

Prototipe Terrarium Bayi Kura-Kura Darat *Centrochelys Sulcata* dengan Metode Fuzzy Logic Controller

Salman Satyatma Al Ayyubi

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: salman.20031@mhs.unesa.ac.id

Puput Wanarti Rusimamto, Farid Baskoro, Endryansyah

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: puputwanarti@unesa.ac.id, faridbaskoro@unesa.ac.id, endryansyah@unesa.ac.id

Abstrak

Kura-kura darat *Centrochelys Sulcata*, atau lebih dikenal sebagai kura-kura *Sulcata*, merupakan salah satu spesies kura-kura darat yang populer di kalangan pecinta hewan peliharaan. Kura-kura *Sulcata* membutuhkan lingkungan yang konsisten dan sesuai untuk tumbuh dengan baik dan sehat. Lingkungan tersebut mencakup suhu yang panas dan kelembapan yang diperlukan untuk memastikan *Sulcata* aktif, sehat, serta berkembang dengan optimal, terutama pada tahap bayi. Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan teknologi yang dapat memberikan solusi yang lebih efektif dan efisien dalam pengelolaan lingkungan untuk spesies kura-kura darat *Sulcata* maupun spesies kura-kura darat lainnya, dimana pada penelitian ini akan merancang sistem yang dapat mendeteksi dan mengontrol suhu dan kelembapan pada siang hari. Hasil dari penelitian ini adalah IoT Terrarium berbasis fuzzy logic controller mampu menjaga suhu jemur dengan toleransi 0,7°C dan kelembapan ruangan terrarium dengan toleransi 1% sesuai set point. Fuzzy logic berperan sebagai kontroler untuk mengontrol mist maker dan kecerahan lampu pijar berdasarkan data sensor DS18B20 dan DHT22.

Kata Kunci: *Sulcata*, lingkungan, fuzzy, IoT.

Abstract

The *Centrochelys Sulcata* tortoise, better known as the *Sulcata* tortoise, is one of the most popular tortoise species among pet lovers. *Sulcata* tortoise require a consistent and suitable environment to grow properly and healthily. This includes the necessary heat and humidity to ensure *Sulcata* are active, healthy and developing optimally, especially in the infant stage. This research aims to apply technology that can provide a more effective and efficient solution in environmental management for *Sulcata* and other tortoise species, where this research will design a system that can detect and control temperature and humidity during the day. The result of this research is the IoT Terrarium based on Fuzzy Logic Controller is able to maintain the drying temperature with a tolerance of 0,7°C and the humidity of the terrarium room with a tolerance of 1% according to the set point. Fuzzy logic acts as a controller to control the mist maker and incandescent lamp brightness based on DS18B20 and DHT22 sensor data.

Keywords: *Sulcata*, environment, fuzzy, IoT.

PENDAHULUAN

Kura-kura darat dikenal sebagai hewan peliharaan yang eksotis dan unik, sehingga sangat diminati oleh penggemar reptil. Di pasar internasional, kura-kura ini memiliki nilai ekonomi tinggi, terutama spesies populer seperti *Centrochelys Sulcata* (Erina, 2019). Selain bernilai ekonomi, memelihara kura-kura juga memuaskan bagi penggemarnya, sekaligus berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem darat dan air.

Centrochelys Sulcata, atau kura-kura *Sulcata*, berasal dari Afrika sub-Sahara dan membutuhkan

lingkungan yang konsisten untuk pertumbuhan optimal. Lingkungan yang sesuai mencakup suhu panas dan kelembapan untuk mendukung perilaku alami seperti berjemur dan berhibernasi (Safrida, 2021). Kondisi lingkungan ini penting untuk menjaga kesehatan mereka, terutama pada tahap pertumbuhan awal.

Terrarium modern hadir sebagai solusi habitat kura-kura, tetapi kebanyakan masih bergantung pada kontrol manual. Pencahayaan konvensional yang digunakan memiliki efisiensi energi rendah, yang menyebabkan kebutuhan akan pengontrol otomatis guna menyesuaikan suhu dan kelembapan

sesuai kondisi lingkungan (Faridha, 2016). Salah satu pengontrol yakni fuzzy logic, pengembangan logika ini bertujuan untuk merepresentasikan setiap keadaan sesuai dengan pemikiran manusia yang tidak hanya logika benar dan salah, akan tetapi juga logika samar (Rindengan, 2019). Pengontrol fuzzy logic dapat menjadi solusi dengan kemampuan adaptasinya yang efisien tanpa perlu sistem model yang presisi (Muchtar, 2021; Yang, 2022). Fuzzy logic dapat diimplementasikan untuk mengoptimalkan kinerja, keandalan, dan adaptabilitas sistem dalam menghadapi berbagai tantangan dan perubahan lingkungan yang terjadi (Sugandi, 2021).

Aktuator seperti AC light dimmer digunakan untuk mengontrol daya lampu melalui komponen seperti Triac dan opto isolator. Penundaan dalam komponen ini menentukan besaran daya yang disalurkan (Kim, 2011; Ramdani, 2022). Penggunaan relay juga mendukung kontrol otomatis pada sistem ini dengan memungkinkan arus mengalir melalui jalur yang ditentukan (Ramdhani, 2022).

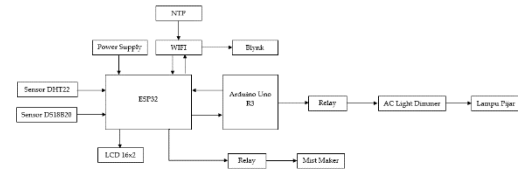
Visualisasi data dari sensor dan status sistem dilakukan melalui LCD dan platform Blynk. LCD I2C memungkinkan pengontrolan langsung dari mikrokontroler, sementara Blynk mempermudah monitoring melalui aplikasi di perangkat Android dan iOS (Subagyo, 2017; Permatasari, 2023; Artiyasa, 2020). Selain itu, digunakan juga mist maker untuk menjaga kelembapan terarium secara efektif (Handoko, 2022). Terakhir yaitu menggunakan kontrol on-off di kandang ular dengan titik set pada 27°C dan 34°C. Sistem mereka mampu mempertahankan suhu target dalam waktu 77 dan 20 detik untuk waktu pemulihan (Rafido, 2016).

Berdasarkan temuan dari studi-studi ini, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe terrarium yang dirancang khusus untuk bayi kura-kura *Centrochelys Sulcata*, dengan mengintegrasikan fuzzy logic controller untuk manajemen lingkungan yang lebih efektif dan efisien. Sistem ini akan mampu mendeteksi dan secara otomatis mengontrol suhu dan kelembapan, menawarkan solusi yang disesuaikan untuk perawatan kura-kura Sulcata.

METODE

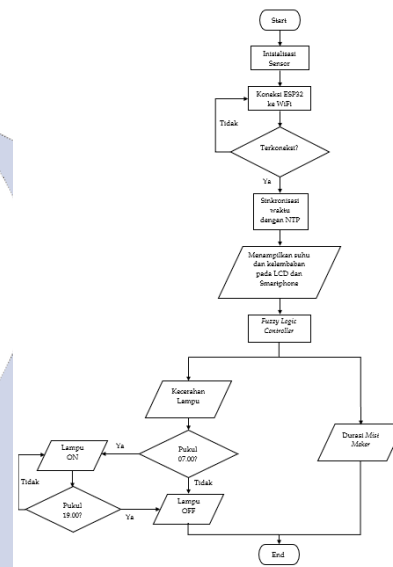
Desain Sistem

Pada tahap perancangan di Gambar 1, sistem yang dibuat menggunakan mikrokontroler ESP32 dan Arduino Uno R3.



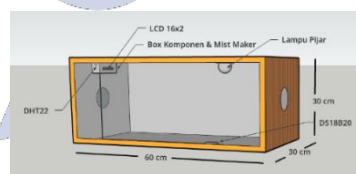
Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Secara keseluruhan tentang alur sistem disajikan dalam Gambar 2.



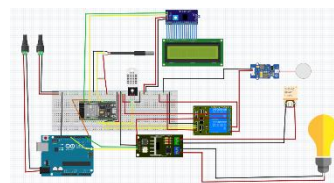
Gambar 2. Flowchart Sistem

Desain terrarium pada penelitian ini berbentuk balok dengan panjang 60 cm, lebar 30 cm dan tinggi 30 cm berbahan kayu dan kaca pada bagian depan dengan 2 buah ventilasi di samping.



Gambar 3. Sketsa Alat

Di dalam terrarium terdapat box komponen sistem kendali yang berisi *mist maker*, *relay*, *AC light dimmer*, *Arduino Uno R3*, *ESP32*, *DHT22*, *DS18B20* dan lampu pijar 25 Watt.



Gambar 4. Skema Rangkaian

Perencanaan *Fuzzy Logic Controller*

Pada sistem ini, *set point* yang akan dicapai suhu berjemur 40°C dan kelembapan lingkungan terrarium 85%.

1. Fuzzifikasi Input Suhu Berjemur

Suhu Berjemur Sangat Dingin bernilai 20°C – 35°C.

Suhu Berjemur Dingin bernilai 30°C – 40°C.

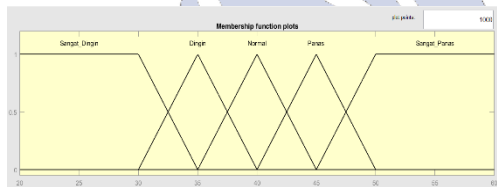
Suhu Berjemur Normal bernilai 35°C – 45°C.

Suhu Berjemur Panas bernilai 40°C – 50°C.

Suhu Berjemur Sangat Panas bernilai 45°C – 60°C.

Fuzzy membership function dinyatakan dalam salah satu persamaan berikut:

$$\mu_{\text{Normal}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 35 \text{ atau } x \geq 45 \\ \frac{(x-35)}{(40-35)} & ; 35 < x < 40 \\ 1 & ; x = 40 \\ \frac{(45-x)}{(45-40)} & ; 40 < x < 45 \end{cases} \quad (1)$$



Gambar 5. *Membership Function* Suhu Berjemur

2. Fuzzifikasi Input Suhu Terrarium

Suhu Terrarium sangat dingin bernilai 20°C – 30°C.

Suhu Terrarium dingin bernilai 27.5°C – 32.5°C.

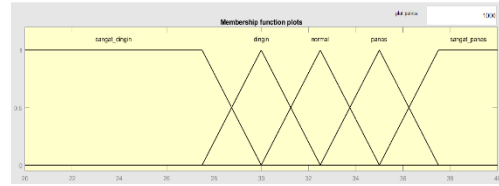
Suhu Terrarium normal bernilai 30°C – 35°C.

Suhu Terrarium panas bernilai 32.5°C – 37.5°C.

Suhu Terrarium sangat panas bernilai 35°C – 40°C

Fuzzy membership function dinyatakan dalam salah satu persamaan berikut:

$$\mu_{\text{dingin}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 27,5 \text{ atau } x \geq 32,5 \\ \frac{(x-27,5)}{(30-27,5)} & ; 27,5 < x < 30 \\ 1 & ; x = 30 \\ \frac{(32,5-x)}{(32,5-30)} & ; 30 < x < 32,5 \end{cases} \quad (2)$$



Gambar 6. *Membership Function* Suhu Terrarium

3. Fuzzifikasi Input Kelembapan

Kelembapan Sangat Kering bernilai 0 – 45%.

Kelembapan Kering bernilai 35 – 55%.

Kelembapan Agak Kering bernilai 45 – 65%.

Kelembapan Normal bernilai 55 – 75%.

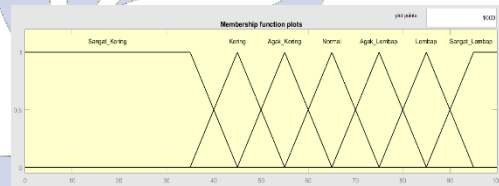
Kelembapan Agak Lembap bernilai 65 – 85%.

Kelembapan Lembap bernilai 75 – 95%.

Kelembapan Sangat Lembap bernilai 85 – 100%.

Fuzzy membership function dinyatakan dalam salah satu persamaan berikut:

$$\mu_{\text{Lembap}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 75 \text{ atau } x \geq 95 \\ \frac{(x-75)}{(85-75)} & ; 75 < x < 85 \\ 1 & ; x = 85 \\ \frac{(95-x)}{(95-85)} & ; 85 < x < 95 \end{cases} \quad (3)$$



Gambar 7. *Membership Function* Kelembapan

4. Fuzzifikasi Output Kecerahan Lampu

Kecerahan Lampu Sangat Redup bernilai 50 – 65%.

Kecerahan Lampu Redup bernilai 60 – 70%.

Kecerahan Lampu Agak Redup bernilai 65 – 75%.

Kecerahan Lampu Sedang bernilai 70 – 80%.

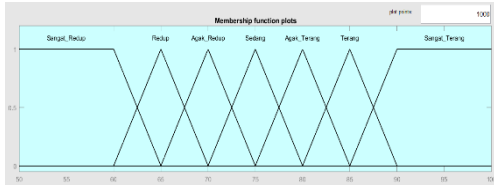
Kecerahan Lampu Agak Terang bernilai 75 – 85%.

Kecerahan Lampu Terang bernilai 80 – 90%.

Kecerahan Lampu Sangat Terang bernilai 85 – 100%.

Fuzzy membership function dinyatakan dalam salah satu persamaan berikut:

$$\mu_{\text{Redup}}(z) = \begin{cases} 0 & ; z \leq 60 \text{ atau } z \geq 65 \\ \frac{(z-60)}{(65-60)} & ; 60 < z < 65 \\ 1 & ; z = 65 \\ \frac{(70-z)}{(70-65)} & ; 65 < z < 70 \end{cases} \quad (4)$$



Gambar 8. Membership Function Kecerahan Lampu

5. Fuzzifikasi Output Durasi Mist Maker

Durasi Mist Maker Sangat Singkat bernilai 0 – 30 detik.

Durasi Mist Maker Singkat bernilai 10 – 50 detik.

Durasi Mist Maker Agak Singkat bernilai 30 – 70 detik.

Durasi Mist Maker Cukup bernilai 50 – 90 detik.

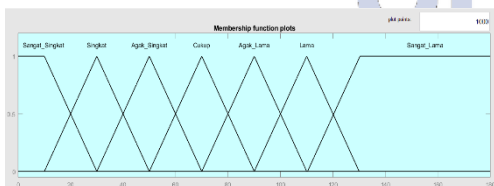
Durasi Mist Maker Agak Lama bernilai 70 – 110 detik.

Durasi Mist Maker Lama bernilai 90 – 130 detik.

Durasi Mist Maker Sangat Lama bernilai 110 – 180 detik.

Fuzzy membership function dinyatakan dalam salah satu persamaan berikut:

$$\mu_{\text{Lama}}(z) = \begin{cases} 0 & ; z \leq 95 \text{ atau } z \geq 135 \\ \frac{(z-95)}{(115-95)} & ; 95 < z < 115 \\ 1 & ; z = 110 \\ \frac{(130-z)}{(130-110)} & ; 110 < z < 130 \end{cases} \quad (5)$$



Gambar 9. Membership Function Durasi Mist Maker

6. Aturan Dasar Fuzzy Logic

Tabel 1. Aturan Fuzzy Logic

IF	THEN
Suhu Berjemur Sangat Dingin AND Suhu Terrarium sangat dingin	Kecerahan Lampu Sangat Terang
Suhu Berjemur Sangat Dingin AND Suhu Terrarium dingin	Kecerahan Lampu Sangat Terang
Suhu Berjemur Sangat Dingin AND Suhu Terrarium normal	Kecerahan Lampu Sangat Terang
Suhu Berjemur Dingin AND Suhu Terrarium sangat dingin	Kecerahan Lampu Sangat Terang
Suhu Berjemur Dingin AND Suhu Terrarium dingin	Kecerahan Lampu Sangat Terang
Suhu Berjemur Dingin AND Suhu Terrarium normal	Kecerahan Lampu Terang
Suhu Berjemur Dingin AND Suhu Terrarium panas	Kecerahan Lampu Agak Terang
Suhu Berjemur Normal AND Suhu Terrarium dingin	Kecerahan Lampu Agak Terang
Suhu Berjemur Normal AND Suhu Terrarium normal	Kecerahan Lampu Sedang
Suhu Berjemur Normal AND Suhu Terrarium panas	Kecerahan Lampu Agak Redup
Suhu Berjemur Normal AND Suhu Terrarium sangat panas	Kecerahan Lampu Redup
Suhu Berjemur Panas AND Suhu Terrarium normal	Kecerahan Lampu Agak Redup
Suhu Berjemur Panas AND Suhu Terrarium panas	Kecerahan Lampu Redup
Suhu Berjemur Panas AND Suhu Terrarium sangat panas	Kecerahan Lampu Sangat Redup
Suhu Berjemur Sangat Panas AND Suhu Terrarium panas	Kecerahan Lampu Sangat Redup
Suhu Berjemur Sangat Panas AND Suhu Terrarium sangat panas	Kecerahan Lampu Sangat Redup
Kelembapan Sangat Kering	Durasi Mist Maker Sangat Lama
Kelembapan Kering	Durasi Mist Maker Lama
Kelembapan Agak Kering	Durasi Mist Maker Agak Lama
Kelembapan Normal	Durasi Mist Maker Cukup
Kelembapan Agak Lembap	Durasi Mist Maker Agak Singkat
Kelembapan Lembap	Durasi Mist Maker Singkat
Kelembapan Sangat Lembap	Durasi Mist Maker Sangat Singkat

Prototipe Terrarium Bayi Kura-Kura Darat *Centrochelys Sulcata* dengan Metode Fuzzy Logic Controller

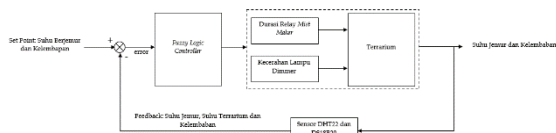
7. Metode Defuzzifikasi

Pada penelitian ini metode defuzzifikasi yang digunakan adalah *Center of Area*.

$$z^* = \frac{\int_Z Z\mu(z)dz}{\int_Z \mu(z) dz} \quad (6)$$

8. Blok Diagram Fuzzy Logic Controller

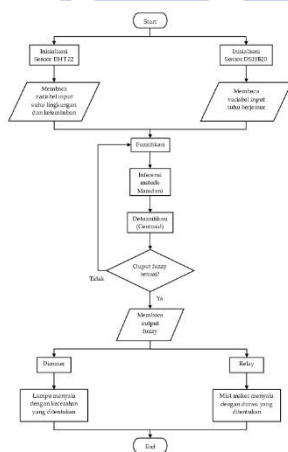
Prototipe ini merupakan sistem kontrol *loop* tertutup.



Gambar 10. Blok Diagram Fuzzy Logic Controller

9. Flowchart Fuzzy Logic

Gambar 11 menunjukkan *flowchart fuzzy logic* dalam memproses input sehingga menghasilkan output yang diinginkan.



Gambar 11. Flowchart Fuzzy Logic

HASIL DAN PEMBAHASAN

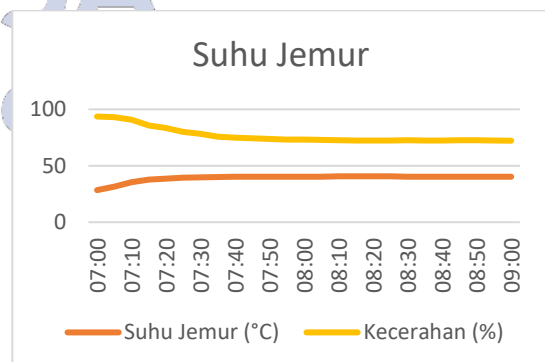
Pengujian Terrarium

Pada penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa hasil pengujian sebagai berikut.

Tabel 2. Pengujian Pengaturan Suhu Jemur dan Kelembaban

Jam	Suhu Jemur (°C)	Suhu Terrarium (°C)	Kelembaban (%)	Kecerahan (%)		Durasi Mist Maker (s)	
				ESP32	Matlab	ESP32	Matlab
07:00	28,45	27,60	77,60	93,62	93,60	49	49
07:05	31,45	30,10	80,80	93,06	93,10	43,6	43,7
07:10	35,45	30,60	83,60	90,91	91,00	38,5	38,6
07:15	37,70	31,00	84,50	85,66	85,70	36,3	36,4
07:20	38,70	31,20	85,00	83,29	83,30	34,8	35
07:25	39,45	31,70	85,40	80,11	80,10	34	34,2
07:30	39,70	32,10	84,70	78,25	78,30	35,7	35,9
07:35	39,95	32,40	85,60	75,89	75,80	33,6	33,8
07:40	40,20	32,50	85,20	74,85	74,70	34,4	34,6
07:45	40,20	32,60	84,80	74,27	74,30	35,4	35,6
07:50	40,20	32,80	85,80	73,76	73,80	33,2	33,4
07:55	40,45	32,90	85,00	73,20	73,20	34,8	35
08:00	40,45	32,90	85,40	73,20	73,20	34	34,2
08:05	40,45	33,00	85,80	73,02	73,00	33,2	33,4
08:10	40,70	33,00	84,80	72,61	72,60	35,4	35,6
08:15	40,70	33,10	84,60	72,46	72,50	36	36,1
08:20	40,70	33,20	84,00	72,32	72,30	37,6	37,7
08:25	40,70	33,20	84,50	72,32	72,30	36,3	36,4
08:30	40,45	33,30	84,70	72,55	72,50	35,7	35,9
08:35	40,45	33,30	85,20	72,55	72,50	34,4	34,6
08:40	40,45	33,30	85,80	72,55	72,50	33,2	33,4
08:45	40,20	33,40	85,00	72,39	72,40	34,8	35
08:50	40,20	33,40	85,60	72,39	72,40	33,6	33,8
08:55	40,45	33,50	85,40	72,23	72,20	34	34,2
09:00	40,45	33,50	85,00	72,23	72,20	34,8	35

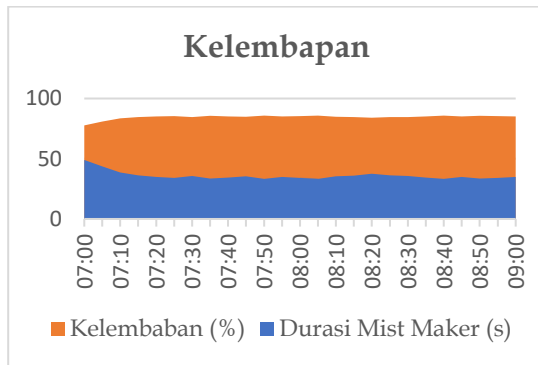
Pengujian dilakukan dalam waktu 2 jam, berdasarkan data yang didapat, *set point* suhu jemur tercapai dalam waktu 40 menit dan kelembaban dalam waktu 20 menit.



Gambar 12. Grafik Suhu Jemur

Tabel 3. Eror dan Delta Eror Suhu Jemur

Set Point	Suhu Jemur (°C)	Error	ΔError
40,00	40,20	-0,20	0
	40,45	-0,45	-0,25
	40,70	-0,70	-0,25
Rata-rata		-0,45	-0,33

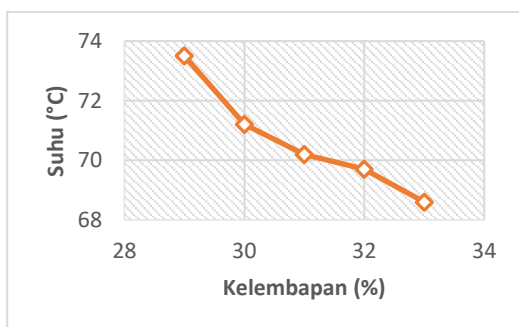


Gambar 13. Grafik Kelembapan

Tabel 4. Eror dan Delta Eror Kelembapan

Set Point	Kelembapan (%)	Error	ΔError
85,00	85,00	0	0
	85,40	-0,40	-0,40
	84,70	0,30	0,70
	85,60	-0,60	-0,9
	85,20	-0,20	0,40
	84,80	0,20	0,40
	85,80	-0,80	-1,00
	84,60	0,40	1,20
	84,00	1,00	0,60
	84,50	0,50	-0,50
Rata-rata		0,04	0,05

Gambar 14 merupakan data pengujian pengaruh suhu terhadap kelembapan. Ketika suhu mengalami peningkatan, maka kelembapan pada terrarium menurun.



Gambar 14. Grafik Hubungan Suhu dan Kelembapan

Pengujian terrarium selanjutnya dengan menambahkan seekor bayi kura-kura Sulcata untuk melihat pengaruh subjek terhadap kestabilan kelembapan dan suhu jemur.

Tabel 5. Hasil dengan Subjek Bayi Sulcata

Jam	Suhu Jemur (°C)	Kelembapan (%)
09:00	29,40	74,90
09:05	30,20	78,60
09:10	35,45	80,80
09:15	38,70	81,90
09:20	39,95	82,30
09:25	40,20	82,60
09:30	40,20	82,70
09:35	40,45	83,50
09:40	40,45	84,10
09:45	40,70	85,30
09:50	40,70	86,00
09:55	40,70	85,10
10:00	40,70	85,20

Keberadaan bayi Sulcata tidak memberikan pengaruh signifikan dikarenakan sistem sudah berjalan dengan baik.

Pengujian Metode Fuzzy Logic

Pada tahap pengujian metode *fuzzy logic* ini dilakukan dengan cara membandingkan output dari hasil pengujian dengan output dari Matlab. Suhu jemur dan suhu terrarium terbaca 40,20°C dan 32,50°C

1. Proses Fuzzifikasi

Proses ini merupakan tahap paling awal yang dibuat pada rancangan *fuzzy logic*. Sehingga data input dapat ditentukan derajat keanggotaannya.

Derajat keanggotaan suhu jemur:

$$\mu_{\text{Normal}}(40,20) = \frac{(45-40,20)}{(45-40)} = 0,96$$

$$\mu_{\text{Panas}}(40,20) = \frac{(40,20-40)}{(45-40)} = 0,04$$

Derajat keanggotaan suhu lingkungan terrarium:

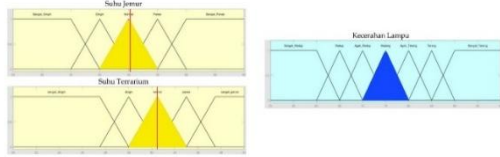
$$\mu_{\text{normal}}(32,50) = 1$$

2. Inferensi

[R9] IF Suhu Berjemur Normal AND Suhu Terrarium normal THEN Kecerahan Lampu Sedang.

$$\alpha_9 = \mu_{\text{Normal}} \cap \mu_{\text{normal}} = \min(0,96; 1) = 0,96$$

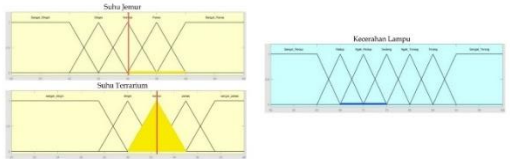
Prototipe Terrarium Bayi Kura-Kura Darat *Centrochelys Sulcata* dengan Metode Fuzzy Logic Controller



Gambar 15. Proses Implikasi Aturan 9

[R12] IF Suhu Berjemur Panas AND Suhu Terrarium normal THEN Kecerdasan Lampu Agak Redup.

$$\alpha_{12} = \mu_{\text{Panas}} \cap \mu_{\text{normal}} = \min(0,04 ; 1) = 0,04$$



Gambar 16. Proses Implikasi Aturan 12

3. Komposisi Aturan

Digunakan metode *max* untuk melakukan komposisi antar semua aturan.



Gambar 17. Kombinasi Proses Komposisi

Nilai a_1 :

$$\frac{(a_1-85)}{(90-85)} = 0,96 \rightarrow a_1 = 89,8$$

Nilai a_2 :

$$\frac{(a_2-85)}{(90-85)} = 0,96 \rightarrow a_2 = 89,8$$

Nilai a_3 :

$$\frac{(a_3-85)}{(90-85)} = 0,96 \rightarrow a_3 = 89,8$$

Nilai a_4 :

$$\frac{(a_4-85)}{(90-85)} = 0,96 \rightarrow a_4 = 89,8$$

4. Proses Defuzzifikasi

Langkah pertama menghitung momen untuk setiap daerah.

$$M_1 = \int_{65}^{65,2} \left(\frac{1}{5} z - \frac{65}{5} \right) z dz = 0,26$$

$$M_2 = \int_{65,2}^{70,2} 0,04 z dz = 13,54$$

$$M_3 = \int_{70,2}^{74,8} \left(\frac{1}{5} z - \frac{70}{5} \right) z dz = 168,37$$

$$M_4 = \int_{74,8}^{75,2} 0,96 z dz = 28,8$$

$$M_5 = \int_{75,2}^{80} \left(\frac{80}{5} - \frac{1}{5} z \right) z dz = 176,94$$

$$M_{\text{Total}} = 387,91$$

Langkah kedua yaitu menghitung luas daerah.

$$A_1 = \frac{0,2 \times 0,04}{2} = 0,004$$

$$A_2 = 5 \times 0,04 = 0,2$$

$$A_3 = \frac{(0,04 + 0,96) \times 4,6}{2} = 2,3$$

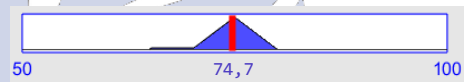
$$A_4 = 0,4 \times 0,96 = 0,384$$

$$A_5 = \frac{4,8 \times 0,96}{2} = 2,304$$

$$A_{\text{Total}} = 5,192$$

Maka, output yang dihasilkan yaitu:

$$z^* = \frac{\int_z Z \mu(z) dz}{\int_z \mu(z) dz} = \frac{387,91}{5,192} = 74,71 \approx 74,7$$



Gambar 18. Output Fuzzy Logic

Pengujian Monitoring dan Controlling Menggunakan Blynk

Pengujian dilakukan dengan memantau data yang ditampilkan dalam Blynk secara *online*. Data yang ditampilkan berupa suhu terrarium, suhu area jemur dan kelembapan terrarium.



Gambar 19. Monitoring

Blynk mampu memberikan perintah dan menerima sinyal dengan kecepatan kurang dari 1 detik.

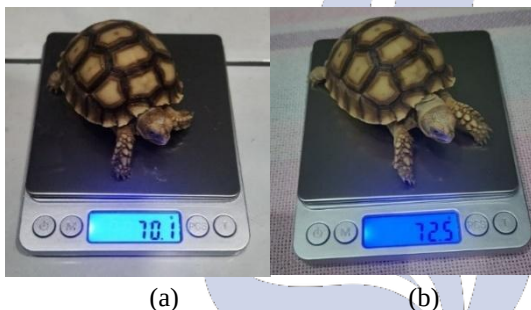


Gambar 20. *Controlling*

Pengujian dilakukan dengan mematikan lampu melalui Blynk, dan didapati hasil lampu dapat padam dalam waktu kurang dari 1 detik.

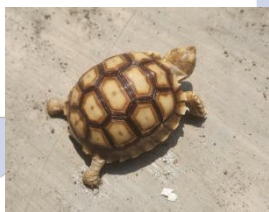
Implementasi Terhadap Perkembangan Bayi Kura-kura

Terrarium ini dijadikan habitat untuk memantau keberhasilan sistem dengan waktu pengujian 2 minggu.



Gambar 21. (a) Berat Awal, (b) Berat Akhir

Keberhasilan *IoT* Terrarium tentunya akan menjaga kesehatan kura-kura, dan mempertahankan stabilitas kenaikan berat badannya. Penambahan berat badan cukup positif, karena berat badan meningkat 3,42% dari berat pada 14 hari sebelumnya.



Gambar 22. Tampilan Fisik

Tidak adanya bercak abnormal dan sisik pada kulit. Selain itu, tempurung kura-kura juga tetap sehat, ditunjukkan dengan cangkang yang kuat dan simetris tanpa tonjolan yang tidak wajar.

PENUTUP

Simpulan

Rancangan prototipe terrarium yang menggunakan metode *fuzzy logic controller* berhasil dikembangkan dan berfungsi dengan baik dalam

mengendalikan suhu dan kelembapan secara otomatis. Pengujian menunjukkan bahwa suhu jamur stabil pada sekitar 40°C dengan toleransi 0,70°C, serta kelembapan dijaga antara 84,00%-85,80%, menciptakan lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan bayi kura-kura Sulcata.

Penerapan sistem fuzzy logic terbukti memiliki tingkat akurasi tinggi dalam menjaga suhu dan kelembapan, dengan rata-rata eror suhu -0,45 dan rata-rata delta eror suhu -0,33, sedangkan rata-rata eror kelembapan 0,04 dan rata-rata delta eror kelembapan 0,05. Ini menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara efisien dan efektif dalam menjaga lingkungan terrarium mendekati set point yang diinginkan, tanpa memerlukan intervensi manual.

Saran

Berdasarkan simpulan di atas terdapat beberapa saran yang dapat penulis berikan agar dapat dijadikan bahan untuk mengembangkan penelitian ini pada penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Menggunakan *mist maker* yang dapat dikontrol dengan sinyal analog, sehingga mampu mengeluarkan output sesuai kebutuhan secara *real-time*.
2. Penggunaan lampu UVB pada waktu tertentu untuk sintesis vitamin D3 dan metabolisme kalsium dalam proses tumbuh kembang bayi kura-kura Sulcata.
3. Penggunaan lebih dari satu kura-kura untuk dapat menganalisis pengaruh keberadaan subjek terhadap suhu dan kelembapan ruangan yang sedang dikontrol oleh sistem.
4. Menggunakan lampu pijar dengan watt lebih besar agar dapat memanaskan lebih cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Erina, Dewi, K., Sutriana, A., Fakhruddin, Ismail, & Hennivanda. Deteksi *Salmonella sp* Pada Saluran Pencernaan Kura-Kura Ambon (*Cuora Amboinensis*). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner*. 2019;3(2):66-61.
- Safrida. *BAB IX Reptilia*. In *Zoologi Vertebrata: Memuat Riset Terkini*. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press; 2021. p. 73-82.
- Faridha, M., & Ifan. Studi Komparasi Lampu Pijar, LED, LHE dan TL yang Ada Dipasaran Terhadap Energi yang Terpakai. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*. 2016;2(1):24-29.
- Rindengan, A. J., & Langi, Y. A. *Sistem Fuzzy*. Manado: Patria Media Grafindo; 2019.

- Muchtar, H., & Syamsur, R. A. *Fuzzy Logic* pada Sistem Pendingin Ruangan Berbasis Raspberry. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*. 2021;IV(2):155-162.
- Yang, B., Li, Y., Li, J., Shu, H., Zhao, X., Ren, Y., & Li, Q. Comprehensive Summary of Solid Oxide Fuel Cell Control: A State-of-the-Art Review. *Protection and Control of Modern Power Systems*. 2022;VII(36):1-31.
- Sugandi, B., & Armentaria, J. Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Metode Logika Fuzzy. *Journal of Applied Electrical Engineering*. 2021;5(1):5-8.
- Kim, J.-H., Jung, J.-H., Ryu, M.-H., & Baek, J.-W. A Simple Dimmer Using a MOSFET for AC Driven Lamp. In *IECON 2011 - 37th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*. Melbourne; 2011. p. 3007-3012.
- Ramdani, Marisa, & Carudin. Implementasi Kendali Intensitas Cahaya Lampu dengan Internet of Things Berbasis Arduino Uno Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*. *Jurnal Teknologi Terpadu*. 2021;7(1):51-58.
- Ramadhani, S. F., Wahyuningsih, P., Jalil, A., & Suryana, S. Design of Digital kWh-Meter to Top-Up the Electric Pulses by Automatically Using Relay Module Based on SMS and Arduino Uno. *ILKOM Jurnal Ilmiah*. 2022;14(3):229-236.
- Subagyo, L. A., & Suprianto, B. Sistem Monitoring Arus Tidak Seimbang 3 Fasa Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro*. 2017;6(3):213-221.
- Permatasari, D., & Jakaria, D. A. Implementasi Sistem Kehadiran Menggunakan RFID (Radio Frequency Identification) Berbasis IoT (Internet of Thing). *Jurnal Teknik Informatika*. 2023;11(2):11-20.
- Artiyasa, M., Kusumah, I. H., Suryana, A., Sidik, E. A. D. W. M., & Junfithrana, A. P. Comparative Study of Internet of Things (IoT) Platform for Smart Home Lighting Control Using NodeMCU with Thingspeak and Blynk Web Applications. *Fidelity: Jurnal Teknik Elektro*. 2020;II(1):1-6.
- Handoko, R. Uji Karakteristik Humidifier Sebagai Sistem Pengkabutan Rumah Sarang Walet. *Universitas Hasanuddin*; 2022.
- Putra, A. P., & Suwarno, J. Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban untuk Kandang Reptil Berbasis IoT dengan Platform Blynk. *Scientia Sacra: Jurnal Sains, Teknologi dan Masyarakat*. 2022;2(4):10-22.
- Muzaky, M. R., Pranoto, Y. A., & Vendyansyah, N. Penerapan IoT (Internet of Things) Pada Pemantauan Kesehatan Kandang Hewan Jenis Landak Mini Berbasis Arduino dengan Menggunakan Metode Logika Fuzzy. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*. 2021;V(2):541-547.
- Candra, J. E., & Syafrianto, H. Prototipe Pengontrolan Suhu Otomatis Pada Inkubator Penetas Telur Menggunakan Arduino Uno. *Jurnal Desain dan Analisis Teknologi*. 2022;1(1):51-58.
- Rafido, M. R., Nusantara, G. D., & Rahmadwati. Sistem Pengendalian Suhu Pada Kandang Ular Menggunakan Kontroler On-Off. *Jurnal Mahasiswa TEUB*. 2016;IV(8):1-5.