

Article history

Received, July 30, 2023

Accepted, December 2, 2023

CONTROL SISTEM INKUBATOR TELUR AYAM MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC

Mufidatul Islamiyah¹⁾, Samsul Arifin^{2*)}

^{1,2} Fakultas Teknologi dan Desain, Prodi Sistem Komputer, Institut Teknologi dan Bisnis Asia Malang
email: mufidatul@asia.ac.id, s4ms.s0ul@gmail.com

Abstract

Technology is currently growing very rapidly, one of which is the technology of hatching eggs in chicken farms. The technology used is a chicken egg incubator where farmers need an incubator in hatching due to the many failures in hatching eggs. This incubator is designed to reach an ideal temperature of 37-40°C so that hatching failure does not occur. This ideal temperature is a good temperature in hatching chicken eggs. If the temperature is too hot, it will cause the quality of the eggs to decrease and even cause death. The temperature in this incubator is controlled using fuzzy mamdani and DS18B20 sensor. The DS18B20 sensor is used to get the temperature in the incubator as fuzzy logic input, with the output of this system is the fan speed (PWM) and lights to make the temperature warmer. Based on the simulation results using fuzzy logic at a normal temperature of 39.5°C with humidity of 50 and the lights reach normal, namely 32.8 PWM.

Keywords: Incubator; Fuzzy Logic, Mamdani, Temperature Control.

Abstrak

Teknologi saat ini berkembang sangat pesat, salah satunya teknologi penetasan telur di peternakan ayam. Teknologi yang digunakan adalah inkubator penetas telur ayam dimana para petani memerlukan inkubator dalam penetasan disebabkan banyaknya kegagalan dalam penetasan telur. Inkubator ini didesain untuk mencapai suhu ideal berkisar 37-40°C sehingga gagal penetasan tidak terjadi. Suhu ideal ini merupakan suhu yang baik dalam penetasan telur ayam. Apabila suhu terlalu panas, maka akan menyebabkan kualitas telur menurun bahkan menyebabkan kematian. Suhu pada inkubator ini dikontrol menggunakan fuzzy mamdani dan sensor DS18B20. Sensor DS18B20 digunakan untuk mendapatkan suhu pada inkubator sebagai inputan fuzzy logic, dengan output dari sistem ini berupa kecepatan kipas (PWM) dan lampu untuk membuat suhu lebih hangat. Berdasarkan hasil simulasi dengan menggunakan logika fuzzy pada suhu normal 39,5°C dengan Kelembapan 50 dan lampu mencapai normal yaitu 32.8 PWM.

Kata Kunci: Inkubator, Fuzzy Logika, mamdani, Temperatur Control.

1. PENDAHULUAN

Inkubator telur merupakan alat untuk mensimulasikan kemampuan mengerami dengan membiarkan lingkungan buatan mencapai suhu, kelembapan serta ventilasi yang cocok dengan lingkungan perkembangan embrio dalam sel telur yang telah dibuahi. Induk ayam melakukan fungsi inkubasi alami memiliki efisiensi rendah dan ada batasan jumlah ayam betina yang berproduksi, oleh karena itu perlu inkubator buatan [1]. Teknologi inkubator ini dapat membantu peternak untuk menghasilkan anak ayam dari telur tanpa menggunakan geraman dari induk telur, inkubator ini merupakan salah satu cara tercepat untuk mengubah telur menjadi anak ayam. Penelitian ini berfokus pada perbedaan antara inkubasi alami dan buatan, pada kenyataannya bahwa induk memberikan kehangatan melalui kontak fisik dari pada mengelilingi telur dengan udara hangat [2].

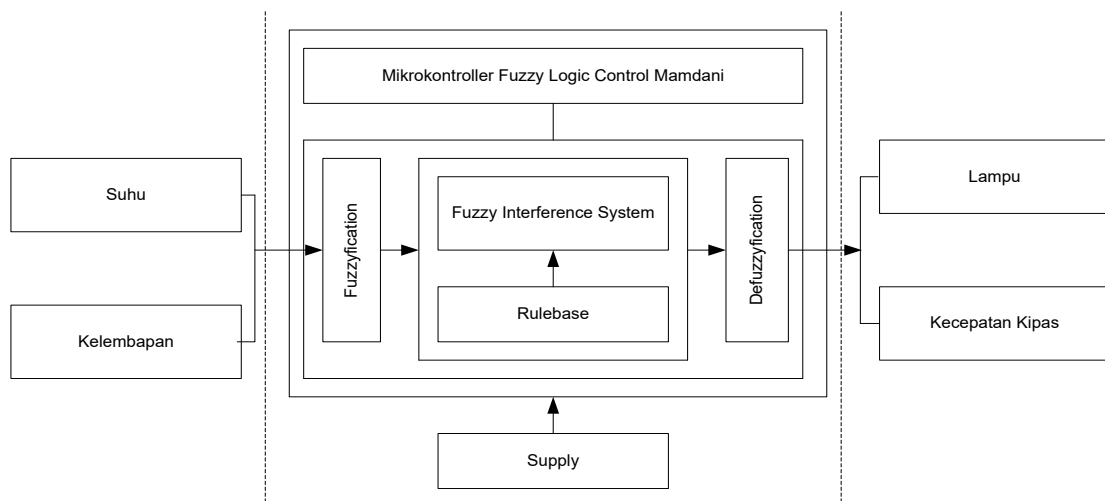
Metode penetasan dengan cara konvensional membutuhkan waktu 21-22 hari untuk telur ayam, sedangkan untuk telur itik membutuhkan waktu 25-28 hari dan tingkat keberhasilan penetasan 81% [3]. Kapasitas telur yang bisa dierami oleh induk unggas 10-12 telur dan tingkat keberhasilan inkubasi telur menggunakan cara tradisional (induk unggas) hanya mencapai 50 – 60% [3]. Suhu optimal untuk telur ayam adalah $37,8^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan relative 60% [4]. Kondisi suhu inkubator yang harus dijaga untuk penetasan telur ayam berkisar $38-40^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan 50-60% dengan cara membalikkan telur setiap 3-3,5 jam agar embrio berkembang dengan sempurna[5]. Terdapat penelitian lain yang menyatakan bahwa suhu di dalam inkubator memiliki ambang normal sekitar $33^{\circ}\text{C}-35^{\circ}\text{C}$ dengan kelembapan sekitar 40-

60% untuk menjaga stabilitas suhu dan kelembapan [6], suhu yang tepat untuk telur yang akan menetas antara $36-38^{\circ}\text{C}$ [7]. Dengan suhu yang bervariasi tersebut maka inkubator harus dirancang agar suhu di dalamnya tetap hangat, sehingga diperlukan pengontrol suhu pada inkubator. Salah satu metode yang paling umum digunakan untuk pengontrolan suhu pada inkubator adalah control fuzzy [6]. Metode ini sangat populer karena tidak perlu menggunakan model matematika untuk mengendalikan sistem dan mekanisme pengambilan keputusan sepenuhnya diberikan kepada algoritma dalam bentuk kode-kode yang tertanam dalam sistem[8].

Prinsip umum logika fuzzy adalah metode matematika yang menangani variabel yang tidak tepat (kabur) sebagai data input dan berlaku sederhana yang disebut aturan logika [9], dimana proses perhitungan pada penelitian ini adalah penentuan *linguistic term* pada inputan dan outputan, kemudian menentukan *membership function* dari inputan dan outputan serta menentukan rule base. Pada penelitian ini jumlah inputan terdiri atas dua inputan yaitu suhu dan Kelembapan, dimana suhu yang diatur dalam perancangan inkubator telur ayam ini adalah $30-50^{\circ}\text{C}$, sedangkan Kelembapan maksimal pada inkubator ini sebanyak 50 butir. Untuk jumlah outputan pada inkubator ini terdiri atas dua outputan yaitu lampu dan kecepatan kipas.

2. DESAIN INKUBATOR DENGAN FUZZY

Diagram blok sistem pada penelitian ini di tunjukkan pada Gambar 1. Parameter yang digunakan adalah suhu, dimana suhu ini adalah proses yang sangat penting dalam penetasan [10].

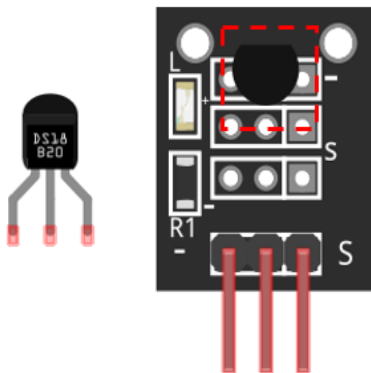


Gambar 1. Diagram Blok Sistem Inkubator Telur

Variabel yang digunakan pada penelitian ini ada dua yaitu satu input dan dua output variabel. Variabel masukan terdiri dari suhu dan variabel keluarannya adalah kecepatan kipas (PWM) dan lampu, dimana variabel output digunakan untuk memfasilitasi sistem kontrol fuzzy pada inkubator telur ayam [10].

a) Input

Pada penelitian ini menggunakan sensor suhu DS18B20. Sensor DS18B20 memiliki keluaran digital, dimana rentang suhu yang dimiliki sensor ini adalah -10°C – 85°C dan tingkat akurasinya cukup tinggi yaitu $0,5^{\circ}\text{C}$. kelebihan yang dimiliki sensor DS18B20 ini tidak membutuhkan ADC (*Analog To Digital Converter*) yang merupakan metode pada rangkaian listrik yang digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital. ADC digunakan untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler dengan menggunakan 1 wire (*Jumper*). Pada umumnya sensor suhu membutuhkan ADC dan beberapa pin port pada mikrokontroler tetapi pada sensor DS18B20 tidak memerlukan banyak pin port [11].



Gambar 3. Sensor DS18B20

Inputan pada penelitian ini adalah suhu, dimana seluruh inkubator pada telur ayam wajib dijaga suhunya dengan suhu optimal 38°C agar suhu untuk penetasan telur ayam berada di kisaran 37 – 39°C [12]. Berikut Tabel.1 tentang variabel inputan.

Tabel 1. Linguistic Term pada Inputan Suhu dan kelembapan [10]

Inputan	Linguistic Term	Numerical Term
Suhu	Dingin	[32 32 35 37]
	Normal	[35 37 40 42]
	Panas	[40 42 47 47]
Kelembaban	Kering	[0 0 16 33]
	Normal	[16 33 49 66]
	lembab	[49 66 100 100]

b) Output

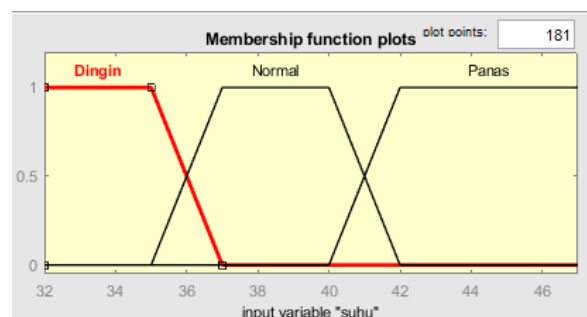
Berkaitan dengan suhu, panas diukur dengan mempertimbangkan nilai perkiraan namun panas yang sebenarnya akan bervariasi bergantung pada Kelembapan dan struktur inkubator [12].

Tabel 2. Linguistic Term Outputan Lampu [10]

Linguistic Term	Numerical Term
Redup	[0 0 42 85]
Normal	[42 85 127 170]
cerah	[127 170 255 255]

c) Fuzzification

Proses fuzzifikasi merupakan parameter yang didefinisikan sebagai variabel yang disesuaikan dengan nilainya, dimana untuk parameter didefinisikan sebagai bentuk fungsi keanggotaan. Bentuk fungsi keanggotaan dapat dibuat kedalam beberapa bentuk kurva seperti kurvas segitiga, kurva Trapesium[13], bentuk kurva tersebut dapat digunakan sesuai kebutuhan masing-masing. Pada penelitian sebelumnya tentang inkubator telur menggunakan bentuk fungsi keanggotaan untuk inputan suhu menggunakan bentuk fungsi Triangular untuk kelembapan dan kecepatan kipas menggunakan fungsi Triangular [12]. Tetapi pada penelitian ini untuk inputan yang berupa suhu menggunakan bentuk fungsi Triangular, sedangkan pada outputan yang berupa lampu dan kecepatan kipas yang berupa PWM (*Pulse Width Modulation*) menggunakan bentuk fungsi segitiga. Fungsi keanggotaan untuk inputan suhu ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Fungsi keanggotaan dari suhu

Membership function (MF) dari Gambar 3 menunjukkan bahwa ada tiga kurva, kurva pada variabel dingin dan panas merupakan kurva bahu, dimana kurva bahu merupakan area yang terletak di tengah variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga [14]. Fungsi kurva bahu ini ada dua jenis yaitu kurva bahu kanan dan kurva bahu kiri,

jadi jika dihubungkan dengan Gambar 3 variabel dingin termasuk kurva bahu kiri sedangkan untuk variabel panas merupakan kurva bahu kanan. Berikut fungsi keanggotaan kurva bahu kiri dan bahu kanan [14].

$$1. \quad \text{Fungsi keanggotaan bahu kiri}$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 0 & x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

$$2. \quad \text{Fungsi keanggotaan bahu Kanan}$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x \leq c \\ \frac{x-c}{d-c} & c \leq x \leq d \\ 1 & x \geq d \end{cases} \quad (2)$$

Sedangkan untuk variabel normal fungsi kurvanya berbentuk trapesium, pemilihan bentuk trapesium ini bertujuan supaya nilai keanggotaan lebih lebar dan nilai keanggotaan satu lebih banyak tidak terdiri satu titik saja [15]. Berikut fungsi keanggotaan untuk kurva trapesium.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & x \geq d \end{cases} \quad (3)$$

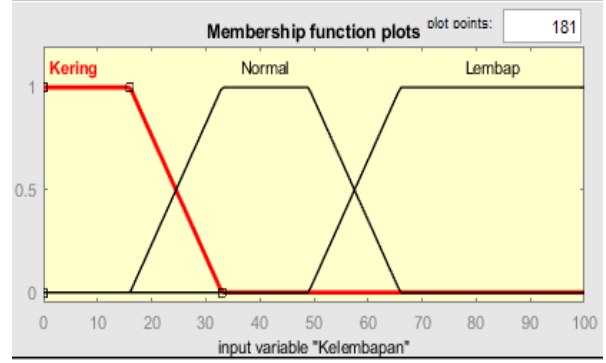
Persamaan fungsi keanggotaan untuk inputan suhu dinyatakan dengan persamaan (4),(5) dan (6).

$$\mu_{dingin}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 35 \\ \frac{37-x}{2} & 35 \leq x \leq 37 \\ 0 & x \geq 37 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{Normal} = \begin{cases} 0 & x \leq 35 \text{ atau } x \geq 40 \\ \frac{x-35}{2} & 35 \leq x \leq 37 \\ 1 & 37 \leq x \leq 40 \\ \frac{42-x}{2} & x \geq 42 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{panas}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 40 \\ \frac{x-40}{2} & 40 \leq x \leq 42 \\ 1 & x \geq 42 \end{cases} \quad (6)$$

Tingkat keanggotaan inputan untuk Kelembapan dengan fungsi keanggotaan sedikit, sedang dan banyak di tunjukan pada Gambar 5.



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Kelembapan

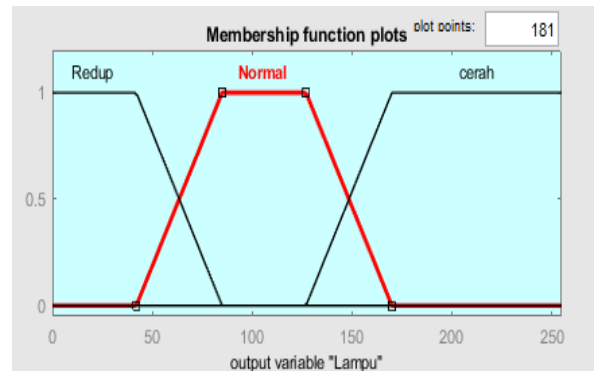
Selain grafik fungsi keanggotaan, persamaan fungsi keanggotaan untuk inputan Kelembapan dinyatakan dengan persamaan (7),(8) dan (9).

$$\mu_{kering}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 16 \\ \frac{16-x}{17} & 16 \leq x \leq 33 \\ 0 & x \geq 33 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{Normal}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 16 \text{ atau } x \geq 49 \\ \frac{x-16}{17} & 10 \leq x \leq 15 \\ 1 & 33 \leq x \leq 49 \\ \frac{66-x}{17} & x \geq 66 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{lembab}(x) = \begin{cases} \frac{25-x}{5} & 25 \leq x \leq 30 \\ 1 & x \geq 30 \\ 0 & x \leq 25 \end{cases} \quad (9)$$

Tingkat keanggotaan output untuk lampu yang berupa PWM (*Pulse Width Modulation*) dengan fungsi keanggotaan sedikit, sedang dan banyak ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Fungsi keanggotaan Lampu

Selain grafik fungsi keanggotaan, persamaan fungsi keanggotaan untuk outputan lampu dinyatakan dengan persamaan (10),(11) dan (12)

$$\mu_{redup}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 42 \\ \frac{85-x}{43} & 42 \leq x \leq 85 \\ 0 & x \geq 85 \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{normal}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 42 \text{ atau } x \geq 127 \\ \frac{x-42}{43} & 42 \leq x \leq 127 \\ 1 & 85 \leq x \leq 127 \\ \frac{170-x}{43} & x \geq 170 \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_{cerah}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 127 \\ \frac{x-127}{43} & 127 \leq x \leq 170 \\ 1 & x \geq 170 \end{cases} \quad (12)$$

d) Fuzzy Rules Base

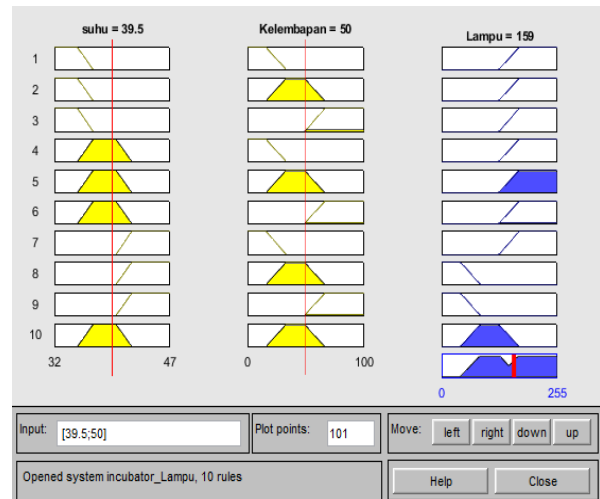
Setelah fungsi keanggotaan ditentukan maka selanjutnya mengatur rule base, dimana rule bertujuan agar sistem memiliki pendekatan seperti pemikiran manusia sesuai dengan basis aturan fuzzy [16]. Jika inputan suhu dingin maka kecepatan kipas akan lambat begitu juga dengan pelaksanaan peraturan lainnya [10]. Jumlah rule base pada penelitian ini adalah 81 rule base yang berasal dari dua inputan dan dua outputan dimana masing-masing inputan dan outputan terdiri dari tiga Linguistic Term. Tetapi rule base yang digunakan hanya 16 rule, karena ada eliminasi rule base. Eliminasi rule base ini didasarkan pada keadaan yang masuk akal dengan lingkungan sekitar dalam penetasan telur ayam dalam inkubator.

Tabel 4. Rule Fuzzy Logic

Rule	Inputan		Outputan
	suhu	Kelembapan	Lampu
1	Dingin	Kering	Cerah
2	Dingin	Normal	Cerah
3	Dingin	lembab	Cerah
4	Normal	Kering	Cerah
5	Normal	Normal	Normal
6	Normal	lembab	Cerah
7	Panas	Kering	Cerah
8	Panas	Normal	Redup
9	Panas	lembab	Redup

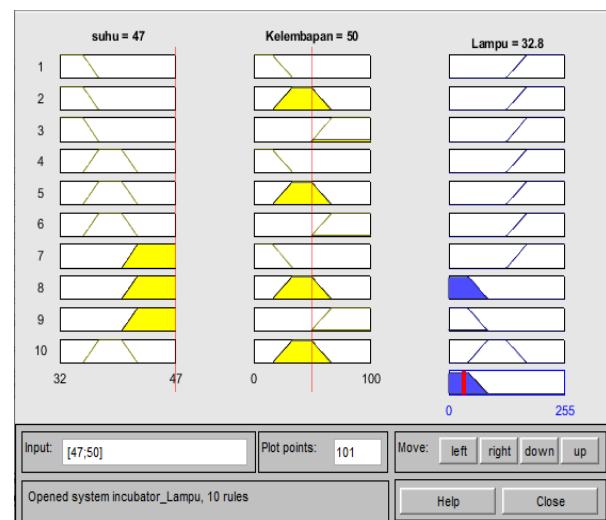
3. TESTING DAN ANALISIS

Defuzzifikasi adalah tahap terakhir dalam sistem logika fuzzy yang mengkonversi setiap hasil dari mesin inferensi yang dinyatakan dalam istilah himpunan fuzzy yang berupa bilangan real. Berikut adalah hasil dari mesin inferensi yang ditunjukkan pada Gambar 8.



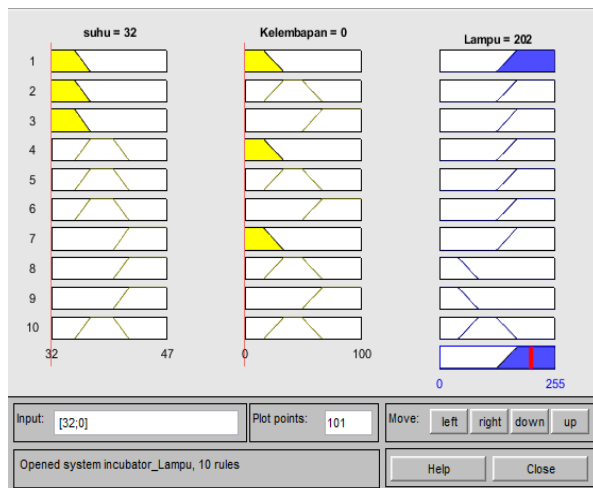
Gambar 8. Rule View suhu Normal

Dari hasil simulasi didapatkan jika suhu sedang 39.5 dengan Kelembapan dalam inkubator mencapai 50 maka nyala lampu menunjukkan pada nilai 159 dan ini adalah nilai ini masuk pada keadaan lampu normal, keluar lampu pada inkubator berupa PWM (*Pulse Width Modulation*), sehingga dapat dikatakan data dari hasil simulasi akurat karena range yang digunakan pada fungsi anggotaan sama yang digunakan pada lampu dan kecepatan kipas.



Gambar 9. Rule View suhu panas

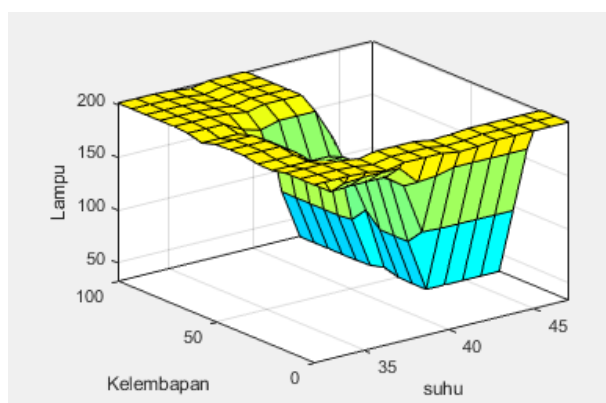
Berdasarkan hasil simulasi rule view berdasarkan Gambar 9 menunjukkan bahwa saat keadaan suhu panas pada inkubator mencapai 47^o dengan Kelembapan normal maka lampu akan redup dengan nilai 32,8 yaitu nyala lampu akan redup pada rentang $42 \leq x \leq 85$.



Gambar 10. Rule View pada suhu dingin

Berdasarkan hasil simulasi rule view berdasarkan Gambar 10 menunjukkan bahwa saat keadaan suhu pada inkubator mencapai 32°C dengan Kelembapan minimal maka lampu akan memiliki rentang yang sama karena rentang Numerical Term yang digunakan sama dan hasil outputan dari PWM (*Pulse Width Modulation*) akan menunjukkan sangat cerah dengan nilai 202 mencapai nilai PWM maksimal.

Selain di dapatkan nilai dari hasil simulasi juga dapat di perhatikan grafik antara inputan dan output berikut grafik antara inputa Kelembapan, suhu dan output Lampu di tunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Lampu

Grafik berikut merepresentasikan relasi antara input dan output dalam sistem inferensi logika fuzzy. Dengan mengamati grafik, dapat dikatakan bahwa ketika suhu naik, distribusi panas turun tetapi perubahan tersebut bervariasi secara non-linear mode. Ketika kelembapan di dalam ruang inkubasi meningkat, kecepatan kipas humidifier menurun drastis.

Dalam inkubator telur suhu selalu di jaga agar tetap hangat, jika suhu pada inkubator telur terlalu panas maka akan menyebabkan kualitas telur menurun bahkan menyebabkan kematian, bahkan tambahan suhu 1-2 derajat Celcius bisa menyebabkan penetasan dini dengan tingkat kematian yang tinggi. sebaliknya, penurunan suhu 1-2 derajat Celcius bisa menyebabkan penetasan terlambat dengan penurunan tingkat penetasan [12]. Dengan Mempertimbangkan kasus seperti itu, sistem inferensi fuzzy Mamdani dipergunakan pada penelitian ini yang merupakan pilihan yang jauh lebih baik daripada Takagi-Sugeno sistem inferensi. Hal Ini disebabkan sistem Takagi-Sugeno memberi output dari sistem secara linear atau konstan. Sehingga optimasi sistem tersebut tidak akurat. Di sisi panas dan kecepatan kipas yang berubah pada sistem didapatkan hasil yang akurat [12].

4. PENUTUP

Pada penelitian ini dilakukan simulasi untuk mendapatkan model dari setiap fungsi keanggotaan dan dapatkan nilai keluarannya. Pada penelitian ini sensor yang digunakan adalah sensor DS18B20 ini tidak membutuhkan ADC (*Analog To Digital Converter*) merupakan metode pada rangkaian listrik yang digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital, ADC digunakan untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler dengan menggunakan 1 *wire* (Jumper). Parameter yang digunakan adalah input dan output. Untuk parameter inputan adalah suhu pada inkubator dan Kelembapan, dimana bila suhu mencapai maksimal dan kelembapan normal maka lampu akan bersifat cerah mendekati nilai PWM minimal yaitu 32,8, sedangkan bila suhu bernilai minimal maka dan kelembapan normal maka nilai PWM pada lampu akan mendekati maksimal yaitu 202.

Saran

Pada penelitian selanjutnya diharapkan akan dibangun inkubator telur ayam dengan menggunakan hasil simulasi dari logika fuzzy pada penelitian ini

5. REFERENSI

- [1] F. Peprah, S. Gyamfi, M. Amo-Boateng, E. Buadi, and M. Obeng, "Design and construction of smart solar powered egg incubator based on GSM/IoT," *Sci. African*, vol. 17, p. e01326, 2022, doi: 10.1016/j.sciaf.2022.e01326.

- [2] A. A. Sunday, O. A. Ogunbode, E. Godwin Babatunde, and A. Muyideen Olalekan, "Design and Construction of Automated Eggs Incubator for Small Scale Poultry Farmers," *Int. J. Tech. Res. Sci.*, vol. 5, no. 8, pp. 1–9, 2020, doi: 10.30780/ijtrs.v05.i08.001.
- [3] A. Uno, R. Microcontroller, H. E. A. Street, and N. Citangkil, "The Prototype Design of Duck Egg Incubator Machine Using," *JTKSI(Jurnal Teknol. Komput. dan Sist. Informasi)*, vol. 6, no. 2620–3030, pp. 102–106, 2023.
- [4] B. Kommey, D. Akudbilla, G. Doe, and C. O. Amponsah, "A low-cost smart egg-incubator," vol. 4, no. 1, pp. 22–33, 2022.
- [5] J. Riset, S. Teknologi, M. Yasir, M. Maulidi, M. I. T. Ibrahim, and M. Faisal, "Jurnal Ristech Uji Kinerja Alat Penetas Telur Dengan Kapasitas 30 Butir Telur Bebek," vol. 4, no. 1, pp. 39–44, 2023.
- [6] A. Alimuddin, R. Arafiah, I. Saraswati, R. Alfan, P. Hasudungan, and T. Taufik, "Development and performance study of temperature and humidity regulator in baby incubator using fuzzy-pid hybrid controller," *Energies*, vol. 14, no. 20, 2021, doi: 10.3390/en14206505.
- [7] D. Zakaria *et al.*, "Egg Incubator Control System : A Review," vol. 05, no. 1, pp. 33–37, 2023.
- [8] G. C. N. S. Borneo Satria Pratama, Alfiqriansyah, Nilanda Ayu Az-Zahra, Arya Dwicahya S, "Tampilan Fuzzy Neo_ A Novel Method for Batch Liquid Temperature Control System Using Simpler Fuzzy Rule and Inference.pdf." 2023.
- [9] V. Dubos, A. St-Hilaire, and N. E. Bergeron, "Fuzzy logic modelling of anadromous Arctic char spawning habitat from Nunavik Inuit knowledge," *Ecol. Modell.*, vol. 477, no. January, 2023, doi: 10.1016/j.ecolmodel.2022.110262.
- [10] I. N. Lestari, E. Mulyana, and R. Mardi, "The implementation of mamdani's fuzzy model for controlling the temperature of chicken egg incubator," *Proc. - 2020 6th Int. Conf. Wirel. Telemat. ICWT 2020*, 2020, doi: 10.1109/ICWT50448.2020.9243647.
- [11] E. Nurazizah, M. Ramdhani, and A. Rizal, "Rancang Bangun Termometer Digital Berbasis Sensor Ds18B20 Untuk Penyandang Tunanetra," *e-Proceeding Eng.*, vol. 4, no. 3, p. 3294, 2017.
- [12] P. Dutta and N. Anjum, "Optimization of Temperature and Relative Humidity in an Automatic Egg Incubator Using Mamdani Fuzzy Inference System," *Int. Conf. Robot. Electr. Signal Process. Tech.*, pp. 12–16, 2021, doi: 10.1109/ICREST51555.2021.9331155.
- [13] N. Khairina, *LOGIKA FUZZY UNTUK MENENTUKAN IDEALITAS SUHU DAN*, vol. 9, no. 1. 2019.
- [14] A. W. Syahroni and S. Rachmatullah, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Laptop pada Toko Online dengan Metode Fuzzy Tahani," *Sinkron*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2018.
- [15] B. Y. Prawira *et al.*, "Efisiensi Pencahayaan Ruangan Perkuliahan dengan Logika Fuzzy," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 1, pp. 33–44, 2018, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekd/ankom/article/view/19183/24547>
- [16] A. E. Setiawan, R. Mardiaty, and E. Mulyana, "Design of automatic under water robot system based on mamdani fuzzy logic controller," *Proc. - 2020 6th Int. Conf. Wirel. Telemat. ICWT 2020*, no. 1, 2020, doi: 10.1109/ICWT50448.2020.9243615.