

RANCANG BANGUN INKUBATOR BURUNG PARUH BENGKOK MENGGUNAKAN METODE KONTROL FUZZY

Hubbal Khoiri

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: hubbal.20021@mhs.unesa.ac.id

Puput Wanarti Rusimamto, Bambang Suprianto, Parama Diptya Widayaka.

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: puputwanarti@unesa.ac.id, bambangsuprianto@unesa.ac.id, paramawidayaka@unesa.ac.id.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan inkubator otomatis bagi anak burung paruh bengkok dengan sistem kontrol suhu dan kelembapan berbasis logika fuzzy. Inkubator dirancang untuk meniru kondisi alami sarang burung guna mendukung kelangsungan hidup dan perkembangan anak burung. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan, serta perangkat pendukung seperti heater, kipas, dan LCD display. Metode logika fuzzy diterapkan untuk mengendalikan output secara adaptif berdasarkan perubahan suhu, kelembapan, dan usia burung. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem fuzzy memiliki rata-rata error rendah, yaitu 0,5351% untuk heater dan 0,2365% untuk kipas. Pengambilan data selama beberapa hari membuktikan bahwa inkubator dengan kontrol fuzzy mampu menjaga suhu dan kelembapan lebih stabil dan mendekati setpoint (29,5°C dan 70%) dibandingkan sistem tanpa kontrol otomatis. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan logika fuzzy efektif dalam meningkatkan efisiensi dan stabilitas inkubator, serta mendukung keberhasilan penangkaran burung paruh bengkok.

Kata kunci: inkubator, burung paruh bengkok, kontrol fuzzy, ESP32, suhu, kelembapan.

Abstract

This study aims to design and develop an automatic incubator for parrot chicks using a fuzzy logic-based temperature and humidity control system. The incubator is designed to replicate the natural nesting conditions to support the survival and growth of the chicks. The system utilizes an ESP32 microcontroller as the main controller, a DHT22 sensor for temperature and humidity measurement, and supporting components such as a heater, fan, and LCD display. Fuzzy logic is implemented to adaptively control the output based on environmental changes and chick age. Experimental results show that the fuzzy control system achieved low error rates, with an average of 0.5351% for the heater and 0.2365% for the fan. Data collected over several days demonstrated that the fuzzy-controlled incubator maintained more stable and accurate temperature and humidity levels, closely matching the desired setpoints of 29.5°C and 70%, compared to a system without automatic control. This research confirms that fuzzy logic implementation is effective in enhancing incubator efficiency, environmental stability, and the success rate of parrot chick rearing.

Keywords: incubator, parrot, fuzzy control, ESP32, temperature, humidity

PENDAHULUAN

Burung paruh bengkok merupakan salah satu jenis burung yang dilindungi oleh negara sehingga keberhasilan program penangkaran menjadi faktor penting dalam upaya pelestarian [1]. Salah satu tantangan utama dalam penangkaran adalah menjaga kelangsungan hidup anakan burung pada fase awal setelah menetas, di mana anakan belum mampu mengatur suhu tubuhnya secara mandiri.

Inkubator merupakan alat yang digunakan untuk mensimulasikan kondisi alami sarang burung dengan menjaga parameter lingkungan seperti suhu dan

kelembapan dalam rentang optimal [2], [3]. Penggunaan inkubator yang tepat terbukti dapat meningkatkan tingkat keberhasilan penetasan serta mendukung pertumbuhan anakan burung [5]. Namun, sebagian besar sistem inkubator yang digunakan masih berbasis kontrol konvensional dengan pengaturan manual atau metode threshold sederhana, sehingga kurang adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem inkubator otomatis mampu meningkatkan efisiensi penetasan hingga tingkat yang

lebih tinggi [14], [15], [16]. Selain itu, akurasi sensor dalam membaca suhu dan kelembapan menjadi faktor penting dalam menjaga kestabilan sistem inkubator [17]. Sensor DHT22 merupakan salah satu sensor yang banyak digunakan karena memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam pengukuran suhu dan kelembapan .

Dalam pengembangan sistem kontrol, penggunaan mikrokontroler seperti ESP32 memberikan keunggulan dari sisi kemampuan pemrosesan dan fleksibilitas sistem [6], [7]. Dengan dukungan perangkat keras yang memadai, sistem kontrol dapat dikembangkan menjadi lebih adaptif dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Untuk mengatasi keterbatasan kontrol konvensional, digunakan metode logika fuzzy yang mampu menangani ketidakpastian serta memberikan respon yang lebih fleksibel terhadap perubahan input. Logika fuzzy memungkinkan sistem untuk menyesuaikan output berdasarkan kondisi suhu, kelembapan, dan usia anakan burung secara dinamis. Ketiga parameter tersebut dipilih karena memiliki hubungan langsung dengan kebutuhan fisiologis anakan burung dalam proses pertumbuhan.

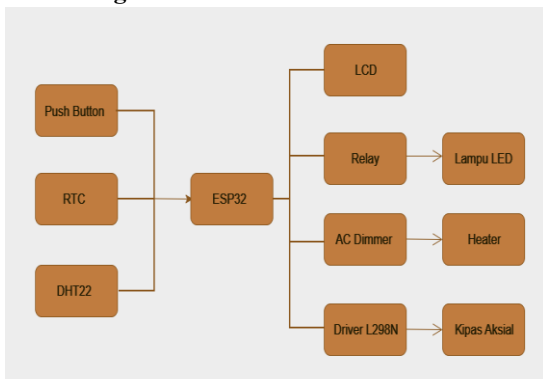
Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan inkubator burung paruh bengkok berbasis kontrol logika fuzzy yang mampu menjaga kestabilan suhu dan kelembapan secara otomatis guna meningkatkan keberhasilan penangkaran.

METODE

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) yang meliputi tahap observasi, perancangan, implementasi, serta pengujian sistem . Pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran langsung menggunakan sensor suhu dan kelembapan DHT22 [8].

Perancangan Sistem



Gambar 1. Diagram Blok

Gambar 1 merupakan diagram blok sistem digunakan untuk mempermudah analisis rangkaian. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai unit kendali utama. Komponen input terdiri dari *push button*, modul RTC, dan sensor suhu serta kelembapan DHT22. Komponen output meliputi LCD sebagai tampilan, relay untuk pengaturan lampu, modul AC *dimmer* untuk pemanas, serta *driver* L298N untuk mengendalikan kipas aksial. ESP32 diprogram dengan logika *fuzzy* untuk memproses data input dan menghasilkan output yang sesuai. Informasi dari sensor ditampilkan pada LCD guna memudahkan pemantauan kondisi inkubator.

Sistem inkubator terdiri dari tiga bagian utama, yaitu input, proses, dan output. Bagian input meliputi sensor DHT22, modul RTC, dan *push button* [9]. Bagian proses menggunakan mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai pusat kendali sistem. Sementara itu, bagian output terdiri dari heater, kipas, relay, dan LCD sebagai media tampilan [10], [11], [12].

ESP32 digunakan karena memiliki kemampuan pemrosesan yang baik serta mendukung implementasi sistem kontrol berbasis logika fuzzy. Sensor DHT22 dipilih karena memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi dalam membaca suhu dan kelembapan lingkungan.

Perancangan Hardware

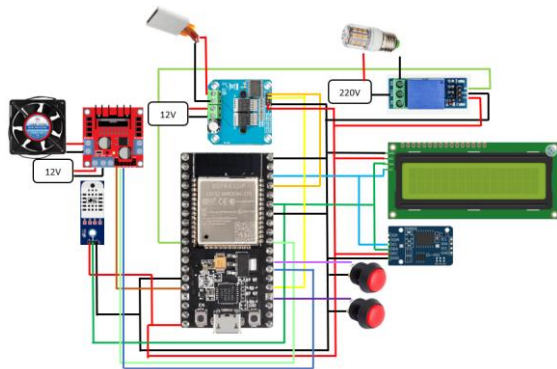
Pada Gambar 2 ditunjukkan bahwa sistem menggunakan dua *push button* untuk mengatur suhu yang diinginkan. Sensor DHT22 berfungsi sebagai input suhu dan kelembapan yang dihubungkan ke mikrokontroler ESP32. Modul RTC digunakan sebagai pengatur waktu dan terhubung ke ESP32, dengan informasi waktu ditampilkan melalui LCD. Berdasarkan waktu yang ditentukan, modul relay akan mengendalikan lampu secara otomatis. Modul AC *dimmer* berfungsi mengatur tingkat panas dari elemen pemanas (*heater*). Sementara modul *driver* L298N mengatur kecepatan kipas yang berfungsi sebagai pendingin serta membantu mengeluarkan gas amonia dari kotoran anak burung.

Tabel 1. Pin Komponen ESP32

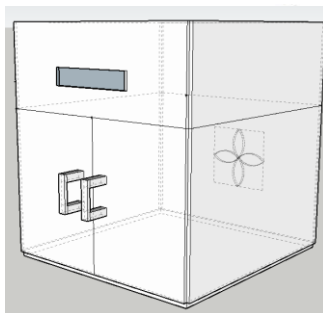
Komponen	Pin ESP32
Sensor DHT22	GPIO 4
LCD I2C	GPIO 21 (SDA), 22 (SCL)
Relay	GPIO 5
AC Dimmer	GPIO 18
Driver L298N	GPIO 26, 27

Rancang Bangun Inkubator Burung Paruh Bengkok Menggunakan Metode Kontrol Fuzzy

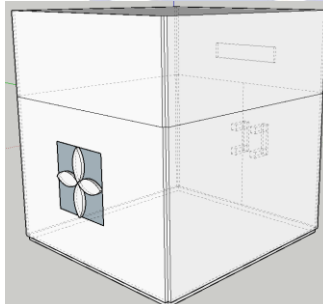
Push Button	GPIO 32, 33
RTC	GPIO 21, 22



Gambar 2. Perancangan *Hardware* Desain Alat



Gambar 3. Desain Tampak Depan



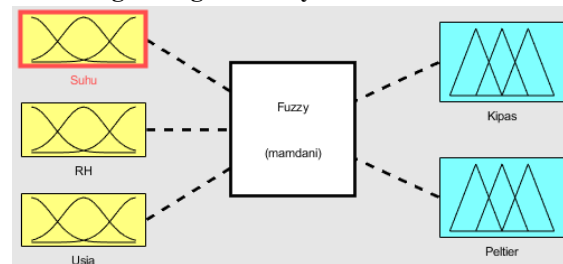
Gambar 4. Desain Tampak Belakang

Inkubator merupakan alat dapat terbuat dari bahan yang sederhana yaitu mulai dari kayu, bahan metal, besi atau bahan plexiglass[4]. Inkubator merupakan box pendukung yang digunakan untuk merawat anak burung secara mandiri tanpa bantuan induk burung, fungsi inkubator yaitu menjaga kelembapan dan suhu agar bayi burung tetap hangat dan terhindar dari jamur. Perancangan ini mencakup pembuatan prototipe inkubator yang berfungsi sebagai media pengumpulan data melalui metode trial and error, serta sebagai sarana pengujian sistem kontrol logika fuzzy untuk menstabilkan suhu dan mengatur nyala-mati lampu dalam inkubator. Rancangan desain alat ditampilkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Inkubator dirancang dengan dimensi panjang 40 cm, lebar 30 cm, dan tinggi 35 cm. Bagian atas digunakan untuk penempatan komponen elektronik seperti sensor, heater, dan kipas, sedangkan bagian

bawah digunakan sebagai ruang perawatan anakan burung.

Perancangan Logika Fuzzy



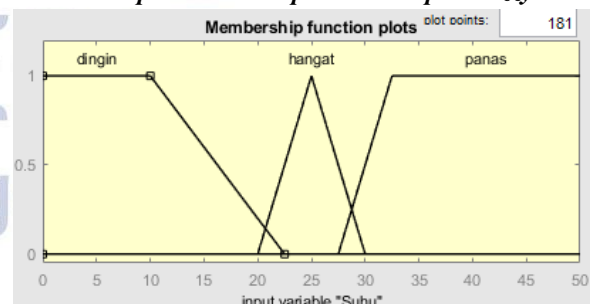
Gambar 5. Desain Logika *Fuzzy*

Pada Gambar 5, ditampilkan dua buah input dan dua buah output. Parameter input terdiri atas suhu udara dalam inkubator ($^{\circ}\text{C}$) dan kelembapan relatif di dalam ruang inkubator, yang keduanya diukur menggunakan sensor DHT22. Sementara itu, output dari sistem logika *fuzzy* berupa aktuator pemanas (*heater*) dan kipas (*fan*).

Sistem kontrol menggunakan metode logika fuzzy tipe Mamdani [13]. Parameter input terdiri dari suhu, kelembapan relatif (RH), dan usia anakan burung. Variabel suhu diklasifikasikan menjadi tiga kategori yaitu dingin, hangat, dan panas, sedangkan kelembapan dibagi menjadi kering, normal, dan basah. Variabel usia dibagi menjadi dua kategori yaitu chick dan bracher.

Output dari sistem berupa pengaturan heater dan kipas yang masing-masing diklasifikasikan dalam beberapa level kecepatan atau intensitas. Proses defuzzifikasi dilakukan menggunakan metode centroid untuk menghasilkan nilai output yang presisi.

Membership Function Input dan Output Fuzzy



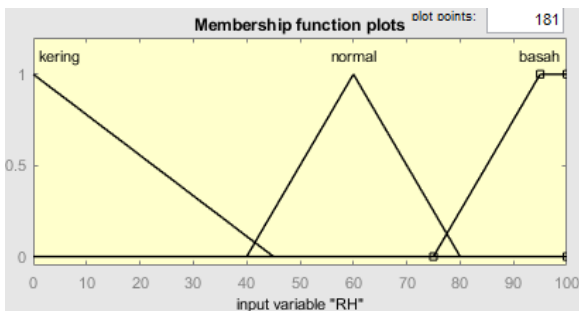
Gambar 6. *Membership Function* Input Suhu

Pada Gambar 6, variable input suhu berada dalam rentang 0°C hingga 50°C dan diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu dingin, hangat, dan panas. Kategori dingin mencakup suhu antara 0°C hingga 22°C , kategori hangat antara 20°C hingga 30°C , dan kategori panas antara 27°C hingga 32°C . Fungsi keanggotaan untuk masing – masing kategori suhu ditampilkan pada persamaan berikut.

$$\mu_{Dingin}(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 22 \\ \frac{22-x}{22-10}, & 10 \leq x \leq 22 \dots\dots\dots (1) \\ 1, & x \leq 10 \end{cases}$$

$$\mu_{Hangat}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 20 \text{ atau } x \geq 30 \\ \frac{x-20}{25-20}, & 20 \leq x \leq 25 \\ \frac{30-x}{30-25}, & 25 \leq x \leq 30 \\ 1, & x = 25 \end{cases} \dots\dots (2)$$

$$\mu_{Panas}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 27 \\ \frac{x-27}{32-27}, & 27 \leq x \leq 32 \dots\dots\dots (3) \\ 1, & x \geq 32 \end{cases}$$



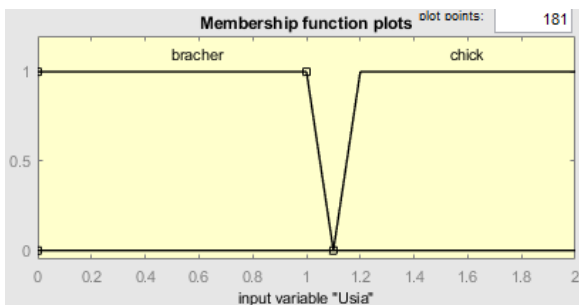
Gambar 7. Membership Function Input Kelembaban

Pada Gambar 7, input kelembapan memiliki rentang 0% hingga 100% yang diklasifikasikan ke dalam tiga kategori kering, normal, dan basah. Kategori kering mencakup rentang 0% - 45%, normal berada pada rentang 40% - 80%, dan basah mencakup 75% - 100%. Representasi fungsi keanggotaan dari input kelembapan ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$\mu_{Kering}(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 45 \\ \frac{45-x}{45-0}, & 0 \leq x \leq 45 \dots\dots\dots (4) \\ 1, & x = 0 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 40 \text{ atau } x \geq 80 \\ \frac{x-40}{60-40}, & 40 \leq x \leq 60 \\ \frac{80-x}{80-60}, & 60 \leq x \leq 80 \\ 1, & x = 60 \end{cases} \dots\dots (5)$$

$$\mu_{Basah}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 75 \\ \frac{x-75}{95-75}, & 75 \leq x \leq 95 \dots\dots\dots (6) \\ 1, & x \geq 95 \end{cases}$$

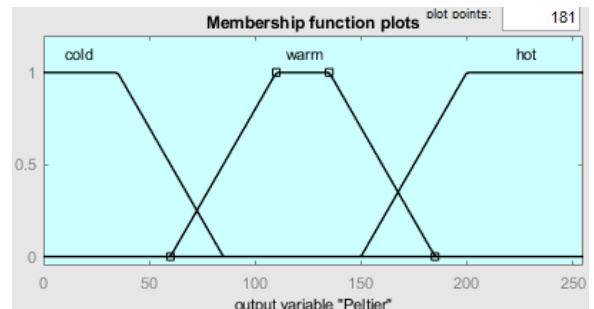


Gambar 8. Membership Function Input Usia Burung

Pada Gambar 8, variable input usia diklasifikasikan ke dalam dua kategori, yaitu chick dan bracher. Kategori bracher mencakup rentang usia 0 hingga 1,1. Sedangkan kategori chick mencakup rentang usia 1,1 hingga 2. Fungsi keanggotaan untuk variable input usia disajikan pada persamaan berikut.

$$\mu_{Bracher}(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 1,1 \\ \frac{1,1-x}{1,1-1}, & 1 \leq x \leq 1,1 \dots\dots\dots (7) \\ 1, & x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_{Chick}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 1,1 \\ \frac{x-1,1}{1,2-1,1}, & 1,1 \leq x \leq 1,2 \dots\dots\dots (8) \\ 1, & x \geq 1,2 \end{cases}$$



Gambar 9. Membership Function Output Heater

Pada Gambar 9, output kipas memiliki rentang nilai 0-255, sesuai dengan resolusi PWM yang digunakan. Sementara itu, output pemanas diklasifikasikan ke dalam tiga himpunan keanggotaan, yaitu pelan (0-100), normal (75-175), dan cepat (150-255), dengan fungsi keanggotaan masing – masing ditampilkan pada persamaan berikut.

$$\mu_{Pelan}(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 100 \\ \frac{100-x}{100-50}, & 50 \leq x \leq 100 \dots\dots\dots (12) \\ 1, & x \leq 50 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 75 \text{ atau } x \geq 175 \\ \frac{x-75}{125-75}, & 75 \leq x \leq 125 \\ \frac{175-x}{175-125}, & 125 \leq x \leq 175 \\ 1, & x = 125 \end{cases} \dots\dots (13)$$

$$\mu_{Cepat}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 150 \\ \frac{x-150}{200-150}, & 150 \leq x \leq 200 \dots\dots\dots (14) \\ 1, & x \geq 200 \end{cases}$$

Rule Base Fuzzy

Setelah mendefinisikan fungsi keanggotaan untuk variable input dan output, tahap selanjutnya adalah menetapkan aturan – aturan fuzzy. Adapun aturan yang digunakan dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. *If (Suhu is dingin) and (RH is kering) and (Usia is bracher) then (Kipas is cepat)(Peltier is hot)*

2. *If (Suhu is hangat) and (RH is kering) and (Usia is bracher) then (Kipas is cepat)(Peltier is warm)*
3. *If (Suhu is panas) and (RH is kering) and (Usia is bracher) then (Kipas is cepat)(Peltier is cold)*
4. *If (Suhu is dingin) and (RH is normal) and (Usia is bracher) then (Kipas is cepat)(Peltier is hot)*
5. *If (Suhu is hangat) and (RH is normal) and (Usia is bracher) then (Kipas is cepat)(Peltier is warm)*
6. *If (Suhu is panas) and (RH is normal) and (Usia is bracher) then (Kipas is cepat)(Peltier is cold)*
7. *If (Suhu is dingin) and (RH is basah) and (Usia is bracher) then (Kipas is biasa)(Peltier is hot)*
8. *If (Suhu is hangat) and (RH is basah) and (Usia is bracher) then (Kipas is biasa)(Peltier is warm)*
9. *If (Suhu is panas) and (RH is basah) and (Usia is bracher) then (Kipas is biasa)(Peltier is cold)*
10. *If (Suhu is dingin) and (RH is kering) and (Usia is chick) then (Kipas is cepat)(Peltier is hot)*
11. *If (Suhu is hangat) and (RH is kering) and (Usia is chick) then (Kipas is biasa)(Peltier is cold)*
12. *If (Suhu is panas) and (RH is kering) and (Usia is chick) then (Kipas is cepat)(Peltier is warm)*
13. *If (Suhu is dingin) and (RH is normal) and (Usia is chick) then (Kipas is cepat)(Peltier is hot)*
14. *If (Suhu is hangat) and (RH is normal) and (Usia is chick) then (Kipas is cepat)(Peltier is hot)*
15. *If (Suhu is panas) and (RH is normal) and (Usia is chick) then (Kipas is cepat)(Peltier is warm)*
16. *If (Suhu is dingin) and (RH is basah) and (Usia is chick) then (Kipas is biasa)(Peltier is hot)*
17. *If (Suhu is hangat) and (RH is basah) and (Usia is chick) then (Kipas is biasa)(Peltier is hot)*
18. *If (Suhu is panas) and (RH is basah) and (Usia is chick) then (Kipas is biasa)(Peltier is warm)*

Evaluasi Kinerja Sistem Secara Menyeluruh Melalui Implementasi Kontrol Fuzzy



Gambar 10. Dua Anakan Burung Paruh Bengkok Berusia 2-3minggu

Pengujian perangkat dilakukan dengan menggunakan dua individu anakan burung paruh bengkok yang berusia dua minggu pasca menetas. Gambar 10 memperlihatkan specimen burung yang digunakan dalam proses pengambilan data.

Tabel 2. Data Pengujian Menggunakan Kontrol Fuzzy

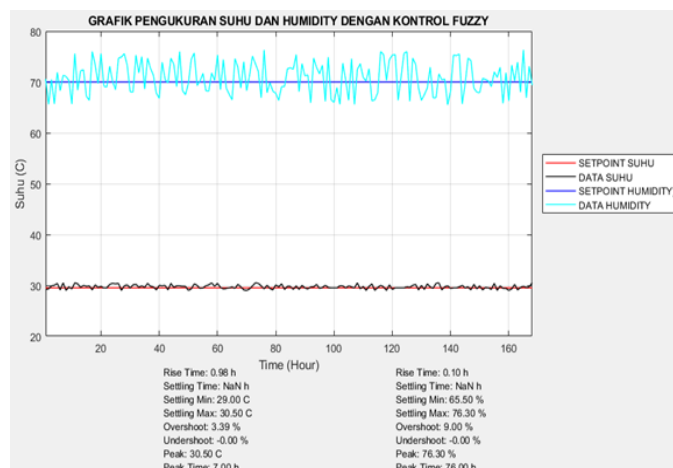
Waktu	Tanggal		
	12/01/2025	13/01/2025	14/01/2025
00.00	suhu:29.2 humi:70.6	suhu:30.3 humi:68.5	suhu:29.8 humi:67.5
01.00	suhu:29.3 humi:65.6	suhu:30.4 humi:74.7	suhu:29.0 humi:69.7
02.00	suhu:29.9 humi:70.5	suhu:29.0 humi:74.9	suhu:29.3 humi:74.5
03.00	suhu:30.0 humi:65.7	suhu:29.9 humi:75.6	suhu:30.3 humi:75.7
04.00	suhu:30.4 humi:71.9	suhu:30.1 humi:73.3	suhu:30.0 humi:69.3
05.00	suhu:29.1 humi:68.3	suhu:29.5 humi:68.1	suhu:29.4 humi:70.2
06.00	suhu:30.5 humi:71.3	suhu:30.1 humi:68.0	suhu:29.5 humi:71.7
07.00	suhu:29.0 humi:71.1	suhu:30.2 humi:75.3	suhu:29.9 humi:68.3
08.00	suhu:29.7 humi:70.3	suhu:29.6 humi:71.8	suhu:30.1 humi:68.2
09.00	suhu:29.3 humi:65.7	suhu:29.9 humi:75.0	suhu:30.5 humi:71.8
10.00	suhu:30.5 humi:75.6	suhu:29.6 humi:68.6	suhu:29.8 humi:70.3

HASIL DAN PEMBAHASAN

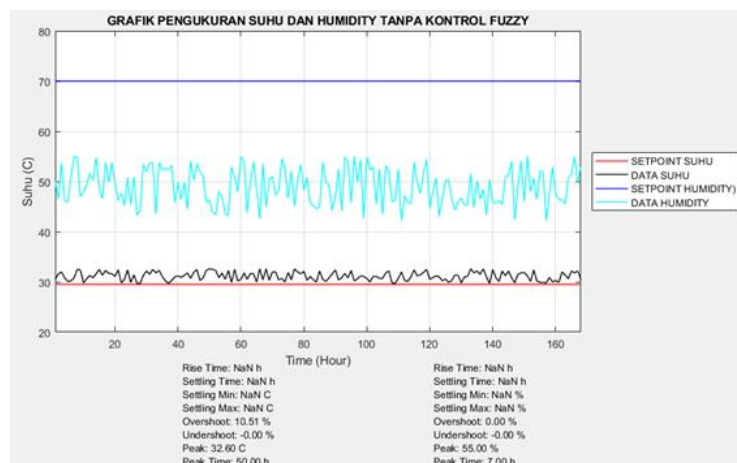
Waktu	Tanggal		
	12/01/2025	13/01/2025	14/01/2025
11.00	suhu:30.3 humi:68.4	suhu:30.4 humi:74.7	suhu:30.4 humi:75.3
12.00	suhu:29.6 humi:72.2	suhu:29.8 humi:72.7	suhu:29.6 humi:68.5
13.00	suhu:30.0 humi:72.4	suhu:29.7 humi:71.3	suhu:29.3 humi:74.4
14.00	suhu:29.8 humi:67.2	suhu:29.1 humi:67.8	suhu:29.4 humi:68.8
15.00	suhu:29.9 humi:66.4	suhu:30.0 humi:66.8	suhu:29.5 humi:67.6
16.00	suhu:29.1 humi:76.0	suhu:29.9 humi:73.9	suhu:29.7 humi:66.5
17.00	suhu:30.1 humi:73.4	suhu:30.0 humi:70.5	suhu:29.4 humi:74.6
18.00	suhu:29.6 humi:69.7	suhu:29.1 humi:69.8	suhu:30.2 humi:72.9
19.00	suhu:29.8 humi:75.6	suhu:30.4 humi:74.7	suhu:29.7 humi:68.8
20.00	suhu:29.5 humi:69.2	suhu:29.6 humi:73.5	suhu:29.1 humi:74.0
21.00	suhu:29.5 humi:69.0	suhu:29.9 humi:69.1	suhu:29.0 humi:68.3
22.00	suhu:30.2 humi:73.1	suhu:29.9 humi:76.0	suhu:29.3 humi:71.3

Waktu	Tanggal		
	12/01/2025	13/01/2025	14/01/2025
23.00	suhu:30.4 humi:70.1	suhu:29.8 humi:68.3	suhu:29.9 humi:75.1
Rata - Rata	suhu: 29,77917 humi: 70,3875	suhu: 29,84167 humi: 71,7875	suhu: 29,67083 humi: 70,97083

Pada Tabel 2, menyajikan data hasil pemantauan dari sistem kontrol inkubator yang dilakukan secara berurutan selama tiga hari, terhitung sejak tanggal 12 hingga 14 Januari 2025. Proses pengambilan data ini bertujuan untuk mengevaluasi kestabilan dan kinerja sistem dalam mempertahankan parameter suhu dan kelembaban sesuai dengan kondisi ideal yang dibutuhkan dalam proses inkubasi. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, pada hari pertama tercatat suhu inkubator sebesar 20,779°C dengan tingkat kelembaban relatif sebesar 70,38%. Selanjutnya, pada hari kedua, sistem mencatat peningkatan suhu menjadi 29,841°C disertai dengan kenaikan kelembaban relatif sebesar 71,7875%. Sedangkan pada hari ketiga, suhu mengalami sedikit penurunan menjadi 29,841°C, dan kelembaban relatif turut menurun menjadi 70,67083%. Dari ketiga data tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol berbasis logika fuzzy yang diterapkan dalam inkubator mampu menjaga kestabilan suhu secara konsisten. Meskipun terjadi sedikit fluktuasi, perubahan tersebut masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima dalam proses inkubasi.



(a)



(b)

Gambar 11. (a) Hasil Pengujian Inkubator Menggunakan Kontrol Fuzzy
(b) Hasil Pengujian Inkubator Tanpa Menggunakan Kontrol Fuzzy

Setelah dilakukan proses pengambilan data, visualisasi data tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 11(a), yang menunjukkan perubahan suhu dan kelembaban selama periode pengamatan. Berdasarkan hasil analisis terhadap grafik data yang tersedia, dapat disimpulkan bahwa sistem menunjukkan performa yang cukup baik, dengan fluktuasi yang relative kecil terhadap nilai setpoint. Adapun setpoint suhu ditetapkan pada 29,5°C, sementara setpoint kelembaban berada pada 70%.

Evaluasi Kinerja Sistem Secara Menyeluruh Tanpa Implementasi Kontrol Fuzzy

Selanjutnya, dilakukan pengujian terhadap alat incubator yang belum dilengkapi dengan sistem kontrol fuzzy. Pengujian ini menggunakan dua ekor anakan burung paruh bengkok yang memiliki karakteristik serupa dan telah berumur tiga minggu sejak menetas. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kinerja incubator konvensional dalam menjaga kestabilan suhu dan kelembaban yang dibutuhkan oleh anakan burung dalam tahap pertumbuhan awal.

Tabel 3. Data Pengujian Tanpa Menggunakan Kontrol Fuzzy

Waktu	Tanggal		
	19/01/2025	20/01/2025	21/01/2025
00.00	suhu:30.5 humi:50.1	suhu:29.9 humi:45.4	suhu:32.3 humi:45.8
01.00	suhu:31.6 humi:46.5	suhu:31.4 humi:50.8	suhu:32.6 humi:46.3

Waktu	Tanggal		
	19/01/2025	20/01/2025	21/01/2025
02.00	suhu:32.0 humi:53.7	suhu:29.7 humi:43.3	suhu:32.5 humi:43.8
03.00	suhu:30.8 humi:46.1	suhu:29.7 humi:44.2	suhu:32.3 humi:43.4
04.00	suhu:30.1 humi:45.9	suhu:31.3 humi:53.4	suhu:30.8 humi:48.0
05.00	suhu:30.2 humi:50.9	suhu:32.2 humi:52.0	suhu:31.8 humi:47.0
06.00	suhu:30.8 humi:55.0	suhu:31.5 humi:53.7	suhu:30.5 humi:43.6
07.00	suhu:32.5 humi:54.9	suhu:32.5 humi:53.7	suhu:32.3 humi:43.2
08.00	suhu:32.4 humi:47.0	suhu:31.8 humi:43.5	suhu:29.9 humi:52.9
09.00	suhu:29.8 humi:47.9	suhu:32.3 humi:53.8	suhu:32.5 humi:50.9
10.00	suhu:30.6 humi:49.3	suhu:31.1 humi:52.3	suhu:30.2 humi:47.9
11.00	suhu:31.3 humi:51.6	suhu:30.2 humi:52.6	suhu:30.5 humi:55.0
12.00	suhu:30.8 humi:50.3	suhu:29.7 humi:52.3	suhu:31.8 humi:53.9
13.00	suhu:31.6 humi:54.7	suhu:30.3 humi:53.2	suhu:30.5 humi:43.8

Waktu	Tanggal		
	19/01/2025	20/01/2025	21/01/2025
14.00	suhu:32.5 humi:48.5	suhu:31.0 humi:45.8	suhu:31.7 humi:50.0
15.00	suhu:31.3 humi:46.6	suhu:31.2 humi:49.8	suhu:31.6 humi:53.8
16.00	suhu:32.3 humi:53.8	suhu:30.9 humi:46.4	suhu:30.0 humi:48.6
17.00	suhu:31.7 humi:49.9	suhu:31.3 humi:49.8	suhu:32.6 humi:42.6
18.00	suhu:31.6 humi:53.8	suhu:31.8 humi:44.5	suhu:30.4 humi:53.5
19.00	suhu:31.1 humi:49.7	suhu:30.7 humi:54.1	suhu:32.6 humi:44.9
20.00	suhu:32.4 humi:46.2	suhu:31.9 humi:50.3	suhu:30.3 humi:50.5
21.00	suhu:29.8 humi:47.7	suhu:32.5 humi:53.5	suhu:32.0 humi:51.0
22.00	suhu:30.5 humi:45.2	suhu:30.3 humi:52.0	suhu:32.0 humi:47.3
23.00	suhu:32.4 humi:50.8	suhu:30.8 humi:51.1	suhu:30.4 humi:48.2
Rata - Rata	suhu: 31,275 humi: 49,8375	suhu: 31,08333 humi: 50,0625	suhu: 31,42083 humi: 48,1625

Pada Tabel 3, ditampilkan hasil pengambilan data dari incubator yang dioperasikan tanpa menggunakan sistem kontrol fuzzy. Pengambilan data dilakukan selama tiga hari berturut – turut, yaitu mulai tanggal 19 Januari 2025 hingga 21 Januari 2025, dengan tujuan untuk memperoleh gambaran mengenai kestabilan suhu dan kelembaban dalam kondisi tanpa pengendalian otomatis. Berdasarkan hasil yang diperoleh, pada hari pertama suhu tercatat sebesar 31,275°C dengan tingkat kelembaban 49,8375%. Pada hari kedua, suhu mengalami sedikit penurunan menjadi 31,08333°C dan kelembaban menurun menjadi 50,0625%, sedangkan pada hari ketiga suhu meningkat menjadi 31,42083°C dan kelembaban menurun menjadi 48,1625%. Data ini menunjukkan adanya fluktuasi suhu dan kelembaban yang relatif tidak terkendali.

Setelah dilakukan proses pengambilan data selama periode pengujian, diperoleh visualisasi dari

data tersebut yang disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 11(b), yang menggambarkan fluktuasi nilai suhu dan kelembaban selama proses berlangsung. Berdasarkan hasil pengamatan terhadap data tersebut, dapat dilakukan analisis bahwa nilai suhu dan kelembaban yang terukur belum mencapai atau mendekati nilai setpoint yang telah ditentukan sebelumnya, yaitu 29,5°C untuk suhu dan 70% untuk kelembaban. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang tanpa menggunakan kontrol fuzzy kurang bekerja secara optimal dalam menjaga kondisi lingkungan sesuai dengan parameter yang diharapkan.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa incubator anak burung paruh bengkok dengan sistem kontrol otomatis berbasis ESP32 dan logika fuzzy berhasil dibuat dan berfungsi dengan baik. Sistem ini mampu mengatur suhu dan kelembaban secara otomatis dengan akurasi tinggi, menunjukkan error yang sangat kecil dibandingkan tanpa menggunakan kontrol fuzzy. Selama pengujian, suhu dan kelembaban dalam incubator tetap stabil mendekati setpoint, meskipun terjadi perubahan lingkungan. Uji coba pada dua anakan burung menunjukkan bahwa incubator dengan kontrol fuzzy memberikan kondisi yang lebih stabil dan mendukung pertumbuhan, dibandingkan incubator tanpa kontrol fuzzy yang cenderung fluktuatif.

Saran

Berdasarkan hasil percobaan, disarankan beberapa langkah untuk meningkatkan kualitas penelitian di masa mendatang, antara lain penambahan sensor lingkungan seperti sensor gas (CO₂) dan cahaya untuk meningkatkan akurasi pemantauan kondisi incubator, pengembangan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) agar suhu dan kelembaban dapat dipantau serta dikendalikan secara real-time melalui perangkat digital, serta penerapan metode kontrol cerdas lainnya seperti PID atau machine learning guna meningkatkan adaptivitas sistem terhadap perubahan lingkungan yang ekstrem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Sayyuda dan W. R. Puput, “Perancangan Kontroler PI Dengan Metode Tuning Cohen-Coon Untuk Kendali Suhu Pada Inkubator Bayi Berbasis Labview 2014,” 2020. doi: 10.26740/jte.v9n2.p%25p.
- [2] M. Amelia, “Sistem Monitoring dan Pengontrolan Suhu pada Inkubator Bayi

- Berbasis Web,” 2020, [Daring]. Tersedia pada: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/index>
- [3] G. F. Harahap, S. Sijabat, H. Situmorang, dan H. Dabukke, “Analisa Pemeliharaan Preventif Baby Inkubator,” *JURNAL MUTIARA ELEKTROMEDIK*, vol. 6, no. 2, hlm. 57–63, Des 2022, doi: 10.51544/elektromedik.v6i2.3570.
- [4] P. Padila dan I. Agustien, “Suhu Tubuh Bayi Prematur di Inkubator Dinding Tunggal dengan Inkubator Dinding Tunggal Disertai Sungkup,” *Jurnal Keperawatan Silampari*, vol. 2, no. 2, hlm. 113–122, Mei 2019, doi: 10.31539/jks.v2i2.651.
- [5] Subono, H. Alfin, A. wardhany Vivien, dan P. A. Kamila, “Sistem Pengendali Suhu Dan Kelembapan Pada Inkubator Tempe Berbasis Mikrokontroler ESP 32,” 2020, [Daring]. Tersedia pada: <https://proceeding.isas.or.id/index.php/sentriinov/article/view/578>
- [6] N. Hapsari, T. Aisyah, S. Saharudin, dan M. Haris, “Pemanfaatan ESP32 Pada Kontrol Jarak Jauh Inkubator Tempe Berbasis IoT Skala Produksi UMKM,” 2024, [Daring]. Tersedia pada: <http://repository.iti.ac.id/jspui/handle/123456789/2060>
- [7] M. Nizam, H. Yuana, dan Z. Wulansari, “Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web,” 2022. doi: 10.36040/jati.v6i2.5713.
- [8] A. Rosida, “Desain Sistem Inkubator Bayi Otomatis Dengan Metode Kontrol Fuzzy-PID,” 2020. [Daring]. Tersedia pada: https://scholar.google.com/scholar?cluster=7255024561982311551&hl=en&as_sdt=2005&scioldt=2007
- [9] H. Jurnal, D. Haryanto, dan R. Nurtika, “Jurnal Manajemen Informatika Otomatisasi Lampu Taman Dengan Pengaturan Pengaturan Waktu Berbasis Arduino Dan Real Time Clock,” *JUMIKA*, vol. 10, no. 1, 2023, doi: 10.51530/jumika.v10i1.737.
- [10] M. Rizky, H. Noviandi, dan S. T. Herwandi, “Implementasi Metode PID Pada Sistem Kontrol Gas Amonia Dalam Prototype Kandang Ayam Berbasis IoT,” 2024. doi: 10.572349/scientica.v2i1.696.
- [11] M. Andrie Ichwana, A. Zafrullah, dan A. Zubaidi, “Rancang Bangun Alat Pengendali Suhu Pada Casing PC Desktop Dengan Metode Fuzzy Logic Berbasis Arduino,” 2019. [Daring]. Tersedia pada: https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=2007&q=Rancang+Bangun+Alat+Pengendali+Suhu+Pada+Casing+PC+Desktop+Dengan+Metode+Fuzzy+Logic+Berbasis+Arduino&btnG=
- [12] H. Suyono dan H. Hambali, “Perancangan Alat Pengukur Kadar Gula dalam Darah Menggunakan Teknik Non-Invasive Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno,” *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 1, hlm. 69, Jan 2020, doi: 10.24036/jtev.v6i1.107482.
- [13] M. Zaki, I. Murtadlo, I. Rizki, I. A. Herlina, A. Tranggono, dan A. Salim, “Perancangan Kontrol Fuzzy Mamdani Untuk Ketinggian Pusan Air Pada Basin Silinder Gravitation Water Vortex Power Plant,” 2020. doi: <https://doi.org/10.32486/jecae.v5i2.316>.
- [14] F. M. Muhammad, “Rancang Bangun Inkubator Anakan Burung Lovebird Otomatis Berbasis Mikrokontroler Bagian 2,” 2016, [Daring]. Tersedia pada: <https://repository.unair.ac.id/54810/>
- [15] A. Oktavio, “Rancang Bangun Inkubator Anakan Burung Lovebird Otomatis Berbasis Mikrokontroler Bagian 1,” 2016, [Daring]. Tersedia pada: <http://repository.unair.ac.id/id/eprint/56509>
- [16] A. Chandra, B. Lubis, H. Satria, M. Fitra Alayubby, dan R. M. Putri, “Efisiensi Perbandingan Teknologi Mesin Inkubator Penetas Telur Unggas Otomatis Menggunakan Synchronous Motor AC dengan Sistem Manual,” 2021. [Daring]. Tersedia pada: <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit>
- [17] R. Atma Ivory, N. Kholis, dan F. Baskoro, “Review Penggunaan Sensor Suhu Terhadap Respon Pembacaan Skala Pada Inkubator Bayi,” 2021.