

Integrasi Teknologi Internet Of Things Dalam Smart Farming Sebagai Strategi Digitalisasi Pertanian Menuju Era Industri 4.0

Al Khaidar¹

¹Program Studi Magister Teknologi Informasi, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Indonesia

alkhaidarkutablang@gmail.com

Abstrak—Perkembangan teknologi digital mendorong transformasi sektor pertanian melalui konsep Smart Farming di era Revolusi Industri 4.0. Pendekatan ini memanfaatkan Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), dan Big Data untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, serta keberlanjutan pertanian. IoT memungkinkan sensor dan perangkat terhubung ke internet untuk memantau kondisi tanah, cuaca, dan tanaman secara real-time sehingga keputusan dapat diambil berbasis data. Di Indonesia, pertanian masih didominasi metode konvensional yang rentan terhadap perubahan iklim, degradasi lahan, dan keterbatasan tenaga kerja. Implementasi smart farming berbasis IoT menjadi solusi potensial untuk mengatasi tantangan tersebut. Kajian ini menyoroti bahwa meskipun masih terkendala infrastruktur dan literasi teknologi, penerapan IoT dalam smart farming memiliki potensi besar dalam mewujudkan pertanian adaptif, efisien, dan berkelanjutan guna memperkuat ketahanan pangan nasional di masa depan.

Kata kunci— Smart Farming, Internet of Things, Revolusi Industri 4.0, Transformasi Pertanian

Abstract— The development of digital technology is driving the transformation of the agricultural sector through the concept of Smart Farming in the era of the Industrial Revolution 4.0. This approach utilizes the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), and Big Data to improve efficiency, productivity, and agricultural productivity. IoT enables sensors and devices to connect to the internet to monitor soil, weather, and crop conditions in real time, enabling data-driven decisions. In Indonesia, agriculture is still dominated by conventional methods that are vulnerable to climate change, land degradation, and labor constraints. The implementation of IoT-based smart farming is a potential solution to address these challenges. This study highlights that despite ongoing infrastructure and technological literacy constraints, the application of IoT in smart farming has great potential to realize adaptive, efficient, and sustainable agriculture to strengthen national food security in the future.

Keywords— Smart Farming, Internet of Things, Industrial Revolution 4.0, Agricultural Transformation.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital yang pesat dalam beberapa dekade terakhir telah membawa perubahan signifikan di berbagai sektor, termasuk pertanian [1]-[2]. Revolusi Industri 4.0 yang ditandai dengan otomatisasi, konektivitas, dan integrasi sistem berbasis teknologi seperti *Internet of Things* (IoT), *Artificial Intelligence* (AI), dan Big Data telah mendorong transformasi model pertanian tradisional menjadi pertanian berbasis teknologi digital atau yang dikenal dengan istilah Smart Farming. Transformasi ini menjadi respon terhadap tantangan global seperti peningkatan kebutuhan pangan, degradasi lahan, perubahan iklim, serta keterbatasan sumber daya air dan tenaga kerja pertanian [3].

Internet of Things (IoT) adalah konsep teknologi yang menghubungkan berbagai perangkat fisik ke jaringan internet sehingga memungkinkan perangkat tersebut saling berkomunikasi, mengumpulkan, dan bertukar data secara otomatis tanpa intervensi manusia secara langsung [4]-[5]. Perangkat-perangkat ini dilengkapi dengan sensor, perangkat lunak, dan teknologi lainnya yang memungkinkan mereka memantau lingkungan sekitarnya, mengirimkan informasi secara real-time, serta merespons kondisi tertentu berdasarkan data yang diperoleh [6]. Dalam konteks pertanian, IoT digunakan untuk memantau kelembaban tanah, suhu udara, intensitas cahaya, hingga kesehatan tanaman, yang semuanya dapat diakses dan dikendalikan dari jarak jauh. Dengan demikian, IoT berperan penting dalam meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan pengambilan keputusan berbasis data di berbagai sektor, termasuk pertanian.

Di Indonesia, sektor pertanian masih menjadi tulang punggung perekonomian dan menyerap tenaga kerja dalam jumlah besar, khususnya di wilayah pedesaan. Namun, produktivitas pertanian nasional belum menunjukkan peningkatan yang optimal. Hal ini disebabkan oleh sejumlah kendala klasik seperti penggunaan metode tanam yang masih konvensional, ketergantungan pada kondisi cuaca, kurangnya akurasi dalam penggunaan pupuk dan air, serta minimnya pemanfaatan teknologi informasi dalam

proses pertanian. Selain itu, krisis regenerasi petani dan keterbatasan sumber daya manusia yang melek teknologi turut memperburuk kondisi ini.

Smart Farming adalah konsep pertanian modern yang memanfaatkan teknologi digital seperti Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (Artificial Intelligence), sistem informasi geografis (GIS), drone, dan sensor untuk mengelola lahan dan tanaman secara lebih efisien, presisi, dan berkelanjutan [7]-[8]. Tujuan utama dari Smart Farming adalah meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian sekaligus mengurangi pemborosan sumber daya seperti air, pupuk, dan energi. Dengan sistem ini, petani dapat memantau kondisi lahan, cuaca, kelembaban tanah, dan pertumbuhan tanaman secara real-time melalui perangkat digital, sehingga dapat mengambil keputusan yang cepat dan tepat berdasarkan data yang akurat. Smart Farming bukan hanya sekadar otomatisasi, tetapi juga menciptakan ekosistem pertanian yang cerdas, adaptif, dan berbasis data untuk menghadapi tantangan perubahan iklim, keterbatasan tenaga kerja, serta kebutuhan pangan yang terus meningkat [9]-[10].

Smart Farming hadir sebagai solusi inovatif yang dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas produksi pertanian melalui penggunaan teknologi cerdas [11]. Teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan pemantauan dan pengendalian proses pertanian secara real-time melalui sensor, perangkat mobile, dan sistem jaringan, sehingga membantu petani dalam pengambilan keputusan berbasis data. Dengan integrasi IoT, berbagai tantangan seperti pengelolaan irigasi yang tidak efisien, prediksi cuaca yang kurang akurat, serta deteksi hama dan penyakit tanaman dapat ditangani dengan lebih cepat dan tepat sasaran. Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan kajian mendalam mengenai integrasi teknologi IoT dalam Smart Farming sebagai strategi digitalisasi pertanian. Kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam akselerasi transformasi sektor pertanian Indonesia menuju sistem pertanian modern yang berkelanjutan dan adaptif terhadap dinamika global.

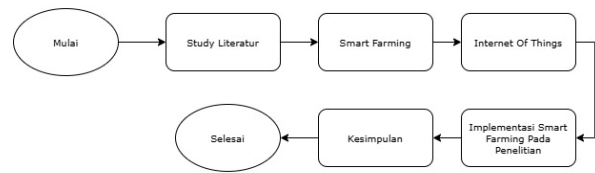
II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk menggambarkan penerapan teknologi Internet of Things (IoT) pada smart farming serta menganalisis efektivitasnya sebagai strategi digitalisasi pertanian di era industri 4.0. Metode ini dipilih untuk memperoleh pemahaman yang mendalam terkait proses integrasi teknologi, perangkat yang digunakan, serta dampaknya terhadap produktivitas dan efisiensi sektor pertanian.

A. Alur Penelitian

Alur penelitian ini disusun secara sistematis untuk menggambarkan tahapan-tahapan yang dilakukan selama proses penelitian, mulai dari identifikasi masalah hingga penarikan kesimpulan. Setiap tahap dirancang guna

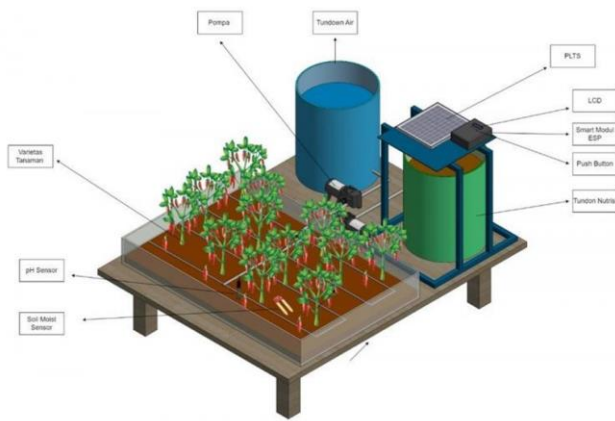
memastikan bahwa integrasi teknologi Internet of Things (IoT) dalam smart farming dapat dianalisis secara komprehensif sebagai strategi digitalisasi pertanian menuju era industri 4.0. Adapun alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1 alur penelitian menggambarkan tahapan sistematis yang dilalui dalam pelaksanaan penelitian mengenai integrasi teknologi Internet of Things (IoT) dalam smart farming. Proses dimulai dengan studi literatur yang bertujuan untuk mengkaji berbagai referensi teoritis dan empiris yang relevan sebagai landasan dalam memahami konsep smart farming dan teknologi IoT. Tahap berikutnya adalah pendalaman terhadap konsep smart farming serta eksplorasi peran dan fungsi IoT dalam menunjang praktik pertanian berbasis digital. Setelah pemahaman teoritis diperoleh, dilakukan implementasi teknologi IoT dalam konteks smart farming yang disesuaikan dengan tujuan penelitian. Hasil dari implementasi tersebut kemudian dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas dan kontribusinya terhadap digitalisasi sektor pertanian. Tahap akhir dari penelitian ini adalah penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, yang sekaligus menandai selesainya keseluruhan rangkaian penelitian.

B. Smart Farming

Smart farming merupakan suatu pendekatan dalam bidang pertanian yang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi, khususnya teknologi berbasis Internet of Things (IoT), untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan dalam proses budidaya pertanian [12]. Konsep ini melibatkan penggunaan sensor, perangkat otomatisasi, sistem monitoring, serta analisis data secara real-time guna mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dan berbasis data. Dengan smart farming, petani dapat memantau kondisi lahan, cuaca, kelembaban tanah, kebutuhan nutrisi tanaman, hingga penggunaan air dan pestisida secara lebih terukur dan efisien, sehingga mampu mengoptimalkan hasil produksi sekaligus mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Smart farming menjadi bagian penting dalam transformasi pertanian menuju era industri 4.0, di mana integrasi teknologi digital menjadi kunci utama dalam mewujudkan pertanian yang modern dan berkelanjutan [13]. Adapun implementasi smart farming dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.

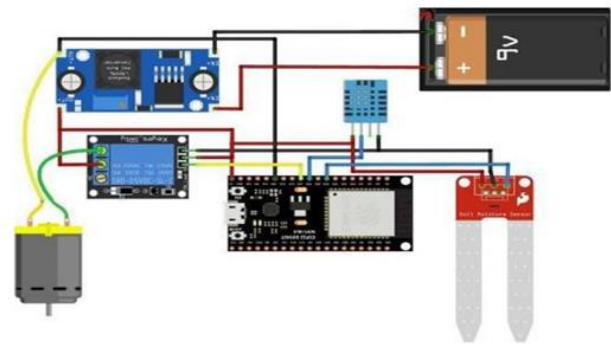


Gambar 1. Implementasi Smart Farming
(Sumber : Lubis, 2025)

C. Internet Of Things

Internet of Things (IoT) adalah konsep teknologi yang mengacu pada jaringan perangkat fisik yang saling terhubung melalui internet dan mampu mengumpulkan, mengirimkan, serta menerima data tanpa interaksi langsung dari manusia [14]. Perangkat-perangkat ini, seperti sensor, aktuator, dan kontroler, dilengkapi dengan kemampuan komputasi dan komunikasi yang memungkinkan otomatisasi serta pengambilan keputusan secara real-time. Dalam konteks pertanian, IoT memainkan peran penting dalam mendukung implementasi smart farming melalui pemantauan kondisi lingkungan, pengelolaan sumber daya secara efisien, dan peningkatan produktivitas tanaman. Integrasi IoT dalam sistem pertanian memungkinkan petani untuk memperoleh data akurat dan terkini yang digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan yang lebih tepat, responsif, dan berkelanjutan menuju transformasi digital di era industri 4.0 [15].

Perangkat atau komponen utama dalam sistem Internet of Things (IoT) mencakup sensor, aktuator, mikrokontroler, modul komunikasi, dan platform cloud [16]. Sensor berfungsi untuk mendeteksi kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan kadar air tanah. Aktuator digunakan untuk menjalankan aksi otomatis, seperti membuka katup irigasi atau mengatur ventilasi. Mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32 berperan sebagai otak sistem yang memproses data dari sensor. Modul komunikasi seperti Wi-Fi, LoRa, atau GSM memungkinkan perangkat mengirimkan data ke internet. Data yang terkumpul selanjutnya dikirim ke platform cloud, tempat data dianalisis dan ditampilkan dalam bentuk visual yang dapat diakses petani melalui perangkat seperti smartphone atau komputer. Integrasi dari semua komponen ini menjadikan IoT sebagai sistem yang efektif dan adaptif dalam menunjang kegiatan pertanian modern. Adapun contoh perangkat internet of things dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 2. Rangkaian Perangkat Internet Of Things
(Sumber : Lubis, 2025)

Gambar 3 menunjukkan rangkaian sistem Internet of Things (IoT) sederhana yang digunakan untuk otomatisasi irigasi pertanian. Sistem ini dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai pusat kendali dan penghubung ke internet. Sensor kelembapan tanah (soil moisture sensor) digunakan untuk mendeteksi kadar air di dalam tanah, sementara sensor DHT11 mengukur suhu dan kelembapan udara di sekitar tanaman. Ketika tanah terdeteksi dalam kondisi kering, ESP32 mengaktifkan relay module untuk menyalakan motor DC yang berfungsi sebagai pompa air otomatis. Sistem ini didukung oleh baterai 9V sebagai sumber daya, dan menggunakan step-down converter untuk menyesuaikan tegangan agar aman bagi seluruh komponen. Integrasi perangkat-perangkat ini memungkinkan monitoring dan pengendalian irigasi secara otomatis dan efisien, mendukung implementasi smart farming di era digital.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil telaah literatur dan kajian teoritis mengenai integrasi teknologi Internet of Things (IoT) dalam smart farming sebagai strategi digitalisasi pertanian di era industri 4.0. Pembahasan difokuskan pada tren penggunaan IoT dalam sektor pertanian, jenis-jenis perangkat yang umum digunakan, serta dampak penerapannya terhadap efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan pertanian. Hasil kajian ini juga dibandingkan dengan temuan-temuan dari berbagai sumber penelitian terdahulu guna memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang potensi dan tantangan dalam implementasi smart farming berbasis IoT.

A. Implementasi Smart Farming Pada Pertanian

Implementasi smart farming dalam sektor pertanian merupakan wujud nyata dari transformasi digital yang mengintegrasikan teknologi informasi, sensor, aktuator, dan Internet of Things (IoT) untuk mendukung proses budidaya yang lebih efisien dan berkelanjutan. Berdasarkan hasil kajian literatur, penerapan smart farming telah dilakukan di berbagai negara dengan pendekatan yang bervariasi, mulai dari sistem irigasi otomatis berbasis

sensor kelembapan tanah, penggunaan drone untuk pemantauan lahan dan penyemprotan pestisida, hingga pemanfaatan big data dan kecerdasan buatan untuk analisis prediksi panen dan pengelolaan sumber daya. Di Indonesia, implementasi smart farming mulai diperkenalkan melalui program-program pemerintah maupun inisiatif swasta yang fokus pada digitalisasi pertanian, meskipun tingkat adopsinya masih menghadapi tantangan seperti keterbatasan infrastruktur, literasi teknologi petani, dan biaya investasi. Secara umum, smart farming mampu meningkatkan produktivitas, mengurangi pemborosan sumber daya, serta membantu petani dalam pengambilan keputusan berbasis data, menjadikannya solusi strategis untuk menjawab tantangan pertanian di era industri 4.0.

Smart Farming memberikan berbagai manfaat signifikan dalam sektor pertanian, terutama dalam meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan. Beberapa manfaat utama meliputi.

1. **Peningkatan Produktivitas**
Dengan pemantauan dan pengendalian berbasis data, petani dapat mengambil keputusan yang lebih tepat, sehingga hasil panen meningkat.
2. **Efisiensi Penggunaan Sumber Daya**
Penggunaan air, pupuk, dan pestisida menjadi lebih terukur karena sistem bekerja berdasarkan kondisi riil di lapangan.
3. **Pengurangan Biaya Operasional**
Otomatisasi mengurangi kebutuhan tenaga kerja manual dan menekan biaya operasional jangka panjang.
4. **Pemantauan Real-Time**
Kondisi lahan, tanaman, dan cuaca dapat dipantau secara langsung melalui perangkat yang terhubung ke internet.
5. **Deteksi Dini Masalah**
Adanya sensor dan sistem monitoring memungkinkan deteksi dini terhadap penyakit tanaman atau gangguan lingkungan.
6. **Pertanian Berkelanjutan**
Sistem pertanian menjadi lebih ramah lingkungan karena penggunaan input pertanian yang lebih efisien dan terkontrol.

Seiring berkembangnya teknologi di era industri 4.0, sektor pertanian turut mengalami transformasi signifikan melalui penerapan berbagai fitur canggih dalam sistem smart farming. Fitur-fitur ini dirancang untuk mendukung otomatisasi, pemantauan, dan pengambilan keputusan berbasis data guna meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian. Tabel 1 berikut menyajikan berbagai fitur utama yang umum digunakan dalam smart farming beserta fungsinya masing-masing.

TABEL I
FITUR CANGGIH SMART FARMING

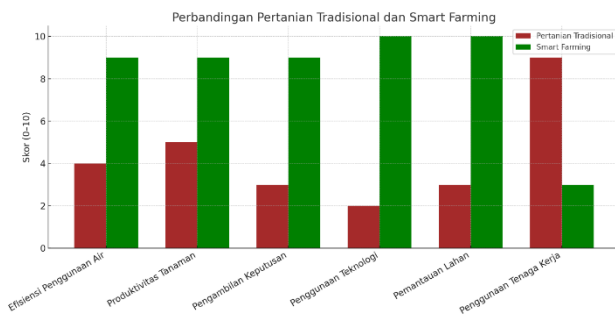
No	Fitur	Fungsi
1	Sensor Kelembapan Tanah	Mengukur kadar air tanah untuk mengatur irigasi otomatis
2	Drone Pertanian	Pemantauan lahan, pemetaan NDVI, dan penyemprotan pupuk/pestisida
3	Sistem Irigasi Otomatis	Mengatur penyiraman tanaman berdasarkan data kelembapan tanah
4	Kamera dan CCTV Monitoring	Mengawasi kondisi lahan dan keamanan area pertanian secara visual
5	Platform Cloud & IoT Gateway	Menyimpan dan mengelola data dari perangkat IoT secara terpusat
6	Aplikasi Mobile Monitoring	Menampilkan data kondisi tanaman dan notifikasi melalui smartphone
7	AI & Big Data Analytics	Menganalisis pola cuaca, hasil panen, dan memberikan rekomendasi otomatis
8	Traktor Otonom & Robot Tani	Melakukan pekerjaan ladang seperti membajak, menanam, dan panen secara otomatis
9	Sistem Pemantauan Cuaca	Memprediksi kondisi iklim dan cuaca untuk mendukung perencanaan pertanian
10	RFID dan GPS Tracking	Melacak pergerakan alat, bahan, dan hasil pertanian untuk manajemen logistik

Dengan adanya berbagai fitur canggih sebagaimana tercantum dalam tabel di atas, implementasi smart farming mampu menghadirkan solusi pertanian yang lebih modern, efisien, dan berkelanjutan. Integrasi teknologi ini tidak hanya membantu petani dalam pengelolaan lahan secara lebih akurat dan real-time, tetapi juga mendukung ketahanan pangan melalui peningkatan produktivitas serta pengurangan risiko kerugian akibat faktor lingkungan atau kesalahan manual.

B. Perbandingan Pertanian Tradisional Dan SMART

Pertanian tradisional dan smart farming memiliki perbedaan yang mendasar dalam pendekatan, teknologi, dan efisiensi pelaksanaannya. Pada sistem pertanian tradisional, proses budidaya umumnya masih mengandalkan tenaga manusia secara manual, penggunaan alat sederhana, serta pengambilan keputusan berdasarkan

pengalaman dan intuisi petani. Hal ini sering kali menyebabkan ketidaktepatan dalam penggunaan sumber daya seperti air, pupuk, dan pestisida. Sebaliknya, smart farming memanfaatkan teknologi digital seperti sensor, Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), dan big data untuk memantau dan mengelola proses pertanian secara otomatis dan berbasis data. Dengan demikian, smart farming mampu meningkatkan produktivitas, mengurangi pemborosan, serta menyediakan informasi real-time yang memudahkan pengambilan keputusan secara tepat dan efisien. Perbandingan antara kedua pendekatan ini menunjukkan bahwa transformasi digital dalam sektor pertanian menjadi kunci untuk mencapai pertanian modern yang adaptif terhadap tantangan zaman.



Gambar 3. Perbandingan Pertanian Tradisional dan Smart Farming

Gambar 4 merupakan visualisasi estimatif yang dibuat berdasarkan kajian literatur umum dan karakteristik teoritis dari perbandingan antara pertanian tradisional dan smart farming. Data tidak berasal dari satu sumber primer tertentu, melainkan disusun secara representatif berdasarkan poin-poin umum berikut.

Dasar Pertimbangan Grafik:

- 1. Efisiensi Penggunaan Air dan Sumber Daya**
Berdasarkan jurnal dan laporan FAO serta studi-studi smart irrigation, sistem smart farming secara signifikan meningkatkan efisiensi air hingga 30–50%.
- 2. Produktivitas Tanaman**
Banyak literatur menyebutkan bahwa pemantauan real-time dan sistem berbasis data meningkatkan produktivitas karena input yang lebih tepat.
- 3. Pengambilan Keputusan dan Penggunaan Teknologi:**
Smart farming menggunakan sensor, AI, dan IoT, sehingga pengambilan keputusan lebih akurat dibanding pertanian tradisional yang mengandalkan pengalaman.

4. Pemantauan dan Otomatisasi

Teknologi seperti drone dan aplikasi berbasis cloud memungkinkan pemantauan 24/7, yang tidak mungkin dilakukan secara manual di sistem tradisional.

5. Tenaga Kerja

Pertanian tradisional lebih padat karya, sedangkan smart farming mengarah ke otomatisasi, sehingga kebutuhan tenaga kerja menurun.

C. Kontribusi Internet Of Things

Internet of Things (IoT) memberikan kontribusi yang sangat signifikan dalam transformasi sektor pertanian menuju sistem yang lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan. IoT memungkinkan integrasi berbagai perangkat seperti sensor, aktuator, dan sistem komunikasi yang saling terhubung melalui jaringan internet untuk mengumpulkan dan menganalisis data secara real-time. Dengan adanya teknologi ini, petani dapat memperoleh informasi secara langsung mengenai kondisi tanah, kelembapan, suhu udara, intensitas cahaya, serta potensi serangan hama dan penyakit. Informasi tersebut kemudian digunakan untuk mengatur sistem irigasi, pemberian nutrisi, dan tindakan pertanian lainnya secara otomatis dan terukur. Hal ini tidak hanya meningkatkan hasil panen, tetapi juga mengurangi pemborosan sumber daya dan menekan biaya operasional. Selain itu, IoT juga mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat waktu dan berbasis data, sehingga pertanian menjadi lebih adaptif terhadap perubahan iklim dan kondisi lingkungan.

TABEL II
KONTRIBUSI INTERNET OF THINGS SEKTOR PERTANIAN

No	Aspek Pertanian	Kontribusi Internet Of Things
1	Pemantauan Lingkungan	Sensor suhu, kelembapan, dan cahaya memantau kondisi secara real-time
2	Irigasi Otomatis	Sistem irigasi diaktifkan otomatis berdasarkan data kelembapan tanah
3	Pemupukan Presisi	Dosis pupuk disesuaikan dengan kebutuhan aktual tanaman
4	Deteksi Hama dan Penyakit	Sensor dan kamera mendeteksi gangguan secara dini untuk intervensi cepat
5	Manajemen Energi dan Air	Penggunaan sumber daya lebih hemat dan efisien
6	Pengambilan Keputusan	Data dikumpulkan dan dianalisis untuk mendukung keputusan berbasis fakta
7	Produktivitas dan Panen	Proses pertanian yang presisi meningkatkan hasil panen dan kualitas produk
8	Keamanan dan Pemantauan	Kamera dan sensor keamanan melindungi lahan

		dari pencurian atau gangguan luar
--	--	-----------------------------------

Dengan kontribusi-komponen tersebut, IoT berperan sebagai fondasi penting dalam mewujudkan pertanian pintar (smart farming) yang tidak hanya mengandalkan intuisi, tetapi juga didukung oleh sistem berbasis teknologi dan data yang akurat. Implementasi yang tepat terhadap teknologi ini dapat mempercepat modernisasi pertanian, terutama di negara berkembang seperti Indonesia.

D. Kasus Smart Farming di Indonesia dan Dunia

Perkembangan smart farming di berbagai negara menunjukkan penerapan teknologi yang semakin inovatif dan adaptif terhadap kebutuhan lokal. Di tingkat global, berbagai negara maju telah menjadi pelopor dalam penggunaan teknologi pertanian modern berbasis Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), dan big data. Sementara itu, di Indonesia, meskipun adopsinya masih terbatas, beberapa inisiatif dari pemerintah dan petani milenial mulai menunjukkan potensi besar dalam transformasi sektor pertanian menuju era digital.

1. Studi Kasus Dunia: Smart Greenhouse di Jepang
Jepang merupakan salah satu negara yang berhasil mengintegrasikan teknologi tinggi ke dalam sistem pertaniannya. Salah satu contohnya adalah penerapan smart greenhouse atau rumah kaca pintar yang menggunakan sistem otomatisasi berbasis sensor. Di fasilitas ini, suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan kadar karbon dioksida dikontrol secara otomatis untuk menciptakan lingkungan tumbuh yang optimal. Teknologi IoT memungkinkan pengumpulan data lingkungan secara real-time, yang kemudian dianalisis oleh sistem AI untuk menyesuaikan kondisi dalam rumah kaca. Hasilnya, produktivitas tanaman seperti tomat dan stroberi meningkat signifikan, dan ketergantungan pada tenaga kerja manusia berkurang drastis.
2. Studi Kasus Indonesia: Pertanian Digital oleh Petani Milenial
Di Indonesia, munculnya generasi petani milenial telah mendorong adopsi teknologi pertanian digital di berbagai daerah. Salah satu contoh sukses adalah penggunaan sensor tanah dan cuaca, aplikasi monitoring berbasis smartphone, serta drone pertanian oleh kelompok petani muda di Jawa Barat dan Yogyakarta. Mereka menggunakan aplikasi seperti Ladangku, AgriAku, dan Habibi Garden untuk memantau kelembapan tanah, mengatur jadwal irigasi otomatis, serta mendapatkan rekomendasi pemupukan berbasis data. Implementasi teknologi ini terbukti membantu meningkatkan efisiensi lahan, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan hasil panen secara konsisten. Selain itu, pemanfaatan media sosial

dan e-commerce juga digunakan untuk pemasaran hasil tani secara langsung kepada konsumen.

IV. KESIMPULAN

Integrasi Internet of Things (IoT) dalam smart farming menunjukkan kemajuan signifikan dalam transformasi sektor pertanian menuju sistem yang lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan. Berbagai fitur canggih seperti sensor kelembapan tanah, irigasi otomatis, drone, hingga analisis big data memungkinkan petani memantau dan mengelola lahan secara real-time, sehingga pengambilan keputusan menjadi lebih akurat dan berbasis data. Dibandingkan dengan pertanian tradisional yang masih mengandalkan tenaga manual dan intuisi, smart farming mampu meningkatkan produktivitas, mengurangi pemborosan sumber daya, dan menekan biaya operasional melalui otomatisasi dan pemantauan berbasis teknologi.

Meskipun penerapannya masih menghadapi tantangan di Indonesia, seperti keterbatasan infrastruktur dan literasi teknologi petani, berbagai inisiatif dari pemerintah dan petani milenial telah menunjukkan potensi besar dalam mendorong digitalisasi pertanian. Studi kasus di Jepang dan Indonesia memperlihatkan bahwa penerapan teknologi pertanian dapat disesuaikan dengan kebutuhan lokal dan memberikan hasil yang signifikan dalam efisiensi serta hasil panen. Oleh karena itu, smart farming berbasis IoT menjadi solusi strategis dalam menjawab tantangan pertanian modern dan mendukung ketahanan pangan di masa depan.

REFERENSI

- [1] A. Nina, "Efektifitas Drone Sebagai Media Penginderaan Jauh Untuk Pemantauan Kesehatan Tanaman," *J. Technopreneur (JTech)*, vol. 11, no. 2, hal. 50–55, 2023.
- [2] R. Abbasi, P. Martinez, dan R. Ahmad, "The digitization of agricultural industry—a systematic literature review on agriculture 4.0," *Smart Agric. Technol.*, vol. 2, hal. 100042, 2022.
- [3] F. P. Sari dkk., *Pembangunan Pertanian Berkelanjutan*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2024.
- [4] M. Ula, R. T. Adek, B. Bustami, S. Mulaesyi, dan M. B. Juhri, "A Monitoring System for Aquaponics Based on Internet of Things," in *Proceedings of Malikussaleh International Conference on Multidisciplinary Studies*, 2022, hal. 00008–00008.
- [5] S. Gitakarma, Made, dan L. P. A. S. Tjahyanti, "Peranan Internet of Things Dan Kecerdasan Buatan Dalam Teknologi Saat Ini," *KOMTEKS*, vol. 1, no. 1, 2022.
- [6] A. P. O. Amame, S. Sos, S. K. Rusina Widha Febriana, M. Kom, I. M. Artiyasa, dan A. O. Cahyaningrum, *Pemanfaatan dan Penerapan Internet Of Things (Iot) Di Berbagai Bidang*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.

- [7] R. R. Rachmawati, "Smart farming 4.0 untuk mewujudkan pertanian Indonesia maju, mandiri, dan modern," *Forum Penelit. Agro Ekon.*, vol. 38, no. 2, 2023.
- [8] E. S. Mohamed, "Smart farming for improving agricultural management," *Egypt. J. Remote Sens. Sp. Sci.*, vol. 24, no. 3, hal. 971–981, 2020.
- [9] G. Idoje, T. Dagiuklas, dan M. Iqbal, "Survey for smart farming technologies: Challenges and issues," *Comput. Electr. Eng.*, vol. 92, hal. 107104, 2021.
- [10] M. Gupta, M. Abdelsalam, S. Khorsandroo, dan S. Mittal, "Security and privacy in smart farming: Challenges and opportunities," *IEEE access*, vol. 8, hal. 34564–34584, 2021.
- [11] E. S. Mohamed, A. A. Belal, S. K. Abd-Elmabod, M. A. El-Shirbeny, A. Gad, dan M. B. Zahran, "Smart farming for improving agricultural management," *Egypt. J. Remote Sens. Sp. Sci.*, vol. 24, no. 3, hal. 971–981, 2020.
- [12] A. I. P. Mendrofa, "Inovasi Teknologi Pengelolaan Tanah dan Air untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan," *J. Prot. Tanam. Trop.*, vol. 8, no. 2, hal. 1197–1210, 2021.
- [13] M. Dhanaraju, P. Chenniappan, K. Ramalingam, S. Pazhanivelan, dan R. Kaliaperumal, "Smart farming: Internet of Things (IoT)-based sustainable agriculture," *Agriculture*, vol. 12, no. 10, hal. 1745, 2022.
- [14] M. Ula dan R. T. Adek, "Towards the secure Internet of Things: Threats and solution," in *Proceedings of Malikussaleh International Conference on Multidisciplinary Studies (MICOMS)*, 2022, hal. 00029–00029.
- [15] R. P. Lubis Dan I. A. L. Gaol, "Desain Dan Implementasi Smart Farming: Penyiraman Otomatis Berbasis Sensor Kelembapan Dan Plts," *Kohesi J. Sains Dan Teknol.*, Vol. 8, No. 6, Hal. 111–120, 2025.
- [16] A. Khaidar and M. Fikry, "Pengaruh teknologi Internet of Things terhadap manajemen aset digital secara real-time," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 17, no. 2, pp. 84–90, Apr. 2025.