

## Implementasi *Fuzzy Logic Mamdani* pada Sistem *Monitoring* dan Kontrol Kandang *Maggot BSF*

Irfan Harlim<sup>1</sup>, Mochammad Hannats Hanafi Ichsan<sup>2</sup>, Eko Setiawan<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya  
Email: <sup>1</sup>irfanharlim@student.ub.ac.id, <sup>2</sup>hanas.hanafi@ub.ac.id, <sup>3</sup>ekosetiawan@ub.ac.id

### Abstrak

Keberhasilan dalam membudidayakan *maggot BSF* (*Black Soldier Fly*) salah satunya dipengaruhi oleh mutu lingkungan hidupnya yang harus tetap ideal yaitu suhu dan kelembaban. Tetapi hal tersebut masih jarang diketahui sehingga menjadi salah satu faktor penyebab kegagalan pembudidayaan *maggot BSF*. Oleh sebab itu, sistem *monitoring* dan kontrol pada kandang *maggot BSF* dapat menjadi solusi permasalahan tersebut. Aplikasi telegram berfungsi sebagai media penampil sistem yang dirancang. *Monitoring* berfungsi untuk mendapatkan informasi terkini mengenai suhu dan kelembaban pada kandang *maggot BSF*, sedangkan sistem kontrol dirancang untuk menentukan aktuator yang aktif sesuai dengan kondisi pada kandang *maggot BSF* agar tetap ideal menggunakan metode *fuzzy logic mamdani*. Dari hasil pengujian disimpulkan bahwa sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Bot telegram mampu memberikan umpan balik sesuai dengan perintah yang dikirimkan oleh *user* dengan waktu respon 2 detik. Akurasi sensor DHT22 dalam *sensing* suhu sebesar 99.16% sedangkan akurasi dalam *sensing* kelembaban sebesar 95.31%. Implementasi *fuzzy logic* pada sistem mampu membuat mutu lingkungan hidup *maggot BSF* tetap ideal dan dapat menentukan aktuator yang aktif sesuai kondisi pada kandang *maggot BSF* dengan akurasi terhadap output defuzzifikasi lampu sebesar 99.89% dan nilai akurasi terhadap output defuzzifikasi *mist maker* serta kipas sebesar 98.66%.

**Kata kunci:** *maggot BSF* (*Black Soldier Fly*), kandang *maggot BSF*, *fuzzy logic mamdani*, sistem *monitoring*, sistem kontrol

### Abstract

*One of the successes in cultivating BSF (Black Soldier Fly) maggots is influenced by the quality of the environment that must remain ideal, namely temperature and humidity. But this is still rarely known so that it is one of the factors causing the failure to cultivate BSF maggots. Therefore, the monitoring and control system on the BSF maggot cage can be a solution to this problem. The telegram application serves as a media viewer of the designed system. Monitoring serves to get the latest information about the temperature and humidity in the BSF maggot cage, while the control system is designed to determine the active actuator according to the conditions in the BSF maggot cage to remain ideal using the fuzzy logic Mamdani method. From the test results it is concluded that the system can work according to its functions. Telegram bots can provide feedback according to commands sent by users with a response time of 2 seconds. The accuracy of the DHT22 sensor in temperature sensing is 99.16% while the accuracy in humidity sensing is 95.31%. The implementation of fuzzy logic in the system can make the quality of the BSF maggot environment remain ideal and can determine the active actuator according to the conditions on the BSF maggot cage with accuracy to the lamp defuzzification output of 99.89% and the accuracy to the mist maker and fan defuzzification output of 98.66%.*

**Keywords:** *BSF* (*Black Soldier Fly*) *maggot*, *BSF maggot cage*, *fuzzy logic mamdani*, *monitoring system*, *control system*

## 1. PENDAHULUAN

Larva atau *maggot* merupakan mikroorganisme yang berasal dari *Black Soldier*

*Fly* (*BSF*) atau lalat tentara hitam. Di Indonesia untuk penamaannya lebih dikenal dengan *maggot BSF*. *Maggot* terbentuk setelah fase penetasan telur-telur lalat *BSF*. Makanannya hanya sampah organik seperti sampah-sampah

organik perkotaan ataupun sampah agro-industri maupun sampah rumah tangga sehingga kandungan protein *maggot BSF* sangat tinggi yaitu berkisar antara 40% (Yuwono & Mentari, 2018). Memiliki kandungan protein yang tinggi *maggot BSF* dapat dijadikan pakan alternatif untuk ternak unggas maupun ikan. Di Indonesia mulai banyak diminati oleh pemula yang melakukan budidaya *maggot BSF*. Keberhasilan untuk melakukan budidaya ditentukan oleh beberapa mutu lingkungan hidupnya yaitu suhu dan kelembaban (Yuwono & Mentari, 2018).

Masih sangat kurang bahkan jarang diketahui oleh masyarakat Indonesia dalam melakukan pembudidayaan *maggot BSF* harus memperhatikan suhu dan kelembaban, sehingga menyulitkan dalam melakukan proses pembudidayaan meskipun pembudidaya telah memberikan pakan yang tepat dan kandang yang layak. Jika pembudidaya tidak memperhatikan lingkungan hidup pada kandang *maggot BSF*, dimana ketika kondisi suhu terlalu panas dan kelembaban udara yang kering ataupun terjadi penurunan suhu dalam waktu yang lama maka menyebabkan *maggot BSF* menjadi lemas bahkan menyebabkan kematian masal pada proses pembudidayaan. Bila lingkungan hidup pada kandang *maggot BSF* memiliki suhu yang stabil dan kelembaban relatif udara cukup baik, maka sangat baik pula terhadap pertumbuhan *maggot BSF* (Yuwono & Mentari, 2018). Kondisi lingkungan hidup kandang yang ideal bagi *maggot BSF* adalah suhu berkisar antara 30-36°C dan kelembaban berkisar 60-80% (Yuwono & Mentari, 2018).

Oleh karena itu untuk memudahkan pembudidaya *maggot BSF* dalam membuat mutu lingkungan hidup tetap ideal yaitu dengan membuat sistem *monitoring* dan kontrol pada kandang *maggot BSF* dengan menggunakan metode *fuzzy logic*. Sistem ini menggunakan media sosial telegram yang digunakan sebagai media penampil, dengan begitu informasi mengenai parameter-parameter lingkungan hidup *maggot BSF* dapat dilakukan *monitoring* dari jarak jauh. Sistem ini menggunakan sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu serta kelembaban pada kandang *maggot BSF*. Unit pemrosesan data *input* menggunakan mikrokontroler ESP32, hasil pengolahan data digunakan untuk mengatur intensitas cahaya dua buah lampu menggunakan *dimmer* dan juga digunakan untuk mengatur durasi *mist maker* dan kipas menyala menggunakan *relay*.

Desain sistem menggunakan prototipe kandang *maggot BSF* dengan ukuran 90 cm x 40 cm x 25cm yang terbuat dari bahan triplek. Prototipe terbagi menjadi 2 bagian yaitu bagian utama untuk kandang dan bagian kedua untuk meletakkan kebutuhan sistem perangkat keras yang terdiri dari mikrokontroler ESP32, *dimmer*, *relay*, *mist maker*, kipas DC, adaptor 12 VDC dan adaptor 24 VDC.

Metode yang digunakan pada penelitian ini *fuzzy logic* mamdani. Metode *fuzzy logic* mamdani memiliki kelebihan yaitu hasil perhitungannya atau *fuzzy output* lebih mendekati hasil sebenarnya (Batubara, 2017). Penelitian terkait penerapan metode *fuzzy logic* telah dilakukan salah satunya dengan judul "Penerapan Logika Fuzzy Pada Sistem *Monitoring* Dan Kontrol Kandang Ayam Otomatis Berbasis *IoT*". Penerapan *fuzzy logic* pada penelitian tersebut dapat bekerja dengan baik dalam mengontrol untuk mematikan ataupun menonaktifkan akuator. Pada penelitian yang akan dilaksanakan metode *fuzzy logic* mamdani digunakan untuk mengatur akuator yang aktif sesuai dengan kondisi pada kandang *maggot BSF*, untuk membuat kondisi tetap ideal.

Untuk dapat mengoperasikan sistem pada prototipe yang dibuat menggunakan aplikasi telegram sebagai media penampil. Aplikasi telegram dapat dihubungkan dengan perangkat lain melalui API (*Application Programming Interface*). API yang tersedia pada aplikasi telegram salah satunya yaitu bot *massage* atau bot telegram, dengan menggunakan bot telegram setiap perintah yang dikirimkan oleh *user* akan dikirimkan ke sistem yang digunakan sebagai pengolahan perintah. Penelitian ini mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai unit pengolahan perintah dari *user*. *User* dapat melakukan *monitoring* dengan mudah serta dapat mengaktifkan ataupun menonaktifkan sistem kontrol otomatis dari jarak jauh. Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat membantu pembudidaya *maggot BSF* dalam mempermudah untuk melakukan *monitoring* dan kontrol terhadap mutu lingkungan hidup *maggot BSF* agar tetap ideal dan dapat menghindari kegagalan dalam proses pembudidayaan.

## 2. METODE PENELITIAN

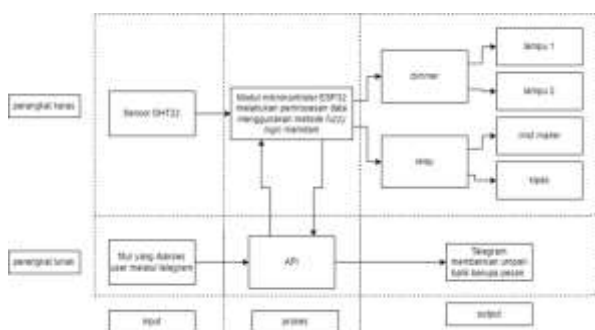
### 2.1 Gambaran Umum Sistem

Pada penelitian ini, sistem yang akan dirancang yaitu sistem *monitoring* dan kontrol pada kandang *maggot BSF* dengan

menggunakan sensor DHT22, mikrokontroler ESP32, *dimmer*, *relay*, dua buah lampu, *mist maker*, kipas DC dan aplikasi telegram. Sensor DHT22 berfungsi sebagai input untuk mendeteksi suhu dan kelembaban. mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai tempat pengolahan data input menggunakan metode fuzzy logic, hasil output fuzzy berfungsi untuk menggerakkan akuator yang dikontrol menggunakan *dimmer* dan *relay*. *Dimmer* berfungsi untuk mengatur tingkat kecerahan cahaya lampu dengan nilai sesuai *output fuzzy*. *Relay* berfungsi untuk mengaktifkan *mist maker* dan kipas dengan durasi sesuai *output fuzzy*. Dua buah lampu pijar dengan daya 15-watt berfungsi untuk menaikkan suhu pada kandang *maggot BSF*. *Mist maker* berfungsi untuk menaikkan kelembaban pada kandang *maggot BSF*. Kipas DC berfungsi sebagai pengalir uap atau embun yang dihasilkan *mist maker* menuju kandang *maggot BSF*. Aplikasi telegram berfungsi sebagai media penampil yang menyediakan bot telegram untuk dapat diakses oleh pengguna, terdapat dua fitur yang tersedia pada bot telegram yaitu fitur untuk mengecek kondisi

Prototipe dibuat menggunakan bahan triplek dengan bentuk persegi panjang dan memiliki ukuran keseluruhan yaitu 90 cm x 40 cm x 25 cm. Prototipe yang dirancang memiliki dua bagian, dimana bagian utama difungsikan sebagai kandang *maggot BSF* dengan ukuran 60 cm x 40 cm x 25 cm sedangkan bagian kedua dengan ukuran 30 cm x 40 cm x 25 cm difungsikan untuk meletakkan kebutuhan sistem perangkat keras yang terdiri dari mikrokontroler ESP32, *dimmer*, *relay*, *mist maker*, kipas DC, adaptor 12 VDC dan adaptor 24 VDC. Pada bagian kandang diberikan penutup yang dapat dibuka dan terdapat sedikit bagian terbuka yang berfungsi sebagai sirkulasi udara. sedangkan bagian untuk meletakkan sistem tidak diberikan penutup karena terdapat hawa panas yang dihasilkan oleh komponen sehingga untuk menjaga kinerja komponen agar tetap optimal bagian kebutuhan sistem tidak diberikan penutup.

Gambar 3 menunjukkan skematik perancangan keras.



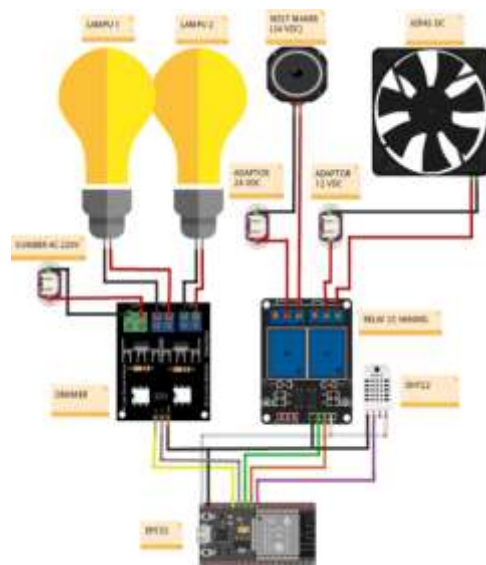
Gambar 1. Blok Diagram Sistem kandang dan fitur untuk sistem kontrol kandang *maggot BSF*.

### 2.2 Perancangan Sistem

Gambar 2 merupakan rancangan keseluruhan prototipe kandang *maggot BSF*.



Gambar 2. Rancang Prototipe Bagian Kandang (Kiri) dan Bagian Kebutuhan Sistem (Kanan)

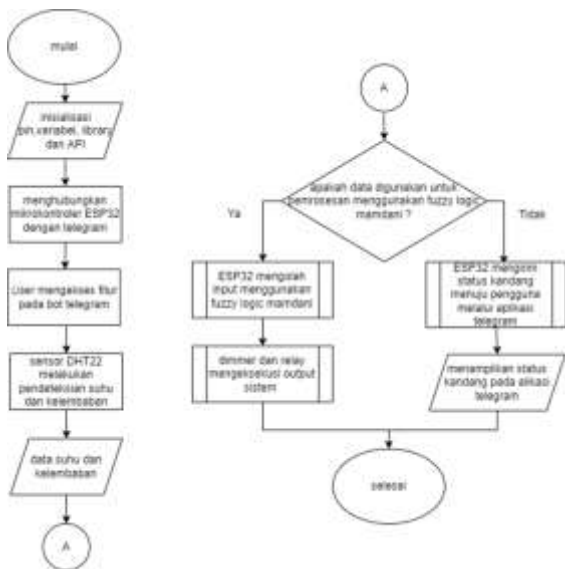


Gambar 3. Skematik Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras terdiri dari sensor DHT22, mikrokontroler ESP32, *dimmer*, *relay*, dua buah lampu, *mist maker*, kipas DC yang dihubungkan dengan sedemikian rupa sehingga membentuk sebuah sistem yang dapat bekerja dengan fungsinya.

Gambar 4 menunjukkan perancangan perangkat lunak secara menyeluruh. Pada proses awal, sistem akan melakukan inisialisasi pin, *variabel*, *library* dan *API (Application*

*Programming Interface*). Kemudian menghubungkan mikrokontroler ESP32 dengan aplikasi telegram melalui API. Setelah itu *user* diharuskan mengakses fitur menu dengan menekan tombol yang tersedia pada bot telegram. Sensor DHT22 akan memulai pembacaan data nilai suhu dan kelembaban. Data nilai yang masih berupa nilai digital dikirim menuju mikrokontroler ESP32 untuk dikonversi, sehingga menghasilkan data status kandang yaitu nilai suhu dalam *celcius* (°C) dan kelembaban dalam *Relative Humidity* (% RH). Ketika data hasil pembacaan sensor DHT22 tidak digunakan untuk pemrosesan menggunakan *fuzzy logic* mamdani melainkan *user* mengakses fitur status kandang, maka data status kandang selanjutnya dikirim menuju pengguna melalui aplikasi telegram dan aplikasi telegram akan menampilkan data status kandang *maggot BSF* yaitu nilai suhu dalam °C dan % RH. Jika data hasil pembacaan sensor DHT22 digunakan untuk pemrosesan menggunakan *fuzzy logic* mamdani, maka nilai suhu dan kelembaban akan di komputasi datanya menggunakan metode *Fuzzy logic* mamdani. Hasil dari komputasi menggunakan metode *Fuzzy logic* mamdani berupa nilai *fuzzy output*. *Fuzzy output* akan menentukan tingkat kecerahan cahaya lampu dengan menggunakan

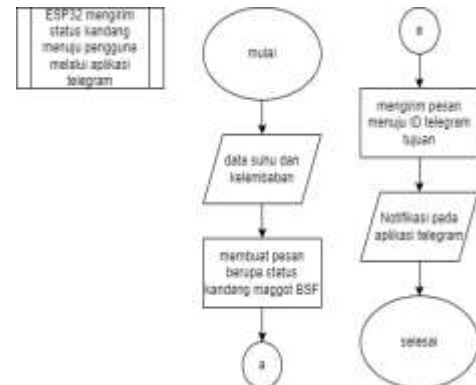


Gambar 4. Perancangan Keseluruhan Perangkat Lunak

*dimmer* dan menentukan durasi *mist maker* dan kipas menyala menggunakan *relay*.

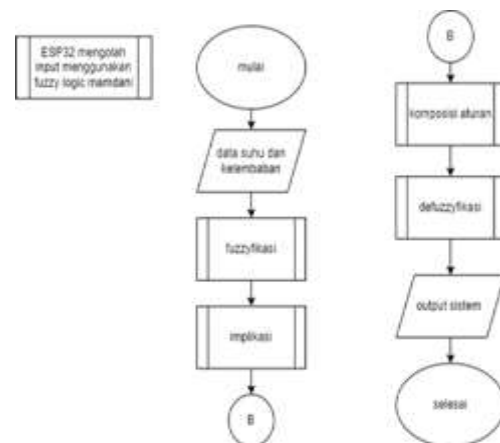
Pada Gambar 5 tahapan sub proses bermula dari data suhu dan kelembaban yang telah diproses mikrokontroler ESP32, sistem akan

membuat pesan *template* yang berisi data suhu dan kelembaban terkini. Kemudian mikrokontroler ESP32 akan mengirimkan pesan tersebut menuju pengguna melalui aplikasi telegram. Pesan yang dikirim berupa status



Gambar 5. Flowchart Sub Proses Pengiriman Data Menuju Aplikasi Telegram kandang dengan nilai hasil pembacaan sensor berupa suhu dan kelembaban.

Gambar 6 sub proses yang dilakukan mikrokontroler ESP32 dalam mengolah input data suhu dan kelembaban menggunakan metode *Fuzzy logic* mamdani. Terdapat empat tahapan pada metode *Fuzzy logic* mamdani yaitu fuzzyfikasi, implikasi, komposisi aturan dan defuzzyfikasi. Bermula dari nilai data suhu dan kelembaban yang didapatkan dari sensor DHT22



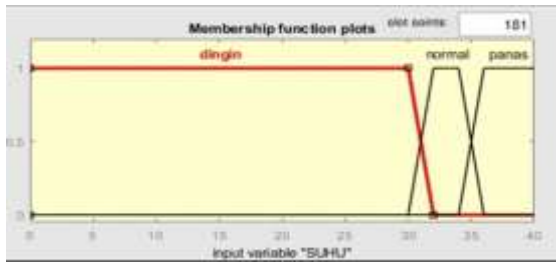
Gambar 6. Sub Proses Perancangan Metode Fuzzy Logic Mamdani

akan digunakan sebagai input, selanjutnya masuk kedalam tahapan fuzzyfikasi.

Fuzzyfikasi yaitu suatu proses merubah nilai *crisp input* menjadi *fuzzy input*. Pada tahapan fuzzyfikasi terdapat variabel *input* yang memiliki nilai linguistik. Variabel input yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari variabel suhu dan variabel kelembaban. Variabel suhu

terdapat tiga nilai linguistik yaitu dingin, normal dan panas.

Gambar 7 menampilkan himpunan variabel suhu yang memiliki tiga nilai linguistik yaitu dingin, normal dan panas. Suhu ideal yang diperlukan untuk perkembangan dan pertumbuhan *maggot BSF* yaitu berkisar antara 30°C - 36°C (Yuwono & Mentari, 2018).



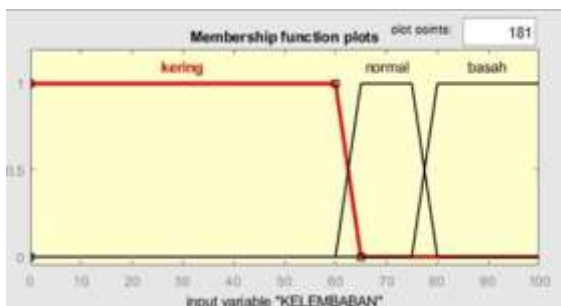
Gambar 7. Himpunan Variabel Suhu

Berikut Tabel 1 menunjukkan *range* input suhu.

Tabel 1. *Range input* Suhu

<i>Membership function</i>	<i>Range (°C)</i>
Dingin	≤ 32°C
Normal	30°C - 36°C
Panas	≥ 34°C

Gambar 8 menunjukkan Variabel kelembaban terdapat tiga nilai linguistik yaitu kering, normal dan basah. Kelembaban ideal yang diperlukan untuk perkembangan dan pertumbuhan *maggot BSF* yaitu berkisar antara 60% - 80% (Yuwono & Mentari, 2018).



Gambar 8. Himpunan variabel kelembaban

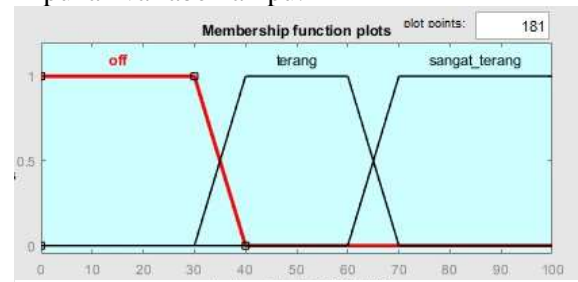
Tabel 2 menunjukkan *range* input kelembaban.

Tabel 2. *Range input* Kelembaban

<i>Membership function</i>	<i>Range (%RH)</i>
Kering	≤ 65%
Normal	60% - 80%
Basah	≥ 75%

Variabel output terdiri dari variabel lampu

dan variabel kipas. Gambar 9 merupakan himpunan variabel lampu.

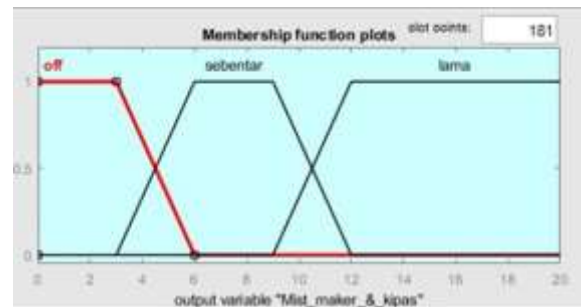


Gambar 9. Himpunan Variabel Lampu  
Tabel 3 menunjukkan *range output* lampu.

Tabel 3. *Range Output* Lampu

<i>Membership function</i>	<i>Range (%)</i>
Off	≤ 40%
Terang	30% - 70%
Sangat Terang	≥ 60%

Gambar 10 menunjukkan variabel *mist maker* terdiri dari tiga nilai linguistik yaitu off, sebentar dan lama. Setiap *range* nilai linguistik didapatkan berdasarkan observasi secara langsung pada penelitian.



Gambar 10. Himpunan variabel Mist Maker

Tabel 4 menunjukkan *range output* Mist Maker dan Kipas.

Tabel 4. *Range Output* Mist Maker dan Kipas

<i>Membership function</i>	<i>Range (detik)</i>
Off	≤ 6 detik
Sebentar	3 - 12 detik
Lama	≥ 9 detik

Setelah tahapan fuzzifikasi yang menghasilkan *fuzzy input*, tahapan selanjutnya yaitu implikasi. Pada tahapan implikasi merupakan suatu proses untuk menyusun *rule* yang menyatakan hubungan antara variabel input dan variabel *output*. Dalam penelitian ini tahapan implikasi menggunakan metode *min*. Metode *min* akan memilih derajat keanggotaan yang telah dihasilkan pada tahapan fuzzifikasi dengan nilai paling minimum (*min*) dari tiap *rule*.

Tabel 5. Rule Fuzzy

Suhu	Kelembaban	lampu	Mist maker
Dingin	Kering	Sangat terang	Lama
Dingin	Normal	Sangat terang	Off
Dingin	Basah	Sangat terang	Off
Normal Suhu	Kering	Terang	Lama
Normal Suhu	Normal	Terang	Sebentar
Normal Suhu	Basah	Terang	Off
Panas	Kering	Off	Lama
Panas	Normal	Off	Sebentar
Panas	Basah	Off	Off

Tabel 5 memperlihatkan *rule fuzzy* pada sistem yang dirancang sebanyak 9 *rule*. *Rule* tersebut didapatkan dari keanggotaan himpunan fuzzifikasi.

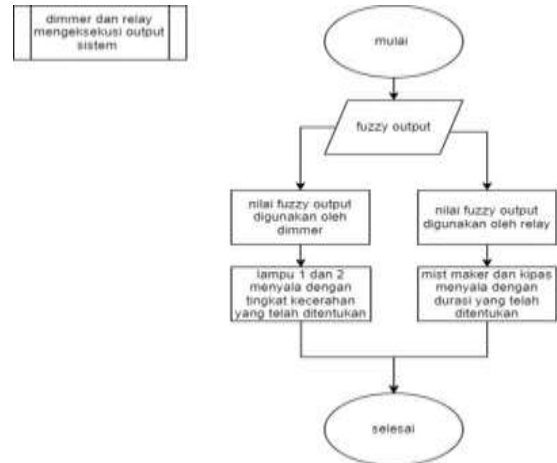
Setelah mendapatkan nilai minimum dari tiap *rule* melalui tahapan implikasi selanjutnya masuk kedalam tahapan komposisi aturan. Tahapan komposisi aturan akan memilih nilai nilai paling maksimum (*max*) dengan mengelompokkan nilai linguistik yang sama dari tahapan implikasi sehingga menghasilkan *fuzzy output*.

Tahapan defuzzifikasi merupakan suatu proses untuk merubah *fuzzy output* menjadi nilai *crisp output*. Pada penelitian ini defuzzifikasi menggunakan metode *centroid*, dimana penerapan metode *centroid* akan memberikan titik-titik acak yang digunakan sebagai penanda serta akan dihitung sehingga menghasilkan *output* berupa satu titik pusat area (*center of area* atau *center of gravity*). Setelah memberikan titik-titik acak maka dapat dihitung dengan persamaan (1).

Pada persamaan (1),  $z^*$  merupakan nilai hasil titik pusat daerah fuzzy. Variabel  $n$  menunjukkan jumlah sub area, sedangkan  $z$  dan  $\mu$  masing-masing melambangkan area dan *centroid* area dari sub area menuju  $i$ .

$$z^* = \frac{\sum_{i=0}^n z * \mu(z_i)}{\sum_{i=0}^n \mu(z_i)} \tag{1}$$

Gambar 11 menunjukkan proses akuator akan aktif sesuai dengan nilai *output fuzzy*. Bermula dari nilai *output fuzzy* yang dihasilkan dari proses defuzzifikasi akan menentukan tingkat kecerahan lampu dengan menggunakan modul dimmer dua channel, karena pada penelitian ini menggunakan dua buah lampu. Hasil *output fuzzy* selanjutnya digunakan untuk menentukan durasi *mist maker* dan kipas menyala menggunakan *relay* dua channel.



Gambar 11. Sub Proses Akuator Aktif Sesuai dengan Output fuzzy

### 2.3 Implementasi Alat

Sesuai dengan perancangan sistem bahwa prototipe dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian utama untuk kandang dan bagian kedua untuk meletakkan kebutuhan sistem. Gambar 12 merupakan bagian utama yaitu kandang *maggot BSF*.



Gambar 12. Bagian Utama Kandang *Maggot BSF*

Gambar 13 merupakan implementasi perangkat keras yang diletakkan pada prototipe.



Gambar 13. Implementasi Perangkat Keras untuk Meletakkan Kebutuhan Sistem

**PENGUJIAN DAN ANALISIS**

**3.1 Pengujian Sensor DHT22**

Pengujian dilakukan dengan membaca nilai *output* dari sensor DHT22 yaitu nilai suhu dan kelembaban dan dibandingkan dengan nilai yang terdeteksi oleh *thermohygrometer* ruang dekho 642N. Dari hasil pengujian akurasi sensor DHT22 dalam mendeteksi suhu yang dilakukan sebanyak 30 kali dengan kondisi pengujian yang berbeda-beda dimana 10 pengujian dilakukan pada suhu ruangan menggunakan AC, 10 pengujian pada suhu ruang tamu atau kondisi normal dan 10 pengujian dilakukan terhadap hawa panas solder. Tabel 6 menunjukkan bahwa rata-rata tingkat *error* sensor DHT22 dalam pendeteksian suhu sebesar 0.84%, sehingga memiliki akurasi dalam pendeteksian suhu sebesar 99.16%.

Tabel 6. Akurasi Sensor DHT22 Dalam Mendeteksi Suhu

No	Sensor DHT22 (°C)	Digital Thermo-hygro meter (°C)	Data error (%)
1.	25.7°C	25.8°C	0.39%
2.	24.4°C	25.3°C	3.56%
3.	24.9°C	24.9°C	0.00%
4.	24.5°C	25°C	2.00%
5.	25.3°C	25.6°C	1.17%
6.	25.6°C	25.6°C	0.00%
7.	25°C	25.7°C	2.72%
8.	23.8°C	23.8°C	0.00%
9.	23.6°C	23.8°C	0.84%
10.	22.5°C	22.9°C	1.75%
11.	29.1°C	29.3°C	0.68%
12.	29.4°C	29.8°C	1.34%
13.	29.4°C	29.9°C	1.67%
14.	29.5°C	29.7°C	0.67%
15.	29.8°C	29.9°C	0.33%
16.	29.0°C	30.0°C	3.33%
17.	30.1°C	30.1°C	0.00%
18.	31.6°C	31.5°C	0.32%
19.	32.6°C	32.1°C	1.56%
20.	30.5°C	30.5°C	0.00%
21.	42.5°C	42.3°C	0.47%
22.	38.7°C	38.3°C	1.04%
23.	36.3°C	36.4°C	0.27%
24.	35.4°C	35.4°C	0.00%
25.	35.8°C	35.8°C	0.00%
26.	34.9°C	34.9°C	0.00%
27.	33.1°C	33.1°C	0.00%
28.	34.4°C	34.4°C	0.00%
29.	33.8°C	33.8°C	0.00%
30.	32.7°C	32.4°C	0.93%
rata-rata data error (%)			0.84%

hasil pengujian akurasi sensor DHT22 dalam mendeteksi kelembaban yang dilakukan bersamaan ketika pengujian sensor DHT22

dalam mendeteksi suhu, Tabel 7 menunjukkan bahwa rata-rata tingkat *error* sensor DHT22 dalam mendeteksi kelembaban sebesar 4.69%, sehingga memiliki akurasi dalam mendeteksi kelembaban sebesar 95.31%.

Tabel 7. Akurasi Sensor DHT22 Dalam Mendeteksi Kelembaban

No	Sensor DHT22 (%RH)	Digital Thermo-hygro meter (%RH)	Data Error (%)
1.	63%	62%	1.61%
2.	62%	59%	5.08%
3.	62%	59%	5.08%
4.	65%	62%	4.84%
5.	68%	64%	6.25%
6.	65%	64%	1.56%
7.	67%	62%	8.06%
8.	62%	57%	8.77%
9.	60%	56%	7.14%
10.	76%	76%	0.00%
11.	73%	70%	4.29%
12.	72%	69%	4.35%
13.	70%	67%	4.48%
14.	74%	70%	5.71%
15.	70%	69%	1.45%
16.	70%	67%	4.48%
17.	70%	67%	4.48%
18.	63%	60%	5.00%
19.	59%	59%	0.00%
20.	42%	44%	4.55%
21.	49%	52%	5.77%
22.	49%	54%	9.26%
23.	52%	54%	3.70%
24.	51%	56%	8.93%
25.	52%	53%	1.89%
26.	55%	54%	1.85%
27.	53%	53%	0.00%
28.	60%	65%	7.69%
29.	61%	70%	12.86%
30.	71%	70%	1.43%
rata-rata data error (%)			4.69%

**3.2 Pengujian Keseluruhan Sistem**

hasil pengujian yang telah dilaksanakan, keseluruhan sistem dapat berjalan seperti yang diharapkan. Gambar 14 menunjukkan bot telegram dapat berfungsi sesuai dengan yang diperintahkan oleh *user*. Ketika *user* menekan tombol kontrol otomatis on, tombol kontrol otomatis off ataupun tombol cek suhu dan kelembaban bot telegram akan memberikan pesan yang sesuai dan dapat memerintahkan sistem untuk berjalan sesuai yang diharapkan *user*.



Gambar 14. User Mengakses Fitur Menggunakan Aplikasi Telegram

pengujian metode *fuzzy logic* yang dilakukan selama satu hari dengan mengambil data sebanyak 30 kali, dimana waktu untuk pengambilan data dilaksanakan pada pagi, siang dan malam dengan jarak waktu pengumpulan data setiap 30 menit. Tabel 8 menunjukkan hasil *fuzzy output* sistem dibandingkan dengan *fuzzy output* matlab. *Output* defuzzyfikasi lampu yang dihasilkan sistem memiliki nilai rata-rata *error* yang dihitung menggunakan persamaan MAPE sebesar 0.11%, sehingga memiliki nilai akurasi dalam *output* defuzzyfikasi lampu sebesar 99.89%. Untuk *output* defuzzyfikasi *mist maker* dan kipas yang dihasilkan oleh sistem memiliki nilai rata-rata *error* yang dihitung menggunakan persamaan MAPE sebesar 1.34%, sehingga memiliki nilai akurasi dalam *output* defuzzyfikasi *mist maker* dan kipas sebesar 98.66%.

Tabel 8. Akurasi Output Fuzzy Sistem

fuzzy output sistem		fuzzy output matlab		error lampu	error mismaker
lampu	Mist maker	lampu	Mist maker		
50.0	2.33	50.0	2.28	0.00	2.19
50.0	3.99	50.0	3.88	0.00	2.84
44.8	2.42	44.8	2.37	0.04	2.11
50.0	2.33	50.0	2.28	0.00	2.19
50.0	7.50	50.0	7.50	0.00	0.00
44.8	7.50	44.8	7.50	0.04	0.00
38.5	6.62	38.3	6.60	0.44	0.30
41.3	4.57	41.1	4.50	0.46	1.56
44.8	2.42	44.8	2.37	0.04	2.11
50.0	5.33	50.0	5.33	0.00	0.00
50.0	2.33	50.0	2.28	0.00	2.19
43.2	6.89	43.1	6.89	0.28	0.00
38.0	5.46	37.8	5.58	0.50	2.15
44.8	2.42	44.8	2.37	0.04	2.11
46.2	3.99	46.2	3.88	0.00	2.84
41.6	7.05	41.5	7.07	0.24	0.28
44.8	7.50	44.8	7.50	0.04	0.00
50.0	7.50	50.0	7.50	0.00	0.00
43.2	7.50	43.1	7.50	0.28	0.00
46.4	2.96	46.5	2.85	0.13	3.86
82.4	2.33	82.6	2.28	0.27	2.19
61.8	6.28	61.7	6.28	0.08	0.00

50.0	7.50	50.0	7.50	0.00	0.00
50.0	7.07	50.0	7.11	0.00	0.56
50.0	2.33	50.0	2.28	0.00	2.19
50.0	7.50	50.0	7.50	0.00	0.00
50.0	2.33	50.0	2.28	0.00	2.19
50.0	5.46	50.0	5.58	0.00	2.15
50.0	2.93	50.0	2.81	0.00	4.27
50.0	7.50	50.0	7.50	0.00	0.00
Rata-rata error fuzzy output sistem				0.11%	1.34%

### 3.3 Pengujian Waktu Respon Bot Telegram

Untuk mengetahui waktu respon bot telegram dalam membalas perintah dari *user* maka dilakukan pengamatan aktifitas *user* ketika menekan tombol pada bot telegram yang ditampilkan pada serial monitor. Aktifitas yang ditampilkan pada serial monitor yaitu waktu timestamp ketika *user* mengakses tombol dan waktu timestamp ketika sistem memerintahkan bot telegram untuk membalas pesan *user*. Tabel 9 menunjukkan bahwa waktu sistem dalam memerintahkan bot telegram untuk menanggapi perintah *user* memiliki waktu yang stabil yaitu selama 2000 ms atau 2 detik. Waktu yang stabil didapatkan karena jaringan Wi-Fi yang terkoneksi dengan mikrokontroler ESP32 memiliki kekuatan sinyal yang bagus, sehingga sistem dengan cepat menanggapi setiap perintah dari *user*.

Tabel 9. Waktu Respon Bot Telegram

NO.	waktu user mengirim perintah	waktu bot telegram menanggapi perintah	selisih waktu pengiriman
1	11:12:13	11:12:15	00:00:02
2	11:12:18	11:12:20	00:00:02
3	11:23:51	11:23:53	00:00:02
4	11:24:03	11:24:05	00:00:02
5	11:26:10	11:26:12	00:00:02
6	12:48:40	12:48:42	00:00:02
7	12:54:23	12:54:25	00:00:02
8	13:38:24	13:38:26	00:00:02
9	14:12:13	14:12:15	00:00:02
10	14:12:18	14:12:20	00:00:02
11	14:23:51	14:23:53	00:00:02
12	14:24:03	14:24:05	00:00:02
13	14:26:10	14:26:12	00:00:02
14	14:26:21	14:26:23	00:00:02
15	14:26:56	14:26:58	00:00:02
16	14:27:02	14:27:04	00:00:02
17	15:30:12	15:30:14	00:00:02
18	15:30:17	15:30:19	00:00:02
19	15:30:29	15:30:31	00:00:02
20	15:31:53	15:31:55	00:00:02
21	15:39:17	15:39:19	00:00:02
22	15:39:28	15:39:30	00:00:02
23	15:39:40	15:39:42	00:00:02
24	15:40:10	15:40:12	00:00:02
25	15:41:37	15:41:39	00:00:02
26	16:38:24	16:38:26	00:00:02
27	17:37:32	17:37:34	00:00:02
28	17:37:38	17:37:40	00:00:02
29	17:37:50	17:37:52	00:00:02
30	17:48:59	17:49:01	00:00:02



#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil akurasi sensor DHT22 dalam mendeteksi suhu sebesar 99.16% dan akurasi dalam mendeteksi kelembaban sebesar 95.31%. Penggunaan aplikasi telegram sebagai media penampil untuk sistem *monitoring* dan kontrol dapat berfungsi dengan baik. Bot telegram mampu memberikan pesan balasan dan dapat mengoperasikan sistem sesuai dengan perintah yang dikirimkan oleh *user*. Waktu yang dibutuhkan oleh bot telegram dalam merespon perintah dari *user* yaitu 2000 ms. Akurasi *output fuzzy* sistem yang dibandingkan dengan *output fuzzy* matlab, memiliki akurasi terhadap *output* defuzzifikasi lampu sebesar 99.89% dan akurasi terhadap *output* defuzzifikasi *mist maker* serta kipas sebesar 98.66%, sehingga metode *fuzzy logic* mamdani dapat diimplementasikan dengan baik untuk membuat mutu lingkungan hidup *maggot BSF* yaitu suhu dan kelembaban tetap ideal.

Saran yang dapat diberikan oleh penulis untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah dapat menambahkan jumlah sensor ataupun akuator yang dikontrol pada sistem yang dirancang seperti pendeteksian amonia ataupun menambahkan kipas DC untuk membuat sirkulasi udara pada kandang menjadi lebih optimal. Membandingkan metode yang digunakan pada penelitian ini dengan metode lain, bertujuan untuk menentukan akurasi yang lebih baik.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Adi, P., Sasmito, A.P., Primaswaran, R., 2021. Penerapan Logika Fuzy Pada Sistem Monitoring Dan Kontrol Kandang Ayam Otomatis Berbasis IoT. Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika Vol. 5, No.1.
- Adib, M., Mustafa, L.D. Dan Suharto, N., 2021. Telecontrolling pada Kandang Jangkrik Berbasis IoT (Internet of Things). Jurnal Jaringan Telekomunikasi Vol.11, No.4.
- Batubara, S., 2017. Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani Dan Fuzzy Sugeno Untuk Penentuan Kualitas Cor Beton Instan. It Journal Research and Development, [online] Tersedia di: <<https://journal.uir.ac.id/>> diakses [25 Mei 2022].
- Putra, R.A.D., 2021. Monitoring Dan Kontrol Suhu Lampu Untuk Budidaya Maggot Bsf

Berbasis IoT. Pengembangan Sistem Informasi Terpadu Vol. 9, No.1.

- Setiawan, A., Yanto, B., Yasodomi, K., 2018. Logika Fuzzy Struktur Diskrit. [e-book]. Jayapangus Press. Tersedia di: Jayapangus Press <[www.jayapanguspress.org](http://www.jayapanguspress.org)> diakses [25 Mei 2022].
- Setiawan, M.A., Syauqi, D., Hanafi, M.H.I., 2022. Pengembangan Smart Trash sebagai Media Monitoring Lingkungan Hidup Larva Lalat Tentara Hitam (*Hermetia Illucens*) menggunakan Metode Gaussian Naive Bayes. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Vol. 6, No. 4.
- Yuwono, A.S., Mentari, P.D., 2018. Black Soldier Fly ( BSF ) Penggunaan Larva ( Maggot ) Dalam Pengolahan Limbah Organik. [e-book]. SEAMEO BIOTROP. Tersedia melalui: Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology <[www.biotrop.org](http://www.biotrop.org) > diakses [25 Mei 2022].