JITKOM

Jurnal Ilmu Teknik dan Komputer
Vol. 9. No. 1, Januari 2025: 22-27
p-ISSN: 2548-740X e-ISSN: 2621-1491

Sistem Kendali Kelembaban Dan Suhu Pada Jamur Berbasis *Machine Learning* Menggunakan Logika Fuzzy Sugeno

Indriyana Nova Tahlia, Nabil Raihan Rabbani*, Lukman Hakim

Teknik Informatika, Universitas Mercu Buana, Jakarta
*41522010024@student.mercubuana.ac.id

Abstrak*— Mempertahankan kondisi ideal untuk pertumbuhan tanaman memerlukan pemantauan kelembaban dan suhu tanah. Untuk menentukan tingkat kelembaban dan suhu yang optimal, sistem kontrol sangat penting. Sistem kendali ini memanfaatkan data dari Jamur Tiram sebagai masukan untuk menghasilkan keluaran yang diinginkan. Dengan menggunakan logika fuzzy sebagai program pengambilan keputusan, sistem ini mengatur tingkat kelembaban dan suhu yang paling sesuai untuk Jamur Tiram. Logika fuzzy terbukti menjadi pendekatan yang efektif dalam sistem kendali, yang melibatkan proses fuzzifikasi, pembentukan aturan fuzzy, dan defuzzifikasi. Dalam sistem logika fuzzy khusus ini, dua input (tingkat kelembaban dan suhu) digunakan, sehingga menghasilkan penentuan waktu yang diperlukan untuk mempertahankan tingkat kelembaban dan suhu yang sesuai untuk Jamur Tiram.

***Kata Kunci*— Logika Fuzzy, Kelembaban Jamur, Suhu, Jamur Tiram**

DOI: 10.22441/jitkom.v9i1.004

Article History:
Received: July 12, 2025
Revised: January 20, 2025
Accepted: March 14, 2025
Published: March 30, 2025

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jamur menjadi salah satu fokus utama dalam industri pertanian dan pangan karena nilai gizinya yang tinggi serta potensi pasar yang besar [1]. Namun, budidaya jamur memerlukan perhatian yang cukup intensif terhadap kondisi lingkungan seperti kelembaban dan suhu. Variasi dalam faktor-faktor ini dapat memengaruhi pertumbuhan dan kualitas jamur yang dihasilkan. Kondisi lingkungan yang tidak sesuai dapat mengakibatkan pertumbuhan jamur yang tidak optimal, bahkan dapat menyebabkan kerusakan pada hasil panen [2]. Jamur akan tumbuh subur jika diberi kelembaban dan suhu yang sesuai agar jamur dapat tumbuh. Tingkat kelembaban optimal untuk tanaman jamur adalah sekitar 75%-90%, hal ini akan membantu tanaman mempertahankan unsur hara. Selain kelembaban, suhu juga berpengaruh terhadap pertumbuhan jamur. Jamur tiram akan tumbuh subur pada suhu 23-28℃. Jika suhu lebih dari 28℃ maka pertumbuhan jamur akan terganggu dan panen akan gagal [3] .

Untuk mengatasi kendala tersebut, sistem berbasis pembelajaran mesin untuk mengendalikan kelembaban dan suhu pada jamur telah menjadi jawaban utama. Kelembaban dan suhu tanah sama-sama diperlukan untuk menjaga kelembaban dan suhu ideal bagi pertumbuhan tanaman. Teknik berbasis logika metode Sugeno sangat efektif dalam mengendalikan kondisi lingkungan dalam berbagai aplikasi, termasuk pertanian[4]. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem pengendalian kelembaban dan suhu pada jamur yang berbasis machine learning dan menggunakan logika fuzzy metode Sugeno. Sistem ini dimaksudkan untuk mengatur tingkat kelembaban secara otomatis yaitu sekitar 75-90%, dan suhu sekitar 23-28℃ untuk lingkungan sekitar jamur berdasarkan masukan dari sensor suhu, hal ini akan menghasilkan lingkungan yang konsisten dengan tingkat kelembaban yang tinggi dan minimal 23℃.

Dalam latar belakang ini, kami akan membahas bagaimana perancangan sistem kendali kelembaban dan suhu pada pertumbuhan jamur tiram. Kami akan menjelaskan konsep machine learning dan logika fuzzy tipe Sugeno sebagai dasar dari pembangunan sistem kendali yang akan dibuat. Penjelasan ini akan memberikan manfaat untuk petani jamur terutama jamur tiram dalam membudidayakan dengan meminimalisir hasil gagal panen menggunakan pendekatan machine learning berbasis logika fuzzy.

II. LITERATURE REVIEW

Pengendalian suhu dan kelembaban secara otomatis menjadi aspek krusial dalam berbagai aplikasi pertanian presisi. Waluyo et al. [3] merancang sistem otomatis berbasis mikrokontroler untuk mengendalikan temperatur dan kelembaban pada kumbung jamur tiram, yang terbukti meningkatkan stabilitas lingkungan tumbuh jamur. Sistem ini menggunakan sensor DHT11 dan aktuator untuk ventilasi dan pelembab. Pendekatan serupa dengan logika fuzzy digunakan oleh Nasron et al. [4] dalam pengaturan kelembaban tanah dan suhu tanaman, yang menunjukkan keunggulan logika fuzzy dalam menangani kondisi lingkungan yang tidak pasti.

Sementara itu, Yoal dan Dirgantara [5] menerapkan metode Fuzzy Sugeno berbasis IoT untuk monitoring suhu dan kelembaban pada penetas telur otomatis. Integrasi IoT memungkinkan pemantauan jarak jauh secara real time dan

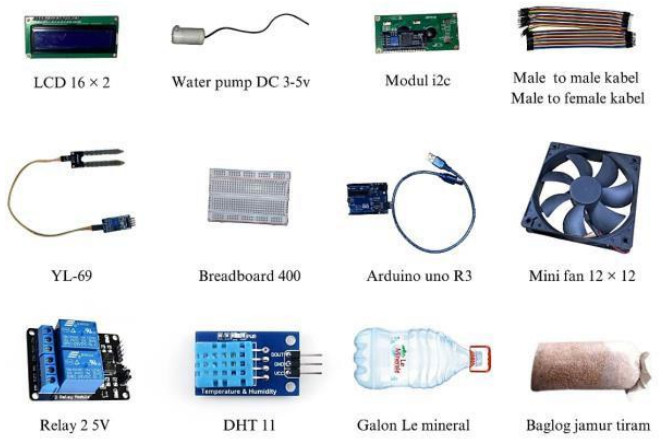
meningkatkan efektivitas kontrol inkubator. Sebagai penunjang sistem otomatisasi, Rahmawati et al. [6] mengkaji karakteristik sensor YL-69 dalam mendeteksi kelembaban tanah. Hasilnya menunjukkan bahwa sensor ini cukup andal dan cocok untuk aplikasi irigasi otomatis berbasis Arduino.

III. METODOLOGI PENELITIAN

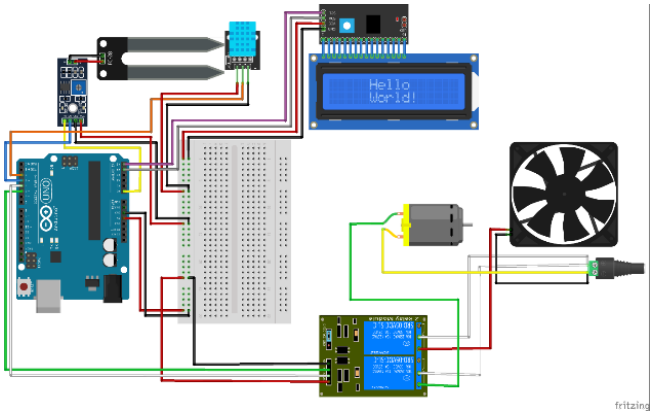
A. Perancangan Model Aplikasi

Berikut rancangan model aplikasi sistem kendali budidaya jamur tiram dengan menggunakan Arduino Uno R3 untuk membaca input dari sensor YL-69 dan DHT11 dan akan mengeluarkan output berapa lama pompa air dan kipas angin digunakan sampai dengan keputusan jamur tiram tumbuh dengan optimal. Langkah-langkah pembuatan pengembangan sistem seperti yang di bawah ini.

a. Menentukan rancangan alat-alat yang digunakan untuk aplikasi pengendalian kelembaban tanah dan suhu ruangan pada pertumbuhan jamur. Nama-nama alat yang dibutuhkan dapat dilihat pada gambar 1.
b. Merancang logika fuzzy untuk mengatur kelembaban dan suhu tanah bagi jamur dengan menentukan himpunan keanggotaan untuk setiap masukan sensor dan menetapkan keluaran set ke pompa air dan kipas angin.
c. Simulasi untuk memeriksa keakuratan data logika fuzzy
d. Sugeno menggunakan MatLab.
e. Merancang dan menguji Arduino yang diprogram seperti di gambar 2, untuk memproses data sensor dan menerapkan logika fuzzy untuk mengendalikan pompa air dan kipas secara otomatis melalui relay.
f. Merancang sistem berbasis mikroprosesor Arduino Uno 3 yang dilengkapi dengan sensor kelembaban dan suhu tanah yaitu sensor YL-69 dan DHT11.
g. Menguji data sensor suhu DHT11 melalui pemantauan PC.
g. Menguji data sensor kelembaban tanah YL-69 melalui
h. pemantauan PC.
i. Menguji sistem kontrol suhu dan kelembaban melalui pemantauan PC Dirancang dan diuji Arduino yang diprogram untuk memproses data sensor dan menerapkan logika fuzzy untuk mengontrol pompa air dan kipas secara otomatis melalui relay



Gambar 1. Nama-nama alat yang dibutuhkan untuk membuat rancangan

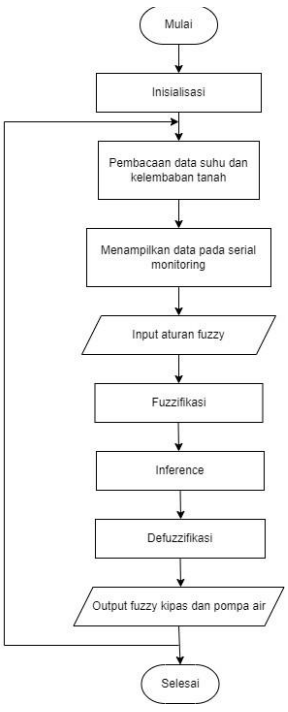


Gambar 2. Desain Perancangan Perangkat Sistem Kendali

Sistem kendali pada Gambar 2 memiliki Arduino Uno 3 sebagai komponen utamanya. Ia menangani instruksi pemrosesan yang diperoleh dari sensor kelembaban tanah dan sensor suhu menggunakan desain logika fuzzy yang memastikan bahwa ia membuat keputusan yang tepat tentang kapan harus menyalakan pompa air atau keluaran kipas. Relai digunakan untuk membuat rangkaian yang secara otomatis dapat memicu hidup/matinya pompa air dan kipas angin.

B. Penerapan Algoritma Logika Fuzzy

Penerapan logika fuzzy berfungsi untuk memberikan nilai keputusan atau output mengenai kelembaban tanah dan suhu ruangan untuk mencapai batas normal[5]. Nilai output berupa nilai lamanya waktu yang dibutuhkan pompa air dan kipas dalam pertumbuhan jamur agar mencapai batas normal. Nilai input kelembaban tanah dan suhu ruangan diperoleh dari hasil kedua sensor, yaitu sensor YL-69 dan sensor DHT-11. Dapat dilihat pada Gambar 3. flowchart algoritma logika fuzzy.



Gambar 3. Flowchart Logika Fuzzy

Tujuan memilih logika fuzzy dalam penelitian ini adalah untuk membantu proses pengambilan keputusan untuk

mencapai kerangka waktu ideal yang harus dipertahankan agar kelembaban dan suhu tanah tetap pada tingkat optimal. Sensor kelembaban tanah YL-69 terdiri dari dua probe yang mengirimkan arus melalui tanah untuk memastikan ketahanannya[6]. Hal ini, pada gilirannya membantu dalam menentukan tingkat kelembaban. Arduino Uno R3 memiliki resolusi konverter analog-ke-digital (ADC) 10 bit. Akibatnya, rentang nilai yang dapat dihasilkan oleh ADC berkisar antara 0 hingga 1023; dimana 0 menunjukkan tegangan referensi rendah dan 1023 menunjukkan tegangan referensi tinggi[7]. Sensor suhu DHT11 merupakan sensor yang dipertimbangkan dalam penelitian ini, dihubungkan ke mikrokontroler Arduino untuk keperluan pemantauan lingkungan karena memiliki kemampuan ganda[8]; mengukur suhu dan kelembaban udara secara bersamaan. Untuk memudahkan dalam desain logika fuzzy, nilai sensor diubah menjadi persentase menggunakan rumus yang disebutkan sebagai berikut:

$$Nilai\ Presentase\ (\%) = \frac{1023 - Nilai\ Sensor}{1023}\ x\ 100 \qquad (1)$$

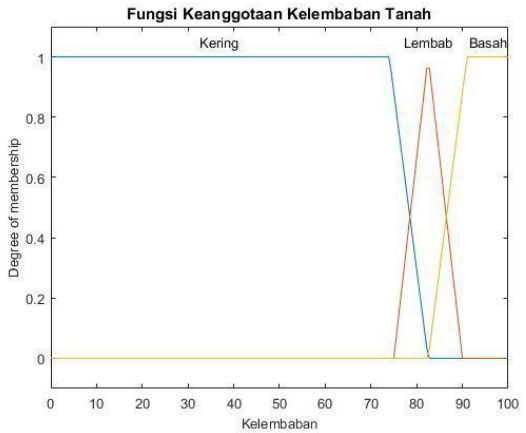
Perancangan logika fuzzy untuk sistem pengendalian kelembaban tanah dan suhu terdiri dari tiga tahapan utama: fuzzifikasi, pembentukan aturan fuzzy, dan defuzzifikasi.

C. *Fuzzifikasi*

Fuzzifikasi adalah tahap awal dalam metode logika fuzzy. Pada tahap ini, nilai numerik (crisp) dikonversi menjadi himpunan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan. Metode ini membutuhkan dua komponen: kelembaban tanah (dalam persen) dan suhu udara (dalam derajat Celcius). Hasil yang diinginkan adalah total waktu pengoperasian pompa air dan kipas dalam satuan menit[9].

Tabel 1. Fungsi Keanggotaan Kelembaban

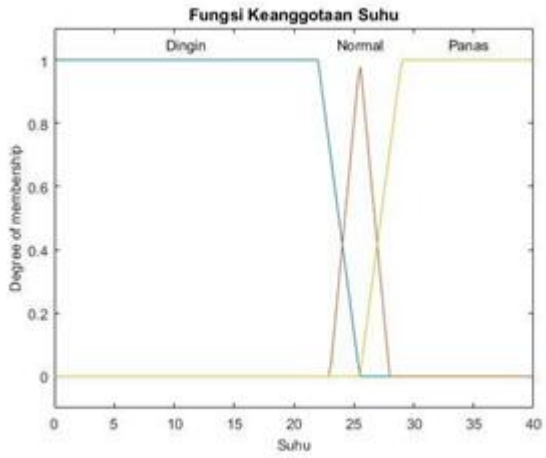
Kelembaban Tanah (%)	Status
0-74	Kering
75-90	Lembab
91-100	Basah



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Kelembaban Tanah

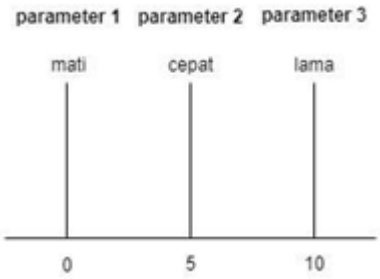
Tabel 2. Fungsi Keanggotaan Suhu

Suhu (C)	Status
0-22	Kering
23-28	Lembab
29-40	Basah

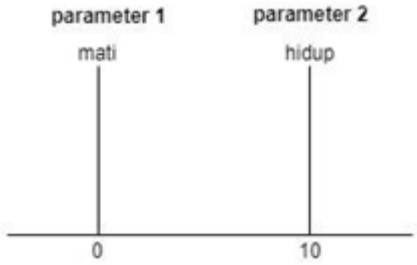


Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Suhu

Untuk nilai output fungsi keanggotaan pompa air dan kipas, dapat dilihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Output Pompa Air dalam menit



Gambar 7. Output Fan dalam menit

D. *Aturan fuzzy (fuzzy rule)*

Aturan fuzzy dirumuskan berdasarkan kondisi yang diinginkan, yang disusun dalam format tabel seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Untuk masukan kelembaban tanah, terdapat tiga nilai linguistik yang berbeda: kering, lembab, dan basah. Sebaliknya untuk masukan suhu, nilai linguistiknya adalah dingin, normal dan panas. Keluaran pompa air juga memiliki tiga nilai kebahasaan yang berbeda: mati, cepat, dan lama. Demikian pula, keluaran kipas mempunyai tiga nilai linguistik yang berbeda: mati, cepat, dan panjang. Sebanyak 9 aturan fuzzy telah dibuat. Aturan-aturan ini ditulis dengan menggunakan metode IF – THEN untuk input dan output[10], sedangkan untuk menghubungkan dua masukan menggunakan operator AND[11]. Misal: Jika tanah kering dan suhu dingin, kemungkinan besar pompa air sudah tua dan kipas angin kemungkinan besar mati.

Tabel 3. Aturan Fuzzy

No	Input		Output	
	Kelembaban Tanah	Suhu	Pompa Air	Fan
1	Kering	Dingin	Lama	Mati
2	Kering	Normal	Lama	Mati
3	Kering	Panas	Lama	Lama
4	Lembab	Dingin	Mati	Mati
5	Lembab	Normal	Mati	Mati
6	Lembab	Panas	Mati	Lama
7	Basah	Dingin	Mati	Mati
8	Basah	Normal	Mati	Mati
9	Basah	Panas	Mati	Lama

E. Defuzifikasi

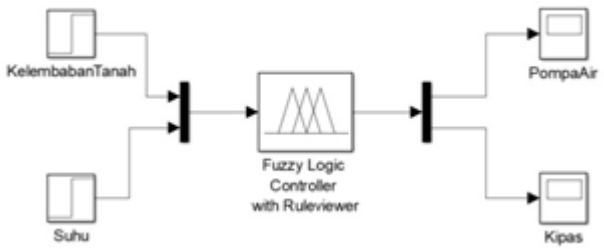
Tahap ini yaitu, komponen terakhir dari desain logika fuzzy adalah defuzzifikasi. Pada titik ini, verifikasi inputnya. Penegasan masukan adalah tindakan mengubah nilai masukan yang tidak pasti menjadi nilai tertentu atau hampir pasti. Input dari klaim ini berasal dari aturan fuzzy, outputnya berupa bilangan yang berada pada rentang bilangan fuzzy. Prosedur yang digunakan dalam defuzifikasi adalah metode COG (Center of Gravity)[12].

$$COG = \frac{\mu(1) * output(1) + \mu(2) * output(2) + \mu(3) * output(3)}{\mu(1) + \mu(2) + \mu(3)} \quad (2)$$

IV. HASIL DAN ANALISA

A. Implementasi Matlab Untuk Uji Keakuratan Data

Langkah awal untuk membuat logika fuzzy tipe sugeno menggunakan matlab adalah dengan mengetik fuzzy di command windows, lalu matlab akan menampilkan tampilan fuzzy logic designer. Setelah itu memilih logika fuzzy tipe sugeno, dengan memasukan informasi dua input yaitu kelembaban tanah dan suhu, dua output yaitu pompa air dan kipas, serta masukan aturan fuzzy sesuai dengan data yang sudah dianalisis[13]. Untuk memanggil output dari data logika fuzzy yang telah dibuat sebelumnya diperlukan fitur simulink pada matlab. Gambar 8. Merupakan tampilan simulink untuk memanggil output fuzzy pada matlab. Gambar 9. Merupakan tampilan output dari sistem fuzzy tipe sugeno untuk mengecek keakuratan data.



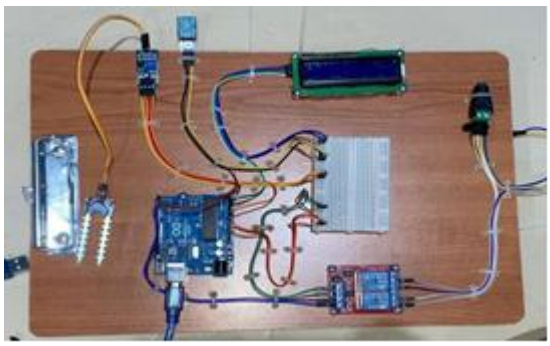
Gambar 8. Simulink data fuzzy sugeno jamur tiram

Output pada gambar 9 adalah tampilan untuk mengecek keakuratan data pada sistem kendali jamur tiram dengan input data kelembaban tanah adalah 85 dan suhu adalah 25. Pada input tersebut telah diketahui dari analisis bahwa kondisi tersebut merupakan kondisi yang dibutuhkan untuk jamur, dengan kelembaban tanah adalah lembab dan suhu adalah normal sehingga hasil output yang dihasilkan adalah pompa air tidak menyala atau 0 dan kipas mati.

Gambar 9. Output mengecek keakuratan data

B. Model Rancangan Sistem Kendali Arduino Uno R3

Gambar 10 merupakan rancangan sistem Arduino Uno R3 dengan alat dan bahan sesuai dengan Gambar 1. Gambar 11. Merupakan sistem kendali kelembaban tanah dan suhu sederhana untuk pertumbuhan jamur tiram dengan mengimplementasikan perancangan model aplikasi menggunakan Arduino Uno R3 yang telah dirancang sebelumnya. Faktor Keberhasilan alat sistem kendali jamur juga didukung oleh faktor kelembaban tempat untuk media budidaya, sehingga untuk alat sistem kendali jamur harus ditempatkan daerah lembab seperti di kamar mandi. Pada gambar di bawah ini adalah hasil gambar mewakili model aplikasi Arduino Uno dan penggabungan media tanam jamur tiram dengan model sistem Arduino Uno R3 dapat dilihat pada gambar 10 dan gambar 11.



Gambar 10. Model rancangan sistem Arduino Uno R3

Gambar 11. Sistem Kendali Jamur Tiram Sederhana

C. Uji Coba program sistem kendali Arduino Uno R3

Setelah melakukan pembuatan rancangan model sistem kendali dan implementasi logika fuzzy menggunakan Arduino Uno, tahap selanjutnya adalah melalukan ujicoba atau testing program sistem kendali jamur Arduino Uno. Sistem kendali jamur akan dimulai dengan menginput data dari hasil kerja alat deteksi sensor kelembaban tanah dan suhu pada jamur yang akan ditampilkan menggunakan prototipe. Tampilan prototipe terdapat 3 tampilan. Gambar 12, 13, 14 adalah tampilan prototipe deteksi kelembaban tanah dan suhu pada jamur.

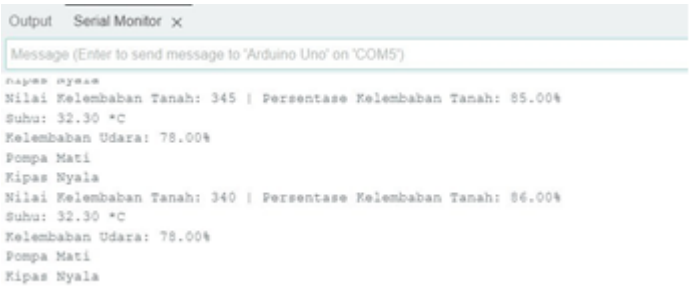
Gambar 12. Tampilan prototipe deteksi kelembaban pada jamur

Gambar 13. Tampilan prototipe deteksi kelembaban pada jamur

Gambar 14. Tampilan status output pada sistem kendali jamur

Setelah program menerima input, maka akan menampilkan output atau hasil nilai keputusan yaitu waktu menyalakan pompa air dan kipas angin, berdasarkan kelembaban tanah dan suhu di dalam jamur, berdasarkan YL-69 dan sensor DHT-11. Hasil keputusan program akan ditampilkan melalui program Arduino Uno R3. Gambar 15 merupakan hasil keputusan program Arduino Uno R3.

Gambar 15. hasil keputusan program Arduino Uno R3



D. Pengujian Sistem Kendali Pada Jamur

Sekarang, komponen-komponen tersebut diposisikan pada tempatnya berdasarkan fungsinya (untuk memastikan pengoperasian sistem yang benar). Proses perakitan didasarkan pada Gambar 2. menunjukkan Diagram Blok Desain Perangkat. Logika fuzzy dilakukan pada Arduino ketika menerima masukan data dari lingkungan tanaman tentang kelembaban dan suhu tanah. Setelah itu diuji logika fuzzy: pada sistem kendali, kelembaban dan suhu tanah dikontrol.

Tabel 4. Hasil Perbandingan Pengujian Sistem dan Perhitungan Logika Fuzzy

Pengujian ke-	Waktu	Hasil Pengukuran		Status Nyala		Hasil Perhitungan Logika Fuzzy	
		Kelembaban Tanah	Suhu	Pompa Air	*Fan*	Pompa Air	*Fan*
1	11.00	25%	32°C	11 menit	11.2menit	10 menit	10 menit
2	11.30	89%	32 °C	0	11 menit	0	10 menit
3	12.00	89%	31 °C	0	11 menit	0	10 menit
4	12.30	88%	30 °C	0	10 menit	0	10 menit
5	14.00	87%	29 °C	0	5 menit	0	5 menit
6	14.30	87%	28 °C	0	5 menit	0	5 menit
7	15.00	86%	27 °C	0	0	0	0
8	15.30	86%	25 °C	0	0	0	0
9	16.00	86%	25 °C	0	0	0	0
10	16.30	86%	25 °C	0	0	0	0

Tingkat keberhasilan antara pengujian dan perhitungan logika fuzzy manual dapat dilihat dari persamaan 3.

$$Tingkat\ Keberhasilan\ (\%) = \frac{Jumlah\ Keberhasilan}{Jumlah\ Total\ Tes}\ x\ 100 \qquad (3)$$

a. Tingkat keberhasilan sistem kendali pada kelembaban tanah (%) = $\frac{9}{10}\ x\ 100 = 90\%$
b. Tingkat keberhasilan sistem kendali pada pengukuran suhu (%) = $\frac{7}{10}\ x\ 100 = 70\%$
c. Tingkat keberhasilan sistem kendali rata-rata tanah (%) = $\frac{90\%+70\%}{2} = 80\%$

Tingkat keberhasilan keseluruhan untuk pengujian sistem kendali menggunakan logika fuzzy adalah 80%, yang merupakan akurasi yang sangat tinggi untuk suatu sistem kendali dan dapat dimanfaatkan untuk petani jamur agar tidak mengalami gagal panen.

V. KESIMPULAN

Penerapan sistem pengendalian kelembaban tanah menggunakan logika fuzzy mencapai tingkat keberhasilan 80%; Ketelitian seperti itu sering kali menguntungkan sistem kendali dan memastikan efisiensinya. Pada sistem kendali suhu terdapat beberapa kendala atau hambatan yang mempengaruhi tingkat keberhasilan hasil, faktor tersebut antara lain keterlambatan sensor dalam mengirimkan data ke arduino karena lambatnya sensor dalam mengenali suhu, hal ini mengakibatkan tertundanya data yang diperoleh. Akibatnya, hasil keluaran data pun menjadi kurang cepat dan umur kipas menjadi lebih panjang.

Sistem pembelajaran mesin berbasis pengendalian kelembaban dan suhu tanah dengan metode Sugeno dapat memberikan dampak positif bagi petani jamur tiram. Sistem ini dapat memitigasi risiko kegagalan panen dan meningkatkan produktivitas pertanian. Meskipun terdapat beberapa kendala dalam pengendalian suhu, penelitian ini memberikan landasan yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut dalam meningkatkan respons dan akurasi sistem. Pengoptimalan sensor suhu dan peningkatan kecepatan pengiriman data dapat menjadi langkah-langkah yang berpotensi untuk meningkatkan kinerja sistem pengendalian suhu di masa mendatang.

Kesimpulan akhir dari penelitian ini adalah bahwa pendekatan kombinasi antara machine learning dan logika fuzzy, khususnya metode Sugeno, dapat menjadi solusi yang efektif dalam mengatasi tantangan kompleks dalam pertanian modern, seperti pengendalian lingkungan untuk budidaya tanaman tertentu. Dengan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Y. H. Bahar, I. Saskiawan, and G. Susilowati, "Potensi Jamur Pangan sebagai Pangan Fungsional untuk Meningkatkan Daya Tahan Tubuh Manusia," J. Agroekoteknologi dan Agribisnis, vol. 6, no. 1, pp. 45–58, 2022, doi: 10.51852/jaa.v6i1.533.

[2] M. Mannaa and K. D. Kim, "Influence of temperature and water activity on deleterious fungi and mycotoxin production during grain storage," Mycobiology, vol. 45, no. 4, pp. 240–254, 2017, doi: 10.5941/MYCO.2017.45.4.240.

[3] S. Waluyo, R. E. Wahyono, B. Lanya, and M. Telaumbanua, "Pengendalian Temperatur dan Kelembaban dalam Kumbung Jamur Tiram (Pleurotus sp) Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler," agriTECH, vol. 38, no. 3, p. 282, 2019, doi: 10.22146/agritech.30068.

[4] N. Nasron, S. Suroso, and A. R. Putri, "Perancangan Logika Fuzzy Untuk Sistem Pengendali Kelembaban Tanah dan Suhu Tanaman," J. Media Inform. Budidarma, vol. 3, no. 4, p. 307, 2019, doi: 10.30865/mib.v3i4.1245.

[5] H. Yoal and W. Dirgantara, "Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Penetas Telur Otomatis Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno Berbasis IoT," 2023.

[6] D. Rahmawati, F. Herawati, G. Saputra, and Hendro, "Karakterisasi Sensor Kelembaban Tanah (YL-69) Untuk Otomatisasi Penyiraman Tanaman Berbasis Arduino Uno," Pros. SKF 2017, pp. 92–97, 2017.

[7] Widi, "Penulisan dan Pembacaan ADC pada Mikrokontroler," vol. 2, pp. 1–7, 2017.

[8] A. Y. Rangan, Amelia Yusnita, and Muhammad Awaludin, "Sistem Monitoring berbasis Internet of things pada Suhu dan Kelembaban Udara di Laboratorium Kimia XYZ," J. E-Komtek, vol. 4, no. 2, pp. 168–183, 2020, doi: 10.37339/e-komtek.v4i2.404

[9] R. Asrianto and A. Effendi, "Penerapan Logika Fuzzy Dengan Metode Sugeno Untuk Menentukan Besaran Komisi Pada Layanan Jastip Plgd.Store," J. Softw. Eng. Inf. Syst., vol. 2, no. 1, pp. 101–110, 2021, doi: 10.37859/seis.v2i1.3298

[10] M. Maslim, B. Y. Dwiandiyanta, and N. Viany Susilo, "Implementasi Metode Logika Fuzzy dalam Pembangunan Sistem Optimalisasi Lampu Lalu Lintas," J. Buana Inform., vol. 9, no. 1, pp. 11–20, 2018, doi: 10.24002/jbi.v9i1.1661

[11] M. A. G. Darmawan, A. Bhawiyuga, and S. R. Akbar, "Rancang Bangun Sistem Penyiraman Tanaman Tomat Menggunakan Wireless Sensor Network dengan Metode Fuzzy Logic," J. Pengemb. Teknol. Inf. Dan Ilmu Komput. e-ISSN, vol. 2548, no. 12, p. 964X, 2022.

[12] D. A. Rahmawati, "Penerapan Fuzzy Logic Dengan Menggunakan Metode Mamdani Untuk Memprediksi Kualitas Kopi," Skri, p. Universitas Negeri Semarang. Semarang., 2015

[13] M. Rinaldi, "Fuzzy Logic dengan Menggunakan MATLAB," Bahan Kuliah ITB, 2014