



SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) DENGAN SOIL MOISTURE PADA PROSES PEMBIBITAN CABAI MERAH KERITING MENGGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI

Muhammad Fuad Faridh Habibie

Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang

Reza Agusta Jannatul Firdaus

Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang

Iftitaahul Mufarrihah

Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang

Muhammad Fatkhur Rizal

Universitas Hasyim Asy'ari Tebuireng Jombang

Alamat: Jl. Jl. Irian Jaya 55 TebuirengTromolPos IX Jombang Jawa Timur

Korespondensi penulis: mhabibie@mhs.unhasy.ac.id

Abstract. *Curly red chili is one of the high-economic-value horticultural commodities that requires special attention during the seedling process, particularly in terms of irrigation and soil moisture monitoring. The main issue faced in the seedling process of curly red chili in Way Pengubuan District is the irrigation process, which is still carried out manually and irregularly, often failing to meet the actual needs of the plants. This results in an imbalance in soil water content—either excessive or insufficient—which disrupts seedling growth and lowers productivity. Moreover, the lack of periodic monitoring of air temperature and soil moisture makes it difficult for farmers to determine the appropriate irrigation time. To address these problems, this study aims to design an automatic irrigation system based on the Internet of Things (IoT) that can monitor air temperature and soil moisture in real-time and implement the Mamdani fuzzy logic method for irrigation decision-making. The system uses an ESP32 microcontroller, a DHT11 sensor for temperature and humidity monitoring, and a soil moisture sensor to detect soil conditions. The collected data is processed using Mamdani fuzzy logic with three linguistic variables for temperature (low, normal, high) and soil moisture (dry, moist, wet), along with nine inference rules. The output controls the activation or deactivation of a relay connected to a water pump. System testing shows that irrigation can run automatically and efficiently based on environmental conditions.*

Keywords: *IoT, automatic irrigation, fuzzy Mamdani, soil moisture, curly red chili, ESP32*

Abstrak. Cabai merah keriting merupakan salah satu komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi yang membutuhkan perhatian khusus dalam proses pembibitan, khususnya pada aspek penyiraman dan pemantauan kelembapan tanah. Permasalahan yang dihadapi dalam proses pembibitan cabai merah keriting di Kecamatan Way Pengubuan adalah penyiraman yang masih dilakukan secara manual dan tidak teratur, sehingga sering kali tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman. Hal ini menyebabkan ketidakseimbangan kadar air dalam tanah, baik kelebihan maupun kekurangan, yang berdampak pada terganggunya pertumbuhan bibit dan menurunnya produktivitas. Selain itu, kurangnya pemantauan suhu udara dan kelembapan tanah secara berkala menyulitkan petani dalam menentukan waktu penyiraman yang tepat. Dari permasalahan tersebut, Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dapat memantau suhu udara dan kelembapan tanah secara *real-time*, serta mengimplementasikan metode logika *fuzzy Mamdani* untuk pengambilan keputusan penyiraman. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor DHT11 untuk suhu dan kelembapan udara, serta sensor *Soil Moisture* untuk mendeteksi kondisi tanah. Data yang dikumpulkan diolah menggunakan logika *fuzzy Mamdani* dengan tiga variabel linguistik suhu (rendah, normal, tinggi) dan kelembapan tanah (kering, lembab, basah), serta sembilan aturan inferensi. Output berupa aktivasi atau *non-aktivasi* relay yang mengontrol pompa air. Pengujian sistem menunjukkan bahwa penyiraman dapat berjalan otomatis sesuai kondisi lingkungan dengan efisien.

Kata Kunci: *IoT, penyiraman otomatis, fuzzy Mamdani, soil moisture, cabai merah keriting, ESP32*

KAJIAN TEORITIS

Cabai merah keriting (*Capsicum annuum* var. *Longum*) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak dibudidayakan di Indonesia. Tanaman ini tidak hanya digunakan sebagai bahan pangan, baik sebagai sayuran maupun bumbu, tetapi juga memiliki potensi dalam industri obat-obatan. Ciri khas cabai merah keriting adalah bentuk buahnya yang berkelok dengan permukaan tidak rata, serta rasa pedas dan aroma tajam yang lebih kuat dibandingkan cabai merah biasa. Warna buah mudanya bervariasi, mulai dari hijau hingga ungu. Selain kegunaannya dalam kuliner, cabai merah keriting juga mengandung berbagai zat gizi yang bermanfaat bagi kesehatan, seperti meningkatkan kesehatan jantung, melancarkan peredaran darah, serta memiliki potensi sebagai antikanker¹ (Ananta dan Anjasmara 2022).

Pertanian merupakan sektor strategis dalam perekonomian nasional, khususnya di Kabupaten Lampung Tengah yang menjadikan komoditas cabai merah keriting sebagai salah satu produk unggulan. Provinsi Lampung sendiri dikenal sebagai salah satu sentra produksi cabai merah di Indonesia, dengan beberapa kabupaten seperti Lampung Barat, Tanggamus, Lampung Tengah, Lampung Timur, Lampung Selatan, dan Pringsewu menjadi pusat pengembangannya. Berdasarkan data (BPS Provinsi Lampung), produksi cabai besar di tahun 2023 mencapai 71.392 kuintal, meningkat dari 69.146 kuintal pada tahun sebelumnya². Meskipun produksi meningkat, budidaya cabai merah keriting di Lampung Tengah masih menghadapi kendala, terutama dalam hal pengelolaan kelembapan tanah dan efektivitas penyiraman. Sistem budidaya yang masih bergantung pada alat manual menyebabkan efisiensi kerja rendah dan memperlambat proses produksi³ (Noviani et al. 2024). Oleh karena itu, adopsi teknologi pertanian berbasis sistem otomatis diperlukan untuk meningkatkan efisiensi perawatan tanaman sesuai dengan kondisi lingkungan secara real-time.

Penyiraman merupakan salah satu aspek krusial dalam budidaya cabai merah keriting, terutama pada fase pembibitan yang membutuhkan perawatan intensif dan berkelanjutan. Ketersediaan air yang cukup mendukung kelancaran proses fotosintesis dan penyerapan nutrisi oleh tanaman. Tanaman cabai merah optimal tumbuh pada suhu siang 25–27°C dan suhu malam 18–20°C. Ketidaksesuaian suhu, seperti suhu malam di bawah 16°C atau suhu siang di atas 32°C, dapat mengganggu proses pembungaan dan pembuahan. Selain itu, kelembapan tanah dalam kondisi kapasitas lapang serta suhu tanah ideal antara 24–30°C merupakan faktor pendukung pertumbuhan tanaman yang sehat⁴ (Dermawan et al. 2019). Dalam hal ini, penerapan teknologi *Internet of Things (IoT)*

¹ Ananta, I. Gusti Bagus Teguh, dan Dewa Gede Anom Anjasmara. 2022. “*Antioxidant and Antibacterial Potency of Red Chillies Extract (Capsicum annuum* var. *Longum*).”

² Berdasarkan data (BPS Provinsi Lampung), produksi cabai besar di tahun 2023

³ Noviani, Nomi, Dwi Novita Sari, Leni Handayani, Sri Wahyuni, Farida Yani, dan Dian Habibie. 2024. *Dampak Sosial Ekonomi Terhadap Penerapan Teknologi Padi Sawah di Desa Melati II*. Vol. 03.

⁴ Dermawan, Rahmansyah, Muh. Farid B. D. R., Ifayanti Ridwan Saleh, dan Reni Syarifuddin. 2019. “*Response of (Capsicum annuum L.) to Trichoderma Enrichment in Planting Medium and Application of Boron Fertilizer.*”

menjadi solusi inovatif dalam otomatisasi sistem penyiraman, memungkinkan pengelolaan berbasis data lingkungan secara real-time guna meningkatkan efisiensi perawatan bibit cabai merah keriting.

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang memungkinkan konektivitas dan komunikasi antar perangkat fisik melalui jaringan internet⁵ (Effendi, Ramadhani, dan Farida 2022). Di sektor pertanian, *IoT* telah dimanfaatkan secara luas untuk memantau dan mengendalikan proses budidaya secara *real-time*, termasuk dalam sistem penyiraman otomatis. Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk mengakses dan mengontrol perangkat melalui platform berbasis cloud atau perangkat mobile dari jarak jauh. Dalam konteks budidaya cabai merah keriting, penerapan sistem penyiraman otomatis berbasis *IoT* memungkinkan pengaturan air dilakukan secara presisi, baik secara otomatis berdasarkan parameter lingkungan maupun melalui intervensi pengguna. Untuk mengoptimalkan pengambilan keputusan dalam sistem ini, metode *fuzzy logic Mamdani* digunakan. Pendekatan ini memungkinkan pengembangan sistem yang adaptif melalui pembuatan prototipe awal, yang kemudian dapat divalidasi dan disempurnakan sesuai kebutuhan pengguna, sehingga menghasilkan solusi yang lebih responsif dan tepat guna.

berdasarkan permasalahan yang ada, penelitian ini difokuskan pada pengembangan sistem penyiraman otomatis berbasis *IoT* untuk mendukung proses pembibitan cabai merah keriting, dengan mengutamakan pengendalian terhadap kelembapan tanah dan suhu lingkungan. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor DHT22 untuk pemantauan suhu dan kelembapan udara, serta sensor *Soil Moisture* untuk mengukur tingkat kelembapan tanah.

Metode *Fuzzy Logic Mamdani* diterapkan sebagai pendekatan pengambilan keputusan dalam sistem, dengan mempertimbangkan parameter-parameter lingkungan sebagai masukan untuk mengatur intensitas penyiraman secara otomatis. Diharapkan, sistem ini dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam proses pembibitan serta menghasilkan keluaran yang sesuai dengan kebutuhan agronomis tanaman cabai merah keriting.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa sistem untuk merancang dan mengimplementasikan sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* yang ditujukan untuk proses pembibitan cabai merah keriting. Sistem ini dirancang agar mampu melakukan penyiraman tanaman secara otomatis berdasarkan parameter suhu dan kelembapan tanah dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic Mamdani* sebagai dasar pengambilan keputusan.

Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Way Pengubuan, Kabupaten Lampung Tengah, pada semester genap tahun akademik 2024/2025. Proses penelitian meliputi beberapa tahap, yaitu studi literatur, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian

⁵ Effendi, Noverta, Witri Ramadhani, dan Fitri Farida. 2022. "Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembapan Tanah Berbasis IoT."

SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) DENGAN SOIL MOISTURE PADA PROSES PEMBIBITAN CABAI MERAH KERITING MENGGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI

sistem. Sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor DHT22 untuk memantau suhu udara serta sensor *soil moisture* YL-69 untuk mendeteksi tingkat kelembapan tanah. Data dari sensor diolah menggunakan metode *Fuzzy Logic Mamdani*, yang terdiri dari tiga tahap utama: *fuzzifikasi*, *inferensi*, dan *defuzzifikasi*. Dua variabel input digunakan dalam sistem yaitu suhu (rendah, normal, tinggi) dan kelembapan tanah (kering, lembab, basah), sedangkan output berupa status relay (nyala atau mati) yang mengatur pompa air.

Sistem penyiraman tanaman otomatis ini dirancang untuk beroperasi secara real-time guna meningkatkan efisiensi penggunaan air dan kualitas perawatan tanaman, khususnya pada fase pembibitan cabai merah keriting. Analisis kebutuhan dilakukan untuk menentukan perangkat keras dan lunak yang diperlukan agar sistem berfungsi optimal. Instrumen utama dalam penelitian ini adalah sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)*, yang dilengkapi dengan sensor dan aktuator untuk memantau serta mengatur proses penyiraman secara otomatis. Adapun komponen utama yang digunakan meliputi:

Perangkat keras

Perangkat keras merupakan komponen fisik yang berperan dalam mendeteksi kondisi lingkungan, mengirimkan data, mengolah informasi, dan menjalankan proses penyiraman secara otomatis. Dalam sistem penyiraman tanaman ini, perangkat keras terdiri atas sensor, mikrokontroler, serta komponen pendukung lainnya. Rincian perangkat keras yang digunakan dalam sistem dijelaskan sebagai berikut:

No	Komponen	Deskripsi
1	Laptop	Untuk pemrograman dan konfigurasi sistem
2	<i>Device android</i>	<i>Interface user</i> untuk memantau dan mengendalikan <i>system</i>
3	ESP32	Untuk mengendalikan semua <i>system</i> (mikrokontroler)
4	Sensor DHT11	Alat pengukur suhu udara di lingkungan sekitar tanaman
5	Sensor YL-69	Untuk mendeteksi tingkat kelembapan tanah secara <i>real time</i>
6	DC <i>Water pump</i>	Menyalurkan air untuk penyiraman secara otomatis
7	Relay	Untuk mengatur <i>ON/OFF</i> pompa air
8	Kabel jumper	Untuk menghubungkan antar komponen

Perangkat lunak

Perangkat lunak digunakan untuk akuisisi data, inferensi dengan logika *fuzzy mamdani*, dan visualisasi data. Berikut rincian kebutuhan perangkat lunak:

No	Komponen	Deskripsi
1.	Arduino IDE	Platform untuk pemrograman NodeMCU
2.	Blynk App	Platform IoT untuk menampilkan hasil monitoring penyiraman otomatis
3.	MATLAB	Untuk pembentukan himpunan <i>fuzzy mamdani</i> dan analisis data

Perancangan sistem yang diterapkan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan prototyping. Metode *prototyping* dipilih karena memberikan fleksibilitas dalam pengembangan sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* yang memungkinkan adanya iterasi dan penyempurnaan berdasarkan umpan balik pengguna. Pendekatan ini meliputi tahap studi literatur, perancangan, penerapan metode *fuzzy Mamdani*, simulasi perhitungan, dan pengujian sistem. Metode ini dianggap sesuai untuk

pengembangan sistem penyiraman tanaman berbasis *IoT* karena memungkinkan penyesuaian cepat terhadap perubahan kebutuhan di lapangan.

Dalam sistem penyiraman otomatis ini, digunakan dua parameter input utama, yaitu suhu udara dan kelembaban tanah, yang diproses menggunakan metode *fuzzy Mamdani*. Setiap parameter dikonversi ke dalam tiga himpunan linguistik (rendah, normal, tinggi untuk suhu; kering, lembab, basah untuk kelembaban tanah) menggunakan fungsi keanggotaan trapesium (*trapmf*), yang dirancang berdasarkan referensi ilmiah dan data lapangan. Hasil proses inferensi menentukan status *output* relay (nyala atau mati) yang mengendalikan pompa air secara otomatis untuk melakukan penyiraman.

Suhu

Penentuan rentang nilai suhu dalam penelitian ini didasarkan kajian dari Singgih Sastradihardja dan Firmanto⁶ (2021), diketahui bahwa suhu ideal untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman cabai merah keriting berada pada kisaran 24°C hingga 28°C. Apabila suhu lingkungan berada di bawah 15°C atau melebihi 32°C, maka proses pertumbuhan dan pembentukan buah tanaman dapat mengalami gangguan. Berdasarkan acuan tersebut, dalam sistem *fuzzy Mamdani*, suhu diklasifikasikan ke dalam tiga kategori linguistik, yaitu rendah, normal, dan tinggi.

Variabel Linguistik	Nilai Fungsi Keanggotaan
Rendah	0-17 { <i>trapmf</i> : a = 0, b = 0, c = 13, d = 17}
Normal	18-32 { <i>trapmf</i> : a = 18, b = 22, c = 28, d = 32}
Tinggi	33-50 { <i>trapmf</i> : a = 33, b = 37, c = 46, d = 50}

Kelembaban tanah

Rentang kelembapan tanah ditentukan berdasarkan referensi (Singgih Sastradihardja dan Firmanto 2021), kelembapan tanah dibagi menjadi tiga kategori: kering (0–40%), lembab (41–80%), dan basah (81–100%) untuk keperluan pengolahan dalam sistem *fuzzy Mamdani*.

Variabel Linguistik	Nilai Fungsi Keanggotaan
Kering	0-40 { <i>trapmf</i> : a = 0, b = 0, c = 36, d = 40}
Lembab	41-80 { <i>trapmf</i> : a = 41, b = 45, c = 76, d = 80}
Basah	81-100 { <i>trapmf</i> : a = 81, b = 85, c = 100, d = 100}

Pembentukan aturan *fuzzy* dalam penelitian ini dilakukan dengan menetapkan hubungan antara dua variabel input, yaitu suhu dan kelembapan tanah, terhadap variabel output berupa status penyiraman (*relay*). Aturan disusun menggunakan logika *IF-THEN*, di mana setiap kombinasi dari kondisi suhu dan kelembapan tanah menghasilkan keputusan penyiraman. Dalam penelitian ini digunakan sebanyak 9 aturan *fuzzy* yang disusun berdasarkan kombinasi dari tiga tingkat keanggotaan pada masing-masing variabel input sebagai berikut:

Rules	Suhu	Kelembaban	Status Penyiraman
1	Rendah	Kering	Nyala

⁶ Singgih Sastradihardja, S. S., dan Ir Bagus Herdi Firmanto. 2021. *Bertanam Cabai Merah Keriting Organik Dalam Polybag*. Digital. diedit oleh T. A. Angkasa. Percetakan TITIAN ILMU.

SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) DENGAN SOIL MOISTURE PADA PROSES PEMBIBITAN CABAI MERAH KERITING MENGGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI

2	Rendah	Lembab	Mati
3	Rendah	Basah	Mati
4	Normal	Kering	Nyala
5	Normal	Lembab	Mati
6	Normal	Basah	Mati
7	Tinggi	Kering	Nyala
8	Tinggi	Lembab	Mati
9	Tinggi	Basah	Mati

Teknik analisis data dilakukan menggunakan metode *fuzzy mamdani*, karena kemampuannya dalam menangani data yang bersifat tidak pasti dan meniru cara berpikir manusia. Proses analisis fuzzy dilakukan melalui 4 tahapan utama, yaitu fuzzifikasi, inferensi, agregasi dan defuzzifikasi seperti berikut:

Fuzzifikasi

Pada tahap fuzzifikasi, data dari sensor diubah menjadi derajat keanggotaan dalam himpunan fuzzy menggunakan fungsi keanggotaan trapesium (*trapmf*), dinyatakan dalam rumus berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a/x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x < b \\ \frac{d-x}{d-c}, & b \leq x \leq c \\ 1, & c < x < d \end{cases}$$

Inferensi

Proses inferensi yang melibatkan penghitungan nilai keluaran fuzzy untuk setiap aturan dengan rumus sebagai berikut:

$$IF (x \text{ is } A) \text{ AND } (y \text{ is } B) \text{ THEN } (z \text{ is } C)$$

Dari proses inferensi *fuzzy mamdani* dilakukan dengan mengaplikasikan fungsi implikasi *minimum* (*MIN*) menggunakan aturan *conjunction* ($\cap$) sebagai berikut:

$$\alpha \text{ predikat} = \min (\mu A(x), \mu B(x), \mu C(x))$$

Agregasi

Proses komposisi aturan melibatkan agregasi nilai keluaran fuzzy dari semua aturan fuzzy dengan menggunakan fungsi *max* (*maximum*) sebagai berikut:

$$\mu_{output}(z) = \max (\alpha \text{ predikat1}, \alpha \text{ predikat2})$$

Defuzzifikasi

Metode defuzzifikasi, seperti pusat massa atau rata-rata maksimum, digunakan untuk mengubah nilai keluaran fuzzy menjadi nilai pasti. metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode centroid atau *center of mass* (*COM*), dengan rumus sebagai berikut:

$$z^* = \frac{\int z \cdot \mu(z) dz}{\int \mu(z) dz}$$

Nilai crisp tersebut digunakan untuk menentukan status kualitas udara, yang diklasifikasikan menjadi tiga kategori: baik, buruk, dan berbahaya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* yang menggunakan metode *fuzzy Mamdani*. Sistem ini telah dirancang, diimplementasikan, dan diuji pada berbagai kondisi tanah. Sistem dapat memantau parameter suhu udara dan kelembaban tanah secara *real-time*, lalu mengolah data tersebut untuk menentukan status penyiraman, apakah dalam kondisi aktif (nyala) atau *non-aktif* (mati). Seluruh proses pengambilan keputusan dilakukan menggunakan algoritma logika *fuzzy Mamdani* yang telah terintegrasi dalam sistem, sehingga mampu memberikan keluaran yang tepat dan informatif.

Implementasi sistem

Implementasi sistem ini terdiri dari rangkaian perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang saling terintegrasi:

Perangkat lunak

Implementasi perangkat keras dalam penelitian ini meliputi tahap perancangan dan perakitan komponen fisik yang berfungsi untuk mendeteksi serta mengumpulkan data guna mengontrol sistem penyiraman. Komponen-komponen seperti NodeMCU ESP-32, sensor DHT11, sensor kelembaban tanah (*soil moisture*), dan LCD dirakit dan diintegrasikan menjadi sebuah sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)*. Mikrokontroler NodeMCU ESP-32 berperan sebagai pusat kendali yang terhubung ke jaringan Wi-Fi dan dikonfigurasi menggunakan token dari aplikasi Blynk. Data yang diperoleh dari sensor DHT11 dan sensor kelembaban tanah akan dikirimkan ke aplikasi Blynk, yang kemudian menampilkan informasi kondisi tanah dan status penyiraman secara *real-time*.



Gambar diatas menampilkan rancangan sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis *IoT* dengan metode *fuzzy Mamdani*, yang merupakan hasil integrasi dari berbagai komponen. Dalam sistem ini, NodeMCU ESP-32 berfungsi sebagai pusat kendali yang menerima data dari sensor, DHT11 digunakan untuk mendeteksi suhu udara, sensor *Soil Moisture* untuk mengukur tingkat kelembaban tanah, LCD digunakan untuk menampilkan output data, dan kabel jumper berperan sebagai penghubung antar komponen.

Perangkat keras

Implementasi *software* pada penelitian ini menggunakan platform Blynk IoT digunakan sebagai media pengendalian serta pemantauan jarak jauh dapat diakses melalui aplikasi *mobile (Blynk Mobile App)*. Data dari NodeMCU dikirimkan secara *real-time* ke platform Blynk menggunakan koneksi internet.

SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) DENGAN SOIL MOISTURE PADA PROSES PEMBIBITAN CABAI MERAH KERITING MENGGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI



Gambar diatas menunjukkan rancangan tampilan antarmuka pada aplikasi mobile yang digunakan untuk system penyiraman tanaman otomatis. Dalam proses implementasinya, desain antarmuka *mobile* ini akan menampilkan 7 komponen utama yang menjadi fokus utama dalam menyajikan informasi kepada pengguna.

Hasil pengujian

Pengujian dengan metode fuzzy untuk mengukur kinerja sistem penyiraman otomatis sebagaimana yang ditunjukkan data dalam tabel 8. Penelitian ini terdiri dari dua input yaitu suhu dan kelembapan tanah. Metode fuzzy untuk menghasilkan *output* yang mengatur penyiraman secara otomatis. Untuk memastikan tujuan penelitian dapat terpenuhi, maka output yang dihasilkan Matlab akan diukur terhadap hasil pengujian yang diperoleh melalui metode fuzzy.

No	Suhu (°C)	Kelembapan tanah (%)	Kategori suhu	Kategori kelembapan	crips	Status
1	23.5	28	Rendah	Kering	12.3	On
2	24.0	55	Rendah	Lembab	3.8	Off
3	29.0	35	Normal	Kering	11.6	On
4	34.0	70	Tinggi	Lembab	2.9	Off
5	38.5	30	Tinggi	Kering	12.7	On
6	26.0	88	Normal	Basah	2.5	Off

Tabel diatas menyajikan hasil pengujian menyeluruh terhadap sistem, di mana data suhu dan kelembapan tanah diproses oleh mikrokontroler menggunakan logika *fuzzy*, kemudian dibandingkan dengan hasil keluaran dari aplikasi matlab. Status Mikrokontroler *On* berarti relay aktif dan sistem melakukan penyiraman, sedangkan Mikrokontroler *Off* menunjukkan bahwa relay tidak aktif dan tidak ada penyiraman. Sementara itu, Matlab *On* menunjukkan bahwa berdasarkan input sensor, program matlab mengaktifkan penyiraman, dan Matlab *Off* menandakan sebaliknya. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi tingkat akurasi sistem logika *fuzzy* yang telah dirancang dengan membandingkan hasil keluaran sistem berbasis mikrokontroler dengan

SISTEM PENYIRAMAN OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) DENGAN SOIL MOISTURE PADA PROSES PEMBIBITAN CABAI MERAH KERITING MENGGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI

hasil simulasi matlab. Pengujian dilakukan menggunakan metode *fuzzy Mamdani* sebagai dasar evaluasi performa sistem secara keseluruhan.

Untuk memverifikasi keakuratan sistem, hasil output sistem dibandingkan dengan hasil simulasi menggunakan MATLAB. Pengujian dilakukan untuk menilai tingkat akurasi sistem *fuzzy Mamdani* yang telah dikembangkan dalam menentukan nilai output berdasarkan dua parameter input, yaitu suhu ($^{\circ}\text{C}$), dan kelembapan tanah (%). Hasil dari sistem tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan matlab.

No.	($^{\circ}\text{C}$)	(%)	Kat. suhu	Kat. Kelembapan tanah	Output fuzzy	Keputusan sistem	Error
1.	21.5	25	Rendah	Kering	12.6	On	0
2.	22.0	42	Rendah	Lembab	3.2	Off	0
3.	23.5	85	Rendah	Basah	2.7	Off	0
4.	26.0	38	Normal	Kering	11.8	On	0
5.	28.0	55	Normal	Lembab	3.5	Off	0
6.	30.0	90	Normal	Basah	2.3	Off	0
7.	35.0	35	Tinggi	Kering	13.1	On	0
8.	36.0	60	Tinggi	Lembab	2.8	Off	0
9.	39.0	85	Tinggi	Basah	2.5	Off	0
10.	24.0	32	Rendah	Kering	12.1	On	0
Total error							0

Berdasarkan 10 data pengujian sistem *fuzzy Mamdani*, tidak ditemukan error pada keputusan pompa. Semua output sesuai dengan aturan logika fuzzy yang diterapkan. Oleh karena itu, sistem memiliki akurasi 100% dan *error* 0% dalam pengambilan keputusan.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dapat memantau suhu udara dan kelembapan tanah secara *real-time*. Sistem ini dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor DHT11, dan sensor soil moisture YL-69. Data yang diperoleh ditampilkan melalui aplikasi Blynk sehingga pengguna dapat memantau kondisi lingkungan tanaman dari jarak jauh. Pompa penyiram dikendalikan oleh relay yang aktif secara otomatis berdasarkan pembacaan sensor. Sistem terbukti mampu menjalankan penyiraman secara otomatis maupun manual, serta memberikan kemudahan pemantauan kondisi bibit cabai merah keriting di lahan skala kecil.

Metode *fuzzy logic Mamdani* telah berhasil diterapkan untuk mengatur penyiraman berdasarkan dua parameter utama, yaitu suhu dan kelembapan tanah. Variabel *input* dan *output* diolah dalam bentuk himpunan fuzzy, dan diproses menggunakan sembilan aturan logika. Proses fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi dilakukan langsung di mikrokontroler, menghasilkan keputusan penyiraman yang sesuai dengan kondisi lingkungan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja secara responsif dan akurat dalam mengambil keputusan penyiraman, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan air dan menjaga kelembapan tanah tetap optimal untuk pertumbuhan bibit.

DAFTAR PUSTAKA

Ananta, I. Gusti Bagus Teguh, dan Dewa Gede Anom Anjasmara. 2022. "Antioxidant and Antibacterial Potency of Red Chillies Extract (*Capsicum annum* var. *Longum*)."

- Jurnal Ilmiah Medicamento* 8(1):48–55. doi: 10.36733/medicamento.v8i1.3170.
- Dermawan, Rahmansyah, Muh. Farid B. D. R., Ifayanti Ridwan Saleh, dan Reni Syarifuddin. 2019. “Response of (*Capsicum annuum* L.) to Trichoderma Enrichment in Planting Medium and Application of Boron Fertilizer.” *Jurnal Hortikultura Indonesia* 10(1):1–9. doi: 10.29244/jhi.10.1.1-9.
- Effendi, Noverta, Witri Ramadhani, dan Fitri Farida. 2022. “Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembapan Tanah Berbasis IoT.” *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)* 3(2):91–98. doi: 10.37859/coscitech.v3i2.3923.
- Noviani, Nomi, Dwi Novita Sari, Leni Handayani, Sri Wahyuni, Farida Yani, dan Dian Habibie. 2024. *Dampak Sosial Ekonomi Terhadap Penerapan Teknologi Padi Sawah di Desa Melati II*. Vol. 03.
- Singgih Sastradihardja, S. S., dan Ir Bagus Herdi Firmanto. 2021. *Bertanam Cabai Merah Keriting Organik Dalam Polybag*. Digital. diedit oleh T. A. Angkasa. Percetakan TITIAN ILMU.