



Sistem Monitoring Tanaman Hias Kaktus Berbasis Iot Menggunakan Arduino (Studi Kasus Di Toko Tanaman Hias Bahril Farm)

Firdaus Febriansyah^{1*}, Iman Saufik Suasana², Jarot Dian Susatyono³

^{1,2,3}Program Studi Sistem Komputer, Universitas Sains dan Teknologi Komputer Semarang, Indonesia

Email author: firdausfebrian@gmail.com¹, saufik@stekom.ac.id², jarot@stekom.ac.id³

Article Info

Article history:

Received July9, 2026

Revised July11, 2026

Accepted July 13, 2026

Available July 14, 2026

Published July 31, 2026

Keywords:

Arduino

Internet of Things

Monitoring System

Soil Moisture

Smart Agriculture

ABSTRACT

This study aims to develop an Internet of Things (IoT)-based monitoring and automatic watering system for cactus ornamental plants to improve accuracy and efficiency in plant care. The problem addressed is the conventional watering method that relies on time intervals without considering actual soil moisture conditions, which may lead to overwatering or underwatering. The research method used is Research and Development (R&D), involving system design, implementation, and testing. The system integrates Arduino Uno as a microcontroller, soil moisture sensor to detect soil humidity, DHT11 sensor to measure temperature and air humidity, and Wemos D1 Mini for internet connectivity. Data from sensors are processed and transmitted to a Firebase real-time database, then displayed on a web interface for remote monitoring and control. The system is designed to automatically activate the water pump when soil moisture is below a predefined threshold and deactivate it when optimal conditions are reached. The results show that the system can monitor environmental parameters in real-time, provide stable sensor readings, and control irrigation effectively. The developed system improves watering efficiency, reduces human error, and ensures optimal growing conditions for cactus plants.

Corresponding Author:

Firdaus Febriansyah,

Universitas Sains dan Teknologi Komputer

Jl. Majapahit No. 605 Semarang

Email: join@stekom.ac.id



1. INTRODUCTION

Perkembangan teknologi pada era revolusi industri 4.0 telah mendorong integrasi antara perangkat fisik dan sistem digital melalui konsep *Internet of Things* (IoT). IoT memungkinkan berbagai perangkat untuk saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet sehingga mampu meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam berbagai bidang, termasuk sektor pertanian dan hortikultura (Zanella et al., 2014). Teknologi ini memungkinkan pengumpulan data secara *real-time* serta pengambilan keputusan otomatis berbasis kondisi lingkungan (Zhai et al., 2020; Javaid et al., 2022). Penerapan IoT dalam bidang pertanian berkembang pesat dalam konsep *smart agriculture*, di mana sensor dan aktuator digunakan untuk memantau dan mengontrol kondisi tanaman secara presisi (Wolfert et al., 2017). Sistem monitoring berbasis IoT mampu meningkatkan produktivitas, efisiensi

penggunaan air (Dalal et al., 2025), serta mengurangi kesalahan manusia dalam proses perawatan tanaman (Li et al., 2020). Hal ini menunjukkan bahwa teknologi IoT memiliki peran strategis dalam modernisasi sektor pertanian.

Tanaman hias, khususnya kaktus, merupakan salah satu komoditas hortikultura yang banyak diminati karena karakteristiknya yang unik dan memiliki nilai estetika tinggi. Kaktus termasuk tanaman sukulen yang mampu menyimpan air pada batangnya, sehingga memiliki kebutuhan penyiraman yang berbeda dibandingkan tanaman lain. Namun demikian, kondisi kelembaban tanah yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pembusukan akar dan kematian tanaman, sehingga pengelolaan kelembaban tanah menjadi faktor krusial dalam budidaya kaktus (Diwanti, 2021; Zhang, et al., 2024).

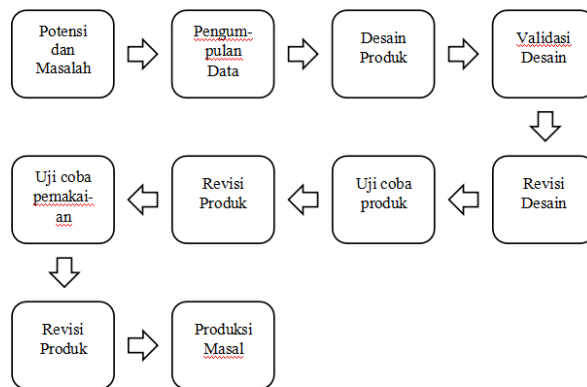
Permasalahan yang terjadi di lapangan, seperti pada Toko Tanaman Hias Bahril Farm, menunjukkan bahwa proses penyiraman masih dilakukan secara manual berdasarkan interval waktu tertentu tanpa mengetahui kondisi kelembaban tanah secara aktual. Pendekatan ini berpotensi menyebabkan ketidaktepatan dalam pemberian air, baik kelebihan maupun kekurangan, yang berdampak pada kualitas tanaman. Selain itu, keterbatasan dalam pemantauan kondisi lingkungan secara real-time menjadi kendala dalam optimalisasi perawatan tanaman. Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan akan sistem yang mampu melakukan monitoring kondisi lingkungan tanaman secara akurat, kontinu, dan berbasis data. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, parameter penting seperti kelembaban tanah, suhu, dan kelembaban udara dapat dipantau secara real-time serta dikendalikan dari jarak jauh (Samsugi et al., 2017). Sistem otomatisasi penyiraman berbasis sensor juga terbukti mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air serta menjaga kondisi tanaman tetap optimal (Husdi, 2018).

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring kelembaban tanah berbasis Arduino dan IoT. Penelitian oleh Oktavianus et al. (2017) menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis sensor mampu mendeteksi kelembaban tanah secara efektif, sedangkan penelitian oleh Nadzif et al. (2019) telah mengintegrasikan sistem monitoring dengan kontrol pompa air berbasis web. Namun, sebagian besar penelitian tersebut belum secara spesifik mempertimbangkan karakteristik tanaman kaktus yang membutuhkan tingkat kelembaban lebih rendah serta metode penyiraman yang berbeda.

Berdasarkan permasalahan dan kajian penelitian terdahulu, novelty dalam penelitian ini terletak pada pengembangan sistem monitoring dan kontrol penyiraman tanaman kaktus berbasis IoT yang disesuaikan dengan kebutuhan spesifik tanaman sukulen. Sistem ini mengintegrasikan sensor kelembaban tanah (*soil moisture sensor*) dan sensor suhu-kelembaban (DHT11) dengan mikrokontroler Arduino Uno serta modul komunikasi Wemos D1 Mini untuk transmisi data secara real-time ke platform berbasis web (Laha, et al., 2023). Selain itu, sistem ini dirancang tidak hanya untuk monitoring, tetapi juga untuk melakukan kontrol otomatis penyiraman berdasarkan ambang batas kelembaban yang sesuai dengan karakteristik tanaman kaktus. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pertanian cerdas (*smart agriculture*), khususnya pada perawatan tanaman hias berbasis IoT yang lebih adaptif, efisien, dan berbasis data.

2. METHOD

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk mengembangkan serta menguji sistem monitoring tanaman hias kaktus berbasis Internet of Things (IoT). Metode R&D digunakan karena penelitian tidak hanya berfokus pada analisis, tetapi juga menghasilkan produk berupa sistem yang dapat diimplementasikan secara langsung (Sugiyono, 2018).



Gambar 1. Skema penelitian R&D (Sumber: Sugiyono, 2018)

A. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian mengacu pada model R&D yang meliputi identifikasi masalah, pengumpulan data, perancangan sistem, implementasi, serta pengujian dan evaluasi. Pendekatan ini memungkinkan pengembangan sistem dilakukan secara iteratif hingga diperoleh hasil yang optimal (Gall et al., 2003).

B. Lokasi dan Pengumpulan Data

Penelitian dilaksanakan di Toko Tanaman Hias Bahril Farm, Kabupaten Demak. Teknik pengumpulan data meliputi observasi, wawancara, dan dokumentasi guna memperoleh informasi terkait proses perawatan tanaman kaktus dan kebutuhan sistem monitoring. Metode ini digunakan untuk memastikan sistem yang dikembangkan sesuai dengan kondisi lapangan (Sugiyono, 2012).

C. Perancangan Sistem

Sistem yang dikembangkan terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang saling terintegrasi (Deshpande et al., 2022). Perangkat keras meliputi Arduino Uno sebagai mikrokontroler, Wemos D1 Mini sebagai modul komunikasi, sensor DHT11 untuk pengukuran suhu dan kelembaban udara, serta *soil moisture sensor* untuk mengukur kelembaban tanah. Selain itu, digunakan relay dan pompa air sebagai aktuator penyiraman tanaman. Perangkat lunak terdiri dari Arduino IDE untuk pemrograman mikrokontroler serta web interface yang terhubung dengan Firebase sebagai database *real-time*. Penggunaan sensor dan konektivitas internet pada sistem ini merupakan implementasi konsep *smart agriculture* berbasis IoT (Wolfert et al., 2017).

D. Mekanisme Kerja Sistem

Sistem bekerja dengan membaca data dari sensor kemudian diproses oleh mikrokontroler. Nilai kelembaban tanah digunakan sebagai parameter utama dalam menentukan kondisi penyiraman. Jika nilai kelembaban berada di bawah ambang batas, maka sistem akan mengaktifkan pompa air secara otomatis, sedangkan jika nilai telah mencukupi, pompa akan dimatikan. Data hasil pembacaan sensor dan status pompa dikirimkan melalui jaringan internet menggunakan Wemos D1 Mini dan disimpan pada database Firebase, kemudian ditampilkan pada web interface secara *real-time*. Mekanisme ini mendukung monitoring dan kontrol jarak jauh sesuai konsep IoT (Zanella et al., 2014).

E. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja dan keakuratan sistem yang dikembangkan. Pengujian meliputi:

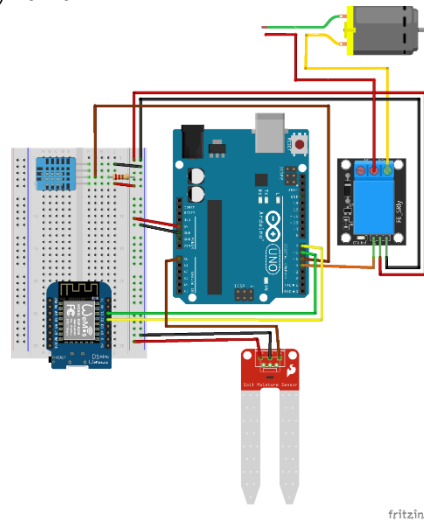
1. Pengujian sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara,
2. Pengujian *soil moisture sensor* untuk mengukur kelembaban tanah,
3. Pengujian sistem penyiraman otomatis dan kontrol manual pompa air,
4. Validasi sistem oleh ahli dan pengguna.

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan sistem dapat bekerja sesuai dengan rancangan serta mampu memberikan data yang akurat dalam mendukung proses perawatan tanaman (Husdi, 2018).

3. RESULT DAN ANALISIS

A. Implementasi Sistem

Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem monitoring dan kontrol penyiraman tanaman kaktus berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak. Sistem ini dirancang untuk memantau kondisi lingkungan tanaman secara *real-time* sekaligus melakukan kontrol penyiraman secara otomatis maupun manual. Pada sisi perangkat keras, sistem terdiri dari Arduino Uno sebagai pusat kendali, sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, serta *soil moisture sensor* untuk mendeteksi kelembaban tanah. Selain itu, digunakan Wemos D1 Mini sebagai modul komunikasi berbasis WiFi yang memungkinkan sistem terhubung ke jaringan internet, serta relay dan pompa air sebagai aktuator penyiraman.



Gambar 2. Rangkaian Sistem Monitoring tanaman hias kaktus berbasis IoT menggunakan arduino

Keterangan Rangkaian:

- 1) Pompa Air berfungsi untuk memompa air dari tempat penyimpanan air ke kaktus.
- 2) Wemos D1 Mini berfungsi untuk menghubungkan sistem monitoring ke internet.
- 3) Relay berfungsi sebagai sakelar untuk pompa air.
- 4) DHT11 berfungsi untuk mendapatkan suhu dan kelembaban ruangan.
- 5) Arduino Uno sebagai *microcontroller* sistem monitoring.
- 6) Soil Moisture Sensor berfungsi untuk mendapatkan tingkat kelembaban tanah.

Pada sisi perangkat lunak, sistem memanfaatkan Firebase sebagai database *real-time* untuk menyimpan dan mengelola data sensor, serta web interface sebagai media visualisasi data dan kontrol sistem. Informasi yang ditampilkan meliputi suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah, dan status pompa air.



Gambar 3. Tampilan Web Interface Sistem

Pada gambar di atas, dalam satu halaman web interface dibagi menjadi empat bagian informasi yaitu temperature, humidity, soil moisture, dan status. Bagian temperature berisi informasi suhu ruangan yang didapatkan dari sensor DHT11, bagian humidity berisi informasi kelembaban ruangan yang didapatkan dari sensor DHT11, bagian soil moisture berisi informasi kelembaban tanah yang didapatkan dari soil moisture sensor, dan status yang berisi informasi status pompa air yang di dalamnya terdapat tombol untuk mengaktifkan pompa air secara manual. Integrasi antara sensor, mikrokontroler, dan web interface menunjukkan implementasi konsep IoT yang memungkinkan monitoring dan kontrol sistem secara jarak jauh (Daud, et al., 2025). Hal ini sejalan dengan penelitian Zanella et al. (2014) yang menyatakan bahwa IoT mampu menghubungkan perangkat fisik dengan sistem digital untuk menghasilkan sistem yang cerdas dan responsif.

B. Analisis Mekanisme Kerja Sistem

Sistem bekerja secara kontinu dengan membaca data dari sensor, kemudian memproses data tersebut pada mikrokontroler untuk menentukan aksi yang diperlukan. Parameter utama dalam sistem ini adalah nilai kelembaban tanah yang menjadi dasar pengambilan keputusan penyiraman. Berdasarkan hasil implementasi, sistem menggunakan ambang batas kelembaban tanah yaitu:

- a. $< 10\%$ → pompa air aktif
- b. $\geq 20\%$ → pompa air nonaktif

Rentang ambang batas ini disesuaikan dengan karakteristik tanaman kaktus yang membutuhkan kondisi tanah relatif kering. Pemilihan ambang batas ini menjadi salah satu aspek penting karena kesalahan dalam penentuan nilai dapat menyebabkan overwatering atau underwatering. Selain mode otomatis, sistem juga menyediakan kontrol manual melalui web interface. Hal ini memberikan fleksibilitas bagi pengguna untuk melakukan intervensi jika diperlukan. Data yang dihasilkan sensor dikirimkan ke Firebase dan ditampilkan secara *real-time*, sehingga pengguna dapat memantau kondisi tanaman tanpa harus berada di lokasi. Pendekatan ini menunjukkan penerapan konsep *smart monitoring system* yang tidak hanya mengandalkan otomatisasi, tetapi juga menyediakan kontrol berbasis pengguna (Wolfert et al., 2017).

C. Analisis Hasil Pengujian Sensor

1. Sensor DHT11

Berdasarkan hasil pengujian, sensor DHT11 menunjukkan nilai suhu rata-rata sekitar 28°C dengan variasi yang relatif kecil.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor DHT11

No	Nilai Suhu DHT11 di Mikrokontroler	Nilai Suhu di Web Interface
1.	28.40	28
2.	28.50	28
3.	28.30	28
4.	28.40	28
5.	28.30	28

6.	28.70	28
7.	28.50	28
8.	28.30	28
9.	28.60	28
10.	28.40	28

Sumber: Data diolah (2026)

Berdasarkan hasil pengujian sensor DHT11, diperoleh nilai suhu yang terbaca pada mikrokontroler berada pada rentang 28,30°C hingga 28,70°C, sedangkan nilai yang ditampilkan pada web interface cenderung konstan pada angka 28°C. Perbedaan ini menunjukkan adanya proses pembulatan (*rounding*) pada tampilan web, sehingga data yang ditampilkan lebih sederhana namun tetap merepresentasikan kondisi suhu secara umum. Dari hasil tersebut, dapat diketahui bahwa variasi nilai suhu yang dihasilkan sensor relatif kecil dengan selisih maksimum sekitar 0,4°C. Hal ini menunjukkan bahwa sensor DHT11 memiliki tingkat kestabilan yang cukup baik dalam melakukan pengukuran suhu pada kondisi lingkungan yang relatif konstan. Stabilitas ini penting dalam sistem monitoring karena dapat menjamin konsistensi data yang digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan.

Selisih antara nilai pada mikrokontroler dan web interface tidak menunjukkan adanya kesalahan sistem yang signifikan, melainkan lebih disebabkan oleh proses pengolahan data sebelum ditampilkan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem transmisi data dari sensor ke web interface berjalan dengan baik tanpa adanya kehilangan data yang berarti. Selain itu, nilai suhu yang diperoleh berada dalam kisaran $\pm 28^\circ\text{C}$, yang masih termasuk dalam rentang suhu ideal untuk pertumbuhan tanaman kaktus, yaitu sekitar 18°C hingga 29°C. Hal ini menunjukkan bahwa lingkungan pengujian mendukung kondisi optimal bagi tanaman, serta sistem monitoring mampu memberikan informasi yang relevan untuk pengambilan keputusan perawatan. Jika ditinjau secara kritis, sensor DHT11 memiliki keterbatasan dalam hal akurasi dan resolusi, dengan tingkat akurasi sekitar $\pm 2^\circ\text{C}$. Oleh karena itu, meskipun hasil pengujian menunjukkan kestabilan yang baik, penggunaan sensor dengan akurasi lebih tinggi seperti DHT22 atau sensor digital lainnya dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan kualitas data pada penelitian selanjutnya (Li et al., 2020). Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DHT11 mampu bekerja dengan baik dalam sistem monitoring yang dikembangkan, dengan tingkat kestabilan yang cukup dan hasil yang relevan terhadap kebutuhan sistem, meskipun masih terdapat peluang peningkatan pada aspek akurasi dan presisi pengukuran. Nilai suhu tersebut berada dalam rentang optimal bagi tanaman kaktus, yaitu antara 18°C hingga 29°C. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu memantau kondisi lingkungan yang sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor DHT11 Kelembaban Udara

No	Nilai Kelembaban DHT11 di Mikrokontroler	Nilai Kelembaban di Web Interface
1.	74.00	74%
2.	74.00	74%
3.	74.00	74%
4.	74.00	74%
5.	74.00	74%
6.	74.00	74%
7.	74.00	74%
8.	74.00	74%
9.	74.00	74%
10.	74.00	74%

Sumber: Data diolah (2026)

Berdasarkan hasil pengujian, nilai kelembaban udara yang diukur oleh sensor DHT11 menunjukkan angka yang konstan, yaitu sebesar 74% baik pada mikrokontroler maupun pada web interface. Hal ini menunjukkan bahwa proses pembacaan, pengolahan, dan pengiriman data dari sensor ke sistem berjalan dengan baik tanpa adanya perbedaan nilai. Konsistensi nilai yang dihasilkan

mengindikasikan bahwa sensor memiliki tingkat stabilitas yang tinggi dalam kondisi lingkungan yang relatif tidak berubah. Selain itu, tidak adanya selisih antara data mikrokontroler dan web interface menunjukkan bahwa sistem transmisi data bekerja secara akurat dan tidak mengalami kehilangan atau distorsi data. Namun demikian, nilai yang cenderung konstan juga dapat menunjukkan bahwa kondisi lingkungan selama pengujian tidak mengalami perubahan signifikan. Oleh karena itu, untuk analisis yang lebih komprehensif, pengujian pada kondisi lingkungan yang lebih bervariasi perlu dilakukan. Secara keseluruhan, sensor DHT11 mampu memberikan data kelembaban yang stabil dan dapat diandalkan untuk kebutuhan monitoring dalam sistem yang dikembangkan.

2. Soil Moisture Sensor

Pengujian *soil moisture sensor* menunjukkan bahwa sensor mampu membaca nilai kelembaban tanah secara konsisten pada berbagai kondisi.

Tabel 3. Hasil Pengujian Soil Moisture Sensor

No	Nilai Kelembaban Tanah	Status Pompa Air
1.	40.18	Mati
2.	17.60	Mati
3.	19.55	Mati
4.	19.75	Mati
5.	17.40	Mati
6.	17.50	Mati
7.	18.48	Mati
8.	19.35	Mati
9.	17.30	Mati
10.	18.28	Mati

Sumber: Data diolah (2026)

Berdasarkan hasil pengujian, nilai kelembaban tanah yang diperoleh berada pada rentang 17,30% hingga 40,18%, dengan status pompa air tetap dalam kondisi mati pada seluruh pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kelembaban tanah masih berada di atas ambang batas minimum yang telah ditentukan untuk mengaktifkan pompa air. Rentang nilai tersebut mengindikasikan bahwa kondisi tanah berada pada kategori cukup lembap hingga tidak terlalu kering, sehingga sistem tidak memicu proses penyiraman otomatis. Hal ini sesuai dengan logika sistem yang hanya akan mengaktifkan pompa ketika kelembaban tanah berada di bawah batas tertentu.

Selain itu, konsistensi status pompa yang tetap mati menunjukkan bahwa sistem kontrol bekerja dengan baik dan tidak terjadi kesalahan dalam pengambilan keputusan. Sehingga, sensor kelembaban tanah mampu memberikan data yang relevan sebagai dasar kontrol penyiraman. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga kondisi tanah agar tidak terlalu basah maupun terlalu kering, sesuai dengan kebutuhan tanaman kaktus. Sensor ini berperan penting dalam sistem karena menjadi parameter utama dalam pengambilan keputusan penyiraman (Handreck, 2008). Keakuratan sensor sangat berpengaruh terhadap performa sistem secara keseluruhan. Hal ini sejalan dengan penelitian Husdi (2018) yang menyatakan bahwa *soil moisture sensor* merupakan komponen kunci dalam sistem monitoring kelembaban tanah berbasis Arduino.

D. Analisis Kinerja Sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja sesuai dengan perancangan. Beberapa aspek kinerja yang dianalisis meliputi:

1. Keakuratan Monitoring
Sistem mampu menampilkan data suhu, kelembaban udara, dan kelembaban tanah secara *real-time* melalui web interface. Hal ini menunjukkan bahwa proses akuisisi dan transmisi data berjalan dengan baik.
2. Respons Sistem terhadap Perubahan Kondisi

Sistem mampu merespons perubahan kelembaban tanah dengan mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air secara otomatis. Respons ini menunjukkan bahwa logika kontrol yang diterapkan berjalan sesuai dengan algoritma yang dirancang.

3. Konektivitas IoT

Penggunaan Wemos D1 Mini memungkinkan sistem terhubung ke internet dan mengirimkan data ke Firebase secara stabil. Hal ini mendukung implementasi sistem monitoring jarak jauh.

4. Efisiensi Penyiraman

Adanya sistem otomatis membuat penyiraman tanaman menjadi lebih efisien karena hanya dilakukan saat diperlukan. Hal ini dapat mengurangi pemborosan air serta mencegah kerusakan tanaman akibat kelebihan air (Li et al., 2020).

4. DISCUSSION/CONCLUSION

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, sistem monitoring tanaman hias kaktus berbasis IoT yang dikembangkan telah mampu menjalankan fungsi utamanya, yaitu memantau kondisi lingkungan dan mengontrol penyiraman secara otomatis. Sistem berhasil mengintegrasikan sensor, mikrokontroler, dan web interface dalam satu kesatuan yang saling terhubung. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan IoT yang diterapkan efektif dalam mendukung proses monitoring dan pengendalian tanaman secara *real-time*. Temuan ini sejalan dengan konsep IoT yang memungkinkan pengumpulan dan pengolahan data secara kontinu untuk mendukung pengambilan keputusan otomatis (Zanella et al., 2014).

Dari sisi monitoring, penggunaan sensor DHT11 dan *soil moisture sensor* mampu memberikan data lingkungan yang cukup stabil dan konsisten. Nilai suhu dan kelembaban udara yang diperoleh menunjukkan kondisi yang masih berada dalam rentang optimal untuk pertumbuhan tanaman kaktus, sehingga sistem dapat berfungsi sebagai alat bantu dalam menjaga kondisi lingkungan tanaman. Namun demikian, jika ditinjau secara kritis, sensor DHT11 memiliki keterbatasan dalam hal akurasi dan resolusi dibandingkan sensor yang lebih modern. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun sistem sudah berjalan dengan baik, terdapat peluang peningkatan kualitas data melalui penggunaan sensor dengan spesifikasi yang lebih tinggi (Li et al., 2020).

Pada aspek kontrol, sistem mampu mengaktifkan dan menonaktifkan pompa air berdasarkan nilai ambang kelembaban tanah yang telah ditentukan. Mekanisme ini terbukti efektif dalam mencegah kondisi tanah yang terlalu kering maupun terlalu basah, yang merupakan faktor utama penyebab kerusakan pada tanaman kaktus. Dibandingkan metode penyiraman manual yang sebelumnya digunakan, sistem ini memberikan pendekatan berbasis data yang lebih akurat dan konsisten. Hal ini sesuai dengan prinsip *precision agriculture*, di mana keputusan diambil berdasarkan kondisi aktual lingkungan (Wolfert et al., 2017).

Selain itu, integrasi sistem dengan web interface memberikan nilai tambah berupa kemudahan akses dan kontrol jarak jauh. Pengguna dapat memantau kondisi tanaman serta mengendalikan pompa air tanpa harus berada di lokasi. Fitur ini menjadi salah satu keunggulan utama sistem karena meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga dalam perawatan tanaman. Implementasi ini menunjukkan bahwa penggunaan teknologi IoT tidak hanya meningkatkan akurasi monitoring, tetapi juga meningkatkan fleksibilitas dan kenyamanan pengguna dalam mengelola sistem (Samsugi et al., 2017).

Meskipun demikian, sistem yang dikembangkan masih memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, sistem hanya diuji pada satu tanaman sehingga belum dapat merepresentasikan kondisi pada skala yang lebih besar. Kedua, belum terdapat fitur notifikasi otomatis yang dapat memberikan peringatan kepada pengguna saat kondisi tertentu terjadi. Ketiga, sistem masih bergantung pada koneksi internet, sehingga kinerja sistem dapat terganggu apabila terjadi gangguan jaringan. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut diperlukan, seperti penambahan multi-sensor, peningkatan akurasi perangkat, serta integrasi sistem notifikasi untuk meningkatkan keandalan dan skalabilitas sistem. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan telah berhasil menjawab permasalahan utama dalam perawatan tanaman kaktus, yaitu ketidakpastian dalam pengukuran kelembaban tanah dan pemberian air. Dengan pendekatan berbasis IoT, sistem ini mampu memberikan solusi yang lebih efisien, akurat, dan adaptif dibandingkan metode konvensional, serta berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut dalam implementasi *smart agriculture* yang lebih luas.

REFERENCES

- [1] J. Dalal, K. Mittal, and R. Bhatia, "Smart soil moisture monitoring using IoT and wireless sensor network for precision agriculture," *Jagannath University Journal of Research and Review (JUJRR)*, vol. 1, no. 2, 2025.
- [2] G. Deshpande, G. Mangesh, K. Jayesh, and K. Vishal, "IoT-based low-cost soil moisture and soil temperature monitoring system," *International Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 10, no. 10, 2022. doi: 10.48550/arXiv.2206.07488.
- [3] D. P. Diwanti, "Pemanfaatan pekarangan rumah warga dengan teknik budidaya tanaman kaktus hias," *MARTABE: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 4, no. 1, 2021.
- [4] S. Daud, M. Hairul, and R. A. Rahman, "IoT-based smart agriculture monitoring system," presented at the National Conference In Education-Technical & Vocational Training 2024 (Cie-Tvet 2024), Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah, 2025.
- [5] K. Handreck, *Good Gardens with Less Water*. Collingwood, VIC, Australia: CSIRO Publishing, 2008.
- [6] S. R. Laha, K. P. Binod, P. Saumendra, and M. Debashree, "An IoT-based soil moisture management system for precision agriculture: Real-time monitoring and automated irrigation control," in *Proc. 2023 4th Int. Conf. Smart Electron. Commun. (ICOSEC)*, 2023.
- [7] L. Li, Q. Zhang, and D. Huang, "A review of imaging techniques for plant phenotyping," *Sensors*, vol. 20, no. 3, pp. 1–20, 2020.
- [8] R. Oktavianus, I. Isnawaty, and N. F. Muchlis, "Desain dan implementasi sistem monitoring kelembaban tanah berbasis Android," *SemanTIK*, vol. 3, no. 2, pp. 2–6, Jul.–Des. 2017.
- [9] Husdi, "Monitoring kelembaban tanah pertanian menggunakan soil moisture sensor FC-28 dan Arduino Uno," *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 2018.
- [10] S. Samsugi et al., "Internet of Things (IoT): Sistem kendali jarak jauh berbasis Arduino dan modul WiFi ESP8266," 2017.
- [11] Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Bandung, Indonesia: Alfabeta, 2012.
- [12] Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung, Indonesia: Alfabeta, 2018.
- [13] S. Wolfert, L. Ge, C. Verdouw, and M. J. Bogaardt, "Big data in smart farming – A review," *Agricultural Systems*, vol. 153, pp. 69–80, 2017.
- [14] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi, "Internet of Things for smart cities," *IEEE Internet Things J.*, vol. 1, no. 1, pp. 22–32, 2014.
- [15] X. Zhang, G. Feng, and X. Sun, "Soil moisture monitoring technologies in precision agriculture: A review," *J. Agric. Food Res.*, 2024.