JEF Journal Electric Field

Open Access

ISSN : 3063-7783 (Online-Elektronik) This article is licensed under CC BY-SA 4.0

https://jurnal.sekawansiji.org/index.php/jef Volume. 1 Number 2, 2024 Article

Sistem Monitoring dan Pengendalian Suhu Otomatis Berbasis *Internet of Things* Untuk *Greenhouse* Dengan Algoritma Fuzzy Logic

Faizur Rahman Imran[1], Gunawan Rahana[2], Fajri Hidayat Mahda[3], Dessy Ana Laila Sari[4]**

[1,2,3] Program Studi Teknik Informatika dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar

[4] Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar

[1]faisimran07@gmail.com, [2]gunawanrahana09@gmail.com, [3]fajrihidayat754@gmail.com, [4]dessynaa@unm.ac.id

****Corresponding Author**: [**] dessynaa@unm.ac.id**

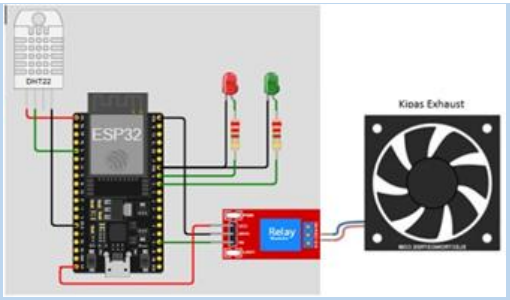
Cite This: https://jurnal.sekawansiji.org/index.php/jef/

Read Online

ACCESS

RECOMENDATION

Abstract: *In facing the challenges of climate change that affect the agricultural sector, automatic monitoring and control systems are important solutions to ensure optimal conditions for plant growth. This study develops an Internet of Things (IoT)-based system and fuzzy logic algorithms to automatically control temperature and humidity in a greenhouse.*



This system uses a DHT22 sensor to measure temperature and humidity, ESP32 as a microcontroller, and actuators such as fans and heaters to adjust environmental conditions. The fuzzy logic algorithm enables adaptive decision making based on real-time data collected. The research methodology adopts the ADDIE development model which includes analysis, design, development, implementation, and evaluation. The implementation results show that the system is able to improve the efficiency of greenhouse environmental management, maintain the stability of temperature and humidity parameters, and increase plant productivity. This technology is a step forward in supporting the sustainability of modern agriculture.

Keyword: *Greenhouse, Internet of Things, Fuzzy Logic, Monitoring System, Temperature*

Article Info

Recieved	Revised	Accepted	Published
December 31, 2024	*Januari 08, 2025*	*Januari 15, 2025*	*Januari 20, 2025*

1. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi terus mengalami perkembangan pesat, membawa dampak signifikan di berbagai bidang dan memberikan kemudahan bagi manusia dalam menjalankan berbagai aktivitas, termasuk di sektor pertanian. Salah satu bentuk inovasi tersebut adalah pemanfaatan Internet of Things [1]. Di era digital saat ini, teknologi mendorong masyarakat untuk terus berinovasi, baik melalui eksplorasi penemuan baru maupun dengan mengoptimalkan [2].

CV. SEKAWAN SIJI

© 2024 The Authors
Published by CV. Sekawan Siji

Indonesia dikenal sebagai negara agraris dengan sektor pertanian yang menjadi tulang punggung perekonomian [3]. Namun, negara ini juga menghadapi tantangan berupa perubahan iklim yang signifikan. Perubahan iklim tersebut ditandai oleh peningkatan suhu secara drastis, kenaikan permukaan air laut, serta penurunan curah hujan di berbagai wilayah [4]. Dalam menghadapi tantangan ini, teknologi modern berperan penting sebagai alat untuk membantu mengukur suhu secara akurat, sehingga dapat mendukung pengelolaan lingkungan dan mengoptimalkan pertumbuhan tanaman.

Merawat tanaman sering kali membutuhkan waktu dan perhatian yang cukup besar. Salah satu aspek utama dalam perawatan tanaman adalah menjaga suhu dan kelembapan yang ideal untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara optimal [5]. Namun, tanpa bantuan teknologi, sulit bagi manusia untuk memantau dan memastikan kondisi tersebut, yang dapat berujung pada tanaman tumbuh tidak sehat atau bahkan mati. Salah satu solusi yang efektif untuk membudidayakan tanaman adalah dengan menggunakan greenhouse [6]. Meskipun metode ini memberikan banyak manfaat, seperti perlindungan dari cuaca ekstrem, greenhouse juga memiliki tantangan, terutama dalam menjaga suhu dan kelembapan agar tetap sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman [7]. Dengan pengelolaan yang tepat, greenhouse dapat digunakan untuk menanam berbagai jenis tanaman, baik buah-buahan maupun sayur-sayuran, dan dapat diterapkan di kawasan pedesaan maupun perkotaan.

Teknologi Internet of Things (IoT) memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan lingkungan greenghouse. Dengan IoT, parameter seperti suhu dan kelembapan dapat dipantau dan dikendalikan secara otomatis [8]. Studi yang dilakukan oleh Rahman & Malik, 2024 mengembangkan prototype sistem monitoring smart green house berbasis Internet of Things (IoT) pada tanaman selada yang mampu bekerja dengan baik dimana data yang ditampilkan sesuai dengan pembacaan sensor dan status aktuator. Nilai keefektifan untuk didalam smart greenhouse sebesar 90% dan nilai keefektifan diluar smart greenhouse sebesar 4% [9]. Studi lain yang mengimplementasikan sistem alarm dan monitoring kelembaban tanah dan suhu terhadap tanaman cabai berbasis Internet of Things menggunakan logika fuzzy menghasilkan manfaat yang signifikan bagi pengguna dan meningkatkan efisiensi dalam pemantauan dan pengelolaan lingkungan tumbuh tanaman cabai [10]. Studi yang dilakukan Alfonsius et al., 2024 memperkuat pentingnya penggunaan teknologi IoT dalam sistem monitoring dan kontroling penyiraman tanaman otomatis berbasis Internet of Things, berhasil dengan baik dengan tingkat keberhasilan 100% [11].

Selain memanfaatkan teknologi IoT, salah satu pendekatan yang efektif sebagai alat pendukung keputusan dalam sistem monitoring adalah dengan menerapkan algoritma logika fuzzy [12]. Logika fuzzy merupakan pengembangan dari logika Boolean yang memperluas konsep nilai kebenaran. Berbeda dengan logika Boolean yang hanya mengenal nilai 0 dan 1, logika fuzzy memungkinkan adanya nilai di antara 0 dan 1, mencerminkan tingkat kebenaran atau ketidakpastian. Istilah "logika fuzzy" mengacu pada kondisi di mana nilai-nilai tidak bersifat mutlak, tetapi dapat berada di rentang antara 0 hingga 1. Konsep ini didasarkan pada model matematika yang sederhana, sehingga mudah dipahami tanpa memerlukan pembelajaran yang rumit. Logika fuzzy juga mampu menggambarkan sejauh mana suatu nilai dapat dianggap benar atau salah, menjadikannya alat yang fleksibel dan bermanfaat dalam berbagai aplikasi, termasuk pengambilan keputusan berbasis data.

Studi yang dilakukan oleh Akhlak et al., 2024 menunjukkan bahwa sistem penyiram tanaman hias menggunakan kontrol logika fuzzy berbasis IoT mampu melakukan pemantauan yang efisien dan akurat secara otomatis tanpa memerlukan intervensi manusia [13]. Studi lain yang dilakukan oleh Setiawan & Aula, 2024 menunjukkan bahwa integrasi IoT dengan algoritma fuzzy dan mikrokontroler ESP32 dapat menjadi solusi yang efektif dalam pengelolaan penyiraman tanaman, meningkatkan produktivitas pertanian secara keseluruhan, dan mengurangi konsumsi air dan energi [14]. Studi lainnya yang dilakukan oleh Muttaqi et al., 2024 menunjukkan hasil yang kuat bahwa sistem penyiraman otomatis dengan menerapkan logika *fuzzy* mamdani dapat bekerja sesuai dengan harapan untuk mengatasi permasalahan. Nilai akurasi dari sistem penyiraman ini sebesar 91,6% [15].

Berdasarkan beberapa uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem monitoring dan pengendalian suhu otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dengan algoritma logika fuzzy. Diharapkan sistem ini dapat menjadi solusi efisien dan adaptif untuk pengendalian suhu di berbagai sektor serta berkontribusi pada pengembangan teknologi yang cerdas, hemat energi, dan bermanfaat bagi masyarakat.

2. METODE

A. Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Metode Penelitian dan Pengembangan (Research and Development), yang bertujuan untuk menciptakan produk tertentu serta menguji efektivitas produk tersebut. Metode ini melibatkan proses perancangan, pengujian, serta peningkatan produk hingga mencapai hasil yang diinginkan. Dalam penelitian ini, pengembangan produk dilakukan menggunakan Model ADDIE, yang mencakup lima tahapan utama, yaitu: (1) Analisis, (2) Desain, (3) Pengembangan, (4) Implementasi, dan (5) Evaluasi. Model ADDIE sering dianggap sebagai kerangka yang efektif untuk pengembangan produk karena mampu menggambarkan respons atau tanggapan terhadap situasi yang kompleks dengan pendekatan sistematis, iteratif, dan fleksibel.

Gambar 1. Model Pengembangan ADDIE

1. Analisis

Pada tahap analisis, kebutuhan sistem monitoring dan pengendalian suhu di greenhouse diidentifikasi untuk memastikan pertumbuhan tanaman yang optimal. Tahapan ini mencakup analisis terhadap masalah fluktuasi suhu yang dapat memengaruhi produktivitas tanaman, kebutuhan pengawasan suhu secara terus-menerus, serta keterbatasan dalam pengelolaan suhu secara manual. Selain itu, karakteristik pengguna seperti petani atau pengelola greenhouse dianalisis untuk memastikan sistem mudah digunakan, serta analisis lingkungan fisik greenhouse dilakukan untuk memahami faktor-faktor eksternal yang memengaruhi suhu. Tujuan utama dari sistem ini adalah untuk menciptakan solusi otomatis yang mampu memantau dan mengontrol suhu secara dinamis menggunakan IoT dan algoritma *fuzzy logic*.

2. Perancangan

Pada tahap desain, rancangan sistem dibuat berdasarkan hasil analisis. Ini meliputi perancangan arsitektur sistem yang mencakup perangkat keras seperti ESP32 sebagai mikrokontroler, sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban, serta aktuator seperti kipas dan pemanas untuk pengendalian suhu. Selain itu, desain algoritma *fuzzy logic*

dirancang untuk memungkinkan pengambilan keputusan pengendalian suhu berdasarkan data suhu yang dikumpulkan. Protokol komunikasi antara perangkat dan platform IoT juga dirancang agar data suhu dapat dikirimkan dan dipantau secara *real-time*.

3. Pengembangan

Tahap pengembangan melibatkan pembuatan sistem berdasarkan desain yang telah dirumuskan. Komponen perangkat keras seperti ESP32 dan sensor DHT22 dihubungkan, dan program dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman yang sesuai, misalnya melalui Arduino IDE. Algoritma fuzzy logic diimplementasikan untuk mengolah data suhu dari sensor dan memberikan perintah pengendalian pada aktuator. Sistem kemudian diuji secara awal untuk memastikan setiap bagian berfungsi sesuai dengan desain.

4. Implementasi

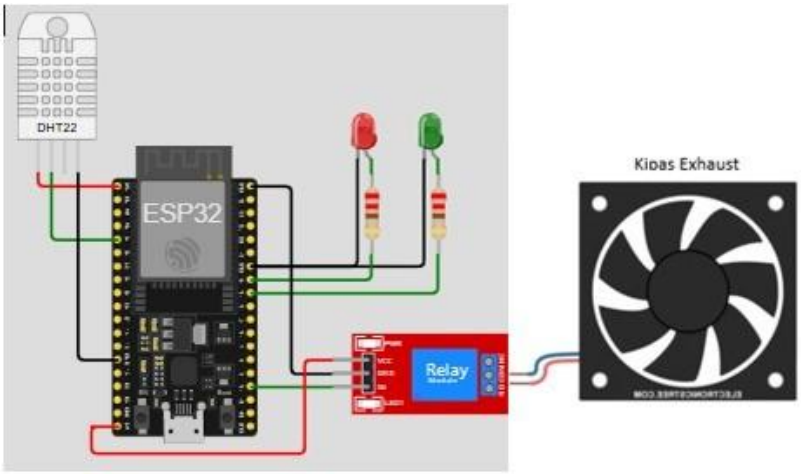
Sistem yang telah dikembangkan diimplementasikan dalam lingkungan greenhouse yang sesungguhnya. Pada tahap ini, sensor DHT22 dipasang untuk mengukur suhu dan kelembaban, dan ESP32 mengatur pengumpulan data serta pengendalian aktuator berdasarkan data tersebut. Pengujian dilakukan untuk memantau bagaimana sistem merespons perubahan suhu di greenhouse dan apakah algoritma *fuzzy logic* mampu mengatur suhu dengan baik sesuai tujuan yang ditetapkan.

5. Evaluasi

Tahapan evaluasi bertujuan untuk mengukur efektivitas sistem yang telah diimplementasikan. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kondisi suhu sebelum dan setelah sistem diterapkan, serta mengevaluasi akurasi pengendalian yang dihasilkan oleh algoritma *fuzzy logic*. Evaluasi ini juga mencakup penilaian kinerja sistem secara keseluruhan dan identifikasi perbaikan yang diperlukan. Jika ada kelemahan atau masalah yang terdeteksi, iterasi dilakukan untuk memperbaiki sistem agar lebih optimal.

B. Desain Skema

Desain skema merupakan gambaran visual yang digunakan untuk menunjukkan keterkaitan dan interaksi antara elemen-elemen dalam suatu sistem atau rangkaian elektronik. Ilustrasi di bawah ini menjelaskan susunan alat yang digunakan.



Gambar 2. Susunan Rangkaian Alat

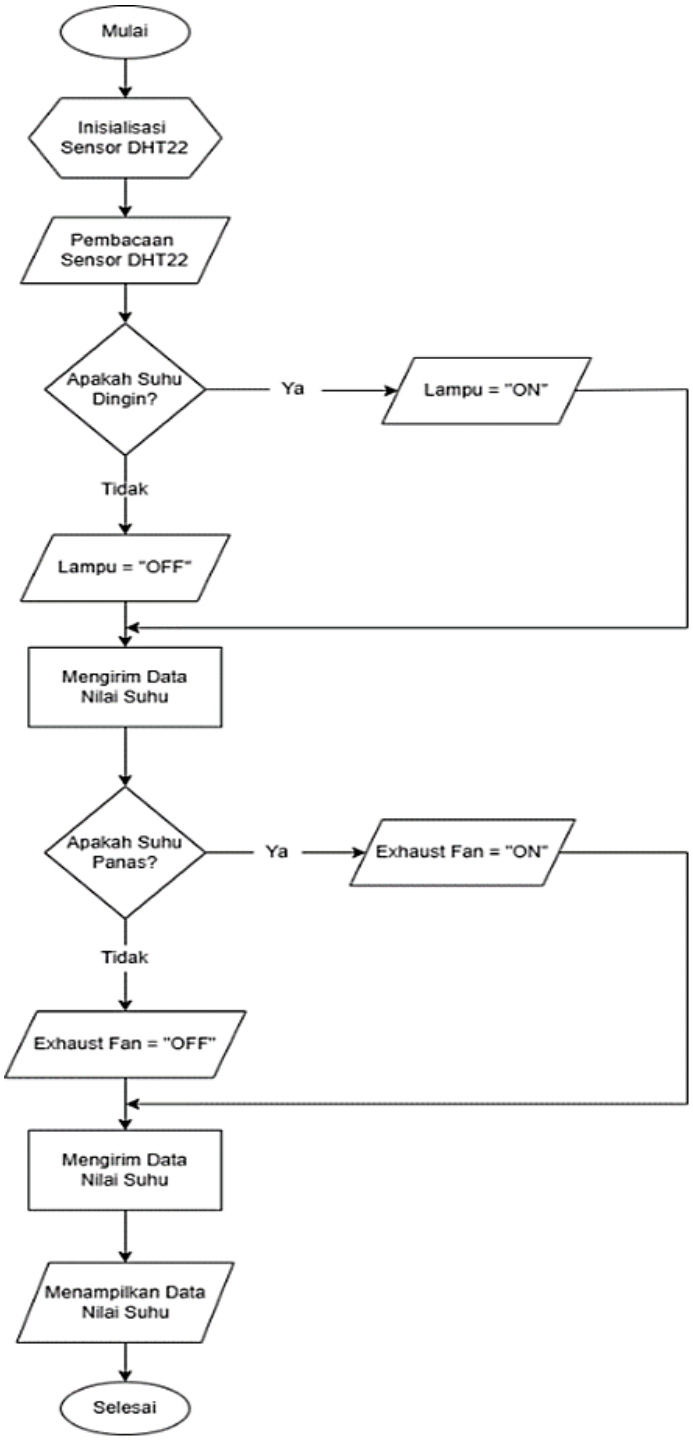
C. Rancangan Perangkat Keras

Dalam perancangan perangkat keras, langkah awal melibatkan identifikasi jenis perangkat keras yang akan digunakan beserta dengan fiturnya, diikuti dengan pemahaman terhadap kemampuannya dalam proses pengembangan. Pada perancangan ini, perangkat keras

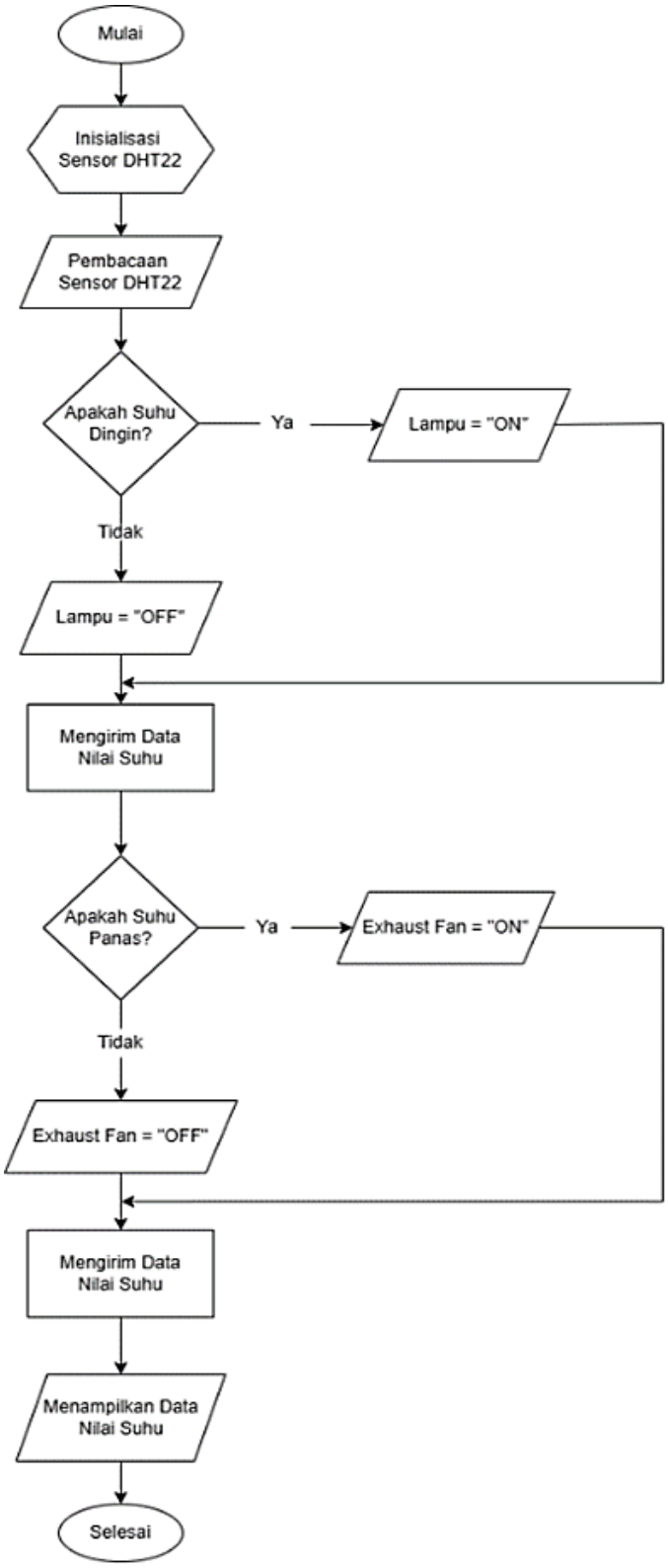
dirancang agar sensor DHT22 mendeteksi suhu, dimana jika suhu terdeteksi dingin akan menyalakan lampu LED, kemudian akan menyalakan exhaust fan jika suhu terdeteksi panas. Gambar 3. menjelaskan alir rancangan perangkat keras

D. Rancangan Perangkat Lunak

Pada Gambar 4. ditunjukkan rancangan perangkat lunak yang mencakup inisialisasi NodeMCU ESP32, pengecekan koneksi, pembacaan data dari sensor DHT22, pengiriman dan penampilan data suhu, serta pengelolaan alur proses untuk memastikan sistem berjalan efisien dan memberikan hasil yang akurat.



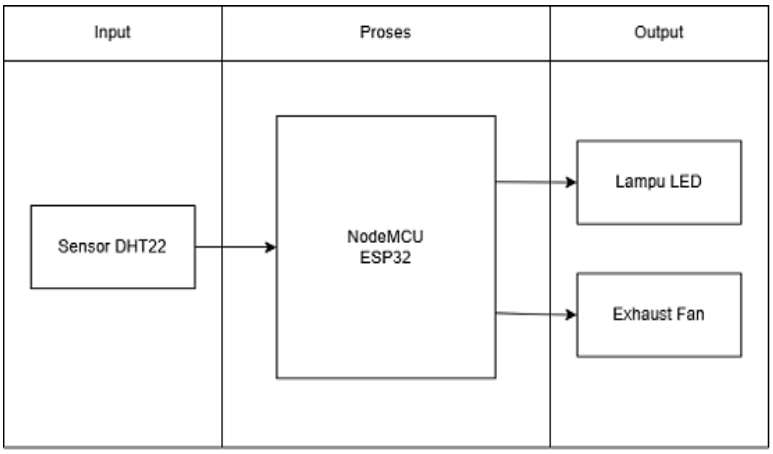
Gambar 3. Diagram Alir Rancangan Perangkat Keras



Gambar 4. Diagram Alir Rancangan Perangkat Lunak

E. Diagram Blok Sistem

Diagram blok Sistem adalah representasi visual yang menggambarkan komponen utama dalam suatu sistem dan hubungan antar komponen tersebut. Diagram ini digunakan untuk menunjukkan alur kerja sistem secara keseluruhan, memudahkan pemahaman terhadap proses yang terjadi dalam sistem, dan bagaimana masing-masing bagian saling berinteraksi.



Gambar 5. Diagram Blok Sistem

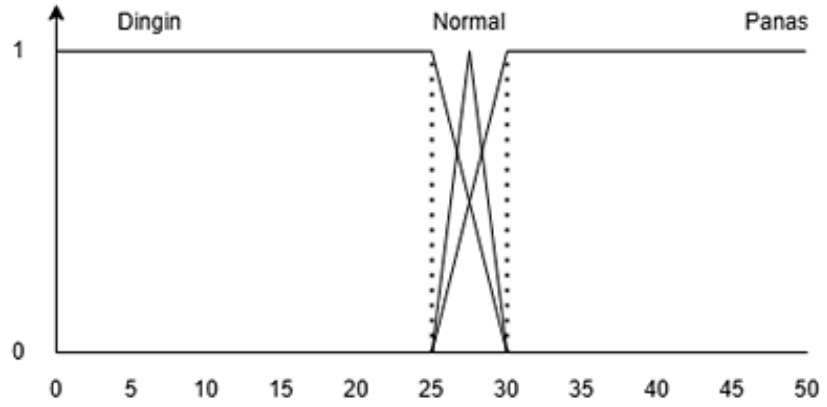
F. Sistem Kendali Fuzzy

Mikrokontroler membaca sensor suhu DHT22 dan kemudian menghasilkan pernyataan linguistik berdasarkan data yang diperoleh. Setelah menerima data dari sensor suhu DHT22, mikrokontroler melakukan pengolahan hingga membentuk pernyataan linguistik yang menggambarkan kondisi suhu, seperti "dingin", "normal", atau "panas".

Tabel 1. Variabel Linguistik Suhu

Suhu	Variabel Linguistik
< 25 °C	Dingin
25 °C - 30 °C	Normal
> 30 °C	Panas

Berdasarkan informasi pada Tabel 1, suhu dikategorikan ke dalam tiga variabel linguistik; “Dingin” untuk suhu < 25 °C, Normal untuk rentang suhu 25 °C – 30 °C, dan “Panas” untuk suhu > 30 °C. Klasifikasi ini memberikan batasan yang jelas dalam mengelompokkan nilai suhu ke masing-masing kategori linguistik.



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Variabel Suhu

Gambar 6 menunjukkan fungsi keanggotaan fuzzy untuk variabel suhu dengan tiga kategori linguistik; Dingin, Normal, dan Panas. Fungsi keanggotaan Dingin memiliki bentuk trapezoidal dengan keanggotaan penuh pada suhu < 25 °C dan menurun hingga nol pada suhu 30 °C. Normal berbentuk triangular, dengan keanggotaan penuh pada suhu 25 °C – 30 °C dan menurun simetris ke nol pada suhu 20 °C dan 35 °C. Panas juga berbentuk trapezoidal, dengan keanggotaan penuh pada suhu > 30 °C dan menurun ke nol pada suhu 25 °C. Fungsi ini menunjukkan overlap antar kategori, sehingga suhu tertentu dapat memiliki keanggotaan parsial di lebih dari satu kategori untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis fuzzy.

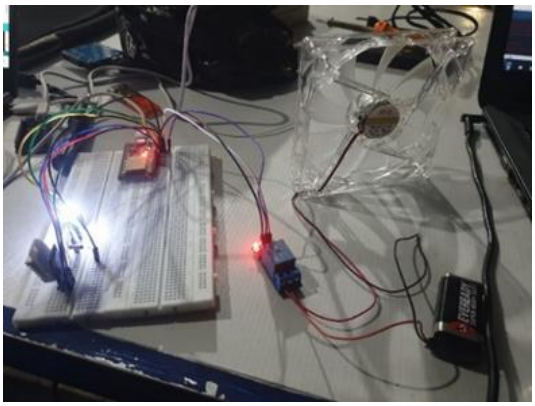
Tabel 2. Aturan Fuzzy

No	*Input*	*Output*	
	Suhu	**Lampu LED**	**Exhaust Fan**
1	Dingin	Menyala	Mati
2	Normal	Mati	Mati
3	Panas	Mati	Menyala

Berdasarkan Tabel 2 diatas, sistem menetapkan tindakan berdasarkan kondisi suhu. Ketika suhu Dingin, Lampu LED dinyalakan dan Exhaust Fan dimatikan untuk menjaga suhu tetap hangat. Pada suhu Normal, baik Lampu LED maupun Exhaust Fan tetap mati karena kondisi dianggap stabil. Jika suhu Panas, Lampu LED dimatikan dan Exhaust Fan dinyalakan untuk menurunkan suhu. Aturan ini dirancang untuk mengontrol suhu secara adaptif berdasarkan kategori suhu yang terdeteksi.

3. HASIL

Hasil perancangan perangkat keras ini dibuat dengan menggunakan Esp32 sebagai mikrokontroler, sensor DHT22 untuk mendeteksi atau membaca kondisi suhu, kipas sebagai sistem pendinginan untuk menurunkan suhu panas ruangan, lampu LED (Merah dan Hijau) sebagai indikator kondisi suhu, relay sebagai saklar elektronik untuk mengaktifkan kipas. Berikut ini adalah gambar sistem monitoring dan pengendalian suhu yang dirangkai.



Gambar 7. Perancangan Perangkat Keras

Implementasi greenhouse berbasis teknologi dirancang untuk menciptakan ruangan terkendali yang mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Dengan memanfaatkan sensor seperti DHT22, pengendali mikrokontroler seperti ESP32, dan perangkat otomatisasi seperti kipas exhaust serta sistem pemanas, greenhouse dapat memantau serta mengatur parameter lingkungan seperti suhu dan kelembapan secara *real-time*.

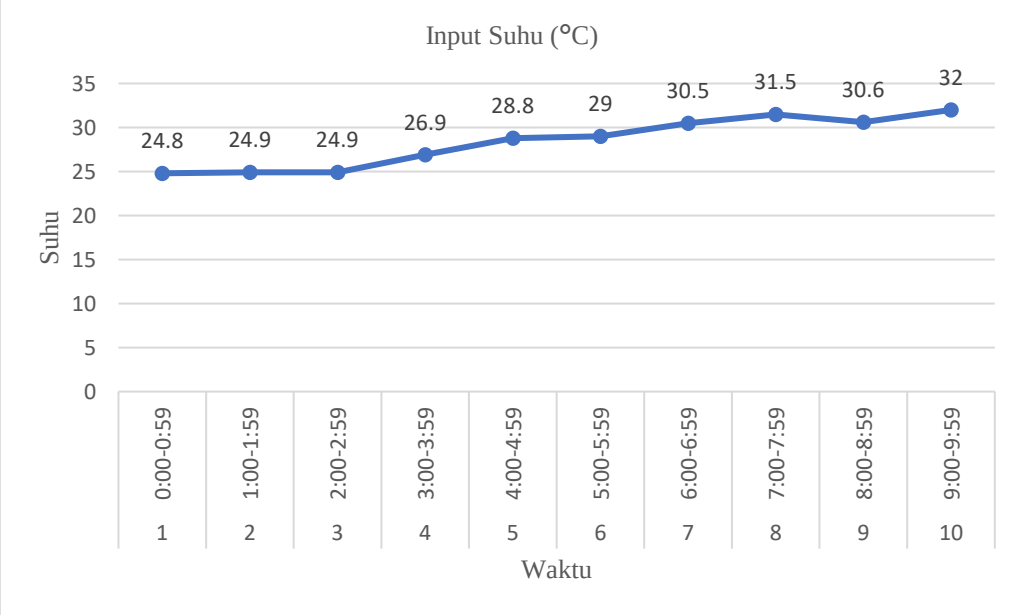
Gambar 8. Implementasi Sistem Pada *Greenhouse*

4. PEMBAHASAN

Implementasi sistem yang dihasilkan pada Greenhouse dianalisa kemampuannya dengan memastikan sensor DHT22 secara keseluruhan mampu menjalankan tugasnya dalam mendeteksi keadaan suhu prototype dan sistem mikrokontroller mampu melakukan kendali dengan memanfaatkan logika fuzzy. Adapun hasil ui coba sistem dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil Pengujian Suhu

No	Durasi	*Input*	*Output*		
		Suhu (°C)	**LED**	**Exhaust Fan**	**Keterangan**
1	0:00-0:59	24.8 °C	Menyala	Mati	Suhu Dingin
2	1:00-1:59	24.9 °C	Menyala	Mati	Suhu Dingin
3	2:00-2:59	24.9 °C	Menyala	Mati	Suhu Dingin
4	3:00-3:59	26.9 °C	Mati	Mati	Suhu Normal
5	4:00-4:59	28.8 °C	Mati	Mati	Suhu Normal
6	5:00-5:59	29.0 °C	Mati	Mati	Suhu Normal
7	6:00-6:59	30.5 °C	Mati	Menyala	Suhu Panas
8	7:00-7:59	31.5 °C	Mati	Menyala	Suhu Panas
9	8:00-8:59	30.6 °C	Mati	Menyala	Suhu Panas
10	9:00-9:59	32.0 °C	Mati	Menyala	Suhu Panas



Gambar 9. Hasil Pengukuran Suhu Terhadap Waktu

Hasil pengujian suhu pada Tabel 5 menunjukkan perubahan kondisi suhu selama periode waktu yang berbeda dalam menit. Pada periode 0:00 hingga 2:59, suhu berada di kisaran 24,8°C hingga 24,9°C, yang termasuk dalam kategori suhu dingin. Pada kondisi ini, LED menyala dan exhaust fan dalam keadaan mati. Pada periode 3:00 hingga 5:59, suhu sedikit meningkat menjadi 26,9°C hingga 29,0°C, yang tergolong suhu normal, dengan LED tetap mati dan exhaust fan juga tidak aktif. Namun, mulai dari periode 6:00 hingga 9:59, suhu meningkat lebih tinggi, mencapai 30,5°C hingga 32,0°C, yang tergolong suhu panas. Pada periode ini, LED tetap mati, namun exhaust fan menyala untuk mengatur suhu agar tetap berada dalam kondisi yang sesuai untuk tanaman. Hal ini menunjukkan respons sistem dalam mengontrol suhu sesuai dengan kebutuhan lingkungan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitan dan pengujian pada Sistem Monitoring dan Pengendalian Suhu Otomatis Berbasis Iot Untuk Greenhouse Dengan Algoritma Fuzzy Logic yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut. Sistem berbasis IoT yang menggunakan algoritma fuzzy logic mampu memantau dan mengendalikan suhu secara otomatis dengan efektif. Kombinasi antara IoT dan algoritma fuzzy logic memungkinkan pengambilan keputusan yang adaptif berdasarkan data real-time. Penggunaan algoritma fuzzy logic dalam sistem ini dapat meningkatkan akurasi dan responsivitas dalam mengatur suhu sesuai dengan kondisi lingkungan yang berubah-ubah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim Peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer atas dukungannya selama proses pembuatan maupun uji coba prototype sehingga penelitian dapat berlangsung dengan baik. Tim juga mengucapkan terima kasih kepada LP2M Universitas Negeri Makassar atas saran dan bantuan selama proses penelitian berlangsung.

REFERENSI

[1] A. Fachreza and U. Budiyanto, “Prototipe Sistem Otomatisasi Kendali Masjid Via Telegram Menggunakan Mikrokontroler ESP32 Sensor Cahaya Dan Suhu,” in Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI), 2022, pp. 924–931. Available at https://senafti.budiluhur.ac.id/index.php/senafti/article/view/149

[2] F. Tamimi and S. Munawaroh, “Teknologi Sebagai Kegiatan Manusia Dalam Era Modern Kehidupan Masyarakat,” Saturnus J. Teknol. dan Sist. Inf., vol. 2, no. 3, pp. 66–74, 2024. doi: https://doi.org/10.61132/saturnus.v2i3.157

[3] M. Muchtar, N. F. Muchlis, M. Muliyadi, R. Karim, and R. Ruktiari, “Sistem Deteksi Penyakit Alternaria Leaf Spot Pada Daun Apel Berdasarkan Warna dan Operasi Morfologi,” JATISI (Jurnal Tek. Inform. dan Sist. Informasi), vol. 11, no. 2, 2024. doi: https://doi.org/10.35957/jatisi.v11i2.7578

[4] A. Miyanto, “Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Sektor Pertanian Produksi Tanaman Cabai Rawit (Studi Kasus di Desa Bulupasar, Kecamatan Pagu, Kabupaten Kediri)”. doi: https://doi.org/10.21776/

[5] A. A. Wahditiya et al., Teknologi Produksi Tanaman Pangan. Yayasan Tri Edukasi Ilmiah, 2024.

[6] S. Abdurahman et al., “Pembudidayaan Tanaman Hortikultura Dengan Metode Green House,” in Seminar Nasional Lahan Suboptimal, 2023, pp. 283–292. Available at https://conference.unsri.ac.id/index.php/lahansuboptimal/article/view/2573

[7] F. Cahyadante et al., “Pengaruh Tata Letak Tanaman pada Green House FMIPA Sebagai Media Pembelajaran,” J. Anal., vol. 3, no. 1, pp. 77–84, 2024. Available at https://jurnalilmiah.org/journal/index.php/analis/article/view/699

[8] I. Fathoni, “Prototype Sistem Otomatis Penyiraman, Pemupukan, dan Pengaturan Suhu Tanaman di Greenhouse Berbasis Internet of Things (IoT),” 2024, Universitas Widya Dharma. Available at http://repository.unwidha.com:880/3880/

[9] A. F. Rahman and M. Malik, “Prototype Sistem Monitoring Smart Green House Berbasis Internet of Things (Iot) Pada Tanaman Selada,” J. Tek. Ind. Manaj. dan

Manufaktur, vol. 1, no. 1, pp. 25–38, 2024. Available at https://ejournal.up45.ac.id/index.php/jtim/article/view/1865

[10] N. Khairunisa, H. Sunardi, and F. Antony, "Implementasi Sistem Alarm Dan Monitoring Kelembaban Tanah Dan Suhu Terhadap Tanaman Cabai Berbasis Internet of Things (Iot) Menggunakan Logika Fuzzy," J. Intell. Networks IoT Glob., vol. 2, no. 1, pp. 18–29, 2024, doi: https://doi.org/10.36982/jinig.v2i1.4437

[11] E. Alfonsius, W. W. Kalengkongan, and S. C. W. Ngangi, "Sistem Monitoring Dan Kontroling Prototype Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis IoT (Internet of Things)," J. Teknoinfo, vol. 18, no. 1, pp. 44–55, 2024. doi: https://doi.org/10.33365/jti.v18i1.3612

[12] S. Plowerita, A. S. Handayani, I. Hadi, and N. L. Husni, "Sistem Monitoring Kesehatan Dalam Penentuan Kondisi Tubuh Dengan Metode Fuzzy Mamdani," PROtek J. Ilm. Tek. Elektro, vol. 8, no. 2, p. 102, 2021. doi: https://doi.org/10.33387/protk.v8i2.3341

[13] M. L. M. Akhlak, M. A. Saputra, V. I. Putranto, and R. Ridho, "Simulasi Sistem Penyiram Tanaman Hias Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy Berbasis Internet of Things," TRANSFORMASI, vol. 20, no. 1, 2024. doi: https://doi.org/10.56357/jt.v20i1.397

[14] K. Setiawan and R. F. Aula, "Penerapan IoT Dengan Algoritma Fuzzy Dan Mikrokontroler ESP32 Dalam Monitoring Penyiraman," J. Indones. Manaj. Inform. Dan Komun., vol. 5, no. 3, pp. 2915–2924, 2024. doi: https://doi.org/10.35870/jimik.v5i3.977

[15] B. Muttaqi, N. Nurchim, and P. W. Ningsih, "Penerapan Logika Fuzzy Mamdani dalam Sistem Penyiraman Cerdas untuk Pertanian," Gener. J., vol. 8, no. 2, pp. 111–120, 2024. doi: https://doi.org/10.29407/gj.v8i2.23175

[16] N. Bafdal and I. Ardiansah, Smart Farming Berbasis Internet of Things dalam Greenhouse. Unpad Press, 2020. https://scholar.google.co.id/citations?user=4S8W8V0AAAAJ&hl=en

[17] S. A. Putri, H. Istiqomah, and A. Wirasto, "Pemanfaatan Logika Fuzzy dalam Sektor Pertanian: Sebuah Kajian Literatur," J. Kolaborasi Ris. Sarj., vol. 1, no. 1, pp. 73–93, 2024. Available at https://ejournal.uhb.ac.id/index.php/korisa/article/view/1628