

# Sistem Pengendalian Air Berbasis IoT untuk Tanaman Padi Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

Fifi Aprilia<sup>1</sup>, Ferdiansyah<sup>2</sup>, Ricky Maulana Fajri<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Sistem Komputer UNIVERSITAS INDO GLOBAL MANDIRI

JL. Jend Sudirman No.692, Palembang 30129, Sumatera Selatan

Email: 2021310048@students.uigm.ac.id<sup>1</sup>, ferdi@uigm.ac.id<sup>2</sup>, rickymaulanafajri@uigm.ac.id<sup>3</sup>

---

---

## Abstrak

Manajemen air yang kurang tepat masih menjadi salah satu tantangan utama dalam budidaya padi, terutama dalam menjaga efisiensi penggunaan air dan kondisi lahan yang optimal, sehingga penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem pendukung keputusan untuk irigasi sawah yang tidak lagi bergantung pada pengamatan manual. Sistem kontrol air berbasis *Internet of Things* (IoT) ini dikembangkan menggunakan sensor kelembaban tanah, suhu udara, kelembaban udara, dan intensitas cahaya yang diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32, di mana data sensor dikirim ke *cloud storage* dan diolah pada komputer menggunakan metode Fuzzy Mamdani (fuzzifikasi, evaluasi rule, dan defuzzifikasi centroid) untuk menentukan apakah pintu air harus dibuka atau ditutup. Dari tujuh skenario pengujian yang mencakup variasi kondisi kelembaban tanah, suhu, kelembaban udara, dan intensitas cahaya, sistem berhasil menghasilkan keputusan irigasi yang tepat pada seluruh skenario, dengan tingkat akurasi mencapai 100%. Kebaruan dari sistem ini terletak pada penggabungan empat sensor lingkungan secara real-time dengan penalaran Fuzzy Mamdani pada platform ESP32 yang murah untuk mengotomatisasi keputusan irigasi sawah, sehingga memberikan petani alternatif yang tepat waktu dan berbasis data dibandingkan pengelolaan pintu air secara manual.

**Kata Kunci:** *Internet of Things*, Irigasi Otomatis, Logika Fuzzy Mamdani, Irigasi Sawah

## Abstract

*Inappropriate water management remains one of the main challenges in rice cultivation, particularly in maintaining efficient water use and optimal field conditions, so this study aims to design and implement a decision-support system for rice-field irrigation that removes reliance on manual observation. An Internet of Things (IoT)-based water control system was developed using soil moisture, air temperature, air humidity, and light intensity sensors integrated with an ESP32 microcontroller, where sensor data were transmitted to cloud storage and processed on a computer using the Fuzzy Mamdani method (fuzzification, rule evaluation, and centroid defuzzification) to decide whether the water gate should open or close. Across seven test scenarios covering varying soil moisture, temperature, humidity, and light conditions, the system produced the correct irrigation decision in every case, achieving a 100% accuracy rate. The novelty of this system lies in combining four real-time environmental sensors with Fuzzy Mamdani reasoning on a low-cost ESP32 platform to automate rice-field irrigation decisions, offering farmers a timely, data-driven alternative to manual water-gate management.*

**Keywords:** *Internet of Things, Automated Irrigation, Mamdani Fuzzy Logic, Rice Field Irrigation*

---

---

## I. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan sektor vital dalam perekonomian Indonesia, khususnya sebagai produsen utama makanan pokok seperti beras [1]. Budidaya padi tidak hanya mendukung ketahanan pangan nasional tetapi juga berfungsi sebagai sumber mata pencaharian utama bagi jutaan rumah tangga petani di seluruh negeri [2]. Salah satu tantangan utama dalam budidaya padi adalah mengelola kebutuhan air secara efisien [3]. Kelangkaan air, pola curah hujan yang tidak menentu, dan praktik irigasi yang tidak efisien sering kali menyebabkan hasil panen tidak optimal dan peningkatan biaya produksi [4]. Di Kecamatan Tanjung Lago, Sumatera Selatan, penggunaan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk memantau kondisi lingkungan seperti kelembapan tanah, suhu udara, dan intensitas cahaya masih belum diterapkan

[5]. Akibatnya, praktik irigasi di wilayah ini masih sangat bergantung pada pengamatan manual dan pengalaman petani, yang bisa tidak konsisten dan rentan terhadap kesalahan [6]. Bahkan, teknologi ini berpotensi untuk mendukung pengendalian irigasi padi yang lebih presisi, efisien, dan berkelanjutan [7], sekaligus mengurangi pemborosan air dan biaya tenaga kerja yang terkait dengan pengelolaan irigasi konvensional [8].

Irigasi memegang peranan penting dalam mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman padi [9]. Pasokan air yang memadai dan tepat waktu berdampak langsung pada proses fisiologis utama tanaman padi, termasuk penyerapan unsur hara, perkembangan akar, dan pengisian bulir [10]. Pada sistem sawah irigasi, kondisi lahan dijaga tetap lembap tanpa air menggenang selama fase pertumbuhan awal, setelah itu air ditambahkan sesuai kebutuhan tanaman pada kedalaman tertentu [11].

Pendekatan pengelolaan air bertahap ini memerlukan pemantauan yang cermat, karena kekurangan maupun kelebihan air dapat berdampak negatif pada pertumbuhan tanaman dan menurunkan kualitas hasil panen [12]. Oleh karena itu, pengelolaan irigasi yang tepat sangat menentukan keberhasilan panen dan efisiensi penggunaan sumber daya air [13], sehingga penerapan sistem pemantauan yang akurat dan responsif menjadi semakin penting bagi pertanian padi modern.

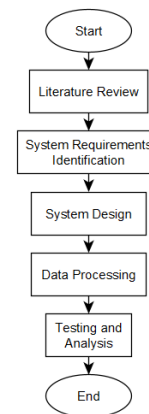
Teknologi IoT dimanfaatkan untuk memantau kondisi lahan secara real-time melalui integrasi sensor kelembapan tanah, suhu udara, kelembapan udara, dan intensitas cahaya [14]. Data dari sensor-sensor ini kemudian diproses menggunakan metode Fuzzy Mamdani untuk menentukan tingkat kebutuhan air bagi tanaman padi [15]. Metode ini mampu memproses data yang tidak pasti dan mengintegrasikan berbagai parameter lingkungan untuk menghasilkan keputusan irigasi yang adaptif dan optimal, serta tetap kompatibel dengan perangkat IoT berbiaya rendah seperti ESP32 [16]. Namun, sebagian besar penelitian tentang sistem irigasi pintar yang ada saat ini berfokus pada pengaturan umum atau lingkungan terkontrol, sehingga menyisakan celah dalam penyerapan di lapangan yang spesifik untuk wilayah tertentu [17]. Penelitian ini menyumbangkan sebuah alur sensor berbiaya murah dan terintegrasi yang belum pernah diterapkan sebelumnya untuk lahan sawah di Tanjung Lago, serta mengevaluasi akurasi keputusannya di bawah kondisi lapangan yang sebenarnya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif serta desain dan implementasi yang menggabungkan pengembangan perangkat keras, akuisisi data sensor secara real-time, dan pengambilan keputusan berbasis fuzzy. Metode ini diorganisasikan ke dalam lima tahapan: perencanaan alur penelitian, identifikasi kebutuhan sistem, desain sistem, pemrosesan data, dan penerapan metode Fuzzy Mamdani. Setiap tahapan dilaksanakan secara berurutan sehingga luaran dari satu tahap menjadi masukan bagi tahap berikutnya, untuk memastikan bahwa sistem kendali irigasi yang dihasilkan dapat direproduksi (reproducible) dan dapat divalidasi terhadap kondisi lapangan yang sebenarnya di Kecamatan Tanjung Lago, Sumatera Selatan.

### 2.1 Alur Penelitian

Proses penelitian ini mengikuti alur kerja lima tahap yang terstruktur: Studi Literatur, Identifikasi Kebutuhan Sistem, Perancangan Sistem, Pengolahan Data, serta Pengujian dan Analisis. Penyusunan tahap-tahap ini secara berurutan memastikan bahwa setiap langkah dibangun langsung di atas hasil dari langkah sebelumnya, sehingga keseluruhan alur tetap dapat ditelusuri mulai dari konsep awal hingga validasi akhir. Pemetaan proses ini ditampilkan pada Gambar 1, diawali dengan tahap studi literatur di mana penelitian terdahulu mengenai sistem irigasi berbasis IoT dan metode inferensi fuzzy ditinjau untuk membangun landasan teori penelitian ini serta mengidentifikasi celah yang ditanganinya.



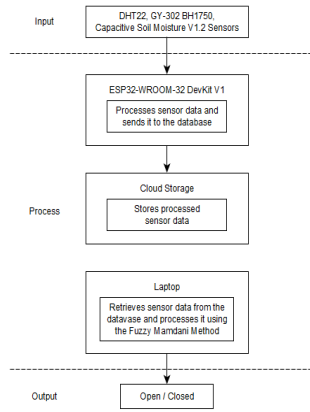
Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Setelah studi literatur, identifikasi kebutuhan sistem merinci perangkat lunak dan komponen perangkat keras yang dibutuhkan, seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Persyaratan Sistem

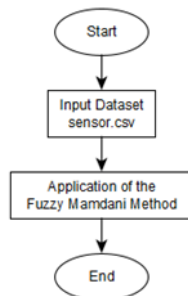
| No | Software           | Hardware                      |
|----|--------------------|-------------------------------|
| 1. | Arduino IDE        | DHT22                         |
| 2. | C++                | GY-302 BH1750                 |
| 3. | Cloud Storage      | Capacitive Soil Moisture V1.2 |
| 4. | SQL                | Laptop                        |
| 5. | PHP                |                               |
| 6. | Visual Studio Code |                               |
| 7. | Python             |                               |
| 8. | Jupyter Notebook   |                               |

Setelah kebutuhan sistem ditetapkan, tahap perancangan sistem mengintegrasikan komponen-komponen tersebut ke dalam satu arsitektur tunggal yang terdiri dari sensor DHT22, GY-302 BH1750, dan Capacitive Soil Moisture V1.2, mikrokontroler ESP32-WROOM-32 DevKit V1, penyimpanan awan (cloud storage), serta laptop, yang disusun dalam alur input-process-output seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Sensor-sensor tersebut mengukur suhu udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, dan kelembapan tanah secara terus-menerus di lokasi sawah, lalu sinyal mentah ini dibaca oleh ESP32-WROOM-32 DevKit V1, yang memproses setiap hasil pembacaan dan mentransmisikannya ke penyimpanan awan. Penyimpan awan bertindak sebagai repositori persisten yang memisahkan akuisisi data di lokasi sawah dari komputasi inferensi fuzzy, sehingga nodus sensor dapat terus mencatat data meskipun tahap analisis tidak sedang berjalan secara aktif. Di sisi pemrosesan, laptop secara berkala mengambil catatan sensor yang terakumulasi dari basis data awan dan menerapkan metode Fuzzy Mamdani untuk menghitung nilai keputusan pada setiap catatan, yang kemudian diinterpretasikan sebagai salah satu dari dua kategori luaran, yaitu buka atau tutup, lalu diterbitkan sebagai perintah kendali irigasi.



Gambar 2. Diagram Blok

Arsitektur yang dihasilkan kemudian diterapkan pada tahap pemrosesan data yang ditunjukkan pada Gambar 3, di mana hasil pembacaan sensor yang dikumpulkan di lapangan dikonsolidasikan ke dalam satu berkas dataset, sensor.csv, yang memuat stempel waktu beserta nilai suhu, kelembapan udara, intensitas cahaya, dan kelembapan tanah yang dicatat pada setiap interval pengambilan sampel. Menata akumulasi hasil pembacaan ke dalam satu berkas memungkinkan komputasi selanjutnya beroperasi pada serangkaian pengamatan yang lengkap dan terurut secara temporal daripada pada pembacaan yang terisolasi, sehingga mengurangi risiko bahwa satu nilai yang derau (noisy) atau hilang membiaskan keputusan irigasi yang dihasilkan. Setelah dirangkai, dataset diunggah secara langsung ke dalam metode Fuzzy Mamdani, di mana setiap baris dievaluasi secara independen melalui fuzifikasi, evaluasi aturan, dan defusifikasi, untuk menghasilkan keputusan pintu air bagi rekam data tersebut.

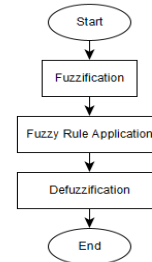


Gambar 3. Alur Pemrosesan Data

Tahap pengujian dan analisis kemudian memvalidasi akurasi dari keputusan yang dihasilkan oleh metode Fuzzy Mamdani, yang diilustrasikan pada Gambar 4, terhadap kondisi lapangan sebenarnya yang tercatat di Kecamatan Tanjung Lago. Setiap rekaman berlabel yang dihasilkan pada tahap pemrosesan data dibandingkan dengan kondisi lingkungan aktual yang sesuai untuk menentukan apakah keputusan pintu air tersebut sudah tepat, dan akurasi yang dihasilkan dilaporkan pada Tabel 2. Hal ini menutup alur penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1, sehingga keandalan dari seluruh tahapan, mulai dari masukan sensor mentah hingga keputusan akhir buka atau tutup, dapat diukur secara objektif.

## 2.2 Penerapan Metode Fuzzy Mamdani

Pada tahap ini, metode Fuzzy Mamdani mengikuti prosedur inferensi tiga tahap yang terstruktur: Fuzifikasi, Aplikasi Aturan Fuzzy, dan Defuzifikasi, untuk menghasilkan keputusan irigasi untuk tanaman padi. Prosedur tersebut dipetakan pada Gambar 4.



Gambar 4. Penerapan Metode Fuzzy Mamdani

Prosedur inferensi Fuzzy Mamdani yang diterapkan pada setiap data sensor dimulai dengan tahap fuzifikasi, di mana nilai tegas (*crisp*) dari kelembapan tanah, suhu, kelembapan udara, dan intensitas cahaya diubah menjadi derajat keanggotaan menggunakan fungsi trapesium yang didefinisikan dalam Persamaan (1)-(14), yang menghasilkan label linguistik seperti kering (*dry*), lembap (*moist*), dan basah (*wet*) untuk kelembapan tanah; dingin (*cold*), sedang (*moderate*), dan panas (*hot*) untuk suhu; sangat kering (*very dry*), kering (*dry*), sedang (*moderate*), lembap (*moist*), dan sangat lembap (*very moist*) untuk kelembapan udara; serta gelap (*dark*), terang (*bright*), dan sangat terang (*very bright*) untuk intensitas cahaya. Derajat keanggotaan ini kemudian diteruskan ke tahap penerapan aturan fuzzy, di mana nilai-nilai tersebut dievaluasi terhadap basis aturan IF-THEN yang disajikan di bawah ini, sehingga kombinasi kondisi lapangan, contohnya tanah kering bersamaan dengan suhu dingin, kelembapan udara sedang, dan cahaya sangat terang, dipetakan ke dalam kategori linguistik keluaran berupa terbuka (*open*) atau tertutup (*closed*) untuk pintu air. Akhirnya, pada tahap defuzifikasi, keluaran fuzzy yang telah diagregasi diubah kembali menjadi satu nilai tegas (*crisp*) menggunakan metode centroid yang dijelaskan dalam Persamaan (17), dan nilai numerik ini diinterpretasikan terhadap rentang 0-50 (terbuka) dan 50-100 (tertutup) yang didefinisikan di bawah ini untuk menghasilkan keputusan akhir pintu air untuk data sensor tersebut.

### A. Fuzzifikasi

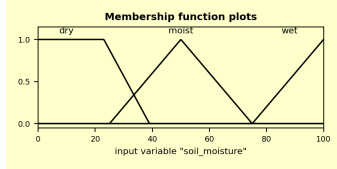
Pada tahap ini, data yang diterima dari sensor diubah menjadi variabel linguistik menggunakan beberapa konfigurasi, seperti yang dijelaskan di bawah ini.

Fungsi keanggotaan sensor kelembapan tanah dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga kategori: kering, lembap, dan basah. Fungsi ini digunakan dalam metode Fuzzy Mamdani sebagai dasar untuk menentukan nilai linguistik dari data sensor agar dapat diproses dalam aturan fuzzy (fuzzy rules).

$$(x)\text{Dry} = \begin{cases} 1, & x \leq 23; \\ \frac{39-x}{39-23}, & 23 \leq x \leq 39; \\ 0, & x \geq 39. \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu(x)_{\text{Moist}} = \begin{cases} 0, & x \leq 25 \text{ or } x \geq 50; \\ \frac{x-25}{75-25}, & 25 < x < 75; \\ \frac{50-x}{50-75}, & 75 < x < 50. \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu(x)_{\text{Wet}} = \begin{cases} 0, & x \leq 100; \\ \frac{x-100}{75-100}, & 100 \leq x \leq 75; \\ 1, & x \geq 75. \end{cases} \quad (3)$$



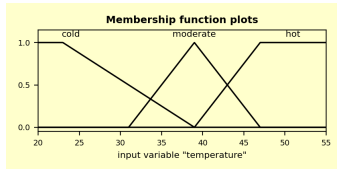
Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Sensor Kelembapan Tanah

Fungsi keanggotaan sensor suhu dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga kategori: dingin, sedang, dan panas. Fungsi ini digunakan dalam metode Fuzzy Mamdani sebagai dasar untuk menentukan nilai linguistik dari data sensor sehingga dapat diproses dalam aturan fuzzy.

$$\mu(x)_{\text{Cold}} = \begin{cases} 1, & x \leq 23; \\ \frac{39-x}{39-23}, & 23 < x \leq 39; \\ 0, & x \geq 39. \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu(x)_{\text{Moderate}} = \begin{cases} 0, & x \leq 31 \text{ or } x \geq 47; \\ \frac{x-31}{47-31}, & 31 < x < 47; \\ \frac{39-x}{39-47}, & 47 < x < 39. \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu(x)_{\text{Hot}} = \begin{cases} 0, & x \leq 55; \\ \frac{x-55}{47-55}, & 55 \leq x \leq 47; \\ 1, & x \geq 47. \end{cases} \quad (6)$$



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Sensor Suhu

Fungsi keanggotaan sensor kelembapan udara dalam penelitian ini dibagi menjadi lima kategori: sangat kering, kering, sedang, lembap, dan sangat lembap. Fungsi ini digunakan dalam metode Fuzzy Mamdani sebagai dasar untuk menentukan nilai linguistik dari data sensor sehingga dapat diproses dalam aturan fuzzy.

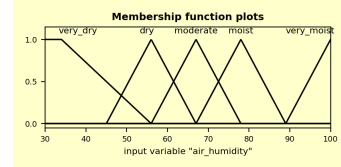
$$\mu(x)_{\text{Very Dry}} = \begin{cases} 1, & x \leq 34; \\ \frac{56-x}{56-34}, & 34 \leq x \leq 56; \\ 0, & x \geq 56. \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu(x)_{\text{Dry}} = \begin{cases} 0, & x \leq 45 \text{ or } x \geq 56; \\ \frac{x-45}{56-45}, & 45 < x < 67; \\ \frac{56-x}{56-67}, & 67 < x < 56. \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu(x)_{\text{Moderate}} = \begin{cases} 0, & x \leq 56 \text{ or } x \geq 67; \\ \frac{x-56}{78-56}, & 56 < x < 78; \\ \frac{67-x}{67-78}, & 78 < x < 67. \end{cases} \quad (9)$$

$$\mu(x)_{\text{Moist}} = \begin{cases} 0, & x \leq 67 \text{ or } x \geq 78; \\ \frac{x-67}{89-67}, & 67 < x < 89; \\ \frac{78-x}{78-89}, & 89 < x < 78. \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu(x)_{\text{Very Moist}} = \begin{cases} 0, & x \leq 100; \\ \frac{x-100}{89-100}, & 100 \leq x \leq 89; \\ 1, & x \geq 89. \end{cases} \quad (11)$$



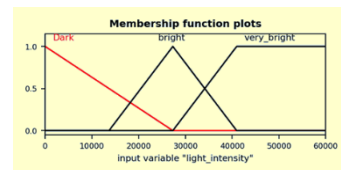
Gambar 7. Fungsi Keanggotaan Sensor Kelembapan Udara

Fungsi keanggotaan sensor cahaya dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga kategori: gelap, terang, dan sangat terang. Fungsi ini digunakan dalam metode Fuzzy Mamdani sebagai dasar untuk menentukan nilai linguistik dari data sensor sehingga dapat diproses dalam aturan fuzzy.

$$\mu(x)_{\text{Dark}} = \begin{cases} 1, & x \leq 0; \\ \frac{27.306-x}{27.306-0}, & 0 \leq x \leq 27.306; \\ 0, & x \geq 27.306. \end{cases} \quad (12)$$

$$\mu(x)_{\text{Bright}} = \begin{cases} 0, & x \leq 13.653 \text{ atau } x \geq 27.306; \\ \frac{x-13.653}{40.959-13.653}, & 13.653 < x < 40.959; \\ \frac{27.306-x}{27.306-40.959}, & 40.959 < x < 27.306. \end{cases} \quad (13)$$

$$\mu(x)_{\text{Very Bright}} = \begin{cases} 0, & x \leq 54.612; \\ \frac{x-54.612}{40.959-54.612}, & 54.612 \leq x \leq 40.959; \\ 1, & x \geq 40.959. \end{cases} \quad (14)$$

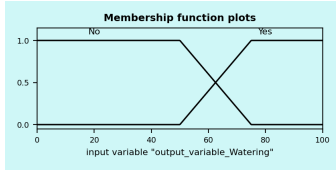


Gambar 8. Fungsi Keanggotaan Sensor Intensitas Cahaya

Fungsi keanggotaan output dalam penelitian ini dibagi menjadi dua kategori: terbuka dan tertutup. Fungsi ini digunakan dalam metode Fuzzy Mamdani sebagai dasar untuk menentukan nilai linguistik dari data sensor sehingga dapat diproses dalam aturan fuzzy.

$$\mu(x)_{\text{Closed}} = \begin{cases} 1, & x \leq 0; \\ \frac{75-x}{75-0}, & 0 \leq x \leq 75; \\ 0, & x \geq 75. \end{cases} \quad (15)$$

$$\mu(x)_{\text{Open}} = \begin{cases} 0, & x \leq 100; \\ \frac{x-100}{75-100}, & 100 \leq x \leq 75; \\ 1, & x \geq 75. \end{cases} \quad (16)$$



Gambar 9. Fungsi Keanggotaan buka/tutup

## B. Penerapan Aturan Fuzzy

Pada tahap ini, inferensi fuzzy menggunakan aturan IF-THEN berdasarkan variabel yang telah dikonversi. Berikut adalah beberapa aturan fuzzy yang diterapkan:

1. JIKA kelembapan tanah "Kering" DAN suhu "Dingin" DAN kelembapan udara "Sedang" DAN cahaya "Sangat Terang" MAKA Pintu Air "Terbuka"
2. JIKA kelembapan tanah "Kering" DAN suhu "Panas" DAN kelembapan udara "Kering" DAN cahaya "Terang" MAKA Pintu Air "Terbuka"
3. JIKA kelembapan tanah "Lembap" DAN suhu "Sedang" DAN kelembapan udara "Lembap" DAN cahaya "Gelap" MAKA Pintu Air "Tertutup"
4. JIKA kelembapan tanah "Basah" DAN suhu "Sedang" DAN kelembapan udara "Sangat Lembap" DAN cahaya "Terang" MAKA Pintu Air "Tertutup"

Semua aturan fuzzy yang digunakan dalam penelitian ini, berdasarkan kombinasi nilai kelembapan tanah, suhu, kelembapan udara, dan intensitas cahaya, diperoleh dari data historis dan pengamatan langsung di lokasi penelitian, yaitu lahan pertanian di Kecamatan Tanjung Lago, Kabupaten Banyuasin. Aturan-aturan ini dirumuskan berdasarkan pola kebutuhan air tanaman padi yang diamati selama periode tanam.

## C. Defuzzifikasi

Tahap ini mengubah nilai fuzzy menjadi nilai numerik yang dapat digunakan untuk menentukan irigasi tanaman padi. Metode yang paling umum digunakan adalah Metode Centroid (Center of Gravity - COG).

Representasi Numerik dari Output :

- Buka: 0-50
- Tutup: 50-100

Penerapan Metode Centroid

$$Z = \frac{\sum(\mu_i \times x_i)}{\sum \mu_i} \quad (17)$$

Dimana: Z adalah hasil defusifikasi (nilai numerik yang menentukan apakah pintu air membuka atau menutup);  $\mu_i$  adalah derajat keanggotaan dari setiap output fuzzy; dan  $x_i$  adalah nilai numerik dari setiap kategori fuzzy.

# III. HASIL DAN PEMBAHASAN

## 3.1. Implementasi Sensor

Penelitian ini menganalisis data yang diperoleh dari berbagai sensor yang terpasang pada lahan pertanian, yaitu sensor kelembapan tanah, suhu, kelembapan udara, dan intensitas cahaya. Setiap sensor mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan kondisi lingkungan di sekitar tanaman padi. Semua sensor terintegrasi dan

dikontrol oleh ESP32-WROOM-32 DevKit V1, yang bertindak sebagai mikrokontroler utama.



Gambar 10. Implementasi Sensor

## 3.2. Hasil Data Sensor

Data yang dikeluarkan oleh sensor berisi name, created\_at, temperature, air humidity, light, dan soil moisture.

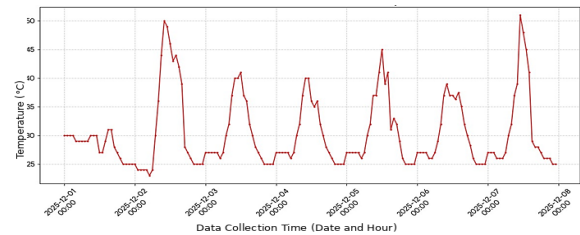
|      | created_at          | temperature | humidity | lux | soil_moisture_pct |
|------|---------------------|-------------|----------|-----|-------------------|
| 0    | 2025-08-03 20:46:19 | 24.7        | 100.0    | 0.0 | 68.65             |
| 1    | 2025-08-03 20:41:19 | 24.8        | 100.0    | 0.0 | 69.05             |
| 2    | 2025-08-03 20:36:11 | 24.9        | 100.0    | 0.0 | 69.85             |
| 3    | 2025-08-03 20:31:05 | 24.9        | 100.0    | 0.0 | 68.90             |
| 4    | 2025-08-03 20:26:00 | 25.0        | 100.0    | 0.0 | 68.05             |
| ...  | ...                 | ...         | ...      | ... | ...               |
| 1164 | 2025-07-27 02:19:06 | 29.5        | 87.1     | 0.0 | 64.85             |
| 1165 | 2025-07-27 02:18:05 | 29.5        | 87.2     | 0.0 | 65.25             |
| 1166 | 2025-07-27 02:16:44 | 29.5        | 87.2     | 0.0 | 64.95             |
| 1167 | 2025-07-27 02:15:30 | 29.5        | 87.2     | 0.0 | 64.60             |
| 1168 | 2025-07-27 02:14:29 | 29.5        | 87.2     | 0.0 | 65.15             |

1169 rows x 5 columns

Gambar 11. Hasil Data Sensor

## A. Hasil Data Sensor Suhu

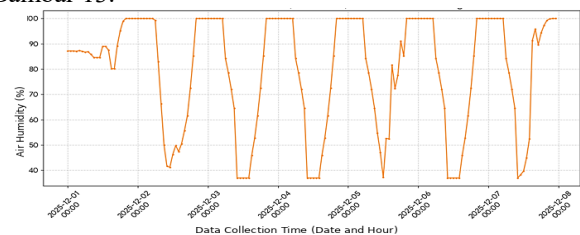
Sensor suhu mencatat nilai berkisar dari minimum 23°C hingga maksimum 54,4°C selama periode pemantauan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil Data Sensor Suhu

## B. Hasil Data Sensor Kelembapan Udara Sensor

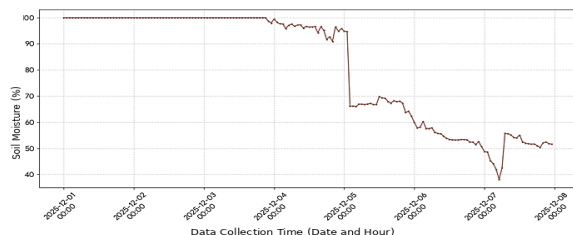
kelembapan udara mencatat nilai berkisar antara minimum 34.9 RH hingga maksimum 100 RH selama periode pemantauan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Hasil Data Sensor Kelembapan Udara

### C. Hasil Data Sensor Kelembapan Tanah

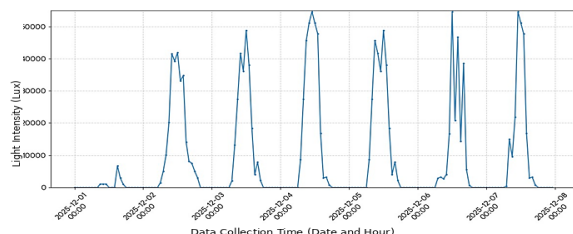
Sensor kelembapan tanah mencatat nilai berkisar dari minimum 0% hingga maksimum 100% selama periode pemantauan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Hasil Data Sensor Kelembapan Tanah

### D. Hasil Data Sensor Cahaya

Sensor cahaya merekam nilai yang berkisar dari minimum 0 Lux hingga maksimum 54.612,5 Lux selama periode pemantauan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Hasil Data Sensor Cahaya

### 3.3. Hasil Pengujian

Bagian ini menjelaskan hasil pengujian yang dilakukan pada setiap sensor, termasuk sensor kelembapan tanah, suhu udara, kelembapan udara, dan intensitas cahaya. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa setiap sensor dapat membaca nilai dalam rentang minimum dan maksimum yang telah ditentukan, sehingga dapat menggambarkan kondisi lingkungan secara akurat. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian sensor.

Tabel 2. Hasil Pengujian

| No | Soil Moisture | Air Temp. | Air Humidity | Light Intensity | Water Gate | Result  |
|----|---------------|-----------|--------------|-----------------|------------|---------|
| 1  | 50%           | 29°C      | 79 RH        | 23.33 Lux       | Open       | Correct |
| 2  | 55%           | 28°C      | 70 RH        | 17.05 Lux       | Open       | Correct |
| 3  | 98%           | 29.2°C    | 83.1 RH      | 1.67 Lux        | Closed     | Correct |
| 4  | 0%            | 29.1°C    | 83.1 RH      | 20.83 Lux       | Open       | Correct |
| 5  | 0%            | 29.1°C    | 83.5 RH      | 21.67 Lux       | Open       | Correct |
| 6  | 2%            | 25.6°C    | 71.8 RH      | 4.17 Lux        | Open       | Correct |
| 7  | 48%           | 25.8°C    | 71 RH        | 6.67 Lux        | Open       | Correct |

Dari tujuh pengujian yang dilakukan, sistem berhasil beroperasi dengan tingkat akurasi 100%, di mana seluruh pengujian menghasilkan keputusan irigasi yang sesuai dengan perubahan kondisi lingkungan dan kebutuhan tanaman padi.

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian sistem pengendalian air tanaman padi berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan metode Fuzzy Mamdani, dapat

disimpulkan bahwa sistem ini berhasil meningkatkan efisiensi irigasi di sektor pertanian. Sistem yang dikembangkan menggunakan sensor kelembapan tanah, suhu udara, kelembapan udara, dan intensitas cahaya untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time. Data yang diperoleh dari sensor-sensor tersebut kemudian diproses menggunakan metode Fuzzy Mamdani untuk menghasilkan keputusan terkait irigasi tanaman padi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan rekomendasi untuk membuka dan menutup pintu air secara tepat waktu dan sesuai dengan kebutuhan air tanaman berdasarkan data yang diterima dari sensor kelembapan tanah, suhu udara, dan intensitas cahaya. Pengolahan data menggunakan metode Fuzzy Mamdani memungkinkan sistem menganalisis kondisi lingkungan secara adaptif untuk menentukan pengendalian air yang optimal. Selain itu, sistem ini berperan penting dalam memastikan bahwa pintu air ditutup atau dibuka hanya ketika tanaman membutuhkan air, sekaligus membantu petani membuat keputusan secara lebih cepat, efisien, dan berdasarkan data sensor yang valid. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi pertanian dalam pengendalian air tanaman padi dan mendukung praktik pertanian berkelanjutan melalui penggunaan teknologi Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan logika Fuzzy Mamdani.

Meskipun sistem pengendalian air tanaman padi berbasis IoT dengan metode Fuzzy Mamdani telah terbukti meningkatkan efisiensi irigasi, masih terdapat beberapa peluang untuk penelitian lebih lanjut. Sebagai contoh, penambahan sensor seperti sensor curah hujan dan pH tanah dapat membantu sistem menganalisis kondisi lingkungan secara lebih akurat. Metode pengambilan keputusan juga dapat dikombinasikan dengan pendekatan kecerdasan buatan lainnya atau sistem prediksi berbasis data historis agar irigasi menjadi lebih adaptif dan tepat waktu. Selain itu, pengujian pada lahan yang lebih luas, pengembangan aplikasi pemantauan berbasis web atau seluler, pengoptimalan penggunaan energi, serta evaluasi dampak ekonomi dan lingkungan juga penting agar sistem ini dapat diterapkan secara lebih efektif dan berkelanjutan.

## REFERENSI

- [1] H. A. dahmad, H. Ayad, A. G. Cerezo, and H. mousannif, "IT-2 Fuzzy Control and Behavioral Approach Navigation System for Holonomic 4WD/4WS Agricultural Robot," *Int. J. Comput. Commun. Control*, vol. 19, no. 3, 2024, doi: 10.15837/ijccc.2024.3.6420.
- [2] I. Olenych, "Smart Home Climate Control System Based on Fuzzy Logic Controller," *Electron. Inf. Technol.*, vol. 17, no. 17, pp. 26–35, 2022, doi: 10.30970/eli.17.3.
- [3] E. M. Pechlivani, A. Papadimitriou, S. Pemas, G. Ntinis, and D. Tzovaras, "IoT-Based Agro-Toolbox for Soil Analysis and Environmental Monitoring," *Micromachines*, vol. 14, no. 9, 2023, doi: 10.3390/mi14091698.
- [4] A. Kurniawan, I. Hermawan, and M. Agustin,

- “Pemantauan Dan Pengendalian Pintu Air Berbasis Komunikasi Radio Full Duplex Dengan Algoritma Decision Tree,” *Multinetics*, vol. 9, no. 1, pp. 13–26, 2023, doi: 10.32722/multinetics.v9i1.5156.
- [5] N. Hussein, H. Mostafa, M. Awad, and M. El Ansary, “Crop Water Productivity Optimization for Rice Cultivation Under Drip Irrigation System,” *Misr J. Agric. Eng.*, vol. 0, no. 0, pp. 0–0, 2023, doi: 10.21608/mjae.2023.227510.1110.
- [6] Saskia Eka Cahyani, Tatang Rohana, and Santi Arum Puspita Lestari, “Implementasi fuzzy logic pada sistem pengairan sawah dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air berbasis IoT,” *INFOTECH J. Inform. Teknol.*, vol. 4, no. 1, pp. 37–46, 2023, doi: 10.37373/infotech.v4i1.496.
- [7] Adesh Kawre, Vedant Bulbule, Harshal Kherde, Shreyash Chavan, Ayush Barapatre, and Mrs. Pragati Budhe, “IoT Based Crop Monitoring System,” *Int. Res. J. Adv. Eng. Hub*, vol. 2, no. 05, pp. 1435–1440, 2024, doi: 10.47392/irjaeh.2024.0197.
- [8] D. K. Widyawati and A. Ambarwari, “Fuzzy Logic Design to Control the Duration of Irrigation Time in the Greenhouse,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1012, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/1012/1/012086.
- [9] Fitri, U. F. Sukanda, and R. Gusti Riza, “Jurnal Ilmu Komputer Revolusioner,” *Biomaterials*, vol. 08, no. 08, pp. 173–179, 2024.
- [10] A. H. Price *et al.*, “Alternate wetting and drying irrigation for rice in Bangladesh: Is it sustainable and has plant breeding something to offer?,” *Food Energy Secur.*, vol. 2, no. 2, pp. 120–129, 2013, doi: 10.1002/fes3.29.
- [11] Y. He, S. Yang, J. Xu, Y. Wang, and S. Peng, “Ammonia volatilization losses from paddy fields under controlled irrigation with different drainage treatments,” *Sci. World J.*, vol. 2014, 2014, doi: 10.1155/2014/417605.
- [12] D. Bwire, H. Saito, R. C. Sidle, and J. Nishiwaki, “Water Management and Hydrological Characteristics of Rice-Paddy Catchments Under AWD Irrigation Practice: Asia and Sub-Saharan Africa,” *Preprints*, 2023, doi: 10.20944/preprints202311.1677.
- [13] X. Gu, S. Weng, Y. Li, and X. Zhou, “Effects of Water and Fertilizer Management Practices on Methane Emissions from Paddy Soils: Synthesis and Perspective,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 19, no. 12, 2022, doi: 10.3390/ijerph19127324.
- [14] R. Alfred, J. H. Obit, C. P. Y. Chin, H. Haviluddin, and Y. Lim, “Towards paddy rice smart farming: A review on big data, machine learning, and rice production tasks,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 50358–50380, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3069449.
- [15] L. de Souza Pinto, T. da Costa Dias, and J. N. Brito, “Controle Fuzzy Para Navegação Autônoma Em Ambiente Desconhecido Sujeito a Mudanças,” no. 1, 2019, doi: 10.17648/coen-2019-115385.
- [16] L. Bin, M. Shahzad, H. Khan, M. M. Bashir, A. Ullah, and M. Siddique, “Sustainable Smart Agriculture Farming for Cotton Crop: A Fuzzy Logic Rule Based Methodology,” *Sustain.*, vol. 15, no. 18, pp. 1–18, 2023, doi: 10.3390/su151813874.
- [17] M. J. Hoque, M. S. Islam, and M. Khaliluzzaman, “A Fuzzy Logic- and Internet of Things-Based Smart Irrigation System †,” *Eng. Proc.*, vol. 58, no. 1, 2023, doi: 10.3390/ecsa-10-16243.