

Smart Farming: Model Penentuan Waktu Pengairan Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Algoritma Decision Tree

Indra Setiawan Timang^{1*}, Brigita Citra Pasoloran¹, Irsal², Muh. Syukri Mustafa²
¹Teknik Informatika, Universitas Dipa Makassar, Makassar, Indonesia
²Universitas Dipa Makassar, Makassar, Indonesia
e-mail: ¹indrasetiawantimang@gmail.com, ²citrabrigita171@gmail.com, ³irsal@undipa.ac.id, ⁴syukri@undipa.ac.id

Abstrak
Pengairan merupakan faktor penting dalam budidaya tanaman padi karena berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan dan hasil produksi, namun pengairan yang masih dilakukan secara manual dan bergantung pada sistem ambang batas (threshold) statis menyebabkan pemberian air sering tidak sesuai kondisi lingkungan aktual sehingga berpotensi menyebabkan stres dan menurunkan produktivitas tanaman. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem smart farming penentuan waktu pengairan otomatis berbasis IoT menggunakan algoritma Decision Tree pada mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor kelembapan tanah, DHT22, dan BH1750. Data lingkungan diproses model Decision Tree untuk menghasilkan keputusan pengairan otomatis yang mengendalikan pompa air dan ditampilkan melalui dashboard web. Pengujian sensor menunjukkan MAPE rendah: kelembapan tanah 4,68%, suhu 5,69%, kelembapan udara 2,21%, dan intensitas cahaya 0,22%. Evaluasi model menghasilkan akurasi 73,33%, precision 40,00%, dan recall 66,67%. Nilai recall yang lebih tinggi menunjukkan model mengutamakan pencegahan kekurangan air pada tanaman padi.

Kata kunci—Internet of Things, Decision Tree, Pengairan Otomatis, Tanaman Padi.

Abstract
Irrigation is a crucial factor in rice cultivation as it directly impacts growth and yield, however manual irrigation practices and reliance on static threshold-based systems often result in water delivery that does not match actual environmental conditions, potentially causing stress and reducing productivity. This study designs and implements a smart farming system for automatic irrigation timing based on IoT using the Decision Tree algorithm on an ESP32 microcontroller integrated with soil moisture, DHT22, and BH1750 sensors. Environmental data is processed by the Decision Tree model to generate automatic irrigation decisions controlling a water pump and displayed via a web dashboard. Sensor testing showed low MAPE values: soil moisture 4.68%, temperature 5.69%, air humidity 2.21%, and light intensity 0.22%. Model evaluation yielded accuracy of 73.33%, precision of 40.00%, and recall of 66.67%. The higher recall indicates the model prioritizes preventing water deficiency in rice plants.

Keywords—Internet of Things, Decision Tree, Automatic Irrigation, Rice Plants.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pertanian merupakan sektor penting yang memiliki peranan besar dalam mendukung ketahanan pangan nasional. Salah satu komoditas pertanian utama adalah tanaman padi (*Oryza sativa*) Dalam siklus pertumbuhannya, padi memiliki beberapa fase. Salah

satunya fase vegetatif yang berlangsung sejak awal pertumbuhan hingga pembentukan anakan. Kekurangan air pada fase vegetatif dapat menghambat pembentukan anakan dan menurunkan potensi hasil panen.

Hingga kini, banyak petani masih menentukan waktu pengairan berdasarkan perkiraan dan pengalaman pribadi, sehingga pemberian air sering kali tidak sesuai kebutuhan aktual tanaman. Sistem pengairan otomatis yang telah dikembangkan sebelumnya umumnya masih bekerja berdasarkan nilai ambang batas (threshold) statis, di mana pompa diaktifkan ketika nilai sensor melewati batas yang ditetapkan secara manual. Pendekatan ini memiliki keterbatasan mendasar karena hanya mempertimbangkan satu parameter tanpa memperhitungkan faktor lingkungan lain seperti suhu udara, kelembapan udara, dan intensitas cahaya, sehingga keputusan pengairan yang dihasilkan belum sepenuhnya mencerminkan kondisi aktual lahan.

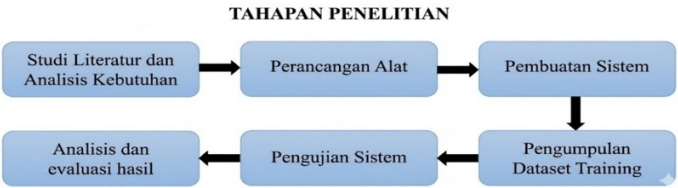
Penerapan Smart Farming memungkinkan pemantauan dan pengendalian lahan pertanian secara otomatis melalui pemanfaatan jaringan berbasis IoT sehingga mendukung pengambilan keputusan berbasis data [1]. IoT merupakan konsep di mana berbagai perangkat fisik yang dilengkapi sensor dan perangkat lunak saling terhubung melalui jaringan sehingga mampu mengumpulkan dan memproses data secara otomatis [2]. Penerapan teknologi ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air dan tenaga kerja pada berbagai sistem irigasi modern di bidang pertanian [3]. Sistem irigasi otomatis berbasis IoT juga berhasil mengurangi penggunaan air secara signifikan sekaligus menjaga kelembapan lahan pada kondisi optimal [4].

Salah satu algoritma machine learning yang sering digunakan pada sistem pengairan otomatis adalah Decision Tree, yang bekerja dengan membagi data menjadi subset berdasarkan atribut paling berpengaruh sehingga pengambilan keputusan dapat dilakukan secara sistematis [5]. Decision Tree dipilih karena menghasilkan model yang mudah diinterpretasikan dalam bentuk aturan logis, mampu menangani data dengan skala berbeda tanpa normalisasi kompleks, serta memiliki kompleksitas komputasi rendah yang cocok untuk sistem IoT berbasis mikrokontroler. Algoritma ini telah berhasil mengotomatisasi pengairan tanaman berbasis kelembapan tanah dan dilengkapi dengan sistem monitoring jarak jauh [6]. Penerapannya juga telah diterapkan pada pengendalian pengairan sawah berbasis IoT menggunakan sensor ketinggian air dan kelembapan sawah [7].

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan model Decision Tree yang menentukan waktu pengairan secara otomatis berdasarkan data multi-sensor (suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya) secara real-time. Model ini diharapkan mampu memberikan keputusan pengairan yang lebih adaptif dan akurat dibandingkan pendekatan sebelumnya serta mendukung penerapan smart farming pada budidaya padi.

2. METODE PENELITIAN

Peneliti melakukan penelitian pada bulan November 2025 sampai bulan Februari 2026. Bertempat di Laboratorium Universitas Dipa Makassar,Jalan Perintis Kemerdekaan KM 11,Makassar,Sulawesi Selatan. Penelitian ini menggunakan beberapa pendekatan yang saling berkaitan,yaitu penelitian eksperimen (terapan), di mana dilakukan perancangan dan pengujian sistem pengairan otomatis berbasis IoT yang memanfaatkan algoritma Decision Tree. dan Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menganalisis performa model Decision Tree.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

2.1 Studi Literatur dan Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan referensi dari jurnal, buku, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem pengairan otomatis berbasis IoT serta penerapan algoritma *Decision Tree* dalam bidang pertanian cerdas. Selain itu, dilakukan analisis kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan dalam penelitian.

2.2 Perancangan Alat

Tahap ini berfokus pada perancangan alat sebelum dibuat, mulai dari pemilihan komponen seperti ESP32, *Soil Moisture Sensor*, DHT22, relay, pompa, dan LCD I2C, hingga penyusunan skematik rangkaian yang mencakup penempatan sensor, jalur kabel, serta posisi relay dan pompa. Arsitektur sistem juga dirancang, yaitu alur kerja dari sensor ke ESP32, lalu ke server hingga diproses model *Decision Tree*.

2. 2.1 Perangkat Keras

Adapun komponen-komponen perangkat keras yang di gunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Komponen Perangkat Keras

No	Komponen	Fungsi
1	ESP32 Devkit V4	Mikrokontroler pusat sistem IoT
2	DHT22	Mengukur suhu dan kelembapan udara
3	Soil Moisture V2.0	Mengukur kelembapan tanah
4	BH1750 (GY-302)	Mengukur intensitas cahaya
5	Relay 1 Channel	Mengendalikan pompa air
6	Pompa Air DC 5V	Mengalirkan air ke lahan
7	LCD I2C 16x2	Menampilkan data sensor & status
8	Expansion Board Shield ESP32 DevkitC V4	sebagai media koneksi antar-komponen dan mempermudah perakitan sistem
9	Power Supply (Adaptor 9 V)	Menyediakan daya bagi system.
10	Kabel Jumper	sebagai penghubung antar komponen
11	Resistor	menjaga pin DATA tetap stabil

ESP32 merupakan mikrokontroler SoC dengan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi dalam satu chip[8]. Sensor kelembapan tanah berfungsi mengukur kandungan air di dalam tanah dengan memantau perubahan sifat fisik atau listrik tanah[9]. Sensor DHT22 mengukur suhu dan kelembapan udara dengan mengubah nilai fisik menjadi sinyal digital yang dapat dibaca mikrokontroler[10]. Sensor BH1750 mengukur intensitas cahaya secara real-time dalam satuan lux[11].

2. 2.2 Perangkat Lunak

Adapun komponen-komponen perangkat keras yang di gunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 2 Komponen Perangkat Lunak

No	Software	Fungsi
1.	Arduino IDE	Menulis dan memprogram mikrokontroler ESP32
2.	Python	Mengembangkan dan menjalankan model <i>Decision Tree</i> .
3	<i>Flask</i> (Python Framework)	Membuat REST API untuk memproses data sensor dengan model <i>Decision Tree</i> .

No	Software	Fungsi
4.	Framework <i>Laravel</i>	Mengelola API dan dashboard monitoring sistem.
5.	MySQL Databases	Menyimpan data sensor dan hasil keputusan pengairan.
6.	Visual Studio Code	Menulis dan mengelola kode program.
7.	WebBrowser (Chrome)	Menampilkan dashboard monitoring IoT.

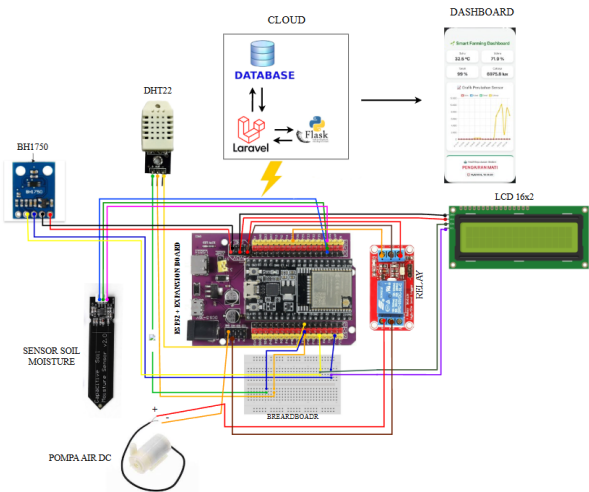
Arduino IDE berfungsi sebagai media terintegrasi untuk membuat dan mengunggah program pada mikrokontroler[12]. *Laravel* adalah framework PHP berbasis MVC untuk mengembangkan aplikasi web yang terstruktur[13]. MySQL merupakan sistem manajemen basis data relasional untuk mengelola dan menyimpan data[14]. Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang fleksibel untuk mengembangkan model *Decision Tree*[15].

2.3 Pembuatan Sistem

Tahap ini membangun alat dan sistem secara langsung, mulai dari merakit hardware, memasang sensor, menghubungkan kabel, dan membuat software untuk ESP32, API *Flask*, dashboard *Laravel*. seluruh komponen kemudian diintegrasikan agar sensor, ESP32, server, dan model *Decision Tree* bekerja terhubung secara menyeluruh.

2.3.1 Skema Desain Arsitektur Sistem

Skema arsitektur sistem pada Gambar 2 menunjukkan integrasi sensor DHT22, soil moisture, dan BH1750 yang terhubung ke mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data. Sensor membaca suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya. Data sensor diproses oleh ESP32, ditampilkan pada LCD 16×2, serta dikirim ke server cloud melalui internet. Di server, data disimpan dalam database dan diproses menggunakan *Laravel* dan *Flask* dengan algoritma *Decision Tree* untuk menentukan kebutuhan pengairan. Hasil keputusan dan data sensor ditampilkan pada dashboard web, kemudian ESP32 mengendalikan relay untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air DC secara otomatis.

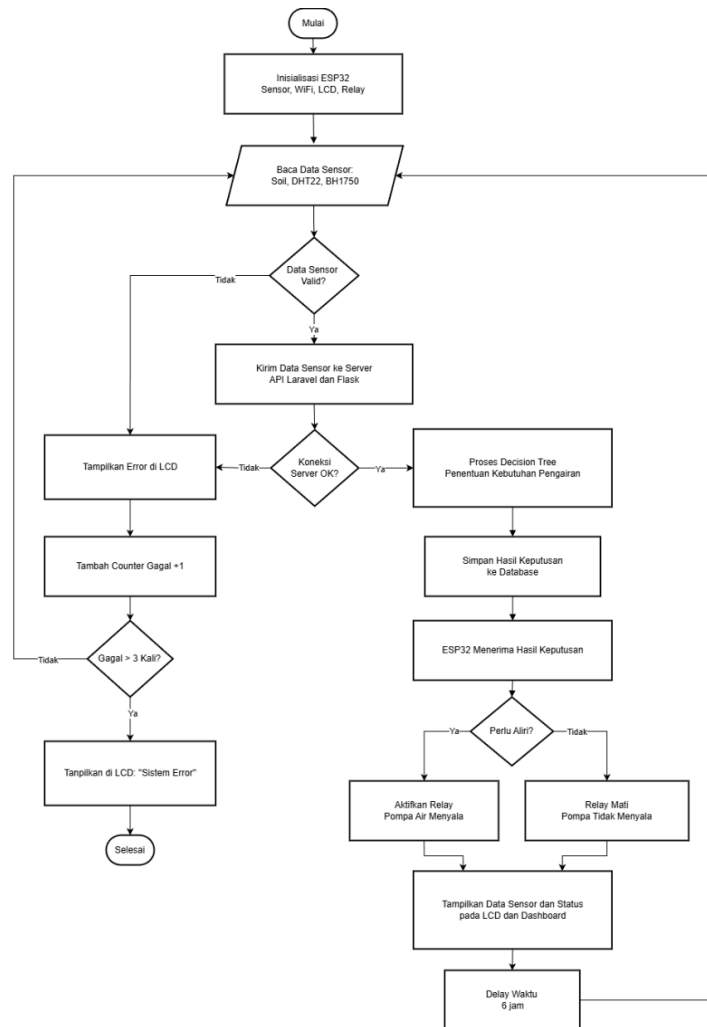


Gambar 2 Skema Desain Arsitektur Sistem

2.3.2 Flowchart

Alur kerja sistem dimulai dengan inisialisasi ESP32, sensor, koneksi WiFi, LCD, dan relay. ESP32 kemudian membaca data sensor suhu dan kelembapan udara (DHT22), kelembapan tanah, serta intensitas cahaya (BH1750). Jika data tidak valid atau pengiriman ke server gagal, sistem menampilkan pesan error pada LCD dan menambah *fail counter*. Jika kegagalan terjadi lebih dari tiga kali berturut-turut, sistem berhenti sebagai langkah pengamanan. Data sensor yang valid dikirim ke server melalui API *Laravel* dan *Flask* untuk diproses menggunakan model *Decision Tree* dalam menentukan kebutuhan pengairan. Hasil keputusan disimpan ke database dan dikirim kembali ke ESP32 untuk mengaktifkan atau

mematikan pompa air melalui relay. Informasi sensor dan status pengairan ditampilkan pada LCD dan dashboard, kemudian sistem menunggu 6 jam sebelum melakukan pembacaan ulang.



Gambar 3 Flowchart

2. 4 Pengumpulan Dataset

Data sekunder berasal dari dataset eksternal yang telah tersedia, dan di ambil dari <https://data.mendeley.com/datasets/2dtvppjd8d/3> yang digunakan sebagai data pelatihan (training data) untuk membentuk model Decision Tree.

Tabel 3 Cuplikan Dataset dari Irrigation System for Rice Farming.csv

No	Soil (%)	Temp (°C)	Humi (%)	Light Intensity (LUX)	fieldwork	Pump
1	22	29,7	77,6	1418	1	1
2	24	29,7	78,4	1370	1	1
3	26	29,6	78,2	1354	1	1
4	28	29,6	78,5	1330	1	1
5	30	29,6	78,4	1299	1	1
6	32	29,6	78,7	1301	1	1
7	34	29,6	78,5	1381	1	1
8	36	29,6	78,3	1519	1	1
9	38	29,6	78,1	1809	1	1
10	40	29,5	78,1	1697	1	1
.....						
3671	60	31,4	63,9	449	6	1

No	Soil (%)	Temp (°C)	Humi (%)	Light Intensity (LUX)	fieldwork	Pump
3672	84	31,4	63,8	544	6	0
3673	56	31,5	64,2	553	6	1

Dataset training yang digunakan pada penelitian ini merupakan kumpulan data hasil pembacaan sensor lingkungan yang dikumpulkan pada berbagai kondisi pengujian yang berjumlah 3673 data. Dataset ini digunakan sebagai data latih dalam proses pembentukan model Decision Tree untuk menentukan keputusan pengairan secara otomatis. Sementara itu, data pengujian (*testing data*) diperoleh langsung dari perangkat IoT yang dikembangkan, berupa pembacaan sensor suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya secara *real-time*. Data pengujian ini digunakan untuk mengevaluasi kinerja model *Decision Tree* yang telah dilatih dalam menentukan keputusan pengairan sesuai kondisi lingkungan aktual.

2. 4.1 Parameter Model Decision Tree

Model *Decision Tree* dibangun menggunakan *DecisionTreeClassifier* dari library *scikit-learn* pada Python dengan parameter sebagai berikut: kriteria pemisahan (*criterion*) menggunakan *Gini Impurity*, kedalaman maksimum pohon (*max_depth*) ditetapkan sebesar 4 untuk mencegah *overfitting* sekaligus menjaga kemampuan generalisasi model, bobot kelas (*class_weight*) diatur *balanced* untuk menangani ketidakseimbangan distribusi kelas antara kondisi aliri dan tidak aliri dalam dataset, serta *random_state* ditetapkan 42 untuk memastikan hasil pelatihan yang konsisten dan dapat direproduksi. Fitur input model terdiri dari empat atribut sensor yaitu suhu (*Temp*), kelembapan udara (*Humi*), kelembapan tanah (*Soil*), dan intensitas cahaya (*Light Intensity*), dengan output berupa keputusan biner yaitu aliri (1) dan tidak aliri (0).

2. 5 Pengujian dan Evaluasi

Pengujian sistem dilakukan pada media prototipe skala laboratorium yang menggunakan lumpur dan tanaman padi asli sebagai simulasi kondisi lahan sawah, melalui tiga tahap utama: pengujian fungsional sistem, pengujian akurasi model, dan perbandingan dengan kondisi lapangan. Validasi model menggunakan metode *hold-out validation*, di mana model dilatih dengan 3.673 data eksternal dan diuji menggunakan 15 data primer dari perangkat IoT secara langsung.

- a. Pengujian Fungsional Sistem IoT (*Black Box Testing*): Memastikan seluruh komponen perangkat keras dan lunak bekerja sesuai rancangan, meliputi pembacaan sensor, pengiriman data ke server, dan tampilan *real-time* pada dashboard.
- b. Uji Keputusan Model: Pengujian ini dilakukan untuk Membandingkan keputusan model (0 = tidak aliri, 1 = aliri) dengan kondisi aktual. Sistem dinilai valid jika keputusan model sesuai kondisi nyata.

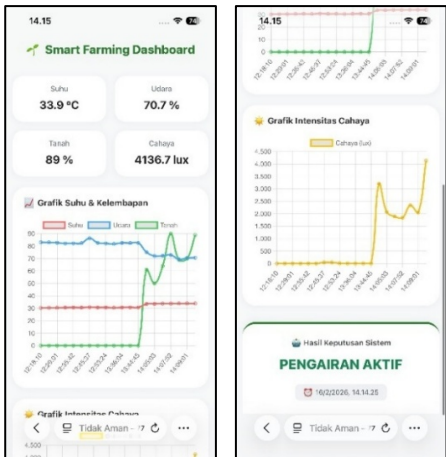
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tampilan Dashboard Monitoring

Bagian atas dashboard menyajikan empat parameter krusial bagi kesehatan tanaman sesuai waktu pengimputan:

- a. Suhu: Menunjukkan temperatur udara saat ini di area lahan
- b. Kelembapan Udara: Mengindikasikan kadar uap air di udara
- c. Kelembapan Tanah: Menunjukkan tingkat ketersediaan air di dalam tanah,
- d. Intensitas Cahaya: Mengukur tingkat kecerahan atau pencahayaan yang diterima oleh sensor di lokasi penanaman.

Visualisasi Tren Data Bagian tengah menampilkan Grafik Perubahan Sensor yang memetakan fluktuasi setiap parameter dalam rentang waktu tertentu. Grafik ini memungkinkan pengguna untuk melihat pola perubahan lingkungan, seperti kestabilan suhu atau lonjakan intensitas cahaya, yang membantu dalam melakukan analisis jangka panjang terhadap kondisi lahan.



Gambar 4 Tampilan Dashboard Monitoring

Pada bagian bawah, sistem menampilkan Waktu Keputusan Pengairan. Fitur ini merupakan output dari kecerdasan sistem yang mencatat momen tepat ketika perangkat memberikan perintah pengairan berdasarkan data yang diterima dari sensor memastikan tanaman selalu mendapatkan perawatan yang presisi secara otomatis. Konsistensi data yang ditampilkan secara real-time pada grafik ini juga membuktikan bahwa sistem IoT yang dirancang mampu bekerja secara stabil dalam mengirimkan dan memproses data sensor tanpa gangguan yang berarti.

3. 2 Rangkaian Alat Keseluruhan

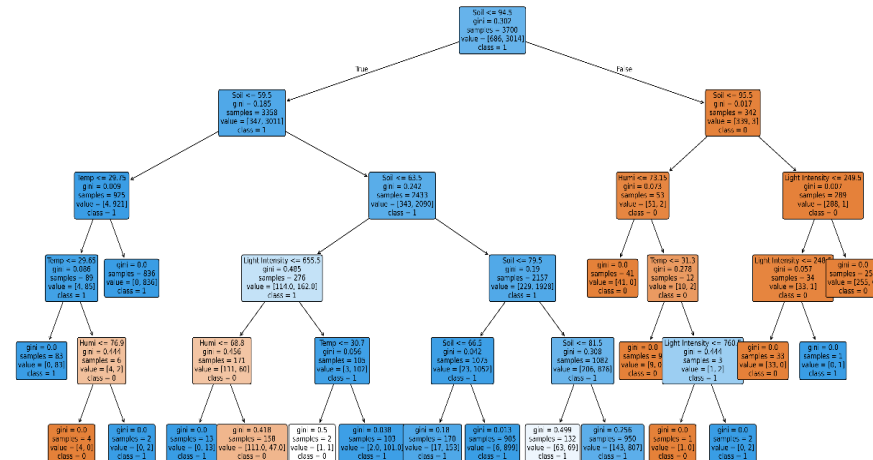
Setelah melewati tahapan studi literatur, perancangan skematik, hingga penggabungan seluruh komponen perangkat keras, telah berhasil dikembangkan sebuah prototipe *smart farming* untuk otomatisasi sistem pengairan.



Gambar 5 Rangkaian Alat Keseluruhan

3.3 3 Visualisasi Model Decision Tree

Visualisasi model Decision Tree hasil pelatihan. Parameter Soil atau kelembapan tanah menjadi faktor utama dalam pengambilan keputusan karena berada pada root node. Sistem pertama kali mengevaluasi nilai Soil: jika $Soil \leq 94,5$, sistem melanjutkan evaluasi parameter suhu, kelembapan udara, dan intensitas cahaya; jika $Soil > 94,5$, sistem memutuskan tanah sudah cukup lembap sehingga pompa tidak diaktifkan. Setiap node menampilkan informasi nilai Gini, jumlah sampel, distribusi kelas, dan keputusan akhir. Semakin kecil nilai Gini, semakin seragam keputusan pada node tersebut. Warna biru menunjukkan pompa aktif (class 1) dan warna oranye menunjukkan pompa tidak aktif (class 0).



Gambar 6 Visualisasi model Decision Tree

3. 4 Pengujian komponen

Pengujian komponen dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur pembanding menggunakan rumus persentase error dan metode MAPE (Mean Absolute Percentage Error).

Rumus Persentase Error:

$$\delta = \left| \frac{v_A - v_E}{v_E} \right| \times 100\%$$
 (1)

Keterangan:

- δ = persen kesalahan
- v_A = nilai hasil pembacaan sensor
- v_E = nilai yang diharapkan / nilai referensi (alat ukur pembanding)

Rumus MAPE (Mean Absolute Percentage Error):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100\%$$
 (2)

Keterangan:

- n = jumlah periode atau jumlah data sampel
- A_t = nilai aktual pada periode ke- t (alat ukur pembanding)
- F_t = nilai hasil pembacaan sensor pada periode ke- t
- $|A_t - F_t|$ = nilai absolut selisih antara nilai aktual dan nilai hasil pembacaan sensor.

3. 4.1 Pengujian Soil Moisture

Tabel 4 Pengujian Soil Moisture

No	Pengujian ke	Sensor (%)	Alat Ukur (%)	Presentase Error (%)
1	1	77%	81%	4.93%
2	2	95%	99%	4.04%
3	3	94%	99%	5.05%

Berdasarkan hasil pengujian, Sensor soil moisture memperoleh nilai MAPE sebesar 4,68%, yang menunjukkan tingkat akurasi sensor cukup baik.

3. 4.2 Pengujian DHT22 (Suhu)

Tabel 5 Pengujian DHT22 (Suhu)

No	Pengujian ke	Sensor (°C)	Alat Ukur (°C)	Presentase Error (%)
1	1	29°C	27,0°C	7.41%
2	2	33,8°C	32,1°C	5.29%
3	3	33,4°C	32,0°C	4.38%

Hasil pengujian Sensor DHT22 pada pengukuran suhu memperoleh nilai MAPE sebesar 5,69%, sehingga sensor memiliki tingkat akurasi yang cukup baik.

3. 4.3 Pengujian DHT22 (Kelembapan Udara)

Tabel 6 Pengujian DHT22 (Kelembapan Udara)

No	Pengujian ke	Sensor (%)	Alat Ukur (%)	Presentase Error (%)
1	1	88,5%	90%	1.67%
2	2	68,8%	70%	1.71%
3	3	68,7%	71%	3.24%

Pengujian Sensor DHT22 pada pengukuran kelembapan udara memperoleh nilai MAPE sebesar 2,21%, yang menunjukkan tingkat akurasi sensor masih dalam batas toleransi.

3. 4.4 Pengujian BH1750

Tabel 7 Pengujian BH1750

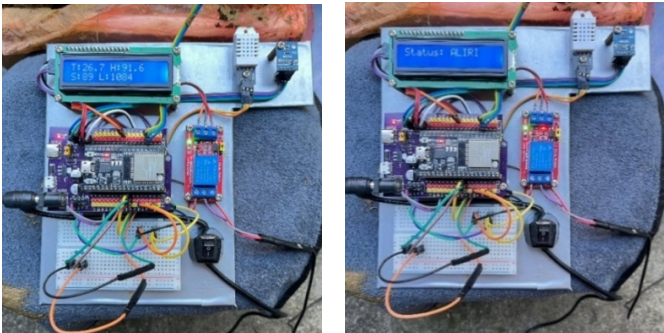
No	Pengujian ke	Sensor (lux)	Alat Ukur (lux)	Presentase Error (%)
1	1	8318 lux	8336 lux	0.22%
2	2	0 lux	0 lux	0 %

Sensor BH1750 memperoleh nilai MAPE sebesar 0,22%, sehingga memiliki tingkat akurasi yang sangat baik dalam pengukuran intensitas cahaya.

3. 5 Pengujian Komponen

Tabel 8 Pengujian Sistem

No	Jenis Data	Pengujian Ke-	Input	Keterangan	Output	Hasil
1	Kelembapan Tanah	1	89%	Data sensor dibaca oleh ESP32 dan dikirim ke server <i>Laravel</i> . Selanjutnya, data diteruskan ke <i>Flask</i> untuk diproses menggunakan model <i>Decision Tree</i> . Hasil keputusan pengairan kemudian dikirim kembali ke ESP32 untuk mengontrol pompa air.	1 (Aliri)	Berhasil
2	Suhu		26.7%			
3	Kelembapan Udara		91.6%			
4	Intensitas Cahaya		1084 lux			
1	Kelembapan Tanah	2	100%		0 (Tidak Aliri)	Berhasil
2	Suhu		31,8%,			
3	Kelembapan Udara		69,4%			
4	Intensitas Cahaya		5612 lux			
1	Kelembapan Tanah	3	97%		0 (Tidak Aliri)	Berhasil
2	Suhu		34,4%			
3	Kelembapan Udara		62,2%			
4	Intensitas Cahaya		47105,3 lux			



Gambar 7 Pengujian Sistem

3. 6 Pengujian Model Decision Tree

Tabel 9 Tabel Pengujian Akurasi Keputusan Model Decision Tree

No	Kelembapan Tanah (%)	Suhu (°C)	Kelembapan Udara (%)	Intensitas Cahaya (lux)	Keputusan Model	Acuan Teori	Kategori
1	98	28.6	88.4	604	0	0	TN
2	94	34.8	64.1	48100.2	1	1	TP
3	96	32.7	69.5	129	0	0	TN
4	95	29.8	82	11	0	0	TN
5	93	27.3	90	550	1	0	FP
6	95	35.5	63.1	52160.3	0	1	FN
7	91	33.1	69.3	150	1	0	FP
8	99	28.7	86.3	9	0	0	TN
9	97	27.1	90.2	562	0	0	TN
10	95	33.5	68.2	32051	0	0	TN
11	92	31.8	70.8	153	1	0	FP
12	98	29.5	85.3	16	0	0	TN
13	97	27.1	91	620	0	0	TN
14	92	35.9	55.4	55240	1	1	TP
15	95	33.1	67.8	150	0	0	TN

Tabel 10 Rekap Confusion Matrix

	Acuan Aliri (1)	Acuan Tidak Aliri (0)
Model Aliri (1)	TP = 2	FP = 3
Model Tidak Aliri (0)	FN = 1	TN = 9

Rumus Akurasi:

$$Akurasi = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\%$$
 (3)

Rumus Precision:

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \times 100\%$$
 (4)

Rumus Recall:

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \times 100\%$$
 (5)

Keterangan:

- 1 = Aliri
- 0 = Tidak Aliri
- TP = True Positive
- TN = True Negative
- FP = False Positive
- FN = False Negatif

Perhitungan Akurasi:

$$Akurasi = \frac{2 + 9}{15} \times 100\% = \frac{11}{15} \times 100\% = 73,33\%$$

Perhitungan Precision:

$$Precision = \frac{2}{2 + 3} \times 100\% = \frac{2}{5} \times 100\% = 40,00\%$$

Perhitungan Recall:

$$Recall = \frac{2}{2 + 1} \times 100\% = \frac{2}{3} \times 100\% = 66,67\%$$

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan *Confusion Matrix*, model *Decision Tree* memperoleh akurasi 73,33%, *precision* 40,00%, dan *recall* 66,67%. Nilai *recall* yang lebih

tinggi dibanding *precision* menunjukkan bahwa model lebih mengutamakan deteksi kondisi yang membutuhkan pengairan sehingga risiko kekurangan air dapat diminimalkan. Kesalahan didominasi *False Positive* (FP=3) dibanding *False Negative* (FN=1), menunjukkan model lebih sensitif pada kondisi mendekati batas keputusan dan cenderung mengutamakan pencegahan kekurangan air. Akurasi yang belum maksimal dipengaruhi tiga faktor: jumlah data uji yang terbatas (15 sampel), perbedaan karakteristik antara dataset *training* eksternal dengan kondisi aktual laboratorium, serta pembatasan kedalaman pohon (*max_depth=4*) yang membatasi kemampuan model menangkap pola lebih kompleks. Model menggunakan dua kelas keputusan yaitu aliri (1) dan tidak aliri (0), sehingga seluruh kondisi lingkungan diproses secara terintegrasi melalui keempat parameter sensor

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian prototype sistem pengairan otomatis berbasis IoT dan algoritma *Decision Tree*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pengairan otomatis berbasis IoT berhasil dirancang menggunakan empat jenis sensor, yaitu sensor suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya, yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32. Pembacaan data lingkungan dilakukan secara berkala dengan interval waktu 6 jam, dan hasil pembacaan ditampilkan melalui LCD serta dashboard web dalam bentuk data numerik.
2. Penentuan waktu pengairan dilakukan menggunakan algoritma *Decision Tree* dengan empat parameter input, yaitu suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya. Proses klasifikasi menghasilkan dua keluaran keputusan, yaitu aliri (1) dan tidak aliri (0), yang digunakan sebagai dasar pengendalian pompa air melalui relay berdasarkan logika yang tertanam di dalam model.
3. Hasil pengujian model *Decision Tree* menggunakan *confusion matrix* menunjukkan akurasi 73,33%, *precision* 40,00%, dan *recall* 66,67% dalam menentukan keputusan pengairan pada skala prototipe. Nilai *recall* yang lebih tinggi mengindikasikan model mengutamakan pencegahan kekurangan air pada tanaman padi. Informasi yang dihasilkan sistem, meliputi nilai sensor, hasil keputusan pengairan, dan waktu pengambilan keputusan, disajikan pada dashboard web sesuai dengan siklus pembacaan sistem.

5. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang ditemukan selama perancangan serta pengujian prototype sistem pengairan otomatis, maka saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Peningkatan kualitas dan akurasi sensor dengan menggunakan sensor yang lebih presisi dan stabil agar data yang diperoleh lebih representatif terhadap kondisi lingkungan sebenarnya.
2. Peningkatan performa model *Decision Tree*, melalui penambahan jumlah dan variasi dataset training serta pengujian pada kondisi lingkungan yang lebih beragam guna meningkatkan akurasi sistem yang saat ini masih sebesar 73,33%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ir. Irsal M.T selaku Pembimbing I dan Bapak Muh. Syukri Mustafa, M.MSI selaku Pembimbing II atas bimbingan dan dukungan selama penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. N. Halawa, "Peran Teknologi Pertanian Cerdas (Smart Farming) untuk Generasi Pertanian Indonesia," *J. KRIDATAMA SAINS DAN Teknol.*, vol. 6, no. 02, pp. 502–512, Aug. 2024, doi: 10.53863/kst.v6i02.1226.
- [2] L. P. I. Kharisma et al., *INTERNET OF THINGS (Pengenalan dan Penerapan Teknologi IOT)*. kota jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2024.
- [3] S. U. Haj, R. Tjut Adek, and R. Suwanda, "Implementasi Sistem Irigasi Berbasis Internet of Things (IoT) Untuk Optimalisasi Penggunaan Air Pada Pertanian," vol. 9, p. 2025, 2025, doi: 10.47002/metik.v9i2.1123.
- [4] Nurhaliza, "Perancangan Sistem Irigasi Otomatis Berbasis Iot Untuk Optimalisasi Penggunaan Air Pada Lahan Pertanian Kering," *J. Tek. Indones.*, vol. 3, no. April, pp. 129–137, 2025.
- [5] S. Bishnoi and B. K. Hooda, "Decision Tree Algorithms and their Applicability in Agriculture for Classification," *J. Exp. Agric. Int.*, pp. 20–27, May 2022, doi: 10.9734/jeai/2022/v44i730833.
- [6] M. Muchlasin, Muhammad Hasbi, and Sri Siswanti, "Decision Tree Method for Automation of Plant Sprinklers and Monitoring Based On Soil Moisture," *J. Nas. Pendidik. Tek. Inform.*, vol. 12, no. 1, pp. 25–32, Mar. 2023, doi: 10.23887/janapati.v12i1.59075.
- [7] A. E. Wijaya and F. R. Ishaq, "SISTEM MONITORING PENGENDALIAN PENGAIRAN SAWAH MENGGUNAKAN METODE DECISION TREE PADA PLATFORM THINGSPEAK BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)," *J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 14, no. 2, pp. 50–65, Apr. 2022, doi: 10.47561/a.v14i2.208.
- [8] I. N. W. R. S. Rizqi Samkayana, "IMPLEMENTASI FIREBASE REALTIME DATABASE PADA SMART CAT FEEDER BERBASIS MIKROKONTROLER ESP32," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 3, Jul. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3.7198.
- [9] N. Effendi, W. Ramadhani, and F. Farida, "Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembapan Tanah Berbasis IoT," *J. CoSciTech (Computer Sci. Inf. Technol.)*, vol. 3, no. 2, pp. 91–98, Aug. 2022, doi: 10.37859/coscitech.v3i2.3923.
- [10] K. Ika Wahyu and Dzulkifli, "RANCANG BANGUN ALAT PENGONTROL SUHU DAN KELEMBAPAN PADA TEMPAT PENETASAN TELUR MENGGUNAKAN SENSOR DHT22 DAN MOTOR SWING BERBASIS IoT," *J. Inov. Fis. Indones.*, vol. 11, no. 3, pp. 57–72, 2022.
- [11] M. Syahril and H. Sulistiani, "Implementation of the GY-302 BH1750 Sensor for Adjusting Light Intensity in Hydroponic Lettuce and Mustard Plants Implementasi Sensor GY-302 BH1750 untuk Penyesuaian Intensitas Cahaya pada Tanaman Selada dan Sawi Hidroponik," vol. 5, no. October, pp. 1490–1497, 2025.
- [12] O. Rachman, *Panduan Lengkap Teori dan Praktik Arduino*. Yogyakarta: Andi, 2022.
- [13] Z. Subecz, "WEB-DEVELOPMENT WITH LARAVEL FRAMEWORK," vol. 8, no. 1, pp. 211–218, 2021.
- [14] J. Wahyudi, M. Asbari, I. Sasono, T. Pramono, and D. Novitasari, "Database Management in MYSQL," vol. 6, no. 2, pp. 2413–2417, 2022.
- [15] S. Anam, F. Widhiatmoko, Z. Fitriah, I. Yanti, U. Sa'adah, and A. Negara Guci, *PENGANTAR ALGORITMA DAN PEMROGRAMAN DENGAN PYTHON*. Malang: UB Press, 2023.