METROTECH
Journal of Mechanical and Electrical Technology
Vol. 04 No. 03, September 2025, E-ISSN 2809-9605 | P-ISSN 2827-8097

Pengembangan Sistem Otomatis Berbasis ESP32 Untuk Pengendalian Suhu Dan Kelembapan Kandang Maggot BSF Menggunakan Logika *Fuzzy*

Caecilia E. Alfita Jehamat[1*], Rahman Arifuddin[2], Wahyu Dirgantara[3]
[1,2,3]Universitas Merdeka, Malang
[*]Penulis Korespondensi, email: caeciliajehamat@gmail.com

Received:16/07/2025 *Revised:21/07/2025* *Accepted:29/07/2025*

Abstract. *Black Soldier Fly (BSF) maggot (larvae) cultivation plays a crucial role in organic waste management and high-protein feed production. However, temperature and humidity control in the cages are still performed manually, leading to unstable environmental conditions and potentially inhibiting larval growth. The optimal temperature for maggot growth is between 24 and 30°C. This study developed an automated system based on an ESP32 microcontroller equipped with a DS18B20 temperature sensor and a soil moisture sensor as the primary inputs. This system applies Mamdani fuzzy logic to automatically and independently control three main actuators: the heater, exhaust fan, and mist maker. Nine fuzzy rules are used to respond to cage conditions in real time and produce adaptive and targeted actuator operating durations. Test results show that the temperature sensor has a high level of accuracy with an error of between 0.01% and 0.07%. With this automatic setting, stable cage conditions can be maintained, supporting optimal, efficient, consistent, and sustainable maggot growth.*

Keywords: *ESP32, Mamdani Fuzzy, Temperature and humidity, Maggot BSF*

Abstrak. Budidaya maggot (larva) *Black Soldier Fly* (BSF) memiliki peran penting dalam pengelolaan limbah organik dan produksi pakan berprotein tinggi. Namun, proses pengendalian suhu dan kelembapan dalam kandang masih dilakukan secara manual, menyebabkan kondisi lingkungan yang kurang stabil dan berpotensi menghambat pertumbuhan larva. Suhu optimal untuk mendukung pertumbuhan maggot berada pada kisaran 24–30°C. Penelitian ini mengembangkan sistem otomatis berbasis mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi sensor suhu DS18B20 dan sensor kelembapan *soil moisture* sebagai *input* utama. Sistem ini menerapkan logika *fuzzy* Mamdani untuk mengendalikan tiga *actuator* utama, yaitu *heater*, *exhaust fan*, dan *mist maker* secara otomatis dan mandiri. Sebanyak 9 aturan *fuzzy* digunakan untuk merespons kondisi kandang secara *real time* dan menghasilkan durasi kerja *actuator* yang adaptif serta tepat sasaran. Hasil pengujian menunjukkan sensor suhu memiliki tingkat akurasi tinggi dengan *error* antara 0.01%–0.07%. Dengan pengaturan otomatis ini, kondisi kandang dapat dijaga tetap stabil, mendukung pertumbuhan maggot yang optimal, efisien, konsisten, dan berkelanjutan.

Kata Kunci: ESP32, *Fuzzy* Mamdani, Suhu dan kelembapan, Maggot BSF

I. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terus mendorong manusia untuk berpikir kreatif. Salah satu penerapan teknologi yang berpotensial adalah budidaya maggot (larva) dari lalat *black soldier* fly (BSF) yang memiliki banyak manfaat seperti menjadi solusi untuk pengolahan limbah organik dan sebagai pakan alternatif yang tinggi protein untuk hewan seperti ikan dan unggas [1],[2],[3]. Residu hasil budidaya dapat dimanfataatkan sebagai pupuk organik, sehingga budidaya ini mampu mendukung sistem pertanian dan peternakan yang lebih ramah lingkungan [4]. Larva BSF mengalami proses metamorfosis sempurna dimulai dari telur, larva, pra-pupa, pupa, dan akhirnya imago (lalat dewasa) [5].

Gambar 1. Maggot

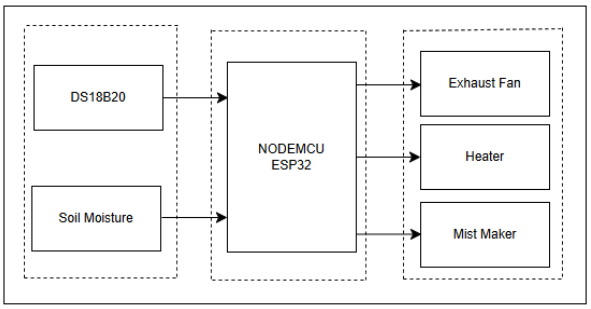
Dalam praktiknya, budidaya maggot BSF masih dilakukan secara manual, terutama dalam pengaturan suhu dan kelembapan. Suhu dan kelembapan merupakan faktor penting dalam menunjang pertumbuhan maggot yang optimal. Maggot BSF memerlukan suhu lingkungan antaran 24°C hingga 30°C [6], [7]. Jika suhu tinggi, maggot akan berpindah dari sumber pakan untuk mencari tempat yang lebih sejuk, sedangkan jjika suhu terlalu rendah dapat memperlambat metabolisme pertumbuhan maggot [3].

Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu mengatur suhu dan kelembapan pada kandang. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk merancang sistem kendali suhu dan kelembapan otomatis pada kandang maggot BSF dengan metode lodika *fuzzy*. Diharapkan dengan adanya penngembangan sistem ini dapat membantu peternak dalam memantau kestabilan suhu dan kelembapan pada kandang.

II. METODOLOGI

Bab ini berisi paparan tentang tahapan-tahapan atau langkah-langkah untuk membuat kandang maggot BSF menggunakan logika *fuzzy*.

A. Diagram blok sistem



Gambar 2. Diagram blok sistem

Berdasarkan Gambar 2, berikut adalah penjelasan setiap komponennya:

1. Sensor suhu DS18B20, sensor suhu ini berfungsi untuk membaca suhu di dalam kandang, yang mana nantinya akan diproses melalui mikrokontroler ESP32. Pada penelitian ini sensor suhu DS18B20 digunakan sebagai *input* dalam proses[8].

Gambar 3. Sensor DS18B20

Berdasarkan Gambar 3 merupakan sensor DS18B20 cocok digunakan untuk mengukur suhu lingkungan kandang, karena presisi tinggi, tahan gangguan, fleksibel, dan tersedia versi tahan air. Sensor ini lebih stabil dan andal dibandingkan LM35 dan DHT22 untuk sistem monitoring suhu dengan akurasi baik.

2. Sensor *Soil Moisture*, sensor kelembapan ini berfungsi untuk membaca kelembapan media pada pakan maggot, yang mana nantinya akan diproses melalui mikrokontroler ESP32. Pada penelitian ini sesnsor *soil moisture* digunakan sebagai *input* dalam proses[9].

Gambar 4. *Soil moisture*

Gambar 4 merupakan gambar sensor *soil moisture capacitive* v1.2 yang digunakan untuk mengukur kelembapan media. Satuan kelembapan adalah *Relative Humidity* (RH) dalam persen (%).

3. ESP32, berfungsi sebagai mikrokontrroler atau kontrol sistem.

Gambar 5. ESP32

Berdasarkan Gambar 5, board ini memiliki *interface* USB-to-UART, sehingga memudahkan proses pemrograman menggunakan berbagai platform, seperti Arduino IDE, atau yang lainnya.

4. *Exhaust Fan*, digunakan untuk membuang udara panas atau lembab yang berlebihan dari dalam kandang.

Gambar 6. *Exhaust fan*

Berdasarkan Gambar 6, *exhaust fan* sering digunakan *di* area dapur, pabrik, atau gedung perkantoran untuk mencegah penumpukan asap.

5. *Heater*, digunakan untuk menaikkan suhu didalam kandang jika terdeteksi rendah.

Gambar 7. *Heater*

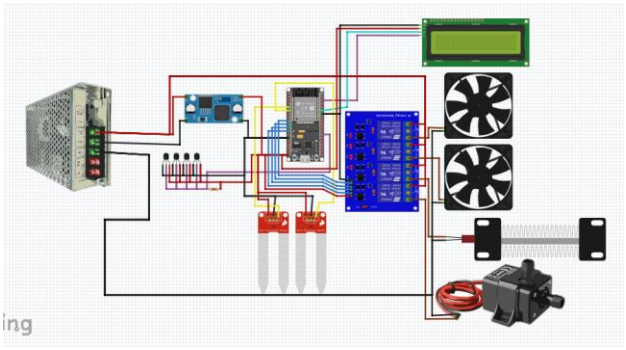
Berdasarkan Gambar 7, *heater* banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pemanas udara di kendaraan, dan penghangat untuk kandang hewan kecil.

6. *Mist Maker*, digunakan untuk meningkatkan kelembapan dalam kandang jika terdeteksi rendah, walaupun tidak dapat mengontrol kelembapan media secara langsung karena fungsinya untuk meningkatkan kelembapan udara, tetapi alat ini dapat membantu mencegah pengeringan media dalam kondisi tertutup.

Gambar 8. *Mist maker*

Berdasarkan Gambar 8, untuk penggunaan *mist maker* sangat beragam, seperti penggunaan pada taman, kolam ikan, atau dekorasi *event* untuk meningkatkan kelembapan udara dalam ruangan

B. Perancangan keseluruhan komponen



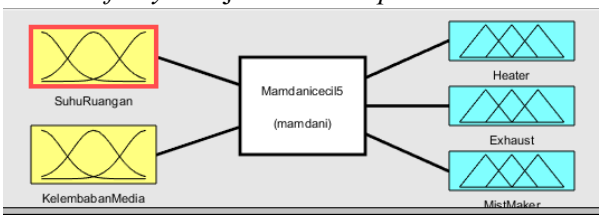
Gambar 9. Rangkaian keseluruhan komponen

Pada Gambar 9 merupakan rangkaian keseluruhan komponen yang dibuat. Dimana pada rangkaian terdapat ESP32 sebagai mikrokontroler, terdapat juga empat sensor DS18B20 dan dua sensor *soil moisture*. Dari rangkaian gambar 9 tersebut, terdapat juga beberapa *actuator* yaitu *exhaust fan*, *heater*, dan *mist maker* yang dikendalikan oleh *relay*. Kemudian tampilan informasi akan ditampilkan melalui LCD I2C. Kombinasi seluruh komponen ini memungkinkan sistemberjalan secara mandiri dan adaptif terhadap kondisi lingkungan kandang, sehingga memberikan lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan maggot (larva).

C. Perancangan fuzzy logic control

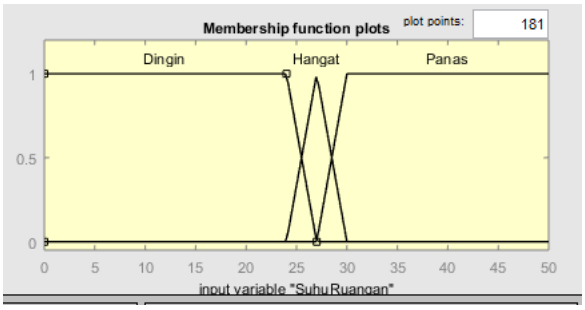
Fuzzy Logic adalah sistem yang digunakan untuk menangani ketidakpastian dengan menggunakan nilai-nilai yang tidak pasti, sehingga memungkinkan sistem mengambil keputusan[10]. Adapun metode *fuzzy* yang diterapkan dalam sistem ini adalah metode Mamdani. Logika *fuzzy* terdiri

dari tiga tahapan yaitu fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi. Fuzzifikasi merupakan proses mengubah nilai *input crisp* menjadi nilai *fuzzy* berupa variabel *linguistic* dan derajat keanggotaan berdasarkan fungsi yang telah ditetapkan. Kemudian, tahap inferensi yang menghubungkan *input* dan *output*. Pada *fuzzy* mamdani, metode inferensi yang digunakan adalah metode MIN-MAX[11]. Tahap terakhir merupakan defuzzifikasi yang bertujuan untuk mengubah hasil dari proses inferensi *fuzzy* menjadi nilai *crisp*.



Gambar 10. Fungsi keanggotaan

Pada Gambar 10, fungsi keanggotaan *fuzzy* telah ditetapkan menunjukkan dua variabel *input* yaitu suhu ruangan dan kelembapan media, dan tiga variabel *output* yaitu *heater*, *exhaust*, dan *mist maker*. Fungsi keanggotaan *fuzzy* dibuat dengan menggunakan *fuzzy logic toolbox matlab* yang sesuai seperti ”Dingin”, ”Hangat”, dan ”Panas” untuk suhu ruangan, dan ”Kering”, ”Lembab”, dan ”Basah” untuk kelembapan media. Setiap fungsi keanggotaan menggunakan kombinasi bentuk segitiga dan trapesium untuk mewakili berbagai tingkat keanggotaan. Berikut adalah *input* fungsi keanggotaan *fuzzy* yang digunakan dalam sistem ini:



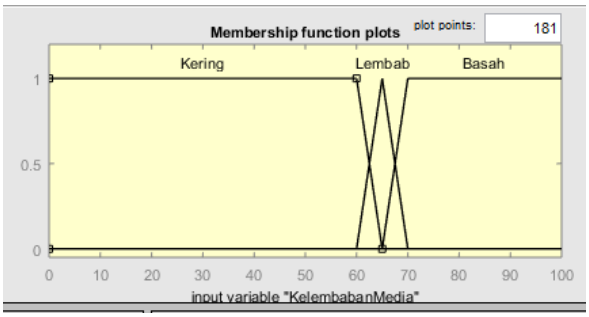
Gambar 11. *Input* suhu ruangan

Berdasarkan Gambar 11 nilai *input* suhu ketika normal digambarkan dengan segitiga, karena pada peneltian ini menggunakan *Range* suhu dari 24°C sampai 30°C sehingga penggunaan *input* berupa segitiga. Lalu pada nilai rendah dan tinggi menggunakan *input* berupa trapesium, ini dikarenakan untuk memberikan batas tinggi dan rendah yang dapat disesuaikan agar *output* yang dihasilkan bisa stabil. Berikut adalah keanggotaan dari *input* suhu ruangan:

Tabel 1. *Range input* suhu ruangan

Himpunan	*Range*
Dingin	0 - 24°C
Hangat	24 - 30°C
Panas	27 - 50°C

Berdasarkan Tabel 1, terdapat tiga kategori suhu, yaitu dingin, hangat, dan panas yang ditampilkan dalam bentuk kurva segitiga dan trapesium. Masing-masing kurva menunjukkan tingkat keanggotaan suhu terhadap kategori tersebut. Suhu dianggap dingin pada kisaran 24°C kebawah, hangat diantara 24°C hingga 30°C, dan panas mulai dari 27°C keatas.



Gambar 12. *Input* kelembapan media

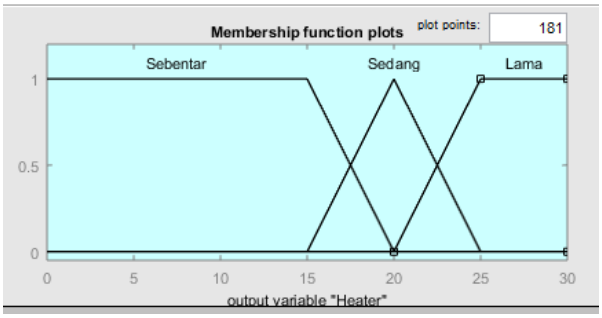
Berdasarkan Gambar 12 nilai *input* kelembapan ketika normal digambarkan dengan segitiga, karena pada peneltian ini menggunakan *Range* kelembapan media dari 60% sampai 70% sehingga penggunaan *input* berupa segitiga. Lalu pada nilai rendah dan tinggi menggunakan *input* berupa trapesium, ini dikarenakan untuk memberikan batas tinggi dan rendah yang dapat disesuaikan agar *output* yang dihasilkan bisa stabil. Berikut adalah keanggotaan dari *input* kelembapan media:

Tabel 2. *Range input* kelembapan media

Himpunan	*Range*
Kering	0 – 60%
Lembab	60 – 70%
Basah	65 – 100%

Berdasarkan Tabel 2, variabel *input* kelembapan media terdapat tiga kategori kelembapan media, yaitu kering, lembab, dan basah yang ditampilkan dalam bentuk kurva segitiga dan trapesium. Masing-masing kurva menunjukkan tingkat keanggotaan kelembapan terhadap kategori tersebut. Kelembapan dianggap kering pada kisaran 60% kebawah, lembab diantara 60% hingga 70%, dan basah mulai dari 65% keatas.

Output fuzzy heater, *exhaust*, dan *mist maker* digunakan sebagai *actuator* untuk menstabilkan kondisi lingkungan didalam kandang. Pada *membership function* ketiga *actuator* dibagi menjadi tiga keanggotaan yaitu, ”Sebentar”, ”Sedang”, dan ”Lama” yang mempresentasikan lamanya waktu penyalaan dalam sekon. Berikut adalah gambar grafik *fuzzy output*nya:

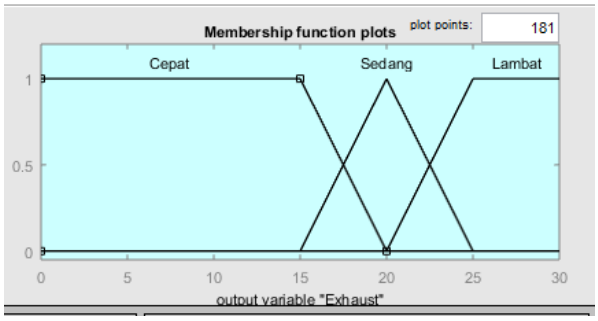


Gambar 13. *Output heater*

Berikut adalah keanggotaan dari *output heater*:
Tabel 3. *Range output heater*

Himpunan	*Range*
Sebentar	0 – 15 s
Sedang	15 – 25 s
Lama	20 – 30 s

Berdasarkan Tabel 3, variabel *output heater*, dibagi menjadi tiga tingkatan yaitu, sebentar, sedang, dan lama yang mempresentasikan lamanya waktu penyalaan *heater* dalam sekon. Nilai *output* berada pada rentang 0 sekon hingga 30 sekon, yang mana nilai rendah dibawah 15 sekon, hangat sekitar 15 sekon hingga 25 sekon, dan panas diatas 20 sekon.

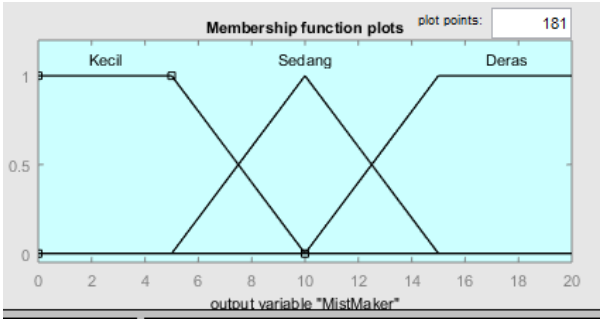


Gambar 14. Ouput *exhaust*

Berikut adalah keanggotaan dari *output exhaust*:
Tabel 4. *Range output exhaust*

Himpunan	*Range*
Cepat	0 – 15 s
Sedang	15 – 25 s
Lambat	20 – 30 s

Berdasarkan Tabel 4, variabel *output exhaust*, dibagi menjadi tiga tingkatan yaitu, cepat, sedang, dan lambat yang mempresentasikan lamanya waktu penyalaan *exhaust* dalam sekon. Nilai *output* berada pada rentang 0 sekon hingga 30 sekon, yang mana nilai rendah dibawah 15 sekon, hangat sekitar 15 sekon hingga 25 sekon, dan panas diatas 20 sekon.



Gambar 15. *Output mist maker*

Berikut adalah keanggotaan dari *output mist maker*:
Tabel 5. *Range output mist maker*

Himpunan	*Range*
Kecil	0 – 5 s
Sedang	5 – 10 s
Deras	10 – 15 s

Berdasarkan Tabel 5, variabel *output mist maker*, dibagi menjadi tiga tingkatan yaitu, kecil, sedang, dan deras yang mempresentasikan lamanya waktu penyalaan *mist maker* dalam sekon. Nilai

output berada pada rentang 0 sekon hingga 10 sekon, yang mana nilai kecil dibawah 5 sekon, sedang sekitar 5 sekon hingga 10 sekon, dan deras diatas 15 sekon.

Ketika nilai *input* dan *output fuzzy* telah ditentukan, tahap selanjutnya adalah membuat *rule base*. Berikut adalah *rule base* dari sistem:

1. *If* (SuhuRuangan *is* Dingin) *and* (Kelembaban Media *is* Basah) *then* (*Heater is* Rendah)(*Exhaust is* Lambat)(*MistMaker is* Kecil)
2. *If* (SuhuRuangan *is* Dingin) *and* (Kelembaban Media *is* Lembab) *then* (*Heater is* Rendah)(*Exhaust is* Sedang)(*MistMaker is* Kecil)
3. *If* (SuhuRuangan *is* Dingin) *and* (Kelembaban Media *is* Kering) *then* (*Heater is* Hangat)(*Exhaust is* Cepat)(*MistMaker is* Sedang)
4. *If* (SuhuRuangan *is* Hangat) *and* (Kelembaban Media *is* Basah) *then* (*Heater is* Panas)(*Exhaust is* Lambat)(*MistMaker is* Kecil)
5. *If* (SuhuRuangan *is* Hangat) *and* (Kelembaban Media *is* Lembab) *then* (*Heater is* Hangat)(*Exhaust is* Sedang)(*MistMaker is* Sedang)
6. *If* (SuhuRuangan *is* Hangat) *and* (Kelembaban Media *is* Kering) *then* (*Heater is* Hangat)(*Exhaust is* Cepat)(*MistMaker is* Deras)
7. *If* (SuhuRuangan *is* Panas) *and* (Kelembaban Media *is* Basah) *then* (*Heater is* Panas)(*Exhaust is* Lambat)(*MistMaker is* Kecil)
8. *If* (SuhuRuangan *is* Panas) *and* (Kelembaban Media *is* Lembab) *then* (*Heater is* Panas)(*Exhaust is* Sedang)(*MistMaker is* Kecil)
9. *If* (SuhuRuangan *is* Panas) *and* (Kelembaban Media *is* Kering) *then* (*Heater is* Panas)(*Exhaust is* Cepat)(*MistMaker is* Deras)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat hasil dan pembahasan untuk setiap bagian diagram blok yang diuji.

A. Pengujian sensor suhu DS18B20

Pengujian sensor suhu DS18B20 dilakukan untuk mengetahui kinerja dan akurasinya dalam mengukur suhu. Pada pengujian ini, pembacaan suhu dari sensor dibandingkan dengan pembacaan suhu dari *Hygrometer*, dan hasilnya ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengujian sensor suhu

Sensor	**Hasil Pembacaan (°C)**		***Error* (%)**
	DS18B20	***Hygrometer***	
1	24.94	24.6	0.01
	25.39	24.6	0.03
	36.44	24.6	0.4
	40.56	24.6	0.6
	43.13	24.6	0.7
2	25.56	24.5	0.04
	29.25	24.5	0.1
	31.50	24.5	0.2
	34.25	24.5	0.3
	36.50	24.5	0.4
3	24.81	24.4	0.01
	28.44	24.4	0.1
	32.94	24.4	0.3
	39.50	24.4	0.6
	40.38	24.4	0.6
4	25.50	24.1	0.05
	26.50	24.1	0.09
	34.31	24.1	0.4
	37.69	24.1	0.5
	41.25	24.1	0.7

Berdasarkan Tabel 6, maka dibuatkan grafik dengan masing-masing status dari pengujian sensor suhu DS18B20. Tabel 6 menunjukkan grafik pengujian sensor suhu DS18B20 dengan pembandingnya yaitu *Hygrometer*, yang menunjukkan bahwa perbedaan suhu tidak berbeda jauh. Perbandingan suhu dengan menggunakan *Hygrometer* karena, *Hygrometer* memiliki pengukur suhu, yang bisa digunakan sebagai acuan untuk mengecek akurasi sensor suhu yang dipakai.

B. Pengujian sensor soil moisture

Untuk mengukur *soil moisture*, maka pengujian sensor *soil moisture* dilakukan dengan cara mengukur tegangan keluaran pada pin out saat diberi media dengan status yang berbeda. Pengukuran tegangan sensor *soil moisture* menggunakan tampilan serial monitor.

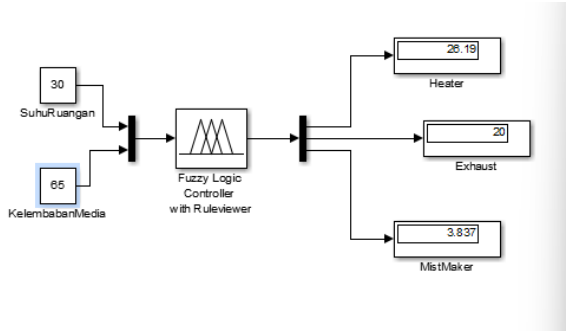
Tabel 7. Pengujian sensor *soil moisture*

Status	Hasil	
	Pembacaan Sensor (%)	**Tegangan (V)**
Kering	35	2.16
Kering	40	2.14
Kering	57	2.13
Lembab	60	1.93
Lembab	61	1.90
Lembab	62	1.87
Basah	72	0.94
Basah	73	0.93
Basah	74	0.92

Berdasarkan Tabel 7, maka dibuatkan grafik dengan masing-masing status dari pengujian sensor *soil moisture.* Tabel 7 menunjukkan grafik pengujian sensor *soil moisture*, yang menunjukkan hubungan antara pembacaan sensor dan tegangan terhadap kondisi kelembapan media. Dapat dilihat pada tabel 7, bahwa semakin basah media, nilai tegangannya menurun.

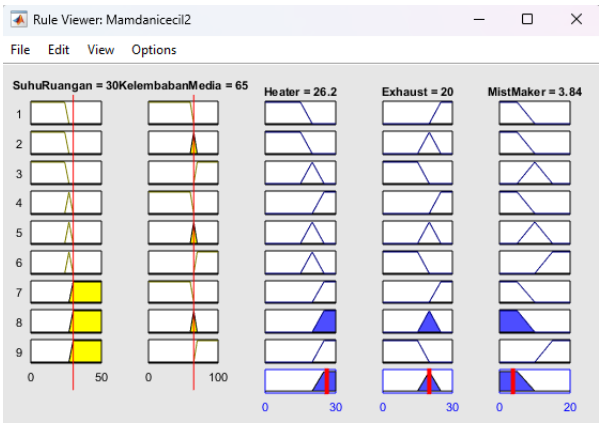
C. Pengujian sistem keseluruhan

Setelah menentukan *rules fuzzy*, dilanjut dengan pembuatan *Simulink*. Pembuatan *simulink* harus sesuai jumlah *input* dan *output*nya dengan *membership function* yang telah dibuat. Gambar 16 menunjukkan tampilan *simulink* dari sistem *fuzzy* yang telah dibuat, dimana *input* berupa suhu dan kelembaban yang diproses dengan menggunakan *fuzzy logic*.



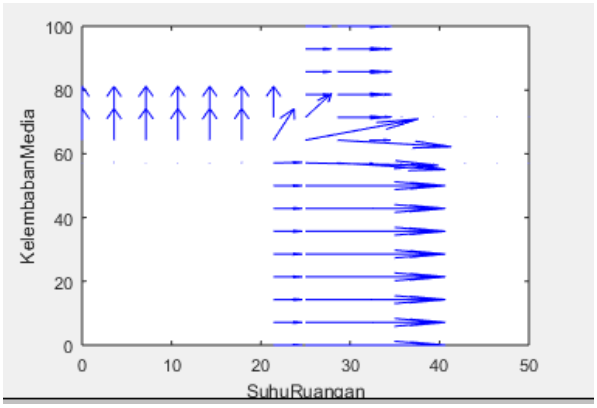
Gambar 16. Tampilan *simulink*

Setelah membuat *simulink* selesai, dilakukan uji coba terhadap aturan-aturan *fuzzy* yang telah diterapkan menggunakan *rules viewer*. Gambar 16 menampilkan bagaimana masing-masing aturan *fuzzy* bekerja berdasarkan kombinasi nilai *input* yang diberikan.



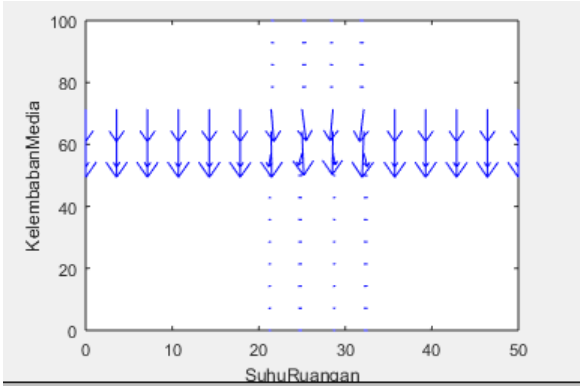
Gambar 17. Tampilan *rules viewer*

Gambar 17 menunjukkan tampilan *rules viewer* yang terintegrasi dengan *simulink* yang ditampilkan pada Gambar 16. Gambar berikut mengilustrasikan respon sistem *fuzzy*:



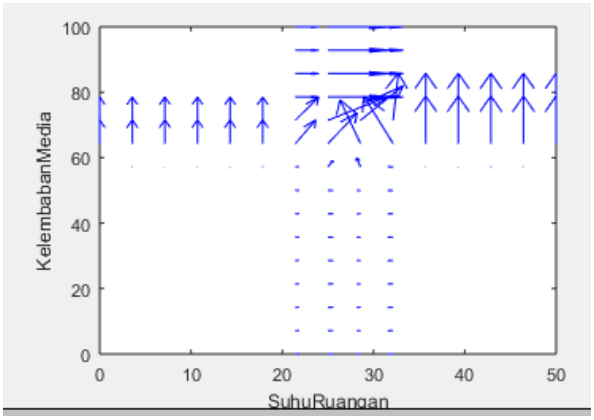
Gambar 18. Respons suhu ruangan dan kelembapan media terhadap *heater*

Gambar 18 menunjukkan respon sistem *fuzzy* terhadap perubahan suhu dan kelembapan yang mempengaruhi *output heater*.



Gambar 19. Respons suhu ruangan dan kelembapan media terhadap *exhaust*

Gambar 19 menunjukkan respon sistem *fuzzy* terhadap perubahan suhu dan kelembapan yang mempengaruhi *output exhaust*.



Gambar 20. Respons suhu ruangan dan kelembapan media terhadap *mist maker*

Gambar 20 menunjukkan respon sistem *fuzzy* terhadap perubahan suhu dan kelembaban yang mempengaruhi *output mist maker*.

Setelah menentukan *rules fuzzy* dan pengujian sensor, dilanjutkan dengan pengujian menggunakan metode *fuzzy* mamdani. *Fuzzy* mamdani dipilih karena lebih cocok untuk sistem kendali yang bersifat deskriptif, lebih mudah dirancang dan divisualisasikan, serta sangat pas untuk aplikasi seperti pengatur suhu dan kelembapan pada kandang maggot.

Gambar 21. Tampilan Keseluruhan

Berdasarkan Gambar 21, yang merupakan tampilan keseluruhan dari kandang maggot Black Soldier Fly (BSF) yang dirancang secara tertutup dengan dua buah *exhaust fan* untuk mengatur sirkulasi udara. Di dalam kandang terdapat beberapa wadah budidaya yang digunakan sebagai media pertumbuhan larva. Sistem ini bertujuan untuk menjaga suhu dan kelembapan agar tetap stabil, mendukung pertumbuhan maggot secara optimal.

Gambar 22. Tampilan LCD

Gambar 22 adalah yang telah menggunakan sistem *fuzzy* mampu memberikan *output* yang sesuai dengan aturan yang telah dirancang dan berfungsi dengan baik dalam mengendalikan durasi outpunya yaitu *heater, exhaust,* dan *mist maker* untuk menjaga kondisi kandang tetap stabil. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat beroperasi secara konsisten dalam berbagai kondisi lingkungan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem kendali suhu dan kelembapan otomatis berbasis ESP32 dan logika *fuzzy* berhasil dirancang dan diuji. Dengan 4 sensor suhu DS18B20 dan 2 sensor kelembapan, sistem mampu mendeteksi perubahan kondisi kandang secara *real time*. Pengujian menunjukkan bahwa sensor suhu menghasilkan *error* rata-rata di bawah 1% dan sensor kelembapan memberikan hasil tegangan yang konsisten terhadap kondisi media. Sistem

menggunakan 9 aturan *fuzzy* untuk mengatur durasi kerja *heater* (0–30 detik), *exhaust fan* (0–30 detik), dan mist *maker* (0–15 detik) secara adaptif. Hasilnya, sistem dapat menjaga kestabilan lingkungan kandang dan mendukung pertumbuhan maggot secara optimal.

REFERENSI

[1] Ilham, B. Putra, and Aswana, "Pengaruh Penggantian Sebagian Komersil dengan Tepung Maggot (Hermetia illucens) Terhadap Pertumbuhan Ayam Broiler (Gallus domemesticus)," *Stock Peternak.*, vol. 5, no. 1, pp. 92–100, 2023.

[2] S. Widyastuti and Sardin, "pengolahhan sampah Pasar dengan Menggunakan Media Larva Black Soldier Flies (BSF)," *J. Tek. Unipa*, vol. 19, no. 1, pp. 1–13, 2021, [Online].

[3] L. R. Mahendra, F. L. Arieffin, and R. Najahiy, "Media Budidaya Black Soldier Fly Berbasis Environment Control Terintegrasi Internet of Things sebagai Peningkatan Budidaya Maggot pada Maggot BSF Mukidi," 2020.

[4] Pasyimi, E. Sundari, and A. Munzir, "Pengolahan Sampah Organik Menggunakan Larva Black Soldier Fly Atau Maggot," *J. Implementasi Ris.*, vol. 2, no. 1, pp. 44–54, 2022.

[5] B. Manual and P. Profesionalisme, "Buku Manual Pembangunan," 2023.

[6] Tim Energi dan Pengelolaan Limbah, "Budidaya lalat hitam/black soldier fly (Hermetia illucens) untuk biokonversi limbah organik," *Pandu. Prakt. Budid.*, no. 0274, pp. 1–15, 2023.

[7] A. R. Ramadhan, T. P. Azzahra, K. Maharani, and D. Rimantho, "Utilization of *Hygrometer* and Exhaust with Internet of Things (IoT) Technology in Temperature Control of Maggot (BSF) Containers," vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2025.

[8] M. B. R. Huda and W. D. Kurniawan, "Analisa Sistem Pengendalian Temperatur Menggunakan Sensor Ds18B20 Berbasis Mikrokontroler Arduino," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 18–23, 2022, [Online].

[9] Syahdan Mujahid, B. Irawan, and C. Setianingsih, "Perancangan Prototipe Sistem Peringatan Dini Tanah Longsor Berbasis Internet of Things," *Proceeding Eng.*, vol. 7, no. 1, pp. 1651–1657, 2020.

[10] A. Indra Rizkianto, B. Suprianto, P. Wanarti Rusimamto, and Endryansyah, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Tracking Panel Surya Dengan Metode Fuzzy Logic Controller Berbasis ESP32," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 126–135, 2022.

[11] B. R. Temperature and U. F. Logic, "MITOR : Jurnal Teknik Elektro," 2024.