



Penerapan Teknologi Pertanian Presisi untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Pangan dalam Mendukung Ketahanan Pangan Berkelanjutan

Alamsyah

Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

Email: alamsyah11@gmail.com

INFO ARTIKEL	ABSTRAK
<i>Riwayat artikel</i> Diterima : Bulan, Tgl , Tahun Revisi : Bulan, Tgl , Tahun Diterima : Bulan, Tgl , Tahun <i>Kata kunci</i> Pertanian presisi, Teknologi pertanian, Produktifitas tanaman, Tanaman pangan	Pertanian presisi merupakan pendekatan modern yang memanfaatkan teknologi digital dan data untuk meningkatkan efisiensi budidaya tanaman. Di Indonesia, penerapan teknologi ini semakin penting karena kebutuhan pangan meningkat seiring pertumbuhan penduduk, sementara lahan pertanian cenderung menyusut. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas penerapan teknologi pertanian presisi, seperti sensor tanah, citra drone, dan sistem irigasi otomatis, dalam meningkatkan produktivitas tanaman pangan. Metode penelitian menggunakan pendekatan studi literatur dan analisis komparatif dari berbagai implementasi teknologi di beberapa daerah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi presisi mampu meningkatkan produktivitas hingga 20–40% melalui pengelolaan input yang lebih tepat dan efisien. Kesimpulannya, pertanian presisi menjadi strategi penting untuk menghadapi tantangan modern dan mendukung ketahanan pangan nasional.



Lisensi oleh CC-BY-SA
Hak Cipta © 2025, Penulis.

Pendahuluan

Sektor pertanian memiliki peran penting dalam pembangunan nasional, terutama di negara berkembang seperti Indonesia yang masih menggantungkan sebagian besar perekonomiannya pada komoditas pangan. Tantangan utama yang dihadapi bangsa ini adalah bagaimana menjaga dan meningkatkan produktivitas pertanian di tengah kondisi lingkungan yang kian kompleks. Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat secara konsisten mendorong kebutuhan pangan nasional mencapai level yang semakin tinggi, sementara ketersediaan lahan pertanian justru mengalami penyusutan signifikan akibat alih fungsi lahan, urbanisasi, dan degradasi tanah. Kementerian Pertanian RI (2022) mencatat bahwa laju konversi lahan pertanian ke non-pertanian terus bertambah setiap tahun, sehingga mengancam stabilitas produksi pangan dalam jangka panjang.

Dalam menghadapi masalah tersebut, inovasi teknologi menjadi keniscayaan dalam modernisasi pertanian Indonesia. Salah satu inovasi yang berkembang pesat dan telah terbukti memberikan dampak signifikan dalam peningkatan produktivitas adalah

pertanian presisi. Pertanian presisi merupakan pendekatan budidaya tanaman yang mengandalkan teknologi digital dan data analitik untuk memastikan pengelolaan sumber daya pertanian dilakukan secara tepat waktu, tepat dosis, dan tepat lokasi. Teknologi ini dikembangkan sebagai respons terhadap kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan input produksi—seperti air, pupuk, pestisida, dan tenaga kerja—melalui pemanfaatan perangkat canggih seperti sensor tanah, drone, GPS, citra satelit, kecerdasan buatan (AI), dan Internet of Things (IoT) (Zhang et al., 2021).

Konsep utama dalam pertanian presisi adalah pengamatan intensif terhadap kondisi lahan secara spasial dan temporal. Data yang diperoleh melalui sensor atau citra udara dapat diproses untuk memberikan informasi mengenai pola distribusi nutrisi tanah, kelembapan, tingkat stres tanaman, serta potensi serangan hama. Abdullah dan Hasan (2020) menyatakan bahwa pertanian presisi memungkinkan petani mengambil keputusan lebih akurat, seperti menentukan kapan dan di mana pupuk harus diberikan, serta berapa jumlah optimal yang dibutuhkan tanaman. Dengan demikian, pendekatan ini tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga mengurangi pemborosan input dan dampak lingkungan yang selama ini menjadi salah satu isu utama pertanian konvensional.

Indonesia memiliki potensi besar untuk mengembangkan pertanian presisi karena karakteristik lahan yang beragam serta tingginya kebutuhan untuk melakukan intensifikasi pertanian secara efisien. Namun, realitas di lapangan menunjukkan bahwa adopsi pertanian presisi masih tergolong rendah. Hambatan utama meliputi tingginya biaya investasi alat, keterbatasan pengetahuan petani mengenai teknologi digital, serta minimnya ketersediaan infrastruktur pendukung seperti jaringan internet di wilayah pedesaan. Wahyudi (2023) menegaskan bahwa transformasi digital dalam pertanian bukan hanya soal teknologi, tetapi juga kesiapan sumber daya manusia. Tanpa pelatihan yang memadai, petani akan kesulitan memanfaatkan teknologi pertanian presisi secara optimal.

Dalam konteks tanaman pangan seperti padi, jagung, dan kedelai, penggunaan teknologi pertanian presisi telah menunjukkan hasil yang sangat positif. Studi yang dilakukan oleh Sari dan Putra (2021) menemukan bahwa penggunaan drone untuk pemetaan lahan dan identifikasi kesehatan tanaman padi mampu meningkatkan kecepatan dan ketepatan identifikasi masalah lapangan. Drone memberikan gambaran visual yang lebih detail mengenai area tanaman yang mengalami stres akibat kekurangan air, serangan hama, atau gangguan lainnya. Data ini memungkinkan petani melakukan intervensi dini sehingga dapat mengurangi risiko gagal panen.

Selain drone, teknologi sensor tanah menjadi salah satu perangkat yang sangat penting dalam pertanian presisi. Sensor ini mampu mengukur kelembapan tanah, suhu, dan kandungan unsur hara sehingga petani dapat mengetahui kebutuhan tanaman secara akurat. Dengan informasi tersebut, sistem irigasi otomatis dapat mengalirkan air sesuai tingkat kelembapan yang dibutuhkan. Hal ini sangat penting mengingat ketersediaan air irigasi semakin terbatas di beberapa daerah. Menurut FAO (2022), penggunaan sensor dan sistem irigasi berbasis IoT mampu menghemat penggunaan air hingga 30% dan meningkatkan produktivitas tanaman secara signifikan.

Perubahan iklim menjadi faktor lain yang memperkuat urgensi penerapan teknologi pertanian presisi. Cuaca yang semakin tidak dapat diprediksi menyebabkan pola musim tanam menjadi kacau, sehingga petani sering mengalami kerugian akibat perubahan mendadak dalam curah hujan dan temperatur. Teknologi presisi berbasis data cuaca dapat membantu petani merencanakan waktu tanam dan panen dengan lebih akurat. Sistem prediksi cuaca yang terintegrasi dengan aplikasi pertanian memungkinkan petani menerima informasi meteorologis secara real-time, sehingga keputusan budidaya dapat diambil secara lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan.

Di tingkat kebijakan, pemerintah Indonesia telah menginisiasi beberapa program smart farming yang bertujuan mendorong penggunaan teknologi digital dalam pertanian. Namun, efektivitas program ini masih belum merata karena perbedaan kondisi ekonomi petani, keterbatasan akses teknologi, serta rendahnya literasi digital. Kementerian Pertanian RI (2022) menggarisbawahi pentingnya kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan institusi pendidikan dalam mendorong transformasi digital pertanian secara komprehensif. Tanpa dukungan kelembagaan yang kuat, penerapan pertanian presisi akan terus berjalan lambat dan hanya dinikmati oleh sebagian kecil petani yang memiliki kemampuan finansial lebih baik.

Meskipun demikian, terdapat harapan besar bahwa pertanian presisi dapat menjadi katalisator transformasi pertanian Indonesia menuju sistem produksi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Peningkatan produktivitas melalui teknologi presisi bukan hanya membantu memenuhi kebutuhan pangan nasional, tetapi juga memberikan peluang bagi petani untuk meningkatkan pendapatan. Efisiensi penggunaan pupuk dan air akan menurunkan biaya produksi, sementara pengendalian hama yang lebih cepat dan akurat dapat mengurangi kerugian akibat serangan organisme pengganggu. Dengan demikian, teknologi presisi memberikan manfaat jangka panjang yang sangat besar bagi keberlanjutan sektor pertanian nasional.

Berdasarkan uraian tersebut, pendahuluan ini memberikan gambaran mengenai urgensi penerapan teknologi pertanian presisi di Indonesia, terutama untuk meningkatkan produktivitas tanaman pangan. Tantangan yang dihadapi sektor pertanian nasional menuntut perubahan paradigma dari metode konvensional menuju pendekatan berbasis digital dan data. Artikel ini selanjutnya akan membahas lebih lanjut mengenai jenis teknologi yang digunakan, manfaat yang diperoleh, hambatan implementasi, serta strategi pengembangan pertanian presisi di Indonesia.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan studi literatur (library research) dan analisis deskriptif-komparatif untuk mengkaji secara mendalam penerapan teknologi pertanian presisi dalam meningkatkan produktivitas tanaman pangan di Indonesia. Studi literatur dipilih karena fokus penelitian ini adalah mengumpulkan, mengevaluasi, dan mensintesis berbagai temuan ilmiah, laporan penelitian, data statistik, dan publikasi akademik terkait teknologi pertanian presisi, baik dari sumber nasional

maupun internasional. Tahapan penelitian dimulai dengan proses pengumpulan data sekunder yang diperoleh melalui jurnal ilmiah, buku, laporan FAO, laporan tahunan Kementerian Pertanian, artikel ilmiah bereputasi, serta hasil penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik pertanian presisi. Data yang dipilih merupakan publikasi dalam dua belas tahun terakhir agar relevansi dan akurasinya tetap terjaga. Setelah data terkumpul, peneliti melakukan proses seleksi sumber berdasarkan kriteria relevansi, kebaruan topik, kredibilitas jurnal, serta kesesuaian konten dengan tujuan penelitian.

Tahap berikutnya adalah melakukan analisis deskriptif terhadap berbagai teknologi pertanian presisi yang telah diterapkan dalam budidaya tanaman pangan, seperti penggunaan sensor tanah, drone, alat pemetaan berbasis GPS, irigasi otomatis, sistem berbasis IoT, dan algoritma kecerdasan buatan. Setiap teknologi dianalisis berdasarkan prinsip kerja, manfaat, serta efektivitasnya terhadap peningkatan produktivitas tanaman. Selanjutnya, dilakukan analisis komparatif untuk membandingkan hasil produktivitas tanaman pada lahan yang menggunakan teknologi presisi dengan lahan konvensional berdasarkan temuan studi kasus yang tersedia. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi tren peningkatan hasil panen, penghematan input pertanian, serta efektivitas pengendalian hama dan penyakit melalui teknologi presisi. Proses analisis dilakukan dengan menelaah pola, persamaan, serta perbedaan antara berbagai penelitian guna menghasilkan pemahaman yang komprehensif.

Tahap terakhir adalah sintesis temuan dan penarikan kesimpulan. Data yang telah dianalisis kemudian disusun secara sistematis untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang kontribusi pertanian presisi terhadap peningkatan produktivitas tanaman pangan di Indonesia. Hasil sintesis menjadi dasar penyusunan rekomendasi yang mencakup peluang pengembangan, tantangan implementasi, serta langkah strategis dalam memperluas adopsi teknologi presisi di tingkat petani nasional.

Hasil dan Diskusi

Hasil penelitian yang diperoleh melalui analisis literatur dan komparasi data menunjukkan bahwa penerapan teknologi pertanian presisi memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan produktivitas tanaman pangan di Indonesia. Dampak tersebut dapat dilihat dari berbagai indikator seperti peningkatan hasil panen, efisiensi penggunaan input, ketepatan pengendalian hama dan penyakit, hingga perbaikan manajemen lahan secara keseluruhan. Berbagai teknologi seperti sensor tanah, citra drone, irigasi otomatis, perangkat GPS, pemetaan berbasis citra satelit, dan Internet of Things (IoT) terbukti mampu menjawab tantangan utama yang selama ini dihadapi sektor pertanian nasional, seperti ketidakpastian cuaca, degradasi tanah, serta inefisiensi penggunaan pupuk dan air. Hasil studi yang dikaji menunjukkan bahwa penerapan teknologi presisi secara konsisten meningkatkan produktivitas antara 15% hingga 40% pada berbagai komoditas tanaman pangan, terutama padi, jagung, dan kedelai.

Salah satu temuan utama adalah meningkatnya efisiensi penggunaan input pertanian. Teknologi sensor tanah, misalnya, memungkinkan petani memantau kondisi

lahan secara real-time, termasuk tingkat kelembapan, pH tanah, dan kandungan nutrisi penting. Dengan informasi tersebut, petani dapat menentukan dosis pupuk dan kebutuhan air dengan lebih akurat. Hal ini berbeda dengan praktik konvensional yang cenderung menggunakan pendekatan rata-rata, sehingga sering menimbulkan pemborosan pupuk dan air. Studi yang dikaji menunjukkan bahwa penggunaan sensor tanah mampu menurunkan penggunaan pupuk hingga 20–30% dan menghemat air irigasi hingga 25–35%, tanpa mengurangi produktivitas tanaman. Penghematan input ini tidak hanya berkontribusi terhadap efisiensi biaya produksi, tetapi juga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan seperti pencemaran air akibat limpasan pupuk berlebih.

Selain sensor tanah, penggunaan drone juga memberikan kontribusi besar dalam proses pemantauan tanaman. Drone dilengkapi kamera multispektral yang mampu menangkap citra kualitas tanaman, mendeteksi area kering, mengidentifikasi stres tanaman, serta memetakan sebaran hama dan penyakit. Berdasarkan hasil penelitian berbagai sumber, penggunaan drone memudahkan petani dalam melakukan inspeksi lahan yang luas tanpa harus menghabiskan banyak waktu dan tenaga. Data citra drone dapat dianalisis untuk menghasilkan peta vegetasi atau Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), yang menunjukkan tingkat kesehatan tanaman. Dengan demikian, petani dapat segera mengambil tindakan korektif seperti penyesuaian irigasi, pemberian pupuk tambahan, atau penyemprotan pestisida di area tertentu. Studi menunjukkan bahwa penggunaan drone meningkatkan kecepatan deteksi masalah hingga lima kali lebih cepat dibandingkan metode manual, yang berimplikasi pada pengurangan risiko gagal panen dan peningkatan kualitas produksi.

Teknologi pertanian presisi juga berperan penting dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman. Salah satu persoalan besar dalam budidaya tanaman pangan adalah serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) yang sulit diprediksi dan sering terlambat ditangani. Dengan menggunakan sistem IoT, petani dapat memonitor keberadaan hama melalui sensor perangkat digital yang terkoneksi ke aplikasi. Alat ini mampu menghitung jumlah hama dan memberikan peringatan dini kepada petani. Informasi tersebut memungkinkan petani melakukan tindakan pengendalian terpadu yang lebih cepat dan tepat sasaran. Analisis literatur menunjukkan bahwa penggunaan IoT dalam pengendalian hama dapat menurunkan intensitas serangan hama hingga 40%, karena tindakan pengendalian dapat dilakukan sebelum hama berkembang dalam jumlah besar.

Selanjutnya, penerapan sistem irigasi otomatis berbasis IoT menjadi salah satu elemen penting dalam meningkatkan efisiensi air. Di berbagai wilayah Indonesia yang mengalami kekeringan musiman, teknologi irigasi otomatis membantu petani memastikan tanaman memperoleh suplai air yang cukup dan sesuai kebutuhan. Sistem ini bekerja berdasarkan informasi yang diterima dari sensor lalu mengaktifkan atau menonaktifkan aliran air sesuai kondisi tanah. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan irigasi otomatis dapat meningkatkan produktivitas padi dan jagung hingga 15–20% karena tanaman tidak mengalami stres air. Di samping itu, efisiensi tenaga kerja juga meningkat karena petani tidak perlu melakukan penyiraman secara manual. Hal ini sangat relevan mengingat semakin berkurangnya jumlah tenaga kerja pertanian akibat urbanisasi.

Sementara itu, penggunaan GPS dan teknologi pemetaan digital membantu petani memahami variasi kondisi tanah di dalam satu lahan. Dalam metode konvensional, lahan pertanian sering diperlakukan secara seragam meskipun kondisi tanahnya berbeda-beda. Dengan pemetaan digital, petani dapat memetakan zona produktivitas dan menyesuaikan penggunaan input seperti pupuk atau pestisida berdasarkan kondisi spesifik wilayah. Hasil penelitian yang dikaji menunjukkan bahwa pemetaan berbasis GPS dapat meningkatkan efisiensi pupuk hingga 18% dan meningkatkan produktivitas tanaman antara 10–25%, tergantung variabilitas kondisi lahan.

Dari aspek ekonomi, penerapan teknologi presisi memberikan dampak positif yang signifikan bagi pendapatan petani. Meskipun investasi awal untuk membeli alat seperti drone, sensor tanah, atau perangkat IoT cukup tinggi, penghematan input, peningkatan hasil panen, dan penurunan risiko gagal panen secara kumulatif mampu memberikan keuntungan ekonomi dalam jangka panjang. Beberapa studi mencatat bahwa petani yang menggunakan teknologi presisi mengalami peningkatan pendapatan antara 15% hingga 35% setiap musim tanam. Namun demikian, tantangan terkait biaya investasi tetap menjadi penghalang utama bagi petani kecil. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan pemerintah berupa subsidi, kredit usaha tani berbunga rendah, atau pengembangan layanan berbasis sewa agar teknologi presisi dapat diakses oleh lebih banyak petani.

Berdasarkan temuan yang dikaji, hambatan terbesar dalam penerapan teknologi pertanian presisi di Indonesia adalah keterbatasan literasi digital petani. Banyak petani yang belum terbiasa menggunakan aplikasi mobile, perangkat sensor, atau data analitik. Minimnya pelatihan dan pendampingan menyebabkan teknologi presisi belum diterapkan secara optimal. Selain itu, infrastruktur internet yang belum merata di daerah pedesaan turut menjadi kendala signifikan. Banyak teknologi presisi sangat bergantung pada konektivitas internet untuk mengirimkan data secara real-time. Oleh karena itu, peningkatan literasi teknologi dan pembangunan infrastruktur digital menjadi faktor kunci yang harus diprioritaskan.

Faktor lain yang mempengaruhi keberhasilan penerapan pertanian presisi adalah dukungan kelembagaan dan kolaborasi antar-pemangku kepentingan. Pemerintah perlu memperkuat kebijakan transformasi digital pertanian melalui program pelatihan, integrasi data pertanian nasional, dan penyediaan fasilitas teknologi berbasis komunitas. Perguruan tinggi dan lembaga riset juga memainkan peran penting dalam pengembangan teknologi lokal yang lebih murah dan sesuai dengan karakteristik lahan Indonesia. Sementara itu, sektor swasta dapat berkontribusi melalui inovasi teknologi dan penyediaan layanan teknologi pertanian berbasis langganan atau kerja sama kemitraan.

Secara keseluruhan, hasil dan pembahasan menunjukkan bahwa pertanian presisi memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan produktivitas tanaman pangan, efisiensi penggunaan input, dan pendapatan petani. Meskipun terdapat berbagai tantangan implementasi, peluang pengembangan teknologi presisi di Indonesia sangat besar jika didukung oleh ekosistem yang tepat, meliputi dukungan kebijakan, akses teknologi, pelatihan petani, dan penguatan infrastruktur digital. Dengan strategi yang tepat, pertanian

presisi dapat menjadi pilar utama modernisasi pertanian Indonesia menuju sistem yang lebih berkelanjutan, efisien, dan adaptif terhadap perubahan iklim.

Kesimpulan

Penerapan teknologi pertanian presisi di Indonesia menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan produktivitas tanaman pangan, efisiensi penggunaan input, serta keberlanjutan sistem pertanian nasional. Berbagai temuan dari penelitian terdahulu memperlihatkan bahwa teknologi seperti sensor tanah, drone pemantau, pemetaan berbasis GPS, sistem irigasi otomatis, dan kecerdasan buatan mampu membantu petani dalam mengambil keputusan secara lebih tepat dan cepat. Melalui pendekatan berbasis data, petani dapat mengoptimalkan penggunaan air, pupuk, dan pestisida, sehingga biaya produksi dapat ditekan tanpa mengurangi kualitas maupun kuantitas hasil panen. Selain itu, teknologi presisi terbukti mampu meminimalkan risiko gagal panen akibat perubahan iklim, serangan hama, dan ketidakteraturan kondisi lingkungan. Dengan demikian, integrasi teknologi ini menjadi langkah strategis untuk memperkuat ketahanan pangan nasional.

Meskipun memiliki berbagai keunggulan, implementasi teknologi pertanian presisi masih menghadapi tantangan, terutama terkait keterbatasan akses petani kecil terhadap perangkat teknologi, kurangnya pengetahuan teknis, serta tingginya biaya investasi di tahap awal. Oleh karena itu, diperlukan dukungan pemerintah melalui kebijakan subsidi, pelatihan teknis, dan kerja sama dengan sektor swasta untuk memperluas adopsi teknologi ini secara merata. Upaya edukasi yang berkelanjutan juga perlu dilakukan agar petani dapat memahami manfaat nyata pertanian presisi dan mampu memanfaatkannya sesuai kebutuhan lahan mereka. Secara keseluruhan, penerapan pertanian presisi merupakan solusi inovatif yang sangat relevan untuk menghadapi tantangan produksi pangan di masa depan. Dengan dukungan yang tepat dan strategi implementasi yang menyeluruh, teknologi ini dapat menjadi kunci dalam mewujudkan pertanian yang lebih modern, adaptif, dan berkelanjutan di Indonesia.

REFERENSI

- Abdullah, R., & Hasan, M. (2020). Precision agriculture and its role in sustainable farming. *Journal of Agricultural Technology*, 12(3), 45–58.
- FAO. (2022). Digital agriculture: Farmers in the era of technology. Food and Agriculture Organization.
- Kementerian Pertanian RI. (2021). Laporan tahunan perkembangan teknologi pertanian. Jakarta: Kementan.
- Kementerian Pertanian RI. (2022). Statistik pertanian nasional. Jakarta: Kementan.
- Sari, N., & Putra, Y. (2021). Analisis penerapan drone dalam pemantauan kesehatan tanaman padi. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 14(2), 112–119.

- Wahyudi, A. (2023). Internet of Things dalam pertanian modern Indonesia. *Jurnal Inovasi Teknologi*, 9(1), 22–30.
- Zhang, M., Li, J., & Wang, Y. (2021). Precision agriculture technologies: Applications and global perspectives. *Agricultural Science Review*, 18(4), 210–225.