

Pemodelan Data Sistem Penyiraman Pintar Berbasis Kelembaban Tanah dan Suhu dengan Notifikasi Whatsapp Menggunakan Algoritma C4.5

Sekar Fauzia Larasati

Magister Teknik Informatika, Universitas Langlangbuana

¹sekarfauzia17@gmail.com

Abstrak— Sistem penyiraman pintar yang efisien sangat krusial mengingat tantangan seperti kekurangan tenaga kerja dan penerapan metode konvensional yang tidak efektif. Penelitian ini memanfaatkan algoritma C4.5 untuk memproses data dalam sistem penyiraman pintar, yang dapat memprediksi kebutuhan penyiraman berdasarkan kelembaban tanah dan suhu untuk tanaman cabai, wortel, dan labu. Sistem ini juga dilengkapi dengan notifikasi melalui WhatsApp yang memberikan rekomendasi terkait kebutuhan penyiraman. Evaluasi kinerja sistem menggunakan confusion matrix menunjukkan bahwa sistem memiliki kemampuan yang sangat baik dalam memprediksi kebutuhan penyiraman dan memberikan notifikasi. Sistem ini dapat menjadi solusi untuk mengoptimalkan proses penyiraman, mengurangi beban kerja petani, dan meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan sumber daya air di sektor pertanian.

Kata kunci— Algoritma C4.5, Sistem Penyiraman Pintar

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara agraris, sehingga pembangunan ekonomi dan industri berbasis pertanian adalah pilihan yang tepat. Hal ini didukung oleh sumber daya alam yang melimpah, tenaga kerja yang banyak, serta tradisi pertanian yang panjang. Oleh karena itu, pembangunan infrastruktur, teknologi, dan industri yang mendukung sektor pertanian, serta pengembangan pasar dan produk berkelanjutan menjadi sangat penting (Susanto, dkk. 2022). Dalam Rencana Strategis Kementerian Pertanian 2020-2024, sektor pertanian diidentifikasi sebagai sumber utama pertumbuhan ekonomi dan devisa negara, khususnya melalui ekspor komoditas pertanian. Pernyataan ini sejalan dengan Undang-Undang No.18 Tahun 2012 tentang Pangan, yang menyebutkan bahwa pemenuhan kebutuhan pangan ditandai dengan tersedianya pangan yang cukup, baik dari segi jumlah maupun mutu, aman, beragam, bergizi, merata, terjangkau, serta sesuai dengan ajaran agama, budaya, dan dapat mendukung kehidupan sehat, produktif, serta berkelanjutan. (UU Pangan no 18 / 2012).

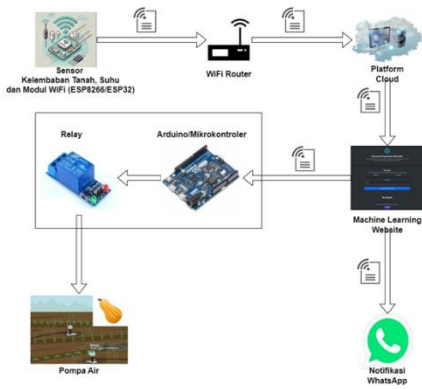
Sumber daya manusia sebagai pelaku usaha tani dan lahan pertanian penghasil pangan menjadi penunjang ketahanan pangan seluruh masyarakat serta penunjang

hasil produk pertanian itu sendiri. Salah satu aspek penting dalam kegiatan pertanian adalah sistem penyiraman tanaman. Namun, sistem penyiraman yang ada saat ini masih berjalan secara mandiri (stand alone). Pada sistem penyiraman mandiri tersebut, masih terdapat masalah, yaitu tidak adanya informasi yang diberikan kepada petani setiap kali penyiraman dilakukan (Satria, dkk. 2018). Oleh karena itu, diperlukan penerapan sistem yang mampu mengatur penyiraman tanaman pada kondisi yang tepat, sekaligus mengurangi beban kerja manusia yang biasanya dilakukan secara manual (Sampebua, dkk. 2024). Namun, dalam implementasinya, ada tantangan dalam memprediksi kebutuhan air yang optimal untuk setiap tanaman. Algoritma C4.5, yang merupakan salah satu algoritma pembelajaran mesin berbasis pohon keputusan, memiliki potensi untuk memodelkan data dari sensor kelembaban tanah dan suhu, serta memberikan prediksi mengenai waktu yang tepat untuk melakukan penyiraman.

Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu mengembangkan sistem yang dapat dilakukan secara otomatis. Sistem pintar penyiraman berbasis machine learning memecahkan permasalahan penyiraman secara manual. Dengan pemodelan data ini akan membantu membentuk sistem yang akan memberikan rekomendasi penyiraman sesuai dengan kebutuhan tanaman. Diharapkan sistem ini dapat mengoptimalkan proses penyiraman dan memberikan kemudahan pada petani untuk mengawasi kebutuhan air pada tanaman.

II. METODE

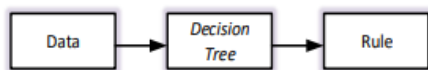
arsitektur sistem penyiraman pintar yang dirancang untuk mengotomatiskan proses irigasi berdasarkan data kelembaban tanah dan suhu. Sistem ini mengintegrasikan beberapa komponen utama, seperti sensor, pengolah data, algoritma prediksi C4.5, dan platform notifikasi. Setiap komponen saling berhubungan dalam mendukung proses pengambilan keputusan yang efisien untuk penyiraman tanaman, sehingga menghasilkan pengelolaan air yang lebih cerdas dan tepat sasaran.



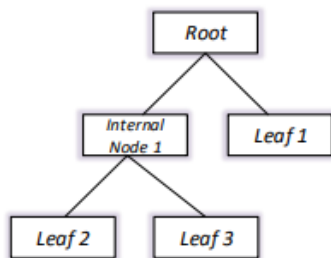
Gambar 1. Sistem Arsitektur Penyiraman Pintar

Sistem penyiraman otomatis menggunakan sensor untuk mengukur kelembaban tanah dan suhu, dengan data dikirimkan secara nirkabel melalui modul WiFi ESP8266/ESP32 yang terhubung ke router WiFi. Router menghubungkan sistem dengan platform cloud dan website machine learning untuk menyimpan dan menganalisis data. Algoritma C4.5 digunakan untuk memprediksi kondisi tanah dan menentukan kapan pompa air harus aktif. Arduino/mikrokontroler mengendalikan relay yang mengoperasikan pompa air, sementara notifikasi terkait penyiraman dan kondisi tanah dikirimkan ke pengguna melalui WhatsApp, semuanya terhubung melalui jaringan WiFi.

Decision tree merupakan teknik pemodelan prediktif yang dapat digunakan untuk tugas klasifikasi dan prediksi. Decision tree menerapkan metode “membagi dan menaklukkan” untuk membagi ruang pencarian masalah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil (Dunham, 2003).



Gambar 2. Konsep Pohon Keputusan



Gambar 3. Pohon Keputusan

Decision tree adalah salah satu teknik klasifikasi yang digunakan mengelompokkan objek atau record melalui serangkaian node keputusan yang terhubung oleh cabang, mulai dari node akar hingga mencapai node daun sebagai titik akhir (Yusuf W, 2007).

Pemodelan penyiraman otomatis menggunakan algoritma C4.5 pada tanaman wortel, cabai, dan labu berbasis kelembaban tanah dan suhu bertujuan untuk menentukan waktu penyiraman yang optimal. Algoritma

C4.5 menghitung *information gain* dari variabel seperti kelembaban tanah, suhu, dan jenis tanaman untuk membentuk aturan keputusan. Prosesnya dimulai dengan menyiapkan data training sintetik berdasarkan karakteristik tanaman, diikuti perhitungan *entropy* dan *gain* untuk memilih atribut dengan *gain* tertinggi sebagai akar pohon keputusan. Berikut ini merupakan rumus entropy dan gain..

$$Entropy(S) = \sum_{i=1}^n -p_i * \log_2 p_i$$

Keterangan :

Entropi (S) = Nilai entropi pada data sampel

S : banyaknya jumlah prediksi

Pi =

p(+) = jumlah data yang bersifat positif (disiram)

p(-) = jumlah data yang bersifat negatif (tidak disiram).

Setelah semua hasil entropy selanjutnya menentukan gain dari masing-masing variabel kelembaban tanah, suhu dan jenis tanamannya berikut rumus untuk menentukan nilai gain :

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{|S|} * Entropy(S_i)$$

Keterangan :

A = Atribut

S = Sampel

n = Jumlah partisi atribut A.

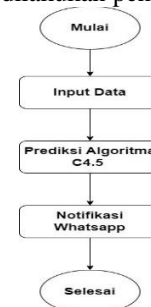
|Si| = Jumlah sampel pada partisi ke-i.

|S| = Jumlah sampel dalam S.

Langkah pemisahan diulang hingga semua record terklasifikasi sepenuhnya, dan proses berhenti ketika semua record memiliki kelas yang sama, tidak ada atribut tersisa, serta tidak ada cabang kosong, kemudian dilakukan evaluasi kinerja model dengan akurasi, presisi, dan recall.

Selain dapat dihitung secara manual, pelatihan model C4.5 bertujuan untuk memberikan pemahaman tentang algoritma C4.5 dan penerapannya dalam klasifikasi data, meliputi perhitungan entropy, *Information Gain Ratio*, dan pembentukan pohon keputusan. Implementasi praktis menggunakan Python serta melakukan perhitungan manual untuk membandingkan hasil dan akurasi kedua metode tersebut.

Sistem ini dilengkapi dengan notifikasi whatsapp yang akan memberikan informasi prediksi dilakukan penyiraman dan tidak dilakukan penyiraman.



Gambar 4. Diagram Alir Notifikasi Whatsapp

Flowchart Proses Sistem Penyiraman Pintar dimulai dengan input data kelembaban tanah, suhu, dan jenis

tanaman, yang kemudian diproses dalam satu *DataFrame*. Model C4.5 memprediksi kebutuhan penyiraman berdasarkan input tersebut. Hasil prediksi dikirimkan ke pengguna melalui notifikasi WhatsApp, dan proses selesai setelah notifikasi terkirim.

Pengujian sistem penyiraman pintar tanpa perangkat keras menggunakan metode stub, yaitu simulasi input manual untuk menggantikan data sensor. Input data kelembaban tanah, suhu, dan jenis tanaman digunakan untuk memastikan algoritma dan logika sistem berfungsi dengan baik dalam memprediksi kebutuhan penyiraman.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi dan pengujian sistem yang telah dirancang, mencakup pemodelan dataset dengan algoritma C4.5, instalasi sistem operasional, dan pengujian kinerja. Pengujian dilakukan dengan pemrograman sistem prediksi penyiraman dan menggunakan metode stub, dengan aplikasi yang dibuat menggunakan bahasa pemrograman Python. Hasil pengujian akan dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem dan menentukan kebutuhan penyempurnaan lebih lanjut.

A. Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat lunak diperlukan dalam proses pembuatan model mendukung sistem pemrosesan data. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 1 Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat Lunak	Keterangan
Sistem Operasi	Windows 10
Web Browser	Chrome
Datasets Tools	Ms Excel
Bahasa Pemrograman	Python
Model	Decision Tree (C4.5)

B. Pembuatan Dataset

Penelitian ini menggunakan 550 data sintetik yang dihasilkan secara artifisial, mencakup variabel kelembaban tanah, suhu, dan jenis tanaman, untuk meniru pola data nyata. Data sintetik ini dibuat untuk simulasi dan pengujian sistem penyiraman pintar, mengingat data asli dari sensor fisik belum tersedia. Meskipun tidak diukur langsung, data ini dirancang untuk mencerminkan skenario nyata sesuai dengan karakteristik tanaman cabai, wortel, dan labu. Dataset dibagi dengan proporsi 80/20, di mana 80% digunakan untuk data training dan 20% untuk data testing.

C. Pemodelan Data Training

Pemodelan data training secara manual menggunakan 10 data sampel dari setiap masing-masing variabel kelembaban tanah, suhu, dan jenis tanaman, bertujuan untuk efisiensi dan fleksibilitas dalam analisis. Jumlah keseluruhan dari data training adalah 440. Sampel ini mewakili distribusi data asli dan mempertimbangkan keseimbangan kelas serta variabilitas data, dengan metode undersampling digunakan untuk mengurangi data mayoritas dari wortel dan cabai. Proses ini diikuti dengan

seleksi variabel, di mana variabel yang digunakan adalah kelembaban tanah, suhu, dan jenis tanaman.

Tabel 2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Variabel	Satuan
Kelembaban Tanah	Nilai Analog
Suhu	°C
Jenis Tanaman	-

Tahap berikutnya adalah pembentukan atribut, yang merupakan komponen penting dalam algoritma karena pohon keputusan dibangun dengan memilih atribut terbaik untuk setiap node. Berikut ini adalah daftar atribut dari masing-masing variabel.

Kelembaban Tanah :

Lembab < 800

Kering ≥ 800

Suhu :

Dingin < 26°C

Panas ≥ 26°C

Jenis Tanaman :

Wortel

Cabai

Labu

Hasil dari perhitungan diatas kemudian dimasukkan ke dalam satu tabel yang memuat semua hasil perhitungan entropy pada atribut lembab, sedang, kering, dingin, sedang, dan panas serta hasil perhitungan gain variabel yaitu kelembaban tanah dan suhu. Berikut tabel hasil dari perhitungan tersebut.

Tabel 3 Hasil Perhitungan Pohon Keputusan 1

Variabel	Atribut	Jumlah Total	Menyiram (Si)	Tidak Menyiram (Si)	Entropy	Gain
Kelembaban	Lembab < 800	13	5	8	1.0	0.018
	Kering ≥ 800	17	9	8	1.0	
Suhu	Dingin < 26°C	14	5	9	0.9	0.034
	Panas ≥ 26°C	16	7	9	1.0	
Jenis Tanaman	Wortel	10	5	5	1	0
	Cabai	10	5	5	1	
	Labu	10	5	5	1	
Total		30	15	15	1	

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan entropy berturut-turut lembab 1, kering 1, dingin adalah 0,9, panas 1, wortel 1, cabai adalah 1, dan labu adalah 1. Dari entropu entropy tersebut dihitung gain menggunakan rumus yang ada untuk setiap variabel. Nilai gain setiap variabel berturut turut yaitu kelembaban tanah 0,018, suhu 0,034, jenis tanaman 0. Dapat dilihat bahwa nilai gain paling tinggi adalah gain Suhu sehingga yang akan menjadi node akar 1 adalah suhu, atribut paling tinggi pada variabel suhu yaitu atribut dingin maka perlu dilakukan perhitungan lanjutan untuk atribut dingin. Atribut dengan Gain tertinggi dipilih sebagai akar karena atribut karena dapat mengurangi ketidakpastian (entropi) paling banyak dan memberikan pembagian terbaik dari dataset. Variabel jenis tanaman tidak dimasukkan ke dalam

model karena bernilai nol yang mengindikasikan tidak mempengaruhi proses penyiraman Nilai tersebut kemudian dilakukan perhitungan yang sama seperti perhitungan sebelumnya dengan mengurangi data yang perlukan perhitungan lanjutan. Gain tertinggi dari perhitungan selanjutnya akan menjadi akar 1.1.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Pohon Keputusan 2

Variabel	Atribut	Jumlah Total	Menyiram (Si)	Tidak Menyiram (Si)	Entropy	Gain
Kelembaban	Lembab < 800	7	3	4	0.985	0.0
	Kering ≥ 800	7	3	4	0.985	
Suhu	Dingin < 26°C	14	5	9	0.94	0.05
	Panas ≥ 26°C	0	0	0	0	
Total	Total	14	6	8	1.0	

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa hasil perhitungan entropy berturut-turut lembab 0,985, kering 0,985, dingin adalah 0,94, panas 0, wortel 1, cabai adalah 0,918, dan labu adalah 1. Untuk hasil entropy 0 mengindikasikan bahwa semua instance dalam subset memiliki kelas yang sama, yang berarti tidak ada ketidakpastian atau ambiguitas. Oleh karena itu, tidak perlu melakukan pembagian atau perhitungan lanjutan. Nilai gain tertinggi dari perhitungan 2 yaitu atribut dingin pada variabel suhu sehingga akan menjadi node 1.1. dari hasil perhitungan diatas atribut cabai akan menjadi atribut yang memerlukan perhitungan lanjutan. berikut hasil dari perhitungan 3.

Tabel 5 Hasil Perhitungan Pohon Keputusan 3

Variabel	Atribut	Jumlah Total	Menyiram (Si)	Tidak Menyiram (Si)	Entropy	Gain
Kelembaban	Lembab < 800	1	0	1	0	0.25163
	Kering ≥ 800	2	1	1	1	
Suhu	Dingin < 26°C	3	1	2	0.918	0.00030
	Panas ≥ 26°C	0	0	0	0	
Total	Total	3	1	2	1	

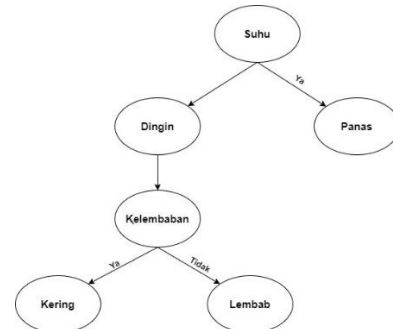
Dari hasil perhitungan 3 nilai gain tertingginya adalah kelembaban sehingga yang akan menjadi node 1.2 adalah kelembaban. Atribut yang tertinggi akan dilakukan perhitungan lanjutan. Berikut hasil perhitungan ke 4.

Tabel 6 Hasil Perhitungan Pohon Keputusan 4

Variabel	Atribut	Jumlah Total	Menyiram (Si)	Tidak Menyiram (Si)	Entropy	Gain
Kelembaban	Lembab < 800	0	0	0	0	0
	Kering ≥ 800	2	1	1	1	
Suhu	Dingin < 26°C	2	1	1	1	0
	Panas ≥ 26°C	0	0	0	0	
Total	Total	2	1	1	1	

Dari hasil perhitungan diatas gain sudah menunjukkan nol itu artinya sudah tidak ada lagi yang dapat dihitung lagi probabilitasnya, sehingga atribut kering dan kembang akan

menjadi leaf. Hasil dari perhitungan ini akan digambarkan sebagai berikut.



Gambar 4 Pohon Keputusan Pemodelan Data

Dari gambar pohon keputusan diatas dapat dilihat bahwa komponen pendukung penentuan prediksi penyiraman adalah suhu. Jika suhu panas $\geq 26^{\circ}\text{C}$ maka akan dilakukan penyiraman, namun apabila kondisi suhunya dingin itu akan mempertimbangkan komponen lainnya seperti kelembaban tanah. Jika suhu dingin $< 26^{\circ}\text{C}$ dan kondisi tanah kering maka akan dilakukan penyiraman, sedangkan jika suhu dingin dan kondisi tanah lembab < 800 maka tidak akan dilakukan penyiraman.

Implementasi model yang dikembangkan berfokus pada penerapan praktis dalam sistem untuk mencapai tujuan. Langkah-langkah integrasi model dengan komponen lain dijelaskan, sehingga pengguna dapat memanfaatkan model secara optimal sesuai dengan konteks yang ditentukan.

```

# Buat DataFrame baru untuk representasi numerik dari plant
plant_df = pd.DataFrame(plant_encoded, columns=encoder.get_feature_names_out('plant'))

# Gabungkan 'plant' yang sudah di-encode dengan fitur lain
X = pd.concat([data['soil_moisture', 'temperature'], plant_df], axis=1)
y = data['label'] # 1: Siram, 0: tidak Siram

# Split data menjadi training dan testing (80% training, 20% testing)
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=0)

# Inisialisasi Decision Tree dengan kriteria entropy (C4.5)
clf = DecisionTreeClassifier(criterion='entropy')

# Latih model dengan data training
clf.fit(X_train, y_train)

# Tampilkan data training dan testing
print("Data Training (X_train):")
print(X_train.head()) # Tampilkan 5 data
print("Label Training (y_train):")
print(y_train.head())

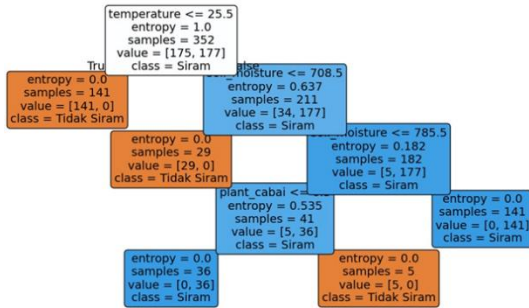
print("Data Testing (X_test):")
print(X_test.head())

print("Label Testing (y_test):")
print(y_test.head())
  
```

Gambar 5. Training Data Menggunakan Sistem

Kode ini memodelkan dan melatih pohon keputusan menggunakan algoritma C4.5 untuk sistem penyiraman pintar berdasarkan data kelembaban tanah dan suhu. Proses dimulai dengan menggabungkan fitur kelembaban dan suhu dalam dataset yang dikodekan secara numerik untuk tanaman, dan hasilnya disimpan dalam DataFrame. Label untuk 'Siram' atau 'Tidak Siram' disimpan di variabel y. Dataset dibagi menjadi 80% untuk pelatihan dan 20% untuk pengujian menggunakan *train_test_split* dari Scikit-learn. Model pohon keputusan menggunakan entropi sebagai kriteria pemisahan, dilatih, dan divisualisasikan dalam bentuk pohon keputusan. Dari pohon keputusan yang dihasilkan Blok kode terakhir mencetak sampel data pelatihan dan pengujian untuk memverifikasi pembagian

data dan label yang dipakai dalam model. Pada gambar, pohon keputusan menentukan kebutuhan penyiraman tanaman berdasarkan suhu, kelembaban, dan jenis tanaman. Pertanyaan awal adalah apakah suhu di bawah 25.5°C, lalu mengevaluasi kelembaban tanah dan jenis tanaman. Jika suhu lebih tinggi dari 25.5°C, penyiraman dilakukan tanpa mempertimbangkan faktor lain. Pohon ini efektif untuk mengelola keputusan penyiraman berdasarkan kondisi nyata, mengutamakan suhu dan kelembaban dalam pertanian.



Gambar 6. Training Data Menggunakan Sistem

Tahap akhir yaitu evaluasi sistem, hasil evaluasi dari pelatihan model C4.5 sebagai berikut.

```
C:\laragon\www\test-simulasi\ml-plant-seed > python dt_model2.py
Akurasi Model: 100.00%
Presisi: 100.00%
Recall: 100.00%
F1-Score: 100.00%
```

Gambar 7. Hasil Recall, Presisi dan Akurasi Sistem

D. Skenario Pengujian Sistem

Skenario dilakukan sebanyak 3 kali terhadap tanaman yang berbeda beda. Melakukan pengujian dengan kondisi tanah lembab dan suhu dingin, kondisi tanah lembab dan suhu panas, kondisi tanah kering dan suhu dingin, kondisi tanah kering dan suhu panas. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana tingkat akurasi sistem memberikan prediksi penyiraman terhadap kondisi-kondisi tersebut.



Gambar 8. Sistem Penyiraman “Disiram”



Gambar 9. Sistem Penyiraman “Tidak Disiram”

Dari 110 data yang digunakan sebagai dataset test dengan distribusi data yaitu 40 data kelembaban dan suhu wortel, 40 data kelembaban tanah dan suhu cabai, 30 data kelembaban tanah dan suhu labu. Semua hasil memberikan prediksi penyiraman benar sehingga perhitungan akurasi, presisi, dan recall sebagai berikut.

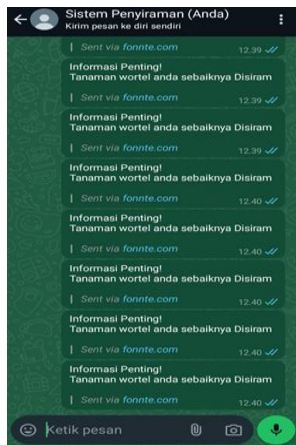
Tabel 7 Hasil Pengujian Sistem

Data Input	TP	FP	FN	TN	Presisi	Recall	Akurasi
Wortel	20	0	0	20	100%	100%	100%
Cabai	20	0	0	20	100%	100%	100%
Labu	15	0	0	15	100%	100%	100%
Rata-rata					100%	100%	100%

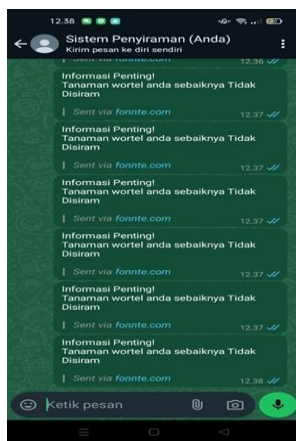
Dari hasil yang diperoleh, rata-rata nilai presisi, recall dan akurasi berada pada nilai 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kemampuan sistem bekerja secara sangat baik. Hal ini mungkin saja terjadi karena dataset tersebut merupakan data sintetik bukan data langsung dari sensor. Data sintetik memiliki karakteristik yang lebih terstruktur dan bersih dibandingkan dengan data asli yang diambil dari sensor, sehingga model atau sistem yang digunakan untuk analisis atau klasifikasi dapat bekerja lebih optimal. Data sintetik cenderung tidak mengandung noise, missing values, atau outlier yang biasanya ditemukan pada data sensor nyata, yang sering kali membuat tugas prediksi lebih menantang. Dengan demikian, hasil presisi, recall, dan akurasi yang mencapai 100%.

E. Pengujian dan Hasil Notifikasi Melalui WhatsApp

Pengujian dan hasil notifikasi melalui WhatsApp bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat mengirimkan informasi secara real-time kepada pengguna. Pada bagian ini, akan dijelaskan proses pengujian notifikasi, mulai dari koneksi perangkat hingga pengiriman pesan, serta hasil yang diperoleh selama pengujian.



Gambar 10. Notifikasi “Disiram” Whatsapp



Gambar 11. Notifikasi “Tidak Disiram” Whatsapp

Pengujian notifikasi menunjukan bahwa semua notifikasinya berhasil tersampaikan. Hasil pengujian sistem notifikasi telah diatur dengan baik dan terintegrasi secara efektif dengan platform WhatsApp, sehingga setiap prediksi penyiraman tanaman dapat secara otomatis memicu pengiriman notifikasi yang sesuai. Selain itu, suksesnya pengiriman notifikasi mungkin juga disebabkan oleh stabilitas jaringan dan pengaturan yang optimal pada server pengujian, memastikan bahwa tidak ada pesan yang tertunda atau gagal dikirim. Rincian hasil notifikasi whatsapp terhadap tanaman wortel, cabai dan labu sebagai Berikut.

Tabel 8 Hasil Pengujian Notifikasi Whatsapp

No	Pengujian Penyiraman Tanaman	Hasil Pengujian	Notifikasi
1	Wortel	Terprediksi	Berhasil
2	Wortel	Terprediksi	Berhasil
3	Cabai	Terprediksi	Berhasil
4	Cabai	Terprediksi	Berhasil
5	Labu	Terprediksi	Berhasil
6	Labu	Terprediksi	Berhasil

Algoritma prediktif ini memungkinkan sistem memperkirakan kebutuhan notifikasi berdasarkan data historis atau pola penggunaan, sehingga notifikasi tetap tersampaikan tanpa hambatan dan tetap relevan bagi pengguna.

IV. SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma C4.5 berhasil diterapkan pada sistem penyiraman pintar dengan efektivitas tinggi dalam memprediksi kebutuhan penyiraman tanaman cabai, wortel, dan labu berdasarkan data kelembaban tanah dan suhu. Dengan struktur pohon keputusan yang optimal, sistem dapat membuat keputusan penyiraman yang tepat. Pengujian menunjukkan tingkat akurasi, presisi, dan recall sebesar 100% pada data sintetik, yang mungkin disebabkan oleh data yang lebih bersih dan terstruktur. Namun, hasil ini berisiko overfitting dan tidak selalu merefleksikan kinerja pada data nyata. Sistem yang dilengkapi dengan notifikasi whatsapp juga berhasil dan bisa memberikan kemudahan dalam memonitoring kegiatan pertanian penyiraman. Oleh karena itu, disarankan untuk menguji sistem menggunakan data nyata dari sensor lapangan, menambahkan fitur lingkungan tambahan, serta melakukan pengujian skalabilitas dan integrasi dengan sistem otomasi lainnya agar solusi menjadi lebih komprehensif.

REFERENSI

- [1] Adinda, Puja R. (2023). Sistem Deteksi Menggunakan Internet Of Things Untuk Memonitoring Tanah Di Pertanian. *Jurnal Portal Data*, 9(2).
- [2] Anggraini, Nenny., Kahfi D.V., Luh K.W., Ariq C.W., & Deny S. (2022). Sistem Pintar Penyiram Tanaman Menggunakan Teknologi Iot Dan Fuzzy Inference System Dalam Rangka Mewujudkan Green Campus Di UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. *Building Of Informatics, Technology And Science (BITS)*, 4(2). DOI 10.47065/Bits.V4i2.2227.
- [3] Azzaky, Nabil., & Anang, Widiatoro. (2021). Alat Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Arduino Menggunakan Internet Of Things (Iot). *Jurnal Elektronika Listrik Telekomunikasi Komputer Informatika Sistem Kontrol (J-Eltrik)*, 2(2), DOI:10.30649/J-Eltrik.V2i2.48.
- [4] Basri, Hasan. (2022). Implementasi Sistem Irigasi Cerdas Berbasis Iot Dan Machine Learning Pada Pembibitan Pala Di Papua Barat. *Jurnal Ilmiah Eduatic*, 8(2).
- [5] Cortez, Paulo & Silva, Alice Maria Gonçalves, 2008 “Using Data mining to Predict Secondary School Student Performance”. Portugal: University of Minho.
- [6] Dunham, Margareth H., 2003. “Data Mining Introductory and Advanced Topics”. New Jersey: Prentice Hall.
- [7] Dawson, C. W. (2009). *Projects In Computing And Information Systems: A Student’s Guide*. Pearson
- [8] Durai, Senthil K.S., & Shamili, Mary D. (2022). Smart Farming Using Machine Learning And Deep Learning Techniques. *Decision Analytics Journal*. DOI:10.1016/J.Dajour.2022.100041
- [9] Firdaus, S., Tedy S., & Uray S. (2023). Sistem Manajemen Pengairan Pada Budidaya Tanaman Anggur Berbasis Internet Of Things (Iot). *JITET (Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan)*, 11(3).
- [10] Fono, Yosefa S., Aries B.S., & Delila C.P. Penerapan Metode Fuzzy Logic Terhadap Suhu Dan Kelembaban Tanah Pada

- Monitoring Bunga Krisan. *Jurnal Blend Sains*. <https://doi.org/10.56211/Blendsains.V2i23.400>.
- [11] Himawan, K., Maulana, E., & Utaminigrum, F. (2022). Rancang Bangun Sistem Deteksi Tingkat Kemanisan Buah Melon (Sky Rocket) Dengan Metode Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) Dan Decision Tree. 6(2), 923– 928. Retrieved From [Http://J-Ptiik.Ub.Ac.Id](http://j-ptiik.ub.ac.id).
- [12] Hsu, Wei-Ling., Etc. (2021). Application Of Internet Of Things In Smart Farm Watering System. *Sensors And Materials*, 33(1).
- [13] Islami, F.A. (2018) Algoritma Decision Tree Pada Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Internet Of Thing. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa*, 23(1).
- [14] K. Peffers, M. A. Rothenberger And T. Tuunanen, "A Design Science Research Methodology For Information Systems," *Journal Of Management Information Systems*, Vol. 24, Pp. 45-77, 2007.
- [15] Kansara, Karan., Vishal Z., Shreyans S., Sandip D., & Kaushal J. (2015). Sensor-Based Automatic Irrigation System With Iot: A Technical Review. *International Journal Of Computer Science And Information Technology*, 6(6).
- [16] Larose, Daniel T., 2006. "Data Mining Methods and Models". New Jersey: John Willey & Sons, Inc. Hoboken. Machine Learning Repository, 2008. Student Performance Data Set. Tersedia di <<http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/student+performance>> [diakses 5 oktober 2024].
- [17] Miarso, Y. (2007). *Menjelajah Dunia Teknologi Pendidikan*. Prenada Media.
- [18] Nazareta, Fhizyel., Fauziah., Gatot S, (2022). Smart Agriculture: Pengendalian Kelembapan Dan Suhu Pada Penyiraman Otomatis Tanaman Berbasis Iot. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 9(2).
- [19] Ndjurumbaha, E. U. ., Purwantara, I. M. A., & Suwirmayanti, N. L. G. P. (2018). Sistem Pakar Diagnosa Pentakit Tanaman Kapas Menggunakan Metode Decision Tree Berbasis Android. *Stikom. Bali*.
- [20] Pambudi, Arif S., Septi A., & Aris G. (2020). Rancang Bangun Penyiraman Tanaman Pintar Menggunakan Smartphone Dan Mikrokontroler Arduino Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 4(2). DOI 10.30865/Mib.V4i2.1913.
- [21] Pawar, Swapnali B., Priti R., & Asif S. (2022). I Smart Irrigation System Using Iot And Raspbery *International Research Journal Of Engineering And Technology (IRJET)*.
- [22] Prasetyo, Rudiansyah A. (2023). Mengoptimalkan Irigasi Pertanian Cerdas Melalui Internet of Multimedia Things (IoMT) dengan Deteksi Kebutuhan Air Tanaman Berbasis Deep Learning.
- [23] Priyadharsnee And Rathii (2017). An Iot Based Smart Irrigation System. *International Journal Of Scientific And Engineering Research*. 8: 44-51. [Http://Www.Ijser.Org](http://www.ijser.org).
- [24] Purnamawati, Annida., Wawan N., Destiana P., & Wahyutama. F.H. (2020). Deteksi Penyakit Daun pada Tanaman Padi Menggunakan Algoritma Decision Tree, Random Forest, Naïve Bayes, SVM dan KNN. *Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*, 5(1). <https://doi.org/10.30743/infotekjar.v5i1.2934>.
- [25] Puspitorini, Indah., Ita D.S. (2021). Penerapan Data Mining Untuk Klasifikasi Prediksi Produk Jenis Makanan Kucing Yang Sesuai Kebutuhan Dengan Algoritma Decision Tree (Id3). *Akrab Juara Jurnal Ilmu-Ilmu Sosial* 6(4). Doi:10.58487/Akrabjuara.V6i4.1629.
- [26] Sakina Emilda., A.Haidar. M. (2024). Prediksi Hasil Produksi Ikan Lele Menggunakan Machine Learning (Studi Kasus Dinas Perikanan Kabupaten Muara Enim). *Jurnal Instek*, 9(1). DOI: <https://doi.org/10.24252/instek.v9i1.46406>.
- [27] Sudarto, Y. (2000). *Budidaya Waluh*. Yogyakarta: Kanisius.
- [28] Sugandi, Budi., & Jeki A. (2021). Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Metode Logika Fuzzy. *JOURNAL OF APPLIED ELECTRICAL ENGINEERING (E-ISSN: 2548-9682)*, 5(1).
- [29] Susanto, H., Syahrial, R., & Budiwan, A. (2022). Analisis Kredit Usaha Tani Terhadap Kesejahteraan Petani Di Desa Kedung Lengkong, Kecamatan Dlangu, Kabupaten Mojokerto. *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi Bisnis, Kewirausahaan*, 9(2), 139– 150.
- [30] Thompson, N. M., Bir, C., Widmar, D. A., & Mintert, J. R. (2019). Farmer Perceptions Of Precision Agriculture Technology Benefits. *Journal Of Agricultural And Applied Economics*, 51(1), 142– 163. <https://doi.org/10.1017/Aae.2018.27>
- [31] Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2012. Pangan. 17 November 2012. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 227. Jakarta; 2012
- [32] Yusuf W, Yogi, 2007. "PerbandinganPerformansi Algoritma Decision Tree C5.0,CART, dan CHAD: Kasus Prediksi StatusResiko Kredit di Bank X". Bandung:Universitas Katolik Parahyangan