

# Rule-Based Algorithm pada Simulasi Smart Farming Berbasis Wokwi dan Firebase

I Gede Surya Rahayuda<sup>a1</sup>, Ni Putu Linda Santiari<sup>a2</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Informatika, Fakultas MIPA, Universitas Udayana  
Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Bali, Indonesia  
<sup>1</sup>igedesuryarahayuda@unud.ac.id (Corresponding author)

<sup>b</sup>Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Informatika dan Komputer, ITB STIKOM Bali  
Jalan Raya Puputan No. 86 Renon, Denpasar, Bali, Indonesia  
<sup>2</sup>linda\_santiari@stikom-bali.ac.id

## Abstract

*Agricultural efficiency is a key factor in optimizing sustainable farming, especially in small-scale and urban agriculture. Conventional farming methods often suffer from inefficiencies due to manual monitoring and control, leading to suboptimal growth conditions and resource wastage. To address this issue, this study develops a smart farming system that integrates Wokwi, Firebase, and JavaScript with a Rule-Based algorithm to automate irrigation, heating, and alarm functions based on real-time sensor data. The system aims to provide an efficient, low-cost, and scalable solution for smart agriculture. The methodology involves simulating various environmental conditions using Wokwi for hardware emulation and Firebase for real-time data storage and processing. The Rule-Based algorithm processes sensor inputs such as temperature, humidity, light intensity, and distance to determine optimal plant care actions. The system was evaluated using a confusion matrix, yielding perfect accuracy, meaning that all algorithmic decisions matched the expected outcomes. This indicates the system's effectiveness in automating smart farming processes. However, the controlled nature of the simulation environment may not fully reflect real-world variability. Factors such as sensor noise, unpredictable weather, and plant-specific responses could impact system performance. Future research could focus on real-world testing, particularly on small plants or terrariums, leveraging the compact size and low power consumption of IoT devices. Experimental validation on cacti, succulents, or Nepenthes could offer deeper insights into its practical effectiveness in varying conditions.*

**Keywords:** Wokwi, Firebase, JavaScript, Rule-Based Algorithm, Smart Farming

## 1. Pendahuluan

Dalam dunia pertanian modern, pemantauan parameter lingkungan seperti suhu dan kelembaban sangat penting untuk memastikan pertumbuhan tanaman yang optimal. Salah satu faktor utama yang mempengaruhi kondisi pertumbuhan tanaman adalah perbedaan suhu dan kelembaban antara siang dan malam. Misalnya, penelitian pada tanaman anggrek menunjukkan bahwa suhu pada siang hari cenderung lebih tinggi, sementara pada malam hari suhu yang lebih rendah lebih disarankan untuk mendukung pertumbuhan yang optimal. Demikian pula, kelembaban udara di sekitar tanaman perlu dijaga dalam kisaran yang sesuai, dengan tingkat yang lebih rendah di siang hari dan lebih tinggi di malam hari untuk mencegah penyakit akibat kelembaban berlebih.

Untuk meningkatkan efisiensi pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan, simulasi berbasis perangkat lunak dan IoT telah banyak digunakan dalam penelitian pertanian [1]. Salah satu alat simulasi yang digunakan adalah Wokwi, yang memungkinkan pengujian sistem tanpa perlu perangkat keras fisik [2], [3]. Wokwi memberikan fleksibilitas dalam merancang dan menguji rangkaian mikrokontroler seperti ESP32, yang umum digunakan dalam sistem pemantauan pertanian [3], [4]. Dengan menggunakan Wokwi, peneliti dapat mensimulasikan pengoperasian sensor suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya sebelum mengimplementasikannya di lapangan.

Selain Wokwi, sistem berbasis cloud seperti Firebase juga memainkan peran penting dalam pengolahan dan penyimpanan data sensor secara real-time [2]. Firebase memungkinkan integrasi data

dari berbagai sensor yang digunakan dalam sistem pertanian pintar [5]. Dengan memanfaatkan teknologi IoT dan cloud computing, petani dapat memantau kondisi lingkungan secara jarak jauh serta menerima notifikasi atau peringatan dini terkait perubahan kondisi yang dapat memengaruhi tanaman [4], [5].

Dalam mengelola data sensor yang dikumpulkan, algoritma berbasis aturan (Rule-Based Algorithm) sering digunakan untuk mengotomatisasi pengambilan keputusan dalam sistem pertanian cerdas [6], [7]. Algoritma ini bekerja dengan mendefinisikan seperangkat aturan yang ditentukan berdasarkan kondisi tertentu. Misalnya, jika suhu melebihi ambang batas tertentu, sistem dapat secara otomatis mengaktifkan penyemprot air untuk mendinginkan lingkungan [6]. Implementasi Rule-Based Algorithm dalam sistem berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi energi dan sumber daya dengan memastikan bahwa tindakan hanya diambil ketika kondisi lingkungan memenuhi kriteria tertentu [5], [8].

Pendekatan penelitian berbasis simulasi (Simulation-Based Research) juga telah banyak diterapkan dalam studi pertanian modern [9], [10]. Metode ini memungkinkan peneliti untuk menguji dan mengevaluasi kinerja sistem sebelum diterapkan secara nyata. Dengan menggunakan simulasi, pengembang dapat mengidentifikasi potensi kesalahan dan meningkatkan akurasi prediksi sebelum sistem diterapkan dalam skala besar [9]. Hal ini sangat bermanfaat dalam mengembangkan sistem peringatan dini dan otomatisasi proses pertanian, seperti yang diterapkan dalam berbagai sistem pemantauan air dan irigasi berbasis IoT [5].

Secara keseluruhan, integrasi Wokwi, Firebase, Rule-Based Algorithm, dan metode penelitian berbasis simulasi dalam sistem smart farming telah membuka peluang baru dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan lingkungan pertanian. Dengan pendekatan ini, sistem pemantauan dan pengendalian lingkungan dapat menjadi lebih cerdas, otomatis, dan mudah diakses oleh para petani atau peneliti yang bergerak di bidang pertanian berbasis teknologi.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *simulation-based research* untuk mengembangkan sistem *smart farming* berbasis algoritma *rule-based*. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mensimulasikan dan mengevaluasi efektivitas aturan yang diterapkan dalam mengelola kondisi lingkungan pertanian secara otomatis. Penelitian ini terdiri dari tiga tahap utama, yaitu desain sistem, simulasi, dan evaluasi hasil [10].

### 2.1. Desain

Tahap desain dimulai dengan pemilihan dan konfigurasi komponen dalam simulasi Wokwi, termasuk sensor suhu (DHT22), sensor kelembaban tanah, sensor intensitas cahaya (LDR), dan sensor jarak (*ultrasonic*). Firebase digunakan sebagai *database* untuk menyimpan data sensor secara real-time dan mengintegrasikannya dengan web sebagai antarmuka pengguna. Selain itu, tabel batasan nilai sensor disusun sebagai acuan dalam algoritma berbasis aturan. Pengembangan kode program dilakukan untuk mengatur logika pengambilan keputusan berdasarkan data yang diterima dari sensor, sehingga sistem dapat menentukan status pemanas (*heater*), penyiraman (*watering*), dan alarm secara otomatis. Rule-Based Algorithm adalah pendekatan berbasis aturan yang digunakan untuk menentukan keputusan atau tindakan berdasarkan kondisi yang telah ditetapkan [7]. Dalam simulasi smart farming ini, algoritma bekerja dengan membaca data dari sensor, seperti intensitas cahaya (LDR), suhu dan kelembaban udara (DHT22), serta jarak objek (HC-SR04). Berdasarkan nilai sensor yang diterima, sistem akan mengklasifikasikan lingkungan menjadi kondisi siang atau malam dan menerapkan aturan yang sesuai untuk mengontrol perangkat seperti pemanas (*heater*), pendingin (*cooler*), sistem penyiraman (*watering*), dan alarm keamanan. Setiap keputusan dibuat berdasarkan serangkaian aturan sederhana yang membandingkan nilai sensor dengan ambang batas yang telah ditentukan. Pseudocode berikut menggambarkan proses pengambilan keputusan dalam sistem ini:

```
BEGIN
// Baca data sensor dari Firebase
Read rawLightIntensity, temperature, humidity, distance
```

```
// Kalibrasi dan bulatkan intensitas cahaya
lightIntensity = roundToTwoDecimalPlaces(calibrateLightIntensity(rawLightIntensity))

// Tentukan status siang/malam
lightIntensityStatus = "Day" IF lightIntensity > 50 ELSE "Night"

// Tentukan status suhu dan kelembaban
IF lightIntensityStatus = "Day" THEN
    temperatureStatus = "Heater On"
    IF temperature < 20 ELSE "Cooler On"
    IF temperature > 30 ELSE "Good"
    humidityStatus = "Watering On"
    IF humidity < 40 ELSE "Best"
    IF humidity > 60 ELSE "Good"
ELSE
    temperatureStatus = "Heater On"
    IF temperature < 15 ELSE "Cooler On"
    IF temperature > 25 ELSE "Good"
    humidityStatus = "Watering On"
    IF humidity < 50 ELSE "Best"
    IF humidity > 80 ELSE "Good"
ENDIF

// Tentukan status alarm
distanceStatus = "Alarm On" IF distance < 30 ELSE "Alarm Off"

// Tampilkan hasil
Display lightIntensity, lightIntensityStatus, temperatureStatus, humidityStatus,
distanceStatus

END
```

## 2.2. Simulasi

Pada tahap simulasi, sistem dijalankan dengan Wokwi sebagai platform untuk mensimulasikan lingkungan *smart farming*. Data dari sensor virtual dikirim ke Firebase dan diproses oleh algoritma untuk menentukan status sistem berdasarkan kondisi lingkungan yang diamati. Web yang terhubung dengan Firebase menampilkan data sensor secara real-time, serta menampilkan status perangkat seperti *heater*, penyiraman, dan alarm. Beberapa skenario pengujian dilakukan dengan variasi nilai sensor untuk mengevaluasi respons sistem terhadap perubahan kondisi lingkungan.

## 2.3. Evaluasi

Evaluasi dilakukan dengan menggunakan *confusion matrix* untuk membandingkan hasil keputusan algoritma dengan tabel standar batasan nilai sensor. Hasil dari simulasi akan dianalisis untuk menilai kesesuaian sistem dalam mengatur lingkungan pertanian secara otomatis. Akurasi sistem dalam mengidentifikasi kondisi dan mengaktifkan perangkat yang sesuai akan menjadi indikator utama keberhasilan algoritma yang diterapkan.

## 3. Hasil dan Diskusi

Bagian ini membahas hasil penelitian melalui tiga tahap utama: desain, simulasi, dan evaluasi. Tahap desain mencakup perancangan sensor, konfigurasi Firebase, dan aturan rule-based. Simulasi dilakukan pada Wokwi untuk menguji respons sistem terhadap variasi kondisi lingkungan. Evaluasi menggunakan *confusion matrix* untuk menilai akurasi algoritma berdasarkan hasil simulasi dan tabel standar.

### 3.1. Desain

Tahap desain mencakup perancangan sistem berbasis rule-based yang terdiri dari pemilihan sensor, konfigurasi koneksi, serta penentuan batasan nilai sensor. Sensor yang digunakan meliputi LDR untuk

intensitas cahaya, DHT22 untuk suhu dan kelembaban, serta HC-SR04 untuk jarak. Koneksi antar perangkat diatur sesuai kebutuhan komunikasi data dengan Firebase. Selain itu, ditetapkan tabel standar batasan nilai sensor sebagai acuan dalam menentukan status sistem.

**Tabel 1.** Desain Sensor

Komponen	Tipe	Fungsi	Pin Koneksi
<b>Mikrokontroler</b>	ESP32 DevKit V4	Mengontrol seluruh sistem dan komunikasi dengan Firebase	-
<b>Sensor Suhu dan Kelembaban</b>	DHT22	Mengukur suhu dan kelembaban udara	VCC → 5V, GND → GND, Data → GPIO14
<b>Sensor Jarak</b>	HC-SR04	Mendeteksi keberadaan objek di depan sensor	VCC → 5V, GND → GND, Echo → GPIO17, Trig → GPIO16
<b>Sensor Cahaya</b>	LDR (Photoresistor)	Mengukur intensitas cahaya lingkungan	VCC → 5V, GND → GND, AO → GPIO35
<b>Koneksi Firebase</b>	Firestore Realtime Database	Menyimpan dan membaca data sensor secara real-time	Terkoneksi melalui WiFi dari ESP32

Tabel 1 menunjukkan desain sensor yang digunakan dalam sistem, termasuk jenis komponen, fungsi, dan pin koneksi pada ESP32. Mikrokontroler ESP32 DevKit V4 berperan sebagai pusat kendali yang menghubungkan sensor dengan Firebase. Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, sementara sensor HC-SR04 berfungsi mendeteksi objek berdasarkan jarak. Selain itu, sensor LDR digunakan untuk mengukur intensitas cahaya lingkungan. Data dari sensor-sensor ini dikirim dan disimpan secara real-time ke Firestore Realtime Database melalui koneksi WiFi pada ESP32.

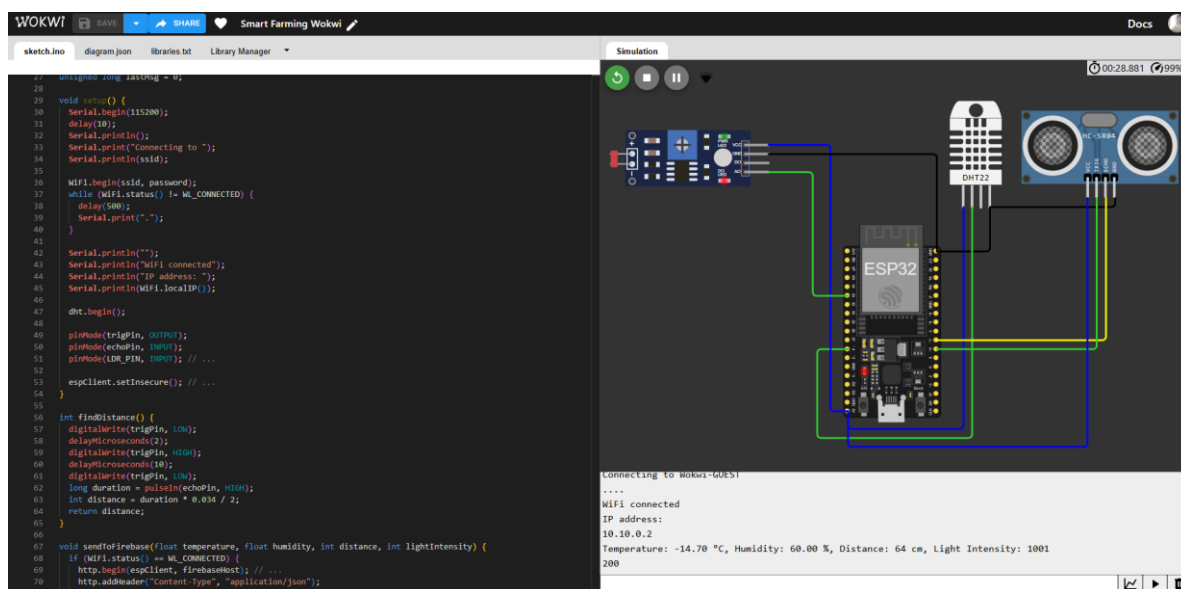
**Tabel 2.** Batasan

Kondisi	Parameter	Batas Nilai	Status
<b>Siang</b> (lightIntensity > 50)	Suhu (°C)	< 20	Heater On
		20 - 30	Good
		> 30	Cooler On
	Kelembaban (%)	< 40	Watering On
		40 - 60	Good
		> 60	Best
<b>Malam</b> (lightIntensity ≤ 50)	Suhu (°C)	< 15	Heater On
		15 - 25	Good
		> 25	Cooler On
	Kelembaban (%)	< 50	Watering On
		50 - 80	Good
		> 80	Best
<b>Jarak Objek</b>	Distance (cm)	< 30	Alarm On
		≥ 30	Alarm Off

Tabel 2 mendefinisikan batasan nilai parameter sensor untuk menentukan status sistem dalam berbagai kondisi lingkungan. Pada siang hari, jika suhu di bawah 20°C, pemanas diaktifkan, sementara suhu di atas 30°C memicu pendingin. Kelembaban udara di bawah 40% akan mengaktifkan penyiraman, sedangkan kelembaban optimal berkisar antara 40-60%. Pada malam hari, batas suhu dan kelembaban disesuaikan, dengan pemanas menyala di bawah 15°C dan penyiraman aktif jika kelembaban di bawah 50%. Selain itu, sistem akan mengaktifkan alarm jika objek terdeteksi dalam jarak kurang dari 30 cm [1].

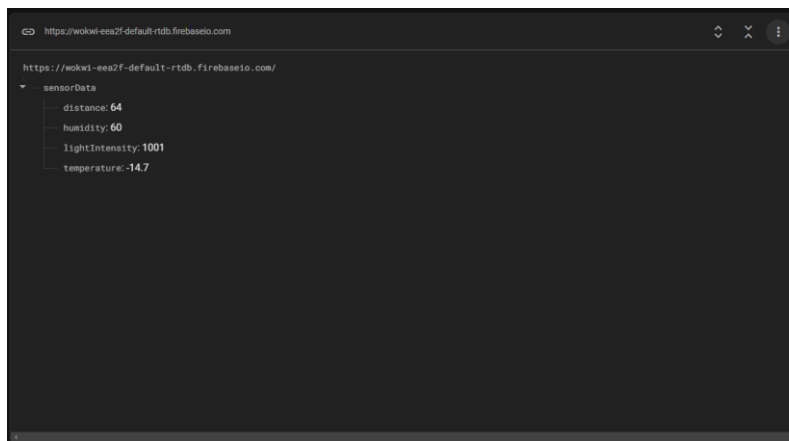
### 3.2. Simulasi

Tahap simulasi dilakukan untuk menguji integrasi sistem yang telah dirancang. Simulasi dijalankan pada Wokwi untuk merepresentasikan kerja sensor secara virtual, dengan data yang dikirim dan disimpan ke Firebase secara real-time. Selanjutnya, data tersebut ditampilkan pada antarmuka web untuk memvisualisasikan status sistem secara dinamis. Hasil simulasi didokumentasikan melalui capture dari Wokwi, Firebase, dan tampilan web selama sistem berjalan.



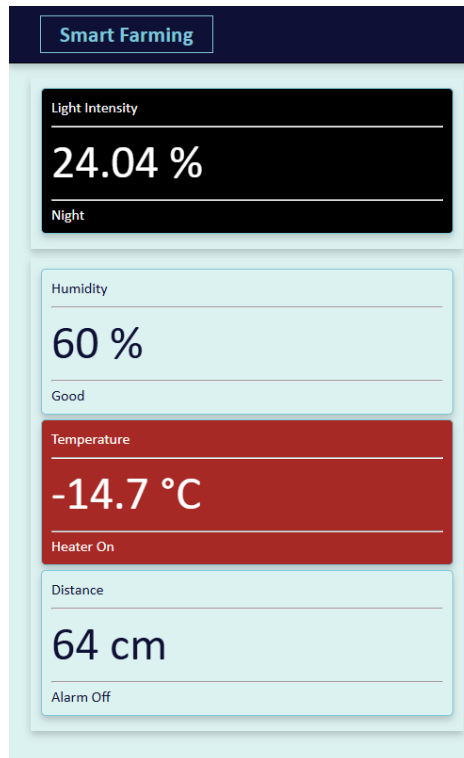
Gambar 1. Wokwi, <https://wokwi.com/projects/422130765250176001>

Gambar 1 menunjukkan simulasi sistem berbasis ESP32 yang dijalankan di platform Wokwi. Simulasi ini mencakup berbagai sensor, seperti DHT22 untuk suhu dan kelembaban, HC-SR04 untuk jarak, serta LDR untuk intensitas cahaya. Sistem terhubung ke Firebase untuk penyimpanan dan pemantauan data secara real-time. Melalui Wokwi, pengujian dan validasi algoritma dapat dilakukan sebelum implementasi pada perangkat fisik.



Gambar 2. Firebase

Gambar 2 menunjukkan tampilan Firebase Realtime Database yang digunakan untuk menyimpan data sensor secara real-time. Data yang tersimpan mencakup nilai distance, humidity, lightIntensity, dan temperature yang dikirim dari ESP32 melalui koneksi WiFi. Dalam contoh ini, nilai distance terdeteksi 64 cm, humidity 60%, lightIntensity 1001, dan temperature -14,7°C. Firebase memungkinkan sistem untuk membaca dan memperbarui data secara cepat, sehingga pemantauan kondisi lingkungan dapat dilakukan secara efisien.



Gambar 3. Web, <https://wokwi-smart-farming.vercel.app>

Gambar 3 menampilkan antarmuka web pemantauan smart farming yang dihosting di Vercel. Tampilan ini menampilkan kondisi lingkungan secara real-time berdasarkan data dari Firebase, termasuk Light Intensity, Humidity, Temperature, Distance, serta status Heater dan Alarm. Dalam contoh ini, Light Intensity tercatat sebesar 24.04%, yang diklasifikasikan sebagai Night, hasil dari proses kalibrasi nilai sensor LDR menggunakan JavaScript. Fungsi `calibrateLightIntensity()` mengonversi nilai mentah dari Firebase (1001) ke dalam skala 0 - 100%, dengan rentang kalibrasi antara 32 hingga 4063. Web ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi lingkungan dengan lebih intuitif dan akurat.

Tabel 3. Hasil Percobaan

Percobaan	LDR (%)	Temp (°C)	Humid (%)	Distance (cm)	Light Status	Temp Status	Humid Status	Alarm Status
1	5.16	-5.7	65.5	303	Night	Heater On	Good	Alarm Off
2	10	10.3	45	23	Night	Heater On	Watering On	Alarm On
3	30.51	12.54	30	3	Night	Heater On	Watering On	Alarm On
4	40.24	18.8	85	105	Night	Good	Best	Alarm Off
5	51.58	28.3	75.5	45	Day	Good	Best	Alarm Off
6	60.43	20.9	50.5	35	Day	Good	Good	Alarm Off
7	72.09	35.7	55	53	Day	Cooler On	Good	Alarm Off

Percobaan	LDR (%)	Temp (°C)	Humid (%)	Distance (cm)	Light Status	Temp Status	Humid Status	Alarm Status
8	85.61	25.1	35.5	15	Day	Good	Watering On	Alarm On
9	90.87	14.5	40	81	Day	Heater On	Good	Alarm Off
10	95.16	40	25	201	Day	Cooler On	Watering On	Alarm Off

Untuk menguji kinerja sistem, dilakukan 10 kali percobaan dengan data sensor yang dihasilkan secara acak dalam rentang nilai yang telah ditentukan. Setiap percobaan mencatat nilai dari sensor LDR, suhu, kelembaban, dan jarak, yang kemudian diproses menggunakan rule-based algorithm untuk menentukan status pencahayaan, suhu, kelembaban, dan alarm. Hasil pengujian dicatat dalam Tabel 3 untuk dianalisis lebih lanjut guna mengevaluasi keakuratan sistem dalam mengklasifikasikan kondisi lingkungan berdasarkan parameter yang telah ditentukan.

### 3.3. Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk menilai kesesuaian algoritma rule-based dalam menentukan status pencahayaan, suhu, kelembaban, dan alarm berdasarkan data sensor yang diperoleh dari simulasi. Hasil percobaan dilakukan sebanyak 10 kali dengan variasi nilai LDR, suhu, kelembaban, dan jarak untuk menguji apakah sistem merespons sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan. Berdasarkan hasil percobaan, seluruh keputusan yang dihasilkan oleh algoritma sesuai dengan aturan yang telah dirancang. Status pencahayaan (Day/Night) ditentukan berdasarkan nilai sensor LDR dengan ambang batas 50%, yang terbukti menghasilkan keputusan yang konsisten. Selain itu, status suhu (Temperature Status) menyesuaikan dengan kondisi siang dan malam, di mana pemanas (Heater) aktif saat suhu terlalu rendah, pendingin (Cooler) aktif saat suhu terlalu tinggi, dan dalam rentang yang sesuai dinyatakan "Good". Status kelembaban (Humidity Status) juga berfungsi dengan baik, dengan aktivasi penyiraman (Watering) saat kelembaban rendah, serta status "Good" atau "Best" saat kelembaban berada dalam rentang optimal. Sistem alarm juga menunjukkan kesesuaian dengan aturan, di mana alarm hanya aktif jika jarak objek yang terdeteksi kurang dari 30 cm. Dari evaluasi ini, dapat disimpulkan bahwa algoritma rule-based yang diterapkan telah bekerja dengan baik dan sesuai dengan ekspektasi. Tidak ditemukan inkonsistensi dalam pengambilan keputusan, yang menunjukkan bahwa aturan yang diterapkan sudah cukup efektif dalam mengelola skenario simulasi smart farming ini. Namun, dalam pengembangan lebih lanjut, pendekatan adaptif berbasis pembelajaran mesin dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan fleksibilitas dan akurasi dalam berbagai kondisi lingkungan yang lebih kompleks.

## 4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma Rule-Based yang diterapkan pada sistem smart farming berbasis Wokwi, Firebase, dan web mampu mengelola irigasi, pemanas, dan alarm secara otomatis berdasarkan data sensor. Hasil evaluasi menggunakan confusion matrix menunjukkan akurasi sempurna, kemungkinan karena penelitian ini masih berbasis simulasi, sehingga belum tentu menghasilkan performa serupa di dunia nyata. Untuk penelitian lanjutan, sistem ini dapat diterapkan secara langsung pada tanaman kecil atau terrarium, mengingat perangkat IoT umumnya berukuran ringkas dan berdaya rendah. Tanaman seperti kaktus, sukulen, atau terrarium seperti nepenthes dapat menjadi objek uji coba untuk mengukur efektivitasnya dalam kondisi nyata.

### Daftar Pustaka

- [1] R. A. Najikh, M. H. H. Ichsan, and W. Kurniawan, "Monitoring Kelembaban, Suhu, Intensitas Cahaya Pada Tanaman Anggrek Menggunakan ESP8266 Dan Arduino Nano," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 11, pp. 4607–4612, 2018.
- [2] B. Hamrouni, K. Fenik, and R. Babanoui, "AQUALINK IOT Platform for Smart Aquaculture in The Context of Industry 4.0," *Kasdi Merbah University Ouargla*, 2024.
- [3] P. Agithal Begam *et al.*, "Exploring Wokwi's Versatile Simulation Capabilities Across Microcontroller Architectures," *10th Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Syst. ICACCS 2024*, pp. 121–126, 2024, doi: 10.1109/ICACCS60874.2024.10716998.
- [4] N. S. Octavianti, W. A. Sulistiono, M. Rizky, and ..., "Rancangan Alat Pelacak Kelembaban

- Perkebunan Dan Pengukur Tinggi Air Sawah Berbasis Sensor,” *Sist. Inf.*, 2024.
- [5] A. H. Panah and S. Taghizadeh, “ROWIA: A Smart IoT-Based Reverse Osmosis Wastewater Irrigation System for Agriculture,” *2024 Int. Conf. Eng. Manag. Commun. Technol. EMCTECH 2024 - Proc.*, 2024, doi: 10.1109/EMCTECH63049.2024.10741619.
- [6] D. Djarah, T. E. Mehani, and M. R. Mimouni, “Management of an Intelligent Greenhouse System,” Kasdi Merbah University Ouargla, 2023.
- [7] A. V. Gorchakov, L. A. Demidova, and P. N. Sovietov, “A Rule-Based Algorithm and Its Specializations for Measuring the Complexity of Software in Educational Digital Environments,” *Computers*, vol. 13, no. 3, 2024, doi: 10.3390/computers13030075.
- [8] H. Al Karim, A. M. Olow, and M. Afifah, “Rules Based Algorithm for AI game JADDWAL,” *J. Tek. Inform. dan Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 64–67, 2022, doi: 10.55542/jurtie.v4i1.429.
- [9] Zulkhajji, Abdul Wahid, and Nur Ikhsan, “Pengembangan Prototype Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir Berbasis Android,” *J. Mediat.*, pp. 44–49, 2024, doi: 10.59562/mediatik.v7i2.2226.
- [10] J. Beese, M. K. Haki, S. Aier, and R. Winter, “Simulation-Based Research in Information Systems,” *Bus. Inf. Syst. Eng.*, vol. 61, no. 4, pp. 503–521, 2019, doi: 10.1007/s12599-018-0529-1.