

IMPLEMENTASI INFERENSI FUZZY SEBAGAI METODE KONTROL KELEMBAPAN LINGKUNGAN KUMBUNG JAMUR MENGGUNAKAN PLATFORM KODULAR BERBASIS INTERNET OF THINGS

Sutra Wardatul Jannah^{1*}, Dwi Santi Ulin Fathira², Sri Nitia Astutik³

^{1,2,3} Universitas Nurul Jadid; Jl. PP Nurul Jadid, Dusun Tanjung. Lor, Karanganyar, Kec. Paiton, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. Kode Pos: 67291;

Keywords:

Fuzzy Inference System;
Humidity Control; IoT-based
Smart Farming; Mushroom
Cultivation;Kodular Platform.

Correspondent Email:

sutrawardatuljannah@u
nuja.ac.id

Abstrak. Budidaya jamur memerlukan kelembapan yang stabil untuk menjamin pertumbuhan optimal dan kualitas panen. Pengendalian manual konvensional tidak efisien dan sering menyebabkan fluktuasi kondisi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem kontrol kelembapan otomatis yang cerdas untuk kumbung jamur. Sistem ini mengintegrasikan platform Kodular sebagai antarmuka berbasis seluler untuk pemantauan dan aktuasi waktu-nyata. Sebuah sistem inferensi fuzzy (FIS) dikembangkan untuk mengatur durasi penyiraman menggunakan data dari sensor kelembapan. Kontroler ini menggunakan variabel linguistik untuk tingkat kelembapan dan waktu penyiraman, yang dikombinasikan dengan basis aturan untuk menghasilkan output yang adaptif. Pengujian eksperimental dilakukan pada berbagai kondisi kelembapan untuk mengevaluasi kinerja sistem. Hasilnya, sistem menunjukkan respons adaptif terhadap perubahan lingkungan. Pada tingkat kelembapan rendah 16%, sistem memicu durasi penyiraman terlalu lama yaitu 210 detik, sementara pada kelembapan lebih tinggi 37%, durasinya menurun menjadi 100 detik. Analisis membuktikan bahwa tingkat kelembapan yang lebih rendah secara konsisten memperpanjang durasi penyiraman secara proporsional, yang memvalidasi efektivitas kendali fuzzy. Sistem inferensi fuzzy berhasil diimplementasikan sebagai kontroler yang efisien dan adaptif serta mampu menyesuaikan diri terhadap kondisi waktu-nyata. Sistem berbasis IoT yang diusulkan ini meningkatkan stabilitas iklim mikro di kumbung jamur dan menyediakan solusi smart farming yang praktis.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. Mushroom cultivation requires stable humidity to ensure optimal growth and yield quality. Conventional manual regulation is inefficient and often causes fluctuations in environmental conditions. This study aims to design an intelligent automatic humidity control system for mushroom houses. The system integrates the Kodular platform as a mobile-based interface for real-time monitoring and actuation. A fuzzy inference system (FIS) was developed to regulate watering duration using humidity sensor data. The controller employed linguistic variables for humidity levels and watering time, combined with a rule base to generate adaptive outputs. Experimental trials were conducted under varying humidity conditions to evaluate performance. The system demonstrated adaptive responses to environmental changes. At a low humidity level of 9%, the system triggered the maximum watering duration of 26.991 seconds, while at a higher humidity of 46%, the duration decreased to 22.676 seconds. Analysis confirmed that lower humidity levels consistently extended watering duration proportionally, validating the effectiveness of fuzzy control. The fuzzy inference system was successfully implemented as an efficient and adaptive controller capable of adjusting to real-time conditions.

The proposed IoT-based system enhances microclimate stability in mushroom houses and provides a practical smart farming solution.

1. PENDAHULUAN

Budidaya jamur tiram merupakan salah satu sektor agribisnis bernilai ekonomi tinggi yang keberhasilannya sangat ditentukan oleh stabilitas iklim mikro di dalam rumah tanam (kumbung)[1]. Parameter lingkungan paling krusial adalah kelembapan, yang harus dijaga secara konsisten dalam rentang optimal untuk mendukung pertumbuhan miselium dan pembentukan tubuh buah yang berkualitas[2]. Namun, petani skala kecil, seperti yang berada di Desa Binor, umumnya masih bergantung pada metode pengendalian manual yang bersifat reaktif dan tidak presisi. Ketergantungan ini sering kali mengakibatkan fluktuasi kelembapan yang drastis, sehingga berdampak negatif terhadap produktivitas dan kualitas hasil panen. Kondisi ini mendasari urgensi pengembangan teknologi otomasi yang adaptif dan mudah diakses.

Kajian terkini dalam bidang otomasi budidaya jamur menunjukkan tren pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT) sebagai solusi monitoring yang efektif[3]. Beberapa penelitian sebelumnya telah berhasil membuktikan kelayakan teknologi ini, NodeMCU ESP8266 dan ESP32 mampu menyediakan sistem pemantauan suhu dan kelembapan jarak jauh secara real-time, sehingga mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual[4]. Lebih lanjut, penelitian mengangkat otomasi ke tingkat yang lebih tinggi dengan mengintegrasikan IoT dengan metode logika fuzzy untuk sistem kontrol. Hasilnya membuktikan bahwa logika fuzzy mampu menghasilkan keputusan kontrol yang lebih adaptif dan efisien dibandingkan sistem manual atau sistem berbasis ambang batas (threshold) konvensional[5].

Pengembangan dalam implementasi sistem yang terintegrasi penuh dan berfokus pada kemudahan akses bagi pengguna akhir, yaitu petani[6]. Penelitian tentang antarmuka pengguna yang lebih intuitif, dan perancangan kontrol fuzzy yang terhubung langsung dengan platform aplikasi seluler yang mudah

dioperasikan belum ditemukan. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan keunikan pada pengembangan sistem kontrol kelembapan cerdas yang tidak hanya mengintegrasikan inferensi fuzzy dan IoT, tetapi juga memanfaatkan platform Kodular untuk menciptakan antarmuka pada mobile phone sebagai pusat monitoring dan kendali yang praktis bagi petani. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan menganalisis efektivitas sistem kontrol kelembapan otomatis berbasis logika fuzzy yang terintegrasi dengan platform IoT seluler. Fokus utama penelitian ini adalah untuk menjawab bagaimana pengaruh penerapan sistem inferensi fuzzy yang dikendalikan melalui platform seluler berbasis IoT dalam menjaga stabilitas kelembapan optimal untuk mendukung budidaya jamur tiram.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kumbung Jamur

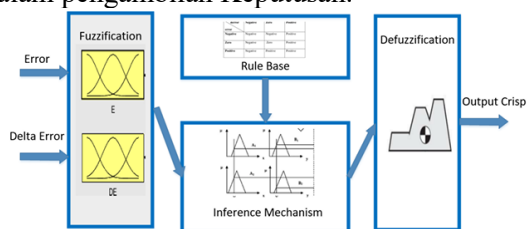
Kumbung merupakan sebuah bangunan yang dirancang secara khusus untuk berfungsi sebagai rumah bagi budidaya jamur. Struktur ini berperan sebagai sebuah lingkungan buatan yang terkontrol, direkayasa untuk meniru habitat alami yang paling ideal bagi pertumbuhan jamur dengan tujuan menjaga iklim mikro yang stabil dengan mengatur faktor-faktor krusial seperti suhu dan kelembapan. Selain itu, kumbung juga memberikan perlindungan vital bagi jamur dari gangguan eksternal, termasuk cuaca ekstrem dan serangan hama penyakit. Pemanfaatan rak-rak vertikal di dalamnya memungkinkan efisiensi ruang yang maksimal untuk menampung media tanam dalam jumlah besar. Pada dasarnya, rekayasa lingkungan ini bertujuan untuk meningkatkan kuantitas sekaligus kualitas hasil panen jamur secara signifikan [7] [8].



Gambar 1. Kumbung Jamur

2.3 Metode Fuzzy

Fuzzy merupakan sebuah metode kontrol yang menggunakan pendekatan logika di antara nilai benar (1) dan salah (0). Pada fuzzy nilai antara 0 dengan 1 terdiri dari beberapa derajat keanggotaan yang bervariasi, derajat keanggotaan ini bervariasi jumlahnya, tergantung dari desain kontrol yang akan kita gunakan, semakin banyak derajat keanggotaan maka semakin banyak kondisi yang diterjemahkan pada sistem tersebut, sebagai contoh fuzzy dengan 3 derajat keanggotaan akan dibagi dalam 3 nilai kondisi yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Dengan menggunakan himpunan fuzzy, sebuah sistem dapat menggambarkan ketidakpastian atau keabuan dalam pengambilan Keputusan.



Gambar 2. Tahapan fuzzy

Metode fuzzy terdiri dari 3 tahap utama yaitu fuzzification, fuzzy inference, dan defuzzifikasi. Fuzzifikasi mengubah nilai crisp berupa nilai error dan delta error menjadi nilai linguistic fuzzy, tahap fuzzy inference Menyusun rule base sebagai logika pengambilan keputusan, tahap terakhir yaitu defuzzifikasi mengubah hasil fuzzy output dalam rentang tertentu menjadi satu nilai pasti.

2.4 Sensor *Capacitive Soil*

Sensor kelembaban tanah umumnya terbagi menjadi dua jenis, yaitu resistif dan kapasitif. Sensor kapasitif dianggap lebih

unggul karena menawarkan akurasi lebih baik dan daya tahan lebih lama. Sensor ini bekerja dengan prinsip kapasitansi untuk mendeteksi kadar air dalam tanah dan dapat langsung ditanamkan [10]. Dibandingkan sensor resistif yang rentan terhadap korosi, sensor kapasitif memiliki kelebihan utama berupa ketahanan terhadap kerusakan tersebut sehingga memiliki realibility lebih tinggi.



Gambar 3. Sensor Capacitive Soil Moisture

Prinsip kerja capacitive soil moisture sensor didasarkan pada perubahan nilai kapasitansi akibat kadar air di dalam tanah. Ketika kadar air tanah meningkat, konstanta dielektrik tanah juga meningkat. Sebaliknya, jika tanah kering, konstanta dielektrik menurun dan kapasitansi berkurang, sehingga nilai kapasitansi sensor bertambah seperti dirumuskan pada persamaan berikut:

$$C = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

Dimana C nilai kapasitansi, ϵ_r merupakan konstanta dielektrik, ϵ_0 konstanta permitivitas vakum ($8,85 \times 10^{-12} F/m$), A merupakan luas permukaan, dan d merupakan jarak anta plat.

2.5 Kodular

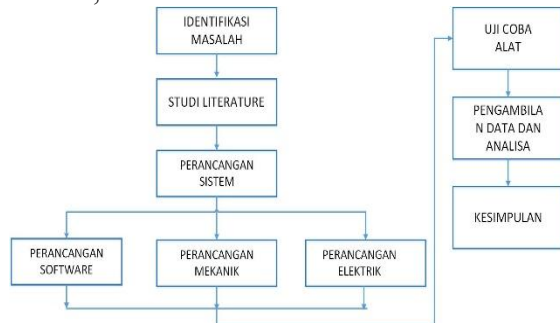
Kodular merupakan salah satu platform IoT berbasis web dengan ciri menggunakan Bahasa pemrograman low-code (drag and drop), hasil dari desain kodular berupa visualasi yang dapat digunakan di android. Platform kodular bersifat open source dan memiliki desain antarmuka dengan fitur lengkap untuk kebutuhan sistem IoT [11].

3. METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan penelitian

Penelitian ini dilaksanakan secara sistematis melalui beberapa tahapan yang terstruktur menggunakan pendekatan metode penelitian kuantitatif. Metode ini dipilih karena penelitian akan berfokus pada pengukuran dan analisis data numerik yang objektif, terutama

dalam tahap pengujian dan evaluasi kinerja sistem yang akan dikembangkan. Tahapan penelitian yang dilakukan dijelaskan sebagai berikut,

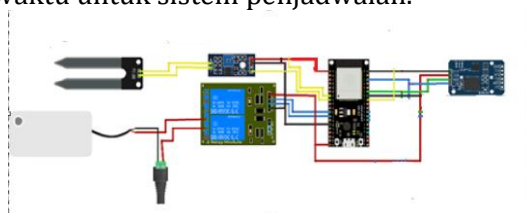


Gambar 4. Tahapan Penelitian

Tahap awal yang dilakukan adalah identifikasi masalah untuk menentukan permasalahan apa yang akan diangkat sebagai objek penelitian, dilanjutkan dengan studi literature tentang penelitian tersebut. Setelah kebutuhan sistem terdefinisi, proses dilanjutkan dengan tahap perancangan yang mencakup desain perangkat keras dan perangkat lunak. Rancangan yang telah dibuat kemudian diimplementasikan dan diuji secara menyeluruh untuk memastikan semua komponen berfungsi sesuai harapan, dan tahapan akhir dari penelitian ini adalah penarikan kesimpulan berdasarkan analisis dari hasil pengujian sistem tersebut.

3.2 Perancangan hardware

Perancangan perangkat keras pada sistem ini disusun dengan menempatkan ESP32 sebagai pusat kendali utama yang mengintegrasikan seluruh komponen. Untuk catu daya, sistem ini menggunakan Adaptor 12V yang dayanya didistribusikan untuk menyuplai mikrokontroler ESP32 dan modul Driver Relay. Pada sisi masukan (input), terdapat tiga komponen utama yang terhubung ke ESP32: Sensor Suhu untuk memonitor temperatur lingkungan, Sensor Kelembapan Tanah untuk mengukur kadar air pada media tanam, dan modul RTC (Real Time Clock) yang berfungsi sebagai penanda waktu untuk sistem penjadwalan.

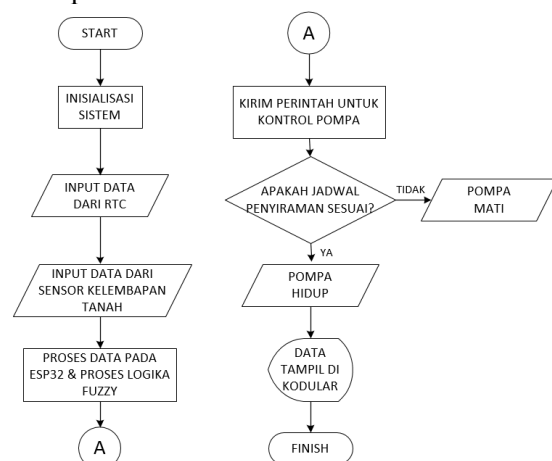


Gambar 5. Wiring Diagram

Pada sisi output, ESP32 mengirimkan data visual ke aplikasi kodular untuk menampilkan status dan hasil pembacaan sensor secara langsung. Untuk mengendalikan aktuator, ESP32 terhubung ke modul Driver Relay yang berfungsi sebagai saklar otomatis. Relay ini mengontrol dua aktuator utama, yaitu Pompa Air untuk proses penyiraman dan Kipas untuk membantu sirkulasi udara atau pendinginan. Dengan arsitektur ini, seluruh komponen dapat bekerja secara terpadu untuk melakukan pemantauan dan pengendalian lingkungan kumbung jamur secara otomatis.

3.3 Prinsip kerja alat

Prinsip kerja alat ini diawali dengan proses inialisasi, di mana sistem akan mulai dengan pengecekan waktu secara terus-menerus menggunakan modul Real-Time Clock (RTC). Sistem akan membandingkan waktu saat ini dengan jadwal penyiraman yang telah diatur sebelumnya. Jika waktu belum sesuai dengan jadwal yang ditentukan, maka pompa akan tetap dalam kondisi mati dan sistem akan kembali melakukan pengecekan waktu. Proses ini memastikan bahwa penyiraman hanya akan dipertimbangkan pada waktu yang telah ditetapkan.



Gambar 6. Flowchart Kerja Alat

Ketika waktu aktual telah sesuai dengan jadwal penyiraman, sistem akan melanjutkan ke tahap berikutnya, yaitu pembacaan sensor. Sensor Capacitive Soil Moisture akan mengukur tingkat kelembapan media tanam dan sensor suhu akan membaca temperatur lingkungan kumbung. Data dari kedua sensor

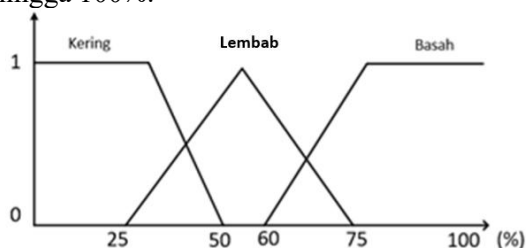
ini kemudian dikirim ke mikrokontroler untuk diproses menggunakan rule base logika fuzzy yang telah dirancang. Berdasarkan kondisi kelembapan dan suhu yang terukur, logika fuzzy akan menentukan durasi optimal pompa harus menyala. Setelah itu, mikrokontroler akan mengaktifkan pompa air sesuai durasi yang telah dihitung. Semua prosen dan informasi kondisi sitem di atas akan ditampilkan pada aplikasi kodular, sehingga petani jamur diharapkan tetap bisa memantau dan mengendalikan melalui handphone.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Rule Fuzzy

Perancangan sistem kendali menggunakan logika fuzzy untuk menentukan durasi aktivasi pompa air secara otomatis. Sistem fuzzy ini memiliki satu variabel masukan (input) dan satu variabel keluaran (output). Variabel input yang digunakan adalah nilai kelembapan tanah, yang direpresentasikan dalam tiga himpunan keanggotaan (membership function), yaitu Kering, Sedang, dan Basah. Variabel output dari sistem ini adalah durasi nyala pompa yang diukur dalam satuan detik. Terdapat tiga himpunan keanggotaan untuk output yang menyesuaikan dengan kondisi input.

Tahap fuzzifikasi untuk variabel input kelembapan tanah dilakukan dengan mengubah data input numerik (crisp) menjadi nilai linguistik fuzzy. Sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 7, derajat keanggotaan untuk kelembapan tanah ditetapkan pada rentang 0% hingga 100%.



Gambar 7. Fuzzy Input Kelembapan

Himpunan fuzzy kering merepresentasikan kondisi tanah dengan kadar air rendah. Fungsi keanggotaan yang digunakan adalah fungsi trapesium bahu kiri. Persamaan fungsi untuk derajat keanggotaan kering ($\mu_{kering}=1$),

$$\mu_{Kering}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } 0 \leq x \leq 25 \\ \frac{50-x}{50-25} & \text{if } 25 < x < 50 \\ 0 & \text{if } x \geq 50 \end{cases}$$

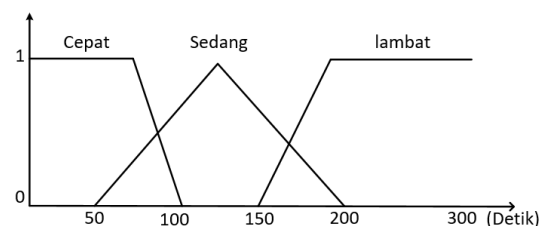
Himpunan fuzzy sedang menandakan kondisi kelembapan tanah yang ideal. Representasi himpunan ini menggunakan fungsi keanggotaan segitiga, yang mencapai puncaknya ($\mu_{lembab}=1$),

$$\mu_{lembab}(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq 25 \text{ or } x \geq 75 \\ \frac{x-25}{50-25} & \text{if } 25 < x \leq 50 \\ \frac{75-x}{75-50} & \text{if } 50 < x < 75 \end{cases}$$

Himpunan fuzzy basah merepresentasikan kondisi tanah dengan kadar air tinggi hingga jenuh. Fungsi keanggotaan yang digunakan adalah fungsi trapesium bahu kanan. Kondisi tanah dianggap sepenuhnya Basah ($\mu_{basah}=1$), Persamaan matematisnya adalah:

$$\mu_{Basah}(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq 60 \\ \frac{x-60}{75-60} & \text{if } 60 < x < 75 \\ 1 & \text{if } x \leq 100 \end{cases}$$

Pemilihan rentang dan bentuk kurva ini didasarkan pada karakteristik umum kondisi tanah, di mana terdapat zona transisi yang tidak dapat didefinisikan secara tegas sebagai kering, sedang, atau basah. Desain ini menjadi fondasi bagi mesin inferensi fuzzy untuk memproses aturan dan menghasilkan keputusan yang akurat.



Gambar 8. Fuzzy Output Durasi Pompa

Fungsi keanggotaan pada gambar tersebut mendefinisikan variabel output dari sistem kontrol fuzzy, yaitu durasi aktif pompa penyiraman yang diukur dalam satuan detik. Output ini dipetakan ke dalam tiga himpunan fuzzy linguistik: Cepat, Sedang, dan Lambat. Himpunan Cepat merepresentasikan durasi penyiraman yang singkat, dengan rentang efektif di bawah 100 detik, cocok untuk kondisi

tanah yang sudah cukup lembab. Himpunan Sedang mencakup durasi menengah dengan puncak keanggotaan di sekitar 135 detik, sebagai respons terhadap kondisi tanah yang tidak terlalu kering maupun basah. Sementara itu, himpunan lambat digunakan untuk durasi penyiraman yang panjang, di mana setiap waktu di atas 200 detik dianggap sepenuhnya 'Lambat', yang merupakan tindakan untuk mengatasi kondisi tanah yang sangat kering. Desain output ini memungkinkan sistem untuk mengubah keputusan logisnya menjadi aksi numerik yang konkret dan bervariasi, memastikan bahwa jumlah air yang diberikan sesuai dengan tingkat kelembapan yang terdeteksi.

4.2 Pengujian Komponen

Validasi fungsional komponen perlu dilakukan sebelum evaluasi sistem secara keseluruhan, dilakukan pengujian fungsional terhadap komponen utama. Sensor kelembapan tanah menunjukkan responsivitas yang baik, di mana hasil pengujian pada Tabel -- mengonfirmasi kemampuannya untuk memetakan rentang kelembapan tanah (misalnya, <25% dan >50%) ke level tegangan yang berbeda (0 V dan 3.3 V).

Tabel 1. Validasi Sensor

NO	Nilai Sensor	Tegangan
1.	0-25%	0 volt
2.	20-45%	1.7 volt
3.	50-80%	3.3 volt

Pada sisi output dilakukan pengujian pompa, digunakan ESP32 yang akan mengirimkan perintah aktif atau tidaknya relay pompa, dimana relay disini merupakan saklar koneksi antara catu daya dengan pompa DC, Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Validasi Aktuator

NO	Input Voltage	Kondisi Pompa
1.	12 V	ON
2.	0 V	OFF

Berdasarkan tabel diatas dijelaskan bahwa jika input 12 Volt maka pompa akan menyala, sebaliknya jika input 0 Volt maka pompa akan mati.

4.3 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilaksanakan di dalam kumbung jamur untuk menganalisis kinerja metode kontrol fuzzy dalam skenario nyata. Pengujian dilakukan pada dua slot waktu—pagi dan sore—dengan menempatkan sensor pada media tanam dengan tingkat kelembapan yang bervariasi. Pengaturan waktu bisa dilakukan dari aplikasi kodular sehingga petani bisa menjadwalkan penyiraman secara fleksibel dan dari jarak jauh dan juga hasil pembacaan sensor akan ditampilkan secara realtime pada kodular.



Gambar 9. Tampilan Kodular

Hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 3 (Pagi Hari) dan Tabel 4 (Sore Hari) secara empiris menunjukkan keberhasilan implementasi logika fuzzy. Waktu penyiraman diatur pada pukul 09.00 dan diteruskan ke RTC (Real Time Clock). Analisis data memperlihatkan pola yang jelas: durasi penyiraman yang dihasilkan oleh sistem berbanding terbalik dengan nilai kelembapan yang terdeteksi oleh sensor:

Tabel 3. Pengujian pada Pagi hari

Percobaan ke-	Hasil pembacaan sensor	Kategori	Durasi penyiraman
Percobaan 1	37%	lembab	100 detik
Percobaan 2	76%	Basah	15 detik
Percobaan 3	16%	Kering	210 detik

Hasil pengujian sistem yang disajikan pada Tabel 3 menunjukkan validasi dan kesesuaian yang kuat dengan desain fungsi

keanggotaan yang telah ditetapkan pada grafik. Sistem secara akurat mengkategorikan nilai sensor 16% sebagai 'Kering', sesuai dengan rentang pada grafik, dan secara logis merespons dengan durasi penyiraman terlama yaitu 210 detik untuk mengatasi kondisi kering. Demikian pula, nilai 76% yang pada grafik sudah sepenuhnya masuk dalam kategori 'Basah' menghasilkan durasi penyiraman tersingkat (15 detik), yang membuktikan kemampuan sistem untuk mencegah penyiraman berlebih. Untuk kondisi transisi seperti 37%, yang pada grafik berada di antara himpunan 'Kering' dan 'Sedang' (Lembab), sistem memberikan output durasi menengah (100 detik), menunjukkan responsivitasnya yang proporsional.

Pengujian selanjutnya dilakukan pada sore dengan mengatur RTC pada pukul 15.00, untuk menguji konsistensi dan keandalan sistem dalam merespons kondisi lingkungan yang berbeda.

Tabel 4. Pengujian pada Sore Hari

Percobaan ke-	Hasil pembacaan sensor	Kategori	Durasi penyiraman
Percobaan 1	55%	Lembab	81 detik
Percobaan 2	78%	Basah	10 detik
Percobaan 3	24%	Kering	190 detik

Hasil pengukuran pada sore hari semakin memperkuat validitas dan keandalan sistem kontrol fuzzy yang dirancang, dengan menunjukkan kesesuaian yang sangat tinggi antara hasil implementasi pada tabel dan aturan pada grafik fungsi keanggotaan. Pada kondisi paling kering yang terdeteksi yaitu 24%, sistem secara tepat mengkategorikannya sebagai 'Kering'—sesuai dengan grafik yang menunjukkan nilai keanggotaan penuh pada rentang tersebut—dan merespons dengan durasi penyiraman terlama (190 detik) untuk mengatasi kekurangan air. Sebaliknya, pada kondisi sangat basah 78%, sistem dengan benar mengidentifikasinya sebagai 'Basah' karena telah melewati ambang batas 75% pada grafik, lalu memberikan durasi penyiraman minimal (10 detik) untuk efisiensi air dan mencegah

kejenuhan. Bahkan pada kondisi transisi 55%, yang pada grafik berada di antara himpunan 'Sedang' dan 'Basah', sistem secara akurat menetapkan dalam kategori 'Lembab' (Sedang) dan memberikan output durasi menengah (81 detik), yang secara proporsional berada di antara respons untuk kondisi kering dan basah. Konsistensi respons sistem di berbagai tingkat kelembapan ini membuktikan bahwa implementasi logika fuzzy telah bekerja secara adaptif sesuai tujuannya.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, implementasi, dan serangkaian pengujian yang telah dilakukan pada sistem penyiraman otomatis berbasis logika fuzzy, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

5.1 Hasil yang Diperoleh

- Sistem kontrol fuzzy telah berhasil diimplementasikan untuk mengatur durasi penyiraman pompa air secara otomatis berdasarkan input dari sensor kelembapan tanah.
- Hasil pengujian secara konsisten menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai dengan logika yang dirancang, yaitu terdapat hubungan terbalik antara nilai kelembapan tanah dengan durasi penyiraman. Semakin rendah tingkat kelembapan (kering), semakin lama durasi penyiraman, dan sebaliknya.
- Data pengujian pada waktu yang berbeda (pagi dan sore) menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan respons yang konsisten dan andal, membuktikan bahwa logika internal sistem berfungsi dengan stabil.

5.2 Saran Pengembangan Selanjutnya

- Rekalibrasi Fungsi Keanggotaan: Perlu dilakukan penyesuaian ulang (rekalibrasi) pada rentang himpunan fuzzy. Misalnya, menggeser kategori "Basah" agar dimulai pada nilai 85% untuk menyesuaikan dengan kebutuhan biologis jamur tiram.
- Penambahan Sensor Lingkungan: Menambahkan sensor lain seperti sensor suhu dan kelembapan udara (contoh: DHT22) untuk menciptakan sistem fuzzy dengan multiple input, sehingga keputusan penyiraman menjadi lebih

cerdas dan akurat dengan mempertimbangkan laju penguapan.

- Berdasarkan perancangan, implementasi, dan serangkaian pengujian yang telah dilakukan pada sistem penyiraman otomatis berbasis logika fuzzy, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Pemerintah Desa Binor, karna yang telah memberikan izin dan memfasilitasi pelaksanaan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) sekaligus penelitian di lokasi kumbung jamur milik desa. Penghargaan dan terima kasih yang tulus juga penulis sampaikan kepada segenap civitas akademika Universitas Nurul Jadid atas segala dukungan sehingga penelitian mengenai sistem kontrol fuzzy untuk irigasi otomatis ini dapat berjalan dengan lancar dan terselesaikan dengan baik

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khairat, U., Basri, B., & Fakhrurrozi, W. A. "Monitoring Suhu Ruang Budidaya Jamur Tiram Menggunakan Android Berbasis Arduino". *Technomedia Journal*, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.33050/tmj.v7i1.1762>. 2022
- [2] Krismadani, F. W., Budi, A. S., Studi, P., Komputer, T., Komputer, F. I., Tiram, J., & Linier, R. Sistem Kontrol dan Monitoring Kumbung dan Baglog Untuk Budidaya Jamur menggunakan Regresi Linear. 1(1), 1–7. 2017.
- [3] Andre, H., Pratama, F. D., Pahlevi, M. R., Afif, M., Fitri, S., Pratama, R. W., & Hikmatullah, M. R. "Perancangan Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Kumbung Jamur Berbasis Internet of Things". *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*. <https://doi.org/10.33019/electron.v3i1.14>. 2022.
- [4] Ridho'i, A., Setyadjit, K., & Era Yordhan, B. Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Pada Budidaya Jamur Tiram Menggunakan ESP32. *Jurnal FORTECH*, 4(1), 20–26. <https://doi.org/10.56795/fortech.v4i1.4103>. 2023.
- [5] Z. Umam and D. Irawan, "Sistem Pemantauan dan Kendali Penyiraman Otomatis pada Tanaman menggunakan Logika Fuzzy berbasis Outseal SCADA," *Ampere*, vol. 9, no. 1, Jun. 2024. doi: <http://doi.org/10.31851/ampere>
- [6] Maulana, I., Aeni, K., Sara, N. L., Rosyihah, I., & Syamsudin, M. S. "Fish feeding automation with ESP32 and Kodular application via RabbitMQ and MQTTX". *International Journal of Bunga Bangsa Cirebon (IJOBBA)*, 3(1), 67–72. 2022
- [7] Agus, P., Faiq, N., Farida, A. "Perancangan Sensor Monitoring Suhu Dan Kelembaban Pada Kumbung Jamur Kuping Berbasis IoT". *Zetroem Journal*, 6(2), 06–02. <https://doi.org/10.33050/tmj.v7i1.1762>. 2024
- [8] Arsheela, S., Fdhli, M., Lindawati. "Optimasi Pertumbuhan Jamur Tiram Melalui Monitoring Suhu dan Kelembaban Menggunakan Teknologi IoT". *Resistor Journal*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.31598>. 2023
- [9] S. Samaria, H. Hamrul, and M. F. Mansyur, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Budidaya Jamur Tiram menggunakan Logika Fuzzy," in *Proc. Seminar Nasional Pemanfaatan Sains dan Teknologi Informasi (SEMPATIN)*, vol. 1, no. 1, pp. 205–214, 2023.
- [10] K. T. J. Maghuna, I. M. S. Wibawa, P. Suardana, I. G. A. Widagda, N. L. P. Trisnawati, and I. G. A. Kasmawan, "Perancangan Alat Ukur Kelembaban Tanah Menggunakan Capacitive Soil Moisture Sensor Berbasis Android," *Kappa Journal: Physics & Physics Education*, vol. 8, no. 2, 2024.
- [11] M. Ramdani, A. R. Hakim, and Irwansyah, "Sistem Monitoring Rumah Burung Walet Berbasis Internet of Things Menggunakan Kodular dan Firebase," *Jurnal Vokasi Teknik (JuVoTek)*, 2024.
- [12] S. Mansur, E. H. Tiarto, I. M. Aryanto, A. Kinasih, T. P. Zuhelmi, and A. Sintianingrum, "Automatic Fish Feeding Schedule System Using Arduino and Real-Time Clock," *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*, vol. 13, no. 3, pp. 287–293, doi: 10.23960/jitet.v13i3.6351. 2022.

- [13] Sugiartawan,P Gusti,I Ngurah. “Smart Farming untuk Pengaturan Suhu Ruangan Pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis Backpropagation”. IJEIS Journal, 12(2), 1–12. <https://doi.org/10.22146/ijeis.78546>. 2022.
- [14] Abi,M.,Iskandar,D. “Implementasi Monitoring Suhu dan Kelembapan Kumbung jamur pada Budidaya Jamur Tiram dengan NodeMCU - ESP8266 di Desa Wirasana Purbalingga”. MALCOM Journal, 4(2), 1–10. <https://doi.org/10.57152/malcom.v4i2.1222.2024>.
- [15] Sukestiyarno,E., Nindita, et.al. “Kontruksi Sistem Otomasi Kelembapan dan Suhu Sebagai Upaya Peningkatan Produksi Jamur Tiram Kelompok Tani Arsowo”. JMM Journal, 8(3),1–10 <https://doi.org/10.31764/jmm.v8i3.21928>. 2024