



## Implementasi *fuzzy logic* pada sistem pengairan sawah dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air berbasis IoT

### *Implementation of fuzzy logic in paddy field irrigation systems to improve IoT-based water use efficiency*

Saskia Eka Cahyani\*, Tatang Rohana, Santi Arum Puspita Lestari

\*Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Buana Perjuangan Karawang, Karawang, Indonesia. Jl. Hs. Ronggo Waluyo, Teluk Jambe Karawang, Jawa Barat, Indonesia

#### Informasi Artikel

##### **Article History:**

Submission: 28-02-2023

Revised: 08-03-2023

Accepted: 09-03-2023

##### **Kata Kunci:**

Pengairan sawah; internet of things; fuzzy logic.

##### **Keywords:**

Irrigating rice fields; internet of things; fuzzy logic.

##### **\* Korespondensi:**

Saskia Eka Cahyani  
if19.saskiacahyani@mhs.ubpk  
arawang.ac.id

#### Abstrak

Sistem pengairan sawah di Indonesia mayoritas masih menggunakan metode manual yang terdiri dari membuka dan menutup saluran air secara tradisional, cara ini memiliki banyak kendala seperti memerlukan banyak tenaga dan kurang efektif. Oleh karena itu, untuk membantu petani dalam mengalirkan air ke lahan persawahan secara efisien dan *real-time*, telah dibuat alat kontrol pengairan sawah berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Alat ini terdiri dari beberapa *hardware* seperti NodeMCU ESP8266, sensor *Soil Moisture*, sensor Ultrasonik, dan Motor Servo, serta menggunakan metode *Fuzzy Logic* sebagai pengendali. Alat ini dirancang dengan tujuan utama untuk memberikan kemudahan bagi para petani dalam mengontrol pengairan sawah dengan cara yang lebih modern dan efisien. Sistem kontrol pintu pengairan sawah ini dapat dioperasikan melalui *website* yang terhubung ke mikrokontroler NodeMCU ESP8266 melalui koneksi *wifi*. Dalam pengujian menggunakan prototype persawahan, dilakukan parameter pengujian untuk mengukur keberhasilan fungsionalitas kontrol dan konektivitas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini memiliki persentase keberhasilan sebesar 80% dan nilai *error* sebesar 20% dari data pengujian yang telah dilakukan sebanyak 15 kali.

#### Abstract

*In Indonesia, the vast majority of irrigation systems for rice fields still rely on the labor-intensive manual technique, which involves manually opening and closing waterways in the old-fashioned manner. Therefore, a rice irrigation control tool based on the Internet of Things (IoT) has been developed using the NodeMCU ESP8266 microcontroller to help farmers effectively and in real-time channel water to rice fields. This tool employs fuzzy logic as a controller and is made up of a number of hardware components, including a NodeMCU ESP8266, a soil moisture sensor, an ultrasonic sensor, and a servo motor. The main objective of using this tool is to simplify irrigation management for farmers in a more contemporary and effective manner. A website linked to the NodeMCU ESP8266 microcontroller via wifi can be used to manage the paddy irrigation door system. Parameter testing was done on a prototype paddy field to evaluate the effectiveness of the control and connectivity features. The test findings indicate that this tool has an 80% success rate and a 20% error value based on test data that has been run 15 times.*



## 1. PENDAHULUAN.

Pengairan adalah proses memasok air secara teratur ke lahan pertanian. Air yang tidak digunakan akan dibuang dan air yang diterima oleh tanaman akan berguna bagi pertumbuhan tanaman [1]. Kelebihan air pada lahan pertanian dapat mengganggu pertumbuhan tanaman [2]. Irigasi pada sawah sangat penting bagi pertumbuhan padi, karena padi merupakan sumber utama beras di Indonesia. Pengelolaan irigasi yang baik sangat penting untuk mempengaruhi hasil pertanian padi. Air merupakan sumber daya utama yang menunjang kegiatan pertanian dan tanpa air, kegiatan pertanian tidak dapat berlangsung.

Secara umum, pemeliharaan air sawah dilakukan melalui sistem irigasi atau memasok air langsung dari sumber seperti sungai. Dalam proses distribusi air irigasi, masih banyak digunakan metode manual, seperti membuka dan menutup saluran air dengan tangan oleh petani di lokasi persawahan. Namun, cara ini memiliki banyak kendala seperti memerlukan banyak tenaga dan kurang efektif. Oleh karena itu, perlu diterapkan teknologi untuk mempermudah proses tersebut dengan mengadopsi sistem kontrol otomatis. Ini bisa dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler yang dapat memproses dan menyimpan data dari sensor untuk mengendalikan aktuatur membuka dan menutup pintu air secara otomatis [3]. Era industri 4.0 menawarkan efisiensi dan peningkatan produktivitas di berbagai sektor, termasuk pertanian pangan. Ini dapat dicapai dengan menggantikan pekerjaan manual dengan cara otomatis, didukung oleh kemajuan dalam teknologi kecerdasan buatan. AI dapat memprediksi berbagai hal setelah melalui proses pelatihan dengan data latih. Dalam hal ini, dibutuhkan AI untuk membuat sistem irigasi otomatis yang dapat membantu petani dalam memperoleh hasil yang lebih optimal dan maksimal.

*Artificial Intelligence* (AI) adalah tambahan kecerdasan pada suatu sistem yang dapat dikontrol dan diterapkan dalam konteks ilmiah [4]. Andreas Kaplan dan Michael Haenlein menjelaskan AI sebagai "kemampuan sistem untuk memahami dan memproses informasi eksternal secara akurat, belajar dari data tersebut, dan menggunakan pembelajaran untuk mencapai tujuan dan tugas tertentu dengan cara yang fleksibel dan adaptif. *Internet of Things* (IoT) adalah konsep interkoneksi antar perangkat cerdas melalui jaringan internet, baik untuk bertukar informasi maupun untuk tujuan pengendalian. Ini memungkinkan perangkat untuk bekerja secara sinergis dan memberikan solusi yang lebih efisien dan inovatif dalam berbagai aplikasi dan industri [5]. Saat ini, konsep IoT sudah banyak diterapkan pada berbagai objek sekitar kita. NodeMCU ESP8266 adalah salah satu modul yang memadukan dua komponen, yaitu NodeMCU dan mikrokontroler ESP8266. Dalam satu *board* ini, kedua komponen sudah terpasang secara langsung, sehingga pengguna tidak perlu membeli dan menyambungkannya secara terpisah. ESP8266 dirancang untuk memiliki integrasi *Wi-Fi* secara langsung, sehingga tidak memerlukan modul *Wi-Fi* [6]. *Website* merupakan halaman web yang terdapat di dalam suatu domain yang berisi informasi [7].

*Logika fuzzy* adalah suatu teknik AI yang memiliki kemampuan untuk memecahkan masalah yang berkaitan dengan sistem yang kompleks, berubah-ubah, dan tidak pasti. *Logika fuzzy* memiliki keunggulan dalam mengolah informasi numerik dari variabel yang telah diukur, sehingga dapat membantu menyelesaikan masalah yang sulit diprediksi [8]. Metode *Artificial Intelligence* (AI) yang dikenal sebagai *logika fuzzy* mampu menangani masalah sistem yang kompleks, dinamis, dan tidak pasti. *Logika fuzzy* dapat mengolah informasi numerik dari variabel yang diukur dan dapat digunakan untuk menyelesaikan proses sistem. Pada penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) di bidang pertanian, *logika fuzzy* digunakan dalam sistem kontrol dan membantu dalam pengambilan keputusan yang sesuai dengan kebutuhan sehingga sistem IoT dapat beroperasi dengan efektif dan efisien.

Pada penelitian [9], Penelitian ini menyelidiki tingkat kelembaban tanah dengan menggunakan *soil moisture* sensor FC-28 dan menampilkan hasilnya pada layar LCD. Hasil penelitian ini dapat ditingkatkan dengan mengimplementasikan kontrol otomatis dan pembelajaran mesin berdasarkan data kelembaban tanah yang diterima. Pada penelitian [10], untuk mengatasi masalah pasokan air yang tidak memadai dan pasang surut saat air mengalir melalui saluran irigasi serta untuk memperbaiki sistem buka tutup pintu bendungan irigasi yang saat ini dilakukan secara manual, diperlukan suatu proses inovatif. Kebutuhan akan solusi yang lebih efektif dan efisien dalam mengatasi masalah-masalah tersebut sangat penting untuk memastikan pertanian dapat berjalan dengan baik. Pada penelitian [11], Untuk mengatasi kekurangan, diperlukan solusi inovatif. Beberapa hal yang membutuhkan solusi adalah masalah kurangnya alat penunjuk ketinggian air yang memberikan informasi yang akurat tentang isi air tandon. Hal ini dapat menyebabkan ketidakpastian tentang ketersediaan air, karena kadang-kadang air bisa

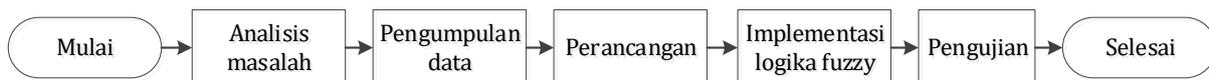
kosong dan kadang-kadang penuh. Selain itu, prosedur mematikan dan menyalakan pompa air secara manual, dengan membuka dan menutup saklar mesin air sangat menyulitkan dan merepotkan. Pada penelitian [12], untuk memecahkan masalah yang terkait dengan proses pengendalian irigasi yang masih tradisional, diperlukan solusi inovatif. Pada penelitian [13], dengan adanya permasalahan seperti keterbatasan pada sistem perangkat keras pompa dan kendali yang masih bersifat *stand alone* dengan hanya menggunakan *timer*, proses otomatisasi dan pemantauan masih terbilang semi-manual. Oleh karena itu, diperlukan suatu proses inovatif untuk mengatasi kekurangan-kekurangan ini, seperti meningkatkan tata kelola irigasi untuk memastikan bahwa asupan air dan pemberian nutrisi pupuk selalu terpantau secara efektif.

Berdasarkan pada kasus sebelumnya, penulis berinisiatif untuk membuat sebuah alat dengan menggunakan metode Logika fuzzy. Karena *Logika fuzzy* merupakan salah satu metode kecerdasan buatan (AI) yang bisa digunakan sebagai pengendali pada berbagai peralatan. Hal ini karena logika *fuzzy* memiliki beberapa keunggulan, seperti mudah digunakan, sederhana, fleksibel, dan efisien [14]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menerapkan sistem pengendalian otomatis berdasarkan logika *fuzzy* pada sistem pengairan sawah. Logika *fuzzy* memiliki kemampuan yang baik dalam mengatasi masalah yang kompleks dan tidak pasti, membuatnya cocok untuk digunakan dalam pengendalian sistem pengairan sawah [15].

## 2. METODE

### 2.1. Prosedur penelitian

Dalam proses penelitian ini, terdapat beberapa langkah yang diambil, mulai dari analisis masalah, pengumpulan data, perancangan, implementasi logika *fuzzy* dan pengujian. Proses ini dapat dilihat pada **Gambar 1**.

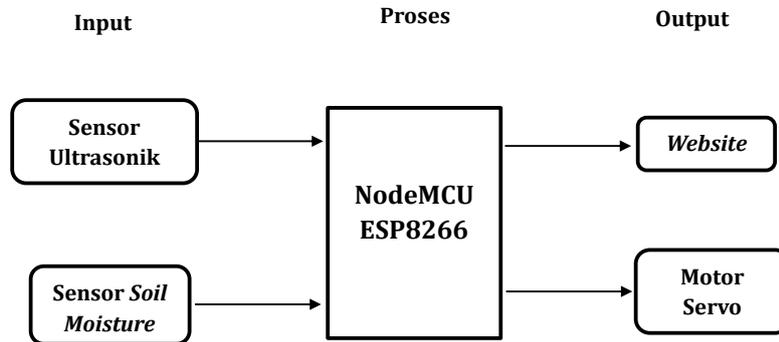


**Gambar 1.** Prosedur penelitian

Dalam penelitian ini, **Gambar 1** menggambarkan prosedur penelitian yang digunakan, yang dijelaskan sebagai berikut:

- Analisis masalah, tahap analisis masalah dilakukan untuk menentukan masalah yang ada. Dalam penelitian ini, analisis masalah menunjukkan bahwa dalam proses penyaluran irigasi masih banyak menggunakan metode manual, seperti membuka dan menutup saluran irigasi secara manual oleh petani di area persawahan. Ini menyebabkan banyak kendala seperti membutuhkan banyak tenaga dan kurang efektif dan praktis. Oleh karena itu, perlu ada sentuhan teknologi yang tepat guna untuk membantu membuka dan menutup pintu irigasi secara otomatis untuk mengatasi masalah ini.
- Tahap pengumpulan data, merupakan langkah penting dalam melakukan penelitian. Melakukan pengumpulan data dengan menggunakan dua metode yaitu metode observasi dan studi pustaka (literatur) untuk mendapatkan informasi dan data yang relevan dan berkaitan dengan penelitian ini. Kedua metode tersebut digunakan untuk memperkuat dan memvalidasi hasil penelitian, sehingga dapat menghasilkan hasil yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan.
- Perancangan, pada tahap ini terdiri atas perancangan alat yang dilakukan untuk merancang sistem monitoring irigasi pada sawah. Langkah ini dilakukan dengan mengkoneksikan seluruh sensor yang digunakan ke dalam mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Selanjutnya, output yang dihasilkan oleh seluruh sensor tersebut akan ditampilkan pada sebuah aplikasi pada perangkat Android.
- Implementasi logika *fuzzy*, Pada tahap ini, dilakukan penerapan logika *fuzzy* ke dalam program untuk menentukan parameter yang digunakan sebagai acuan dalam sistem pengairan sawah.
- Pengujian tahap dilaksanakan untuk memeriksa apakah sistem yang telah dibuat berjalan atau tidak, dan juga seberapa akurat sistem tersebut dalam memantau keadaan sawah.

## 2.2 Blok diagram

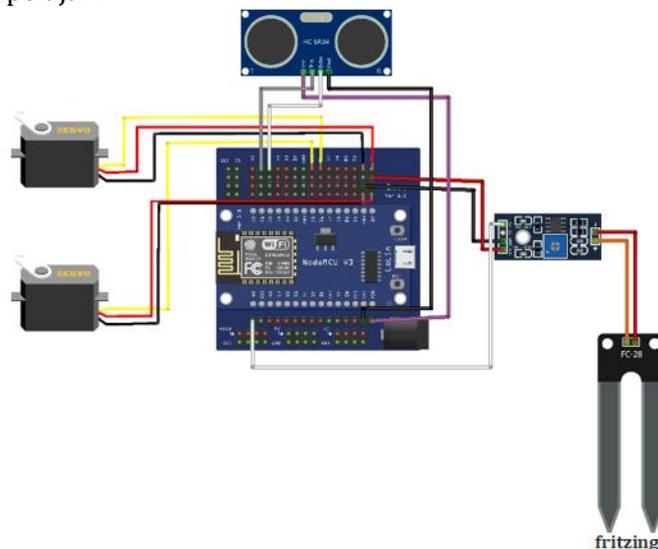


**Gambar 2.** Blok diagram perangkat keras

Pada **Gambar 2** bahwa penelitian ini menggunakan dua jenis sensor, yaitu sensor ultrasonik dan sensor kelembaban tanah (*soil moisture*). Sensor *soil moisture* ditempatkan di bawah permukaan tanah untuk mengukur kelembaban tanah, sedangkan sensor ultrasonik dipasang pada tiang untuk mengukur ketinggian air di sawah. Ketika sensor ultrasonik mengirimkan gelombang ultrasonik ke target, gelombang tersebut akan dipantulkan kembali ke sensor dan waktu selisih antara pengiriman dan penerimaan gelombang akan dihitung. Data input dari kedua sensor ini akan diterima dan dianalisis oleh NodeMCU ESP8266. Pendekatan logika *fuzzy* digunakan untuk menghitung nilai ketinggian air dan kelembaban tanah pada sawah. Hasil perhitungan ini akan ditampilkan pada sebuah *website* dan digunakan untuk mengendalikan motor servo agar dapat membuka atau menutup sesuai dengan kondisi yang diinginkan.

## 2.3 Skema rangkaian alat

Pada tahapan ini, semua komponen pengendali akan digabungkan menjadi satu kesatuan. Hasil gabungan ini akan menunjukkan bagaimana setiap komponen saling berhubungan dalam modul yang sedang dipelajari.

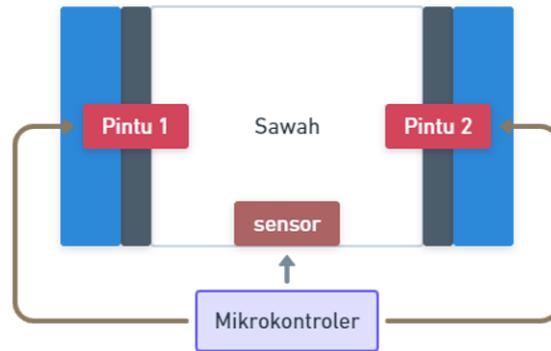


**Gambar 3.** Pengawatan modul

**Gambar 3** menampilkan hasil pengamatan alat sesuai dengan kebutuhan perancangan. Setiap perangkat elektronik memiliki fungsi yang penting untuk memperoleh nilai yang diperlukan dalam pengembangan sistem, sehingga dapat menghasilkan alat yang lebih baik. Beberapa perangkat elektronik yang digunakan termasuk:

- Sensor *soil moisture* digunakan untuk memantau kadar air dalam tanah.
- Sensor HC-SR04 digunakan untuk memantau ketinggian air di sawah.
- Motor servo digunakan untuk mengontrol pembukaan dan penutupan pintu irigasi.

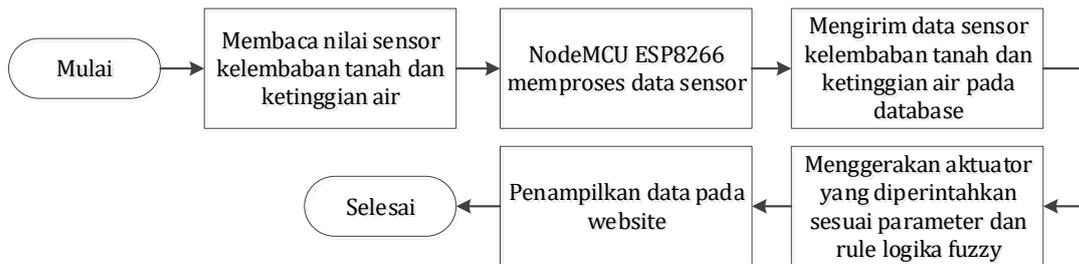
d. NodeMCU ESP8266 digunakan untuk mengupload pemrograman dari *software* Arduino IDE



**Gambar 4.** Desain alat

Dari **Gambar 4** dapat diketahui bahwa gambar tersebut merupakan bagian dari pengembangan yang akan dilakukan. Pada desain pintu 1 merupakan pintu masuk jalannya sebuah air dan pintu 2 merupakan pintu keluar air, sedangkan pada bagian sensor berisikan letak sensor ultrasonik dan sensor *soil moisture*. Sistem dalam penelitian ini akan dirancang menggunakan sebuah diagram alir yang akan membantu mengelola alur kerja suatu proses.

#### 2.4 Diagram alir perancangan sistem



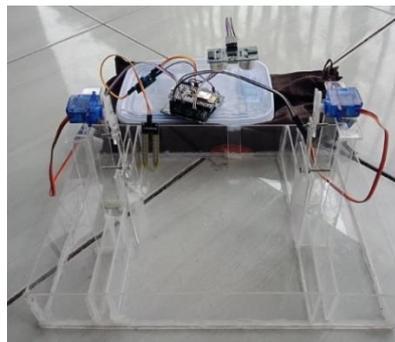
**Gambar 5.** Diagram alir perancangan sistem

Pada **Gambar 5** NodeMCU ESP8266 bertindak sebagai komputer mikro untuk memproses input menjadi output dan menghubungkan perangkat keras ke internet untuk mengirimkan data sensor ke database. Input sistem digunakan untuk memantau kelembaban tanah dan ketinggian air di lahan persawahan. Data input yang diperoleh digunakan sebagai parameter untuk memperoleh informasi. Ketika kondisi tanah dan air di lahan tidak stabil motor servo akan bergerak. Hasil sensor akan ditampilkan sebagai output pada *website*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Perancangan alat

Perancangan alat untuk sistem pengairan sawah menggunakan metode *fuzzy logic* berbasis *internet of things* (IoT) merupakan hasil dari analisis dan penempatan setiap modul sesuai dengan fungsinya pada **Gambar 6**.

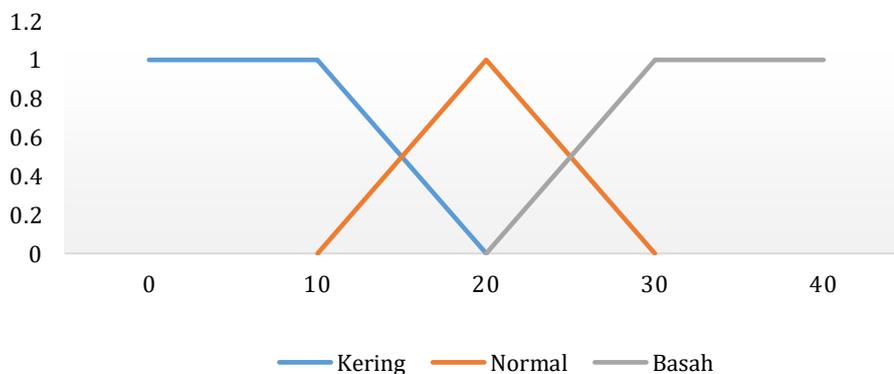


**Gambar 6.** Hasil perancangan alat

**Gambar 6** menunjukkan penempatan modul yang telah direncanakan sebelumnya. Setiap modul diletakkan sesuai dengan fungsi kerjanya yang spesifik. Untuk mengukur ketinggian air pada sawah, Sensor Ultrasonic ditempatkan di atas, sementara itu Soil Moisture berfungsi sebagai pembaca nilai kelembaban pada tanah sawah. Motor servo diletakkan di sisi kanan dan kiri untuk menghasilkan output dari sistem.

### 3.2 Implementasi *Fuzzy Logic*

Pada tahap ini, metode *fuzzy logic* dipakai untuk memperhitungkan nilai-nilai kelembaban dan ketinggian air yang diperoleh dari sistem pemantauan irigasi [16]. Proses pengendalian dengan teknik *fuzzy logic* menggunakan setiap parameter dengan batas optimal sebagai titik kendali (*set point*) dalam sistem [17]. Penerapan logika *fuzzy logic* pada sensor HC-SR04 dan *Soil Moisture* dilakukan pada kode sumber arduino, dimana hasil akan mengikuti aturan yang sudah ditetapkan sebelumnya untuk mengeluarkan hasil yang sesuai. Hasil pembuatan sistem pengairan pada sawah untuk masing-masing parameter ditunjukkan pada gambar berikut.



**Gambar 7.** Grafik fungsi keanggotaan kelembaban tanah

Setiap variabel dari parameter kelembaban tanah memiliki rentang nilai dari 0 hingga 40 dengan nilai rata-rata. Berikut ini adalah tabel nilai pada fungsi keanggotaan kelembaban.

**Tabel 1.** Nilai pada fungsi keanggotaan kelembaban tanah

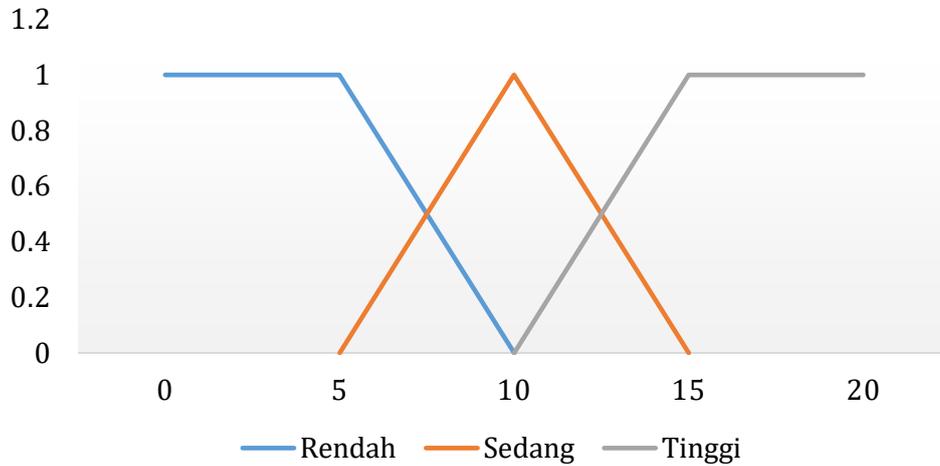
Variabel	Nilai Pada Fungsi Keanggotaan
Kering	$\leq 10$
Normal	$10 \leq x \leq 20$ $20 \leq x \leq 30$
Basah	$\geq 40$

**Tabel 1** menjelaskan jika kelembaban tanah menghasilkan suatu nilai, nilai tersebut dapat dikelompokkan menjadi 3 variabel yaitu kering, normal, dan basah. Setelah nilai keanggotaan tersebut diperoleh, maka dilakukan perhitungan fuzzifikasi yang diwakili oleh persamaan matematika berikut:

$$\mu(\text{kering}) = \begin{cases} 1, & x \leq 10 \\ \frac{x-20}{20-10}, & 10 \leq x \leq 20 \\ 0, & x \geq 30 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu(\text{normal}) = \begin{cases} 0, & x \leq 10 \\ \frac{x-10}{20-10}, & 10 \leq x \leq 20 \\ \frac{30-x}{30-20}, & 20 \leq x \leq 30 \\ 0, & x \geq 40 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu(\text{basah}) = \begin{cases} 0, & x \leq 30 \\ \frac{x-30}{40-30}, & 30 \leq x \leq 40 \\ 1, & x \geq 40 \end{cases} \quad (3)$$



**Gambar 8.** Grafik keanggotaan ketinggian air

Setiap variabel dari parameter ketinggian air memiliki rentang nilai dari 0 hingga 20 dengan nilai rata-rata. Berikut ini adalah tabel nilai pada fungsi keanggotaan ketinggian air.

**Tabel 2.** Nilai pada fungsi keanggotaan ketinggian air

Variabel	Nilai Pada Fungsi Keanggotaan
Rendah	$\leq 5$
Sedang	$5 \leq x \leq 10$ $10 \leq x \leq 15$
Tinggi	$\geq 20$

**Tabel 2** menjelaskan jika ketinggian air menghasilkan suatu nilai, nilai tersebut dapat dikelompokkan menjadi 3 variabel yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Setelah nilai keanggotaan tersebut diperoleh, maka dilakukan perhitungan fuzzifikasi yang diwakili oleh persamaan matematika berikut:

$$\mu(\text{rendah}) = \begin{cases} 1, & x \leq 5 \\ \frac{10-x}{10-5}, & 5 \leq x \leq 10 \\ 0, & x \geq 10 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu(\text{sedang}) = \begin{cases} 0, & x \leq 5 \\ \frac{x-5}{10-5}, & 5 \leq x \leq 10 \\ \frac{15-x}{15-10}, & 10 \leq x \leq 15 \\ 0, & x \geq 15 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu(\text{tinggi}) = \begin{cases} 0, & x \leq 15 \\ \frac{x-15}{20-15}, & 15 \leq x \leq 20 \\ 1, & x \geq 20 \end{cases} \quad (6)$$

Kumpulan aturan dalam basis rule (aturan dasar).

- a. [R1] **If** kelembaban kering **and** ketinggian air rendah **then** pintu 1 terbuka **and** pintu 2 tertutup.
- b. [R2] **If** kelembaban normal **and** ketinggian air rendah **then** pintu 1 tertutup **and** pintu 2 tertutup.
- c. [R3] **If** kelembaban normal **and** ketinggian air sedang **then** pintu 1 tertutup **and** pintu 2 tertutup.
- d. [R4] **If** kelembaban basah **and** ketinggian air rendah **then** pintu 1 tertutup **and** pintu 2 tertutup.
- e. [R5] **If** kelembaban basah **and** ketinggian air sedang **then** pintu 1 tertutup **and** pintu 2 terbuka.
- f. [R6] **If** kelembaban basah **and** ketinggian air tinggi **then** pintu 1 tertutup **and** pintu 2 terbuka.

### 3.3 Pengujian

Pengujian menyeluruh telah dilakukan untuk mengevaluasi kinerja perangkat secara keseluruhan, baik dari sisi *hardware* maupun *software*. Hasil dari pengujian tersebut telah tercatat pada sebuah **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Hasil pengujian fungsional perangkat

No	Perangkat	Pengujian	Status	
			Berhasil	Gagal
1	NodeMCU ESP8266	Compile coding	√	
2	Sensor <i>Soil Moisture</i>	Cek kelembaban	√	
3	Sensor Ultrasonik	Cek ketinggian	√	
4	Motor Servo	Buka/Tutup	√	
5	<i>Website</i>	Menerima data	√	

Dalam **Tabel 3** dapat dijelaskan bahwa hasil pengujian fungsional pada perangkat sudah berjalan dengan baik sesuai dengan harapan pengguna.

**Tabel 4.** Hasil pengujian keseluruhan komponen alat

Pengujian	Kelembaban tanah (%)	Ketinggian air (cm)	Kondisi		Keterangan
			Servo 1	Servo 2	
1	-0.10	5.00	Terbuka	Tertutup	Berhasil
2	-0.10	5.00	Terbuka	Tertutup	Berhasil
3	42.03	24.00	Tertutup	Terbuka	Berhasil
4	44.57	31.00	Tertutup	Terbuka	Berhasil
5	43.40	30.00	Tertutup	Terbuka	Berhasil
6	42.82	5.00	Tertutup	Tertutup	Berhasil
7	43.11	5.00	Tertutup	Tertutup	Berhasil
8	42.82	5.00	Tertutup	Tertutup	Berhasil
9	42.52	28.00	Tertutup	Terbuka	Berhasil
10	39.49	5.00	Tertutup	Tertutup	Berhasil
11	18.38	5.00	Tertutup	Tertutup	Berhasil
12	17.79	5.00	Tertutup	Tertutup	Berhasil
13	36.17	29.00	Tertutup	Tertutup	Gagal
14	36.27	30.00	Tertutup	Tertutup	Gagal
15	44.67	32.00	Tertutup	Tertutup	Gagal

Dalam **Tabel 4** dapat dijelaskan bahwa hasil pengujian keseluruhan komponen alat sudah berjalan dengan baik sesuai dengan harapan pengguna dengan hasil pengujian didapat persentase keberhasilan sebesar:

$$\text{Persentase keberhasilan} = \frac{(\text{jumlah berhasil})}{(\text{jumlah percobaan})} \times 100\%$$

$$\text{Persentase keberhasilan} = \frac{12}{15} \times 100\%$$

$$\text{Persentase keberhasilan} = 80\%$$

Persentase keberhasilan yang didapat adalah 80% dengan *error* sebesar 20%. Hal ini menunjukkan kemampuan sistem dalam menerima perintah cukup bagus. Sedangkan untuk tampilan halaman *website* yang akan digunakan menampilkan hasil pembacaan sensor adalah sebagai berikut.

No	moistur	waterlevel	date	time
1	suhu air = -0.10%	tinggi air =5.00cm	2023-02-28	19:17:05
2	suhu air = -0.10%	tinggi air =5.00cm	2023-02-28	19:17:09
3	suhu air = 42.03%	tinggi air =24.00cm	2023-02-28	19:17:13
4	suhu air = 44.57%	tinggi air =31.00cm	2023-02-28	19:17:18
5	suhu air = 43.40%	tinggi air =30.00cm	2023-02-28	19:17:22
6	suhu air = 42.82%	tinggi air =5.00cm	2023-02-28	19:17:27
7	suhu air = 43.11%	tinggi air =5.00cm	2023-02-28	19:17:32
8	suhu air = 42.82%	tinggi air =5.00cm	2023-02-28	19:17:36
9	suhu air = 42.52%	tinggi air =28.00cm	2023-02-28	19:17:40
10	suhu air = 39.49%	tinggi air =5.00cm	2023-02-28	19:19:28

**Gambar 9.** Hasil pembacaan sensor

Tampilan web pada **Gambar 9** menunjukkan proses penyimpanan data yang berhasil terbaca oleh sistem. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang telah dibuat berhasil terhubung ke web. Pada web tersebut, terdapat nilai dari masing-masing sensor, tanggal, dan waktu pembacaan sensor. Setiap nilai yang terbaca akan disimpan ke dalam database dan dapat dilihat pada web.

Setelah dilakukan pengujian secara menyeluruh terhadap sistem, ditemukan bahwa integrasi perangkat dalam sistem berjalan dengan normal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat beroperasi dengan lancar dan berfungsi secara optimal. Hal ini menandakan bahwa proses pengujian yang telah dilakukan dapat diimplementasikan dan digunakan oleh pengguna secara efektif dan efisien

#### 4. SIMPULAN

Setelah melakukan penelitian, analisis, perancangan, dan implementasi sistem, serta menetapkan rumusan dan batasan masalah yang ada, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil, yaitu implementasi *logika fuzzy* dalam Sistem Pengairan Sawah berbasis IoT memberikan manfaat sebagai pengendali otomatis yang dapat mengontrol buka-tutup pintu air secara otomatis sesuai dengan aturan yang telah ditentukan. Sistem ini diimplementasikan menggunakan perangkat lunak bernama Arduino IDE, yang memungkinkan pengiriman perintah ke setiap sensor dan mikrokontroler. Sistem telah terbukti efektif dan mampu beroperasi dengan baik sesuai kondisi kelembaban tanah dan ketinggian air mengikuti aturan yang telah ditentukan dengan nilai persentase keberhasilan sebesar 80% dan nilai *error* sebesar 20%. Sistem yang telah dibangun dapat dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan fungsionalitas dan kinerjanya pada masa yang akan datang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. E. Wijaya and F. R. Ishaq, "SISTEM MONITORING PENGENDALIAN PENGAIRAN SAWAH MENGGUNAKAN METODE DECISION TREE PADA PLATFORM THINGSPEAK BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)," vol. 14, no. 2, pp. 1–15, 2021.
- [2] P. Shantiawan and P. Suwardike, "Adaptasi Padi Sawah (*Oryza Sativa L.*) terhadap Peningkatan Kelebihan Air sebagai Dampak Pemanasan Global," *Agro Bali Agric. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 130–144, 2020, doi: 10.37637/ab.v2i2.415.

- [3] F. E. Laumal, E. P. Hattu, and K. B. N. Nope, "Pengembangan Pintu Air Irigasi Pintar berbasis Arduino untuk Daerah Irigasi Manikin," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 13, no. 3, p. 139, 2017, doi: 10.17529/jre.v13i3.8505.
- [4] M. Siahaan, C. H. Jasa, K. Anderson, and M. Valentino, "Penerapan Artificial Intelligence ( AI ) Terhadap Seorang Penyandang Disabilitas Tunanetra," *Inf. Syst. Technol.*, vol. 01, no. 02, pp. 186–193, 2020.
- [5] A. Wijaya and M. Rivai, "Monitoring dan Kontrol Sistem irigasi Berbasis IoT Menggunakan Banana PI," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, 2018, doi: 10.12962/j23373539.v7i2.31113.
- [6] I. Gunawan, T. Akbar, and M. Giyandhi Ilham, "Prototipe Penerapan Internet Of Things (Iot) Pada Monitoring Level Air Tandon Menggunakan o Dan Blynk," *Infotek J. Inform. dan Teknol.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: 10.29408/jit.v3i1.1789.
- [7] J. Asmara, "Rancang Bangun Sistem Informasi Desa Berbasis Website (Studi Kasus Desa Netpala)," *J. Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2019.
- [8] J. T. Informatika, F. Sains, D. A. N. Teknologi, U. Islam, N. Maulana, and M. Ibrahim, "Sistem Monitoring Dan Otomasi Penyiraman , Pengatur Ph , Dan Pengatur Suhu Berbasis Internet of Things Pada Greenhouse Menggunakan Logika Fuzzy," 2021.
- [9] U. Guntur, "269207-Monitoring-Kelembaban-Tanah-Pertanian-Me-Fadb929a," *J. Monit. Kelembaban Tanah Pertan.*, vol. 10, pp. 237–243, 2018.
- [10] D. Setiadi and M. N. Abdul Muhaemin, "PENERAPAN INTERNET OF THINGS (IoT) PADA SISTEM MONITORING IRIGASI (SMART IRIGASI)," *Infotronik J. Teknol. Inf. dan Elektron.*, vol. 3, no. 2, p. 95, 2018, doi: 10.32897/infotronik.2018.3.2.108.
- [11] H. Sukmono, S. Sutikno, and N. K. Wardati, "Prototipe Sistem Otomasi Gerbang Irigasi Dengan Implementasi Mikrokontroler Berbasis IoT," *J. Tek. Elektro dan Komputasi*, vol. 2, no. 1, pp. 30–40, 2020, doi: 10.32528/elkom.v2i1.3133.
- [12] A. Prasetyo, A. R. Yusuf, and Y. Litanida, "Otomasi Irigasi Janggolan Berbasis Internet of Things," *Multitek Indones.*, vol. 13, no. 2, p. 23, 2020, doi: 10.24269/mtkind.v13i2.1763.
- [13] F. Lase, "RANCANG BANGUN ALAT PENGONTROLAN IRIGASI BERBASIS INTERNET OF THINGS SKRIPSI Oleh: Fanotona Lase 160210027 PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA FAKULTAS TEKNIK DAN KOMPUTER UNIVERSITAS PUTERA BATAM TAHUN 2021," 2021.
- [14] A. Hilal, I. Afriliana, and A. Basit, "Implementasi Sistem Cerdas Smart Sawah Berbasis Fuzzy Logic," *Politek Harapan Bersama Tegal*, 2021, [Online]. Available: <http://eprints.poltektegal.ac.id/id/eprint/336>
- [15] F. AZMI, J. Louise, Z. R. Sitompul, S. Kumar, and J. Surya, "Design of Smart Garden Sprinklers Based on Fuzzy Logic," *J. Informatics Telecommun. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 212–220, 2020, doi: 10.31289/jite.v4i1.3886.
- [16] D. Maulana, J. Indra, and ..., "Pengembangan Sistem Kumbung Jamur Dengan Nodemcu Esp8266 Menggunakan Metode Fuzzy Logic," ... *Student J. ...*, vol. III, pp. 235–245, 2022, [Online]. Available: <http://journal.ubpkarawang.ac.id/mahasiswa/index.php/ssj/article/view/445%0Ahttps://journal.uobpkarawang.ac.id/mahasiswa/index.php/ssj/article/download/445/359>
- [17] Di. D. Ernawati, W. Soetopo, and M. Sholicin, "Analisa Tingkat Efisiensi Alokasi Air Irigasi," *J. Tek. Pengair.*, vol. 9, pp. 37–46, 2018.