RPM = RPM_{min} + ((PWM - PWM_{min}) / (PWM_{max} - PWM_{min})) \times (RPM_{max} - RPM_{min})$$

Berdasarkan karakteristik motor BLDC yang digunakan, nilai parameter yang diperoleh adalah $RPM_{min} = 850$, $RPM_{max} = 3300$, $PWM_{min} = 90$, dan $PWM_{max} = 255$, sehingga persamaan dapat disederhanakan menjadi:

$$RPM = 850 + ((PWM - 90) / 165) \times 2450$$

4.5.2 Pengujian *Inlet Fan* Terhadap Suhu

Pengujian *inlet fan* terhadap perubahan parameter suhu pada kandang ayam bertujuan untuk mengetahui respon *inlet fan* terhadap perubahan suhu di dalam kandang ayam dan menghasilkan keluaran yang sesuai dalam mengatur kecepatan kipas.

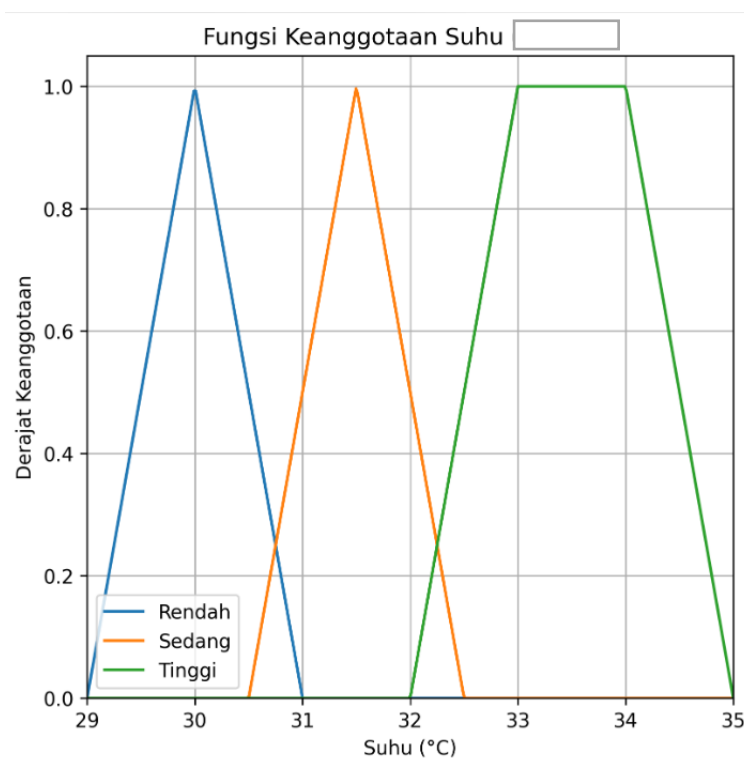
Pengambilan data dilakukan selama 5 hari dengan enam interval waktu, yaitu pukul 06.00 WIB, 09.00 WIB, 12.00 WIB, 15.00 WIB, 18.00 WIB, dan 21.00 WIB. Pada setiap waktu pengukuran, data suhu dan kecepatan (RPM) dari *fan inlet* dicatat dan dianalisis untuk melihat pengaruh perubahan suhu dalam kandang berpengaruh pada kecepatan kipas setiap waktu pengamatan.

Tabel 4. 2 Data Hasil Pengamatan *Fan Inlet* terhadap Suhu

Hari ke-	Waktu	Suhu (°C)	RPM Inlet Fan
1	06.00	27.8	0
	09.00	33.6	2484
	12.00	35.7	3300
	15.00	33	2483
	18.00	30.2	850
	21.00	28.9	0
2	06.00	27.9	0
	09.00	28.7	0
	12.00	33.6	2483
	15.00	30.6	1028
	18.00	29.4	850
	21.00	28.6	0
3	06.00	27.8	0
	09.00	27.9	0
	12.00	32.5	2484
	15.00	32.4	2334
	18.00	30.9	1607
	21.00	30	850
4	06.00	26.4	0
	09.00	29.1	850
	12.00	31.4	1815
	15.00	32.8	2483
	18.00	30.9	1607
	21.00	28.3	0
5	06.00	26.6	0
	09.00	29.5	850
	12.00	36.8	3300
	15.00	33.7	2483
	18.00	30.8	1414
	21.00	29.1	850

Data pada **Tabel 4.1** merupakan hasil pengamatan dari sistem kendali motor adaptif berbasis *fuzzy logic* yang dilakukan selama 5 hari. Data yang dicatat meliputi waktu pengambilan data, suhu kandang ayam yang terukur serta kecepatan putar (RPM) dari *inlet fan* berdasarkan perubahan dari parameter suhu. Seluruh data tersebut diperoleh secara berkala melalui sistem yang bekerja secara otomatis dan ditampilkan melalui perangkat *monitoring*.

Berdasarkan data yang diperoleh, dapat diketahui bahwa sistem menunjukkan kemampuan dalam merespon perubahan suhu dalam kandang ayam secara adaptif. Dapat dilihat bahwa peningkatan suhu menyebabkan peningkatan kecepatan putar (RPM) dari *inlet fan*. Hal ini menunjukkan bahwa sistem *fuzzy logic* mampu mengontrol sistem ventilasi kandang ayam berdasarkan perubahan suhu secara proporsional.



Gambar 4. 1 Fungsi Keanggotaan Suhu

Pada **Gambar 4.1** terdapat fungsi keanggotaan (*membership function*) untuk menentukan kondisi derajat keanggotaan suatu nilai dalam himpunan *fuzzy*. Derajat

keanggotaan ini memiliki rentang nilai antara 0 hingga 1, yang menunjukkan seberapa besar suatu nilai termasuk dalam kategori tertentu.

Berikut dijelaskan perhitungan *fuzzy logic* pada *inlet fan* berdasarkan data dari hasil pengujian yang telah dilakukan selama 5 hari menyesuaikan *rule base* dan fungsi keanggotaan yang telah dirancang:

1. Diketahui data hasil pengujian pada hari ke-1 pukul 18.00 dengan nilai suhu sebesar 30.2°C dan kecepatan kipas (RPM) sebesar 850 RPM.

1. Fuzzifikasi

- Fungsi Keanggotaan Suhu Rendah

Karena suhu berada pada interval $30 < T < 31$ maka digunakan fungsi segitiga:

$$\mu_{low}(T) = \frac{31 - T}{31 - 30}$$

Substitusi nilai suhu:

$$\mu_{low}(30,2) = \frac{31 - 30,2}{1}$$

$$\mu_{low} = 0,8$$

- Fungsi Keanggotaan Suhu Sedang

Karena suhu masih lebih kecil dari 30,5°C maka

$$\mu_{med} = 0$$

- Fungsi Keanggotaan Suhu Tinggi

Karena suhu lebih kecil dari 32°C maka

$$\mu_{high} = 0$$

2. Evaluasi Rule

Rule yang aktif yaitu

IF Suhu Rendah THEN PWM = 90

Sehingga

$$\alpha_{low} = 0,8$$

3. Defuzzifikasi

Menggunakan metode Weighted Average

$$PWM = \frac{(\alpha_{low} \times 90)}{\alpha_{low}}$$

$$PWM = \frac{0,8 \times 90}{0,8}$$

$$PWM = 90$$

4. Konversi PWM ke RPM

maka

$$RPM = 850 + \frac{(PWM - 90)}{165} \times 2450$$

$$RPM = 850 + \frac{0}{165} \times 2450$$

$$RPM = \mathbf{850}$$

Hasil ini sesuai dengan data aktual yang mana pada suhu 30,2°C sistem masih menganggap kondisi lingkungan relatif aman sehingga hanya mengaktifkan kipas pada kecepatan minimum sebesar **850 RPM**.

2. Diketahui data hasil pengujian pada hari ke-4 pukul 12.00 dengan nilai suhu sebesar 31.4°C dan kecepatan kipas (RPM) sebesar 1815 RPM.

1. Fuzzifikasi

Menggunakan fungsi keanggotaan:

- $\mu_{low} = \text{tri}(29, 30, 31)$

Karena suhu $31.4 > 31$, maka:

$$\mu_{low} = 0$$

- $\mu_{med} = \text{tri}(30.5, 31.5, 32.5)$

Karena $30.5 < 31.4 < 31.5$, maka:

$$\mu_{med} = (31.4 - 30.5) / (31.5 - 30.5)$$

$$\mu_{med} = 0.9$$

- $\mu_{\text{high}} = \text{trap}(32, 33, 34, 35)$

Karena suhu < 32 , maka:

$$\mu_{\text{high}} = 0$$

2. Evaluasi Rule

Rule yang digunakan:

- IF suhu LOW $\rightarrow$ PWM = 90
- IF suhu MED $\rightarrow$ PWM = 155
- IF suhu HIGH $\rightarrow$ PWM = 200

Nilai aktivasi:

- $\alpha_{\text{low}} = 0$
- $\alpha_{\text{med}} = 0.9$
- $\alpha_{\text{high}} = 0$

3. Defuzzifikasi

Menggunakan metode weighted average:

$$\text{PWM} = (\alpha_{\text{low}} \times 90 + \alpha_{\text{med}} \times 155 + \alpha_{\text{high}} \times 200) / (\alpha_{\text{low}} + \alpha_{\text{med}} + \alpha_{\text{high}})$$

$$\text{PWM} = (0 + 0.9 \times 155 + 0) / 0.9$$

$$\text{PWM} = 155$$

4. Konversi PWM ke RPM

$$\text{RPM} = 850 + ((\text{PWM} - 90) / 165) \times 2450$$

$$\text{RPM} = 850 + ((155 - 90) / 165) \times 2450$$

$$\text{RPM} = 850 + (65 / 165 \times 2450)$$

$$\text{RPM} \approx \mathbf{1815 \text{ RPM}}$$

Hasil ini yang ditunjukkan akurat dengan data aktual sebesar **1815 RPM**.

3. Diketahui data hasil pengujian pada hari ke-4 pukul 15.00 dengan nilai suhu sebesar 32.8°C dan kecepatan kipas (RPM) sebesar 2483 RPM.

1. Fuzzifikasi

- Fungsi Keanggotaan Suhu Rendah

Karena

$$32,8 > 31$$

maka

$$\mu_{low} = 0$$

- Fungsi Keanggotaan Suhu Sedang

Karena

$$32,8 > 32,5$$

maka

$$\mu_{med} = 0$$

- Fungsi Keanggotaan Suhu Tinggi

Karena fungsi trapesium

$$\text{trap}(32,33,34,35)$$

maka pada

$$T = 32,8$$

berlaku

$$\mu_{high} = 1$$

2. Evaluasi Rule

Rule aktif

IF Suhu Tinggi THEN PWM = 200

$$\alpha = 1$$

3. Defuzzifikasi

$$PWM = \frac{1 \times 200}{1}$$

$$PWM = 200$$

4. Konversi PWM ke RPM

$$RPM = 850 + \frac{200 - 90}{165} \times 2450$$

$$RPM = 850 + 1633$$

$$RPM \approx \mathbf{2483}$$

Data perhitungan dan pengujian menunjukkan nilai yang sama yaitu sebesar **2483 RPM**. Secara keseluruhan, hasil perhitungan menunjukkan bahwa metode yang diterapkan mampu menghasilkan kontrol kecepatan kipas yang adaptif dan sesuai dengan kondisi suhu lingkungan.

4.5.3 Pengujian *Exhaust Fan* Terhadap Kelembaban dan Gas *Ammonia*

Pengujian *Exhaust fan* terhadap perubahan parameter kelembaban dan konsentrasi gas *ammonia* pada kandang ayam dilakukan untuk mengetahui respon *exhaust fan* terhadap perubahan kelembaban dan konsentrasi gas *ammonia* di dalam kandang ayam dan menghasilkan keluaran yang sesuai dalam mengatur kecepatan kipas. Selain itu, melihat perubahan kecepatan kipas melalui respon sistem *fuzzy logic* yang lebih kompleks sesuai dengan *rule base* yang telah dirancang

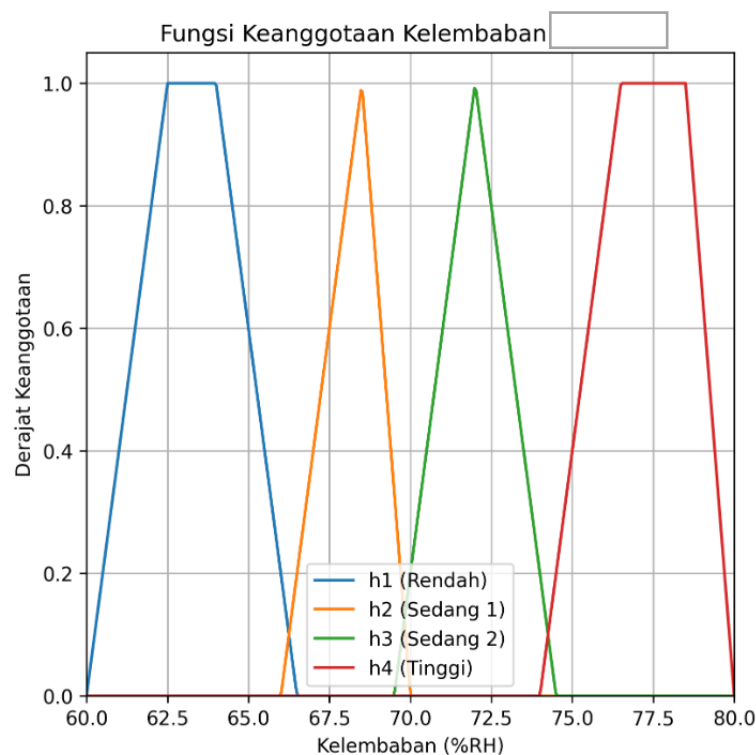
Pengambilan data dilakukan selama 5 hari dengan enam interval waktu, yaitu pukul 06.00 WIB, 09.00 WIB, 12.00 WIB, 15.00 WIB, 18.00 WIB, dan 21.00 WIB. Pada setiap waktu pengukuran, data kelembaban dan gas *ammonia* serta kecepatan (RPM) dari *exhaust fan* dicatat dan dianalisis untuk melihat pengaruh perubahan parameter tersebut dalam kandang berpengaruh pada kecepatan kipas setiap waktu pengamatan.

Tabel 4. 3 Data Hasil Pengamatan *Exhaust Fan* terhadap Kelembaban dan Gas *Ammonia*

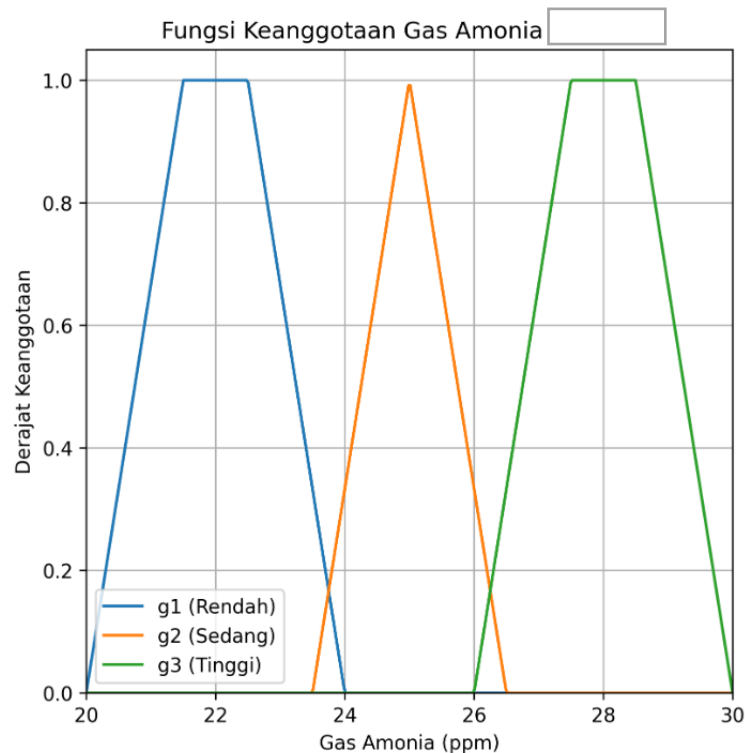
Hari ke-	Waktu	Kelembaban (%RH)	Ammonia (PPM)	RPM Exhaust Fan
1	06.00	86.4	31.8	3300
	09.00	67.3	29.8	3255
	12.00	58.9	23.6	0
	15.00	66.1	24.2	1815
	18.00	79.2	25.4	3285
	21.00	83.9	31.1	3300
2	06.00	89	32.1	3300
	09.00	86.7	32.8	3300
	12.00	65.9	30.3	3300
	15.00	73.8	23	2483
	18.00	81.8	13.8	0
	21.00	85.9	15.6	2872
3	06.00	91.5	16.2	2872
	09.00	89.1	16.4	2871
	12.00	59.9	16.8	0
	15.00	82.7	11	0
	18.00	84.1	15.9	0
	21.00	89.2	17.8	2871
4	06.00	89.3	14.1	2872
	09.00	83.3	13.4	0
	12.00	82.3	16.3	0
	15.00	74.1	12.6	1934
	18.00	76.6	29.9	3300
	21.00	87.4	16.3	2872
5	06.00	92.3	17.4	2873
	09.00	84.8	15.4	0
	12.00	51.6	17	0
	15.00	61.3	29.3	2468
	18.00	76.8	16.1	1934
	21.00	80.9	11.1	0

Data pada **Tabel 4.2** merupakan hasil pengamatan dari sistem kendali motor adaptif berbasis *fuzzy logic* yang dilakukan selama 5 hari. Data yang dicatat meliputi waktu pengambilan data, kelembaban dan konsentrasi gas *ammonia* pada kandang ayam yang terukur serta kecepatan putar (RPM) dari *exhaust fan* berdasarkan perubahan dari kombinasi kedua parameter tersebut. Seluruh data diperoleh secara berkala melalui sistem yang bekerja secara otomatis dan ditampilkan melalui perangkat *monitoring*.

Berdasarkan data yang diperoleh, dapat diketahui bahwa sistem menunjukkan kemampuan respon yang lebih kompleks sesuai dengan *rule base fuzzy logic* yang dirancang. Dapat dilihat bahwa peningkatan kedua parameter tersebut menghasilkan peningkatan kecepatan putar (RPM) dari *exhaust fan*. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi dua parameter dalam *fuzzy logic* mampu menghasilkan keputusan kontrol yang lebih adaptif dibandingkan metode konvensional.



Gambar 4. 2 Fungsi Keanggotaan Kelembaban



Gambar 4.3 Fungsi Keanggotaan Gas *Ammonia*

Pada **Gambar 4.2** dan **Gambar 4.3** terdapat fungsi keanggotaan (*membership function*) untuk menentukan kondisi derajat keanggotaan suatu nilai dalam himpunan *fuzzy*. Derajat keanggotaan ini memiliki rentang nilai antara 0 hingga 1, yang menunjukkan seberapa besar suatu nilai termasuk dalam kategori tertentu.

Berikut dijelaskan perhitungan *fuzzy logic* pada *exhaust fan* berdasarkan data hasil pengujian yang telah dilakukan selama 5 hari menyesuaikan *rule base* dan fungsi keanggotaan yang telah dirancang:

1. Diketahui data hasil pengujian pada hari ke-1 pukul 15.00 dengan nilai kelembaban (RH%) sebesar 66.1% dan konsentrasi gas *ammonia* (NH₃) sebesar 24,2 PPM dengan kecepatan kipas (RPM) sebesar 1815 RPM.

1. Fuzzifikasi

a. Kelembaban (RH%)

Karena

$$64 < 66,1 < 66,5$$

fungsi trapesium h_1 menghasilkan

$$h_1 = \frac{66,5 - 66,1}{66,5 - 64}$$

$$h_1 = \frac{0,4}{2,5} = 0,16$$

Untuk h_2

Karena

$$66 < 66,1 < 68,5$$

$$h_2 = \frac{66,1 - 66}{68,5 - 66}$$

$$h_2 = \frac{0,1}{2,5} = 0,04$$

Sedangkan

$$h_3 = 0$$

$$h_4 = 0$$

b. Gas *Ammonia* (NH₃)

Karena

$$24 < 24,2 < 25$$

maka

$$g_1 = 0$$

Untuk g_2

$$g_2 = \frac{24,2 - 23,5}{25 - 23,5}$$

$$g_2 = \frac{0,7}{1,5} = 0,47$$

Sedangkan

$$g_3 = 0$$

2. Evaluasi Rule

Rule yang aktif

$$\begin{aligned} r_2 &= \min(h_1, g_2) \\ &= \min(0,16, 0,47) \\ &= 0,16 \end{aligned}$$

Rule berikutnya

$$\begin{aligned} r_5 &= \min(h_2, g_2) \\ &= \min(0,04,0,47) \\ &= 0,04 \end{aligned}$$

Rule lainnya bernilai nol.

3. Defuzzifikasi

Karena

$r_2 \rightarrow \text{PWM } 155$

$r_5 \rightarrow \text{PWM } 155$

$$PWM = \frac{(0,16 \times 155) + (0,04 \times 155)}{0,20}$$

$$PWM = 155$$

4. Konversi PWM ke RPM

$$RPM = 850 + \frac{155 - 90}{165} \times 2450$$

$$RPM \approx \mathbf{1815}$$

Hasil teoritis sebesar **1815 RPM**, yang menunjukkan kesesuaian dengan data pengujian yang juga sebesar **1815 RPM**.

2. Diketahui data hasil pengujian pada hari ke-2 pukul 15.00 dengan nilai kelembaban (RH%) sebesar 73.8% dan konsentrasi gas *ammonia* (NH₃) sebesar 23 PPM dengan kecepatan kipas (RPM) sebesar 2483 RPM.

1. Fuzzifikasi

a. Kelembaban

Menggunakan fungsi keanggotaan:

- $h_3 = \text{tri}(69.5, 72, 74.5)$

Karena $72 < 73.8 < 74.5$, maka:

$$h_3 = (74.5 - 73.8) / (74.5 - 72)$$

$$h_3 = 0.7 / 2.5 = 0.28$$

b. Gas Ammonia

Menggunakan fungsi keanggotaan:

- $g1 = \text{trap}(20, 21.5, 22.5, 24)$

Karena $22.5 < 23 < 24$, maka:

$$g1 = (24 - 23) / (24 - 22.5)$$

$$g1 = 1 / 1.5 = 0.67$$

- $g2 = \text{tri}(23.5, 25, 26.5)$

Karena $23 < 23.5$, maka:

$$g2 = 0$$

2. Evaluasi Rule

Rule yang aktif:

- $r7 = \min(h3, g1)$

$$r7 = \min(0.28, 0.67) = 0.28$$

Berdasarkan rule base:

- $r7 \rightarrow \text{PWM} = 200$ (kategori high)

3. Defuzzifikasi

$$\text{PWM} = (\alpha \times z) / \alpha$$

$$\text{PWM} = (0.28 \times 200) / 0.28$$

$$\text{PWM} = 200$$

4. Konversi PWM ke RPM

$$\text{RPM} = 850 + ((\text{PWM} - 90) / 165) \times 2450$$

$$\text{RPM} = 850 + ((200 - 90) / 165) \times 2450$$

$$\text{RPM} = 850 + (110 / 165 \times 2450)$$

$$\text{RPM} \approx 850 + 1633$$

$$\text{RPM} \approx \mathbf{2483 \text{ RPM}}$$

Hasil perhitungan menunjukkan nilai RPM sebesar **2483 RPM**, yang sesuai dengan data aktual sebesar **2483 RPM**.

3. Diketahui data hasil pengujian pada hari ke-4 pukul 18.00 dengan nilai kelembaban (RH%) sebesar 76.6% dan konsentrasi gas *ammonia* (NH₃) sebesar 29,9 PPM dengan kecepatan kipas (RPM) sebesar 3300 RPM.

1. Fuzzifikasi

a. Kelembaban (RH%)

Karena

$$76,5 < 76,6 < 78,5$$

maka

$$h_4 = 1$$

Sedangkan

$$h_1 = h_2 = h_3 = 0$$

b. Gas *Ammonia* (NH₃)

Karena

$$28,5 < 29,9 < 30$$

maka

$$g_3 = 1$$

Sedangkan

$$g_1 = g_2 = 0$$

2. Evaluasi Rule

Rule yang aktif

$$\begin{aligned} r_{12} &= \min(h_4, g_3) \\ &= \min(1, 1) \\ &= 1 \end{aligned}$$

Rule tersebut menghasilkan

$$PWM = 255$$

3. Defuzzifikasi

$$PWM = \frac{1 \times 255}{1}$$

$$PWM = 255$$

4. Konversi RPM

$$RPM = 3300$$

Nilai teoritis sebesar **3300** RPM, sedangkan data aktual sebesar **3300** RPM. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem kendali telah bekerja sesuai dengan *rule fuzzy* yang dirancang.

Hal ini menunjukkan bahwa sistem *fuzzy logic* bekerja dengan baik dalam menentukan kecepatan kipas berdasarkan kombinasi parameter kelembaban dan gas *ammonia*. Nilai kecepatan kipas yang tinggi menunjukkan bahwa sistem merespon kondisi lingkungan yang mulai tidak optimal dengan meningkatkan ventilasi untuk menjaga kualitas udara di dalam kandang.