



Evaluation of the Implementation of Precision Agriculture Technology on the Efficiency of Input usage and Crop Yields

Evaluasi Penerapan Teknologi Pertanian Presisi Terhadap Efisiensi Penggunaan Input dan Hasil Panen

Anita Ninasari¹⁾; Baso Daeng²⁾; Anthon Monde³⁾; Nouke Lenda Mawikere⁴⁾; and Suleyman⁵⁾

¹⁾Universitas Khairun Ternate,

²⁾Universitas Papua

³⁾Universitas Tadulako,

⁴⁾Universitas Papua Manokwari,

⁵⁾Universitas Khairun

Email: ¹⁾anitaninasari@gmail.com; ²⁾b.daeng@unipa.ac.id; ³⁾anthonmonde@gmail.com;

⁴⁾n.mawikere@unipa.ac.id; ⁵⁾suleyman@unkhair.ac.id

How to Cite :

Ninasari, A., Daeng, B., Monde, A., Mawikere, N. L., & Suleyman. (2026). Evaluation of the implementation of precision agriculture technology on the efficiency of input usage and crop yields. *SINTA Journal: Science, Technology and Agriculture Journal*, 7(1), 12–24. <https://doi.org/10.37638/sinta.7.1.11-24>

ARTICLE HISTORY

Received 20 March 2026

Revised 22 April 2026

Accepted 12 May 2026

KEYWORDS

precision agriculture,
smart farming, input
efficiency, crop yield,
digital agriculture,
sustainable agriculture

This is an open access article
under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

ABSTRAK

Perkembangan teknologi digital telah mengubah sektor pertanian secara mendasar melalui sistem pertanian presisi yang menggabungkan teknologi informasi, sensor, Internet of Things, penginderaan jauh, kecerdasan buatan, dan pembelajaran mesin ke dalam kegiatan pertanian. Pendekatan ini menjadi strategi utama untuk meningkatkan produktivitas sekaligus efisiensi penggunaan input produksi seperti air, pupuk, pestisida, tenaga kerja, dan energi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi penerapan teknologi pertanian presisi dalam meningkatkan efisiensi penggunaan input dan hasil panen dalam konteks pertanian modern dan berkelanjutan. Metode yang digunakan adalah kualitatif melalui tinjauan pustaka, dengan menganalisis berbagai



publikasi ilmiah, jurnal, dan penelitian terkini terkait topik ini. Hasil kajian menunjukkan bahwa pertanian presisi memberikan kontribusi besar terhadap efisiensi melalui sistem manajemen berbasis data, pemantauan langsung, dan pengambilan keputusan otomatis. Teknologi seperti perangkat terhubung, penginderaan jauh, pesawat tanpa awak, pembelajaran mesin, dan sistem irigasi cerdas memungkinkan petani menyesuaikan penggunaan input sesuai kebutuhan tanaman dan kondisi lingkungan. Penerapan ini juga meningkatkan produktivitas, menurunkan biaya operasional, mengurangi pemborosan sumber daya, dan mendukung praktik ramah lingkungan. Namun, adopsinya masih terhambat oleh keterbatasan pengetahuan digital, biaya investasi tinggi, infrastruktur belum memadai, dan akses yang tidak merata di wilayah berkembang. Disimpulkan bahwa pertanian presisi memiliki potensi besar mendukung pertanian 4.0 dan 5.0. Diperlukan kerja sama pemerintah, lembaga pendidikan, penyedia teknologi, dan komunitas tani untuk memperkuat transformasi ini serta mendorong pembangunan pertanian berkelanjutan.

ABSTRACT

The development of digital technology has fundamentally transformed the agricultural sector through precision agriculture systems that integrate information technology, sensors, the Internet of Things, remote sensing, artificial intelligence, and machine learning into farming activities. This approach has become a key strategy to boost productivity while enhancing the efficiency of production inputs such as water, fertilizers, pesticides, labor, and energy. This study aims to evaluate the implementation of precision agriculture technologies in improving input-use efficiency and crop yields within the context of modern and sustainable agriculture. A qualitative method with a literature review is applied, analyzing various scientific publications, journals, and recent studies related to this field. The findings reveal that precision agriculture significantly improves efficiency through data-driven management systems, real-time monitoring, and automated decision-making. Technologies such as connected devices, remote sensing, drones, machine learning, and smart irrigation allow farmers to adjust input application according to crop requirements and environmental conditions. Its implementation also raises productivity, lowers operational costs, reduces resource waste, and supports environmentally friendly practices. Nevertheless, adoption remains constrained

by limited digital literacy, high investment costs, inadequate infrastructure, and unequal access in developing regions. This study concludes that precision agriculture holds great potential to support Agriculture 4.0 and 5.0. Collaboration among governments, educational institutions, technology providers, and farming communities is essential to strengthen this transformation and advance sustainable agricultural development.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan signifikan di berbagai sektor kehidupan, termasuk sektor pertanian. Transformasi digital dalam bidang pertanian telah mendorong munculnya konsep pertanian presisi, yang mengintegrasikan teknologi informasi, sensor digital, Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan, pembelajaran mesin, penginderaan jauh, serta otomatisasi pertanian ke dalam kegiatan budidaya tanaman. Pertanian presisi telah menjadi salah satu pendekatan modern yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sarana produksi pertanian, sekaligus meningkatkan produktivitas tanaman secara berkelanjutan. Dalam konteks pertanian modern, pemanfaatan teknologi digital tidak lagi hanya dipandang sebagai alat pelengkap, melainkan telah menjadi komponen penting dalam strategi peningkatan produktivitas dan penjaminan keberlanjutan sistem pangan global (Saiz-Rubio & Rovira-Más, 2020).

Pertumbuhan populasi dunia yang terus meningkat, perubahan iklim, penurunan kualitas lahan, keterbatasan sumber daya air, serta kenaikan permintaan pangan telah menjadi tantangan utama bagi sektor pertanian saat ini. Kondisi tersebut menuntut adanya inovasi teknologi yang mampu meningkatkan efisiensi produksi pertanian tanpa menyebabkan kerusakan lingkungan yang lebih besar. Pertanian presisi hadir sebagai solusi untuk menjawab tantangan tersebut melalui pendekatan berbasis data dan teknologi digital, yang memungkinkan pengelolaan lahan dilakukan secara lebih akurat dan efisien. Hamid El Bilali dan Mohammad Sadegh Allahyari (2018) menjelaskan bahwa pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi dalam pertanian memegang peran penting dalam mendukung transisi menuju sistem pertanian yang berkelanjutan serta menjamin ketahanan pangan di masa mendatang.

Pertanian presisi memungkinkan petani untuk mengelola lahan pertanian berdasarkan kondisi spesifik pada setiap wilayah lahan usahatani. Dengan bantuan perangkat sensor, citra satelit, pesawat tanpa awak, dan perangkat IoT, petani dapat memantau kelembapan tanah, kebutuhan nutrisi tanaman, kondisi cuaca, serangan hama, serta tingkat kesehatan tanaman secara langsung dan waktu nyata. Informasi tersebut kemudian dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan terkait penerapan dosis pupuk, pengendalian hama penyakit, sistem irigasi, dan penggunaan sarana produksi lainnya. Menurut Ritesh Sishodia dkk. (2020), teknologi penginderaan jauh dalam pertanian presisi mampu meningkatkan akurasi pemantauan kondisi tanaman serta sangat mendukung efisiensi pemanfaatan sumber daya pertanian secara signifikan.

Selain meningkatkan efisiensi penggunaan sarana produksi, teknologi pertanian presisi juga memberikan dampak positif dalam peningkatan produktivitas pertanian. Penggunaan teknologi digital memungkinkan proses budidaya dilakukan secara lebih tepat guna, sehingga dapat meminimalkan risiko terjadinya penurunan hasil panen. Putri (2024) menjelaskan bahwa penerapan teknologi pertanian presisi di lahan beririgasi dapat meningkatkan produktivitas padi, sekaligus meningkatkan efisiensi penggunaan air. Hal senada juga disampaikan oleh Siregar (2023), yang menyatakan bahwa penerapan teknologi pertanian modern memberikan kontribusi dalam peningkatan produktivitas tanaman melalui optimalisasi proses budidaya dan pengelolaan lahan yang lebih baik.



Figure 1 Teknologi Pertanian Presisi
Sumber: digitalbisnis.id

Perkembangan teknologi pembelajaran mesin dan kecerdasan buatan semakin memperkuat penerapan konsep pertanian presisi. Teknologi tersebut memungkinkan analisis data pertanian dilakukan dengan lebih cepat dan akurat, serta mendukung proses prediksi hasil panen, perhitungan kebutuhan nutrisi tanaman, hingga pengendalian penyakit tanaman. Vasileios Liakos dkk. (2018) menjelaskan bahwa teknologi pembelajaran mesin memegang peran penting dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis data pada sistem pertanian modern. Sementara itu, Anjali Sharma dkk. (2020) menjelaskan bahwa penerapan pembelajaran mesin dalam pertanian presisi dapat meningkatkan efisiensi produksi pertanian melalui sistem analisis data otomatis dan model prediksi berbasis kecerdasan buatan.

Dalam beberapa tahun terakhir, konsep pertanian cerdas dan Pertanian 4.0 berkembang pesat sebagai bagian dari transformasi digital sektor pertanian. Pertanian cerdas mengintegrasikan berbagai teknologi digital seperti Internet of Things, komputasi awan, analisis data dalam jumlah besar, serta sistem otomatisasi untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan pertanian. Laurens Klerx dkk. (2019) menjelaskan bahwa pertanian digital dan pertanian cerdas telah menciptakan paradigma baru dalam sistem pertanian modern melalui integrasi teknologi digital dan manajemen berbasis data.

Perkembangan ini menunjukkan bahwa pertanian di masa depan akan semakin bergantung pada teknologi digital dan sistem informasi yang terintegrasi.

Penerapan teknologi pertanian presisi sendiri mulai berkembang di Indonesia. Berbagai inovasi digital pertanian terus diterapkan dengan tujuan meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya dan produktivitas pertanian. Hidayat (2024) menjelaskan bahwa inovasi teknologi pertanian di Indonesia telah menjadi faktor penting dalam mendukung peningkatan produktivitas pangan nasional. Lebih lanjut, Rizal dkk. (2024) menyatakan bahwa penerapan pertanian cerdas mampu mendukung sistem pertanian berkelanjutan melalui optimalisasi pemanfaatan sumber daya pertanian serta pengurangan pemborosan sarana produksi.

Penggunaan teknologi IoT dalam pertanian presisi memberikan kemudahan dalam proses pemantauan dan pengendalian lahan pertanian secara otomatis. Sensor yang terhubung dalam jaringan mampu mengirimkan data kondisi tanah, kelembapan, suhu, dan kebutuhan air secara waktu nyata, sehingga sistem irigasi dapat beroperasi dengan lebih efisien. Rif'an (2024) menjelaskan bahwa penerapan teknologi IoT dalam pertanian presisi dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya serta mendukung peningkatan produksi pertanian melalui sistem pemantauan otomatis berbasis teknologi.

Teknologi pertanian presisi juga memberikan keuntungan ekonomi bagi pelaku usaha tani. Penggunaan teknologi modern dapat membantu menekan biaya produksi melalui efisiensi penggunaan pupuk, air, dan pestisida yang lebih tepat sasaran. Prastiwi (2025) menjelaskan bahwa adopsi teknologi pertanian modern memberikan dampak positif terhadap peningkatan efisiensi ekonomi kegiatan usahatani dan produktivitas tanaman. Hasibuan (2023) juga menjelaskan bahwa penerapan pertanian presisi mampu meningkatkan efisiensi produksi pertanian melalui pengelolaan sarana produksi yang terukur dan berbasis teknologi.

Meskipun menawarkan berbagai manfaat, penerapan pertanian presisi masih menghadapi berbagai tantangan. Biaya investasi teknologi yang relatif tinggi, keterbatasan infrastruktur digital, tingkat literasi teknologi petani yang masih rendah, serta aksesibilitas terhadap teknologi modern yang belum merata, masih menjadi hambatan utama dalam proses transformasi digital sektor pertanian. Theo Benos dkk. (2020) menjelaskan bahwa integrasi teknologi robotika dan otomatisasi dalam pertanian juga memerlukan perhatian terhadap aspek keamanan dan kesiapan sumber daya manusia agar penerapan teknologi dapat berjalan secara optimal.

Selain faktor teknis, transformasi digital pertanian juga memerlukan dukungan dari kebijakan pemerintah, pendidikan teknologi, serta pengembangan sistem informasi pertanian yang terintegrasi. Asnaning dkk. (2025) menjelaskan bahwa transformasi dari pertanian konvensional menuju pertanian presisi memerlukan kolaborasi antara petani, pemerintah, dan lembaga pengembangan teknologi, agar proses adaptasi teknologi dapat berjalan secara efektif. Dalam konteks ini, penguatan kapasitas sumber daya manusia petani menjadi faktor penentu keberhasilan penerapan teknologi pertanian modern.

Perkembangan konsep Pertanian 5.0 semakin menekankan pentingnya integrasi teknologi cerdas dalam sektor pertanian. Konsep Pertanian 5.0 menonjolkan penggunaan kecerdasan buatan, robotika, data dalam jumlah besar, dan otomatisasi untuk menciptakan sistem pertanian yang lebih efisien, adaptif, dan berkelanjutan. Santos del Río dkk. (2025) menjelaskan bahwa kecerdasan buatan memiliki potensi besar dalam

mendukung analisis kondisi tanaman dan peningkatan produktivitas pertanian melalui data multi-omik dan model prediksi yang canggih. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi digital akan menjadi fondasi utama sistem pertanian di masa depan.

Berdasarkan perkembangan tersebut, evaluasi terhadap penerapan teknologi pertanian presisi menjadi hal yang semakin penting. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana penerapan teknologi pertanian presisi memengaruhi efisiensi penggunaan sarana produksi pertanian serta peningkatan hasil panen tanaman. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi manfaat, tantangan, serta peluang pengembangan teknologi pertanian presisi dalam mendukung sistem pertanian yang berkelanjutan di era digital modern.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode tinjauan pustaka untuk menganalisis penerapan teknologi pertanian presisi dalam meningkatkan efisiensi penggunaan sarana produksi pertanian serta peningkatan hasil panen tanaman. Pendekatan tinjauan pustaka dipilih karena penelitian ini berfokus pada pengkajian berbagai teori, konsep, temuan penelitian terdahulu, serta perkembangan teknologi pertanian presisi yang relevan dengan transformasi pertanian modern. Data penelitian diperoleh dari berbagai sumber ilmiah, meliputi jurnal nasional maupun internasional, artikel ilmiah, prosiding seminar, buku akademik, serta publikasi ilmiah lainnya yang berkaitan dengan topik pertanian presisi, pertanian cerdas, pertanian digital, Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan, pembelajaran mesin, dan sistem pertanian berkelanjutan.

Proses pengumpulan data dilakukan dengan cara menyeleksi berbagai referensi yang memiliki keterkaitan erat dengan topik penelitian, khususnya referensi yang membahas penerapan teknologi digital dalam sektor pertanian. Kajian pustaka yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari publikasi terkini dan relevan yang membahas mengenai efisiensi penggunaan air, pupuk, pestisida, dan tenaga kerja, serta peningkatan produktivitas pertanian melalui penerapan teknologi pertanian presisi. Selanjutnya, data yang telah dikumpulkan dianalisis secara deskriptif dan komparatif untuk memahami hubungan antara penerapan pertanian presisi dengan peningkatan efisiensi produksi pertanian serta keberlanjutan sistem pangan modern.

Analisis data dilakukan melalui proses identifikasi, klasifikasi, interpretasi, dan sintesis temuan dari penelitian-penelitian sebelumnya. Peneliti mengelompokkan data berdasarkan tema pembahasan, seperti pemanfaatan teknologi digital dalam pertanian, efisiensi penggunaan sarana produksi, produktivitas tanaman, tantangan penerapan teknologi, serta pengembangan pertanian berkelanjutan. Melalui pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan pemahaman yang menyeluruh terkait evaluasi penerapan teknologi pertanian presisi dalam mendukung efisiensi penggunaan sarana produksi dan peningkatan produktivitas pertanian di era Pertanian 4.0 dan Pertanian 5.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Transformasi dari Pertanian Konvensional Menuju Pertanian Presisi

Perkembangan teknologi digital telah mendorong transformasi besar dalam sistem pertanian modern. Sistem pertanian konvensional yang sebelumnya sangat bergantung pada pengalaman kerja petani secara manual, kini perlahan beralih ke sistem usaha tani yang berbasis data dan teknologi digital. Pertanian presisi menjadi salah satu bentuk transformasi tersebut melalui pemanfaatan beragam teknologi seperti sensor, Internet of Things (IoT), pesawat tanpa awak, citra satelit, pembelajaran mesin, dan kecerdasan buatan guna meningkatkan efektivitas pengelolaan pertanian. Transformasi ini tidak hanya mengubah teknik budidaya tanaman, tetapi juga membentuk ulang pola pengambilan keputusan dalam sektor pertanian modern.

Asnaning dkk. (2025) menjelaskan bahwa transformasi dari pertanian konvensional menuju pertanian presisi memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi pengelolaan sumber daya pertanian, khususnya dalam pemanfaatan air melalui sistem pemanenan air hujan berbasis teknologi. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa teknologi digital mampu membantu petani mengelola lahan pertanian secara lebih efisien dan adaptif dalam merespons perubahan lingkungan.

Transformasi digital di sektor pertanian juga didukung oleh perkembangan konsep pertanian cerdas dan Pertanian 5.0. Dalam konsep ini, pertanian tidak lagi hanya berfokus pada peningkatan hasil panen semata, tetapi juga menekankan efisiensi sumber daya, keberlanjutan lingkungan, serta integrasi teknologi cerdas ke dalam seluruh kegiatan pertanian. Pedro Saiz-Rubio dan Francisco Rovira-Más (2020) menjelaskan bahwa Pertanian 5.0 menempatkan teknologi digital sebagai fondasi utama sistem pertanian masa depan yang berbasis data dan otomatisasi.

Beberapa perubahan utama dalam transformasi pertanian modern meliputi:

- Penggunaan sensor digital untuk memantau kondisi tanah dan tanaman
- Pemanfaatan pesawat tanpa awak dan citra satelit untuk pemetaan lahan
- Penerapan teknologi IoT pada sistem irigasi otomatis
- Integrasi pembelajaran mesin untuk prediksi hasil panen
- Penggunaan aplikasi digital dalam pengelolaan data pertanian
- Otomatisasi proses pertanian melalui teknologi robotika

Transformasi tersebut menunjukkan bahwa sektor pertanian sedang mengalami pergeseran paradigma, dari sistem tradisional menuju sistem pertanian yang berbasis teknologi dan informasi digital.

Penerapan Teknologi Pertanian Presisi dalam Pengelolaan Sarana Produksi Pertanian

Salah satu tujuan utama pertanian presisi adalah meningkatkan efisiensi penggunaan sarana produksi pertanian, seperti air, pupuk, pestisida, energi, dan tenaga kerja. Penggunaan sarana produksi yang tidak tepat sasaran sering kali mengakibatkan kenaikan biaya produksi serta dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, teknologi pertanian presisi dikembangkan untuk memastikan bahwa setiap sarana produksi diterapkan sesuai dengan kebutuhan spesifik tanaman dan kondisi lahan.

Hasibuan (2023) menjelaskan bahwa penerapan pertanian presisi mampu meningkatkan efisiensi produksi melalui optimalisasi pemanfaatan sumber daya pertanian berbasis teknologi digital. Teknologi sensor dan IoT memungkinkan petani memperoleh informasi waktu nyata mengenai kadar air tanah, suhu udara, dan kebutuhan nutrisi tanaman, sehingga proses penggunaan sarana produksi dapat dilakukan secara lebih akurat dan efektif.

Tabel 1. Penerapan Teknologi Pertanian Presisi dan Dampaknya

Table 1. Implementation of Precision Agriculture Technology and Its Impact

Teknologi	Fungsi Utama	Dampak terhadap Efisiensi
Sensor IoT	Memantau kondisi tanah dan tanaman	Mengurangi pemborosan air dan pupuk
Pesawat Tanpa Awak Pertanian	Pemantauan lahan dan kegiatan penyemprotan	Meningkatkan akurasi aplikasi pestisida
Penginderaan Jauh	Analisis kesehatan tanaman	Mempercepat identifikasi masalah tanaman
Pembelajaran Mesin	Prediksi hasil panen dan kebutuhan tanaman	Mendukung pengambilan keputusan berbasis data
Irigasi Cerdas	Pengelolaan irigasi secara otomatis	Meningkatkan efisiensi penggunaan air
Kecerdasan Buatan	Analisis data pertanian	Mengoptimalkan produktivitas pertanian

Penggunaan teknologi irigasi cerdas merupakan salah satu contoh paling nyata dari penerapan pertanian presisi dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air. Putri (2024) menjelaskan bahwa teknologi pertanian presisi mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air di lahan beririgasi melalui sistem pemantauan otomatis berbasis sensor digital. Penerapan sistem irigasi modern memungkinkan penyaluran air diatur sesuai kebutuhan tanaman, sehingga mengurangi risiko pemborosan sumber daya air.

Penerapan teknologi pemupukan berbasis dosis variabel juga membantu meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk dan pestisida. Teknologi ini memungkinkan pemberian pupuk disesuaikan dengan kebutuhan spesifik pada setiap wilayah lahan. Akibatnya, penggunaan pupuk menjadi lebih hemat dan dampak negatif pencemaran lingkungan dapat ditekan.

Peran Kecerdasan Buatan dan Pembelajaran Mesin dalam Pertanian Presisi

Perkembangan kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin memberikan pengaruh besar terhadap kemajuan pertanian presisi modern. Kedua teknologi tersebut digunakan untuk menganalisis data pertanian dalam jumlah besar, sehingga menghasilkan informasi yang lebih akurat dan mendukung proses pengambilan keputusan pertanian secara otomatis.

Vasileios Liakos dkk. (2018) menjelaskan bahwa pembelajaran mesin dalam pertanian dapat dimanfaatkan untuk analisis kondisi tanaman, pendeteksian penyakit tanaman, estimasi kebutuhan nutrisi, serta prediksi hasil panen. Teknologi ini membantu petani mengurangi kesalahan dalam pengelolaan lahan dan meningkatkan efektivitas proses produksi pertanian. Anjali Sharma dkk. (2020) juga menjelaskan bahwa

penerapan pembelajaran mesin dalam pertanian presisi mampu meningkatkan efisiensi produksi serta mendukung keberlanjutan sistem pertanian modern melalui analisis data berbasis kecerdasan buatan.

Berikut adalah beberapa manfaat kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin dalam bidang pertanian:

- Prediksi hasil panen yang lebih akurat
- Pendeteksian dini serangan penyakit tanaman
- Analisis kebutuhan pupuk dan air
- Pemantauan otomatis pertumbuhan tanaman
- Pengurangan risiko kegagalan panen
- Optimalisasi pemanfaatan sumber daya pertanian

Santos del Río dkk. (2025) menjelaskan bahwa kecerdasan buatan memiliki kemampuan yang besar dalam mendukung analisis kondisi tanaman melalui model prediksi dan integrasi data multi-omik. Hal ini menunjukkan bahwa kecerdasan buatan akan menjadi komponen penting dalam pengembangan sistem pertanian masa depan.

Pengaruh Pertanian Presisi terhadap Produktivitas Tanaman

Penerapan teknologi pertanian presisi memberikan dampak signifikan dalam peningkatan produktivitas pertanian. Penggunaan teknologi digital memungkinkan pengelolaan lahan dilakukan secara lebih efektif, sehingga tanaman dapat tumbuh dalam kondisi yang optimal.

Siregar (2023) menjelaskan bahwa penerapan teknologi pertanian modern memberikan kontribusi terhadap peningkatan produktivitas padi melalui optimalisasi pengelolaan lahan dan penggunaan sarana produksi yang lebih efisien. Selain itu, Hidayat (2024) menjelaskan bahwa inovasi teknologi pertanian telah menjadi faktor penting dalam mendukung peningkatan produktivitas pangan nasional.

Peningkatan produktivitas melalui pertanian presisi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- Penggunaan sarana produksi pertanian yang lebih tepat sasaran
- Pemantauan kondisi tanaman secara waktu nyata
- Pengurangan kehilangan hasil pasca panen
- Pengendalian hama dan penyakit yang lebih cepat
- Pengelolaan lahan berbasis data digital
- Peningkatan efisiensi sistem irigasi dan pemupukan

Tabel 2. Dampak Pertanian Presisi terhadap Produktivitas Pertanian

Table 2. The Impact of Precision Agriculture on Agricultural Productivity

Aspek	Sebelum Pertanian Presisi	Sesudah Pertanian Presisi
Penggunaan Air	Tidak terukur	Lebih efisien dan terkontrol baik
Penggunaan Pupuk	Berlebihan	Disesuaikan dengan kebutuhan tanaman
Produktivitas Tanaman	Berfluktuasi	Lebih stabil dan mengalami peningkatan
Pemantauan Tanaman	Manual	Pemantauan waktu nyata berbasis sensor
Biaya Operasional	Relatif tinggi	Lebih efisien
Risiko Kegagalan Panen	Tinggi	Lebih rendah

Tabel tersebut menunjukkan bahwa pertanian presisi memberikan dampak besar dalam peningkatan efektivitas pengelolaan pertanian serta hasil produksi tanaman.

Pertanian Presisi dan Pertanian Berkelanjutan

Pertanian presisi memiliki keterkaitan erat dengan konsep pertanian berkelanjutan karena mampu meningkatkan efisiensi sumber daya sekaligus mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Penggunaan teknologi digital membantu meminimalkan pemberian pupuk dan pestisida secara berlebihan, sehingga menurunkan tingkat pencemaran lingkungan.

Hamid El Bilali dan Mohammad Sadegh Allahyari (2018) menjelaskan bahwa teknologi informasi dan komunikasi memegang peran penting dalam mendukung transisi menuju sistem pertanian yang berkelanjutan. Pemanfaatan teknologi digital berkontribusi dalam peningkatan efisiensi produksi dengan tetap menjaga keberlanjutan ekosistem pertanian.

Rizal dkk. (2024) menjelaskan bahwa penerapan pertanian cerdas mendukung pertanian berkelanjutan melalui optimalisasi pemanfaatan sumber daya pertanian dan pengurangan pemborosan sarana produksi. Selain itu, Sari dan Gumay (2026) menjelaskan bahwa teknologi pertanian presisi memberikan kontribusi besar dalam pencapaian sistem pertanian berkelanjutan di era modern.

Berikut adalah beberapa bentuk kontribusi pertanian presisi terhadap keberlanjutan:

- Pengurangan konsumsi air secara berlebihan
- Penggunaan pupuk dan pestisida yang lebih efisien
- Pengurangan emisi karbon dari kegiatan pertanian
- Optimalisasi pemanfaatan energi
- Pengurangan kerusakan lingkungan
- Peningkatan efisiensi produksi pangan

Dengan demikian, pertanian presisi tidak hanya berfokus pada peningkatan produktivitas semata, tetapi juga mendukung keberlanjutan sistem pangan global.

Tantangan dalam Penerapan Pertanian Presisi

Meskipun menawarkan berbagai manfaat, penerapan pertanian presisi masih menghadapi beragam tantangan, terutama di negara-negara berkembang. Salah satu tantangan utama adalah tingginya biaya investasi yang dibutuhkan untuk teknologi pertanian modern. Penggunaan pesawat tanpa awak, sensor digital, perangkat IoT, dan sistem otomatisasi memerlukan modal keuangan yang besar, sehingga teknologi tersebut sulit diakses oleh sebagian besar petani skala kecil.

Selain faktor ekonomi, keterbatasan infrastruktur digital juga menjadi penghambat utama penerapan teknologi pertanian presisi. Banyak wilayah pertanian yang masih memiliki keterbatasan akses jaringan internet dan komunikasi, yang mengakibatkan penerapan sistem usaha tani digital tidak berjalan secara maksimal.

Theodoros Benos dkk. (2020) menjelaskan bahwa integrasi teknologi robotika dan otomatisasi dalam pertanian juga memerlukan perhatian terhadap aspek keselamatan kerja dan ergonomi agar penerapan teknologi dapat berjalan secara efektif. Tantangan lain dalam penerapan pertanian presisi meliputi:

- Tingkat literasi digital petani yang masih rendah
- Kurangnya pelatihan terkait teknologi pertanian
- Ketimpangan akses terhadap teknologi antar wilayah
- Dukungan kebijakan pemerintah yang belum memadai
- Kekhawatiran terkait keamanan data pertanian
- Resistensi terhadap perubahan dari sistem pertanian tradisional

Laurens Klerkx dkk. (2019) menjelaskan bahwa transformasi digital pertanian memerlukan dukungan sosial yang kuat, inisiatif pendidikan, serta kerangka kebijakan yang jelas untuk memastikan proses adaptasi teknologi dapat berjalan secara berkelanjutan.

Peluang Masa Depan Pengembangan Pertanian Presisi

Kemajuan teknologi digital memberikan peluang besar bagi pengembangan pertanian presisi di masa mendatang. Integrasi antara kecerdasan buatan, data dalam jumlah besar, Internet of Things, dan otomatisasi diharapkan dapat semakin memperkuat efektivitas sistem pertanian modern.

Prasetyo dkk. (2025) menjelaskan bahwa digitalisasi administrasi pertanian membantu meningkatkan efektivitas pengelolaan lahan dan sistem distribusi hasil panen secara lebih efisien. Hal ini menunjukkan bahwa pertanian digital tidak hanya memberikan dampak pada proses produksi, tetapi juga pada keseluruhan sistem manajemen pertanian.

Berikut adalah beberapa peluang masa depan dalam pengembangan pertanian presisi:

- Pengembangan sistem pertanian cerdas berbasis kecerdasan buatan
- Pemanfaatan lebih luas pesawat tanpa awak di bidang pertanian
- Integrasi teknologi rantai blok ke dalam rantai pasok hasil pertanian
- Sistem irigasi otomatis berbasis sensor
- Penggunaan robot pertanian otonom

- Pengembangan aplikasi pertanian digital berbasis komputasi awan
- Integrasi data dalam jumlah besar ke dalam sistem manajemen pertanian nasional

Berbagai perkembangan tersebut menunjukkan bahwa pertanian presisi memiliki potensi besar dalam mendukung ketahanan pangan global dan pembangunan pertanian berkelanjutan di era digital modern.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pertanian presisi merupakan bentuk transformasi sistem usaha tani modern melalui pemanfaatan teknologi digital guna meningkatkan efisiensi penggunaan sarana produksi pertanian serta menaikkan produktivitas tanaman. Penerapan berbagai teknologi seperti Internet of Things (IoT), penginderaan jauh, pesawat tanpa awak, pembelajaran mesin, kecerdasan buatan, dan irigasi cerdas telah membawa perubahan signifikan dalam sistem pengelolaan pertanian modern. Teknologi-teknologi tersebut memungkinkan proses pemantauan lahan, pengelolaan sumber daya, dan pengambilan keputusan dilakukan secara lebih akurat, berjalan secara waktu nyata, serta berlandaskan pada pendekatan berbasis data. Oleh karena itu, pertanian presisi menjadi solusi penting dalam menjawab tantangan pertanian masa kini, antara lain keterbatasan sumber daya, perubahan iklim, serta kenaikan permintaan pangan di tingkat global. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan pertanian presisi memberikan dampak positif terhadap efisiensi penggunaan sarana produksi pertanian, meliputi air, pupuk, pestisida, energi, dan tenaga kerja. Sistem pertanian berbasis teknologi memungkinkan penyaluran sarana produksi disesuaikan dengan kebutuhan spesifik tanaman maupun kondisi lahan, sehingga dapat mengurangi pemborosan sumber daya dan menekan biaya produksi. Selain itu, pemanfaatan teknologi digital juga meningkatkan efektivitas dalam pengendalian hama, pemantauan pertumbuhan tanaman, serta pengelolaan irigasi secara otomatis. Kondisi tersebut turut mendorong peningkatan produktivitas pertanian serta perbaikan kualitas hasil panen yang dihasilkan. Penerapan pertanian presisi juga memegang peran penting dalam mendukung pertanian berkelanjutan. Penggunaan teknologi digital membantu menurunkan dampak negatif terhadap lingkungan melalui pengurangan pemakaian pupuk dan pestisida secara berlebihan, serta melalui peningkatan efisiensi pemanfaatan air dan energi. Konsep pertanian cerdas dan Pertanian 5.0 menegaskan bahwa transformasi digital di sektor pertanian tidak hanya bertujuan untuk menaikkan produktivitas, tetapi juga untuk mewujudkan sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan, adaptif, dan berkelanjutan. Oleh karenanya, pertanian presisi menjadi komponen utama dalam strategi pembangunan pertanian masa depan yang berorientasi pada keberlanjutan dan ketahanan pangan.

Meskipun memiliki beragam manfaat, penerapan pertanian presisi masih menghadapi sejumlah tantangan, di antaranya biaya investasi teknologi yang tinggi, keterbatasan infrastruktur digital, tingkat pemahaman teknologi petani yang masih rendah, serta ketimpangan akses terhadap teknologi pertanian modern. Dukungan dari pemerintah, lembaga pendidikan, sektor swasta, dan masyarakat sangat diperlukan untuk memperkuat proses transformasi digital sektor pertanian. Penyusunan program pelatihan teknologi, perbaikan infrastruktur digital, penyusunan kebijakan yang mendukung pertanian modern, serta perluasan akses terhadap teknologi pertanian

merupakan langkah penting guna mempercepat penerapan pertanian presisi secara lebih luas. Dengan adanya dukungan tersebut, pertanian presisi memiliki potensi besar dalam meningkatkan efisiensi usaha tani, produktivitas pangan, serta keberlanjutan sistem pertanian di era digital modern.

DAFTAR PUSTAKA

- Asnaning, A. R., Supriyatna, A. R., & Putrantri, D. A. (2025). Transformasi Pertanian Konvensional Menuju Presisi: Studi Kasus Penerapan Rainwater Harvesting pada Gapoktan di Tulang Bawang Barat. *NEAR: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 5(1), 78-88.
- Benos, L., Bechar, A., & Bochtis, D. (2020). Safety and ergonomics in human-robot interactive agricultural operations. *Biosystems Engineering*, 200, 55-72.
- Chlingaryan, A., Sukkarieh, S., & Whelan, B. (2018). Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review. *Computers and electronics in agriculture*, 151, 61-69.
- El Bilali, H., & Allahyari, M. S. (2018). Transition towards sustainability in agriculture and food systems: Role of information and communication technologies. *Information processing in agriculture*, 5(4), 456-464.
- Hasibuan, M. R. R. (2023). *Evaluasi Efisiensi Penggunaan Air Dalam Pertanian Berbasis Teknologi Irigasi Modern*.
- Hasibuan, M. R. R. (2023). *Penerapan Teknologi Precision Farming Untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi Pertanian*.
- Hidayat, B. (2024). Inovasi Teknologi Pertanian untuk Meningkatkan Produktivitas Pangan di Indonesia. *literacy notes*, 2(1).
- Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS: wageningen journal of life sciences*, 90(1), 1-16.
- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674.
- Natasya, D. (2024). Penerapan Teknologi Pertanian Presisi dalam Meningkatkan Efisiensi Produksi. *literacy notes*, 2(1).
- Prasetyo, M. A. W., Riyatno, R., Riyandi, A., Fadiana, F., & Karim, J. A. (2025). Pemanfaatan E-GEPATAN untuk Administrasi Lahan Pertanian dan Distribusi Hasil Panen Petani. *Indonesian Journal of Community Service and Innovation*, 5(3), 157-170.
- PRASTIWI, R. E. (2025). Studi Dampak Ekonomi Adopsi Teknologi Pertanian Modern. *Circle Archive*, 1(7).
- Putri, R. (2024). Pemanfaatan Teknologi Pertanian Presisi untuk Meningkatkan Produktivitas Padi dan Efisiensi Penggunaan Air di Lahan Irigasi Kabupaten Dompu. *ARMADA: Jurnal Penelitian Multidisiplin*, 2(6), 389-394.
- Rif'an, M. (2024). *Penerapan IoT dalam Pertanian Presisi untuk Peningkatan Produksi dan Efisiensi Penggunaan Sumber Daya* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Rizal, F. J., Rahman, M. A., Maulana, A. A., & Setiowati, Y. (2024, July). Implementasi Smart Farming Dalam Mendukung Pertanian Berkelanjutan. In *Seminar Nasional Agribisnis* (Vol. 1, No. 2, pp. 120-126).

- Saiz-Rubio, V., & Rovira-Más, F. (2020). From smart farming towards agriculture 5.0: A review on crop data management. *Agronomy, 10*(2), 207.
- Santos del Río, J., Talavera, A., Fernández-Pozo, N., Veredas, F. J., & Claros, M. G. (2025). Artificial intelligence in plant salt stress research: from predictive models to multi-omics integration. *Journal of Experimental Botany*, eRAF498.
- Sari, Y. A. P., & Gumay, D. A. (2026). Peran Teknologi Presisi dalam Mewujudkan Pertanian Berkelanjutan: Systematic Literature Review. *Journal of Sustainable Agriculture Extension, 4*(1), 36-48.
- Sharma, A., Jain, A., Gupta, P., & Chowdary, V. (2020). Machine learning applications for precision agriculture: A comprehensive review. *IEEE access, 9*, 4843-4873.
- Sharma, R., Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Kumar, V., & Kumar, A. (2020). A systematic literature review on machine learning applications for sustainable agriculture supply chain performance. *Computers & Operations Research, 119*, 104926.
- Siregar, M. A. R. (2023). *Peningkatan Produktivitas Tanaman Padi Melalui Penerapan Teknologi Pertanian Terkini*.
- Sishodia, R. P., Ray, R. L., & Singh, S. K. (2020). Applications of remote sensing in precision agriculture: A review. *Remote sensing, 12*(19), 3136.