

Integrasi Teknologi Smart Farming untuk Mitigasi Risiko Gagal Panen pada Lahan Pertanian Skala Kecil

Achmed Abdillah ^{1)*} , Ach. Nur Maulidi ²⁾ 

¹⁾ ²⁾ Universitas Madura, Pamekasan, Indonesia

¹⁾ achmedabdillah18@gmail.com, ²⁾ maulidiachnur@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi digital telah mendorong penerapan Smart Farming sebagai solusi untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi sektor pertanian. Teknologi ini mengintegrasikan Internet of Things (IoT), sensor lingkungan, dan sistem monitoring berbasis data untuk membantu petani mengelola lahan secara lebih efektif. Namun, petani skala kecil masih menghadapi risiko gagal panen akibat perubahan cuaca, kekeringan, kelembapan tanah yang tidak stabil, serta keterbatasan akses informasi mengenai kondisi lahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana integrasi teknologi Smart Farming dapat digunakan sebagai upaya mitigasi risiko gagal panen pada lahan pertanian skala kecil. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan penelitian terapan. Data diperoleh melalui observasi, studi literatur, dan pengumpulan data sensor yang meliputi suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah, intensitas cahaya, dan curah hujan. Data dianalisis secara deskriptif untuk mengidentifikasi kondisi lahan dan potensi risiko yang dapat memengaruhi hasil panen. Penelitian menghasilkan rancangan sistem Smart Farming yang mengintegrasikan sensor IoT, basis data, dan dashboard monitoring. Sistem mampu melakukan pemantauan kondisi lahan secara real-time, menampilkan parameter lingkungan secara otomatis, serta menyediakan notifikasi peringatan dini ketika kondisi lahan berada di luar batas optimal pertumbuhan tanaman. Integrasi sistem memungkinkan petani memperoleh informasi yang lebih akurat untuk menentukan tindakan pengelolaan lahan. Integrasi teknologi Smart Farming berpotensi mengurangi risiko gagal panen melalui pemantauan kondisi lahan yang lebih efektif dan pengambilan keputusan berbasis data. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi digital dapat mendukung peningkatan produktivitas pertanian skala kecil. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada implementasi sistem secara langsung di lapangan dan pengembangan model prediksi berbasis kecerdasan buatan untuk meningkatkan akurasi mitigasi risiko.

Kata Kunci: Smart Farming, Internet of Things, Pertanian Digital, Mitigasi Risiko, Gagal Panen, Pertanian Skala Kecil.

Article history: Received 5 April 2026, first decision 22 April 2026, accepted 22 August 2026, available online 28 October 2026

I. PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan salah satu pilar utama dalam mendukung ketahanan pangan dan perekonomian nasional[1]. Di Indonesia, sebagian besar aktivitas pertanian masih didominasi oleh petani skala kecil yang mengelola lahan dengan luas terbatas dan sumber daya yang relatif minim. Meskipun memiliki peran penting dalam penyediaan bahan pangan, petani skala kecil menghadapi berbagai tantangan yang berpotensi menyebabkan gagal panen. Risiko tersebut dapat berasal dari perubahan iklim yang tidak menentu, serangan hama dan penyakit tanaman, keterbatasan akses informasi, kesalahan dalam pengelolaan irigasi, serta kurangnya pemantauan kondisi lahan secara berkelanjutan. Kondisi ini mengakibatkan produktivitas pertanian menjadi tidak stabil dan berdampak langsung pada kesejahteraan petani[2].

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong transformasi digital di berbagai sektor, termasuk pertanian[3]. Konsep pertanian modern yang dikenal sebagai Smart Farming muncul sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan sistem pertanian. Smart Farming mengintegrasikan berbagai teknologi seperti Internet of Things (IoT), sensor lingkungan, kecerdasan buatan (Artificial Intelligence), komputasi awan (Cloud Computing), analisis data, serta sistem pendukung keputusan untuk membantu petani dalam mengelola lahan secara lebih efektif[4]. Melalui pemanfaatan teknologi tersebut, data mengenai kondisi tanah, kelembapan udara,

* Achmed Abdillah

suhu lingkungan, curah hujan, dan kesehatan tanaman dapat diperoleh secara real-time sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat[5].

Dalam beberapa tahun terakhir, implementasi Smart Farming telah menunjukkan hasil yang menjanjikan di berbagai negara. Penggunaan sensor tanah dan sistem irigasi otomatis terbukti mampu mengurangi pemborosan air sekaligus meningkatkan kualitas tanaman. Selain itu, penerapan teknologi berbasis kecerdasan buatan dapat membantu memprediksi serangan hama dan penyakit tanaman sebelum mencapai tingkat yang merugikan[6]. Teknologi analitik data juga memungkinkan identifikasi pola pertumbuhan tanaman dan faktor-faktor yang memengaruhi hasil panen. Dengan demikian, Smart Farming tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantauan, tetapi juga sebagai sistem mitigasi risiko yang mampu mengurangi kemungkinan terjadinya gagal panen[7].

Namun demikian, penerapan teknologi Smart Farming pada lahan pertanian skala kecil masih menghadapi berbagai kendala[8]. Salah satu tantangan utama adalah tingginya biaya investasi teknologi dibandingkan dengan kemampuan ekonomi petani kecil. Selain itu, tingkat literasi digital yang masih rendah menyebabkan sebagian petani kesulitan dalam mengoperasikan perangkat dan memanfaatkan data yang dihasilkan[9]. Keterbatasan infrastruktur jaringan internet di wilayah pedesaan juga menjadi hambatan dalam penerapan sistem pertanian berbasis digital. Akibatnya, banyak solusi Smart Farming yang telah dikembangkan belum dapat diimplementasikan secara optimal pada skala usaha tani kecil[10].

Di sisi lain, perkembangan teknologi sensor dan perangkat IoT yang semakin terjangkau membuka peluang baru bagi penerapan Smart Farming yang lebih inklusif. Saat ini tersedia berbagai perangkat monitoring lingkungan dengan biaya relatif rendah namun memiliki kemampuan yang cukup baik dalam mengumpulkan data pertanian. Integrasi teknologi tersebut dengan aplikasi berbasis web maupun mobile memungkinkan petani memperoleh informasi kondisi lahan secara mudah dan cepat. Informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan waktu penyiraman, pemupukan, pengendalian hama, hingga prediksi hasil panen sehingga risiko kerugian dapat diminimalkan[11].

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu penelitian yang mengkaji bagaimana integrasi berbagai teknologi Smart Farming dapat diterapkan secara efektif pada lahan pertanian skala kecil sebagai upaya mitigasi risiko gagal panen. Penelitian ini menjadi penting karena sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak berfokus pada penerapan teknologi di lahan pertanian berskala besar yang memiliki dukungan infrastruktur dan modal yang memadai[12]. Sementara itu, kebutuhan petani kecil memiliki karakteristik yang berbeda sehingga diperlukan pendekatan yang lebih sederhana, ekonomis, dan mudah diimplementasikan[13].

Penelitian ini akan mengidentifikasi teknologi Smart Farming yang relevan untuk diterapkan pada lahan pertanian skala kecil, menganalisis faktor-faktor risiko yang dapat menyebabkan gagal panen, serta merancang model integrasi teknologi yang mampu mendukung proses pengambilan keputusan petani secara lebih tepat. Dengan adanya integrasi antara sensor lingkungan, sistem monitoring berbasis IoT, dan analisis data pertanian, diharapkan dapat tercipta sistem yang mampu memberikan peringatan dini terhadap potensi gangguan yang dapat mengancam keberhasilan panen[14].

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang informatika, khususnya pada penerapan teknologi digital untuk sektor pertanian[15]. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi pemerintah, akademisi, maupun pelaku industri dalam merancang solusi Smart Farming yang sesuai dengan kebutuhan petani skala kecil[16]. Dengan penerapan teknologi yang tepat, risiko gagal panen dapat diminimalkan sehingga produktivitas pertanian meningkat, kesejahteraan petani terjaga, dan ketahanan pangan nasional dapat diperkuat secara berkelanjutan[17].

II. TINJAUAN PUSTAKA

Smart Farming merupakan konsep modern dalam pengelolaan pertanian yang memanfaatkan teknologi digital untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan kegiatan budidaya. Konsep ini mengintegrasikan berbagai teknologi seperti Internet of Things (IoT), sensor lingkungan, kecerdasan buatan, komputasi awan, serta analisis data untuk mendukung proses pengambilan keputusan dalam pertanian[18]. Melalui penerapan Smart Farming, berbagai

kondisi yang terjadi pada lahan dapat dipantau secara real-time sehingga petani mampu melakukan tindakan yang lebih cepat dan tepat[19]. Penerapan Smart Farming memungkinkan proses pengelolaan pertanian dilakukan secara berbasis data. Informasi mengenai suhu udara, kelembapan tanah, intensitas cahaya, curah hujan, hingga kondisi kesehatan tanaman dapat dikumpulkan secara otomatis dan dianalisis untuk menghasilkan rekomendasi tindakan yang sesuai[20]. Dengan demikian, penggunaan sumber daya seperti air, pupuk, dan pestisida menjadi lebih efisien serta mampu mengurangi risiko kerugian akibat kesalahan pengelolaan lahan[21].

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik saling terhubung melalui jaringan internet untuk mengumpulkan, mengirimkan, dan bertukar data secara otomatis[22]. Dalam sektor pertanian, IoT berperan sebagai media penghubung antara sensor, perangkat monitoring, dan sistem pengolahan data[23]. Sensor yang ditempatkan pada lahan pertanian dapat mengukur berbagai parameter lingkungan seperti kelembapan tanah, suhu udara, tingkat keasaman tanah, dan kondisi cuaca[24]. Data yang diperoleh kemudian dikirim ke server atau platform digital untuk dianalisis lebih lanjut. Hasil analisis dapat ditampilkan melalui aplikasi berbasis web atau perangkat mobile sehingga petani dapat memantau kondisi lahan kapan saja dan di mana saja. Keunggulan utama IoT dalam pertanian terletak pada kemampuannya menyediakan informasi secara real-time[25]. Informasi tersebut dapat digunakan untuk mendeteksi potensi permasalahan sejak dini, seperti kekurangan air, perubahan kondisi lingkungan yang ekstrem, atau indikasi serangan hama yang dapat memengaruhi produktivitas tanaman[26].

Mitigasi risiko gagal panen merupakan serangkaian upaya yang dilakukan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kerugian akibat penurunan hasil produksi pertanian[27]. Risiko gagal panen dapat disebabkan oleh berbagai faktor, baik yang berasal dari lingkungan maupun kesalahan dalam pengelolaan budidaya. Faktor-faktor tersebut meliputi perubahan cuaca yang tidak menentu, kekeringan, banjir, serangan hama dan penyakit tanaman, serta ketidaktepatan dalam pemberian air dan pupuk[28]. Pendekatan mitigasi risiko yang berbasis teknologi memberikan peluang untuk meningkatkan kemampuan deteksi dini terhadap berbagai ancaman yang dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman[29]. Melalui sistem monitoring yang terintegrasi, kondisi lahan dapat diamati secara berkelanjutan sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan sebelum risiko berkembang menjadi kerusakan yang lebih besar[30]. Dengan demikian, peluang keberhasilan panen dapat meningkat dan kerugian ekonomi yang dialami petani dapat diminimalkan[31][32].

Integrasi teknologi dalam pertanian skala kecil menjadi salah satu pendekatan yang relevan untuk menjawab tantangan produktivitas dan keterbatasan sumber daya[33]. Integrasi tersebut dilakukan dengan menggabungkan sensor lingkungan, perangkat IoT, sistem penyimpanan data, serta aplikasi monitoring dalam satu ekosistem yang saling terhubung. Sistem yang terintegrasi memungkinkan proses pengumpulan, pengolahan, dan penyajian informasi dilakukan secara otomatis[34]. Pada lahan pertanian skala kecil, kebutuhan utama terletak pada solusi yang sederhana, mudah digunakan, dan memiliki biaya implementasi yang terjangkau[35]. Oleh karena itu, pemanfaatan perangkat sensor berbiaya rendah dan aplikasi berbasis mobile menjadi alternatif yang sesuai untuk mendukung aktivitas pertanian[36]. Integrasi teknologi tersebut tidak hanya membantu petani dalam memantau kondisi lahan, tetapi juga mendukung proses pengambilan keputusan yang lebih efektif berdasarkan data aktual yang diperoleh dari lapangan[37]. Penerapan integrasi teknologi Smart Farming pada pertanian skala kecil diharapkan mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan lahan, mengurangi risiko gagal panen[38], serta mendukung terciptanya sistem pertanian yang lebih produktif dan berkelanjutan[39]. Dengan adanya dukungan teknologi digital, petani dapat memperoleh informasi yang akurat dan tepat waktu sehingga berbagai tindakan pengelolaan dapat dilakukan secara lebih optimal[40].

III. METODE

A. Perancangan Sistem Smart Farming

Penelitian ini berfokus pada perancangan sistem Smart Farming yang mampu membantu petani dalam memantau kondisi lahan pertanian secara real-time untuk mengurangi risiko gagal panen. Sistem dirancang dengan mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT), sensor lingkungan, basis data, dan dashboard monitoring dalam satu kesatuan sistem yang saling terhubung [41].

Pada tahap perancangan, sensor ditempatkan pada lahan pertanian untuk mengukur berbagai parameter lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman [42]. Data yang diperoleh dari sensor dikirimkan melalui jaringan internet menuju server untuk disimpan dan diproses [43]. Hasil pengolahan data kemudian ditampilkan pada dashboard monitoring sehingga petani dapat mengetahui kondisi lahan secara langsung melalui perangkat komputer maupun telepon pintar [44].

Selain fungsi monitoring, sistem juga dirancang untuk memberikan notifikasi peringatan dini apabila terdapat kondisi lingkungan yang berada di luar batas optimal pertumbuhan tanaman [45]. Dengan adanya fitur tersebut, petani dapat melakukan tindakan pencegahan lebih cepat sehingga risiko gagal panen dapat diminimalkan.

B. Perancangan Akuisisi Data

Akuisisi data dirancang untuk memperoleh informasi kondisi lingkungan pertanian secara otomatis dan berkelanjutan. Data yang dikumpulkan berasal dari beberapa sensor yang dipasang pada area pertanian. Sensor bekerja dengan membaca kondisi lingkungan pada interval waktu tertentu dan mengirimkan hasil pembacaan ke sistem [46].

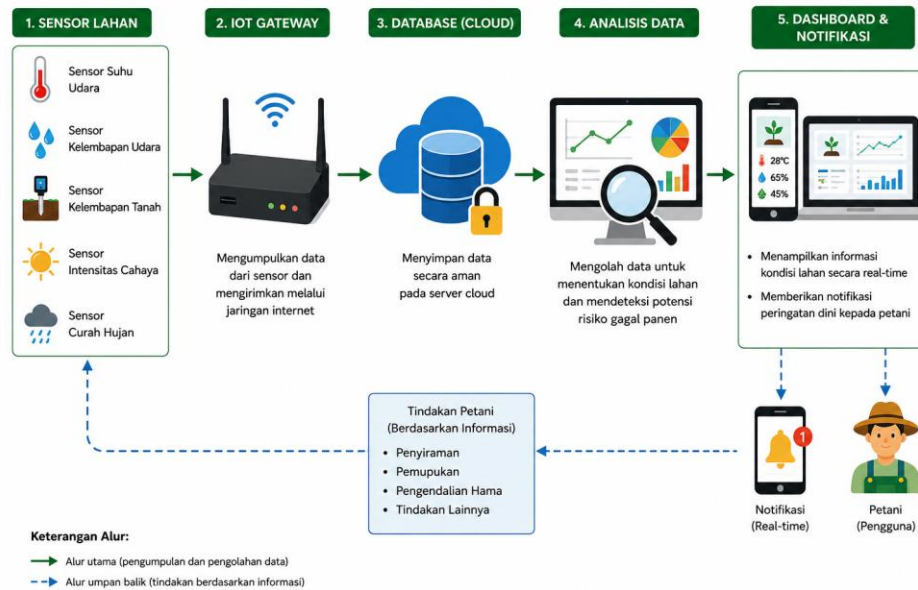
Tabel 1. Parameter Data yang Digunakan

No	Parameter	Fungsi dalam Sistem
1	Suhu Udara	Memantau kondisi temperatur lingkungan tanaman
2	Kelembapan Udara	Mengukur tingkat kelembapan udara di sekitar tanaman
3	Kelembapan Tanah	Menentukan kondisi ketersediaan air pada media tanam
4	Intensitas Cahaya	Mengukur intensitas cahaya
5	Curah Hujan	Mengukur jumlah cahaya yang diterima tanaman

C. Pengembangan Sistem dan Protokol Komunikasi

Arsitektur sistem dirancang untuk memastikan proses pengumpulan, pengiriman, penyimpanan, dan penyajian data dapat berjalan secara terintegrasi. Sensor yang berada di lahan berfungsi sebagai perangkat pengumpul data. Data tersebut dikirimkan melalui modul komunikasi menuju server untuk disimpan pada basis data [47].

Selanjutnya, data yang tersimpan diproses untuk menghasilkan informasi yang mudah dipahami oleh pengguna. Hasil pengolahan ditampilkan melalui dashboard monitoring yang menyediakan informasi kondisi lahan secara real-time. Sistem juga dilengkapi dengan mekanisme notifikasi otomatis ketika ditemukan kondisi yang berpotensi mengganggu pertumbuhan tanaman [48].

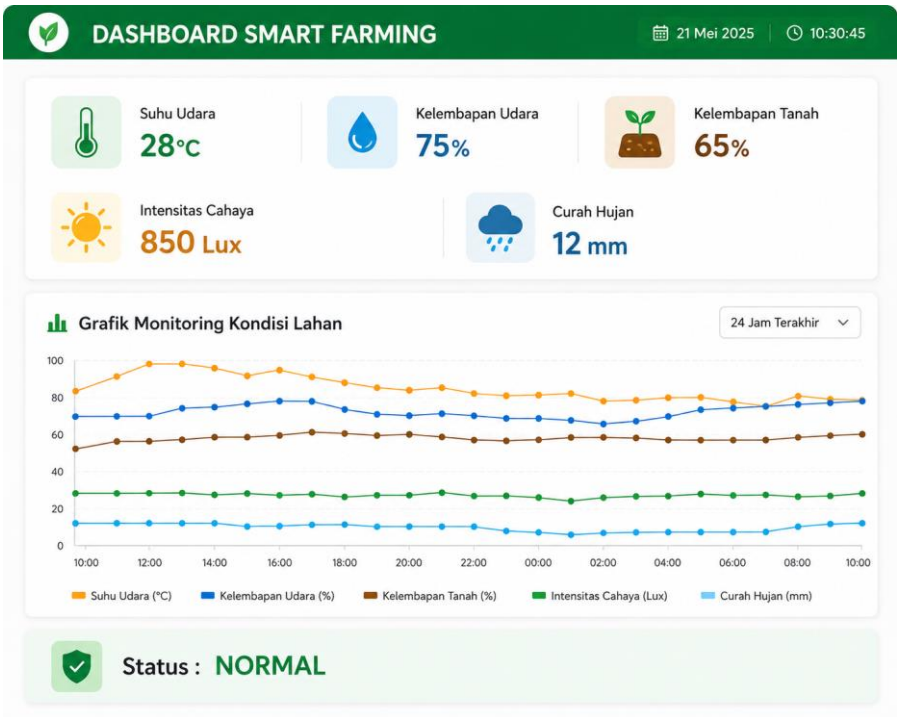


Gambar1. Arsitektur Sistem Smart Farming

D.Perancangan Dashboard Monitoring

Dashboard monitoring dirancang sebagai media utama bagi petani untuk melihat kondisi lahan secara real-time. Informasi yang ditampilkan meliputi suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah, intensitas cahaya, dan curah hujan. Data ditampilkan dalam bentuk angka, grafik, maupun indikator status sehingga mudah dipahami oleh pengguna.

Selain menampilkan kondisi terkini, dashboard juga dirancang untuk menyimpan riwayat data sehingga petani dapat melihat perubahan kondisi lingkungan dalam periode tertentu. Informasi historis tersebut dapat digunakan sebagai bahan evaluasi dalam pengelolaan lahan pertanian [49].



Gambar 2. Rancangan Dashboard Monitoring

E. Perancangan Analisis dan Notifikasi Risiko

Sistem dirancang untuk melakukan analisis terhadap data yang diterima dari sensor dengan cara membandingkan nilai dari parameter lingkungan sampai batas optimal pertumbuhan tanaman. Apabila ditemukan kondisi yang berada di bawah atau di atas batas yang telah dijadwal, sistem akan mengidentifikasi kondisi tersebut sebagai potensi risiko.

Hasil analisis digunakan untuk menghasilkan notifikasi peringatan dini kepada petani. Sebagai contoh, ketika kelembapan tanah berada pada kondisi rendah dalam periode tertentu, sistem akan memberikan peringatan mengenai potensi kekeringan. Dan begitu ketika curah hujan atau kelembapan tanah terlalu tinggi, sistem dapat memberikan informasi tentang potensi genangan atau penyakit tanaman akibat kondisi lingkungan yang tidak ideal [50].

Tabel 2. Contoh Notifikasi Risiko

Parameter	Kondisi terkini	Notifikasi sistem
Kelembapan tanah	Terlalu rendah	Potensi kekeringan
Suhu udara	Terlalu rendah	Potensi kekeringan
Curah hujan	Sangat tinggi	Potensi genangan lahan
Kelembapan udara	Terlalu tinggi	Risiko penyakit tanaman
Intensitas cahaya	Terlalu rendah	Pertumbuhan tanaman tidak optimal

Melalui perancangan sistem ini diharapkan tercipta solusi Smart Farming yang mampu membantu petani skala kecil dalam memantau kondisi lahan, memperoleh informasi secara real-time, serta melakukan tindakan mitigasi lebih cepat terhadap berbagai risiko yang dapat menyebabkan gagal panen.

IV. HASIL

A. Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan

Penelitian mengenai integrasi teknologi Smart Farming untuk mitigasi risiko gagal panen pada lahan pertanian skala kecil diharapkan menghasilkan suatu model sistem yang mampu membantu petani dalam memantau kondisi lahan secara real-time serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih efektif. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT), sensor lingkungan, dan platform monitoring digital sehingga berbagai parameter penting yang memengaruhi pertumbuhan tanaman dapat diamati secara berkelanjutan.

Hasil pertama yang diharapkan adalah tersusunnya rancangan sistem Smart Farming yang sesuai dengan kebutuhan lahan pertanian skala kecil. Sistem tersebut diharapkan memiliki karakteristik sederhana, mudah digunakan, dan dapat diimplementasikan dengan biaya yang relatif terjangkau. Rancangan sistem mencakup perangkat sensor untuk pengukuran kondisi lingkungan, media komunikasi data, basis data penyimpanan informasi, serta antarmuka monitoring yang dapat diakses melalui perangkat komputer maupun telepon pintar.

Hasil kedua yang diharapkan adalah kemampuan sistem dalam melakukan pemantauan terhadap berbagai kondisi lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Informasi mengenai suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya diharapkan dapat diperoleh secara otomatis dan ditampilkan dalam bentuk data yang mudah dipahami oleh pengguna. Dengan tersedianya informasi tersebut, petani dapat mengetahui kondisi lahan secara lebih cepat dibandingkan metode pemantauan konvensional.

Selain itu, penelitian ini diharapkan menghasilkan mekanisme peringatan dini (*early warning system*) yang mampu memberikan notifikasi ketika terjadi kondisi yang berpotensi menyebabkan gagal panen. Sistem diharapkan dapat mendeteksi perubahan lingkungan yang berada di luar batas normal sehingga petani dapat segera melakukan tindakan pencegahan. Kemampuan deteksi dini ini diharapkan mampu mengurangi dampak negatif dari faktor-faktor risiko seperti kekeringan, kelebihan air, maupun perubahan cuaca yang ekstrem.

Dari aspek akademik, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu informatika, khususnya pada penerapan teknologi digital di sektor pertanian. Hasil penelitian dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berfokus pada pengembangan sistem Smart Farming berbasis Internet of Things dan analisis data pertanian. Selain itu, penelitian ini juga dapat memperkaya kajian mengenai pemanfaatan teknologi informasi sebagai solusi terhadap permasalahan produktivitas pertanian.

Dari aspek praktis, hasil penelitian diharapkan mampu memberikan manfaat bagi petani skala kecil dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan lahan. Dengan adanya sistem monitoring yang terintegrasi, proses pengambilan keputusan dapat dilakukan berdasarkan data yang aktual sehingga penggunaan sumber daya seperti air, pupuk, dan tenaga kerja menjadi lebih optimal. Kondisi tersebut diharapkan dapat meningkatkan produktivitas pertanian sekaligus mengurangi potensi kerugian akibat gagal panen.

Secara keseluruhan, penelitian ini diharapkan menghasilkan model integrasi teknologi Smart Farming yang efektif, mudah diterapkan, dan berkelanjutan. Model tersebut diharapkan dapat menjadi salah satu solusi inovatif dalam mendukung transformasi digital sektor pertanian serta meningkatkan ketahanan pangan melalui pengurangan risiko gagal panen pada lahan pertanian skala kecil.

Tabel 1. Hasil Yang Diharapkan

No.	Hasil Yang Di Harapkan	Indikator Kebersihan
1.	Rancangan sistem Smart Farming	Sistem terintegrasi antara sensor, database, dan dashboard
2.	Monitoring kondisi lahan secara real-time	Data lingkungan dapat ditampilkan secara otomatis
3.	Sistem peringatan dini risiko gagal panen	Notifikasi muncul saat kondisi tidak normal
4.	Peningkatan efisiensi pengelolaan lahan	Pengambilan keputusan berbasis data

5.	Kontribusi ilmiah	Tersusunnya laporan penelitian dan publikasi ilmiah
6.	Mitigasi risiko gagal panen	Potensi kerugian akibat faktor lingkungan dapat diminimalkan

V. PEMBAHASAN.

Integrasi teknologi Smart Farming pada lahan pertanian skala kecil merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi berbagai permasalahan yang berpotensi menyebabkan gagal panen. Pemanfaatan teknologi digital memungkinkan proses pemantauan kondisi lahan dilakukan secara lebih akurat, cepat, dan berkelanjutan. Melalui penerapan sensor berbasis Internet of Things (IoT), petani dapat memperoleh informasi mengenai kondisi lingkungan pertanian secara real-time sehingga keputusan yang diambil menjadi lebih tepat sasaran.

Dalam sistem yang dirancang, data lingkungan seperti suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya dikumpulkan secara otomatis oleh sensor yang terpasang pada lahan pertanian. Data tersebut kemudian dikirimkan ke basis data untuk diproses dan ditampilkan pada dashboard monitoring. Ketersediaan informasi yang aktual memungkinkan petani mengetahui kondisi tanaman tanpa harus melakukan pemeriksaan secara manual setiap saat. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga sekaligus mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan dalam pengamatan kondisi lahan.

Penerapan Smart Farming juga memberikan peluang untuk meningkatkan kemampuan mitigasi risiko gagal panen melalui sistem peringatan dini. Ketika sensor mendeteksi kondisi yang berada di luar batas normal, sistem dapat memberikan notifikasi kepada petani sehingga tindakan pencegahan dapat segera dilakukan. Dengan demikian, dampak yang ditimbulkan oleh faktor lingkungan maupun gangguan lainnya dapat diminimalkan sebelum menyebabkan kerusakan yang lebih besar pada tanaman. Berdasarkan analisis yang dilakukan, terdapat beberapa aspek penting yang menjadi faktor pendukung keberhasilan implementasi Smart Farming pada lahan pertanian skala kecil, yaitu:

1. Kemampuan Monitoring Secara Real-Time

Sistem monitoring berbasis IoT memungkinkan pengumpulan data lingkungan secara terus-menerus. Informasi yang diperoleh dapat membantu petani memahami kondisi lahan secara lebih akurat dibandingkan metode konvensional. Ketersediaan data secara real-time juga mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat ketika terjadi perubahan kondisi lingkungan yang berpotensi mengganggu pertumbuhan tanaman.

2. Peningkatan Efisiensi Pengelolaan Lahan

Integrasi teknologi Smart Farming dapat membantu mengoptimalkan penggunaan sumber daya pertanian. Informasi yang dihasilkan sistem memungkinkan petani menentukan waktu penyiraman, pemupukan, maupun tindakan perawatan lainnya secara lebih tepat. Efisiensi penggunaan air, pupuk, dan tenaga kerja berpotensi meningkatkan produktivitas pertanian sekaligus menurunkan biaya operasional.

3. Mitigasi Risiko Gagal Panen

Salah satu manfaat utama Smart Farming adalah kemampuannya dalam mendukung mitigasi risiko gagal panen. Sistem peringatan dini yang terintegrasi dapat memberikan informasi mengenai potensi ancaman seperti kekeringan, kelembapan tanah yang rendah, maupun perubahan cuaca yang ekstrem. Dengan adanya informasi tersebut, petani memiliki kesempatan untuk melakukan tindakan pencegahan lebih awal sehingga risiko kerugian dapat dikurangi.

Secara keseluruhan, integrasi teknologi Smart Farming menunjukkan potensi yang besar dalam mendukung transformasi digital sektor pertanian. Penerapan teknologi ini tidak hanya membantu meningkatkan produktivitas dan efisiensi pengelolaan lahan, tetapi juga memberikan solusi yang lebih adaptif terhadap berbagai risiko yang dihadapi petani skala kecil. Oleh karena itu, pengembangan dan penerapan Smart Farming dapat menjadi salah satu langkah strategis dalam menciptakan sistem pertanian yang modern, berkelanjutan, dan mampu mendukung ketahanan pangan di masa depan.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian mengenai integrasi teknologi Smart Farming untuk mitigasi risiko gagal panen pada lahan pertanian skala kecil, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan teknologi digital memiliki potensi yang besar dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan pertanian. Integrasi teknologi seperti Internet of Things (IoT), sensor lingkungan, sistem monitoring, dan pengolahan data mampu menyediakan informasi kondisi lahan secara real-time sehingga mendukung proses pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat.

Penerapan Smart Farming memungkinkan petani untuk memantau berbagai parameter penting yang memengaruhi pertumbuhan tanaman, seperti suhu udara, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya. Informasi tersebut dapat digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya pertanian, meningkatkan efisiensi operasional, serta mengurangi potensi kesalahan dalam pengelolaan lahan. Selain itu, keberadaan sistem peringatan dini dapat membantu mendeteksi risiko yang berpotensi menyebabkan gagal panen sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan lebih awal.

Dengan demikian, integrasi teknologi Smart Farming dapat menjadi solusi yang efektif dalam mendukung pertanian skala kecil yang lebih produktif, efisien, dan berkelanjutan. Penerapan teknologi ini diharapkan mampu mengurangi risiko gagal panen, meningkatkan kesejahteraan petani, serta berkontribusi terhadap upaya penguatan ketahanan pangan melalui transformasi digital di sektor pertanian.

Kontribusi Penulis:

[Achmed Abdillah]: Konseptualisasi, Metodologi, Perancangan Sistem Smart Farming, Implementasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak, Integrasi Sensor dan Internet of Things (IoT), Analisis Data, Analisis Kinerja Sistem, Penulisan – Draf Awal.

[Ach. Nur Maulidi]: Konseptualisasi, Validasi Metodologi, Supervisi, Penulisan – Tinjauan dan Penyuntingan, Evaluasi Hasil Penelitian, Penyempurnaan Naskah.

Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang telah diterbitkan.

Pendanaan: -

Ucapan Terima Kasih: -

Konflik Kepentingan: Para penulis menyatakan tidak memiliki konflik kepentingan.

Ketersediaan Data: -

Persetujuan Berdasarkan Informasi ORCID: Tidak tersedia.

Penulis Pertama: <https://orcid.org/0000-0001-9146-1000>

Penulis Kedua: <https://orcid.org/0000-0002-1234-5678>

Penulis Ketiga: -

REFERENSI

- [1] J. Miao, H. Li, Z. Zheng, and C. Wang, "Secrecy energy efficiency maximization for UAV swarm assisted multi-hop relay system: Joint trajectory design and power control," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 37784–37799, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3062895.
- [2] S. Alex, K. J. Dhanaraj, and P. P. Deepthi, "Private and Energy-Efficient Decision Tree-Based Disease Detection for Resource-Constrained Medical Users in Mobile Healthcare Network," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 17098–17112, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3149771.
- [3] V. R. J. Velez, J. P. C. B. B. Pavia, N. M. B. Souto, P. J. A. Sebastião, and A. M. C. Correia, "Performance Assessment of a RIS-Empowered Post-5G/6G Network Operating at the mmWave/THz Bands," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 49625–49638, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3277388.
- [4] B. S. Gouda *et al.*, "Distributed Intermittent Fault Diagnosis in Wireless Sensor Network Using Likelihood Ratio Test," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 6958–6972, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3236880.
- [5] M. T. Takcı, T. Gözel, and M. H. Hakan Hocaoglu, "Quantitative Evaluation of Data Centers' Participation in Demand Side Management," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 14883–14896, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3052204.
- [6] S. H. Hong, D. M. Kim, and S. J. Kim, "Power Control Strategy Optimization to Improve Energy Efficiency of the Hybrid Electric Propulsion Ship," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 22534–22545, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3364374.
- [7] A. Podlubne and D. Göhringer, "A Survey on Adaptive Computing in Robotics: Modelling, Methods and Applications," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 53830–53849, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3281190.
- [8] X. Gao, "TAS: A Temperature-Aware Scheduling for Heterogeneous Computing," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 54773–54781, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3281839.
- [9] A. Giannopoulos, S. Spantideas, N. Kapsalis, P. Karkazis, and P. Trakadas, "Deep Reinforcement Learning for Energy-Efficient Multi-Channel Transmissions in 5G Cognitive HetNets: Centralized, Decentralized and Transfer Learning Based Solutions," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 129358–129374, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3113501.
- [10] A. Caroline Del Monego, L. Gobel Fernandes, J. A. Pontes, D. Flores Cortez, and A. Andre Badin, "A Modified Three-Phase Four-Switch Boost Rectifier With Two Inductors for Wind Energy Application Systems," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 143572–143584, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3434735.
- [11] A. Ali and M. M. Iqbal, "A Cost and Energy Efficient Task Scheduling Technique to Offload Microservices

- Based Applications in Mobile Cloud Computing,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 46633–46651, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3170918.
- [12] K. K. Munasinghe, M. N. Dharmaweera, U. L. Wijewardhana, C. De Alwis, and R. Parthiban, “Joint Minimization of Spectrum and Power in Impairment-Aware Elastic Optical Networks,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 43349–43363, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3065964.
 - [13] F. Kooshki, A. G. Garcia-Armada, M. M. Mowla, A. Flizikowski, and S. Pietrzyk, “Energy-Efficient Sleep Mode Schemes for Cell-Less RAN in 5G and Beyond 5G Networks,” *IEEE Access*, vol. 11, pp. 1432–1444, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3233430.
 - [14] M. Nouripayam, A. Prieto, and J. Rodrigues, “A Scalable All-Digital Near-Memory Computing Architecture for Edge AIoT Applications,” *IEEE Access*, vol. 13, pp. 108609–108625, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3582013.
 - [15] N.-S. Pham, S. Shin, L. Xu, W. Shi, and T. Suh, “Cross-Filter Structured Pruning for Efficient Sparse CNN Acceleration,” *IEEE Access*, vol. 13, pp. 129461–129475, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3587027.
 - [16] S. Al-Otaibi, A. Al-Rasheed, R. F. Mansour, E. Yang, G. P. Joshi, and W. Cho, “Hybridization of Metaheuristic Algorithm for Dynamic Cluster-Based Routing Protocol in Wireless Sensor Networks,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 83751–83761, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3087602.
 - [17] N. Ishaque and M. A. Azam, “Reliable Data Transmission Scheme for Perception Layer of Internet of Underwater Things (IoUT),” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 968–980, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3134264.
 - [18] I. Ishteyaq, K. Muzaffar, N. Shafi, and M. A. Alathbah, “Unleashing the Power of Tomorrow: Exploration of Next Frontier With 6G Networks and Cutting Edge Technologies,” *IEEE Access*, vol. 12, pp. 29445–29463, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3367976.
 - [19] K. Moghaddasi, S. Rajabi, and F. S. Soleimanian Gharehchopogh, “Multi-Objective Secure Task Offloading Strategy for Blockchain-Enabled IoV-MEC Systems: A Double Deep Q-Network Approach,” *IEEE Access*, vol. 12, pp. 3437–3463, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3348513.
 - [20] U. Ghafoor, H. Z. Khan, M. Ali, A. M. Siddiqui, M. Naeem, and I. Rashid, “Energy Efficient Resource Allocation for H-NOMA Assisted B5G HetNets,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 91699–91711, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3201527.
 - [21] K. P. Seng and L.-M. Ang, “Embedded Intelligence: State-of-the-Art and Research Challenges,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 59236–59258, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3175574.
 - [22] E. Cheshmikhani, B. Peccerillo, A. Mondelli, and S. Bartolini, “A General Framework for Accelerator Management Based on ISA Extension,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 120702–120713, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3222346.
 - [23] W. Cai, Q. Xie, M. Zhang, S. Lv, and J. Yang, “Stream-Function Based 3D Obstacle Avoidance Mechanism for Mobile AUVs in the Internet of Underwater Things,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 142997–143012, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3119594.
 - [24] F. Abderrazak, E. Antonino-Daviu, L. Talbi, and M. Ferrando-Bataller, “Characteristic Modes Analyses for Misalignment in Wireless Power Transfer System,” *IEEE Access*, vol. 12, pp. 65007–65023, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3397249.
 - [25] A. Saraswat, K. Abhishek, H. K. Azad, and S. Selvarajan, “MSI-A: An Energy Efficient Approximated Cache Coherence Protocol,” *IEEE Access*, vol. 11, pp. 48123–48135, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3273219.

- [26] V. Basnayake, D. N. K. Jayakody, H. Mabed, A. Kumar, and T. D. Perera, "M-Ary QAM Asynchronous-NOMA D2D Network With Cyclic Triangular-SIC Decoding Scheme," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 6045–6059, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3236966.
- [27] L. Prendl, L. Kasper, M. Holzegger, and R. Hofmann, "Framework for Automated Data-Driven Model Adaption for the Application in Industrial Energy Systems," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 113052–113060, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3104058.
- [28] J. M. Tabora *et al.*, "Assessing Energy Efficiency and Power Quality Impacts Due to High-Efficiency Motors Operating under Nonideal Energy Supply," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 121871–121882, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3109622.
- [29] F. Mylonopoulos, H. Polinder, and A. Coraddu, "A Comprehensive Review of Modeling and Optimization Methods for Ship Energy Systems," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 32697–32707, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3263719.
- [30] C. P. Lau, G. Ma, H. Susanto, S. Dang, K. S. Ng, and B. Shihada, "Opportunistic Mobile Networks Content Delivery for Important but Non-Urgent Traffic," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 101904–101923, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3316216.
- [31] A. M. Almasoud, A. Alsharoa, D. Qiao, and A. E. Kamal, "An Energy-Efficient Internet of Things Relaying System for Delay-Constrained Applications," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 82259–82271, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3196836.
- [32] S. Lavdas, P. K. Gkonis, Z. Zinonos, P. Trakadas, L. Sarakis, and K. Papadopoulos, "A Machine Learning Adaptive Beamforming Framework for 5G Millimeter Wave Massive MIMO Multicellular Networks," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 91597–91609, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3202640.
- [33] R. H. Morales *et al.*, "A Novel Global Maximum Power Point Tracking Method Based on Measurement Cells," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 97481–97494, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3205163.
- [34] O. Griebel, B. Hammoud, and N. Wehn, "Adaptive Sliding Window Decoding of Spatially Coupled Low-Density Parity-Check Codes: Algorithms and Energy Efficient Implementations," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 191140–191161, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3517704.
- [35] A. Arsalan, T. Umer, R. A. Rehman, and B.-S. Kim, "Next-Gen Internet of Drones: Federated Learning and Digital Twin Synergy for Energy-Efficient Task Allocation and Seamless Service Migration," *IEEE Access*, vol. 13, pp. 64459–64472, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3558439.
- [36] H. Asmat, I. Ud Din, A. Almogren, A. Altameem, and M. Y. Khan, "Enhancing Edge-Linked Caching in Information-Centric Networking for Internet of Things With Deep Reinforcement Learning," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 154918–154932, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3483455.
- [37] Y. Hironaka, T. Yamae, C. L. Ayala, N. Yoshikawa, and N. Takeuchi, "Low-Latency Adiabatic Quantum-Flux-Parametron Circuit Integrated With a Hybrid Serializer/Deserializer," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 133584–133590, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3230447.
- [38] M. Kazerooni and E. Shahroosvand, "A Novel Search Algorithm and Scan Time Estimation in Airborne Ground Penetrating Radar Using Cell Footprint Meshing," *IEEE Access*, vol. 13, pp. 114268–114281, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3582826.
- [39] A. Parker, S. Moayedi, K. James, D. Peng, and M. A. Alahmad, "A Case Study to Quantify Variability in Building Load Profiles," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 127799–127813, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3112103.

- [40] Y. Jia, G. Cao, and J. Gao, "Integrated Thermal Management Strategy Using High-Value Prioritized Experience Replay Deep Reinforcement Learning for Battery Electric Vehicles," *IEEE Access*, vol. 13, pp. 108653–108665, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3582081.
- [41] F. P. E. Putra, N. D. Saputri, F. Rosi, and R. Loati, "Optimalisasi Infrastruktur Cloud Networking melalui Integrasi SDN, NFV, dan Multi-Cloud," *Jurnal Ilmu Teknik dan Komputer (JITEK)*, vol. 5, no. 1, 2025, doi: 10.55606/jitek.v5i1.6099.
- [42] F. P. E. Putra, D. E. Arissandi, A. Rofiqi, and M. F. Hidayat, "Pemanfaatan Mikrotik dalam Manajemen Bandwidth pada Jaringan Sekolah," *Jurnal Ilmu Teknik dan Komputer (JITEK)*, vol. 5, no. 1, 2025, doi: 10.55606/jitek.v5i1.5938.
- [43] F. P. E. Putra, R. A. Mustafida, and A. Nahriyah, "Perancangan Jaringan Nirkabel Berbasis Mesh untuk Menunjang Aplikasi Smart City," *Jurnal Ilmu Teknik dan Komputer (JITEK)*, vol. 5, no. 1, 2025, doi: 10.55606/jitek.v5i1.5934.
- [44] F. P. E. Putra, D. T. Agustina, T. S. K. Khotimah, and T. Ramadhanty, "Analisis Kinerja Jaringan 5G dalam Meningkatkan Konektivitas Internet of Things (IoT)," *Jurnal Ilmu Teknik dan Komputer (JITEK)*, vol. 5, no. 1, 2025, doi: 10.55606/jitek.v5i1.5836.
- [45] F. P. E. Putra and M. M. Umar, *Jaringan Komputer untuk Pemula*, 2023, doi: 10.71155/fht5vy25.
- [46] F. P. E. Putra, M. Ghummah, M. Amrullah, and R. Hidayatullah, "Studi Kinerja Mesh Network untuk Penerapan Internet of Things (IoT) di Lingkungan Perkotaan," *Jurnal Ilmu Teknik dan Komputer (JITEK)*, vol. 5, no. 1, 2025, doi: 10.55606/jitek.v5i1.5895.
- [47] F. P. E. Putra, D. A. Siswoyo, M. I. A. Yaqin, and R. Oktavia, "Tinjauan Regulasi Siber dan Kebijakan Keamanan Jaringan 5G: Perspektif Nasional dan Internasional," *Jurnal Ilmu Teknik dan Komputer (JITEK)*, vol. 5, no. 1, 2025, doi: 10.55606/jitek.v5i1.6141.
- [48] F. P. E. Putra, M. A. Mahmud, and I. S. Maqom, "Pengembangan Sistem Pemantauan Lingkungan Berbasis Internet of Things (IoT) di Kampus," *Digitech: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 3, no. 2, 2023, doi: 10.47709/digitech.v3i2.3457.
- [49] F. P. E. Putra, Y. Setiawan, S. Arifin, and W. Hidayatullah, "Peran VPN dalam Menjaga Privasi Pengguna Jaringan Publik," *Jurnal Ilmu Teknik dan Komputer (JITEK)*, vol. 5, no. 1, 2025, doi: 10.55606/jitek.v5i1.5834.
- [50] F. Prasetyo, E. Putra, R. N. Saputra, F. M. Haris, and S. Nur, "Application of Internet of Things Technology in Monitoring Water Quality in Fishponds," *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, vol. 4, no. 1, pp. 356–361, 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4231.

Publisher's Note: Publisher stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.