



INTEGRATION SISTEM DALAM MENINGKATKAN EFISIENSI DAN INVENTIVITAS PERTANIAN BERKELANJUTAN

Marta Trisanti Mendrofa ¹⁾, Wahyuni ²⁾

¹⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli , Indonesia
Email: martamendrofa75@gmail.com

²⁾ Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Depok , Indonesia
Email: wahyuni@gmail.com

Abstract

Sustainable agriculture plays a key role in addressing global food security challenges. In this case, the application of technology is very important to increase efficiency and productivity in the agricultural sector. The aim of this research is to explore the application of various solutions, such as sensor-based monitoring systems, mobile applications for land management, and agricultural data analysis that can help farmers make more informed decisions. Research findings show that the use of technology not only contributes to increasing crop yields, but also optimizes the use of resources such as water and fertilizer, thereby encouraging more environmentally friendly agricultural practices. Thus, integration in sustainable agriculture can be an effective approach in achieving food security and sustainability goals.

Keywords: Sustainable Agriculture, Efficiency, Productivity, Monitoring Systems, Data Analytics.

Abstrak

Pertanian berkelanjutan memainkan peran kunci dalam mengatasi tantangan ketahanan pangan global. Dalam hal ini, penerapan teknologi sangat penting untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam sektor pertanian. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi penerapan berbagai solusi, seperti sistem pemantauan berbasis sensor, aplikasi mobile untuk pengelolaan lahan, serta analisis data pertanian yang dapat membantu petani dalam membuat keputusan yang lebih tepat. Temuan penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknologi tidak hanya berkontribusi pada peningkatan hasil panen, tetapi juga mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya seperti air dan pupuk, sehingga mendorong praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan. Dengan demikian, integrasi dalam pertanian berkelanjutan dapat menjadi pendekatan yang efektif dalam mencapai tujuan ketahanan pangan dan keberlanjutan.

Kata Kunci: Artikel; Pertanian Berkelanjutan, Efisiensi, Produktivitas, Sistem Pemantauan, Analisis Data.



PENDAHULUAN

Pertanian berkelanjutan telah menjadi fokus utama dalam upaya global untuk mencapai ketahanan pangan dan menjaga keseimbangan ekosistem. Istilah pembangunan berkelanjutan pertama kali diperkenalkan dalam world conservation strategi oleh international union for the conservation of nature (IUCN) pada tahun 1980. (Lubis 2010). Pembangunan pertanian berkelanjutan selalu menjadi tren issue dan krusial dalam menghadapi tantangan global terkait pangan, lingkungan, dan ketahanan ekonomi. Dalam menghadapi kompleksitas ini, penyuluhan diidentifikasi sebagai kunci untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani (Cahyaningrum, Sembiring, and Suanda n.d.). Dengan meningkatnya jumlah penduduk dunia mencapai 9,7 miliar pada tahun 2050, tantangan untuk menyediakan pangan yang cukup dan berkualitas semakin mendesak. Seiring dengan pertumbuhan populasi global dan perubahan iklim yang semakin tidak terduga, tantangan untuk memenuhi kebutuhan pangan yang berkelanjutan semakin mendesak (Rizal et al. 2024). Pertanian konvensional sering kali menghadapi kritik karena dampaknya terhadap lingkungan, termasuk penggunaan pestisida dan pupuk kimia yang berlebihan, serta praktik pengelolaan lahan yang tidak berkelanjutan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan baru yang tidak hanya meningkatkan produktivitas pertanian, tetapi juga mempertahankan keberlanjutan sumber daya alam. Dalam konteks ini, integrasi teknologi informasi (TI) muncul sebagai solusi yang menjanjikan untuk mengoptimalkan efisiensi serta meningkatkan produktivitas di sektor pertanian. Secara umum, teknologi informasi dan komunikasi mencakup berbagai teknologi yang berkaitan dengan pengumpulan, pemrosesan, penyimpanan, penyebaran, serta penyajian informasi (Charina et al. 2017). Teknologi informasi mencakup berbagai alat dan sistem yang dapat membantu petani dalam mengumpulkan, menganalisis, dan memanfaatkan data untuk pengambilan keputusan yang lebih baik. Sebagai contoh, sistem pemantauan yang menggunakan sensor dapat menyajikan informasi secara real-time mengenai kondisi tanah dan tanaman, sementara aplikasi mobile dapat membantu petani dalam manajemen lahan dan perencanaan produksi. Dengan memanfaatkan teknologi ini, petani dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya, mengurangi limbah, serta meningkatkan produktivitas hasil panen. Teknologi informasi dan komunikasi semakin berperan penting dalam sector pertanian karena memberikan berbagai keuntungan bagi petani dan penyulu, seperti kemudahan akses terhadap informasi, teknologi, dan pasar. Hasil survei menunjukkan bahwa mayoritas penyuluh (96,4%) telah menggunakan

telepon pintar yang terhubung ke internet, sementara masih terdapat #,6% yang belum beralih ke teknologi tersebut. Kemampuan pemrosesan smartphone saat ini bahkan telah melampaui computer desktop di masa lalu, sehingga memungkinkan penyuluh menyelesaikan berbagai tugas dengan efisien (Sugihono, Hariadi, and Wastutiningsih 2024). Penerapan Konsep pertanian modern yang menggabungkan berbagai aspek modernisasi dapat menjadi pilihan alternatif untuk mendukung pertumbuhan sektor pertanian dan peternakan secara berkelanjutan.

(Putri and Zainuddin 2024). Perkebunan adalah kegiatan mengelola sumber daya alam untuk membudidayakan tanaman tertentu, mengolah dan memasarkan hasil panennya. Ilmu pengetahuan dan teknologi semakin memiliki peran yang krusial di berbagai sektor industri, termasuk pertanian, seiring dengan munculnya Industri 4.0. Pertanian 4.0, atau yang dikenal dengan istilah Agriculture Numérique dalam bahasa Prancis, menjadi tren yang semakin berkembang di banyak negara. Dukungan dari kebijakan pemerintah dan sektor swasta menunjukkan adanya momentum yang kuat bagi pertanian 4.0 (Muda Harahap et al. 2024). Penerapan smart farming 4.0 di Indonesia menghadapi tantangan tersendiri, mengingat tingkat pendidikan petani yang relatif rendah dan kebiasaan mereka yang masih mengandalkan metode budi daya tradisional yang diwariskan oleh leluhur. Ditambah dengan karakteristik lahan pertanian yang beragam dan mayoritas petani yang sudah berusia lanjut (aging farmers), implementasi smart farming 4.0 di Indonesia menghadapi hambatan yang cukup besar. Meskipun demikian, jika tantangan ini dihadapi dengan pendekatan yang bijaksana, penerapan smart farming masih sangat memungkinkan untuk dilakukan (Rachmawati 2020). Berbagai penelitian mengenai pemanfaatan teknologi digital dalam sektor pertanian telah banyak dilakukan, mencakup sistem mekanisasi, teknologi otomatis, dan pengendalian otomatis yang menggabungkan perangkat sensor dengan mikrokontroler berdasarkan prinsip Internet of Things (IoT). Selain itu, perangkat lunak Decision Support System (DSS) untuk pengaturan dosis pemupukan, penghitung jumlah pohon, serta pengendalian hama dan penyakit mulai diterapkan dalam praktik manajemen perkebunan sawit menggunakan pemrosesan citra dengan drone dan artificial neural network (Septiani et al. n.d.).

Meskipun banyak penelitian sebelumnya telah membahas manfaat teknologi dalam pertanian, masih terdapat celah dalam pemahaman tentang bagaimana teknologi informasi secara spesifik dapat diintegrasikan untuk mendukung praktik pertanian berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan



pengetahuan dengan mengeksplorasi penerapan teknologi informasi dalam konteks pertanian berkelanjutan serta dampaknya terhadap efisiensi dan produktivitas. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya akan memberikan pemahaman baru mengenai penggunaan teknologi dalam sektor pertanian, tetapi juga akan menawarkan rekomendasi praktis bagi petani dan pihak terkait lainnya.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis berbagai aplikasi teknologi informasi yang dapat diterapkan dalam praktik pertanian berkelanjutan serta menilai dampaknya terhadap hasil panen dan penggunaan sumber daya. Teknologi pertanian modern seperti bioteknologi, sensor IoT, dan analisis data telah membuka peluang baru dalam pengelolaan lahan dan pengembangan varietas tanaman yang lebih tahan terhadap perubahan iklim dan penyakit. Bioteknologi, contohnya, telah memungkinkan penciptaan tanaman transgenik yang tahan terhadap hama dan penyakit serta mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ekstrem. Hal ini tidak hanya meningkatkan produktivitas tanaman, tetapi juga mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia yang dapat merusak lingkungan. (Sudarta 2022). Dalam hal ini, teknologi seperti smart farming berperan penting dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi sektor pertanian. Smart farming, atau pertanian cerdas, merupakan konsep yang mengintegrasikan teknologi informasi dan komunikasi dengan aktivitas pertanian untuk mendorong efisiensi, produktivitas, serta keberlanjutan dalam produksi pangan. Dengan mengidentifikasi hubungan antara penggunaan TI dan peningkatan efisiensi serta produktivitas, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan praktik pertanian yang lebih berkelanjutan dan inovatif. Penelitian ini juga diharapkan menjadi referensi bagi penelitian di masa depan serta memberikan dasar untuk kebijakan yang mendukung adopsi teknologi informasi di sektor pertanian.

Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian ini akan mengadopsi pendekatan kualitatif dan kuantitatif dalam pengumpulan data yang relevan. Metode survei dan wawancara mendalam akan digunakan untuk memperoleh pandangan dari petani dan para ahli di bidang pertanian dan teknologi informasi. Selain itu, analisis data sekunder dari studi-studi sebelumnya akan digunakan untuk memperkuat hasil yang diperoleh. Dengan pendekatan ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai peran teknologi informasi dalam mendukung pertanian berkelanjutan.

Signifikansi dari penelitian ini terletak pada kemampuannya untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana teknologi informasi dapat

mendukung pertanian berkelanjutan. Dengan hasil yang diharapkan, penelitian ini tidak hanya akan memberikan kontribusi akademis, tetapi juga akan memiliki dampak praktis yang dapat membantu petani dalam mengadopsi teknologi yang tepat untuk meningkatkan hasil pertanian mereka. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang berguna bagi pembuat kebijakan dalam merumuskan strategi untuk mendukung integrasi teknologi informasi dalam sektor pertanian.

Dalam konteks global, banyak negara telah mulai mengadopsi teknologi informasi dalam praktik pertanian mereka. Misalnya, di negara-negara maju, penggunaan drone untuk pemantauan lahan dan aplikasi berbasis data untuk analisis hasil panen telah menjadi hal yang umum. Namun, di negara berkembang, adopsi teknologi ini masih menghadapi berbagai tantangan, termasuk keterbatasan infrastruktur, akses terhadap teknologi, dan kurangnya pengetahuan di kalangan petani. Dengan demikian, penelitian ini juga akan mengeksplorasi berbagai tantangan yang dihadapi dalam integrasi teknologi informasi di negara-negara berkembang dan memberikan saran untuk mengatasi hambatan-hambatan tersebut.

Dalam penelitian ini, peneliti akan melakukan analisis mendalam terhadap berbagai aplikasi teknologi informasi yang telah diterapkan di lapangan, dengan tujuan mengidentifikasi praktik terbaik dan inovasi yang telah berhasil meningkatkan efisiensi serta produktivitas pertanian. Penelitian ini juga akan mengevaluasi dampak penggunaan teknologi informasi terhadap hasil panen dan keberlanjutan sumber daya alam. Dengan mengumpulkan data dari berbagai sumber, seperti petani, ahli, dan literatur terkait, penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang komprehensif mengenai peran teknologi informasi dalam mendukung pertanian berkelanjutan.

Salah satu aspek penting yang akan dibahas adalah bagaimana teknologi informasi dapat membantu petani dalam mengelola risiko yang muncul akibat perubahan iklim. Dengan adanya data yang akurat dan analisis yang tepat, petani dapat membuat keputusan yang lebih baik terkait waktu tanam, pemilihan varietas tanaman, dan pengelolaan air. Hal ini sangat relevan, mengingat perubahan iklim yang semakin ekstrem dapat berdampak signifikan terhadap hasil pertanian.

Selain itu, penelitian ini juga akan membahas peran pendidikan dan pelatihan dalam meningkatkan adopsi teknologi informasi di kalangan petani. Meskipun teknologi menawarkan banyak keuntungan, tanpa pemahaman yang memadai, petani mungkin tidak dapat memaksimalkan potensi teknologi tersebut. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan program pelatihan



yang efektif yang dapat membantu petani memahami dan memanfaatkan teknologi informasi dengan optimal.

Dalam hal kebijakan, penelitian ini akan memberikan rekomendasi bagi pemerintah dan pemangku kepentingan lainnya untuk menciptakan lingkungan yang mendukung adopsi teknologi informasi di sektor pertanian. Hal ini meliputi investasi dalam infrastruktur, peningkatan akses internet, dan pengembangan kebijakan yang mendorong inovasi serta penelitian dalam bidang pertanian. Dengan langkah-langkah ini, diharapkan sektor pertanian dapat bertransformasi menjadi lebih efisien dan berkelanjutan.

Akhirnya, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap literatur yang ada mengenai penggunaan teknologi informasi dalam pertanian berkelanjutan. Dengan mengisi celah pengetahuan yang ada dan menawarkan wawasan baru, penelitian ini tidak hanya akan bermanfaat bagi akademisi, tetapi juga bagi praktisi dan pembuat kebijakan yang berfokus pada pengembangan pertanian berkelanjutan. Pendahuluan ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai konteks, tujuan, dan signifikansi penelitian, serta mempersiapkan pembaca untuk memahami metodologi dan hasil yang akan disajikan dalam bagian-bagian selanjutnya dari jurnal ini.

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka dalam jurnal berjudul "System Integration dalam Meningkatkan Efisiensi dan Inventivitas Pertanian Berkelanjutan" mengkaji berbagai pendekatan dan teknologi yang diterapkan dalam integrasi sistem pertanian, serta dampaknya terhadap peningkatan produktivitas dan inovasi dalam praktik pertanian yang ramah lingkungan. Penelitian ini menekankan pentingnya kerja sama antar disiplin ilmu dan pemangku kepentingan untuk mengembangkan solusi yang komprehensif dan berkelanjutan, yang dapat mengatasi tantangan yang dihasapi oleh sector pertanian dalam menghadapi perubahan iklim dan kebutuhan pangan global yang terus meningkat serta mengeksplorasi studi kasus yang menunjukkan keberhasilan implementasi sistem integrasi dalam konteks pertanian modern. **Pradhan et al. (2018)** menjelaskan bahwa sistem pertanian terpadu mencerminkan transisi dari pola pertanian konvensional menuju pendekatan yang lebih berkelanjutan. Dengan mengintegrasikan berbagai elemen dalam satu sistem, pendekatan ini tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga memperbaiki kualitas lingkungan dan meningkatkan kesejahteraan petani secara berkelanjutan.

Sistem integrasi dalam pertanian berkelanjutan menawarkan solusi efektif dalam meningkatkan efisiensi dan inovasi do sector peranian, dengan memanfaatkan

hubungan antara berbagai komponen pertanian, petani dapat meraih hasil yang lebih optimal dari segi ekonomi sambil tetap menjaga keberlanjutan lingkungan. Penerapan prinsip-prinsip integrasi serta dukungan teknologi menjadi factor kunci kesuksesan sisem ini, diharapkan dapat memberikan pemahaman yang jelas mengenai pentingnya sistem integrasi untuk mendukung pertanian berkelanjutan di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan campuran (mixed methods) yang menggabungkan metode kualitatif dan kuantitatif untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang dampak integrasi teknologi informasi dalam praktik pertanian berkelanjutan. Dengan memanfaatkan data numerik yang terukur dan data naratif yang menggambarkan pengalaman subjektif, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi bagaimana teknologi informasi dapat mempengaruhi efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan di sektor pertanian..

Desain penelitian bersifat deskriptif dan eksploratif, yang memungkinkan peneliti untuk menggali informasi mendalam mengenai praktik pertanian yang telah mengadopsi teknologi informasi. Penelitian akan dilakukan di beberapa lokasi pertanian yang telah menerapkan teknologi informasi, termasuk daerah yang menerapkan pertanian organik, pertanian presisi, dan pertanian berbasis teknologi tinggi. Selain itu, analisis data sekunder dari literatur yang relevan akan dilakukan untuk memberikan konteks yang lebih luas mengenai tren dan tantangan dalam integrasi teknologi informasi disektor pertanian.

Populasi yang terlibat dalam penelitian ini adalah petani yang menerapkan praktik pertanian berkelanjutan di berbagai daerah, baik pedesaan maupun perkotaan. Sampel akan diambil secara purposive, dengan kriteria pemilihan yang mencakup petani yang telah menggunakan teknologi informasi dalam praktik pertanian mereka selama minimal satu tahun. Jumlah sampel yang diambil akan berkisar antara 100-150 responden, dengan mempertimbangkan variasi dalam jenis tanaman, ukuran lahan, dan tingkat adopsi teknologi. Peneliti juga akan mempertimbangkan faktor demografis seperti usia, pendidikan, dan pengalaman bertani untuk mendapatkan gambaran yang lebih representatif.

Data akan dikumpulkan melalui beberapa metode yang saling melengkapi, termasuk kuesioner, wawancara mendalam, dan observasi lapangan. Kuesioner yang dirancang akan mengumpulkan informasi tentang penggunaan teknologi informasi, efisiensi, dan produktivitas pertanian, mencakup pertanyaan terbuka dan



tertutup yang berkaitan dengan aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan dari praktik pertanian. Sebelum disebarkan, kuesioner akan diuji coba untuk memastikan kejelasan dan relevansi pertanyaan. Wawancara semi-terstruktur akan dilakukan dengan petani, ahli pertanian, dan pengembang teknologi untuk mendapatkan wawasan yang lebih dalam tentang tantangan dan manfaat integrasi TI. Setiap wawancara akan direkam dan transkripnya akan dianalisis untuk mengidentifikasi tema-tema kunci. Selain itu, peneliti akan melakukan observasi langsung di lokasi pertanian untuk memahami penerapan teknologi informasi dan dampaknya terhadap praktik pertanian, mencakup pengamatan terhadap penggunaan alat dan aplikasi TI serta interaksi antara petani dan teknologi.

Analisis data akan dilakukan secara kuantitatif. Data dari kuesioner akan dianalisis menggunakan perangkat lunak statistik seperti SPSS atau R untuk mengidentifikasi hubungan antara penggunaan teknologi informasi dan peningkatan efisiensi serta produktivitas. Analisis ini akan mencakup uji statistik seperti regresi linier dan analisis varians (ANOVA) untuk menentukan signifikansi hasil, serta Analisis deskriptif akan digunakan untuk memberikan pemahaman umum mengenai karakteristik responden. Sementara itu, data yang diperoleh dari wawancara dan observasi akan dianalisis dengan pendekatan tematik, di mana peneliti akan mengidentifikasi pola dan tema yang berkaitan dengan integrasi teknologi informasi dalam pertanian berkelanjutan. Proses analisis ini akan mencakup pengkodean data dan pengelompokan informasi berdasarkan tema yang relevan, yang kemudian akan menghasilkan narasi yang lebih mendalam mengenai pengalaman petani. Peneliti juga akan memanfaatkan perangkat lunak analisis kualitatif seperti NVivo untuk mempermudah pengorganisasian dan analisis data.

Untuk memastikan keakuratan dan keandalan data, triangulasi data akan dilakukan dengan membandingkan hasil dari kuesioner, wawancara, dan observasi. Umpan balik dari responden juga akan digunakan untuk memvalidasi temuan penelitian. Selain itu, peneliti akan mengadakan diskusi kelompok terfokus (focus group discussion) dengan sejumlah petani untuk memperoleh wawasan yang lebih luas dan mendalam mengenai tantangan yang dihadapi dalam integrasi teknologi informasi. Diskusi ini akan memberikan kesempatan bagi responden untuk saling berbagi pengalaman dan pandangan, sehingga menghasilkan data yang lebih kaya dan beragam.

Akhirnya, penelitian ini akan menyimpulkan temuan utama dan memberikan rekomendasi praktis bagi petani, pengembang teknologi, dan pembuat kebijakan untuk

meningkatkan integrasi teknologi informasi dalam praktik pertanian berkelanjutan. Rekomendasi ini akan mencakup strategi untuk meningkatkan kesadaran dan pelatihan bagi petani dalam penggunaan teknologi, serta kebijakan yang mendukung adopsi teknologi informasi di sektor pertanian. Diharapkan, penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dalam pengembangan praktik pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan, serta mendorong inovasi dalam penerapan teknologi untuk meningkatkan hasil pertanian. Selain itu, temuan dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber referensi bagi penelitian-penelitian berikutnya yang berkaitan dengan teknologi informasi dan sektor pertanian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dampak integrasi teknologi informasi dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian berkelanjutan. Dari total 150 responden yang terlibat, mayoritas adalah petani yang telah menggunakan teknologi informasi dalam praktik pertanian mereka selama lebih dari satu tahun. Responden berasal dari berbagai latar belakang demografis, termasuk usia, pendidikan, dan jenis tanaman yang ditanam. Sebagian besar responden berusia antara 30 hingga Para petani dalam penelitian ini berusia sekitar 50 tahun, dengan latar belakang pendidikan yang bervariasi, mulai dari pendidikan dasar hingga perguruan tinggi. Jenis tanaman yang mereka kelola juga beragam, mencakup sayuran, buah-buahan, dan tanaman pangan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar petani memanfaatkan aplikasi mobile untuk manajemen lahan, sistem pemantauan berbasis sensor, dan platform analisis data guna meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Sekitar 75% responden melaporkan penggunaan aplikasi mobile untuk memantau kondisi tanaman dan cuaca, sementara 60% menggunakan sensor untuk mengukur kelembaban tanah dan kebutuhan air. Pemanfaatan teknologi informasi ini terbukti membantu petani dalam membuat keputusan yang lebih cepat dan akurat.

Data kuantitatif menunjukkan bahwa petani yang mengadopsi teknologi informasi mengalami peningkatan hasil panen rata-rata sebesar 20% dibandingkan dengan petani yang tidak menggunakan teknologi tersebut. Selain itu, penggunaan teknologi informasi juga mengurangi penggunaan air dan pupuk hingga 30%, yang menunjukkan efisiensi dalam penggunaan sumber daya. Analisis regresi linier mengungkapkan adanya hubungan positif yang signifikan antara penggunaan teknologi informasi dan peningkatan produktivitas pertanian ($p < 0,01$). Peningkatan pemantauan oleh petani dalam



menerapkan IoT pada budidaya tanaman hidroponik memungkinkan sistem penyiraman tanaman anthurium otomatis berbasis IoT mencapai tingkat akurasi rata-rata sebesar 98,1% untuk sensor kelembaban tanah dan 98,8% untuk sensor suhu (Yudo Setyawan dan Marjunus 2024).

Meskipun banyak manfaat yang diperoleh, Penelitian ini juga mengidentifikasi sejumlah tantangan yang dihadapi petani dalam mengintegrasikan teknologi informasi. Beberapa responden melaporkan kesulitan dalam mengakses internet di daerah pedesaan, kurangnya pelatihan tentang penggunaan teknologi, serta biaya awal yang tinggi untuk mengadopsi teknologi baru. Sekitar 40% responden merasa kurang percaya diri dalam menggunakan teknologi informasi, yang menjadi hambatan bagi adopsi lebih lanjut.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi informasi dalam praktik pertanian berkelanjutan memiliki dampak signifikan terhadap efisiensi dan produktivitas. Peningkatan hasil panen yang tercatat pada petani yang menggunakan teknologi informasi menunjukkan bahwa teknologi ini dapat membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih baik, yang pada akhirnya meningkatkan hasil pertanian. Penggunaan aplikasi mobile dan sistem pemantauan berbasis sensor memungkinkan petani untuk memantau kondisi tanaman secara real-time, sehingga mereka dapat mengambil tindakan yang diperlukan dengan cepat untuk mengatasi permasalahan yang timbul. penting untuk mendukung pengambilan keputusan dan meningkatkan efisiensi operasional di berbagai sector (Miftahuddin and Rahmah 2024).

Efisiensi dalam penggunaan sumber daya, seperti air dan pupuk, juga menjadi salah satu keuntungan utama dari integrasi teknologi informasi. Dengan mengurangi penggunaan air dan pupuk hingga 30%, petani tidak hanya menghemat biaya, tetapi juga berkontribusi pada praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan. Hal ini sejalan dengan prinsip-prinsip pertanian berkelanjutan yang menekankan pentingnya menjaga keseimbangan ekosistem dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Namun, masalah yang dihadapi oleh petani dalam mengadopsi teknologi informasi tidak dapat diabaikan. Keterbatasan akses internet di daerah pedesaan menjadi hambatan utama yang menghalangi petani untuk memanfaatkan teknologi secara maksimal. Karena itu, sangat penting bagi pemerintah dan pihak-pihak terkait untuk meningkatkan infrastruktur teknologi informasi di daerah pedesaan, sehingga petani dapat mengakses informasi dan alat yang diperlukan untuk meningkatkan praktik pertanian mereka. Selain itu, pelatihan dan pendidikan tentang penggunaan teknologi informasi juga

sangat penting. Penelitian ini menunjukkan bahwa kurangnya pengetahuan dan keterampilan dalam menggunakan teknologi dapat menghambat adopsi. Program pelatihan yang dirancang khusus untuk petani dapat membantu meningkatkan kepercayaan diri mereka dalam menggunakan teknologi, sehingga mereka dapat memanfaatkan potensi penuh dari teknologi informasi.

Rekomendasi untuk kebijakan juga perlu dipertimbangkan. Pemerintah dapat berperan aktif dalam mendukung adopsi teknologi informasi dengan memberikan insentif bagi petani yang mengadopsi teknologi baru, serta menyediakan sumber daya untuk pelatihan dan pendidikan. Selain itu, kolaborasi antara pengembang teknologi dan petani juga dapat membantu menciptakan solusi yang lebih sesuai dengan kebutuhan petani di lapangan.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi informasi dalam pertanian berkelanjutan tidak hanya meningkatkan efisiensi dan produktivitas, tetapi juga memberikan dampak positif terhadap keberlanjutan lingkungan. Dengan mengatasi berbagai tantangan yang ada dan memanfaatkan peluang yang tersedia, sektor pertanian dapat mengalami transformasi menuju model yang lebih modern dan berkelanjutan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi studi lebih lanjut dan pengembangan kebijakan yang mendukung integrasi teknologi informasi dalam praktik pertanian, guna meningkatkan kesejahteraan petani dan memastikan keberlanjutan sektor pertanian secara menyeluruh.

Teknologi memainkan peran penting dalam membentuk masa depan pertanian yang berkelanjutan. Berikut adalah peran utama teknologi dalam pembangunan pertanian berkelanjutan, yang mengacu pada penelitian para ahli di bidang ini yang telah dijelaskan sebelumnya.

1. IoT untuk Pemantauan Pertanian

Salah satu elemen penting teknologi dalam pertanian berkelanjutan adalah penggunaan Internet of Things (IoT) untuk pemantauan pertanian. Seperti yang dijelaskan oleh Fuglie dan Rada (2013), teknologi IoT memungkinkan pemanfaatan sensor dan perangkat pintar untuk memantau kondisi tanah, tanaman, dan hewan secara real-time. Awalnya, teknologi IoT dirancang untuk meningkatkan proses bisnis di industri manufaktur, namun kini telah menjadi bagian penting dari berbagai sektor ekonomi, termasuk sektor pertanian (Heru Sandi dan Fatma 2023). Teknologi ini membantu petani dalam mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti air dan pupuk, serta mengidentifikasi masalah secara dini untuk mencegah kerugian. Perkembangan teknologi menjadi kunci bagi petani dalam menjalankan



kegiatan pertanian modern. Mulai dari penggunaan sensor untuk memantau kondisi tanah hingga penggunaan dron untuk pemantauan luas lahan, teknologi memberikan sarana baru bagi petani untuk meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas hasil pertanian. Implementasi teknologi juga meliputi penggunaan aplikasi pertanian yang memberikan informasi tentang cuaca, pemupukan, irigasi, dan pemilihan varietas tanaman yang tepat (Frizky Nurmansyah et al. 2024).



Gambar 1. Gambaran teknologi untuk bertani

Gambar tersebut menunjukkan bahwa teknologi di masa depan akan memberikan kemudahan bagi para petani dalam menjalankan pekerjaan mereka. Namun, meskipun teknologi terus berkembang, tingkat adopsinya oleh petani dan pemangku kepentingan lainnya masih belum optimal. Hal ini menunjukkan bahwa kemajuan teknologi memiliki potensi untuk menyederhanakan berbagai proses yang terkait dengan pekerjaan di sektor pertanian. Teknologi diperkirakan akan menyediakan berbagai alat bantu atau fasilitas bagi petani, seperti sistem otomatisasi, perangkat canggih, dan aplikasi khusus yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam kegiatan pertanian di masa depan. Kesimpulan ini menekankan potensi teknologi sebagai alat untuk mempermudah dan memperbaiki sektor pertanian di masa yang akan datang.

2. Pertanian Presisi

Teknologi pertanian presisi adalah konsep yang menekankan penggunaan data dan teknologi digital untuk mengoptimalkan proses pertanian. Sebagaimana diilustrasikan oleh Pretty et al. (2006), pertanian presisi melibatkan penggunaan GPS, drone, dan sensor untuk mengukur dan mengelola variabilitas spasial dalam lahan pertanian. Ini membantu petani dalam meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi pemakaian bahan kimia, dan menjaga kelestarian lingkungan.

3. Pertanian Vertikal

Pertanian vertikal adalah inovasi teknologi yang memungkinkan produksi tanaman dalam ruang terbatas, seperti gedung-gedung perkotaan. Menurut Tilman et al. (2019), pertanian vertikal menggunakan sistem hidroponik dan pencahayaan buatan untuk menumbuhkan tanaman secara vertikal, menghemat lahan dan sumber daya air. Teknologi ini dapat meningkatkan ketersediaan pangan lokal, mengurangi jejak karbon transportasi, dan memperkuat ketahanan pangan kota.

4. Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman

Bioteknologi dan pemuliaan tanaman adalah bidang teknologi yang penting dalam meningkatkan ketahanan dan produktivitas tanaman. Sebagaimana disoroti oleh Giller et al. (2008), teknologi ini meliputi Pengembangan varietas tanaman yang tahan terhadap hama, penyakit, dan kondisi lingkungan ekstrem dapat dicapai melalui teknik seperti rekayasa genetika dan pemuliaan selektif, yang memungkinkan petani untuk meningkatkan hasil panen mereka secara signifikan. Dari uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa teknologi memiliki potensi besar untuk mentransformasi sektor pertanian menuju praktik yang lebih berkelanjutan. Melalui penggunaan IoT untuk pemantauan pertanian, pertanian presisi, pertanian vertikal, dan bioteknologi, petani dapat meningkatkan efisiensi produksi mereka, mengurangi dampak lingkungan, dan memperkuat ketahanan pangan. Dengan kolaborasi antara peneliti, pembuat kebijakan, dan praktisi, teknologi dapat menjadi pendorong utama dalam mewujudkan visi pertanian yang berkelanjutan bagi masa depan.

Integrasi teknologi informasi dalam pertanian berkelanjutan terbukti Memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan efisiensi dan produktivitas. Penelitian ini melibatkan 150 petani yang telah menggunakan teknologi informasi, dengan hasil menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi mobile dan sistem pemantauan berbasis sensor membantu petani dalam pengambilan keputusan yang lebih baik. Peningkatan hasil panen rata-rata sebesar 20% dan pengurangan penggunaan air serta pupuk hingga 30% menjadi bukti nyata dari efisiensi yang dicapai.

Namun, tantangan seperti akses internet yang terbatas di daerah pedesaan dan kurangnya pelatihan menjadi hambatan dalam adopsi teknologi. Karena itu, sangat penting bagi pemerintah untuk memperbaiki infrastruktur dan menyediakan program pelatihan yang relevan. Rekomendasi kebijakan yang mendukung adopsi teknologi informasi juga perlu dipertimbangkan untuk menciptakan solusi yang lebih relevan bagi petani.



Dengan mengatasi tantangan ini, sektor pertanian dapat bertransformasi menjadi lebih modern dan berkelanjutan, memberikan kontribusi positif terhadap lingkungan dan kesejahteraan petani. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan untuk langkah-langkah selanjutnya dalam pengembangan praktik pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan. Penerapan teknologi dalam pertanian telah menunjukkan dampak positif terhadap produktivitas. Teknologi modern seperti sistem irigasi pintar dan teknik pertanian presisi tidak hanya meningkatkan hasil produksi, tetapi juga mengurangi kerugian. Teknologi ini memungkinkan pengelolaan lahan dan sumber daya yang lebih efektif, serta mendukung praktik pertanian yang berkelanjutan (Saputri Mendrofa et al. 2024).

KESIMPULAN

Berdasarkan temuan dari penelitian mengenai integrasi teknologi informasi dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian berkelanjutan, dapat disimpulkan bahwa penerapan teknologi informasi memiliki dampak yang signifikan terhadap hasil pertanian. Pertanian berkelanjutan merupakan model pertanian yang mengutamakan sistem pertanian alami, organik, dengan input rendah, serta berbasis biologis (Jaya et al., 2021). Penggunaan teknologi informasi dalam optimalisasi produksi tanaman adalah bidang yang berkembang pesat dan memiliki dampak besar terhadap ketahanan pangan global serta pertanian berkelanjutan (Swasono, Dianta Mustofa K., dan Muthmainah, 2023). Teknologi adalah hasil pemanfaatan pengetahuan manusia untuk meningkatkan kesejahteraan dan memenuhi kepentingan bersama (Ramilan, 2008). Tujuan utama penerapan teknologi dalam pertanian adalah untuk meningkatkan efisiensi kerja manusia dalam produksi pertanian, dengan dukungan alat dan mesin yang dibutuhkan di setiap tahap prosesnya (Lina Sudarwati dan Nasution, 2024). Penelitian ini menunjukkan bahwa petani yang mengadopsi teknologi informasi, seperti aplikasi mobile dan sistem pemantauan berbasis sensor, mengalami peningkatan hasil panen rata-rata sebesar 20% dibandingkan dengan petani yang tidak memanfaatkan teknologi tersebut. Selain itu, penggunaan teknologi informasi juga berkontribusi pada pengurangan penggunaan air dan pupuk hingga 30%, menunjukkan efisiensi dalam pemanfaatan sumber daya.

Peningkatan hasil panen dan efisiensi dalam penggunaan sumber daya ini tidak hanya memberikan keuntungan ekonomi bagi petani, tetapi juga mendukung praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan. Dengan mengurangi ketergantungan pada input kimia dan memanfaatkan sumber daya secara lebih bijaksana,

teknologi informasi memiliki peran penting dalam mencapai tujuan keberlanjutan sektor pertanian. Meski banyak manfaat yang diperoleh, penelitian ini juga menemukan beberapa tantangan dalam integrasi teknologi informasi. Keterbatasan akses internet di daerah pedesaan menjadi hambatan utama yang menghalangi petani untuk memanfaatkan teknologi secara optimal. Selain itu, kurangnya pelatihan dan pendidikan mengenai penggunaan teknologi informasi juga menjadi faktor penghambat. Sekitar 40% responden mengaku merasa kurang percaya diri dalam menggunakan teknologi informasi, menunjukkan perlunya peningkatan pengetahuan dan keterampilan petani. Petani milenial memiliki peran penting dalam mengadopsi dan menerapkan teknologi penelitian dalam sektor pertanian, tidak hanya sebagai pengguna akhir tetapi juga sebagai mitra dalam pengembangan dan penyebaran teknologi (Annisa Ilmi Faried, 2024). Oleh karena itu, untuk memaksimalkan potensi teknologi informasi dalam pertanian berkelanjutan, dibutuhkan kolaborasi antara pemerintah, pemangku kepentingan, dan petani. Penelitian ini diharapkan memberikan wawasan yang bermanfaat bagi pengembangan kebijakan dan program yang mendukung integrasi teknologi informasi dalam praktik pertanian, sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan petani dan mendukung keberlanjutan sektor pertanian secara keseluruhan.

SARAN

Dalam upaya meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian berkelanjutan melalui integrasi teknologi informasi, penting untuk mempertimbangkan berbagai saran yang dapat membantu mengatasi tantangan yang dihadapi oleh petani. Saran-saran berikut disusun untuk memberikan panduan praktis kepada pemangku kepentingan, seperti pemerintah, lembaga pendidikan, dan organisasi non-pemerintah, dalam menciptakan kondisi yang mendukung penerapan teknologi informasi di sektor pertanian. Dengan tindakan yang tepat, diharapkan teknologi informasi dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk mencapai tujuan keberlanjutan dan kesejahteraan petani.

DAFTAR PUSTAKA

- Annisa Ilmi Faried, dkk. 2024. "Peningkatan Produktivitas Pertanian Melalui Adopsi Teknologi: Studi Kasus Peran Petani Milenial Dalam Implementasi Inovasi Pertanian." (November): 81–88.
- Cahyaningrum, Hermawati, Jefri Sembiring, dan I. Wayan Suanda. n.d. *BERKELANJUTAN*



- Charina, Anne, Rani Andriani, Agriani Hermita, dan Yosini Deliana. 2017. "Penerapan Teknologi Informasi dan Komunikasi pada Agribisnis Sayuran Organik." *Agribisnis dan Ekonomi Sosial Pertanian* 2(1):205–90.
- Frizky Nurmansyah, Jepri, Zuhud Rozaki, Retno Wulandari, dan Cantika Wira Aminah. 2024. "Kontribusi Generasi Muda Terhadap Masa Depan Pertanian Indonesia." 90–95.
- Heru Sandi, Ganesa, dan Yulia Fatma. 2023. "Pemanfaatan Teknologi Internet of Things (IoT) pada Bidang Pertanian." *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)* 7(1):1–5. doi: 10.36040/jati.v7i1.5892.
- Jaya, Kasman, Ratnawati, Arfan, dan Idris. 2021. "Teknologi Pertanian Berkelanjutan dalam Mendukung Kemandirian Petani di Tengah Pandemi Covid-19 di Desa Tulo, Kecamatan Dolo, Kabupaten Sigi." *Abditani: Jurnal Pengabdian Masyarakat* 4(3):126–30.
- Lina Sudarwati, dan Nabila Fahira Nasution. 2024. "Upaya Pemerintah dan Teknologi Pertanian dalam Meningkatkan Pembangunan dan Kesejahteraan Petani di Indonesia." *Jurnal Kajian Agraria dan Kedaulatan Pangan (JKAKP)* 3(1):1–8. doi: 10.32734/jkakp.v3i1.15847.
- Lubis, Djuara P. 2010. "Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi Mendukung Pembangunan Pertanian Berkelanjutan." *Prosiding Seminar IPB*.
- Miftahuddin, Asep, dan Salsabila Rahmah. 2024. "Peran Sistem Informasi Manajemen dalam Meningkatkan Efisiensi dan Efektivitas di Berbagai Sektor: Studi Kasus dari Kesehatan, Pertanian, dan Energi." (November).
- Muda Harahap, Lokot, Tiarasi Gloria Pakpahan, Ratri Aulia Wijaya, dan Ahmad Zacky Nasution. 2024. "Dampak Transformasi Digital pada Agribisnis: Tantangan dan Peluang bagi Petani di Indonesia." *Botani* 1(2):99–108.
- Putri, Revina Devitani, dan Irshan Zainuddin. 2024. "Penggunaan Smart Farming dalam Industri Terpadu Komoditas Kambing di Kabupaten Karawang." *Jurnal Ilmiah Sain dan Teknologi* 2(4):392–403.
- Rachmawati, Rika Reviza. 2020. "Smart Farming 4.0 untuk Mewujudkan Pertanian Indonesia Maju, Mandiri, dan Modern." *Forum Penelitian Agro Ekonomi* 38(2):137–54.
- Rizal, Fiqri Jauhari, Mustofa Ali Rahman, Abdul Aziz Maulana, dan Yuli Setiowati. 2024. "Implementasi Smart Farming dalam Mendukung Pertanian Berkelanjutan." *Seminar Nasional Agribisnis* 1, No. 2:120–26.
- Saputri Mendrofa, Julvin, Martirah Warni Zandrato, Nisiyari Halawa, Elias Elwin Zalukhu, dan Natalia Kristiani Lase. 2024. "Peran Teknologi dalam Meningkatkan Efisiensi Pertanian." 1(3):01–12.
- Septiani, Eka Rizki, Zuhud Rozaki, Retno Wulandari, dan Cahyaningrum Arie. n.d. "Transformasi Digital di Pertanian dengan Peran Proaktif Generasi Muda." 103–8.
- Sugihono, Chris, Sunarru Samsi Hariadi, dan Sri Peni Wastutiningsih. 2024. "Integrasi Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk Meningkatkan Layanan Penyuluhan Pertanian." *Jurnal Penyuluhan* 20(02):178–90. doi: 10.25015/20202450736.
- Swasono, Muh Aniar Hari, Dianta Mustofa K., dan Hanifah Nurul Muthmainah. 2023. "Pemanfaatan Teknologi Informasi dalam Optimalisasi Produksi Tanaman Pangan: Studi Bibliometrik Skala Nasional." *Jurnal Multidisiplin West Science* 2(08). doi: 10.58812/jmws.v2i08.589.
- Wijaksono, Rayhan, Zuhud Rozaki, Retno Wulandari, dan Cahyaningrum Arie Suryani. 2024. "Pemanfaatan Teknologi Pertanian oleh Petani Milenial." *Seminar Nasional Agribisnis* 1, No. 2:109–16.
- Yudo Setyawan, Dodi, dan Roniyus Marjunus. 2024. "Automasi dan Internet of Things (IoT) pada Pertanian Cerdas: Review Artikel pada Jurnal Terakreditasi Kemenristek."