

SISTEM IRIGASI CERDAS TERINTEGRASI AI BERBASIS IoT UNTUK PERTANIAN MODERN MENGGUNAKAN ALGORITMA C 4.5 DI DESA XYZ

Fazrian Dwiana¹, Usep Tatang Suryadi^{1*}, Aa Zezen Zaenal Abidin¹, Yuli Murdianingsih¹, Muhammad Faizal², Carkiman¹, Akrom Muhajir¹

¹ Teknik Informatika, Universitas Mandiri

² Pendidikan Matematika, Universitas Mandiri

fazriandwiana17@gmail.com¹, usep@universitasmandiri.ac.id^{1*}, zezen@universitasmandiri.ac.id¹, yuli@universitasmandiri.ac.id¹, carkiman@universitasmandiri.ac.id¹, faizal@universitasmandiri.ac.id², akrommuhajir1986@gmail.com¹

Received: 2026-12-19 | Accepted: 2026-12-20 | Published: 2026-04-23

Abstrak

Sistem irigasi saat ini masih dilakukan secara manual, sehingga penggunaan air belum optimal dan distribusi air tidak sesuai kebutuhan lahan, menyebabkan banyak air terbuang. Pengendalian irigasi juga kurang efektif karena teknologi Internet of Things hanya mampu melakukan secara otomatis tanpa pengawasan. Kondisi tersebut menimbulkan masalah sosial terkait keterbatasan air dan memperlambat kemajuan pertanian berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan membuat sistem irigasi pintar berbasis Internet of Things yang dapat memantau kondisi lingkungan pertanian secara real-time dan menggunakan algoritma C4.5 untuk mengklasifikasikan kebutuhan irigasi. Penelitian dilakukan di area pesawahan Desa XYZ dengan observasi langsung ke lahan pertanian. Data diambil melalui sensor DHT22, *capacitive soil moisture*, dan *raindrop water* dengan total 100 *record*. Tahapan analisis meliputi penentuan *root node* dari seluruh atribut, perhitungan *entropy*, *information gain*, dan *gain ratio*. Atribut dengan *gain ratio* tertinggi dijadikan node akar, kemudian dilakukan pemecahan data hingga membentuk node daun. Setelah pohon terbentuk, dilakukan pemangkasan untuk menghindari *overfitting*. Hasil pengujian menggunakan *tools RapidMiner* menunjukkan akurasi sebesar 90,00% yang termasuk kategori “good”, sehingga sistem ini dapat menjadi terobosan dari pertanian konvensional menuju pertanian modern.

Kata kunci: Algoritma C 4.5, *internet of things*, irigasi

Abstract

The current irrigation system is still manual, resulting in suboptimal water use and water distribution that does not meet land requirements, causing a lot of water to be wasted. Irrigation control is also ineffective because Internet of Things technology is only capable of monitoring without automatic decision-making. This situation causes social problems related to water scarcity and slows down the progress of sustainable agriculture. The purpose of this study is to create an Internet of Things-based Sistem Irigasi cerdas system that can monitor agricultural environmental conditions in real time and use the C4.5 algorithm to classify irrigation needs. The research was conducted in the rice fields of Jabong Village with direct observation of agricultural land. Data was collected through DHT22, *capacitive soil moisture*, and *raindrop water* sensors with a total of 100 records. The analysis stages included determining the root node of all attributes, calculating *entropy*, *information gain*, and *gain ratio*. The attribute with the highest *gain ratio* was used as the root node, then the data was split to form leaf nodes. After the tree was formed, pruning was performed to avoid *overfitting*. The test results using *RapidMiner* tools showed an accuracy of 90.00%, which is classified as “good,” so this system can be a breakthrough from conventional agriculture to modern agriculture. This study is still limited to one user, three parameters, and the C4.5 algorithm.

Keywords: C 4.5 algorithm, *internet of things*, irrigation

1. Pendahuluan

Sektor pertanian merupakan tulang punggung perekonomian Indonesia yang berperan penting dalam penyediaan pangan dan sebagai sumber mata pencaharian utama masyarakat, khususnya di wilayah

pedesaan [1][2]. Seiring dengan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat, kebutuhan pangan nasional juga mengalami peningkatan signifikan sehingga menuntut peningkatan produktivitas pertanian secara berkelanjutan [3], [4]. Dalam konteks ini, ketahanan pangan menjadi isu strategis yang mencakup aspek ketersediaan, aksesibilitas, stabilitas, dan pemanfaatan pangan[2], [3]. Oleh karena itu, pengelolaan sumber daya pertanian yang efisien menjadi kunci dalam mendukung ketahanan pangan nasional [5].

Salah satu faktor utama dalam meningkatkan produktivitas pertanian adalah pengelolaan sumber daya air melalui sistem irigasi [6]. Air irigasi memiliki peranan vital dalam mendukung pertumbuhan tanaman dan menjaga stabilitas hasil panen [7]. Namun, berbagai permasalahan seperti keterbatasan sumber air, distribusi yang tidak merata, serta inefisiensi penggunaan air masih menjadi kendala utama[4], [8]. Sistem irigasi konvensional yang masih berbasis jadwal tetap atau keputusan manual tanpa mempertimbangkan kondisi aktual lahan menyebabkan pemborosan air dan menurunkan efisiensi produksi [9].

Permasalahan tersebut juga terjadi di Desa XYZ sebagai wilayah agraris, di mana keterbatasan air pada musim kemarau memicu konflik antarpetani akibat perebutan sumber air. Kondisi ini berdampak pada penurunan hasil panen serta ketegangan sosial di masyarakat [8]. Selain itu, rendahnya pemanfaatan teknologi dalam pengelolaan irigasi memperburuk kondisi karena belum adanya sistem adaptif berbasis data [10]. Hal ini menunjukkan urgensi pengembangan sistem irigasi yang lebih cerdas dan efisien.

Perkembangan teknologi seperti Internet of Things (IoT) dan Artificial Intelligence (AI) menawarkan solusi melalui konsep Sistem Irigasi cerdas, yang memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan secara real-time dan pengambilan keputusan otomatis [11], [12]. Dalam hal ini, algoritma decision tree seperti C4.5 efektif digunakan karena mampu menangani data kompleks serta menghasilkan keputusan yang mudah diinterpretasikan [13], [14], [15].

Namun demikian, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sebagian besar sistem irigasi berbasis IoT masih terbatas pada monitoring atau kontrol manual tanpa analisis cerdas [16]. Penelitian lain menunjukkan integrasi sistem berjalan baik, tetapi masih terbatas pada penggunaan sensor tertentu [17]. Sementara itu, penerapan algoritma C4.5 telah terbukti efektif, namun masih terbatas pada skala kecil dan variabel yang terbatas [18]. Hal ini menunjukkan adanya research gap berupa belum optimalnya integrasi IoT dan AI dalam sistem irigasi yang adaptif dan komprehensif.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem Sistem Irigasi cerdas berbasis IoT yang terintegrasi dengan algoritma C4.5 guna mengoptimalkan pengelolaan air irigasi secara otomatis dan efisien. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi teoretis dalam pengembangan penerapan decision tree pada bidang pertanian serta kontribusi praktis dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dan mengurangi konflik antarpetani [3], [4]

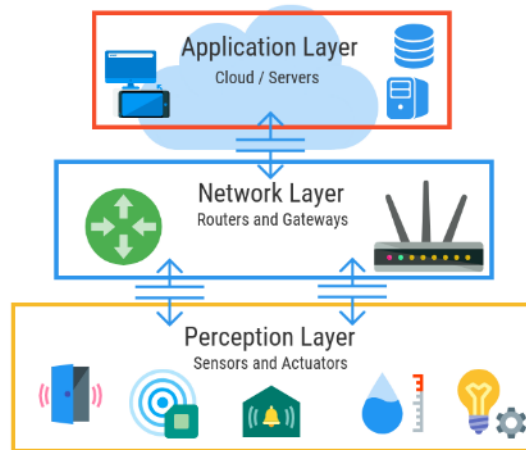
2. Metode Penelitian (*Methodology / Research Method*)

Pada Penelitian ini, kami menggunakan teknik data mining metode klasifikasi, dan algoritma yang digunakan adalah algoritma C 4.5.

Instrumen penelitian meliputi perangkat IoT, kuesioner validasi, dan *rapidminer*. Prosedur penelitian dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu: (1) perancangan sistem atau model yang akan diuji, (2) implementasi atau pengolahan data sesuai desain, (3) analisis data dengan menggunakan metode klasifikasi algoritma C 4.5, dan (4) evaluasi hasil menggunakan *rapidminer*.

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan teknik *datamining*. Validitas hasil menggunakan cross-validation. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan menghasilkan temuan yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan relevan dengan tujuan yang telah ditetapkan.

Pada Gambar 1 alur komunikasi dari bawah ke atas sistem Internet of Things (IoT) digambarkan dalam gambar ini. Perangkat sensor mendeteksi kondisi atau perubahan di lingkungan fisik, seperti suhu, kelembapan, atau pergerakan, dan proses dimulai. Selanjutnya, data yang dihasilkan oleh penginderaan ditransmisikan ke perangkat yang terhubung, seperti router atau gateway, melalui protokol komunikasi nirkabel seperti Wi-Fi, ZigBee, atau LoRa. Setelah ditransmisikan, data kemudian dikirim ke server atau layanan cloud untuk disimpan, diproses, dan dianalisis melalui jaringan. Pengguna dapat mengakses hasil proses melalui aplikasi di komputer atau perangkat mobile mereka. Oleh karena itu, sistem Internet of Things berkomunikasi secara berantai, mulai dari pengumpulan data di lapangan, transmisi melalui jaringan, hingga penyebaran informasi kepada pengguna.



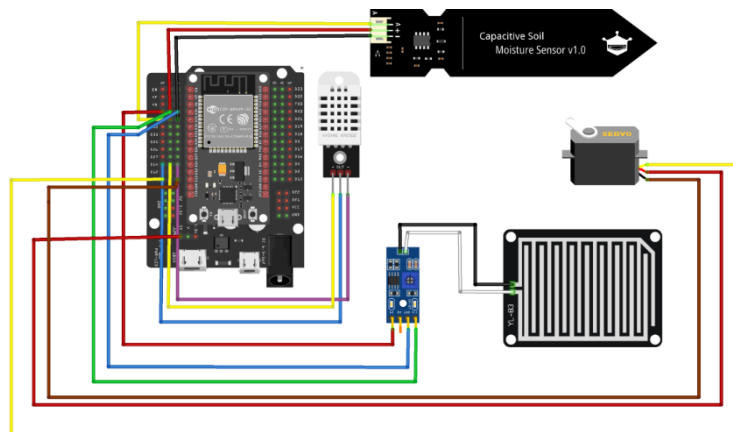
Gambar 1 Layer IoT

Dalam mendukung perancangan dan pengoperasian sistem, penulis melakukan analisis terhadap kebutuhan perangkat IoT yang diperlukan agar sistem berjalan secara optimal. Adapun perangkat IoT yang digunakan, berikut pada Tabel 1.

Tabel 1 Kebutuhan perangkat IoT

No.	Jenis Kebutuhan	Nama Perangkat
1.	Mikrokontroler	ESP32
2.	Sensor Suhu	DHT22
3.	Sensor Kelembaban Tanah	<i>Capacitive Soil Sensor V1.2</i>
4.	Sensor Hujan	<i>Rain Drop Rain Water</i>
5.	Kabel	<i>Kabel Jumper : Male to Male, Male to Female, Female to Male</i>
6.	Box	Box Elektronik X4 Ukuran 12.5cm x 8.5cm x 5cm
7.	<i>Expansion Board</i>	<i>I/O Expansion ESP32 Shield</i>
8.	Servo	Motor Servo SG90
9.	IC	IC LM393

Skema perangkat IoT yang akan dibuat dengan software Fritzing, berikut skema yang penulis buat dalam mendukung sistem Sistem Irigasi cerdas pada Gambar 2 dan wiring pada Tabel 2.



Gambar 2 Skema perangkat IoT Sistem Irigasi cerdas

Skema tersebut menunjukkan sebuah sistem Sistem Irigasi cerdas berbasis IoT yang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali. Perangkat ini terhubung dengan beberapa sensor, seperti soil moisture sensor kapasitif untuk mengukur kelembaban tanah, sensor suhu dan kelembaban udara seperti DHT22, serta sensor hujan. Data dari sensor-sensor ini dikirim ke mikrokontroler untuk diproses secara real-time. Selain itu, konektivitas ESP32 memungkinkan sistem terhubung ke internet sehingga data dapat dimonitor dari jarak jauh melalui aplikasi atau dashboard.

Pada sisi aktuator, sistem dilengkapi dengan relay yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengontrol pompa air atau katup irigasi, serta servo motor yang dapat digunakan untuk membuka atau menutup saluran air secara otomatis. Ketika kondisi tanah terdeteksi kering berdasarkan pembacaan sensor, mikrokontroler akan mengaktifkan relay atau menggerakkan servo untuk mengalirkan air. Sebaliknya, jika kelembaban sudah mencukupi atau terdeteksi hujan, sistem akan menghentikan penyiraman. Dengan integrasi ini, sistem mampu melakukan pengelolaan irigasi secara otomatis, efisien, dan adaptif terhadap kondisi lingkungan.

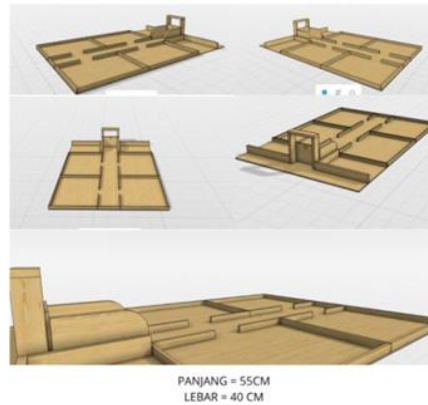
Tabel 2 Konfigurasi wiring

Sensor	Pin Module	Pin ESP32	Keterangan
Rain Drop Sensor	A0	GPIO 34 (D34)	Input analog status hujan
	VCC	3.3V	3.3V
	GND	GND	Ground
Soil Moisture	A0	GPIO 35 (D35)	Input analog, kelembaban tanah
	VCC	3.3V	3.3V
	GND	GND	Ground
DHT22	DATA	GPIO 14 (D14)	Input digital
	VCC	3.3V	3.3V
	GND	GND	Ground

Tabel konfigurasi wiring menunjukkan bahwa sistem Sistem Irigasi cerdas menggunakan beberapa sensor utama yang terhubung langsung ke mikrokontroler ESP32 melalui pin analog dan digital. Sensor hujan (rain drop sensor) dihubungkan ke pin analog GPIO 34 (D34) melalui pin A0, yang berfungsi untuk membaca kondisi curah hujan secara real-time. Sensor ini menggunakan tegangan 3.3V (VCC) dan ground (GND) sebagai sumber daya. Selanjutnya, sensor kelembaban tanah (soil moisture) juga menggunakan jalur analog melalui pin GPIO 35 (D35), sehingga mampu memberikan data tingkat kelembaban tanah secara kontinu. Penggunaan dua pin analog ini menunjukkan bahwa sistem dirancang untuk membaca data lingkungan secara presisi dan berbasis nilai kontinu, yang penting dalam pengambilan keputusan irigasi.

Selain itu, sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara dengan koneksi digital pada pin GPIO 14 (D14). Berbeda dengan sensor lainnya, DHT22 mengirimkan data dalam bentuk sinyal digital, sehingga membutuhkan satu jalur data khusus selain VCC dan GND. Seluruh sensor menggunakan sumber tegangan 3.3V yang sesuai dengan spesifikasi ESP32, sehingga memastikan kestabilan sistem dan menghindari kerusakan komponen. Dengan konfigurasi wiring ini, sistem mampu mengintegrasikan berbagai parameter lingkungan seperti hujan, kelembaban tanah, serta suhu dan kelembaban udara, yang kemudian menjadi dasar dalam proses analisis dan pengambilan keputusan otomatis menggunakan algoritma C 4.5.

Untuk gambaran bagaimana Sistem Irigasi cerdas ini bekerja, kami membuat skema *prototype* untuk nantinya memudahkan dalam mengimplementasikan sistem Sistem Irigasi cerdas seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Prototype Sistem Irigasi cerdas

Sistem ini dirancang untuk memungkinkan pengguna melakukan *login* dan keluar dari sistem dan mengakses fitur utama seperti dashboard, data, pengaturan, dan pengendalian pintu. Dashboard menampilkan informasi tentang status pintu, mode yang sedang aktif (otomatis atau manual), dan informasi pembaruan terbaru. Selain itu, pengguna dapat menampilkan data seperti suhu, kelembaban tanah, dan Status hujan dalam bentuk tabel dan grafik, serta melakukan filter dan ekspor data ke format Excel. Selain itu, menu pengaturan memungkinkan pengguna untuk mengatur mode sistem, mengontrol pintu dengan membuka atau menutupnya, dan mengatur tampilan. Selain itu, sistem mendukung manajemen data, termasuk pengelompokan data kategori, pembaruan data, dan pengaturan tampilan sidebar. Dengan fitur-fitur ini, sistem bertujuan dapat menggunakan antarmuka web untuk mengendalikan dan memantau data lingkungan secara efisien dan secara real-time.



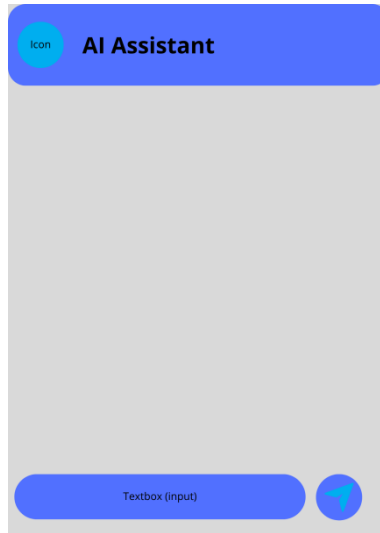
Gambar 4 Tampilan rancangan *log in*

Tampilan Gambar 4 Adalah rancangan tampilan *Login* untuk *Website Sistem Irigasi cerdas* yang penulis buat. Sedangkan tampilan menu dashboard bisa dilihat pada gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5 Tampilan antar muka *dashboard*

Agar lebih interaktif, pada sistem ini juga disertai chatbot AI. *Chatbot* pada sebuah *Website* dibuat untuk menjawab pertanyaan dalam memberikan layanan yang cepat, responsif, dan tersedia setiap saat. Komponen AI dalam chatbot ini berfungsi untuk memberikan respon otomatis atas pertanyaan atau kebutuhan informasi dari pengguna yang berinteraksi melalui *Website*. *Chatbot* menerima input berupa teks pertanyaan dari pengguna yang dapat berkaitan dengan layanan, panduan, atau informasi lainnya. *Output* dari proses ini berupa jawaban atau tindakan spesifik yang relevan dengan pertanyaan pengguna, sehingga mampu memberikan layanan cepat, tepat, dan efisien tanpa keterlibatan langsung dari operator manusia. Seperti ditampilkan pada gambar 6.



Gambar 6 Tampilan chatbot

Dalam penelitian ini, teknik pengambilan data dilakukan secara langsung dengan melakukan observasi ke beberapa area sawah yang telah ditentukan menjadi area penelitian yang berada di desa XYZ untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan menggunakan modul IoT yang sudah dibangun. Dari hasil observasi ini Peneliti mendapatkan data suhu, data kelembaban tanah dan data hujan yang nantinya akan diolah. Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, seluruh data tersebut digunakan sebagai bahan analisis dalam merancang dan membangun sistem *Sistem Irigasi cerdas* ini. Tabel 3 menunjukkan data yang diambil dari lapangan dan adalah tabel data numerik yang sudah melalui proses data cleaning, sehingga data sudah siap untuk dipakai untuk keperluan proses selanjutnya.

Tabel 3 Data kondisi sawah

No	SUHU	KELEMBABAN TANAH	STATUS HUJAN
1	27,1	1609	2650
2	30,8	2469	1902
3	29,0	1582	1827
4	31,0	1977	1873
5	27,3	1432	1982
6	29,8	1801	2355
7	25,7	2474	2249
8	28,9	1666	1370
9	31,8	1136	1233
10	32,7	1355	4095
...
...
100	33,5	1987	3033

Hasil transformasi data tersebut menggunakan skala likert menghasilkan data kategorikal seperti yang ditampilkan pada tabel 4, tujuan transformasi sendiri agar data lebih mudah untuk diolah menggunakan algoritma C 4.5.

Tabel 4 Data training

No	SUHU (°C)	KELEMBABAN TANAH (%)	STATUS HUJAN (MM)	Class
1	Dingin	Lembab	Hujan	Tertutup
2	Panas	Kering	Hujan	Terbuka
3	Normal	Lembab	Hujan	Tertutup
4	Panas	Lembab	Hujan	Tertutup
5	Dingin	Basah	Hujan	Tertutup
6	Normal	Lembab	Hujan	Tertutup
7	Dingin	Kering	Hujan	Terbuka
8	Normal	Lembab	Hujan	Tertutup
9	Panas	Basah	Hujan	Tertutup
10	Dingin	Lembab	Hujan	Tertutup
...	
...	
80	Panas	Lembab	Tidak Hujan	Terbuka

Dari total 100 data yang dikumpulkan, sebanyak 80 data digunakan sebagai data *training* sebagai mana ditampilkan pada tabel 4. Data training ini berisi Suhu, Kelembaban tanah, Status hujan serta *class* sebagai penentu kategori.

1. Analisis menggunakan algoritma C 4.5

perhitungan tabulasi node 1.1

$$\begin{aligned}
 Entropy(S) &= -\left(\frac{67}{80} \cdot \log_2 \frac{67}{80}\right) - \left(\frac{13}{80} \cdot \log_2 \frac{13}{80}\right) \\
 &= -0,8375 \cdot \log_2(0,8375) - 0,1625 \cdot \log_2(0,1625) \\
 &= -0,8375 \cdot (-0,252) - 0,1625 \cdot (-2,6x2) \\
 &= 0,211 + (0,425) \\
 &= 0,640257
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \checkmark E_{Dingin} &= -\frac{25}{25} \log_2(1) - 0 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \checkmark E_{Normal} &= -\frac{17}{21} \log_2 \frac{17}{21} - \frac{4}{21} \log_2 \frac{4}{21} \\
 &= -0,8095 \cdot \log_2(0,8095) - 0,1905 \cdot \log_2(0,1905) \\
 &= -0,8095(-0,309) - 0,1905(-2,395) \\
 &= 0,250 - 0,456 \\
 &= 0,702467
 \end{aligned}$$

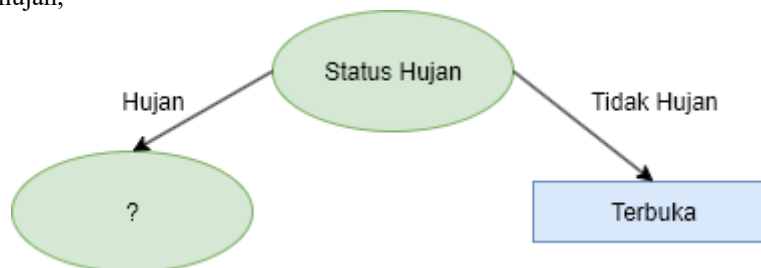
$$\begin{aligned}
 \checkmark E_{Panas} &= -\frac{25}{34} \log_2 \frac{25}{34} - \frac{9}{34} \log_2 \frac{9}{34} \\
 &= -0,7353 \cdot \log_2(0,7353) - 0,2647 \cdot \log_2(0,2647) \\
 &= -0,7353 \cdot (-0,442) - 0,2647 \cdot (-1,92) \\
 &= 0,325 - 0,509 \\
 &= 0,833765
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \checkmark \text{ Gain}_{\text{suhu}} &= \text{Entropy}(S) - \sum_{i=1}^n \left(\frac{|S_i|}{|S|} \times \text{Entropy}(S_i) \right) \\
 &= 0,640257 - \left(\frac{25}{80} \times 0 + \frac{21}{80} \times 0,702467 + \frac{34}{80} \times 0,833765 \right) \\
 &= 0,640257 - (0 + 0,184 + 0,3557) \\
 &= 0,640257 - 0,5397 \\
 &= 0,101509
 \end{aligned}$$

Tabel 5 Node 1.1

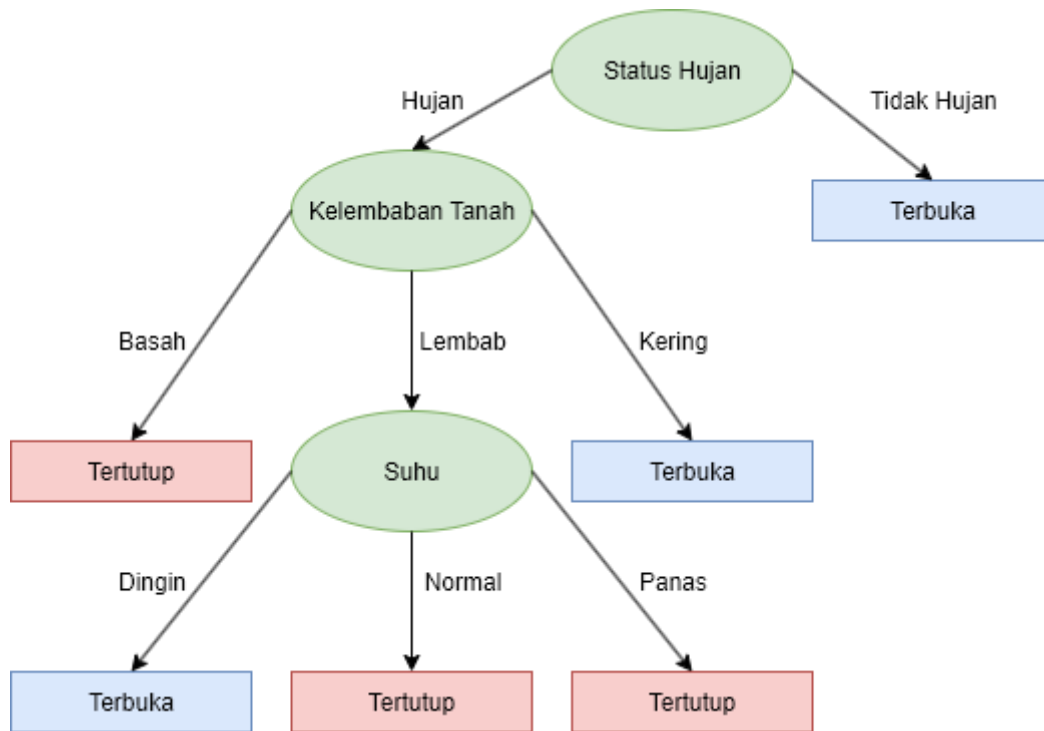
Node	Atribut	Total (s)	Terbuka(s1)	Tertutup(s2)	Entropy	Gain
1.1	TOTAL	80	67	13	0,640257	0,101509
	Suhu					
	Dingin	25	25	0	0	
	Normal	21	17	4	0,702467	
		Panas	34	25	9	0,833765
	Kelembaban Tanah					0,108275
	Basah	24	17	7	0,870864	
	Lembab	30	24	6	0,721928	
		Kering	26	26	0	0
	Status Hujan					0,26006
	Hujan	31	18	13	0,981152	
		Tidak Hujan	49	49	0	0

Hasil dari perhitungan entropy dan gain tersebut menghasilkan satu node pangkal pohon Keputusan diambil dari nilai gain terbesar. Adapun pohon Keputusan node 1.1 seperti diperlihatkan pada gambar 7. Nilai gain terbesar Adalah status hujan, yang memiliki 2 cabang nilai status hujan, yaitu kondisi hujan dan tidak hujan,



Gambar 7 Node1.1

Gambar tersebut merepresentasikan sebagian struktur pohon keputusan (*decision tree*) dalam sistem Sistem Irigasi cerdas, di mana variabel utama yang digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan adalah status hujan. Node “Status Hujan” berperan sebagai atribut atau parameter awal yang akan menentukan langkah selanjutnya dalam proses klasifikasi. Cabang yang mengarah ke kondisi “Terbuka” menunjukkan bahwa ketika kondisi tertentu terpenuhi (misalnya tidak terjadi hujan), sistem akan memberikan keputusan untuk membuka aliran air atau irigasi. Sementara itu, adanya node dengan tanda tanya (?) mengindikasikan masih terdapat kemungkinan percabangan lain atau atribut tambahan yang perlu dievaluasi sebelum keputusan akhir diambil. Diagram ini menggambarkan bagaimana algoritma C4.5 bekerja secara logis dan bertahap dalam menentukan aksi irigasi berdasarkan kondisi lingkungan yang terdeteksi.

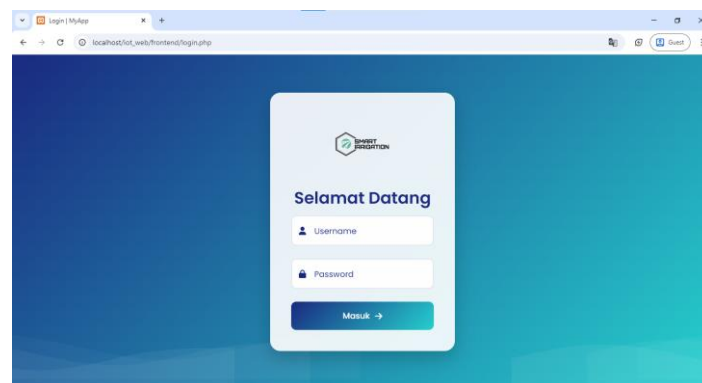


Gambar 8 Pohon keputusan C 4.5 Sistem Irigasi cerdas

Dari hasil implementasi menggunakan rapid miner menghasilkan rules sebagai berikut.

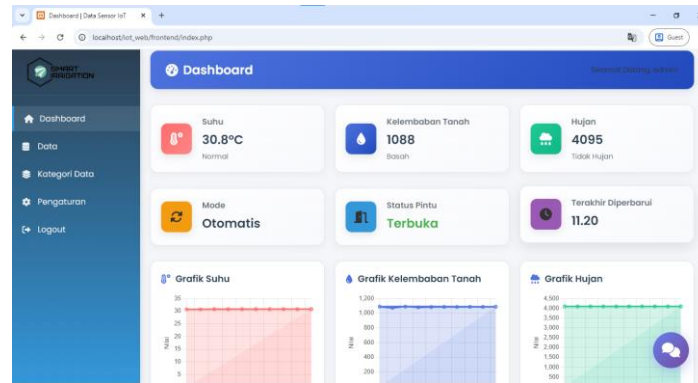
1. *IF* Status hujan TIDAK HUJAN *THEN* Status pintu TERBUKA
2. *IF* Status hujan HUJAN *AND* Kelembaban tanah BASAH *THEN* Status pintu TERTUTUP
3. *IF* Status hujan HUJAN *AND* Kelembaban tanah KERING *THEN* Status pintu TERBUKA
4. *IF* Status hujan HUJAN *AND* Kelembaban tanah LEMBAB *AND* suhu DINGIN *THEN* Status pintu TERBUKA
5. *IF* Status hujan HUJAN *AND* Kelembaban tanah LEMBAB *AND* suhu NORMAL *THEN* Status pintu TERTUTUP
6. *IF* Status hujan HUJAN *AND* Kelembaban tanah LEMBAB *AND* suhu PANAS *THEN* Status pintu TERTUTUP

3. Hasil dan Pembahasan (Results and Discussion)



Gambar 9 Halaman log-in

Halaman login dalam sistem Sistem Irigasi cerdas yang memungkinkan pengguna mengkonfirmasi identitas mereka sebelum mereka dapat mengakses sistem atau layanan tertentu. Halaman ini mengandung kolom isian dengan username atau email, password, dan tombol untuk login. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa informasi atau fitur yang dilindungi hanya dapat diakses oleh pengguna yang sah.



Gambar 10 Dashboard Sistem Irigasi cerdas system

Gambar 10 merupakan gambar antarmuka *dashboard sistem Sistem Irigasi cerdas* berbasis *IoT* yang digunakan untuk memantau kondisi lingkungan dan status irigasi secara *real-time*. Pada dashboard terlihat beberapa parameter utama seperti suhu sebesar 30,8°C dengan status normal, kelembaban tanah dengan nilai 1088 yang menunjukkan kondisi basah, serta status hujan yang terdeteksi. Selain itu, sistem juga menampilkan mode operasi yang sedang berjalan yaitu otomatis, sehingga seluruh keputusan irigasi dilakukan tanpa intervensi manual. Status pintu air yang terbuka menunjukkan bahwa sistem sedang mengalirkan air sesuai hasil analisis kondisi lingkungan. Tersedia pula grafik visual untuk suhu, kelembaban tanah, dan hujan yang membantu pengguna dalam memahami tren data secara lebih intuitif. Dengan tampilan ini, pengguna dapat melakukan monitoring dan evaluasi sistem irigasi dengan lebih mudah, cepat, dan efisien.

Data testing digunakan untuk mendapatkan *accuracy*, *recall*, *precision*, dan *error rate system* dengan melakukan perhitungan menggunakan *confusion matrix*. Data testing nya pada Tabel 6.

Tabel 6 Data testing

No	SUHU (°C)	KELEMBABAN TANAH (%)	STATUS HUJAN (MM)	Class
1	Normal	Kering	Tidak Hujan	Terbuka
2	Dingin	Kering	Hujan	Terbuka
3	Panas	Lembab	Tidak Hujan	Terbuka
4	Normal	Kering	Tidak Hujan	Terbuka
5	Panas	Kering	Tidak Hujan	Terbuka
6	Normal	Kering	Hujan	Terbuka
7	Panas	Basah	Tidak Hujan	Terbuka
8	Panas	Kering	Tidak Hujan	Terbuka
9	Dingin	Lembab	Tidak Hujan	Terbuka
10	Normal	Lembab	Hujan	Terbuka
...	
...	
20	Panas	Basah	Hujan	Tertutup

Dari Tabel 7 dibawah didapatkan nilai *True Positive* sebanyak 14 tupel dan nilai *True Negative* sebanyak 4 tupel, sedangkan untuk nilai *False Positive* sebanyak 1 tupel dan nilai *False Negative* sebanyak 1. Maka dari data tersebut akan dihitung sebagai Langkah pertama adalah menghitung kecocokan pada kelas prediksi dengan target atau kelas actual dengan membandingkan data testing pada pohon Keputusan.

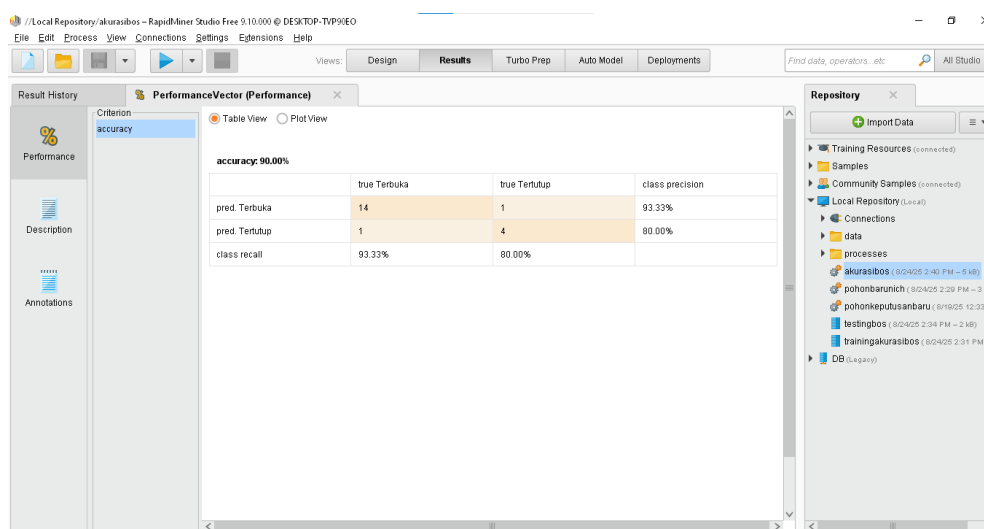
Tabel 7 *confusion matrix* algoritma C 4.5

Confusion Matrix	Class Prediksi			
	Positive	Negative		

Class Actual	Positive	14	1	False Positive Rate	7%
	Negative	1	4	True Positive Rate	80%
Precision	Recall	Sensitivity	Specificity	Accuracy =	90,0%
93,33%	93,33%	100%	100%	Error Rate =	10,0%

Berdasarkan tabel *confusion matrix* algoritma C4.5, terlihat bahwa model memiliki kinerja klasifikasi yang cukup baik dalam membedakan kelas positif dan negatif. Dari data yang diuji, terdapat 14 data *true positive* dan 4 data *true negative*, menunjukkan bahwa sebagian besar prediksi sesuai dengan kondisi aktual. Sementara itu, kesalahan klasifikasi relatif kecil, yaitu masing-masing 1 data *false positive* dan *false negative*. Nilai *precision* dan *recall* yang sama sebesar 93,33% menunjukkan bahwa model mampu menjaga keseimbangan antara ketepatan prediksi positif dan kemampuan mendeteksi seluruh data positif. Selain itu, nilai *sensitivity* dan *specificity* yang mencapai 100% mengindikasikan bahwa model sangat baik dalam mengidentifikasi kedua kelas. Secara keseluruhan, tingkat *accuracy* sebesar 90% dan *error rate* sebesar 10% menunjukkan bahwa algoritma C4.5 cukup efektif dan layak digunakan dalam sistem pengambilan keputusan pada Sistem Irigasi cerdas.

Sedangkan menggunakan rapidminer dengan validasi 10 cross validation bisa dilihat pada gambar 11:



Gambar 11 Penerapan *x-validations* menggunakan *rapidminer*

Berdasarkan hasil pengujian model, diperoleh nilai akurasi sebesar 90% yang menunjukkan bahwa sebagian besar prediksi sudah tepat. Dari *confusion matrix* terlihat bahwa model mampu mengklasifikasikan data kelas Terbuka dengan baik, yaitu 14 data terprediksi benar dan hanya 1 yang salah, sedangkan pada kelas Tertutup terdapat 4 prediksi benar dan 1 kesalahan. Nilai *precision* dan *recall* untuk kelas Terbuka masing-masing sebesar 93,33%, sementara untuk kelas Tertutup sebesar 80%. Hal ini menunjukkan bahwa model lebih optimal dalam mengenali kelas Terbuka dibandingkan Tertutup, meskipun secara keseluruhan performanya sudah cukup baik dan seimbang.

4. Kesimpulan (Conclusion)

Penelitian ini berhasil mengembangkan *Sistem Irigasi cerdas system* berbasis *Internet of Things (IoT)* yang mampu memantau kondisi lingkungan pertanian secara real-time, meliputi kelembaban tanah, suhu, dan kondisi cuaca di Desa XYZ. Sistem yang dibangun juga telah mengintegrasikan algoritma C 4.5 sebagai metode pengambilan keputusan untuk mengklasifikasikan kebutuhan penyiraman tanaman berdasarkan data yang diperoleh dari sensor. Dengan adanya integrasi tersebut, sistem mampu melakukan proses penyiraman secara otomatis, adaptif, dan tepat sasaran sesuai kondisi aktual di lapangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi sebesar 90,00%, yang mengindikasikan bahwa model yang diterapkan mampu memberikan keputusan yang baik dan layak digunakan dalam mendukung pengelolaan irigasi pertanian modern.

Daftar Pustaka

- [1] B. P. Statistik, *Statistik Indonesia 2021*. Jakarta: BPS, 2021.
- [2] B. P. Nasional, *Peraturan ketahanan pangan nasional*. Jakarta: Bapanas, 2022.
- [3] F. and A. Organization, *The state of food security and nutrition in the world 2020*. FAO, 2020.
- [4] W. Bank, *Agriculture and food overview*. World Bank, 2021.
- [5] M. A. Fadila dan Putri, "Analisis ketahanan pangan di Indonesia," *Jurnal Ketahanan Nasional*, 2023.
- [6] P. E. Agustyawan dan Sabilla, *Sistem irigasi dalam peningkatan produktivitas pertanian*. 2021.
- [7] A. Iglesias dan L. Garrote, "Adaptation strategies for agricultural water management under climate change," *Agric. Water Manag.*, 2015.
- [8] Jalaludin, "Konflik pengelolaan sumber daya air di Indonesia," *Jurnal Sosial Pertanian*, 2025.
- [9] S. Kumar, "Sistem Irigasi cerdas system using IoT," *International Journal of Engineering Research*, 2019.
- [10] K. PUPR, *Pengelolaan sistem irigasi nasional*. Jakarta: PUPR, 2021.
- [11] P. P. Ray, "Internet of Things for smart agriculture," *J. Ambient Intell. Smart Environ.*, 2018.
- [12] C. Zhang, "Applications of IoT in agriculture," *Sensors*, 2017.
- [13] J. Han dan M. Kamber, "Data Mining: Concepts and Techniques Second Edition," San Francisco, 2006.
- [14] J. Han, M. Kamber, dan J. Pei, *Data mining: Concepts and techniques*. Morgan Kaufmann, 2012.
- [15] J. R. Quinlan, *C4.5: Programs for machine learning*. Morgan Kaufmann, 1993.
- [16] F. Lase dan S. Sitohang, "Implementasi IoT pada sistem irigasi pertanian," *Jurnal Informatika*, 2021.
- [17] E. Darmawan, "Sistem kendali pintu air irigasi berbasis IoT menggunakan ESP8266," *Jurnal Teknologi Informasi*, 2025.
- [18] M. Muchlasin, M. Hasbi, dan Siswanti, "Implementasi algoritma C4.5 pada sistem irigasi otomatis," *Jurnal Teknologi dan Sistem Cerdas*, 2023.