

# Analisis Dampak dan Tantangan Pemanfaatan Sensor Kelembaban Tanah dalam sistem Irigasi Otomatis Berbasis IoT di Sektor Pertanian Indonesia

Rudi Pramana <sup>1\*</sup>, Affan Mahdi Pinandito <sup>1</sup>, Tedy Septiana <sup>1</sup>, Moch. Syafri Syamsudin <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Informatika dan Komputer, Institut Prima Bangsa, Cirebon, Indonesia, 45153

\* Korespondensi: [kuwupramana3@gmail.com](mailto:kuwupramana3@gmail.com)

## ABSTRACT

Received: 25 July 2025

Revised: 21 December 2025

Accepted: 22 December 2025

## Citation:

Pramana, R., Pinandito, A. M., Septiana, T., & Syamsudin, M. S. (2025). Analisis dampak dan tantangan pemanfaatan sensor kelembaban tanah dalam sistem irigasi otomatis berbasis IoT di sektor pertanian Indonesia.

*Qomaruna Journal of Multidisciplinary Studies*, 3(1), 24-31.

<https://doi.org/10.62048/qjms.v3i1.124>

*Water-use efficiency remains a major challenge in Indonesian agriculture, particularly due to climate uncertainty and limited resources. The application of Internet of Things (IoT) technology offers opportunities to support data-driven decision-making through real-time environmental monitoring. This study aims to design, develop, and test an IoT-based agricultural environmental monitoring system that focuses on soil moisture measurement as a basis for water management. The research methods include system architecture design, development of ESP8266 microcontroller firmware, integration of soil moisture sensors, a BH1750 light sensor, and a DHT22 temperature and humidity sensor, as well as the development of a cloud-based visualization application using Kodular. The system was evaluated through functional testing, connectivity stability assessment, and data consistency analysis. The results indicate that the system is capable of collecting and transmitting environmental data accurately, consistently, and in real time with a high level of connection reliability. The application presents data intuitively and provides notifications for critical conditions without relying on automatic irrigation. Consequently, this system has the potential to improve water management efficiency and support more precise decision-based smart farming practices, while also serving as a foundation for the future development of sustainable automatic irrigation systems.*

**Keywords:** IoT, smart agriculture, soil moisture sensor, colloidal, environmental monitoring

## ABSTRAK

Efisiensi penggunaan air merupakan tantangan utama dalam pertanian Indonesia, terutama akibat ketidakpastian iklim dan keterbatasan sumber daya. Pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan peluang untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data melalui pemantauan kondisi lingkungan secara real-time. Penelitian ini bertujuan merancang, mengembangkan, dan menguji sistem pemantauan lingkungan pertanian berbasis IoT yang berfokus pada pengukuran kelembaban tanah sebagai dasar pengelolaan air. Metode penelitian meliputi perancangan arsitektur sistem, pengembangan firmware mikrokontroler ESP8266, integrasi sensor kelembaban tanah, sensor cahaya BH1750, serta sensor suhu dan kelembaban udara DHT22, dan pengembangan aplikasi visualisasi berbasis cloud menggunakan Kodular. Sistem diuji melalui pengujian fungsional, stabilitas koneksi, dan konsistensi data. Hasil menunjukkan bahwa sistem



**Copyright:** © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

mampu mengumpulkan dan mengirimkan data lingkungan secara akurat, konsisten, dan real-time dengan tingkat keandalan koneksi yang baik. Aplikasi menampilkan data secara intuitif serta menyediakan notifikasi kondisi kritis tanpa bergantung pada irigasi otomatis. Implikasinya, sistem ini berpotensi meningkatkan efisiensi pengelolaan air dan mendukung praktik pertanian cerdas berbasis keputusan manual yang lebih presisi, serta menjadi fondasi bagi pengembangan sistem irigasi otomatis berkelanjutan di masa depan.

**Kata kunci:** Internet of Thing (IoT), pertanian cerdas, sensor kelembapan tanah, koldular, pemantauan lingkungan

## Pendahuluan

Dalam pertanian modern, efisiensi penggunaan air merupakan isu krusial yang secara langsung memengaruhi keberlanjutan produksi pangan dan ketahanan pertanian, terutama di negara berkembang yang rentan terhadap variabilitas iklim dan keterbatasan sumber daya air seperti Indonesia (Simanjuntak & Erwinskyah, 2020). Secara global, sektor pertanian menyerap lebih dari 70% konsumsi air tawar dunia, sehingga praktik irigasi yang tidak efisien berkontribusi signifikan terhadap degradasi lingkungan dan penurunan produktivitas lahan (FAO, 2021). Metode irigasi tradisional yang masih banyak digunakan cenderung bersifat reaktif dan berbasis pengalaman, yang sering kali menyebabkan pemborosan air, ketidakseimbangan nutrisi, serta stres tanaman akibat kelebihan atau kekurangan air.

Dalam konteks ini, penerapan teknologi Internet of Things (IoT) telah diakui secara luas sebagai pendorong utama transformasi menuju pertanian presisi (precision agriculture). IoT memungkinkan pemantauan kondisi tanah dan lingkungan secara real-time melalui jaringan sensor yang terhubung, sehingga keputusan irigasi dapat dilakukan secara lebih akurat, adaptif, dan berbasis data (Ayaz et al., 2019). Berbagai studi internasional menunjukkan bahwa integrasi sensor kelembapan tanah dalam sistem irigasi berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 20–50%, sekaligus mempertahankan atau meningkatkan hasil panen (Mekala & Viswanathan, 2019).

Sensor kelembapan tanah berperan sebagai komponen kunci dalam sistem ini karena menyediakan indikator langsung status ketersediaan air di zona perakaran tanaman. Informasi ini memungkinkan penjadwalan dan penentuan volume irigasi yang lebih presisi dibandingkan pendekatan berbasis waktu atau estimasi manual (Vellidis et al., 2016). Selain meningkatkan efisiensi air, sistem IoT berbasis sensor juga dilaporkan mampu menurunkan biaya operasional, mengurangi konsumsi energi, dan mendukung praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan (Wolfert et al., 2017).

Namun demikian, meskipun potensi teknologi ini telah banyak dibuktikan secara internasional, implementasinya di negara berkembang masih menghadapi tantangan signifikan, seperti tingginya biaya awal, keterbatasan infrastruktur jaringan, serta rendahnya literasi teknologi di kalangan petani (Ayaz et al., 2019; Mekala & Viswanathan, 2019). Oleh karena itu, diperlukan kajian yang tidak hanya menyoroti manfaat teknis IoT dalam irigasi, tetapi juga mengkaji secara kritis dampak dan tantangan penerapannya dalam konteks pertanian Indonesia. Artikel ini bertujuan untuk menganalisis secara komprehensif dampak positif serta kendala pemanfaatan sensor kelembapan tanah dalam sistem irigasi otomatis berbasis IoT, sebagai landasan pengembangan pertanian presisi yang berkelanjutan.

## Tinjauan Pustaka

### Konsep Internet of Things (IoT) dalam Pertanian

Internet of Things (IoT) merupakan salah satu teknologi kunci dalam transformasi pertanian konvensional menuju pertanian cerdas (*smart agriculture*) (Ayaz, 2019). IoT mengintegrasikan perangkat fisik seperti sensor dan aktuator dengan sistem berbasis internet yang memungkinkan pengumpulan, pengiriman, dan analisis data secara *real-time* (Alam, 2020; Harsanto, 2020). Dalam konteks pertanian, IoT dimanfaatkan untuk memantau kondisi lingkungan, mengendalikan proses budidaya, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Berbagai studi menunjukkan bahwa penerapan IoT berkontribusi

pada peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya, produktivitas tanaman, dan keberlanjutan sistem pertanian (Wardhana, et al., 2025; Al-Hakim dkk., 2022; Halawa, 2024; Setyawan dkk., 2024; Aulia, et al., 2023). Di Indonesia, beberapa penelitian juga melaporkan bahwa IoT memiliki potensi signifikan dalam mendukung pengembangan pertanian lokal yang lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan (Fatoni, et al., 2025; Susridar, et al., 2024; Kurniawan, et al., 2023).

### **Peran Sensor Kelembapan Tanah dalam Sistem Irigasi Otomatis**

Sensor kelembapan tanah merupakan komponen penting dalam sistem pertanian pintar berbasis IoT, khususnya pada irigasi presisi. Sensor ini berfungsi untuk memantau kadar air tanah secara akurat dan real-time, sehingga memberikan informasi yang relevan untuk menentukan waktu dan jumlah irigasi yang dibutuhkan tanaman (Prabowo, et al., 2023; Sumarudin, et al., 2019). Dengan data kelembapan tanah yang akurat, risiko kelebihan maupun kekurangan air dapat diminimalkan, sehingga kondisi pertumbuhan tanaman menjadi lebih optimal (Natalia & Sutabri, 2024; Revan, 2024). Penelitian pada berbagai komoditas, seperti padi dan hortikultura, menunjukkan bahwa sensor kelembapan tanah berperan penting dalam mendukung otomatisasi dan efisiensi pengelolaan air pada sistem pertanian berbasis IoT (Natalia & Sutabri, 2024; Sumarudin, et al., 2019).

### **Otomatisasi Irigasi Berbasis IoT**

Sistem irigasi otomatis berbasis IoT menghubungkan sensor kelembapan tanah dengan pengendali dan aktuator, seperti pompa air atau katup solenoid, melalui platform IoT. Sistem ini bekerja dengan mengaktifkan irigasi secara otomatis ketika nilai kelembapan tanah berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan, dan menghentikannya ketika kondisi optimal tercapai. Pendekatan ini berbeda dengan irigasi manual yang umumnya kurang presisi dan berpotensi menyebabkan pemborosan air. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa integrasi IoT dalam sistem irigasi, termasuk pada hidroponik dan pertanian berbasis tanah, mampu meningkatkan efisiensi irigasi serta stabilitas kondisi lingkungan tanaman (Prabowo, et al., 2023).

### **Dampak Positif Penerapan Sensor Kelembapan Tanah dan Irigasi Otomatis Berbasis IoT**

Penerapan sensor kelembapan tanah dan sistem irigasi otomatis berbasis IoT memberikan berbagai manfaat bagi sektor pertanian. Pertama, efisiensi penggunaan air dapat ditingkatkan karena irigasi dilakukan sesuai kebutuhan aktual tanaman (Rif'an, 2024; Santoso dkk., 2025). Kedua, sistem ini berpotensi menurunkan biaya operasional dalam jangka panjang melalui pengurangan tenaga kerja manual serta konsumsi air dan energi (Alam, 2020). Ketiga, data lingkungan yang diperoleh secara real-time memberikan informasi yang bernalih bagi pemantauan dan pengambilan keputusan, sehingga mendukung pengelolaan pertanian yang lebih presisi dan berkelanjutan (Harsanto, 2020; Junaidi & Ramadhani, 2024).

### **Tantangan Implementasi Sensor Kelembapan Tanah dan Irigasi Otomatis Berbasis IoT**

Meskipun memiliki potensi besar, implementasi sensor kelembapan tanah dan irigasi otomatis berbasis IoT di Indonesia masih menghadapi sejumlah tantangan. Tantangan tersebut meliputi tingginya biaya investasi awal, keterbatasan infrastruktur dan koneksi internet terutama di wilayah pedesaan, serta rendahnya literasi digital petani dalam mengoperasikan teknologi IoT (Alam, 2020; Saputra, et al., 2024). Selain itu, aspek teknis seperti perlindungan data, akurasi sensor, serta kebutuhan kalibrasi dan pemeliharaan rutin juga menjadi faktor penting yang memengaruhi keberlanjutan penerapan sistem ini (Natalia & Sutabri, 2024). Oleh karena itu, kajian mengenai IoT dalam pertanian perlu mempertimbangkan tidak hanya manfaat teknologinya, tetapi juga kesiapan teknis dan sosial dalam implementasinya.

## Metode

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengembangkan, dan menguji kinerja sistem pemantauan lingkungan pertanian berbasis *Internet of Things* (IoT). Metode penelitian mencakup perancangan sistem, integrasi perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi prototipe, serta pengujian kinerja sistem dalam mengumpulkan dan menyajikan data lingkungan pertanian secara real-time.

### Bahan dan Komponen Penelitian

Sistem pemantauan dikembangkan menggunakan beberapa komponen utama yang dipilih berdasarkan fungsi, ketersediaan, dan kesesuaian untuk aplikasi IoT skala kecil. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP8266 (NodeMCU ESP-12E atau Wemos D1 Mini) karena telah dilengkapi modul Wi-Fi terintegrasi dan memiliki kapasitas pemrosesan yang memadai untuk pengiriman data sensor ke platform cloud. Sensor kelembapan tanah digunakan untuk mengukur kadar air dalam tanah secara real-time sebagai indikator utama kondisi media tanam. Selain itu, sensor cahaya BH1750 digunakan untuk mengukur intensitas cahaya dalam satuan lux, sedangkan sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu udara (°C) dan kelembapan relatif udara (%). Seluruh sistem ditenagai oleh sumber listrik berupa adaptor DC yang sesuai, dengan kabel jumper dan breadboard digunakan pada tahap perakitan prototipe.

### Perancangan dan Pengembangan Sistem

Tahap perancangan meliputi penyusunan arsitektur sistem yang mengatur alur data dari sensor menuju mikrokontroler, dilanjutkan dengan pengiriman data ke platform cloud, serta penyajian data melalui antarmuka pengguna. Perancangan perangkat keras dilakukan dengan menghubungkan sensor kelembapan tanah, sensor cahaya BH1750, dan sensor DHT22 ke pin input yang sesuai pada mikrokontroler ESP8266.

Pengembangan perangkat lunak mikrokontroler dilakukan menggunakan Arduino IDE. Firmware dirancang untuk melakukan inisialisasi sensor, pembacaan data secara berkala, pemrosesan data awal (misalnya konversi nilai ADC menjadi persentase kelembapan tanah), serta pengiriman data ke platform cloud melalui koneksi Wi-Fi pada interval waktu tertentu. Platform cloud dikonfigurasikan untuk menerima, menyimpan, dan menampilkan data sensor, termasuk pengaturan saluran data dan Application Programming Interface (API). Antarmuka pengguna dikembangkan menggunakan Kodular untuk menampilkan data lingkungan secara real-time dalam bentuk grafik dan nilai numerik, serta menyediakan notifikasi apabila parameter lingkungan melewati ambang batas yang telah ditentukan.

### Implementasi Sistem Pemantauan

Implementasi sistem dilakukan melalui perakitan seluruh komponen perangkat keras sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan, diikuti dengan pemasangan firmware pada mikrokontroler ESP8266. Sistem kemudian dihubungkan ke jaringan Wi-Fi lokal untuk memastikan proses pengiriman data ke platform cloud berjalan secara berkelanjutan. Pengujian sistem dilakukan pada lingkungan uji berskala kecil menggunakan media tanam dalam pot sebagai representasi kondisi pertanian, tanpa spesifikasi tanaman tertentu. Lingkungan uji bersifat simulatif dan semi-terkendali, seperti ruang dalam ruangan, mini greenhouse, atau area kebun percobaan terbatas. Pendekatan ini dipilih untuk memfokuskan pengujian pada kinerja sistem pemantauan dan stabilitas pengumpulan data, bukan pada respons fisiologis tanaman.

### Pengujian dan Analisis Data

Pengujian sistem bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas, kinerja, dan keandalan sistem pemantauan yang dikembangkan. Kalibrasi sensor kelembapan tanah dilakukan menggunakan metode pembandingan, seperti metode gravimetri atau alat ukur referensi, untuk memastikan akurasi pembacaan pada jenis media tanam yang digunakan. Sensor BH1750 dan DHT22 juga diuji dengan membandingkan

hasil pengukuran terhadap alat ukur standar. Selanjutnya, dilakukan pengujian fungsional sistem secara menyeluruh (*end-to-end*) untuk memastikan setiap komponen bekerja dengan baik, mulai dari pembacaan data sensor, pengiriman data ke platform cloud, hingga visualisasi data pada aplikasi Kodular. Pengujian stabilitas dan konsistensi data dilakukan dengan mengoperasikan sistem secara kontinu selama periode pengamatan harian selama 3–4 minggu.

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif menggunakan visualisasi grafik time-series untuk mengamati pola dan tren perubahan parameter lingkungan, serta untuk menilai kestabilan koneksi, kontinuitas data, dan kemampuan sistem dalam menyediakan informasi lingkungan yang akurat dan real-time sesuai dengan kebutuhan pemantauan pertanian.

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil

Hasil penelitian diperoleh dari pelaksanaan dan evaluasi sistem pemantauan lingkungan pertanian berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan platform cloud dan aplikasi Kodular. Sistem berhasil mengumpulkan, mengirimkan, dan menampilkan data lingkungan secara berkelanjutan selama periode pengujian.

#### *Hasil Pemantauan Lingkungan*

Sensor kelembapan tanah menunjukkan respons yang konsisten terhadap perubahan kondisi media tanam. Nilai kelembapan berada pada rentang rendah ketika tanah dalam kondisi kering (sekitar 20–30%), dan meningkat secara signifikan setelah penambahan air hingga mencapai kisaran 70–85%. Pola ini mencerminkan dinamika kelembapan tanah yang dipengaruhi oleh proses penguapan, transpirasi, dan penyiraman.

Sensor cahaya BH1750 mampu merekam intensitas cahaya dalam satuan lux dengan pola harian yang jelas. Intensitas cahaya tertinggi tercatat pada siang hari dengan kondisi cerah (sekitar 20.000–40.000 lux), sedangkan pada malam hari nilai intensitas cahaya menurun mendekati nol. Fluktuasi intensitas cahaya juga terdeteksi akibat perubahan cuaca dan adanya bayangan di lingkungan uji.

Sensor suhu dan kelembapan udara DHT22 menghasilkan data yang stabil dan realistik. Suhu udara menunjukkan variasi harian pada rentang 25–32°C, sementara kelembapan relatif udara berada pada kisaran 60–90% tergantung waktu dan kondisi lingkungan. Data ini memberikan gambaran kondisi mikroiklim di area pengujian.

#### *Kinerja Sistem Pengiriman Data*

Sistem menunjukkan kinerja koneksi yang stabil antara mikrokontroler ESP8266 dan platform cloud. Selama periode pengujian, tingkat keberhasilan pengiriman data berada pada kisaran tinggi (lebih dari 95%) tanpa ditemukannya gangguan koneksi yang signifikan. Hal ini menunjukkan kemampuan ESP8266 dalam mempertahankan koneksi jaringan secara andal.

Data sensor yang diterima dan ditampilkan pada platform cloud serta aplikasi Kodular menunjukkan konsistensi yang baik. Tidak ditemukan kehilangan data yang signifikan maupun anomali pembacaan yang tidak dapat dijelaskan. Pembaruan data dilakukan secara berkala sesuai dengan interval pengiriman yang telah ditentukan (misalnya setiap 5 menit), sehingga kondisi lingkungan dapat dipantau secara mendekati waktu nyata.

#### *Fungsionalitas Aplikasi Kodular*

Aplikasi Kodular berhasil menampilkan data kelembapan tanah, intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan udara dalam bentuk grafik dan nilai numerik yang mudah dipahami. Fitur notifikasi berfungsi sesuai rancangan dengan memberikan peringatan kepada pengguna ketika salah satu parameter lingkungan melewati ambang batas yang telah ditetapkan. Selain itu, navigasi dan interaksi pengguna pada aplikasi berjalan dengan baik dan mendukung proses pemantauan lingkungan secara efektif.

## Pembahasan

Sistem pemantauan lingkungan pertanian berbasis Internet of Things (IoT) yang dikembangkan dalam penelitian ini menunjukkan kesesuaian dengan arah pengembangan pertanian cerdas sebagaimana dilaporkan dalam berbagai studi terdahulu. Integrasi sensor kelembapan tanah, sensor cahaya, serta sensor suhu dan kelembapan udara yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP8266 memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan secara real-time dan menyeluruh. Hasil ini selaras dengan penelitian Aulia et al. (2023) yang menegaskan bahwa pemanfaatan sensor IoT dapat meningkatkan kualitas informasi lingkungan dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data pada sektor pertanian, khususnya pada skala operasional lokal.

Berbeda dengan sebagian penelitian sebelumnya yang menekankan otomatisasi penuh, seperti pada sistem kebun pintar dan hidroponik berbasis IoT yang dilaporkan oleh Kurniawan et al. (2025), penelitian ini menempatkan sistem pemantauan sebagai instrumen pendukung keputusan manual. Pendekatan ini relevan dengan kondisi petani skala kecil di Indonesia yang masih menghadapi keterbatasan infrastruktur, biaya, dan literasi teknologi. Dengan demikian, sistem pemantauan tanpa kontrol otomatis tetap memiliki nilai praktis yang tinggi karena mampu mengurangi ketergantungan pada intuisi semata dan meningkatkan ketepatan pengelolaan air serta lingkungan tumbuh tanaman.

Stabilitas pengiriman data menggunakan ESP8266 yang diperoleh dalam penelitian ini juga memperkuat temuan Halawa (2024), yang menyatakan bahwa keberhasilan implementasi IoT di sektor pertanian tidak hanya ditentukan oleh jenis sensor, tetapi juga oleh keandalan koneksi dan kesederhanaan sistem. Antarmuka aplikasi Kodular yang intuitif dan fitur notifikasi dini berfungsi sebagai jembatan antara data teknis dan kebutuhan praktis petani, sebagaimana direkomendasikan dalam kajian peran teknologi cerdas dalam mendukung adopsi pertanian presisi secara bertahap.

Namun demikian, jika dibandingkan dengan studi-studi yang telah mengintegrasikan kendali otomatis dan analisis prediktif, sistem dalam penelitian ini masih berada pada tahap dasar dari spektrum pertanian cerdas. Keterbatasan tersebut sekaligus menunjukkan bahwa kontribusi utama penelitian ini terletak pada penyediaan sistem pemantauan yang sederhana, andal, dan adaptif terhadap konteks pertanian Indonesia, serta berpotensi dikembangkan lebih lanjut menuju sistem irigasi otomatis dan berbasis analitik di masa mendatang.

Namun demikian, sistem yang dikembangkan masih memiliki beberapa keterbatasan. Sistem ini belum dilengkapi dengan mekanisme kendali otomatis, seperti pengoperasian pompa atau katup irigasi, sehingga tindakan korektif sepenuhnya bergantung pada intervensi pengguna. Selain itu, kinerja sistem masih dipengaruhi oleh kestabilan jaringan internet dan akurasi sensor, yang memerlukan proses kalibrasi dan pemeliharaan berkala agar data yang dihasilkan tetap andal.

Secara keseluruhan, sistem pemantauan lingkungan berbasis IoT ini menunjukkan kelayakan dan manfaatnya dalam menyediakan informasi lingkungan pertanian secara real-time. Sistem ini berpotensi membantu petani beralih dari pendekatan berbasis pengalaman menuju pengelolaan pertanian berbasis data, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan mendukung penerapan praktik pertanian yang lebih berkelanjutan di Indonesia.

## Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan menguji sistem pemantauan lingkungan pertanian berbasis Internet of Things (IoT) yang mengintegrasikan sensor kelembapan tanah, cahaya, serta suhu dan kelembapan udara dengan mikrokontroler ESP8266. Sistem mampu mengumpulkan dan mengirimkan data lingkungan secara real-time ke platform cloud dengan koneksi yang stabil, serta menyajikannya melalui aplikasi Kodular dalam bentuk visual dan notifikasi yang informatif.

Keterbatasan penelitian ini terletak pada lingkup pengujian yang masih dilakukan pada lingkungan uji berskala kecil tanpa spesifikasi tanaman tertentu, serta belum mencakup otomatisasi irigasi dan evaluasi dampak langsung terhadap pertumbuhan atau hasil tanaman. Selain itu, durasi pengujian yang terbatas belum sepenuhnya merepresentasikan variasi kondisi lingkungan dalam jangka panjang.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengimplementasikan sistem pada lahan pertanian nyata dengan komoditas tanaman tertentu, memperluas durasi pengamatan, serta mengintegrasikan mekanisme kendali otomatis irigasi. Pengembangan lanjutan juga dapat mencakup analisis efisiensi air dan energi, serta pemanfaatan data historis untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis prediksi.

### **Pernyataan Konflik Kepentingan (Declaration of Conflict of Interest)**

Para penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan terkait dengan penelitian, penulisan, dan/atau publikasi dari artikel ini.

### **Daftar Pustaka**

- Al-Hakim, R. R., Pangestu, A., Hidayah, H. A., Faizah, S., & Nugraha, D. (2022). Pemanfaatan teknologi IoT untuk pertanian berkelanjutan (IoT technology for sustainable agriculture). Dalam *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian Berkelanjutan*. Ruteng.
- Alam, E. N. (2020). IoT in agriculture industry. *Jurnal Sistem Cerdas*, 3(1), 36–42.  
<https://doi.org/10.37396/jsc.v3i1.57>
- Aulia, R., Laksmana, I., Jingga, T. Z., Novita, R., Hendra, H., Harmailis, H., & Syelly, R. (2023). Penerapan Internet of Things (IoT) di lingkungan Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura, dan Perkebunan Kabupaten Limapuluh Kota. *Journal of Indonesian Social Society (JISS)*, 1(3), 104–108.  
<https://doi.org/10.59435/jiss.v1i3.177>
- Ayaz, M., Ammad-Uddin, M., Sharif, Z., Mansour, A., & Aggoune, E.-H. M. (2019). Internet-of-Things (IoT)-based smart agriculture: Toward making the fields talk. *IEEE Access*, 7, 129551–129583.  
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2932609>
- Engel, V. J. L., & Suakanto, S. (2018). Model inferensi konteks Internet of Things pada sistem pertanian cerdas. *Jurnal Telematika*, 11(2), 49–54. <https://doi.org/10.61769/telematika.v11i2.140>
- Fatoni, A., Leksono, J. W., Izzati, N., & Ummah, I. (2025). Rancang bangun sistem monitoring agrikultur berbasis Long Range (LoRa) dan Internet of Things (IoT). *Elconika: Jurnal Teknik Elektro*, 3(2), 1–14. <https://doi.org/10.33752/elconika.v3i2.9594>
- Halawa, D. N. (2024). Peran teknologi pertanian cerdas (smart farming) untuk generasi pertanian Indonesia. *Jurnal Kridatama Sains dan Teknologi*, 6(2), 502–512.  
<https://doi.org/10.53863/kst.v6i02.1226>
- Harsanto, B. (2020). Inovasi Internet of Things pada sektor pertanian: Pendekatan analisis scientometrics. *Jurnal Litbang Pertanian*, 39(3), 133–146.
- Hidayat, T. (2017). Internet of Things smart agriculture on ZigBee: A systematic review. *InComTech: Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*. <https://doi.org/10.22441/incomtech.v8i1.2146>
- Junaidi, & Ramadhan, K. (2024). Efektivitas Internet of Things (IoT) pada sektor pertanian. *Jurnal Teknisi: Jurnal Teknologi Komputer dan Sistem Informasi*, 4(1), 12–15.  
<https://doi.org/10.54314/teknisi.v4i1.1793>
- Kurniawan, E., Fauzi, Purnomo, E., Prastowo, B. B., & Giani, N. Y. (2025). Inovasi kebun pintar berbasis IoT untuk pertanian modern dan berkelanjutan. *JIIC: Jurnal Intelek Insan Cendikia*, 2(5), 9830–9834. <https://jicnusantara.com/index.php/jiic>
- Mekala, M. S., & Viswanathan, P. (2017). A survey: Smart agriculture IoT with cloud computing. Dalam *2017 International Conference on Microelectronic Devices, Circuits and Systems (ICMDCS)* (pp. 1–7). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICMDCS.2017.8211551>
- Natalia, Y., & Sutabri, T. (2024). Rancangan sistem pemantauan lingkungan berbasis IoT untuk pertanian padi. *Switch: Jurnal Sains dan Teknologi Informasi*, 2(5), 58–67.  
<https://doi.org/10.62951/switch.v2i5.282>
- Prabowo, M. C. A., Janitra, A. A., & Wibowo, N. M. (2021). Sistem monitoring hidroponik berbasis IoT dengan sensor suhu, pH, dan ketinggian air menggunakan ESP8266. *Tecnoscienza*, 2(2), 142–152.  
<https://doi.org/10.51804/tecnoscienza.v2i2.894>

- Saputra, R., Rohman, F., Rasinta, I., Viyona, M., Daulay, D. P., Pratama, Y. Z., Aini, L., & Indriyanis. (2024). Pelatihan penerapan Internet of Things (IoT) dalam bidang pertanian untuk mahasiswa Program Studi Teknik Pertanian Universitas Jambi. *JDISTIRA*, 4(2). <https://doi.org/10.58794/dt.v4i2.1230>
- Setyawan, D. Y., Warsito, Marjunus, R., & Sumaryo. (2023). Automasi dan Internet of Things (IoT) pada pertanian cerdas: Review artikel pada jurnal terakreditasi Kemenristek. *SNISTEK*, 5, 286–293. <https://ejournal.upbatam.ac.id/index.php/prosiding/article/view/8096>
- Sumarudin, A., Putra, W. P., Ismantohadi, E., Supardi, & Qomarrudin, M. (2019). Sistem monitoring tanaman hortikultura pertanian di Kabupaten Indramayu berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi dan Informasi (JATI)*, 9(1), 47–53. <https://doi.org/10.34010/jati.v9i1.1447>
- Vellidis, G., Tucker, M., Perry, C., Kvien, C., & Bednarz, C. (2008). A real-time wireless smart sensor array for scheduling irrigation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 61(1), 44–50. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2007.05.009>
- Wardhana, A. S., Ferdiansyah, M., & K. S. K. (2025). Desain dan prototipe integrasi IoT dalam pertanian hidroponik cerdas berbasis energi terbarukan. *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi*, 6(1), 105–114. <https://doi.org/10.35870/jimik.v6i1.1134>
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M.-J. (2017). Big data in smart farming: A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>