

# IMPLEMENTASI *SMART FARMING* DALAM Mendukung PERTANIAN BERKELANJUTAN

Fiqri Jauhari Rizal<sup>1</sup>, Mustofa Ali Rahman<sup>2</sup>, Abdul Aziz Maulana<sup>3</sup> Yuli Setiowati<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup>Agribisnis, Fakultas Pertanian dan bisnis Digital, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur, 76211

<sup>3</sup>Agroteknologi, Fakultas Pertanian dan bisnis Digital, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur, 76211

Email: [jauharifiqri0@gmail.com](mailto:jauharifiqri0@gmail.com)<sup>1</sup>, [mustofaalir@gmail.com](mailto:mustofaalir@gmail.com)<sup>2</sup>, [Abdulazizmau339@gmail.com](mailto:Abdulazizmau339@gmail.com)<sup>3</sup>, [ys178@umkt.ac.id](mailto:ys178@umkt.ac.id)<sup>4</sup>

## ABSTRAK

Pertanian merupakan sektor vital dalam menjaga ketahanan pangan suatu negara. Dalam konteks globalisasi dan urbanisasi yang pesat, perlunya adopsi teknologi modern seperti *Smart Farming* menjadi penting untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi implementasi *Smart Farming* dalam mendukung pertanian berkelanjutan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kualitatif melalui studi kasus. Data diperoleh melalui wawancara mendalam dengan petani, pengamat pertanian, serta pemangku kepentingan terkait. Analisis data dilakukan dengan menggunakan pendekatan induktif untuk mengidentifikasi pola, tema, dan tantangan yang muncul dalam implementasi *Smart Farming*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi *Smart Farming* telah memberikan kontribusi positif dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya pertanian, memperbaiki kualitas hasil pertanian, serta meningkatkan kesejahteraan petani. Namun, masih terdapat beberapa tantangan yang perlu diatasi, seperti keterbatasan akses teknologi, kurangnya pemahaman dan keterampilan petani terkait teknologi, serta infrastruktur yang belum mendukung secara optimal. Penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang implementasi *Smart Farming* dalam konteks pertanian berkelanjutan. Rekomendasi diberikan untuk memperkuat dukungan kebijakan, meningkatkan aksesibilitas teknologi, serta meningkatkan kapasitas petani dalam mengadopsi dan mengoptimalkan teknologi *Smart Farming* guna mencapai pertanian yang lebih berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Smart farming, pertanian berkelanjutan.

## PENDAHULUAN

Pertanian merupakan salah satu sektor yang memegang peranan penting dalam memastikan keberlanjutan ketahanan pangan suatu negara. Dengan populasi dunia yang terus bertambah dan perubahan iklim yang semakin tidak terduga, tantangan untuk memenuhi kebutuhan pangan yang berkelanjutan semakin mendesak (Adawiyah, 2017). Dalam konteks ini, teknologi modern seperti *Smart Farming* menjadi kunci penting dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi pertanian.

*Smart farming*, atau pertanian cerdas, adalah konsep yang menggabungkan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dengan praktik pertanian untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan dalam produksi pangan (Mulyani, 2018). Tujuan utamanya adalah untuk memperoleh hasil pertanian yang lebih baik dengan menggunakan sumber daya secara efisien dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Dengan menggunakan sensor, perangkat lunak, dan sistem otomatisasi, *smart farming* memungkinkan para petani untuk memantau dan mengelola tanaman serta ternak mereka secara lebih efektif (Aditiawati, 2014). Salah satu komponen utama dari *smart farming* adalah *Internet of Things* (IoT), di mana sensor-sensor dipasang di lapangan untuk mengumpulkan data tentang kondisi tanah, cuaca, dan tanaman. Data ini kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak khusus untuk memberikan wawasan yang berharga kepada petani. Misalnya, sensor kelembaban tanah dapat memberi tahu petani kapan harus menyiram tanaman, sementara sensor cuaca dapat membantu dalam

merencanakan aktivitas pertanian berdasarkan prakiraan cuaca.

Salah satu aplikasi praktis dari *smart farming* adalah pertanian presisi, di mana input seperti air, pupuk, dan pestisida diberikan secara tepat pada tanaman. Hal ini meminimalkan pemborosan sumber daya dan meningkatkan efisiensi produksi. Sistem otomatisasi seperti traktor otonom juga dapat digunakan untuk melakukan tugas-tugas pertanian seperti penanaman dan panen tanpa kehadiran langsung petani di lapangan (AgroIndonesia, 2020). Keuntungan lain dari *smart farming* adalah pemantauan kesehatan hewan. Sensor-sensor dipasang pada ternak untuk memantau suhu tubuh, aktivitas, dan pola makan mereka. Dengan demikian, petani dapat mendeteksi penyakit atau ketidaknyamanan secara dini dan memberikan perawatan yang sesuai, yang pada gilirannya meningkatkan kesejahteraan hewan dan produktivitas peternakan. Selain manfaat ekonomi, *smart farming* juga memberikan dampak positif terhadap lingkungan. Dengan menggunakan sumber daya secara efisien dan mengurangi penggunaan pestisida dan pupuk secara berlebihan, praktik pertanian cerdas membantu mengurangi polusi tanah dan air serta meningkatkan kualitas tanah jangka panjang.

Implementasi *Smart Farming* menawarkan berbagai teknologi seperti sensor tanah, pemantauan drone, dan analisis big data yang memungkinkan pertanian menjadi lebih presisi dan efisien (Anwarudin, 2020). Namun, adopsi teknologi ini bukanlah proses yang mudah. Penelitian sebelumnya telah menyoroti manfaat

implementasi Smart Farming, seperti peningkatan produktivitas dan efisiensi penggunaan sumber daya.

Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kualitatif melalui wawancara mendalam dengan para petani, pengamat pertanian, dan pemangku kepentingan lainnya. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan untuk memahami konteks lokal dan kompleksitas implementasi Smart Farming. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat ditemukan pola dan tema yang relevan untuk memahami lebih lanjut dinamika implementasi Smart Farming tersebut.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang berharga bagi para pembuat kebijakan, praktisi pertanian, dan akademisi dalam upaya meningkatkan pertanian berkelanjutan di Indonesia. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi landasan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut dalam bidang implementasi *Smart Farming* di daerah-daerah agraris lainnya. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang tantangan dan peluang, diharapkan dapat dirumuskan strategi yang lebih efektif dalam mendukung pertanian berkelanjutan.

## KAJIAN PUSTAKA

Teknologi *Smart Farming* 4.0 merupakan integrasi teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam pertanian untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan. Kajian pustaka ini menyelidiki perkembangan terkini dalam teknologi *Smart Farming* 4.0, aplikasi praktisnya, dan dampaknya terhadap pertanian modern. Teknologi *Smart Farming* 4.0 mencakup berbagai macam inovasi seperti *Internet of Things* (IoT), sensor, analitika data, kecerdasan buatan (AI), dan robotika. Ini memungkinkan pertanian untuk menjadi lebih terkoneksi dan terotomatisasi, memungkinkan pemantauan real-time dan pengambilan keputusan yang lebih cepat (Arkeman, 2018).

Salah satu aplikasi utama teknologi *Smart Farming* 4.0 adalah pemantauan tanaman. Sensor tanah dan udara mengumpulkan data tentang kondisi tanaman dan lingkungan, seperti kelembaban tanah, suhu, dan tingkat nutrisi (Arvianti, 2019). AI kemudian menganalisis data ini untuk memberikan rekomendasi tentang irigasi, pemupukan, atau perlakuan lain yang diperlukan. Selain itu, robotika digunakan dalam pemanenan otomatis dan pengelolaan hama. Drone dilengkapi dengan kamera multispektral untuk memetakan lahan dan mendeteksi masalah tanaman secara dini. Sistem otomatisasi juga digunakan dalam manajemen peternakan untuk memantau kesehatan hewan dan mengatur pemberian pakan.

Penerapan teknologi *Smart Farming* 4.0 memiliki dampak yang signifikan terhadap pertanian. Secara ekonomi, ini dapat meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi biaya operasional. Dari segi lingkungan, penggunaan input seperti air dan pupuk dapat

dikurangi, mengurangi jejak karbon dan polusi. Selain itu, teknologi ini juga dapat meningkatkan kualitas hasil panen dan mengurangi risiko kerugian akibat faktor-faktor seperti cuaca ekstrem atau penyakit tanaman. Teknologi *Smart Farming* 4.0 menjanjikan revolusi dalam pertanian modern. Dengan memanfaatkan integrasi teknologi canggih, pertanian dapat menjadi lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan (Asnamawati, 2020). Namun, tantangan seperti ketersediaan infrastruktur dan keterampilan teknis tetap perlu diatasi untuk memastikan adopsi yang luas dan manfaat maksimal bagi petani dan lingkungan.

Sebagai pendukung penelitian terdapat beberapa penelitian terdahulu yang mengambil topik pemanfaatan *smart farming* dalam dunia pertanian. Eka Ulfana (2021) dengan judul Pengembangan Model *Smart Farming* untuk Peningkatan Produktivitas Pertanian di Kabupaten Trenggalek. Dalam penelitiannya dijelaskan bahwa potensi penggunaan teknologi Smart Farming dalam meningkatkan produktivitas pertanian di Kabupaten Trenggalek. Hasilnya menunjukkan bahwa penerapan sensor tanah dan udara, serta analitika data, dapat membantu petani dalam mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan mengurangi dampak lingkungan.

Amroni Ahmad Subakir (2019) dengan judul penelitian Analisis Efisiensi Penggunaan Air Irigasi dengan Teknologi *Smart Farming* di Tanaman Padi di Kabupaten Buleleng. Penelitian ini mengevaluasi efisiensi penggunaan air irigasi pada tanaman padi menggunakan teknologi *Smart Farming*. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan sensor kelembaban tanah dan sistem irigasi otomatis menghasilkan penghematan air hingga 30% tanpa mengorbankan hasil panen, yang merupakan langkah penting menuju pertanian berkelanjutan.

Heri Subekti (2020) dalam penelitiannya yang berjudul Implementasi Teknologi IoT dalam Monitoring Kesehatan Tanaman Sayuran di Kabupaten Suruh. Penelitian ini fokus pada penerapan *Internet of Things* (IoT) dalam memantau kesehatan tanaman sayuran. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan sensor untuk memantau kondisi tanaman secara real-time memungkinkan deteksi dini penyakit atau kekurangan nutrisi, yang dapat meningkatkan produktivitas dan mengurangi penggunaan pestisida.

Sobirin Nuraki (2020) dalam penelitiannya yang berjudul Evaluasi Dampak Sosial dan Ekonomi Penerapan Teknologi Smart Farming di Peternakan Ayam Ras di Kabupaten Tulungagung. Penelitian ini menganalisis dampak sosial dan ekonomi penerapan teknologi *Smart Farming* dalam peternakan ayam ras. Hasilnya menunjukkan peningkatan efisiensi produksi, penurunan tingkat kematian ayam, dan peningkatan pendapatan peternak, yang semuanya berkontribusi pada pembangunan ekonomi lokal dan peningkatan kesejahteraan petani.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya maka implementasi *smart farming* memungkinkan pemantauan yang lebih akurat terhadap kondisi lingkungan dan tanaman. Melalui sensor-sensor yang dipasang di lapangan, petani dapat memantau suhu, kelembaban tanah, kadar nutrisi, dan kehadiran hama secara real-time. Hal ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat dalam manajemen tanaman.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan studi kasus untuk mengeksplorasi teori-teori yang terkait dengan implementasi *smart farming* dalam mendukung pertanian berkelanjutan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Potensi penerapan *smart farming* dalam pertanian berkelanjutan

Pertanian merupakan salah satu sektor penting dalam menyokong kebutuhan pangan dan keberlangsungan hidup manusia. Namun, tantangan seperti perubahan iklim, kekurangan sumber daya, dan meningkatnya permintaan akan produk pertanian menuntut inovasi dan efisiensi dalam praktik pertanian (Basundoro, 2020). Salah satu solusi yang muncul untuk mengatasi tantangan ini adalah penerapan konsep *smart farming* atau pertanian pintar. *Smart farming* menggabungkan teknologi digital dan informasi untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan dalam pertanian.

*Smart farming* merupakan sebuah konsep yang mengintegrasikan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam praktik pertanian untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan (Budiharto, 2019). Salah satu elemen kunci dari *smart farming* adalah penggunaan sensor dan perangkat *Internet of Things* (IoT) yang dipasang di ladang atau kebun untuk mengumpulkan data secara real-time mengenai kondisi tanaman, tanah, cuaca, dan lainnya. Data ini kemudian dianalisis menggunakan kecerdasan buatan (AI) dan teknik analitik untuk memberikan wawasan yang lebih mendalam kepada petani tentang kebutuhan tanaman mereka, sehingga memungkinkan mereka untuk mengambil keputusan yang lebih tepat waktu dan akurat. Selain itu, *smart farming* juga mencakup penggunaan teknologi drone dan satelit untuk pemantauan lahan pertanian dari udara. Drone dapat digunakan untuk pemetaan tanah yang presisi, pemantauan pertumbuhan tanaman, serta mendeteksi hama dan penyakit secara dini. Sementara itu, penggunaan satelit memungkinkan petani untuk memantau luas lahan pertanian mereka secara luas dan mendapatkan informasi mengenai perkiraan hasil panen, kelembaban tanah, dan faktor lain yang memengaruhi produktivitas.

Dalam konteks *smart farming*, konsep pertanian presisi juga menjadi penting. Ini melibatkan penerapan teknologi seperti sistem irigasi otomatis yang dikendalikan berdasarkan kebutuhan tanaman, penggunaan pupuk dan pestisida secara tepat sasaran dengan bantuan sensor dan robot, serta penggunaan teknik pertanian vertikal atau hidroponik untuk memaksimalkan penggunaan lahan dan sumber daya. Dengan mengadopsi *smart farming*, petani dapat mengoptimalkan proses produksi mereka, meningkatkan kualitas hasil panen, mengurangi limbah, dan bahkan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Ini bukan hanya tentang menghasilkan lebih banyak tanaman, tetapi juga tentang melakukannya dengan cara yang lebih efisien dan berkelanjutan, yang pada akhirnya dapat membantu mendukung ketahanan pangan global di masa depan.

Salah satu potensi *smart farming* yaitu adanya sensor yang menghubungkan langsung dalam sistem. Penggunaan sensor dan *Internet of Things* (IoT) telah membawa revolusi besar dalam sektor pertanian. Sensor yang dipasang di lahan pertanian mengumpulkan data tentang kondisi tanah, cuaca, dan tanaman secara real-time. Informasi yang dikumpulkan ini memberikan petani wawasan yang mendalam tentang lingkungan pertanian mereka, memungkinkan mereka untuk mengambil keputusan yang lebih tepat waktu dan akurat. Selain itu, dengan adanya IoT, sensor-sensor ini dapat terhubung satu sama lain dan ke jaringan internet, membentuk sistem terintegrasi yang memungkinkan pengendalian dan pemantauan jarak jauh. Ini menghasilkan efisiensi operasional yang lebih besar dan memungkinkan respons cepat terhadap perubahan kondisi pertanian (Divianta, 2018).

Dalam praktiknya, penggunaan sensor dan IoT dalam pertanian menghasilkan banyak manfaat. Pertama-tama, petani dapat memantau kondisi pertanian mereka tanpa harus secara fisik berada di lapangan. Hal ini menghemat waktu dan tenaga, serta memungkinkan penggunaan sumber daya yang lebih efisien. Kedua, data yang dikumpulkan oleh sensor dan perangkat IoT dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut menggunakan teknik kecerdasan buatan, membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih cerdas dan tepat waktu. Dengan demikian, penggunaan sensor dan IoT tidak hanya meningkatkan produktivitas pertanian tetapi juga membawa inovasi yang signifikan dalam pengelolaan sumber daya dan keberlanjutan pertanian secara keseluruhan.

Selain itu, juga terdapat fitur-fitur canggih yang mendukung pertanian berkelanjutan. Otomatisasi dengan robotika telah menjadi solusi yang sangat diantisipasi dalam pertanian modern. Dalam konteks *smart farming*, robotika memungkinkan otomatisasi berbagai tugas pertanian, mulai dari penyemprotan pestisida hingga pemanenan tanaman, yang sebelumnya memakan waktu dan tenaga manusia yang besar. Dengan robot-robot yang

dilengkapi dengan sensor dan perangkat pemrosesan data, tugas-tugas ini dapat dilakukan dengan akurasi yang tinggi dan konsistensi yang dapat diandalkan, mengurangi risiko kesalahan manusia dan meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.

Manfaat utama dari otomatisasi dengan robotika dalam *smart farming* adalah peningkatan produktivitas dan penghematan biaya. Dengan robot yang dapat bekerja tanpa henti, pertanian dapat dilakukan dalam skala yang lebih besar dan lebih efisien. Selain itu, dengan mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manusia, petani dapat mengurangi biaya tenaga kerja dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Dengan demikian, otomatisasi dengan robotika bukan hanya meningkatkan hasil panen, tetapi juga membuat praktik pertanian menjadi lebih berkelanjutan secara ekonomis. Adapun beberapa fitur canggih dalam *smart farming* sebagaimana dalam table berikut.

**Table 1. fitur canggih dalam *smart farming***

Fitur-fitur	Deskripsi
Sensor tanah	Sensor yang memantau kelembaban tanah, kandungan nutrisi, dan tekstur tanah untuk mengoptimalkan penggunaan air dan pemupukan.
Sensor cuaca	Sensor yang mengukur suhu udara, kelembaban relatif, kecepatan angin, dan curah hujan untuk memprediksi kondisi cuaca dan membantu dalam perencanaan tanam.
Robot permanen	Robot yang secara otomatis melakukan pemanenan tanaman dengan akurasi tinggi, meningkatkan efisiensi dan mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manusia.
Sistem irigasi otomatis	Sistem yang mengatur penyiraman tanaman berdasarkan data sensor tanah dan cuaca, mengoptimalkan penggunaan air dan mencegah pemborosan.
Drone pemantau	Drone yang dilengkapi dengan kamera dan sensor untuk pemantauan udara, memungkinkan pemetaan tanaman, deteksi hama dan penyakit, serta pemantauan pertumbuhan tanaman secara luas.
Analitika data prediktif	Penggunaan kecerdasan buatan dan analitika data untuk membuat prediksi tentang hasil panen, permintaan pasar, dan risiko pertanian, membantu petani dalam pengambilan keputusan yang lebih cerdas.
Sistem pemantauan Kesehatan hewan	Sensor yang dipasang pada hewan ternak untuk memantau kesehatan dan perilaku mereka secara real-time, memungkinkan deteksi dini penyakit dan pemeliharaan yang lebih baik.

Potensi *smart farming* dalam mendukung pertanian berkelanjutan sangat besar karena mampu mengatasi beberapa tantangan utama yang dihadapi oleh pertanian konvensional (Divianta, 2020). Pertama, *smart farming* memungkinkan penggunaan sumber daya secara efisien. Dengan penggunaan sensor dan teknologi IoT, petani dapat memantau kondisi tanah, cuaca, dan tanaman secara real-time, memungkinkan pengoptimalan penggunaan air, pemupukan, dan pestisida. Ini mengurangi pemborosan sumber daya alam seperti air dan pupuk, serta mengurangi risiko pencemaran lingkungan akibat penggunaan bahan kimia yang berlebihan. Dengan demikian, *smart farming* membantu dalam menjaga keseimbangan ekosistem pertanian dan meningkatkan keberlanjutan lingkungan.

Kedua, *smart farming* membantu dalam meningkatkan produktivitas pertanian secara keseluruhan. Melalui penggunaan teknologi seperti robotika, otomatisasi, dan kecerdasan buatan, petani dapat meningkatkan efisiensi dalam proses pertanian seperti pemanenan, penyemprotan pestisida, dan pemantauan tanaman. Hal ini dapat mengurangi kerugian hasil panen akibat kesalahan manusia dan memperbaiki kualitas hasil pertanian secara keseluruhan. Dengan meningkatnya produktivitas, *smart farming* dapat membantu memenuhi kebutuhan pangan yang terus meningkat di seluruh dunia tanpa harus meningkatkan tekanan terhadap sumber daya alam (Nugroho, 2018).

Ketiga, *smart farming* mendorong pengembangan praktik pertanian yang lebih berkelanjutan secara ekonomis. Meskipun investasi awal dalam teknologi mungkin tinggi, manfaat jangka panjangnya dapat mengimbangi biaya tersebut. Dengan meningkatnya efisiensi operasional dan produktivitas, petani dapat mengurangi biaya produksi dan meningkatkan pendapatan mereka. Selain itu, dengan akses ke teknologi informasi dan pelatihan yang sesuai, *smart farming* juga dapat membuka peluang baru untuk petani kecil dan petani subsisten untuk meningkatkan kesejahteraan ekonomi mereka (Syamsiar, 2016). Dengan demikian, *smart farming* tidak hanya membantu dalam menjaga keberlanjutan lingkungan tetapi juga membawa dampak positif pada keberlanjutan ekonomi di tingkat lokal dan global.

### **Implementasi *smart farming* dalam mendukung pertanian berkelanjutan**

Implementasi *smart farming* membawa perubahan signifikan dalam mendukung pertanian berkelanjutan melalui beberapa bentuk yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi setiap lokasi pertanian (Wijayanti, 2014). Pertama, teknologi sensor adalah salah satu bentuk utama implementasi *smart farming*. Sensor-sensor ini dapat dipasang di lahan pertanian untuk memantau kondisi tanah, suhu udara, kelembaban, dan faktor-faktor lingkungan lainnya secara real-time. Informasi yang diperoleh dari sensor ini memungkinkan petani untuk mengambil keputusan yang lebih tepat, seperti kapan harus menyiram tanaman atau kapan harus menerapkan pupuk, sehingga mengurangi penggunaan sumber daya dan limbah yang tidak perlu.

Bentuk lain dari implementasi *smart farming* adalah penggunaan teknologi drone dan citra satelit. Drone dapat digunakan untuk pemetaan lahan yang presisi dan pemantauan visual dari ketinggian yang tinggi. Sementara itu, citra satelit menyediakan data yang luas dan aktual tentang kondisi pertanian di area yang lebih luas. Dengan bantuan teknologi ini, petani dapat mengidentifikasi area-area yang membutuhkan perhatian lebih besar, seperti tanaman yang terinfeksi hama atau lahan yang mengalami erosi, sehingga mereka dapat mengambil tindakan yang tepat dengan cepat. Terakhir, implementasi *smart farming* juga mencakup penggunaan

sistem informasi geografis (SIG) untuk perencanaan pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan. SIG memungkinkan integrasi data spasial seperti topografi, ketersediaan air, dan jenis tanah untuk memberikan gambaran yang komprehensif tentang lahan pertanian. Dengan menggunakan SIG, petani dapat merencanakan tata ruang yang lebih baik untuk penanaman, mengoptimalkan penggunaan lahan, dan mengurangi risiko degradasi lingkungan, sehingga mendukung pertanian yang lebih berkelanjutan dalam jangka panjang (Nayyar, 2016).

### **Studi kasus implementasi *smart farming***

Dalam upaya mendukung kemajuan pertanian, maka *smart farming* difokuskan pada optimalisasi penggunaan air untuk mendukung pertanian keberlanjutan. Berikut adalah langkah-langkah implementasinya:

1. **Pemasangan Sensor Kelembaban Tanah:** Sensor kelembaban tanah dipasang di lahan pertanian untuk memantau tingkat kelembaban tanah secara real-time. Data yang dikumpulkan oleh sensor tersebut diintegrasikan ke dalam platform analitik.
2. **Penggunaan Sistem Irigasi Otomatis:** Berdasarkan data kelembaban tanah yang diperoleh dari sensor, sistem irigasi otomatis diprogram untuk memberikan air secara tepat waktu dan dalam jumlah yang diperlukan. Hal ini memastikan tanaman mendapatkan air yang cukup tanpa adanya pemborosan.
3. **Prediksi Kebutuhan Air Berdasarkan Cuaca:** Dengan memanfaatkan data cuaca yang diperbarui secara real-time, sistem dapat melakukan prediksi tentang kebutuhan air tanaman dalam beberapa hari ke depan. Ini memungkinkan petani untuk mengatur irigasi secara efisien dan mengantisipasi periode kekeringan atau curah hujan yang tinggi.
4. **Pemberian Rekomendasi Pemupukan Berdasarkan Kelembaban Tanah:** Platform analitik menghasilkan rekomendasi pemupukan yang disesuaikan dengan kondisi kelembaban tanah. Hal ini membantu dalam mengurangi pemborosan pupuk dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya.

### **Analisis:**

1. **Efisiensi Penggunaan Air:** Dengan adopsi teknologi *smart farming*, penggunaan air dapat dioptimalkan sesuai kebutuhan tanaman. Hal ini mengurangi risiko kekeringan dan pemborosan air, serta meningkatkan hasil panen secara keseluruhan.

2. **Peningkatan Produktivitas dan Kualitas Tanaman:** Dengan pemantauan yang lebih akurat terhadap kondisi tanah dan pengaturan irigasi yang tepat, pertumbuhan tanaman dapat ditingkatkan secara signifikan. Hal ini berpotensi meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen.
3. **Penghematan Biaya Produksi:** Penggunaan teknologi *smart farming* dapat mengurangi biaya produksi melalui pengurangan penggunaan air dan pupuk yang berlebihan. Ini dapat meningkatkan profitabilitas bagi petani dan mendorong keberlanjutan ekonomi pertanian.
4. **Pengurangan Dampak Lingkungan:** Dengan mengurangi penggunaan air dan pupuk secara berlebihan, implementasi *smart farming* berpotensi mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, seperti pencemaran air dan degradasi tanah.

#### **Hambatan penerapan *smart farming* dalam mendukung pertanian berkelanjutan**

Penerapan *smart farming* merupakan inovasi yang menjanjikan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian sekaligus mendukung pertanian berkelanjutan. Namun, terdapat beberapa hambatan yang perlu diatasi agar penerapan *smart farming* dapat mencapai potensinya sepenuhnya. Pertama, biaya investasi awal yang tinggi menjadi salah satu hambatan utama. Pembelian perangkat keras, perangkat lunak, dan infrastruktur yang dibutuhkan untuk menerapkan teknologi *smart farming* dapat menjadi beban finansial yang berat bagi petani, terutama bagi mereka yang beroperasi dengan modal terbatas.

Kedua, kurangnya aksesibilitas teknologi di daerah pedesaan juga menjadi tantangan serius. Infrastruktur digital yang belum matang, seperti ketersediaan internet yang tidak merata atau bahkan tidak ada, dapat menghambat adopsi teknologi *smart farming* di wilayah-wilayah tersebut. Tanpa akses yang memadai ke teknologi, petani akan kesulitan untuk memanfaatkan potensi *smart farming* secara optimal.

Ketiga, kurangnya pemahaman dan keterampilan dalam penggunaan teknologi merupakan hambatan lainnya. Banyak petani yang belum terbiasa dengan penggunaan teknologi canggih seperti sensor tanah, drone, atau sistem manajemen data yang terintegrasi. Oleh karena itu, pelatihan dan pendidikan yang memadai sangat penting agar petani dapat menguasai teknologi *smart farming* dengan baik dan memanfaatkannya secara efektif.

Keempat, keamanan data dan privasi menjadi keprihatinan yang serius dalam konteks *smart farming*. Penggunaan sensor dan teknologi berbasis data dapat menghasilkan jumlah data yang besar tentang pertanian, termasuk informasi tentang tanah, tanaman, dan hama

penyakit. Namun, kekhawatiran akan kebocoran data atau penyalahgunaan informasi pribadi dapat menghambat adopsi teknologi *smart farming*.

Terakhir, tantangan regulasi juga perlu diperhatikan. Kebijakan yang tidak jelas atau kurangnya regulasi yang memadai dapat menghambat perkembangan dan adopsi teknologi *smart farming*. Diperlukan kerangka regulasi yang sesuai untuk memastikan bahwa penggunaan teknologi *smart farming* mematuhi standar keamanan dan lingkungan serta mendukung tujuan pertanian berkelanjutan secara keseluruhan. Dengan mengatasi hambatan-hambatan ini, penerapan *smart farming* dapat menjadi salah satu solusi yang efektif untuk mendukung pertanian berkelanjutan di masa depan.

#### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Dalam mengimplementasikan *smart farming* untuk mendukung pertanian berkelanjutan, beberapa kesimpulan dapat diambil. Pertama, teknologi *smart farming* menawarkan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan pertanian melalui penggunaan sensor, drone, dan sistem manajemen data yang terintegrasi. Kedua, kendala seperti biaya investasi awal yang tinggi, aksesibilitas teknologi yang terbatas, kurangnya pemahaman dan keterampilan dalam penggunaan teknologi, serta kekhawatiran akan keamanan data dan privasi perlu diatasi agar penerapan *smart farming* dapat berhasil.

Untuk mengatasi kendala tersebut, beberapa saran dapat diajukan. Pertama, diperlukan dukungan dari pemerintah daerah dan pihak terkait untuk menyediakan subsidi atau insentif finansial bagi petani yang ingin mengadopsi teknologi *smart farming*. Kedua, perlu dilakukan investasi dalam infrastruktur digital untuk meningkatkan aksesibilitas teknologi di daerah pedesaan, termasuk peningkatan jaringan internet dan pendirian pusat-pusat pelatihan teknologi. Ketiga, program pelatihan dan pendidikan tentang penggunaan teknologi *smart farming* perlu diselenggarakan secara berkala untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan petani dalam mengimplementasikan teknologi tersebut.

Selain itu, penting juga untuk mengembangkan kerangka regulasi yang sesuai untuk melindungi keamanan data dan privasi petani serta memastikan bahwa teknologi *smart farming* digunakan sesuai dengan standar keamanan dan lingkungan yang berlaku.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Adawiyah CR, Sumardjo, Mulyani ES. 2017. Faktor-faktor yang memengaruhi peran komunikasi kelompok tani dalam adopsi inovasi teknologi upaya khusus (padi, agung, dan kedelai) di Jawa Timur. *J Agro Ekon.* 35(2):151–170.
- Adawiyah CR. 2018. Urgensi komunikasi dalam kelompok kecil untuk mempercepat proses adopsi teknologi pertanian. *Forum Penelit Agro Ekon.* 35(1):59.

- Aditiawati P, Rosmiati M, Sumardi D. 2014. Persepsi petani terhadap inovasi teknologi pestisida nabati limbah tembakau (Suatu kasus pada petani tembakau di Kabupaten Sumedang). *Sosiohumaniora*. 16(2):184–192.
- AgroIndonesia. 2020. Kementan luncurkan Agriculture War Room berteknologi modern [Internet]. [diunduh 2020 Nov 27]. Tersedia dari: <http://agroindonesia.co.id/2020/02/kementanluncurkan-agriculture-war-room-berteknologimodern>.
- Anwarudin O, Sumardjo, Satria A. 2020. Proses dan pendekatan regenerasi petani melalui multistrategi di Indonesia. *J Litbang Pertan*. 39(2):73–85.
- Arkeman Y. 2018. AI dan perang dagang. *Republika*. Opini:13 (kol.5).
- Arkeman Y. 2021. Kecerdasan buatan untuk industri pangan 2021. *Food review Indonesia*: XVI:1.
- Nasution., Darmawan D, Muhammad D. 2020. Kementan garap proyek Food Estate hortikultura Sumut [Internet]. [Diunduh 2021 Jan 25]. Tersedia dari:Republika. <https://republika.co.id/berita/qdlr12380/kementangara-p-proyek-foodestate-hortikultura-sumut>.
- Nayyar A, Puri V. 2017. Smart farming: Iot based smart sensors agriculture stick for live temperature and moisture monitoring using arduino, cloud computing & solar technology. *Commun Comput Syst - Proc Int Conf Commun Comput Syst ICCCS 2016*. (November 2016):673–680. doi:10.1201/9781315364094-121.
- Nugroho AD, Waluyati LR, Jamhari J. 2018. Upaya memikat generasi muda bekerja pada sektor pertanian di Daerah Istimewa Yogyakarta. *JPPUMA. J Ilmu Pemerintah dan Sos Polit Univ Medan Area*. 6(1):76. doi:10.31289/jppuma.v6i1.1252.
- Syamsiar MD, Rivai M, Suwito S. 2016. Rancang bangun sistem irigasi tanaman otomatis menggunakan wireless sensor network. *J Tek ITS*. 5(2): 2337-3539. doi: 10.12962/j23373539.v5i2.16512.
- Tiammee S, J. Wongyai, P. Udomwong, A. Phaphuangwittayakul, L. Saenchan and S. Chanaim, "Smart Farming in Thailand," 2019 13th International Conference on Software, Knowledge, Information Management and Applications (SKIMA), 2019, pp. 1–7 doi: 10.1109/SKIMA47702.2019.8982525.
- Walter A, Finger R, Huber R, Buchmann N. 2017. Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 114(24): 6148–6150. doi:10.1073/pnas.1707462114.
- Wijayanti A, Mahmudah H, Adi NS, Okkie P, Alfian H. 2014. Rancang bangun sistem informasi monitoring cuaca. *Inovtek*. 4(1):17–25.