



& SISTEM INFORMASI DIGITAL INNOVATION IN SMART FARMING INDUSTRY

- Denny Indrawanto
- Pertiwi Syarni
- Religius Heryanto
- Araz Meilin
- Jamal Mukaddas
- Nurul Izzah Aulia
- Fitriah Suryani Jamin



Editor
Aisjah Rachmawaty Ryadin
Hardiyanti YM

**SISTEM INFORMASI
dan
DIGITAL INNOVATION IN SMART
FARMING INDUSTRY**

Penulis

Denny Indrawanto
Pertiwi Syarni
Religius Heryanto
Araz Meilin
Jamal Mukaddas
Nurul Izzah Aulia
Fitriah Suryani Jamin

Editor

Aisjah Rachmawaty Ryadin
Hardiyanti YM



**PENERBIT
PT. KAMIYA JAYA AQUATIC**

**SISTEM INFORMASI
dan
DIGITAL INNOVATION IN SMART FARMING
INDUSTRY**

Penulis : Denny Indrawanto, Pertiwi Syarni, Religius Heryanto, Araz Meilin, Jam al Mukaddas, Nurul Izzah Aulia, Fitriah Suryani Jamin

Editor : Aisjah Rachmawaty Ryadin, Hardiyanti YM

ISBN : 978-623-8784-90-5 (PDF)

Desain Sampul dan Tata Letak : Irda Husnaya

Penerbit :
PT. Kamiya Jaya Aquatic

Anggota IKAPI No. 001/MALUKUUTARA/2024

Redaksi :
RT 008 RW 003 Kelurahan Fitu, Kecamatan Ternate Selatan,
Kota Ternate, Maluku Utara
Telp. : 0812-2279-3284
Email : kamiyajayaaquatic@gmail.com
Website : <https://kjaquatic.com/>

Distributor :
PT. Kamiya Jaya Aquatic

Cetakan Pertama : Desember 2024

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu wa Taala akhirnya buku yang berjudul **“Sistem Informasi dan Digital Innovation in Smart Farming Industry”** dapat kami selesaikan. Buku ini terdiri dari tujuh bab meliputi: pendahuluan, Dasar-Dasar Sistem Informasi dalam Pertanian, Teknologi Iot dalam Pertanian Cerdas, *Precision Agriculture*, Sistem Informasi Geografis (GIS) dalam Pertanian, Kebijakan dan Regulasi dalam Pertanian Digital, Masa Depan *Smart Farming* dan Inovasi Digital. Kami berharap buku ini akan bermanfaat bagi para pembaca. Namun demikian, buku ini bukannya tanpa kekurangan. Oleh karena itu, kami menerima kritik dan saran demi perbaikan di cetakan berikutnya. Kami ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak berkontribusi dalam penyusunan buku ini.

Ternate, Februari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI	iv

Bab 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Definisi Smart Farming	4
1.3 Sistem Informasi dalam Pertanian	7
1.4 Inovasi Digital dalam Smart Farming	12
1.5 Tantangan dan Peluang	16

Bab 2. DASAR-DASAR SISTEM INFORMASI DALAM PERTANIAN

2.1 Pengertian Sistem Informasi dalam Pertanian	23
2.2 Perkembangan Sistem Informasi di Bidang Pertanian	24
2.3 Komponen Utama Sistem Informasi Pertanian	26
2.4 Penyimpanan dan Pengelolaan Informasi	30

Bab 3. TEKNOLOGI IOT DALAM PERTANIAN CERDAS

3.1 Pendahuluan	35
3.2 Komponen Utama IoT dalam Pertanian Cerdas	38
3.3 Penerapan IoT dalam Pertanian Cerdas	40
3.4 Manfaat Penerapan IoT dalam Pertanian Cerdas	43

Bab 4. *PRECISION AGRICULTURE*

4.1 Defenisi Precision Agriculture	47
4.2 Prinsip Dasar Precision Agriculture	49
4.3 Komponen Utama Precision Agriculture	50
4.4 Teknologi dan inovasi dalam Precision Agriculture	53
4.5 Manfaat Precision Agriculture	56
4.6 Tantangan Implementasi Precision Agriculture di Indonesia	57
4.7 Masa Depan Precision Agriculture di Indonesia	59

Bab 5. DAMPAK SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (GIS) DALAM PERTANIAN	
5.1 Komponen Utama SIG dalam Pertanian	61
5.2 Aplikasi SIG dalam Pertanian	64
5.3 Tantangan dalam Implementasi SIG di Pertanian	66
5.4 Masa Depan SIG dalam Pertanian	68
Bab 6. KEBIJAKAN DAN REGULASI DALAM PERTANIAN DIGITAL	
6.1 Kebijakan Pemerintah dalam Pertanian Digital	72
6.2 Regulasi dan Standar Teknologi dalam Pertanian Digital	74
6.3 Aspek Hukum Terkait Data dan Privasi dalam Pertanian Digital	77
6.4 Kebijakan Insentif dan Pembiayaan Pertanian Digital	79
6.5 Peran Pemerintah Daerah dan Kolaborasi Multi-Pihak	80
6.6 Tantangan dan Peluang Implementasi Kebijakan Pertanian Digital	82
6.7 Studi Kasus: Implementasi Kebijakan Pertanian Digital di Indonesia	83
Bab 7. MASA DEPAN <i>SMART FARMING</i> DAN INOVASI DIGITAL	
7.1 Pengenalan Inovasi Digital dalam Pertanian	86
7.2 Penggunaan Data untuk Meningkatkan Keputusan Pertanian	90
7.3 Blockchain dalam Smart farming	94
7.4 Aplikasi Mobile dan Platform Digital untuk Petani	97
DAFTAR PUSTAKA	104
BIODATA PENULIS	111

Bab 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era revolusi industri 4.0, peran teknologi digital semakin mengemuka dalam berbagai sektor, termasuk pertanian. Sektor pertanian, yang secara tradisional dianggap sebagai sektor berbasis tenaga kerja manual dan sumber daya alam, kini telah mengalami transformasi dengan hadirnya teknologi digital. Pertanian cerdas atau **smart farming** merupakan konsep pertanian yang mengandalkan teknologi informasi dan inovasi digital untuk mengelola dan mengoptimalkan produksi pertanian dengan cara yang lebih efisien dan berkelanjutan. Melalui penggunaan sistem informasi yang terintegrasi, petani dapat memperoleh data secara real-time yang memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik dalam manajemen pertanian, baik di tingkat operasional maupun strategis.

Smart farming memungkinkan penerapan **Internet of Things (IoT)**, kecerdasan buatan (**AI**), **big data**, dan teknologi **blockchain** dalam berbagai aspek produksi pertanian, mulai dari penanaman, pemeliharaan, hingga panen dan distribusi hasil. IoT, misalnya, memungkinkan pemasangan sensor yang dapat memantau kondisi tanah, cuaca, kelembaban, dan faktor-faktor lainnya yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Dengan adanya sistem informasi yang terhubung, semua data ini dapat diolah dan dianalisis untuk membantu petani dalam mengambil keputusan yang tepat terkait penggunaan air, pupuk, dan pestisida, sehingga meningkatkan produktivitas sekaligus mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Selain itu, inovasi digital juga telah memungkinkan pengembangan **pertanian presisi**, di mana setiap tindakan di lahan pertanian didasarkan pada data yang spesifik dan akurat. Teknologi drone dan sistem pencitraan satelit memberikan gambaran detail mengenai kondisi tanaman di seluruh lahan, memungkinkan deteksi dini terhadap penyakit atau kekurangan nutrisi pada tanaman. Hal ini tidak hanya meningkatkan hasil panen, tetapi juga mengurangi pemborosan sumber daya alam seperti air dan energi, yang sangat penting di tengah meningkatnya kekhawatiran terkait keberlanjutan lingkungan dan perubahan iklim.

Namun demikian, penerapan smart farming di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam hal **infrastruktur teknologi, aksesibilitas petani terhadap teknologi**, serta **literasi digital**. Sebagian besar petani di Indonesia adalah petani kecil yang memiliki keterbatasan modal untuk mengadopsi teknologi canggih. Selain itu, kurangnya dukungan pemerintah dalam bentuk kebijakan dan regulasi yang mendukung penerapan teknologi pertanian digital juga menjadi hambatan utama. Meskipun begitu, potensi besar yang ditawarkan oleh smart farming tidak dapat diabaikan, terutama dalam menghadapi tantangan pertanian di masa depan seperti peningkatan populasi dan perubahan iklim.

Dalam konteks global, berbagai negara maju telah mulai mengadopsi smart farming sebagai strategi untuk meningkatkan efisiensi pertanian dan mengurangi ketergantungan pada input pertanian yang mahal. Di Eropa dan Amerika Serikat, penggunaan teknologi IoT dan AI dalam pertanian telah memberikan hasil yang signifikan dalam hal peningkatan produktivitas serta penurunan biaya operasional. Sistem manajemen pertanian berbasis data memungkinkan petani untuk mengelola lahan mereka dengan lebih efektif, dengan mengurangi penggunaan pupuk dan pestisida serta meningkatkan kualitas hasil pertanian.

Penting untuk dicatat bahwa keberhasilan penerapan smart farming sangat bergantung pada **sistem informasi yang kuat dan terintegrasi**. Sistem informasi memainkan peran penting dalam mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis data yang diperoleh dari berbagai sumber, termasuk sensor lapangan, citra satelit, dan data

cuaca. Dengan adanya sistem informasi yang efisien, data dapat diolah menjadi informasi yang berguna bagi petani untuk mengambil keputusan yang cepat dan tepat. Misalnya, sistem informasi dapat memberikan peringatan dini terkait perubahan cuaca yang dapat mempengaruhi hasil panen, atau memberikan rekomendasi terkait jumlah air dan pupuk yang harus digunakan berdasarkan kondisi tanah saat itu.

Selain itu, **big data** dan **analisis data** memainkan peran penting dalam inovasi digital di industri smart farming. Data yang dihasilkan dari berbagai teknologi yang digunakan dalam smart farming, seperti sensor IoT dan drone, dapat digunakan untuk menganalisis pola dan tren dalam pertanian. Misalnya, dengan menganalisis data dari musim-musim sebelumnya, petani dapat memprediksi waktu terbaik untuk menanam atau memanen tanaman. Di sisi lain, kecerdasan buatan dapat digunakan untuk mengotomatisasi proses tertentu, seperti penyiraman atau pemupukan tanaman, yang tidak hanya menghemat waktu tetapi juga sumber daya.

Sementara itu, di Indonesia, inisiatif untuk menerapkan teknologi smart farming telah dimulai meskipun masih dalam tahap awal. Beberapa perusahaan teknologi dan lembaga pemerintah mulai memperkenalkan aplikasi dan sistem berbasis digital untuk membantu petani mengelola lahan mereka secara lebih efisien. Namun, implementasinya masih terbatas pada beberapa wilayah dan jenis komoditas tertentu. Penggunaan teknologi canggih seperti drone dan sensor IoT juga masih terbatas karena biaya yang tinggi dan keterbatasan akses terhadap teknologi tersebut. Oleh karena itu, diperlukan dukungan yang lebih besar dari pemerintah dan sektor swasta untuk memperluas penerapan smart farming di seluruh Indonesia.

Secara keseluruhan, penerapan sistem informasi dan inovasi digital dalam industri smart farming merupakan langkah penting menuju masa depan pertanian yang lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan. Dengan tantangan global seperti perubahan iklim dan peningkatan kebutuhan pangan, adopsi teknologi digital dalam sektor pertanian menjadi semakin penting. Meski demikian, tantangan-tantangan seperti akses teknologi, biaya, dan literasi digital perlu diatasi

agar penerapan smart farming dapat berjalan optimal dan memberikan manfaat bagi seluruh pelaku di industri pertanian, khususnya para petani kecil.

Pada akhirnya, keberhasilan adopsi teknologi digital di sektor pertanian tidak hanya akan meningkatkan produktivitas dan efisiensi, tetapi juga berkontribusi pada upaya global dalam menjaga keberlanjutan sumber daya alam dan lingkungan. Inovasi digital dalam smart farming juga membuka peluang baru bagi generasi muda untuk terlibat dalam sektor pertanian, yang seringkali dianggap sebagai sektor yang kurang menarik. Dengan teknologi yang semakin canggih, pertanian dapat menjadi industri yang lebih modern, berdaya saing, dan relevan dengan perkembangan zaman.

1.2 Definisi Smart Farming

Smart farming atau pertanian cerdas adalah sebuah konsep yang berkembang seiring dengan kemajuan teknologi digital yang diimplementasikan dalam sektor pertanian. Dalam beberapa dekade terakhir, revolusi teknologi informasi dan komunikasi telah memengaruhi hampir setiap aspek kehidupan manusia, dan pertanian tidak terkecuali. Smart farming merupakan bagian dari transformasi menuju era pertanian 4.0, di mana teknologi digital seperti Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), big data, machine learning, dan sistem informasi geografis (GIS) diterapkan untuk mengoptimalkan berbagai proses dalam pertanian. Konsep ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan pertanian dengan memanfaatkan teknologi yang memungkinkan pengelolaan sumber daya secara lebih efektif dan real-time.

Pada dasarnya, smart farming adalah integrasi dari berbagai teknologi digital ke dalam aktivitas pertanian, baik dalam skala kecil maupun besar. Salah satu komponen utama smart farming adalah penggunaan sensor yang dapat memonitor kondisi lingkungan seperti kelembapan tanah, suhu udara, intensitas cahaya, dan kandungan nutrisi di dalam tanah. Data yang diperoleh dari sensor ini kemudian dianalisis dan digunakan untuk mengambil keputusan yang lebih cepat dan akurat terkait pengelolaan lahan dan tanaman. Hal ini memungkinkan petani untuk meminimalkan penggunaan sumber daya

seperti air, pupuk, dan pestisida, sekaligus memaksimalkan hasil produksi dengan memantau kebutuhan tanaman secara spesifik.

Selain sensor, IoT memainkan peran penting dalam smart farming. Dengan IoT, berbagai perangkat pertanian seperti traktor, sistem irigasi, dan mesin panen dapat saling terhubung melalui jaringan internet, memungkinkan koordinasi dan pengelolaan yang lebih baik. Sebagai contoh, traktor modern yang dilengkapi dengan GPS dan sensor dapat dioperasikan secara otomatis untuk melakukan aktivitas seperti membajak, menanam, atau memanen tanpa memerlukan intervensi manusia secara langsung. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi, tetapi juga mengurangi risiko kesalahan yang dapat terjadi akibat faktor manusia.

Kecerdasan buatan (AI) juga merupakan elemen kunci dalam smart farming. AI digunakan untuk menganalisis data dalam jumlah besar yang dikumpulkan dari berbagai sumber, seperti sensor di lapangan, citra satelit, atau data cuaca. Dengan menggunakan machine learning, sistem AI dapat memprediksi pola cuaca, serangan hama, atau bahkan perkiraan hasil panen berdasarkan data historis dan kondisi saat ini. Ini memungkinkan petani untuk mengambil keputusan yang lebih baik dan proaktif, misalnya dalam menentukan waktu terbaik untuk menanam, mengairi, atau memanen tanaman. Selain itu, AI juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi hama atau penyakit tanaman melalui analisis gambar, yang mempercepat tindakan mitigasi sebelum kerusakan menyebar.

Penggunaan drone dan citra satelit dalam smart farming juga semakin umum. Drone dapat digunakan untuk memantau kondisi tanaman di area yang luas dengan lebih cepat dibandingkan metode tradisional. Dengan dilengkapi kamera multispektral, drone mampu mendeteksi perubahan dalam kesehatan tanaman yang tidak terlihat oleh mata manusia. Ini memungkinkan petani untuk segera melakukan tindakan pencegahan atau perawatan di area tertentu yang memerlukan perhatian khusus. Citra satelit juga memberikan informasi yang berharga mengenai kondisi tanah, ketersediaan air, dan perubahan iklim, yang sangat berguna dalam perencanaan jangka panjang dan manajemen lahan.

Selain itu, sistem informasi geografis (GIS) dan remote sensing juga menjadi bagian integral dari smart farming. GIS digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis data spasial yang berkaitan dengan lahan pertanian, seperti topografi, jenis tanah, dan pola penggunaan lahan. Dengan memadukan data ini dengan informasi dari sensor lapangan, petani dapat membuat peta yang menunjukkan variasi dalam kondisi tanah di berbagai bagian ladang mereka. Hal ini memungkinkan penerapan praktik pertanian presisi, di mana pupuk, air, dan pestisida diterapkan hanya di tempat yang benar-benar membutuhkan, sehingga mengurangi pemborosan sumber daya dan dampak lingkungan negatif.

Smart farming juga mencakup inovasi digital dalam rantai pasok hasil pertanian. Dengan memanfaatkan platform berbasis cloud dan big data, petani dapat memantau pergerakan hasil pertanian mereka dari ladang hingga ke konsumen akhir. Ini tidak hanya meningkatkan transparansi dalam rantai pasok, tetapi juga membantu mengurangi pemborosan makanan dan memastikan kualitas produk tetap terjaga. Selain itu, platform digital memungkinkan petani untuk terhubung dengan pasar yang lebih luas, baik di tingkat lokal maupun internasional, sehingga meningkatkan daya saing dan pendapatan mereka.

Penerapan smart farming tidak hanya memberikan keuntungan bagi petani individu, tetapi juga bagi masyarakat secara keseluruhan. Dengan meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi penggunaan sumber daya, smart farming berkontribusi terhadap ketahanan pangan global. Dalam konteks perubahan iklim dan pertumbuhan populasi dunia yang terus meningkat, teknologi ini menjadi semakin penting dalam upaya memastikan ketersediaan pangan yang cukup untuk memenuhi kebutuhan global.

Namun, meskipun potensi smart farming sangat besar, ada beberapa tantangan yang harus diatasi untuk mewujudkan implementasi yang lebih luas. Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan akses terhadap teknologi di daerah pedesaan, terutama di negara-negara berkembang. Banyak petani di daerah terpencil tidak memiliki akses ke internet, perangkat teknologi canggih, atau pelatihan yang memadai untuk mengoperasikan teknologi tersebut. Selain itu,

biaya awal untuk mengadopsi teknologi smart farming seringkali menjadi penghalang bagi petani kecil yang memiliki keterbatasan modal. Oleh karena itu, penting untuk menciptakan kebijakan yang mendukung pengembangan infrastruktur digital di pedesaan dan memberikan bantuan keuangan atau subsidi kepada petani kecil yang ingin mengadopsi teknologi ini.

Dalam konteks Indonesia, smart farming memiliki potensi besar untuk membantu meningkatkan produktivitas pertanian nasional. Dengan wilayah yang luas dan beragam, teknologi ini dapat membantu memantau dan mengelola lahan pertanian yang tersebar di berbagai pulau dan memiliki karakteristik iklim dan tanah yang berbeda. Pemerintah Indonesia juga telah menyadari pentingnya penerapan teknologi dalam pertanian dan mulai mendorong pengembangan smart farming melalui berbagai program dan inisiatif, seperti penyediaan akses internet di pedesaan dan pelatihan digital bagi petani.

Secara keseluruhan, smart farming adalah masa depan pertanian yang berkelanjutan. Teknologi ini memberikan solusi untuk berbagai masalah yang dihadapi oleh sektor pertanian tradisional, mulai dari keterbatasan sumber daya, perubahan iklim, hingga ketidakpastian cuaca. Dengan memanfaatkan inovasi digital, petani dapat meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan usaha tani mereka. Namun, untuk mewujudkan potensi penuh smart farming, diperlukan kerjasama antara pemerintah, sektor swasta, dan komunitas petani untuk mengatasi tantangan-tantangan yang ada dan memastikan bahwa teknologi ini dapat diakses oleh semua petani, tidak hanya mereka yang memiliki modal besar.

1.3 Sistem Informasi dalam Pertanian

Sistem informasi dalam pertanian merupakan salah satu elemen penting dalam revolusi digital yang sedang berlangsung di sektor ini. Penerapan sistem informasi telah mengubah cara pertanian tradisional menjadi lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan melalui pengelolaan data yang lebih baik dan pengambilan keputusan yang lebih tepat. Sistem informasi dalam pertanian mencakup berbagai teknologi digital, termasuk perangkat lunak, perangkat keras, serta jaringan komunikasi yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan

mendistribusikan data terkait proses pertanian. Teknologi ini membantu petani untuk memantau, merencanakan, dan mengelola aktivitas pertanian dengan cara yang lebih efisien dan terkoordinasi.

Dalam konteks pertanian, sistem informasi memiliki beberapa komponen utama, yaitu pengumpulan data, analisis data, dan penyampaian informasi. Pengumpulan data mencakup pengumpulan informasi dari berbagai sumber seperti sensor di lapangan, citra satelit, perangkat IoT, drone, dan alat pengukur cuaca. Data ini kemudian dianalisis untuk memberikan informasi yang relevan bagi petani dalam pengelolaan lahan, tanaman, dan sumber daya lainnya. Informasi yang dihasilkan dari analisis ini digunakan untuk pengambilan keputusan yang lebih baik, seperti kapan waktu yang tepat untuk menanam, irigasi yang optimal, serta penggunaan pupuk dan pestisida yang efisien.

Salah satu penerapan sistem informasi yang paling dikenal dalam pertanian adalah **Precision Agriculture** atau pertanian presisi. Pertanian presisi merupakan pendekatan berbasis data yang menggunakan teknologi seperti GPS, sensor tanah, dan citra satelit untuk memantau dan mengelola variabilitas dalam kondisi pertanian. Dengan adanya teknologi ini, petani dapat memahami variasi dalam faktor-faktor seperti kesuburan tanah, ketersediaan air, dan kesehatan tanaman di berbagai bagian lahan. Ini memungkinkan penerapan input pertanian, seperti pupuk dan air, secara tepat dan hanya di tempat yang benar-benar membutuhkan. Hasilnya adalah peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya dan pengurangan dampak lingkungan yang negatif.

Geographic Information Systems (GIS) adalah salah satu teknologi utama dalam sistem informasi pertanian. GIS digunakan untuk memetakan dan menganalisis data geografis terkait dengan lahan pertanian. Teknologi ini memungkinkan petani dan manajer pertanian untuk mengelola informasi spasial yang berkaitan dengan topografi, jenis tanah, distribusi tanaman, dan pola cuaca. GIS memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik dalam perencanaan lahan, manajemen irigasi, dan pengelolaan tanaman. Misalnya, petani dapat menggunakan GIS untuk memetakan wilayah yang memerlukan irigasi tambahan atau yang berisiko terkena serangan hama. Selain itu, GIS

juga dapat digunakan untuk memantau perubahan iklim dan memprediksi dampaknya terhadap hasil pertanian di masa depan.

Sistem informasi dalam pertanian juga mencakup **remote sensing** atau penginderaan jauh, yang memungkinkan petani untuk memantau kondisi lahan dan tanaman dari jarak jauh melalui satelit atau drone. Penginderaan jauh sangat berguna dalam mengidentifikasi masalah yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, seperti kekurangan air, hama, atau penyakit tanaman. Citra satelit atau drone yang dilengkapi dengan kamera multispektral dapat mendeteksi perubahan dalam pertumbuhan tanaman atau kesehatan daun, sehingga petani dapat segera mengambil tindakan perbaikan sebelum masalah tersebut semakin parah. Penggunaan remote sensing juga dapat membantu dalam perencanaan tanam yang lebih baik dan optimalisasi penggunaan air serta pupuk.

Selain itu, perkembangan **Internet of Things (IoT)** dalam pertanian semakin memudahkan pengelolaan lahan dan tanaman melalui penggunaan sensor yang terhubung dengan internet. Sensor IoT yang ditempatkan di lapangan dapat memantau berbagai parameter lingkungan, seperti kelembapan tanah, suhu, kelembapan udara, intensitas cahaya, dan bahkan kondisi nutrisi tanah secara real-time. Data yang dikumpulkan oleh sensor ini kemudian dikirim ke platform berbasis cloud di mana data tersebut dianalisis dan disajikan dalam bentuk yang mudah dipahami oleh petani. Melalui sistem ini, petani dapat memantau kondisi lahan mereka kapan saja dan dari mana saja menggunakan perangkat mobile atau komputer. Misalnya, jika kelembapan tanah turun di bawah tingkat yang dibutuhkan, sistem dapat secara otomatis memberi tahu petani untuk melakukan irigasi, atau bahkan mengaktifkan sistem irigasi otomatis.

Big Data juga merupakan komponen penting dalam sistem informasi pertanian modern. Data dalam jumlah besar yang dikumpulkan dari berbagai sumber - mulai dari sensor IoT, drone, citra satelit, hingga data cuaca - diolah menggunakan teknologi big data untuk memberikan wawasan yang lebih mendalam dan prediksi yang lebih akurat. Dengan menganalisis data dalam skala besar, petani dapat mengidentifikasi pola yang tidak terlihat melalui analisis tradisional. Misalnya, analisis big data dapat membantu petani dalam memprediksi

hasil panen berdasarkan data historis dan kondisi saat ini, mengidentifikasi risiko cuaca buruk, serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Ini juga memungkinkan peningkatan efisiensi rantai pasok pertanian dengan memprediksi permintaan pasar dan mengelola distribusi hasil pertanian secara lebih efektif.

Sistem informasi dalam pertanian juga mencakup **Decision Support Systems (DSS)**, yang membantu petani dalam membuat keputusan berdasarkan data yang tersedia. DSS dalam pertanian menggunakan data dari berbagai sumber, seperti kondisi cuaca, data tanah, data tanaman, dan data pasar, untuk memberikan rekomendasi yang dapat membantu petani dalam mengambil keputusan yang lebih baik. Misalnya, DSS dapat memberikan saran kapan waktu terbaik untuk menanam berdasarkan perkiraan cuaca, atau memberikan rekomendasi mengenai jenis pupuk yang paling efektif untuk digunakan berdasarkan analisis tanah. Sistem ini juga dapat membantu dalam pengelolaan risiko, seperti memprediksi serangan hama atau cuaca ekstrem, sehingga petani dapat melakukan tindakan mitigasi yang lebih awal.

Teknologi **Cloud Computing** juga memainkan peran penting dalam sistem informasi pertanian. Dengan cloud computing, data pertanian yang dikumpulkan dari berbagai sumber dapat disimpan dan diakses secara aman dari mana saja, memungkinkan kolaborasi yang lebih mudah antara petani, peneliti, dan penyedia layanan pertanian. Cloud computing juga memungkinkan penggunaan platform pertanian berbasis SaaS (Software as a Service) yang dapat diakses oleh petani tanpa perlu investasi besar dalam infrastruktur teknologi. Platform ini menawarkan berbagai layanan, mulai dari manajemen lahan, analisis cuaca, hingga pengelolaan rantai pasok. Melalui cloud, petani dapat berbagi data dan mendapatkan akses ke teknologi terbaru yang dapat membantu meningkatkan produktivitas mereka.

Selain manfaatnya yang jelas, penerapan sistem informasi dalam pertanian juga membawa tantangan tersendiri. Salah satu tantangan terbesar adalah **keterbatasan akses terhadap teknologi** di daerah pedesaan, terutama di negara-negara berkembang. Banyak petani kecil di daerah terpencil masih belum memiliki akses ke internet atau perangkat teknologi canggih, yang membatasi kemampuan mereka

untuk memanfaatkan sistem informasi pertanian. Selain itu, **kurangnya literasi digital** di kalangan petani juga menjadi hambatan dalam adopsi teknologi ini. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan dukungan dari pemerintah dan sektor swasta untuk membangun infrastruktur digital di pedesaan dan memberikan pelatihan kepada petani tentang cara menggunakan teknologi ini dengan efektif.

Tantangan lainnya adalah **tingginya biaya awal** untuk mengadopsi sistem informasi pertanian, terutama bagi petani kecil dengan keterbatasan modal. Meskipun teknologi seperti sensor IoT, drone, dan perangkat lunak pertanian dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi, biaya awal untuk membeli dan mengoperasikan teknologi ini seringkali menjadi penghalang bagi petani kecil. Untuk mengatasi masalah ini, beberapa negara telah mengembangkan program subsidi atau bantuan keuangan untuk membantu petani kecil mengadopsi teknologi ini. Selain itu, model bisnis seperti **pertanian berbasis layanan** atau **platform as a service (PaaS)** juga mulai berkembang, di mana petani dapat menyewa teknologi pertanian tanpa harus membeli peralatan yang mahal.

Meskipun demikian, potensi sistem informasi dalam pertanian sangat besar. Di masa depan, teknologi ini akan terus berkembang dan semakin terintegrasi dengan teknologi lain, seperti **robotik** dan **kecerdasan buatan (AI)**. Dengan kemajuan ini, kita dapat melihat munculnya pertanian yang semakin otomatis dan efisien, di mana mesin-mesin cerdas akan bekerja secara mandiri untuk melakukan berbagai tugas pertanian, dari penanaman hingga pemanenan. Selain itu, **blockchain** juga diprediksi akan memainkan peran penting dalam sistem informasi pertanian, terutama dalam meningkatkan transparansi dan keamanan rantai pasok pertanian, serta memastikan keaslian dan kualitas produk pertanian.

Dalam konteks Indonesia, sistem informasi dalam pertanian juga memiliki potensi besar untuk meningkatkan produktivitas pertanian nasional. Dengan tantangan geografis yang luas dan beragam, teknologi ini dapat membantu petani di berbagai wilayah untuk mengelola lahan dan tanaman mereka dengan lebih baik. Beberapa inisiatif telah dilakukan oleh pemerintah dan sektor swasta untuk mendorong adopsi teknologi ini, seperti penyediaan akses internet di pedesaan dan

pelatihan digital bagi petani. Namun, masih banyak yang perlu dilakukan untuk memastikan bahwa semua petani, terutama yang berada di daerah terpencil, dapat memanfaatkan teknologi ini dengan maksimal.

1.4 Inovasi Digital dalam Smart Farming

Smart farming, atau pertanian cerdas, adalah suatu pendekatan modern dalam pertanian yang memanfaatkan teknologi digital dan inovasi untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan pertanian. Konsep ini telah mengalami perkembangan pesat dalam beberapa tahun terakhir, berkat kemajuan teknologi seperti Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), big data, drone, dan sistem informasi geografis (GIS). Inovasi digital ini tidak hanya membantu petani dalam mengelola lahan dan tanaman mereka dengan lebih baik, tetapi juga memungkinkan pertanian menjadi lebih responsif terhadap perubahan lingkungan dan tantangan yang semakin kompleks seperti perubahan iklim, peningkatan populasi, dan kelangkaan sumber daya alam.

Salah satu inovasi digital paling penting dalam smart farming adalah penggunaan **Internet of Things (IoT)**. IoT menghubungkan perangkat-perangkat di lapangan melalui internet, sehingga memungkinkan pengumpulan data secara real-time yang kemudian dapat digunakan untuk mengambil keputusan yang lebih baik. Misalnya, sensor IoT yang ditempatkan di ladang dapat memantau kondisi tanah seperti kelembapan, suhu, dan kandungan nutrisi, serta memberikan informasi tersebut kepada petani melalui perangkat mobile atau komputer. Data ini sangat penting untuk mengelola irigasi secara lebih efisien, menghindari kekurangan atau kelebihan air yang dapat berdampak pada hasil panen. Selain itu, IoT juga dapat diintegrasikan dengan sistem irigasi otomatis, di mana sistem ini dapat menyesuaikan volume air yang diberikan berdasarkan data yang dikumpulkan oleh sensor.

Selain itu, inovasi dalam **kecerdasan buatan (AI)** telah memberikan kontribusi besar dalam meningkatkan kemampuan pengambilan keputusan dalam smart farming. Dengan AI, data yang dikumpulkan dari berbagai sensor dapat dianalisis secara lebih

mendalam dan dengan kecepatan yang lebih tinggi. AI memungkinkan prediksi yang lebih akurat terkait berbagai aspek pertanian, seperti perkiraan hasil panen, pola cuaca, hingga serangan hama atau penyakit tanaman. Misalnya, dengan memanfaatkan data historis dan analisis big data, AI dapat memprediksi kapan waktu terbaik untuk menanam atau memanen suatu tanaman. Hal ini memungkinkan petani untuk lebih proaktif dalam merencanakan aktivitas pertanian mereka, sehingga mengurangi risiko kerugian akibat kondisi lingkungan yang tidak terduga. Selain itu, AI juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi gejala awal penyakit tanaman melalui analisis citra, sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan sebelum masalah menyebar dan merusak tanaman secara lebih luas.

Big data merupakan inovasi digital lainnya yang memainkan peran sentral dalam smart farming. Pertanian modern menghasilkan data dalam jumlah besar dari berbagai sumber, seperti sensor IoT, citra satelit, data cuaca, dan perangkat penginderaan lainnya. Data yang sangat beragam ini harus dianalisis dan diinterpretasikan untuk memberikan wawasan yang dapat membantu petani dalam pengambilan keputusan. Teknologi big data memungkinkan pengelolaan dan analisis data dalam skala besar untuk mengidentifikasi pola dan tren yang sebelumnya tidak dapat terlihat. Sebagai contoh, big data dapat digunakan untuk menganalisis pola cuaca di suatu wilayah dalam beberapa tahun terakhir dan memprediksi bagaimana pola tersebut akan memengaruhi pertanian di masa depan. Dengan demikian, petani dapat menyesuaikan strategi pertanian mereka untuk menghadapi perubahan iklim, seperti memilih varietas tanaman yang lebih tahan terhadap kekeringan atau menyesuaikan waktu tanam agar sesuai dengan perubahan musim.

Selain IoT, AI, dan big data, penggunaan **drone** telah menjadi salah satu inovasi digital yang paling populer dalam smart farming. Drone dapat digunakan untuk memantau lahan pertanian dengan lebih cepat dan efisien dibandingkan metode tradisional. Dengan dilengkapi kamera multispektral, drone mampu mengambil citra tanaman yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi masalah kesehatan tanaman, seperti kekurangan air atau serangan hama, yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. Penggunaan drone juga memungkinkan

pemantauan yang lebih presisi, terutama di lahan yang luas, sehingga petani dapat mengambil tindakan yang tepat di area yang membutuhkan perhatian khusus. Misalnya, jika drone mendeteksi area tertentu yang mengalami kekeringan, petani dapat segera melakukan irigasi tambahan di area tersebut tanpa perlu mengairi seluruh lahan, sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien.

Inovasi lain yang tidak kalah penting dalam smart farming adalah **Geographic Information Systems (GIS)**. GIS adalah sistem informasi yang digunakan untuk memetakan dan menganalisis data spasial terkait dengan lahan pertanian. GIS memungkinkan petani untuk memvisualisasikan data dalam bentuk peta, sehingga mereka dapat memahami variasi dalam kondisi tanah, pola cuaca, atau ketersediaan air di berbagai bagian lahan mereka. Dengan GIS, petani dapat merencanakan penggunaan lahan dengan lebih baik, misalnya dengan mengidentifikasi area yang memerlukan input pertanian tambahan, seperti pupuk atau pestisida. Selain itu, GIS juga dapat digunakan untuk memantau perubahan kondisi lahan dari waktu ke waktu, seperti erosi tanah atau penurunan kualitas tanah, sehingga petani dapat mengambil tindakan pencegahan sebelum masalah tersebut menjadi lebih parah.

Salah satu inovasi digital yang semakin banyak digunakan dalam smart farming adalah **blockchain**. Teknologi blockchain, yang awalnya dikenal dalam konteks mata uang digital seperti Bitcoin, kini mulai diadopsi dalam berbagai sektor, termasuk pertanian. Dalam smart farming, blockchain dapat digunakan untuk meningkatkan transparansi dan keamanan dalam rantai pasok pertanian. Dengan menggunakan blockchain, setiap langkah dalam proses produksi dan distribusi hasil pertanian dapat dicatat secara aman dan tidak dapat diubah, mulai dari penanaman hingga produk mencapai konsumen akhir. Hal ini memungkinkan konsumen untuk melacak asal-usul produk pertanian dan memastikan bahwa produk tersebut memenuhi standar kualitas tertentu. Selain itu, blockchain juga dapat membantu petani kecil dalam mendapatkan akses yang lebih baik ke pasar global dengan menyediakan data yang terpercaya tentang praktik pertanian yang mereka gunakan.

Cloud computing juga merupakan inovasi digital penting dalam smart farming. Teknologi ini memungkinkan petani untuk menyimpan dan mengakses data pertanian mereka secara aman dari mana saja dan kapan saja, tanpa perlu bergantung pada perangkat keras yang mahal. Dengan cloud computing, petani dapat memanfaatkan berbagai platform digital yang menawarkan layanan pertanian berbasis cloud, seperti manajemen lahan, analisis cuaca, hingga pengelolaan rantai pasok. Cloud computing juga memungkinkan kolaborasi yang lebih mudah antara petani, peneliti, dan penyedia layanan pertanian, sehingga informasi dan teknologi terbaru dapat dengan cepat diadopsi oleh para petani. Selain itu, penggunaan cloud computing juga mengurangi biaya infrastruktur teknologi, sehingga lebih terjangkau bagi petani kecil.

Selain inovasi-inovasi yang telah disebutkan, smart farming juga mulai mengadopsi teknologi **robotik** untuk meningkatkan efisiensi dalam berbagai proses pertanian. Robot pertanian digunakan untuk melakukan tugas-tugas yang membutuhkan ketelitian dan presisi tinggi, seperti menanam, memanen, dan merawat tanaman. Robot ini dapat dioperasikan secara otomatis atau semi-otomatis dengan bantuan teknologi AI dan sensor, sehingga dapat bekerja dengan cepat dan efisien tanpa memerlukan banyak tenaga kerja manusia. Misalnya, robot pemanen modern yang dilengkapi dengan sensor dapat memanen buah-buahan atau sayuran dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi, sehingga mengurangi kerusakan pada tanaman dan meningkatkan hasil panen. Selain itu, robot juga dapat digunakan untuk memantau kesehatan tanaman secara real-time dan memberikan perawatan yang diperlukan, seperti penyemprotan pestisida atau pupuk, dengan lebih presisi.

Meski potensi inovasi digital dalam smart farming sangat besar, ada beberapa tantangan yang perlu diatasi untuk mewujudkan adopsi teknologi ini secara luas. Salah satu tantangan utama adalah **keterbatasan infrastruktur digital di pedesaan**, terutama di negara-negara berkembang. Banyak petani di daerah terpencil masih belum memiliki akses ke internet yang memadai atau perangkat teknologi canggih, sehingga sulit bagi mereka untuk memanfaatkan inovasi digital dalam pertanian. Selain itu, **kurangnya literasi digital** di kalangan

petani juga menjadi hambatan, karena banyak petani yang belum terbiasa menggunakan teknologi digital dalam aktivitas pertanian sehari-hari. Untuk mengatasi tantangan ini, pemerintah dan sektor swasta perlu bekerja sama untuk membangun infrastruktur digital yang lebih baik di pedesaan dan memberikan pelatihan kepada petani tentang cara menggunakan teknologi ini.

Tantangan lainnya adalah **biaya awal yang tinggi** untuk mengadopsi teknologi digital dalam smart farming, terutama bagi petani kecil yang memiliki keterbatasan modal. Meskipun teknologi seperti drone, sensor IoT, dan perangkat lunak pertanian dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi, biaya awal untuk membeli dan mengoperasikan teknologi ini seringkali menjadi penghalang bagi petani kecil. Untuk mengatasi masalah ini, beberapa negara telah mengembangkan program subsidi atau bantuan keuangan untuk membantu petani kecil mengadopsi teknologi ini. Selain itu, model bisnis seperti **pertanian berbasis layanan (Agriculture as a Service)** juga mulai berkembang, di mana petani dapat menyewa teknologi pertanian tanpa harus membeli peralatan yang mahal.

Di masa depan, inovasi digital dalam smart farming diperkirakan akan terus berkembang dan semakin terintegrasi dengan teknologi lain, seperti **5G** dan **machine learning**. Jaringan 5G, dengan kecepatan internet yang jauh lebih tinggi dan latensi yang lebih rendah, akan memungkinkan pengumpulan dan analisis data yang lebih cepat dan efisien dalam smart farming. Sementara itu, machine learning akan membantu dalam menganalisis data dalam skala besar dengan lebih cepat dan memberikan prediksi yang lebih akurat tentang berbagai aspek pertanian. Dengan integrasi teknologi ini, pertanian masa depan akan menjadi semakin cerdas dan efisien, memungkinkan petani untuk menghasilkan lebih banyak dengan sumber daya yang lebih sedikit, sambil tetap menjaga keberlanjutan lingkungan.

1.5 Tantangan dan Peluang

Industri pertanian mengalami transformasi yang signifikan dengan adanya penerapan sistem informasi dan inovasi digital, yang dikenal sebagai smart farming. Smart farming merupakan konsep yang mengintegrasikan teknologi digital dalam semua aspek produksi

pertanian, dari perencanaan hingga distribusi hasil panen. Dengan memanfaatkan teknologi seperti Internet of Things (IoT), big data, kecerdasan buatan (AI), drone, dan sistem informasi geografis (GIS), industri pertanian dapat meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan. Namun, meskipun terdapat banyak peluang yang ditawarkan oleh inovasi digital ini, terdapat juga berbagai tantangan yang harus dihadapi agar potensi tersebut dapat direalisasikan secara optimal.

Salah satu tantangan utama dalam penerapan sistem informasi dan inovasi digital di industri smart farming adalah **keterbatasan akses terhadap teknologi di daerah pedesaan**. Di banyak negara, terutama di daerah terpencil, petani sering kali tidak memiliki akses ke internet yang memadai atau perangkat teknologi canggih. Hal ini membatasi kemampuan mereka untuk memanfaatkan sistem informasi yang berbasis digital. Keterbatasan infrastruktur digital ini mengakibatkan adanya kesenjangan digital antara petani di daerah perkotaan yang lebih maju dengan petani di daerah pedesaan yang tertinggal. Untuk mengatasi tantangan ini, perlu adanya investasi dari pemerintah dan sektor swasta dalam membangun infrastruktur digital di daerah pedesaan, termasuk akses internet yang lebih baik dan penyediaan perangkat teknologi yang terjangkau bagi petani.

Tantangan lainnya adalah **kurangnya literasi digital** di kalangan petani. Banyak petani, terutama yang lebih tua, mungkin belum terbiasa dengan teknologi digital dan sistem informasi pertanian. Mereka mungkin merasa kesulitan untuk memahami cara kerja perangkat dan aplikasi baru yang diperkenalkan. Ketidapahaman ini dapat mengakibatkan resistensi terhadap adopsi teknologi baru. Oleh karena itu, penting untuk mengadakan program pelatihan dan penyuluhan yang dirancang khusus untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan digital petani. Dengan memberikan pelatihan yang memadai, petani akan lebih siap untuk mengadopsi inovasi digital dan memanfaatkan potensi yang ditawarkan oleh teknologi dalam meningkatkan hasil pertanian mereka.

Selain itu, **biaya awal untuk mengadopsi teknologi** juga merupakan tantangan yang signifikan bagi banyak petani, terutama petani kecil dengan sumber daya terbatas. Meskipun teknologi seperti

sensor IoT, drone, dan perangkat lunak pertanian dapat memberikan keuntungan yang signifikan dalam hal efisiensi dan produktivitas, biaya awal untuk investasi dalam perangkat keras dan perangkat lunak ini seringkali menjadi penghalang. Untuk mengatasi masalah ini, pemerintah dapat memberikan insentif atau subsidi untuk membantu petani kecil dalam mengadopsi teknologi baru. Selain itu, pengembangan model bisnis seperti **pertanian berbasis layanan (Agriculture as a Service)** dapat menjadi solusi yang menarik, di mana petani dapat menyewa atau mengakses teknologi tanpa harus melakukan investasi besar di awal.

Di samping tantangan-tantangan tersebut, ada pula sejumlah **peluang besar** yang dapat dimanfaatkan oleh industri smart farming melalui sistem informasi dan inovasi digital. Salah satu peluang terbesar adalah peningkatan **efisiensi produksi**. Dengan menggunakan teknologi digital, petani dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti air, pupuk, dan pestisida. Misalnya, dengan sistem irigasi pintar yang terhubung dengan sensor tanah, petani dapat mengontrol penggunaan air secara lebih efisien berdasarkan kebutuhan tanaman. Ini tidak hanya menghemat biaya, tetapi juga berkontribusi terhadap pelestarian sumber daya air, yang semakin penting dalam menghadapi tantangan perubahan iklim.

Peluang lainnya adalah peningkatan **akses pasar** bagi petani. Dengan memanfaatkan platform digital, petani kecil dapat menjangkau konsumen secara langsung tanpa harus bergantung pada perantara. Hal ini memungkinkan petani untuk mendapatkan harga yang lebih baik untuk produk mereka dan meningkatkan pendapatan mereka. Inovasi seperti e-commerce dalam pertanian memungkinkan petani untuk memasarkan produk mereka secara online, menjangkau pelanggan di luar wilayah lokal mereka. Dengan cara ini, sistem informasi dapat membantu menghubungkan petani dengan pasar yang lebih luas, sehingga membuka peluang baru bagi mereka untuk mengembangkan bisnis pertanian mereka.

Inovasi digital juga memungkinkan pengumpulan dan analisis **data yang lebih baik**. Data yang dihasilkan dari berbagai sumber, termasuk sensor, drone, dan aplikasi mobile, dapat memberikan wawasan yang berharga bagi petani dalam pengambilan keputusan.

Dengan menganalisis data tersebut, petani dapat memahami pola pertumbuhan tanaman, kondisi tanah, dan faktor-faktor lingkungan lainnya yang mempengaruhi hasil pertanian. Misalnya, melalui analisis big data, petani dapat memprediksi hasil panen dengan lebih akurat, merencanakan rotasi tanaman yang lebih baik, dan mengidentifikasi risiko potensial yang dapat memengaruhi produktivitas. Hal ini akan membantu petani untuk mengambil keputusan yang lebih tepat waktu dan berbasis bukti, yang pada gilirannya dapat meningkatkan hasil pertanian secara keseluruhan.

Selanjutnya, **kolaborasi dan kemitraan** antara petani, peneliti, dan penyedia teknologi juga menjadi peluang yang signifikan dalam mengembangkan sistem informasi dan inovasi digital dalam smart farming. Kolaborasi ini dapat mendorong pertukaran pengetahuan dan pengalaman antara berbagai pihak, sehingga mempercepat proses inovasi dan adopsi teknologi baru. Misalnya, program kemitraan antara universitas, lembaga penelitian, dan petani dapat menghasilkan solusi yang lebih relevan dan efektif untuk tantangan yang dihadapi petani di lapangan. Selain itu, penyedia teknologi juga dapat mendapatkan umpan balik dari petani mengenai produk dan layanan mereka, sehingga dapat meningkatkan kualitas dan kebermanfaatan teknologi yang ditawarkan.

Dalam konteks keberlanjutan, inovasi digital dalam smart farming juga memberikan peluang untuk mengembangkan praktik pertanian yang lebih berkelanjutan. Teknologi seperti precision agriculture memungkinkan petani untuk menerapkan input pertanian secara lebih efisien dan terarah, mengurangi limbah dan dampak negatif terhadap lingkungan. Dengan menggunakan sensor dan data analitik, petani dapat mengoptimalkan penggunaan pupuk dan pestisida, mengurangi risiko pencemaran tanah dan air, serta menjaga keanekaragaman hayati. Dalam jangka panjang, praktik pertanian yang lebih berkelanjutan akan membantu menjaga kesehatan ekosistem dan menjamin ketersediaan sumber daya untuk generasi mendatang.

Salah satu peluang besar yang muncul seiring dengan perkembangan sistem informasi dan inovasi digital dalam industri smart farming adalah peningkatan **keterhubungan global**. Dengan adanya teknologi komunikasi yang semakin canggih, petani di seluruh

dunia dapat terhubung dan berbagi informasi secara real-time. Ini menciptakan komunitas pertanian global yang saling mendukung dan berbagi pengetahuan. Misalnya, petani dapat saling berbagi pengalaman tentang praktik terbaik, metode pertanian berkelanjutan, dan strategi pemasaran. Keterhubungan ini juga dapat mendorong inovasi, karena ide-ide baru dapat muncul dari kolaborasi lintas negara dan budaya.

Meskipun terdapat banyak peluang yang ditawarkan oleh sistem informasi dan inovasi digital dalam smart farming, tantangan yang ada juga perlu diatasi dengan serius. Salah satu pendekatan yang dapat diambil adalah dengan meningkatkan **kesadaran dan pendidikan** tentang pentingnya teknologi digital dalam pertanian. Pemerintah, lembaga penelitian, dan organisasi non-pemerintah dapat bekerja sama untuk menyelenggarakan program sosialisasi yang menjelaskan manfaat teknologi digital bagi petani. Dengan meningkatkan kesadaran, diharapkan lebih banyak petani yang mau untuk berinvestasi dalam teknologi dan sistem informasi yang dapat membantu mereka meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan.

Selain itu, **regulasi dan kebijakan** juga memainkan peran penting dalam mendukung adopsi sistem informasi dan inovasi digital dalam industri smart farming. Pemerintah perlu menciptakan kebijakan yang mendukung pengembangan dan penggunaan teknologi pertanian, termasuk insentif untuk penelitian dan pengembangan, serta dukungan bagi petani dalam mengakses teknologi. Kebijakan yang mendorong investasi dalam infrastruktur digital di pedesaan juga sangat penting untuk memastikan bahwa semua petani, terlepas dari lokasi atau ukuran usaha mereka, memiliki akses yang sama terhadap teknologi.

Di samping itu, pengembangan **ekosistem inovasi** yang mendukung kolaborasi antara berbagai pemangku kepentingan dalam industri pertanian juga sangat penting. Dalam ekosistem ini, perusahaan teknologi, lembaga penelitian, dan petani dapat bekerja sama untuk mengidentifikasi tantangan dan mencari solusi yang tepat. Misalnya, startup yang fokus pada teknologi pertanian dapat berkolaborasi dengan universitas untuk melakukan penelitian dan pengembangan produk baru yang dapat memenuhi kebutuhan petani. Kolaborasi semacam ini tidak hanya akan mempercepat inovasi, tetapi juga

memastikan bahwa teknologi yang dikembangkan benar-benar relevan dan bermanfaat bagi petani.

Secara keseluruhan, tantangan dan peluang sistem informasi dan inovasi digital dalam industri smart farming saling terkait dan perlu ditangani secara komprehensif. Dengan mengatasi tantangan-tantangan yang ada dan memanfaatkan peluang yang ditawarkan oleh teknologi digital, industri pertanian dapat bergerak menuju masa depan yang lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan. Petani yang mampu mengadopsi teknologi digital dan sistem informasi dengan baik akan memiliki keunggulan kompetitif dalam menghadapi tantangan global, serta dapat berkontribusi pada ketahanan pangan dan keberlanjutan lingkungan. Dalam era transformasi digital ini, penting bagi semua pemangku kepentingan untuk berkolaborasi dan saling mendukung dalam menciptakan ekosistem pertanian yang inovatif dan berkelanjutan.

Bab 2

DASAR-DASAR SISTEM INFORMASI DALAM PERTANIAN

Sektor pertanian memainkan peran vital dalam mendukung ketahanan pangan, ekonomi nasional, serta kesejahteraan masyarakat, terutama di negara-negara berkembang. Namun, industri pertanian saat ini menghadapi berbagai tantangan yang semakin kompleks, seperti perubahan iklim, fluktuasi harga pasar, penurunan kualitas tanah, serta ancaman dari hama dan penyakit tanaman. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan pendekatan yang lebih modern dan berbasis teknologi.

Kemajuan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) membuka peluang baru bagi sektor pertanian untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan. Dengan memanfaatkan sistem informasi yang berbasis data, petani dan pemangku kepentingan dapat membuat keputusan yang lebih baik dan tepat waktu, mulai dari penentuan waktu tanam hingga distribusi hasil panen. Sistem informasi dalam pertanian juga memungkinkan pemantauan yang lebih akurat terhadap kondisi cuaca, lahan, dan tanaman, serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti air dan pupuk.

Sistem informasi dalam pertanian (SIP) tidak hanya berguna dalam proses produksi, tetapi juga memberikan manfaat dalam pengelolaan risiko, pemasaran, dan pengendalian pasokan hasil pertanian. Dengan data yang tepat dan analisis yang mendalam, pemerintah dan lembaga terkait juga dapat merumuskan kebijakan yang lebih efektif untuk mendukung ketahanan pangan nasional dan mengatasi ketidakpastian global dalam perdagangan pertanian.

Dalam konteks transformasi digital global, sistem informasi telah menjadi kebutuhan mendesak bagi sektor pertanian. Petani yang

terhubung dengan sistem informasi yang baik dapat meningkatkan daya saing mereka, baik di tingkat lokal maupun internasional. Oleh karena itu, pemahaman tentang dasar-dasar sistem informasi dalam pertanian sangat penting bagi para pemangku kepentingan untuk mengoptimalkan manfaat teknologi dan menjawab tantangan yang ada. Budi, S. (2017).

2.1 Pengertian Sistem Informasi dalam Pertanian

Sistem informasi dalam pertanian adalah rangkaian komponen yang melibatkan pengumpulan, pengolahan, penyimpanan, dan distribusi informasi yang digunakan untuk mendukung berbagai kegiatan dalam sektor pertanian. Sistem ini memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) untuk mengelola data yang relevan dengan aktivitas pertanian, seperti kondisi lahan, cuaca, irigasi, hasil panen, serta tren pasar dan harga komoditas. Tujuannya adalah untuk memberikan informasi yang akurat dan tepat waktu guna mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik oleh petani, pemerintah, dan pemangku kepentingan lainnya.

Handoko, Y. D. (2018) Sistem informasi dalam pertanian dirancang untuk mengatasi berbagai tantangan yang dihadapi sektor pertanian, termasuk keterbatasan sumber daya, risiko iklim, serangan hama, dan fluktuasi harga pasar. Dengan adanya sistem informasi, petani dapat melakukan perencanaan produksi yang lebih efisien, seperti menentukan waktu tanam yang tepat berdasarkan prakiraan cuaca, mengelola irigasi secara efektif, serta memantau kesehatan tanaman secara real-time. Sistem ini tidak hanya berfokus pada aspek produksi saja, tetapi juga mencakup distribusi, pemasaran, dan rantai pasok hasil pertanian. Data yang dikumpulkan dari berbagai sumber dapat diolah untuk menghasilkan informasi yang bermanfaat dalam mengoptimalkan rantai pasokan, menjaga kualitas hasil pertanian, dan memastikan produk sampai ke pasar dengan efisien.

Komponen utama dalam sistem informasi pertanian meliputi:

1. Data: Informasi yang dikumpulkan dari berbagai sumber, seperti sensor cuaca, citra satelit, survei lapangan, dan laporan pasar.
2. Teknologi: Alat dan infrastruktur yang digunakan untuk mengumpulkan, mengolah, dan menyebarkan informasi,

termasuk perangkat keras seperti sensor IoT, drone, serta perangkat lunak analitik.

3. Pengguna: Individu atau kelompok yang memanfaatkan sistem ini, termasuk petani, peneliti, pemerintah, dan distributor hasil pertanian.

Melalui sistem informasi yang baik, pertanian dapat beralih dari pendekatan tradisional ke pendekatan pertanian presisi, di mana keputusan didasarkan pada data yang tepat dan real-time. Sistem ini juga memungkinkan integrasi dengan teknologi canggih seperti Internet of Things (IoT), Geographic Information System (GIS), Artificial Intelligence (AI), dan Big Data untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam setiap tahap produksi dan distribusi.

Dengan demikian, sistem informasi dalam pertanian menjadi kunci dalam meningkatkan produktivitas, efisiensi penggunaan sumber daya, serta keberlanjutan lingkungan di era digital, yang pada akhirnya meningkatkan kesejahteraan petani dan mendukung ketahanan pangan.

2.2 Perkembangan Sistem Informasi di Bidang Pertanian

Perkembangan sistem informasi di bidang pertanian telah mengalami kemajuan pesat seiring dengan meningkatnya adopsi teknologi digital di seluruh dunia. Sistem informasi yang awalnya bersifat manual dan terbatas kini berkembang menjadi sistem terintegrasi yang memanfaatkan teknologi canggih seperti Geographic Information System (GIS), dan big data. Perkembangan ini didorong oleh kebutuhan untuk mengatasi berbagai tantangan dalam pertanian modern, seperti peningkatan permintaan pangan global, perubahan iklim, dan keterbatasan sumber daya alam.

Berikut adalah perkembangan penting dalam sistem informasi pertanian:

1. Awal Mula Penggunaan Data dalam Pertanian

Pada tahap awal, penggunaan sistem informasi dalam pertanian bersifat sederhana dan manual. Petani mengandalkan pengalaman pribadi dan data historis yang dikumpulkan secara tradisional untuk membuat keputusan. Informasi yang digunakan berkisar pada catatan hasil panen, pola cuaca, dan kondisi tanah yang dicatat secara manual.

Data ini tidak selalu akurat dan seringkali hanya memberikan gambaran umum tentang kondisi pertanian. Namun, seiring dengan kemajuan teknologi komputer dan komunikasi, mulailah diterapkan sistem manajemen informasi yang lebih formal untuk mengelola catatan pertanian. Sistem ini memungkinkan pengumpulan data yang lebih terorganisir dan sistematis.

2. Implementasi Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK)

Pada akhir abad ke-20, penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) mulai diperkenalkan dalam pertanian. Teknologi ini memfasilitasi pengumpulan dan penyebaran informasi melalui perangkat elektronik seperti komputer dan telepon genggam. Sistem basis data digunakan untuk menyimpan informasi yang berkaitan dengan produksi pertanian, kondisi pasar, dan distribusi hasil panen. Penggunaan perangkat lunak yang membantu dalam pemodelan hasil panen, manajemen sumber daya, serta prediksi cuaca semakin berkembang. Hal ini memberikan kemampuan bagi petani dan pengelola pertanian untuk menganalisis data secara lebih akurat, membantu perencanaan produksi, dan mengelola logistik.

3. Kemunculan Pertanian Presisi

Seiring dengan adopsi Global Positioning System (GPS) dan teknologi Geographic Information System (GIS), konsep pertanian presisi mulai berkembang pada tahun 1990-an. Pertanian presisi memungkinkan petani untuk memantau dan mengelola lahan secara lebih detail dengan menggunakan data spasial yang akurat. Teknologi ini memungkinkan penggunaan sumber daya yang lebih efisien, seperti air, pupuk, dan pestisida, berdasarkan kondisi spesifik di setiap bagian lahan. GPS memungkinkan penentuan lokasi yang tepat di lapangan, sedangkan GIS memfasilitasi analisis geografis yang membantu pemetaan lahan, pemantauan hasil tanaman, dan analisis kondisi lingkungan. Dengan adanya teknologi ini, petani dapat mengoptimalkan input pertanian dan meminimalkan kerugian.

4. Penggunaan Drone dan Citra Satelit

Penggunaan drone dan citra satelit telah membawa revolusi dalam pemantauan lahan dan tanaman secara cepat dan efisien. Drone dilengkapi dengan kamera dan sensor yang dapat memberikan gambar dan data secara real-time mengenai kesehatan tanaman, distribusi air,

dan kondisi tanah di seluruh lahan pertanian. Citra satelit juga digunakan untuk memantau perubahan cuaca dan pertumbuhan tanaman dalam skala besar. Dengan teknologi ini, petani dapat mendeteksi area yang membutuhkan perhatian khusus, seperti kekurangan nutrisi atau serangan hama, dan mengambil tindakan yang lebih tepat waktu. Hal ini tidak hanya meningkatkan hasil panen, tetapi juga mengurangi biaya produksi dan kerusakan lingkungan akibat penggunaan sumber daya yang berlebihan.

5. Blockchain dalam Pertanian

Inovasi terbaru dalam sistem informasi pertanian adalah penerapan teknologi blockchain, terutama dalam aspek rantai pasokan dan transparansi produk. Blockchain memungkinkan pelacakan asal-usul produk pertanian dari lahan hingga konsumen akhir. Teknologi ini memberikan transparansi penuh tentang proses produksi, penanganan, dan distribusi, sehingga membantu dalam meningkatkan kepercayaan konsumen dan nilai tambah produk pertanian. Teknologi ini sangat bermanfaat dalam perdagangan internasional di mana keaslian dan kualitas produk seringkali menjadi isu penting. Dengan blockchain, setiap tahap proses dapat dicatat dan diverifikasi, menciptakan rantai pasokan yang lebih efisien dan aman.

6. Aplikasi Mobile dan Platform Digital

Peningkatan penggunaan smartphone dan internet telah mendorong perkembangan aplikasi mobile dan platform digital untuk pertanian. Petani sekarang dapat mengakses informasi cuaca, harga pasar, dan rekomendasi teknis langsung dari aplikasi seluler. Platform digital juga memungkinkan komunikasi yang lebih baik antara petani, distributor, dan konsumen. Aplikasi ini tidak hanya membantu dalam manajemen lahan, tetapi juga dalam perdagangan hasil pertanian. Melalui platform digital, petani dapat menjual produk langsung ke konsumen atau distributor, menghilangkan perantara dan meningkatkan pendapatan.

2.3 Komponen Utama Sistem Informasi Pertanian

Harijani, S. R. & Sudarsono, B. (2020). Sistem informasi dalam pertanian (SIP) terdiri dari berbagai komponen yang saling berinteraksi untuk mengumpulkan, mengelola, dan menyebarkan informasi yang

mendukung keputusan di sektor pertanian. Setiap komponen berperan penting dalam memastikan informasi yang dihasilkan akurat, tepat waktu, dan relevan bagi petani serta pemangku kepentingan lainnya. Berikut adalah komponen utama dari sistem informasi pertanian:

1. Data

Data merupakan inti dari setiap sistem informasi pertanian. Tanpa data yang akurat dan relevan, keputusan yang diambil bisa tidak tepat dan merugikan proses pertanian. Data yang digunakan dalam sistem informasi pertanian dapat dikategorikan sebagai berikut:

- Data Cuaca: Informasi tentang suhu, curah hujan, kelembaban, dan angin yang sangat penting dalam menentukan waktu tanam, irigasi, dan panen.
- Data Tanah: Informasi terkait tekstur tanah, kandungan nutrisi, tingkat kelembaban, dan kualitas tanah untuk memastikan tanaman dapat tumbuh dengan baik.
- Data Tanaman: Informasi tentang jenis tanaman, fase pertumbuhan, kebutuhan nutrisi, dan kemungkinan penyakit atau serangan hama.
- Data Pasar: Harga komoditas pertanian, tren permintaan, dan kondisi pasar yang memengaruhi keputusan penjualan dan distribusi hasil pertanian.
- Data Sosial-Ekonomi: Profil petani, sumber daya yang tersedia, teknologi yang digunakan, serta pola produksi dan konsumsi di wilayah tertentu.

2. Teknologi Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan data yang dibutuhkan, sistem informasi pertanian memerlukan berbagai teknologi pengumpulan data. Teknologi ini digunakan untuk memantau kondisi lahan, cuaca, tanaman, dan faktor-faktor lain yang memengaruhi produksi pertanian. Teknologi yang biasa digunakan antara lain:

- Drone: Digunakan untuk survei udara, pemantauan kesehatan tanaman, dan pemetaan lahan dengan menggunakan kamera beresolusi tinggi atau sensor multi-spektal.
- Citra Satelit: Memantau perubahan dalam vegetasi, kelembaban tanah, dan kondisi cuaca dari luar angkasa.

- Perangkat Mobile: Petani dapat menggunakan aplikasi pada ponsel pintar untuk mengumpulkan data secara manual atau otomatis terkait hasil panen, penggunaan pupuk, serta pengendalian hama dan penyakit.

3. Pengolahan dan Analisis Data

Data mentah yang dikumpulkan perlu diolah dan dianalisis agar dapat digunakan dalam pengambilan keputusan. Komponen ini mencakup berbagai teknologi dan metode analisis data yang memproses data menjadi informasi yang bermanfaat. Beberapa teknologi yang digunakan dalam pengolahan data antara lain:

- Big Data Analytics: Mampu mengelola volume data yang besar dari berbagai sumber, memberikan wawasan tentang pola cuaca, tren pasar, dan potensi hasil panen.
- Geographic Information System (GIS): Teknologi ini memungkinkan visualisasi data spasial, seperti distribusi kelembaban tanah atau pemetaan kondisi lahan yang membantu dalam pengelolaan pertanian presisi.

4. Penyimpanan Data

Penyimpanan data adalah aspek kritis dalam sistem informasi pertanian. Data yang dikumpulkan perlu disimpan dengan aman dan dapat diakses kembali ketika diperlukan. Ada dua jenis penyimpanan data yang sering digunakan:

- Penyimpanan Lokal: Data disimpan di perangkat keras lokal seperti komputer atau server yang terletak di dekat area pertanian.
- Penyimpanan Cloud: Penyimpanan data di server online memungkinkan aksesibilitas data dari mana saja, kapan saja, serta mendukung kolaborasi antara petani dan pemangku kepentingan lainnya. Cloud storage juga mendukung keamanan data dan backup otomatis.

5. Penyebaran Informasi

Setelah data diolah menjadi informasi yang bermanfaat, informasi tersebut harus didistribusikan kepada pengguna yang memerlukannya, seperti petani, penyuluh pertanian, dan pemerintah. Teknologi yang digunakan dalam penyebaran informasi meliputi:

- Aplikasi Mobile: Petani dapat menerima informasi cuaca, rekomendasi pertanian, dan tren pasar melalui aplikasi ponsel pintar. Aplikasi ini juga memungkinkan petani untuk melaporkan hasil panen atau mendapatkan nasihat pertanian dari para ahli.
- Platform Web: Situs web yang menyediakan data dan analisis untuk membantu petani dan pemangku kepentingan dalam perencanaan dan pengambilan keputusan.
- Sistem Peringatan Dini: Memberikan informasi terkait ancaman cuaca ekstrem, serangan hama, atau penyakit tanaman yang berpotensi merugikan produksi.

6. Pengguna Sistem

Komponen kunci dari sistem informasi pertanian adalah pengguna yang memanfaatkan informasi tersebut untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi. Pengguna ini bisa terdiri dari berbagai kelompok, seperti:

- Petani: Pengguna utama yang memanfaatkan informasi untuk pengambilan keputusan terkait pengelolaan lahan, waktu tanam, irigasi, dan penggunaan pupuk serta pestisida.
- Penyuluh Pertanian: Memanfaatkan informasi untuk memberikan bimbingan dan nasihat kepada petani tentang praktik pertanian terbaik.
- Pemerintah dan Lembaga Swasta: Memerlukan data untuk perencanaan kebijakan, distribusi bantuan, dan memantau ketahanan pangan serta ekonomi di sektor pertanian.
- Peneliti dan Akademisi: Menggunakan data untuk penelitian dan pengembangan inovasi baru dalam teknologi pertanian serta studi lebih lanjut tentang efektivitas praktik pertanian.

7. Infrastruktur Teknologi Informasi

Infrastruktur teknologi yang diperlukan untuk mendukung sistem informasi pertanian termasuk perangkat keras, perangkat lunak, jaringan, dan basis data. Beberapa elemen penting dari infrastruktur ini meliputi:

- Perangkat Keras: Komputer, server, sensor, drone, dan perangkat mobile yang digunakan untuk mengumpulkan, memproses, dan menyimpan data.

- Jaringan Komunikasi: Sistem informasi membutuhkan konektivitas internet atau jaringan lokal yang memungkinkan transfer data antara pengguna, server, dan perangkat pengumpulan data di lapangan.
- Perangkat Lunak: Program yang digunakan untuk mengolah data, seperti perangkat lunak GIS, dan aplikasi analitik pertanian.

2.4 Penyimpanan dan Pengelolaan Informasi

Penyimpanan dan pengelolaan informasi merupakan komponen kunci dalam sistem informasi pertanian, yang berfungsi untuk memastikan data yang dikumpulkan dari berbagai sumber dapat diolah dan disimpan dengan aman, mudah diakses, serta dapat digunakan dalam pengambilan keputusan. Sistem ini harus dirancang untuk menangani volume data yang besar dan beragam, yang meliputi informasi tentang cuaca, kondisi tanah, tanaman, hasil panen, pasar, dan lain-lain.

Berikut adalah penjelasan mengenai penyimpanan dan pengelolaan informasi dalam sistem informasi pertanian:

1. Penyimpanan Informasi

Penyimpanan informasi dalam pertanian mencakup pengarsipan data yang dikumpulkan agar dapat digunakan kembali untuk analisis dan pengambilan keputusan di masa depan. Beberapa metode penyimpanan informasi yang umum digunakan adalah:

a. Penyimpanan Lokal

- Perangkat Keras: Data disimpan secara fisik di perangkat seperti komputer, server, atau perangkat penyimpanan eksternal di lokasi pertanian. Penyimpanan ini memberikan kontrol penuh kepada pemilik data dan tidak bergantung pada koneksi internet.
- Keamanan dan Keterbatasan: Meski data dapat diakses kapan saja tanpa memerlukan internet, penyimpanan lokal memiliki keterbatasan dalam hal kapasitas dan dapat berisiko mengalami kehilangan data akibat kerusakan perangkat atau serangan virus jika tidak dilengkapi dengan backup yang memadai.

b. Penyimpanan Cloud

- Cloud Storage: Teknologi cloud memungkinkan penyimpanan data secara online di server yang dikelola oleh penyedia layanan cloud seperti Google Cloud, Amazon Web Services (AWS), atau Microsoft Azure. Data yang disimpan di cloud dapat diakses dari mana saja dan kapan saja selama ada koneksi internet.
- Keunggulan: Penyimpanan cloud menawarkan skalabilitas tinggi, artinya kapasitas penyimpanan dapat ditingkatkan sesuai kebutuhan tanpa memerlukan infrastruktur perangkat keras tambahan. Selain itu, keamanan data di cloud biasanya dilengkapi dengan enkripsi dan backup otomatis.
- Kolaborasi: Cloud memungkinkan kolaborasi lebih baik antara berbagai pemangku kepentingan, seperti petani, pemerintah, dan penyuluh pertanian. Mereka dapat mengakses data yang sama secara bersamaan dan real-time, yang memudahkan dalam pengambilan keputusan bersama.

c. Basis Data Terdistribusi

- Blockchain: Dalam beberapa kasus, teknologi blockchain digunakan untuk penyimpanan data terdistribusi yang aman, terutama dalam rantai pasok pertanian. Blockchain menciptakan catatan yang tidak dapat diubah (immutable) dan memungkinkan pelacakan asal-usul produk pertanian secara transparan dari petani hingga konsumen akhir.
- Keuntungan: Teknologi ini meningkatkan transparansi dan keamanan data, terutama dalam perdagangan internasional dan pengelolaan rantai pasok yang kompleks.

2. Pengelolaan Informasi

Pengelolaan informasi adalah proses yang mencakup pengumpulan, penyimpanan, pemrosesan, analisis, dan distribusi data secara efisien. Sistem pengelolaan yang baik memungkinkan informasi diubah menjadi pengetahuan yang dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik.

Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berasal dari berbagai sumber seperti sensor IoT, drone, citra satelit, laporan lapangan, atau input

manual dari petani. Pengelolaan data dimulai dari memastikan bahwa data yang dikumpulkan:

- Akurat: Data harus mencerminkan kondisi nyata dan diperoleh dari sumber yang dapat dipercaya.
- Real-Time: Pengelolaan informasi yang efektif membutuhkan data yang terkini agar keputusan dapat diambil berdasarkan kondisi saat ini, seperti dalam pemantauan cuaca atau serangan hama.
- Beragam: Data dari berbagai sumber, seperti cuaca, kondisi tanah, dan pasar, digabungkan untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap dan mendalam.

a. Pemrosesan dan Analisis Data

Setelah data dikumpulkan, langkah berikutnya adalah memproses dan menganalisis data tersebut agar dapat digunakan dalam pengambilan keputusan. Beberapa teknologi utama yang digunakan dalam pemrosesan dan analisis data meliputi:

- Big Data Analytics: Teknologi ini memungkinkan pengolahan sejumlah besar data dalam waktu singkat, memberikan wawasan tentang tren, pola, dan anomali yang relevan dengan pertanian.
- Geographic Information System (GIS): GIS digunakan untuk menganalisis data spasial terkait lahan pertanian. Dengan teknologi ini, petani dapat memetakan lahan mereka, memantau kesehatan tanaman, dan menentukan alokasi sumber daya yang optimal.
- Artificial Intelligence (AI) dan Machine Learning (ML): AI dan ML digunakan untuk menganalisis data dan memberikan rekomendasi yang didasarkan pada pola historis dan prediksi masa depan. Misalnya, AI dapat memprediksi waktu terbaik untuk menanam berdasarkan pola cuaca dan kondisi tanah sebelumnya.

b. Pengintegrasian Data

Data yang dikumpulkan dari berbagai sumber dan teknologi perlu diintegrasikan untuk memberikan gambaran yang holistik. Sistem integrasi ini memastikan bahwa semua informasi dari sensor, citra satelit, aplikasi mobile, dan sumber lainnya dapat

dipadukan dan dianalisis bersama untuk menghasilkan keputusan yang lebih baik.

c. Keamanan Data

Keamanan data adalah komponen penting dalam pengelolaan informasi. Data pertanian yang sensitif, seperti strategi produksi, data cuaca, dan prediksi pasar, harus dilindungi dari pencurian atau penyalahgunaan. Beberapa langkah keamanan yang umumnya digunakan adalah:

- Enkripsi Data: Semua data yang disimpan dan ditransfer harus dienkripsi untuk melindungi dari akses tidak sah.
- Autentikasi dan Kontrol Akses: Hanya pengguna yang berwenang yang dapat mengakses informasi sensitif. Sistem autentikasi, seperti password dan verifikasi dua langkah, membantu melindungi data.
- Backup Data: Backup rutin dilakukan untuk mencegah hilangnya data akibat kerusakan sistem atau bencana alam.

3. Penyebaran Informasi

Setelah data diproses dan dianalisis, langkah selanjutnya adalah mendistribusikan informasi kepada pemangku kepentingan. Penyebaran informasi ini bisa dilakukan melalui berbagai cara:

- Aplikasi Mobile: Petani dapat mengakses informasi pertanian terkait cuaca, kondisi tanah, dan pasar melalui aplikasi ponsel pintar. Aplikasi ini memberikan kemudahan akses dan juga memungkinkan komunikasi dua arah antara petani dan penyuluh pertanian.
- Sistem Peringatan Dini: Memberikan peringatan terkait perubahan cuaca ekstrem, serangan hama, atau penyakit tanaman yang dapat memengaruhi produksi pertanian. Informasi ini memungkinkan petani mengambil langkah mitigasi lebih awal.
- Platform Web dan Dashboard: Sistem informasi sering kali menyediakan antarmuka web atau dashboard yang menampilkan data analitik dan laporan secara visual untuk memudahkan interpretasi oleh petani dan manajer pertanian.
- SMS dan Media Sosial: Di daerah yang minim akses internet, informasi juga dapat disebarakan melalui pesan singkat (SMS)

atau media sosial untuk memberikan update kepada petani tentang kondisi pasar atau peringatan cuaca.

4. Pemantauan dan Pemeliharaan Sistem

Pemantauan dan pemeliharaan sistem sangat penting untuk menjaga kinerja optimal dari sistem informasi pertanian. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam pemantauan sistem meliputi:

- Pemeliharaan Perangkat Keras: Sensor, drone, dan perangkat lainnya perlu dirawat agar tetap berfungsi dengan baik.
- Pembaruan Perangkat Lunak: Sistem perangkat lunak yang digunakan dalam pengelolaan dan penyimpanan data harus selalu diperbarui untuk menjaga keamanan dan meningkatkan efisiensi.
- Pemantauan Keandalan Sistem: Sistem harus dipantau secara terus-menerus untuk mendeteksi gangguan atau kegagalan yang dapat memengaruhi akses data atau keputusan pertanian.

Bab 3

TEKNOLOGI IOT DALAM PERTANIAN CERDAS

3.1 Pendahuluan

Internet of Things (IoT) merupakan jaringan perangkat fisik yang saling terhubung melalui internet dan mampu mengumpulkan serta bertukar data secara otomatis. Setiap perangkat memiliki sensor yang terpasang untuk mengumpulkan informasi dari lingkungan sekitarnya, seperti suhu, kelembaban, cahaya, dan lain-lain. Melalui koneksi ini, perangkat dapat berkomunikasi satu sama lain tanpa campur tangan manusia, menciptakan ekosistem pintar yang lebih efisien. Konsep IoT mulai diterapkan di berbagai sektor, mulai dari industri, kesehatan, hingga pertanian. Dalam dunia pertanian, IoT memberikan solusi untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi proses pertanian. Dengan sensor yang dapat mendeteksi kondisi lingkungan, petani dapat mengambil keputusan yang lebih tepat berdasarkan data real-time, sehingga hasil panen bisa ditingkatkan dan biaya operasional bisa ditekan.

Pertanian cerdas (smart farming) adalah pendekatan modern dalam bidang pertanian yang memanfaatkan teknologi informasi, termasuk IoT, untuk mengoptimalkan seluruh proses pertanian. Pertanian cerdas bertujuan untuk memberikan solusi berkelanjutan yang mendukung pertumbuhan produksi pangan, mengurangi dampak lingkungan, serta meningkatkan kesejahteraan petani. Pada konsep pertanian cerdas, sensor IoT dipasang di berbagai titik di lahan pertanian untuk mengumpulkan data terkait kondisi tanah, tanaman, serta lingkungan sekitar. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk memberikan rekomendasi tindakan yang optimal, seperti kapan

waktu yang tepat untuk menyiram tanaman atau memberi pupuk. Dengan begitu, penggunaan sumber daya seperti air dan pupuk menjadi lebih efisien.

Perangkat IoT dalam pertanian cerdas juga membantu dalam pengawasan tanaman secara otomatis. Sensor yang terhubung dapat mendeteksi gejala penyakit atau hama pada tanaman lebih dini, sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan lebih cepat. Ini membantu mengurangi kerugian akibat serangan hama dan penyakit yang seringkali baru diketahui ketika kerusakan sudah meluas. Dalam hal irigasi, teknologi IoT memungkinkan pengelolaan air yang lebih cerdas. Sistem irigasi berbasis IoT dapat diatur untuk beroperasi secara otomatis berdasarkan kebutuhan tanaman yang terdeteksi oleh sensor kelembaban tanah. Ini tidak hanya membantu dalam menghemat air, tetapi juga mencegah tanaman mengalami kekurangan atau kelebihan air (Atzori et al., 2010).

Sistem IoT juga memainkan peran penting dalam pemantauan cuaca, yang sangat berpengaruh pada pertanian. Sensor cuaca yang terhubung dengan sistem IoT dapat memberikan informasi prediksi cuaca yang lebih akurat dan real-time. Dengan data tersebut, petani dapat merencanakan kegiatan pertanian, seperti penanaman dan panen, dengan lebih baik. Selain memantau tanaman, teknologi IoT juga dapat digunakan untuk memantau kondisi ternak. Dalam peternakan cerdas, sensor yang dipasang pada hewan ternak dapat memberikan informasi mengenai kesehatan dan perilaku hewan secara real-time. Hal ini memungkinkan peternak untuk segera mendeteksi adanya masalah kesehatan pada ternak dan memberikan perawatan yang tepat.

Penerapan IoT dalam pertanian juga membantu mengurangi penggunaan pestisida yang berlebihan. Dengan sensor yang mampu mendeteksi hama lebih dini, petani dapat melakukan pengendalian hama secara lebih tepat sasaran, tanpa perlu menyemprotkan pestisida secara menyeluruh. Ini tidak hanya menghemat biaya, tetapi juga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. IoT dalam pertanian memungkinkan adanya otomatisasi berbagai proses, mulai dari penanaman, pemupukan, hingga pemanenan. Mesin-mesin pertanian yang dilengkapi dengan teknologi IoT dapat bekerja secara otomatis berdasarkan data yang diperoleh dari sensor di lapangan. Hal ini

mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia dan meningkatkan efisiensi operasional.

Di sisi lain, sistem berbasis IoT juga memberikan kemudahan dalam pencatatan dan pelaporan hasil pertanian. Data yang terkumpul dari sensor IoT dapat disimpan dan diolah menjadi laporan yang komprehensif, sehingga petani dapat memantau perkembangan lahan mereka dengan lebih baik. Selain itu, laporan ini juga dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut dalam rangka perencanaan ke depan. Modernisasi pertanian melalui IoT tidak hanya bermanfaat bagi petani, tetapi juga bagi konsumen. Dengan sistem IoT, rantai pasokan pertanian menjadi lebih transparan, sehingga konsumen dapat melacak asal-usul produk pangan dengan lebih mudah. Ini membantu meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap produk yang mereka beli (Wolfert et al., 2017).

Selain itu, teknologi IoT juga berkontribusi dalam menjaga ketahanan pangan. Dengan optimalisasi proses pertanian melalui teknologi ini, produktivitas lahan dapat ditingkatkan, sehingga kebutuhan pangan global dapat terpenuhi. Ini menjadi sangat penting di tengah meningkatnya populasi dunia dan perubahan iklim yang memengaruhi hasil pertanian. Pentingnya IoT dalam modernisasi pertanian juga terlihat dari kemampuan teknologi ini dalam membantu petani kecil untuk mengakses informasi dan teknologi yang sebelumnya sulit dijangkau. Dengan penerapan IoT, petani di daerah terpencil pun bisa mendapatkan data real-time tentang kondisi lahan mereka, yang membantu mereka mengambil keputusan yang lebih baik.

Modernisasi pertanian melalui IoT juga membantu mengurangi ketergantungan pada prakiraan yang tidak akurat. Dalam metode pertanian tradisional, petani sering kali bergantung pada pengalaman dan perkiraan pribadi dalam menentukan waktu yang tepat untuk menanam atau panen. Namun, dengan IoT, keputusan dapat didasarkan pada data yang valid dan akurat. Selain itu, penerapan IoT dalam pertanian juga mendorong pengembangan teknologi baru, seperti drone yang dilengkapi dengan sensor IoT untuk memantau lahan dari udara. Teknologi ini memungkinkan pemantauan dalam skala besar dengan lebih cepat dan efisien, yang sebelumnya sulit dilakukan dengan metode konvensional. IoT juga mendukung pertanian berkelanjutan dengan

mempromosikan efisiensi energi. Sistem berbasis IoT memungkinkan penggunaan energi yang lebih cerdas dalam proses pertanian, sehingga emisi karbon bisa ditekan. Hal ini sejalan dengan tujuan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan sambil tetap meningkatkan produksi pangan (Kamilaris et al., 2017).

3.2 Komponen Utama IoT dalam Pertanian Cerdas

Sensor dan perangkat pengumpul data berfungsi sebagai elemen penting dalam Internet of Things (IoT). Sensor ini dirancang untuk mengumpulkan data dari lingkungan sekitar, seperti suhu, kelembaban, tekanan, dan kondisi lainnya. Setelah data dikumpulkan, perangkat ini dapat mengirimkan informasi tersebut ke sistem pemrosesan untuk dianalisis lebih lanjut. Perangkat pengumpul data biasanya dilengkapi dengan teknologi yang mampu menyimpan dan mentransmisikan data secara otomatis. Misalnya, sensor tanah dalam pertanian dapat mengukur kelembaban tanah dan mengirimkan data tersebut ke pusat kendali. Dengan kemampuan ini, petani dapat mengetahui kapan harus menyiram tanaman secara efisien tanpa harus memeriksa tanah secara manual. Selain itu, sensor juga dapat diprogram untuk mendeteksi perubahan lingkungan secara real-time. Dalam aplikasi industri, misalnya, sensor suhu dapat segera melaporkan jika ada peningkatan suhu yang signifikan di suatu area mesin, sehingga tindakan pencegahan dapat segera diambil. Hal ini sangat penting dalam menjaga operasional yang aman dan efisien.

Setelah data terkumpul, jaringan komunikasi menjadi elemen penting berikutnya. Jaringan komunikasi bertugas menghubungkan berbagai perangkat sensor ke sistem pusat atau komputasi awan. Data dari sensor ditransmisikan melalui jaringan ini untuk diproses lebih lanjut, baik menggunakan teknologi nirkabel seperti Wi-Fi, ZigBee, atau jaringan seluler seperti 4G dan 5G. Teknologi jaringan komunikasi juga memungkinkan pengiriman data secara cepat dan tepat waktu. Dalam banyak aplikasi IoT, latensi atau keterlambatan transmisi data dapat berdampak pada efisiensi operasional. Misalnya, dalam sektor kesehatan, alat pemantauan pasien berbasis IoT harus mengirimkan data vital secara real-time agar tindakan medis bisa segera diambil jika diperlukan. Selain itu, jaringan komunikasi memastikan bahwa data

yang dikirimkan dari berbagai perangkat pengumpul bisa diakses oleh berbagai sistem yang terintegrasi. Dalam industri manufaktur, misalnya, berbagai sensor pada lini produksi dapat terhubung melalui jaringan industri lokal yang memungkinkan pengawasan dan pengendalian otomatis dalam waktu nyata (Gubbi et al., 2013).

Peran jaringan komunikasi menjadi semakin penting seiring dengan perkembangan teknologi 5G. Teknologi 5G menawarkan kecepatan data yang jauh lebih tinggi dan latensi yang lebih rendah dibandingkan jaringan sebelumnya. Dengan 5G, IoT dapat mendukung lebih banyak perangkat yang terhubung secara simultan, mempercepat pengiriman data, dan meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem. Setelah data terkumpul dan ditransmisikan, sistem komputasi awan (cloud computing) akan memprosesnya. Sistem komputasi awan menyediakan infrastruktur yang mampu menyimpan, memproses, dan menganalisis data dalam jumlah besar secara efisien. Data dari perangkat IoT dikirimkan ke server cloud, di mana data tersebut bisa diakses dan dianalisis kapan saja dan dari mana saja. Sistem komputasi awan memungkinkan penyimpanan data dalam skala besar dengan biaya yang lebih terjangkau dibandingkan penyimpanan fisik. Data dari ribuan sensor yang tersebar di berbagai lokasi bisa disimpan di cloud, sehingga mengurangi kebutuhan perangkat keras lokal dan meningkatkan fleksibilitas operasional.

Komputasi awan juga memberikan kekuatan pemrosesan yang lebih besar. Dengan mengandalkan server di cloud, perusahaan tidak perlu membangun infrastruktur komputasi sendiri yang mahal. Mereka bisa menggunakan layanan cloud untuk memproses data dari berbagai perangkat IoT, baik itu untuk analisis sederhana maupun pemrosesan data besar (big data) yang kompleks. Dalam sistem komputasi awan, skalabilitas juga menjadi keunggulan utama. Ketika jumlah perangkat IoT yang terhubung meningkat, penyimpanan dan pemrosesan data dapat dengan mudah ditingkatkan tanpa perlu pengadaan perangkat keras tambahan. Hal ini memungkinkan bisnis untuk tumbuh dengan cepat tanpa hambatan infrastruktur. Setelah data diproses di cloud, langkah selanjutnya adalah analisis dan visualisasi data. Aplikasi analisis data menggunakan algoritma untuk mencari pola, tren, dan anomali dalam data yang dikumpulkan. Analisis ini dapat memberikan

wawasan berharga yang membantu pengambilan keputusan yang lebih baik dalam berbagai sektor, seperti pertanian, industri, dan kesehatan.

Aplikasi analisis data sering kali menggunakan teknologi kecerdasan buatan (AI) dan pembelajaran mesin (machine learning) untuk menemukan pola yang sulit dikenali secara manual. Dalam industri manufaktur, misalnya, aplikasi ini dapat memprediksi kapan mesin akan rusak berdasarkan analisis data dari sensor mesin yang terhubung, sehingga tindakan perawatan bisa dilakukan sebelum terjadi kerusakan. Selain analisis, visualisasi data juga merupakan aspek penting dalam pengolahan data IoT. Data yang dikumpulkan dari berbagai sensor sering kali sangat kompleks dan dalam jumlah besar. Dengan menggunakan aplikasi visualisasi data, data yang rumit tersebut dapat disajikan dalam bentuk grafik, peta, atau dashboard yang mudah dipahami oleh pengguna. Visualisasi data membantu pengguna memahami informasi yang dihasilkan oleh perangkat IoT secara cepat dan intuitif. Misalnya, dalam pertanian cerdas, data mengenai kelembaban tanah dan kondisi cuaca bisa ditampilkan dalam bentuk grafik yang interaktif, sehingga petani dapat dengan mudah melihat kondisi lahan mereka dan mengambil tindakan yang tepat.

Berbagai aplikasi visualisasi data menyediakan alat yang dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Dengan alat-alat ini, pengguna dapat membuat dashboard yang menampilkan data dari berbagai sensor secara real-time, membantu mereka memantau kinerja sistem, mengidentifikasi masalah, dan merespon situasi dengan cepat. Analisis dan visualisasi data juga memungkinkan adanya pelaporan yang lebih baik. Data yang telah dianalisis dan divisualisasikan dapat disajikan dalam bentuk laporan yang lebih terstruktur. Laporan ini bisa digunakan oleh manajemen untuk mengevaluasi kinerja sistem, merencanakan strategi masa depan, dan mengoptimalkan operasional (Manyika et al., 2011).

3.3 Penerapan IoT dalam Pertanian Cerdas

Pemantauan kondisi tanah menggunakan sensor IoT memungkinkan petani untuk mendapatkan data real-time mengenai tingkat kelembaban, pH, dan nutrisi dalam tanah. Informasi ini sangat penting untuk menentukan tindakan yang tepat, seperti pemupukan

atau irigasi. Dengan mengetahui kondisi tanah secara akurat, petani dapat mengoptimalkan hasil panen dan menjaga kesuburan lahan. Sensor kelembaban tanah yang ditanam di lahan pertanian dapat mengirimkan data secara otomatis ke sistem pusat. Data ini kemudian dianalisis untuk memberikan rekomendasi terkait waktu yang tepat untuk penyiraman. Dengan demikian, petani tidak perlu lagi mengandalkan perkiraan, melainkan dapat menyiram tanaman berdasarkan kebutuhan aktual lahan. Pemantauan kondisi tanah juga membantu dalam mengidentifikasi area yang mungkin membutuhkan perhatian lebih. Misalnya, jika sensor mendeteksi bahwa bagian tertentu dari lahan mengalami kekurangan nutrisi, petani dapat mengambil tindakan untuk memperbaiki masalah tersebut secara tepat sasaran, tanpa harus menerapkan pupuk secara menyeluruh.

Manajemen irigasi cerdas adalah salah satu inovasi utama dalam pertanian modern. Dengan sistem irigasi berbasis IoT, penyiraman tanaman dapat dilakukan secara otomatis berdasarkan data dari sensor tanah. Sistem ini memungkinkan penyiraman yang lebih efisien dan hemat air, serta memastikan bahwa tanaman mendapatkan air yang cukup sesuai dengan kebutuhannya. Selain itu, manajemen irigasi cerdas memungkinkan petani menghindari penyiraman yang berlebihan, yang dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman atau pemborosan air. Sensor kelembaban akan mengukur tingkat air dalam tanah dan mengaktifkan atau menonaktifkan sistem irigasi sesuai kebutuhan, sehingga penggunaan air lebih terkontrol. Sistem irigasi otomatis juga dapat dihubungkan dengan data cuaca, sehingga jika ada hujan yang diprediksi, sistem akan menunda penyiraman. Hal ini tidak hanya menghemat air, tetapi juga mengurangi risiko tanah jenuh yang dapat menyebabkan penyakit tanaman akibat genangan air (Pierpaoli et al., 2013).

Pemantauan cuaca dan iklim mikro juga memainkan peran penting dalam pertanian cerdas. Dengan sensor cuaca yang dipasang di lahan pertanian, petani bisa mendapatkan informasi mengenai suhu, kelembaban udara, dan angin secara real-time. Data ini memungkinkan mereka untuk mengantisipasi perubahan cuaca yang bisa memengaruhi pertumbuhan tanaman. Selain itu, pemantauan iklim mikro membantu dalam menentukan kondisi ideal untuk pertumbuhan tanaman. Setiap

tanaman memiliki kebutuhan iklim yang berbeda, dan dengan mengetahui kondisi iklim mikro di setiap bagian lahan, petani dapat menyesuaikan perlakuan mereka terhadap tanaman, seperti memberi naungan atau meningkatkan sirkulasi udara. Pemantauan cuaca yang akurat juga membantu petani menghindari risiko kerugian akibat cuaca ekstrem. Dengan mendapatkan peringatan dini tentang badai atau suhu ekstrem, petani bisa mengambil tindakan pencegahan, seperti melindungi tanaman dari kerusakan atau menunda kegiatan pertanian tertentu hingga cuaca membaik.

Deteksi hama dan penyakit tanaman menjadi lebih mudah dengan sensor IoT dan teknologi pencitraan. Dengan sensor yang dipasang di sekitar tanaman, perubahan kondisi tanaman yang disebabkan oleh serangan hama atau penyakit dapat dideteksi lebih dini. Petani bisa segera mengambil tindakan pengendalian sebelum kerusakan menjadi lebih parah. Teknologi pencitraan juga dapat digunakan untuk mendeteksi hama atau penyakit pada tanaman. Kamera atau drone yang dilengkapi dengan sensor IoT dapat memindai lahan pertanian dan mengidentifikasi gejala-gejala awal serangan hama atau penyakit. Dengan begitu, pengendalian hama dapat dilakukan secara lebih tepat sasaran tanpa harus menggunakan pestisida secara berlebihan. Deteksi dini penyakit dan hama tidak hanya menghemat biaya, tetapi juga meningkatkan hasil panen. Dengan mengetahui lebih awal tanda-tanda kerusakan pada tanaman, petani bisa segera mengaplikasikan pengendalian hama yang sesuai dan mencegah penyebaran lebih lanjut, menjaga kualitas dan kuantitas hasil panen (Mahlein, 2016).

Pemantauan pertumbuhan tanaman merupakan aspek penting dalam pertanian cerdas. Dengan sensor yang ditempatkan di dekat tanaman, data mengenai pertumbuhan tanaman, seperti tinggi batang atau perkembangan daun, dapat dikumpulkan dan dianalisis. Data ini memberikan gambaran jelas tentang kondisi kesehatan tanaman dan efektivitas proses pertanian yang sedang dilakukan. Dengan pemantauan pertumbuhan tanaman, petani dapat mengetahui apakah tanaman tumbuh sesuai harapan atau mengalami hambatan. Jika pertumbuhan tanaman lebih lambat dari yang diperkirakan, petani dapat segera mencari tahu penyebabnya, seperti kekurangan nutrisi

atau masalah irigasi, dan mengambil tindakan untuk memperbaikinya. Penggunaan sensor juga memungkinkan pemantauan visual tanaman melalui teknologi pencitraan. Kamera yang terpasang pada drone atau sistem pemantauan lapangan dapat mengambil gambar atau video pertumbuhan tanaman secara berkala. Dengan visualisasi ini, petani dapat dengan mudah melihat perubahan pada tanaman dan memastikan semuanya berjalan sesuai rencana.

Manajemen ternak cerdas menggunakan IoT memberikan keuntungan besar bagi peternak. Sensor yang dipasang pada ternak dapat memantau kesehatan dan perilaku hewan secara real-time. Data ini memberikan informasi penting seperti detak jantung, suhu tubuh, dan pola makan ternak, sehingga peternak dapat segera mengambil tindakan jika ada tanda-tanda masalah kesehatan. Dengan manajemen ternak cerdas, peternak bisa lebih efisien dalam mengelola ternak mereka. Sistem berbasis IoT dapat memberikan notifikasi ketika ternak membutuhkan perawatan, misalnya jika ternak menunjukkan tanda-tanda demam atau stres. Hal ini memungkinkan intervensi cepat untuk menjaga kesehatan ternak dan menghindari kerugian yang lebih besar. Selain itu, sistem manajemen ternak cerdas juga membantu dalam mengoptimalkan pemberian pakan. Dengan sensor yang memantau berat badan dan pola makan ternak, peternak dapat menyesuaikan jumlah pakan yang diberikan agar sesuai dengan kebutuhan masing-masing hewan. Ini tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga menjaga kesehatan ternak secara optimal (Liakos et al., 2018).

3.4 Manfaat Penerapan IoT dalam Pertanian Cerdas

Peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya menjadi prioritas utama dalam pertanian modern. Dengan menggunakan teknologi seperti sensor IoT dan sistem otomatisasi, petani dapat mengelola air, pupuk, dan energi dengan lebih cermat. Setiap keputusan diambil berdasarkan data yang akurat, sehingga sumber daya yang terbatas dapat dimanfaatkan secara optimal. Sistem irigasi otomatis berbasis data kelembaban tanah memungkinkan penggunaan air yang lebih efisien. Daripada menyiram seluruh lahan secara merata, sistem ini hanya mengalirkan air pada area yang membutuhkannya. Hal ini tidak hanya menghemat air, tetapi juga menghindari pemborosan yang sering

terjadi dalam metode penyiraman tradisional. Peningkatan efisiensi penggunaan pupuk juga tercapai melalui analisis data yang dikumpulkan dari sensor tanah. Data tersebut membantu petani menentukan area mana yang membutuhkan nutrisi tambahan. Dengan begitu, pupuk dapat diaplikasikan secara tepat, mengurangi biaya operasional, dan mencegah penggunaan pupuk berlebihan yang bisa merusak tanah.

Optimalisasi hasil panen adalah salah satu keuntungan utama dari penggunaan teknologi dalam pertanian. Dengan pemantauan yang lebih baik terhadap kondisi tanah, cuaca, dan pertumbuhan tanaman, petani bisa memastikan bahwa tanaman mendapatkan lingkungan yang optimal untuk tumbuh. Hasil panen yang lebih baik dan lebih konsisten pun bisa dicapai. Sistem monitoring tanaman membantu petani memprediksi waktu panen yang paling tepat. Dengan data yang diperoleh dari sensor dan kamera, petani dapat menentukan kapan tanaman mencapai kematangan optimal. Ini memungkinkan panen dilakukan pada waktu yang tepat, sehingga kualitas hasil panen meningkat dan kerugian akibat panen terlambat bisa dihindari. Pemanfaatan drone dalam pemantauan lahan juga membantu optimalisasi hasil panen. Drone yang dilengkapi kamera dan sensor dapat memetakan kondisi seluruh lahan secara cepat. Dengan gambar dan data yang dihasilkan, petani dapat melihat area yang mungkin membutuhkan perhatian lebih, sehingga hasil panen dapat dioptimalkan (Zhang & Kovacs, 2012).

Penggunaan teknologi dalam pertanian juga membantu mengurangi dampak lingkungan. Dengan manajemen irigasi dan penggunaan pupuk yang lebih efisien, jumlah air dan bahan kimia yang digunakan dapat dikurangi. Ini berkontribusi pada pengurangan pencemaran lingkungan, seperti pencemaran air dan tanah yang sering terjadi akibat penggunaan sumber daya yang berlebihan. Selain itu, teknologi pertanian memungkinkan pengurangan emisi gas rumah kaca. Sistem irigasi yang lebih efisien dan penggunaan energi terbarukan dalam proses pertanian membantu mengurangi jejak karbon. Dengan demikian, sektor pertanian dapat berkontribusi lebih besar dalam mitigasi perubahan iklim. Penggunaan pestisida juga bisa diminimalkan berkat teknologi deteksi dini penyakit dan hama. Dengan sensor dan

teknologi pencitraan, hama dan penyakit dapat dideteksi sebelum menyebar luas. Hal ini memungkinkan penggunaan pestisida yang lebih tepat sasaran, mengurangi kerusakan lingkungan akibat penyemprotan pestisida secara berlebihan.

Peningkatan kualitas produk pertanian merupakan hasil langsung dari penerapan teknologi cerdas. Dengan pemantauan yang tepat terhadap kondisi tanaman, petani dapat memastikan bahwa tanaman tumbuh dalam kondisi ideal. Hasilnya adalah produk pertanian yang lebih segar, sehat, dan berkualitas tinggi. Teknologi juga memungkinkan pengendalian yang lebih ketat terhadap faktor-faktor yang memengaruhi kualitas produk. Misalnya, dengan sistem irigasi otomatis, petani dapat memastikan bahwa tanaman mendapatkan air yang cukup tanpa berlebihan. Ini menghasilkan tanaman dengan kualitas yang lebih baik, seperti buah yang lebih besar dan sayuran yang lebih renyah. Selain itu, pemantauan iklim mikro secara real-time memungkinkan petani menyesuaikan lingkungan pertumbuhan tanaman. Jika suhu atau kelembaban tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman, tindakan penyesuaian bisa segera dilakukan. Ini memastikan bahwa tanaman selalu berada dalam kondisi optimal untuk pertumbuhan, yang berdampak pada kualitas akhir produk.

Efisiensi tenaga kerja juga meningkat dengan penerapan teknologi dalam pertanian. Banyak tugas yang sebelumnya memerlukan tenaga manusia, seperti pemantauan lahan, irigasi, dan pemupukan, kini bisa dilakukan secara otomatis atau dengan bantuan mesin. Ini mengurangi kebutuhan tenaga kerja manual dan meningkatkan produktivitas. Sistem otomatisasi juga memungkinkan petani mengelola lahan yang lebih luas tanpa memerlukan tambahan tenaga kerja. Dengan bantuan teknologi, seperti sensor dan drone, petani dapat memantau kondisi lahan secara lebih cepat dan efektif. Ini berarti bahwa satu orang dapat mengelola area yang lebih besar daripada yang bisa dilakukan tanpa teknologi.

Teknologi robotika juga mulai diterapkan dalam pertanian untuk tugas-tugas seperti pemanenan dan penanaman. Robot pertanian dapat bekerja secara otomatis untuk memanen hasil, menanam bibit, dan bahkan melakukan pemangkasan. Ini mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia dan mengurangi biaya tenaga kerja, terutama di sektor

yang biasanya memerlukan banyak pekerja musiman. Selain mengurangi kebutuhan tenaga kerja manual, teknologi juga membantu meningkatkan keselamatan kerja. Banyak pekerjaan di sektor pertanian yang berisiko tinggi, seperti penggunaan mesin berat atau penyemprotan bahan kimia. Dengan otomatisasi, risiko kecelakaan kerja dapat dikurangi, sehingga petani dan pekerja lapangan lebih aman. Penerapan teknologi dalam pertanian juga membantu meningkatkan kesejahteraan petani. Dengan peningkatan efisiensi dan hasil panen, pendapatan petani bisa meningkat. Selain itu, dengan teknologi yang membantu mengurangi beban kerja, petani dapat fokus pada strategi pengelolaan yang lebih baik dan berinovasi dalam mengembangkan usahanya (Finger et al., 2019).

Bab 4

PRECISION AGRICULTURE

4.1 Defenisi *Precision Agriculture*

Precision Agriculture atau pertanian presisi, adalah pendekatan manajemen lahan pertanian yang memanfaatkan teknologi informasi dan data untuk memantau, mengukur, dan mengelola variasi di lahan pertanian. Tujuannya adalah untuk meningkatkan hasil pertanian, mengurangi limbah, memaksimalkan efisiensi input seperti pupuk dan air, dan mengurangi dampak lingkungan dari praktik pertanian (Godwin *et al.*, 2003; Pierpaoli *et al.*, 2013). Dalam konsep ini, setiap bagian dari lahan dianggap unik, sehingga perlakuan yang diterapkan disesuaikan secara spesifik dengan kondisi di lokasi tersebut.

Defenisi *Precision Agriculture* lebih rinci bisa dipandang dari sisi teknologis, agronomis, ekonomis, lingkungan, ilmu data dan analitik serta manajemen risiko.

4.1.1 Definisi Teknologis

Precision Agriculture didefinisikan sebagai sistem pertanian yang menggabungkan teknologi digital seperti *Global Positioning System* (GPS), sensor, drone, citra satelit, dan *Internet of Things* (IoT) untuk memantau, mengukur, dan mengelola variabilitas dalam pertanian. Dari perspektif teknologi, pertanian presisi bertujuan untuk mengoptimalkan sumber daya melalui pemantauan data secara real-time, membantu petani mengambil keputusan berbasis data yang lebih akurat. Penggunaan perangkat keras dan perangkat lunak modern membantu menganalisis data lingkungan, tanaman, dan cuaca untuk meningkatkan produktivitas.

4.1.2 Definisi Agronomis

Pertanian presisi adalah pendekatan agronomi yang menekankan pada optimalisasi penggunaan input seperti air, pupuk, dan pestisida untuk meningkatkan hasil panen dan keberlanjutan lingkungan. Dalam konteks agronomi, fokus utama adalah efisiensi dalam manajemen sumber daya dan optimalisasi variabilitas di dalam lahan pertanian. Ini melibatkan pemetaan zona spesifik di lahan untuk memberikan perlakuan yang berbeda sesuai dengan kebutuhan tanaman atau kondisi tanah di setiap zona. Dengan demikian, input pertanian bisa disesuaikan secara tepat dan efisien.

4.1.3 Definisi Ekonomis

Precision Agriculture dipandang sebagai cara untuk meningkatkan efisiensi ekonomi di pertanian dengan menurunkan biaya operasional dan meningkatkan produktivitas tanaman melalui penggunaan teknologi berbasis data. Dari sisi ekonomi, pertanian presisi membantu petani meminimalkan pemborosan input (seperti pupuk dan air) dan memaksimalkan keuntungan dengan cara mengoptimalkan hasil tanaman dan mengurangi risiko kegagalan panen. Teknologi ini dapat mengurangi biaya dan meningkatkan penghasilan karena keputusan yang lebih tepat dan cepat, serta peningkatan hasil yang lebih stabil.

4.1.4 Definisi Lingkungan

Precision Agriculture adalah praktik pertanian yang berkelanjutan yang menggunakan teknologi canggih untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, seperti penggunaan air yang berlebihan, pencemaran tanah, dan emisi karbon. Dilihat dari sisi lingkungan, pertanian presisi membantu mengurangi penggunaan input pertanian secara berlebihan yang dapat merusak ekosistem. Dengan mengaplikasikan input pada waktu dan tempat yang tepat, dampak lingkungan seperti erosi tanah, penurunan kualitas air, dan emisi gas rumah kaca bisa dikurangi. Pertanian presisi juga membantu meningkatkan keberlanjutan dengan menjaga keseimbangan antara produktivitas pertanian dan konservasi lingkungan.

4.1.5 Definisi Ilmu Data dan Analitik

Pertanian presisi adalah integrasi data yang berkelanjutan di mana informasi yang dikumpulkan dari sensor, satelit, dan drone dianalisis menggunakan algoritma kecerdasan buatan (AI) untuk memberikan prediksi yang lebih baik dan keputusan yang lebih cerdas. Dari sudut pandang data, pertanian presisi sangat bergantung pada pengumpulan dan analisis data dalam jumlah besar (Big Data). Algoritma AI dan pembelajaran mesin digunakan untuk menganalisis data ini guna memprediksi hasil panen, mengidentifikasi masalah tanaman atau hama lebih awal, dan memberikan rekomendasi yang lebih tepat dalam pengelolaan lahan.

4.1.6 Definisi Manajemen Risiko

Pertanian presisi adalah alat manajemen risiko yang memungkinkan petani memitigasi risiko melalui pemantauan kondisi tanaman secara real-time dan pengambilan keputusan berbasis data. Dalam konteks ini, teknologi dalam pertanian presisi memungkinkan petani untuk meminimalkan risiko seperti gagal panen atau serangan hama dengan mendapatkan informasi *real-time*. Misalnya, sensor dapat mendeteksi kekeringan di area tertentu dari lahan, dan drone dapat memeriksa kesehatan tanaman, sehingga tindakan preventif dapat diambil sebelum masalah berkembang lebih jauh.

4.2 Prinsip Dasar *Precision Agriculture*

Prinsip utama dari *Precision Agriculture* atau pertanian presisi adalah mengelola variabilitas dalam lahan pertanian dengan pendekatan yang berbasis data. Ini melibatkan pemahaman dan penyesuaian terhadap perbedaan dalam kondisi tanah, kelembaban, nutrisi, dan faktor lainnya di seluruh lahan. Tujuannya adalah untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti air, pupuk, dan pestisida, serta meningkatkan hasil panen. Ini dicapai dengan aplikasi input yang lebih tepat dan terarah sesuai kebutuhan spesifik setiap bagian lahan. Pengambilan keputusan didasarkan pada data yang dikumpulkan dan dianalisis untuk memahami kondisi spesifik dan membuat keputusan yang lebih informasional dan akurat.

4.3 Komponen Utama *Precision Agriculture*

4.3.1 Pengumpulan Data dan Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*)

Pengumpulan Data dan Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*) melibatkan penggunaan teknologi untuk mengumpulkan data dari lahan pertanian. Ini termasuk sensor di lapangan, citra satelit, dan pesawat terbang (Khanal *et al.*, 2017; Mulla 2013,). Sensor Lapangan: Sensor yang ditempatkan di lapangan untuk mengukur parameter seperti kelembaban tanah, suhu, dan kandungan nutrisi. Sensor ini sering digunakan bersama dengan alat seperti drone dan traktor. Citra Satelit: Citra yang diambil oleh satelit dari luar angkasa untuk memantau vegetasi, kondisi tanah, dan pola pertumbuhan tanaman. Citra ini dapat mencakup spektrum visual, inframerah, dan multispektral. Pesawat Terbang dan Drone: Pesawat terbang berawak dan drone digunakan untuk mengambil gambar udara dengan resolusi tinggi. Drone dapat dilengkapi dengan sensor multispektral dan kamera untuk pemantauan dan pemetaan.

Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*) adalah metode untuk mengumpulkan data tentang objek atau area dari jarak jauh, biasanya menggunakan sensor pada satelit atau pesawat terbang. Tujuannya adalah untuk mendapatkan informasi tentang kondisi tanah, tanaman, dan lingkungan tanpa harus berada di lokasi fisik (Chong *et al.*, 2017). Metode penginderaan jauh termasuk penggunaan citra satelit, radar, dan lidar. Teknologi ini memungkinkan pemantauan dan analisis dalam skala besar serta deteksi perubahan secara dini.

4.3.2 Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Pemetaannya

Sistem Informasi Geografis (SIG) dan Pemetaannya adalah sistem yang digunakan untuk mengolah dan menganalisis data geografis, serta membuat peta variabilitas yang membantu dalam perencanaan dan pengelolaan. SIG adalah sistem yang mengumpulkan, menyimpan, mengelola, dan menganalisis data geografis. SIG mengintegrasikan berbagai jenis data, termasuk data spasial dan atribut, untuk analisis yang lebih mendalam. Dengan kemampuan untuk mengidentifikasi lokasi dengan akurat di lahan pertanian, petani dapat membuat peta spasial dari berbagai faktor seperti hasil panen, topografi, kandungan zat kimia organik, kelembapan, pH tanah, dan sebagainya (Sondakh dan

Rembang, 2021). SIG digunakan untuk membuat peta variabilitas, memvisualisasikan data, dan menganalisis pola serta tren dalam data pertanian. Ini memungkinkan pemetaan elemen seperti kondisi tanah, kelembaban, dan kesehatan tanaman.

Pembuatan Peta Variabilitas: Peta variabilitas dibuat dengan menggunakan data yang dikumpulkan dari sensor dan penginderaan jauh. Peta ini menunjukkan perbedaan dalam kondisi tanah dan tanaman di seluruh lahan, membantu dalam perencanaan dan aplikasi input yang lebih terarah. Analisis data spasial dilakukan untuk memahami hubungan antara berbagai parameter geografis, seperti kedalaman tanah dan tingkat kelembaban, serta untuk menentukan area yang membutuhkan perhatian khusus.

4.3.3 Sensor dan Internet of Things (IoT) dalam Pertanian

Sensor dan Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang digunakan untuk mengumpulkan data real-time tentang kondisi tanaman dan tanah. Sensor ini sering terhubung melalui IoT untuk integrasi data yang lebih baik.

- a. Jenis Sensor dalam Pertanian. 1) Sensor Tanah. Sensor tanah digunakan untuk mengukur parameter seperti kelembaban, suhu, dan pH tanah. Data ini membantu dalam manajemen irigasi dan pemupukan; 2) Sensor Tanaman. Sensor tanaman digunakan untuk memantau kondisi tanaman seperti kesehatan daun, kandungan nutrisi, dan tingkat fotosintesis; 3) Sensor Cuaca. Sensor cuaca digunakan untuk mengumpulkan data tentang suhu udara, kelembaban, dan kecepatan angin yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman .
- b. Aplikasi Sensor. 1) Irigasi dan Pemupukan. Sensor digunakan untuk mengontrol sistem irigasi dan aplikasi pupuk secara otomatis berdasarkan kebutuhan aktual tanaman dan kondisi tanah; 2) Pemantauan Kesehatan Tanaman. Sensor yang membantu dalam deteksi dini masalah kesehatan tanaman seperti penyakit dan hama.
- c. *Internet of Things* (IoT). IoT mengacu pada jaringan perangkat yang terhubung secara nirkabel, yang dapat saling berkomunikasi dan bertukar data. Dalam pertanian, IoT memungkinkan integrasi sensor dan perangkat lain untuk pemantauan dan manajemen real-

time. IoT memungkinkan pengumpulan data secara real-time dari berbagai sensor dan perangkat di lapangan, memfasilitasi pemantauan yang lebih akurat dan responsif. Data dari berbagai sensor dan sumber dapat diintegrasikan ke dalam sistem manajemen untuk analisis yang lebih holistik dan pengambilan keputusan yang lebih baik.

IoT adalah kunci untuk revolusi pertanian yang akan datang, memungkinkan kita memberi makan dunia dengan lebih baik, melindungi lingkungan, dan membangun masa depan yang lebih berkelanjutan untuk generasi mendatang (Lubis, 2024) .

4.3.4 Perangkat Lunak dan Algoritma Pengambilan Keputusan (Decision Support Systems - DSS)

Perangkat lunak yang menganalisis data dan memberikan rekomendasi untuk pengambilan keputusan berbasis data yang lebih baik. Perangkat lunak pengambilan keputusan (DSS) adalah sistem yang menggunakan data dan algoritma untuk mendukung proses pengambilan keputusan. Dalam pertanian presisi, DSS membantu dalam menganalisis data, memodelkan skenario, dan memberikan rekomendasi berbasis data. Perangkat lunak ini menganalisis data dari sensor, citra satelit, dan sumber lainnya untuk memberikan wawasan tentang kondisi pertanian. DSS membantu dalam merencanakan aplikasi input, mengelola irigasi, dan memprediksi hasil panen berdasarkan data yang tersedia. Sistem ini memungkinkan petani untuk memantau kondisi tanah dan tanaman secara real-time, menggunakan pestisida dan pupuk dengan lebih efisien, serta mengurangi kelangkaan tenaga kerja dan meningkatkan efisiensi biaya produksi (Sondakh dan Rembang, 2021).

Algoritma Pembelajaran Mesin digunakan untuk menganalisis pola dalam data dan memberikan prediksi tentang hasil panen, kesehatan tanaman, dan kebutuhan nutrisi.

- a) Algoritma Optimasi dapat membantu dalam menentukan aplikasi input yang optimal berdasarkan variabilitas lahan dan kebutuhan tanaman.
- b) Algoritma Statistik digunakan untuk menganalisis data historis dan menentukan tren serta pola yang mempengaruhi hasil pertanian.

Algoritma memberikan rekomendasi yang lebih akurat dan informasional untuk pengelolaan lahan dan aplikasi input. Membantu meningkatkan efisiensi operasional dan produktivitas dengan mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan input.

4.4 Teknologi dan inovasi dalam *Precision Agriculture*

4.4.1 Penggunaan Drone dan Satelit untuk Pemantauan Tanaman

a. Drone

Pesawat tanpa awak (drone) dilengkapi dengan kamera dan sensor yang dapat terbang di atas lahan pertanian untuk mengumpulkan data. Drone dapat dilengkapi dengan berbagai sensor seperti kamera RGB, multispektral, dan hyperspektral. Drone dapat mengambil gambar dan video dari tanaman untuk mendeteksi tanda-tanda penyakit, kekurangan nutrisi, atau hama. Sensor multispektral dapat memantau indeks vegetasi seperti NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) untuk menilai kesehatan tanaman. Drone digunakan untuk membuat peta 3D dan pemetaan variabilitas lahan dengan resolusi tinggi. Peta ini membantu dalam perencanaan dan pengelolaan pertanian. Beberapa drone dilengkapi untuk melakukan aplikasi input seperti pupuk dan pestisida dengan presisi tinggi, mengurangi pemborosan dan meningkatkan efektivitas.

b. Citra Satelit

Satelit mengorbit bumi dilengkapi dengan sensor yang dapat mengumpulkan data tentang kondisi lahan dari jarak jauh. Citra ini bisa meliputi spektrum visual, inframerah, dan multispektral. Satelit memungkinkan pemantauan lahan pertanian dalam skala besar dan menyediakan data tentang perubahan kondisi tanaman dan tanah dari waktu ke waktu. Citra satelit dapat digunakan untuk perencanaan penggunaan lahan, analisis perubahan penggunaan lahan, dan evaluasi dampak perubahan iklim.

4.4.2 Otomatisasi dan Mekanisasi Pertanian

a. Traktor Otonom

Traktor yang dilengkapi dengan sistem navigasi GPS dan sensor untuk beroperasi secara otomatis tanpa memerlukan pengemudi manusia. Teknologi ini mencakup sistem kontrol dan pemantauan yang

memungkinkan traktor melakukan tugas-tugas seperti pembajakan, penanaman, dan penyemprotan. Traktor otonom dapat bekerja 24/7, meningkatkan efisiensi dan produktivitas dengan mengurangi kebutuhan tenaga kerja dan meningkatkan akurasi dalam aplikasi input. Sistem otomatis memungkinkan aplikasi input yang konsisten dan tepat di seluruh lahan, mengurangi pemborosan dan meningkatkan hasil.

b. Robot Tanaman

Robot yang dirancang untuk melakukan tugas-tugas pertanian seperti penanaman, pemanenan, dan perawatan tanaman. Robot ini dapat dilengkapi dengan sensor dan alat yang memungkinkan mereka untuk bekerja dengan presisi. Robot pemanen dapat memanen buah dan sayuran dengan presisi tinggi, mengurangi kerusakan dan meningkatkan efisiensi. Robot dapat melakukan tugas perawatan seperti penyiraman dan pemangkasan dengan kontrol yang tepat, mengurangi kebutuhan tenaga kerja manusia.

4.4.3 Kecerdasan Buatan (AI) dan Pembelajaran Mesin (ML) dalam Memprediksi Hasil Tanaman dan Manajemen Risiko

a. Kecerdasan Buatan (AI)

Kecerdasan Buatan (AI) merujuk pada sistem komputer yang dapat melakukan tugas yang biasanya memerlukan kecerdasan manusia, seperti pengenalan pola dan pengambilan keputusan. Dalam pertanian, AI digunakan untuk menganalisis data besar dan memberikan wawasan tentang kondisi pertanian. AI dapat menganalisis gambar tanaman untuk mendeteksi penyakit dan hama, memberikan rekomendasi untuk tindakan pencegahan atau pengendalian. AI digunakan untuk memprediksi kebutuhan pupuk dan irigasi berdasarkan data yang dikumpulkan dari sensor dan citra satelit.

b. Pembelajaran Mesin (ML)

Pembelajaran Mesin adalah subbidang AI yang melibatkan penggunaan algoritma untuk belajar dari data dan membuat prediksi. Dalam pertanian, ML digunakan untuk menganalisis data historis dan real-time untuk mengidentifikasi pola dan membuat prediksi. ML digunakan untuk memprediksi hasil panen berdasarkan data historis, kondisi cuaca, dan faktor lainnya, membantu dalam perencanaan dan pengelolaan hasil panen. ML dapat memodelkan risiko yang terkait

dengan penyakit tanaman, perubahan iklim, dan fluktuasi harga pasar, memberikan wawasan untuk perencanaan strategis.

4.4.4 Blockchain untuk Transparansi dalam Rantai Pasokan Pertanian

Teknologi blockchain adalah sistem penyimpanan data yang terdesentralisasi dan terenkripsi, di mana data dicatat dalam blok yang saling terhubung dan tidak dapat diubah tanpa persetujuan jaringan. Dalam pertanian, blockchain digunakan untuk meningkatkan transparansi dan keamanan rantai pasokan. Blockchain memungkinkan pelacakan produk pertanian dari ladang hingga konsumen akhir, memberikan informasi yang jelas tentang asal-usul dan perjalanan produk. Teknologi ini membantu mencegah penipuan dan memastikan integritas data dengan menyediakan catatan yang tidak dapat diubah tentang transaksi dan informasi produk. Blockchain dapat mengurangi birokrasi dan meningkatkan efisiensi dalam proses rantai pasokan dengan otomatisasi dan verifikasi transaksi.

4.5 Manfaat *Precision Agriculture*

- a. **Peningkatan Produktivitas** *Precision Agriculture* memungkinkan petani untuk mengelola lahan mereka secara lebih efektif. Dengan memanfaatkan teknologi untuk memahami kondisi spesifik setiap bagian dari lahan, petani dapat mengoptimalkan penggunaan pupuk dan air, sehingga tanaman tumbuh lebih sehat dan hasil panen lebih tinggi.
- b. **Efisiensi Sumber Daya** Dengan pemantauan real-time terhadap kondisi lahan dan tanaman, petani dapat menghindari pemborosan sumber daya. Sebagai contoh, jika sensor mendeteksi bahwa lahan tertentu sudah cukup lembab, penyiraman tambahan tidak lagi diperlukan. Hal ini juga berlaku untuk penggunaan pupuk dan pestisida yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan aktual tanaman.
- c. **Pengurangan Dampak Lingkungan** Pertanian konvensional sering kali menyebabkan degradasi lingkungan karena penggunaan pupuk dan pestisida yang berlebihan. *Precision Agriculture* dapat mengurangi dampak negatif ini dengan memastikan bahwa input pertanian hanya digunakan dalam jumlah yang diperlukan. Penggunaan teknologi presisi juga dapat membantu melestarikan sumber daya alam seperti air dan tanah.

- d. **Pengurangan Risiko** *Precision Agriculture* memungkinkan petani untuk memantau tanaman secara lebih teliti dan cepat mendeteksi masalah, seperti serangan hama atau penyakit, sebelum mereka menyebar luas. Selain itu, analisis data historis dan prediksi cuaca juga membantu petani dalam mengambil keputusan yang lebih baik dalam menghadapi perubahan iklim.

4.6 Tantangan Implementasi *Precision Agriculture* di Indonesia

- a. **Keterbatasan Infrastruktur Teknologi** *Precision Agriculture* sangat bergantung pada infrastruktur teknologi seperti internet yang stabil, jaringan sensor, dan perangkat lunak yang mampu mengolah data besar. Di banyak wilayah pedesaan Indonesia, akses terhadap internet dan teknologi masih terbatas, membuat implementasi *Precision Agriculture* menjadi tantangan besar.
- b. **Biaya Awal yang Tinggi** Peralatan seperti drone, sensor, dan perangkat lunak analitik tidak murah, terutama bagi petani kecil dan menengah yang mendominasi sektor pertanian di Indonesia. Meskipun dalam jangka panjang teknologi ini dapat menghasilkan efisiensi dan penghematan, biaya awal yang tinggi menjadi hambatan utama bagi banyak petani.
- c. **Kurangnya Pengetahuan dan Pelatihan** Banyak petani di Indonesia yang masih belum familiar dengan teknologi canggih yang digunakan dalam *Precision Agriculture*. Kurangnya pelatihan dan pendidikan mengenai penggunaan teknologi ini menjadi salah satu faktor yang menghambat adopsi secara luas. Oleh karena itu, diperlukan program edukasi dan pelatihan agar petani dapat mengintegrasikan teknologi ini ke dalam praktik pertanian mereka.
- d. **Skala Pertanian yang Kecil** Sebagian besar petani di Indonesia mengelola lahan dengan skala kecil, sehingga penerapan teknologi presisi mungkin tidak terlihat menarik dari segi efisiensi ekonomi. Namun, dengan adanya program-program pemerintah yang mendukung konsolidasi lahan atau kerja sama antar petani, teknologi ini masih dapat diterapkan secara kolektif.

4.7 Masa Depan *Precision Agriculture* di Indonesia

Indonesia adalah negara agraris dengan lahan pertanian yang sangat luas, dari sawah di Jawa hingga perkebunan di Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi. Namun, pertanian di Indonesia masih banyak bergantung pada metode tradisional. Efisiensi penggunaan lahan, air, dan input lainnya masih relatif rendah. Masalah seperti ketergantungan pada pupuk kimia, penggunaan pestisida yang berlebihan, dan ketersediaan air yang tidak menentu menjadi tantangan besar bagi petani. Di sinilah *Precision Agriculture* diharapkan dapat memberikan solusi. Penerapan pertanian presisi di Indonesia mungkin belum secepat di negara-negara maju, namun ada berbagai indikasi bahwa teknologi ini akan menjadi masa depan pertanian di negara ini. Berbagai universitas, lembaga penelitian, dan perusahaan teknologi mulai mengembangkan perangkat dan aplikasi yang dapat membantu petani mengadopsi pertanian presisi. Keberhasilan implementasi pertanian presisi sangat dipengaruhi oleh perkembangan TI teknologi (Harnowo *et al.*, 2024).

Precision Agriculture menawarkan solusi bagi banyak tantangan yang dihadapi sektor pertanian Indonesia (Harnowo *et al.*, 2024). Meskipun adopsinya masih dalam tahap awal, potensi untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan pertanian sangat besar. Dengan dukungan teknologi, pemerintah, dan edukasi yang memadai, masa depan *Precision Agriculture* di Indonesia tampak menjanjikan. Petani di Indonesia harus siap untuk beradaptasi dengan teknologi ini agar dapat meningkatkan daya saing di pasar global serta menjaga kelestarian lingkungan. Penerapan sistem pertanian presisi memiliki potensi besar untuk dikembangkan baik pada skala perkotaan maupun nasional di Indonesia. Sistem ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas pertanian melalui penggunaan teknologi modern yang efisien dan tepat sasaran. Namun, untuk memastikan keberhasilan dan keberlanjutan penerapan sistem ini, diperlukan dukungan yang signifikan dari pemerintah. Dukungan tersebut mencakup pembiayaan, pelatihan, dan pendampingan dalam implementasi teknologi pertanian presisi. Di negara berkembang, campur tangan pemerintah sangat dibutuhkan untuk mempercepat

adopsi teknologi baru melalui program-program yang relevan dan penyediaan fasilitas yang memadai (Wardani, 2024).

Bab 5

SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (GIS) DALAM PERTANIAN

Sistem Informasi Geografis (SIG) memainkan peran yang sangat penting dalam pengelolaan pertanian modern. Dengan kemampuan untuk memetakan, menganalisis, dan memvisualisasikan data geografis, SIG membantu petani membuat keputusan yang lebih baik dan meningkatkan efisiensi produksi. Meskipun terdapat tantangan dalam penerapannya, potensi SIG dalam meningkatkan keberlanjutan dan produktivitas sektor pertanian sangat besar. Ke depannya, dengan adopsi teknologi yang lebih luas, SIG akan semakin menjadi alat yang vital dalam transformasi pertanian. Andi, S. (2018).

SIG adalah sistem yang dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan memvisualisasikan data yang berkaitan dengan lokasi. Dalam konteks pertanian, SIG membantu dalam:

- Pemetaan: Memetakan lahan pertanian, jenis tanah, dan sumber daya alam.
- Analisis: Menganalisis hubungan antara berbagai faktor yang mempengaruhi produktivitas pertanian.
- Visualisasi: Menyajikan data dalam bentuk peta yang memudahkan pemahaman dan pengambilan keputusan.

SIG memiliki berbagai fungsi dan manfaat yang signifikan dalam pengelolaan pertanian:

- Pengelolaan Lahan: Memfasilitasi pemetaan dan zonasi lahan, membantu dalam menentukan jenis tanaman yang cocok untuk ditanam di area tertentu.

- Pertanian Presisi: Memberikan data yang diperlukan untuk aplikasi pupuk dan pestisida secara tepat, berdasarkan analisis spasial yang mendalam.
- Pemantauan Sumber Daya: Memungkinkan pemantauan real-time terhadap kondisi lahan, kelembaban tanah, dan kesehatan tanaman.
- Mitigasi Risiko: Mengidentifikasi wilayah yang rentan terhadap risiko bencana alam, seperti banjir atau kekeringan, sehingga langkah-langkah mitigasi dapat direncanakan.

5.1 Komponen Utama SIG dalam Pertanian

Gunawan, A. (2019). Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam pertanian terdiri dari beberapa komponen utama yang saling berinteraksi untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan memvisualisasi data geospasial. Berikut adalah komponen utama SIG dalam pertanian beserta penjelasannya:

1. Data Spasial

- **Deskripsi:** Merupakan data yang berkaitan dengan lokasi geografis dan dapat berupa peta, citra satelit, dan data survei lapangan. Data spasial dapat berupa titik, garis, atau poligon yang menggambarkan fitur geografis seperti lahan pertanian, sungai, dan jalan.
- **Contoh:** Peta lahan pertanian yang menunjukkan jenis tanaman yang ditanam di berbagai lokasi.

2. Data Atribut

- **Deskripsi:** Data atribut adalah informasi tambahan yang memberikan konteks pada data spasial. Ini bisa mencakup informasi mengenai karakteristik tanah, jenis tanaman, sejarah penggunaan lahan, serta data cuaca dan iklim.
- **Contoh:** Data yang menunjukkan pH tanah, kandungan nutrisi, atau curah hujan rata-rata di area tertentu.

3. Perangkat Lunak SIG

- **Deskripsi:** Perangkat lunak SIG adalah aplikasi yang digunakan untuk mengolah, menganalisis, dan memvisualisasikan data geospasial. Perangkat lunak ini memungkinkan pengguna untuk

membuat peta, melakukan analisis spasial, dan mengelola database geografis.

- **Contoh:** Software seperti ArcGIS, QGIS, dan MapInfo, yang menawarkan berbagai alat untuk analisis data dan pemetaan.

4. Perangkat Keras

- **Deskripsi:** Perangkat keras mencakup semua alat fisik yang diperlukan untuk menjalankan perangkat lunak SIG dan mengumpulkan data. Ini termasuk komputer, server, perangkat penyimpanan, serta perangkat pengumpulan data seperti drone dan sensor.
- **Contoh:** Komputer yang digunakan untuk memproses data SIG, drone yang digunakan untuk pengambilan citra udara, dan GPS untuk pengumpulan data lokasi.

5. Metode Pengumpulan Data

- **Deskripsi:** Metode ini mencakup teknik yang digunakan untuk mengumpulkan data geospasial dan atribut. Pengumpulan data dapat dilakukan melalui survei lapangan, citra satelit, penginderaan jauh, dan penggunaan sensor IoT.
- **Contoh:** Penggunaan citra satelit untuk mendapatkan data luas lahan pertanian dan metode survei tanah untuk menentukan karakteristik tanah.

6. Model dan Analisis

- **Deskripsi:** Model dan analisis digunakan untuk memproses data yang dikumpulkan dan menghasilkan informasi yang berguna untuk pengambilan keputusan. Ini mencakup teknik analisis spasial, analisis statistik, dan pemodelan prediktif.
- **Contoh:** Analisis spasial untuk menentukan daerah yang rentan terhadap kekeringan atau model prediktif untuk meramalkan hasil panen berdasarkan kondisi tanah dan iklim.

7. Visualisasi Data

- **Deskripsi:** Visualisasi data adalah cara untuk menyajikan informasi dalam format yang mudah dipahami, seperti peta, grafik, dan diagram. Visualisasi yang baik membantu dalam mengkomunikasikan hasil analisis kepada pengguna yang beragam.

- **Contoh:** Peta tematik yang menunjukkan distribusi jenis tanaman di suatu daerah atau grafik yang menunjukkan tren hasil panen dari tahun ke tahun.

8. Basis Data Geografis

- **Deskripsi:** Basis data geografis adalah sistem penyimpanan yang dirancang untuk menyimpan data spasial dan atribut secara efisien. Basis data ini memungkinkan pengguna untuk mengelola, mencari, dan mengakses informasi dengan cepat.
- **Contoh:** Database yang menyimpan informasi tentang lokasi, jenis tanah, dan hasil pertanian di berbagai daerah.

9. Sistem Pemantauan dan Evaluasi

- **Deskripsi:** Sistem ini digunakan untuk memantau perubahan di lapangan dan mengevaluasi hasil dari keputusan yang diambil berdasarkan data SIG. Ini membantu dalam mengukur efektivitas strategi pertanian yang diterapkan.
- **Contoh:** Sistem pemantauan yang menggunakan sensor untuk mengukur kelembaban tanah dan kesehatan tanaman secara real-time.

10. Pengguna dan Pemangku Kepentingan

- **Deskripsi:** Pengguna SIG dalam pertanian mencakup petani, peneliti, pemerintah, dan organisasi non-pemerintah. Keterlibatan semua pemangku kepentingan sangat penting untuk keberhasilan penerapan SIG.
- **Contoh:** Petani yang menggunakan SIG untuk merencanakan penanaman, peneliti yang menganalisis data untuk studi akademik, dan pemerintah yang menggunakan data untuk kebijakan pertanian.

Komponen-komponen ini bekerja sama untuk membentuk sistem yang efektif dan efisien dalam pengelolaan informasi geospasial di bidang pertanian. Dengan memahami dan memanfaatkan setiap komponen ini, pemangku kepentingan dalam pertanian dapat membuat keputusan yang lebih baik, meningkatkan produktivitas, dan mendukung keberlanjutan sektor pertanian.

5.2 Aplikasi SIG dalam Pertanian

Dengan penerapan SIG dalam berbagai aplikasi ini, sektor pertanian dapat menjadi lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan. Penggunaan teknologi dan data yang canggih memungkinkan petani dan pemangku kepentingan untuk membuat keputusan yang lebih baik dan responsif terhadap tantangan yang dihadapi dalam pertanian modern.

1. Pemetaan Kesuburan Tanah

- Deskripsi: SIG dapat digunakan untuk memetakan kesuburan tanah di berbagai lokasi lahan pertanian. Data mengenai pH, kandungan nutrisi, dan tekstur tanah diintegrasikan dalam SIG untuk menghasilkan peta kesuburan.
- Manfaat: Dengan informasi ini, petani dapat menentukan jenis pupuk yang dibutuhkan, menghindari pemborosan, dan meningkatkan hasil panen.

2. Pemantauan Hama dan Penyakit

- Deskripsi: SIG membantu dalam memetakan lokasi dan penyebaran hama dan penyakit tanaman. Data tentang infestasi hama dapat dikumpulkan melalui survei lapangan dan citra satelit.
- Manfaat: Informasi ini memungkinkan petani untuk merespons secara cepat dan efektif terhadap serangan hama, melakukan pengendalian yang tepat, dan mengurangi kerugian hasil.

3. Perencanaan dan Pengelolaan Irigasi

- Deskripsi: SIG digunakan untuk merencanakan sistem irigasi yang efisien dengan mempertimbangkan topografi, jenis tanah, dan kebutuhan air tanaman.
- Manfaat: Dengan SIG, petani dapat meminimalkan penggunaan air dan memastikan distribusi air yang merata ke seluruh area tanam, meningkatkan produktivitas.

4. Analisis Rantai Pasok Pertanian

- Deskripsi: SIG dapat digunakan untuk menganalisis jalur distribusi produk pertanian dari petani ke konsumen. Data tentang lokasi pasar, konsumen, dan infrastruktur transportasi diintegrasikan dalam SIG.

- Manfaat: Dengan analisis ini, petani dapat menemukan cara terbaik untuk mendistribusikan produk mereka, mengurangi biaya transportasi, dan meningkatkan akses ke pasar.

5. Perencanaan Penggunaan Lahan

- Deskripsi: SIG digunakan untuk merencanakan penggunaan lahan secara optimal, termasuk pemetaan area yang cocok untuk pertanian, kehutanan, dan penggunaan lain.
- Manfaat: Ini membantu dalam pengambilan keputusan yang berkelanjutan mengenai pengembangan lahan, menghindari konversi lahan yang tidak produktif, dan mempromosikan penggunaan sumber daya yang efisien.

6. Monitoring dan Evaluasi Keberlanjutan Pertanian

- Deskripsi: SIG dapat digunakan untuk memantau dampak praktik pertanian terhadap lingkungan, termasuk perubahan penggunaan lahan, deforestasi, dan kualitas tanah.
- Manfaat: Dengan data yang diperoleh, petani dan pemangku kepentingan dapat mengevaluasi keberlanjutan praktik pertanian dan membuat keputusan yang lebih baik untuk masa depan.

7. Prediksi dan Mitigasi Bencana

- Deskripsi: SIG digunakan untuk menganalisis data cuaca dan geospasial untuk memprediksi risiko bencana, seperti banjir, kekeringan, atau cuaca ekstrem lainnya.
- Manfaat: Informasi ini memungkinkan petani untuk merencanakan dan menerapkan strategi mitigasi yang tepat untuk melindungi hasil panen.

8. Pemantauan Kesehatan Tanaman

- Deskripsi: SIG mengintegrasikan data dari sensor dan citra satelit untuk memantau kesehatan tanaman secara real-time.
- Manfaat: Dengan informasi ini, petani dapat mendeteksi masalah seperti stres air atau serangan hama lebih awal, sehingga memungkinkan tindakan perbaikan yang cepat.

9. Perencanaan Kebun dan Tanaman

- Deskripsi: SIG memungkinkan petani untuk merencanakan penanaman berbagai jenis tanaman dengan mempertimbangkan

faktor-faktor seperti rotasi tanaman dan kebutuhan sinar matahari.

- Manfaat: Perencanaan yang baik dapat meningkatkan hasil panen dan menjaga kesuburan tanah.

10. Sistem Peringatan Dini

- Deskripsi: SIG dapat digunakan untuk mengembangkan sistem peringatan dini untuk memberikan informasi tentang potensi risiko yang dapat mempengaruhi pertanian.
- Manfaat: Ini membantu petani untuk mengambil langkah-langkah pencegahan yang diperlukan dan mempersiapkan diri terhadap kemungkinan ancaman.

5.3 Tantangan dalam Implementasi SIG di Pertanian

Implementasi Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam pertanian menawarkan banyak manfaat, namun juga menghadapi berbagai tantangan. Berikut adalah beberapa tantangan utama yang dihadapi dalam penerapan SIG di sektor pertanian:

1. Biaya Awal yang Tinggi

- Deskripsi: Penerapan SIG memerlukan investasi yang cukup besar, baik untuk perangkat keras (seperti komputer dan perangkat penyimpanan) maupun perangkat lunak (seperti lisensi SIG). Selain itu, biaya pelatihan untuk staf juga perlu diperhitungkan.
- Dampak: Biaya yang tinggi ini dapat menjadi penghalang bagi petani kecil atau kelompok tani yang memiliki sumber daya terbatas, sehingga menghambat adopsi teknologi ini.

2. Keterampilan dan Pengetahuan

- Deskripsi: SIG adalah alat yang kompleks yang memerlukan pengetahuan teknis untuk digunakan secara efektif. Banyak petani dan tenaga kerja di sektor pertanian mungkin tidak memiliki keterampilan yang diperlukan untuk mengoperasikan sistem SIG.
- Dampak: Kekurangan keterampilan dan pelatihan dapat mengurangi efisiensi penggunaan SIG dan menghambat manfaat yang dapat diperoleh dari sistem tersebut.

3. Keterbatasan Data

- Deskripsi: Ketersediaan data yang berkualitas tinggi dan relevan sangat penting untuk analisis SIG. Di beberapa daerah, data yang dibutuhkan mungkin tidak tersedia, atau jika ada, mungkin tidak akurat atau tidak lengkap.
- Dampak: Keterbatasan data dapat mempengaruhi akurasi analisis dan keputusan yang diambil, sehingga mengurangi efektivitas penggunaan SIG.

4. Konektivitas Internet yang Terbatas

- Deskripsi: Banyak daerah pedesaan atau terpencil di Indonesia masih mengalami keterbatasan akses internet. SIG seringkali memerlukan konektivitas untuk mengunduh data, melakukan pembaruan, dan mengakses platform berbasis cloud.
- Dampak: Keterbatasan ini dapat menghambat penggunaan sistem secara real-time dan mengurangi manfaat teknologi SIG.

5. Interoperabilitas Sistem

- Deskripsi: Banyak petani dan lembaga menggunakan berbagai perangkat lunak dan sistem yang mungkin tidak saling kompatibel. Masalah interoperabilitas dapat timbul ketika mencoba untuk mengintegrasikan data dari berbagai sumber.
- Dampak: Hal ini dapat menyebabkan kesulitan dalam analisis data yang komprehensif dan mengurangi kemampuan untuk mengambil keputusan yang berdasarkan data yang terintegrasi.

6. Perubahan Kebijakan dan Regulasi

- Deskripsi: Kebijakan dan regulasi pemerintah mengenai penggunaan teknologi dalam pertanian dapat berubah, yang dapat mempengaruhi implementasi SIG.
- Dampak: Ketidakpastian dalam kebijakan dapat menyebabkan kekhawatiran di kalangan petani dan investor, sehingga menghambat adopsi SIG.

7. Keterlibatan Stakeholder

- Deskripsi: Implementasi SIG dalam pertanian sering melibatkan berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, peneliti, dan petani. Koordinasi antara berbagai pihak ini bisa menjadi tantangan tersendiri.

- Dampak: Tanpa kerjasama yang baik, implementasi SIG bisa menjadi kurang efektif dan tidak memenuhi kebutuhan yang sebenarnya dari petani.

8. Resistensi terhadap Perubahan

- Deskripsi: Banyak petani yang telah terbiasa dengan metode pertanian tradisional mungkin ragu untuk beralih ke penggunaan teknologi baru seperti SIG.
- Dampak: Resistensi terhadap perubahan ini dapat menghambat adopsi teknologi yang dapat meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian.

9. Kualitas Data dan Validasi

- Deskripsi: Data yang dimasukkan ke dalam sistem SIG harus valid dan akurat. Namun, pengumpulan dan pemeliharaan data yang berkualitas tinggi sering kali menjadi tantangan.
- Dampak: Data yang tidak valid dapat mengarah pada analisis yang salah dan keputusan yang merugikan, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi hasil pertanian.

10. Dampak Lingkungan

- Deskripsi: Penggunaan teknologi seperti SIG harus mempertimbangkan dampak lingkungan, terutama terkait penggunaan sumber daya alam dan ekosistem lokal.
- Dampak: Tanpa perhatian yang tepat terhadap dampak lingkungan, penerapan SIG dapat berpotensi menyebabkan kerusakan lingkungan yang lebih besar.

Meskipun tantangan-tantangan ini ada, penting untuk diingat bahwa dengan perencanaan yang baik, pelatihan, dan dukungan dari pemerintah serta lembaga terkait, banyak dari tantangan ini dapat diatasi. Penerapan SIG dalam pertanian memiliki potensi yang sangat besar untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan, asalkan langkah-langkah yang tepat diambil untuk mengatasi berbagai hambatan yang ada (Hidayati N., 2021).

5.4 Masa Depan SIG dalam Pertanian

Masa depan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam pertanian sangat menjanjikan, terutama dengan kemajuan teknologi yang terus

berkembang. Berikut adalah beberapa tren dan proyeksi yang dapat mempengaruhi penerapan SIG di sektor pertanian dalam waktu dekat:

1. Integrasi dengan Teknologi Baru

- Drone dan Citra Satelit: Penggunaan drone untuk pemetaan lahan dan pemantauan tanaman akan semakin umum. Data yang dihasilkan dari citra satelit dan drone dapat diintegrasikan ke dalam sistem SIG untuk analisis yang lebih mendalam dan akurat.
- Sensor IoT: Internet of Things (IoT) akan memungkinkan penggunaan sensor yang terhubung untuk memantau kondisi tanah, kelembaban, dan kesehatan tanaman secara real-time, memberikan data yang lebih akurat dan up-to-date untuk analisis SIG.

2. Analisis Big Data

- Pengolahan Data Besar: Dengan jumlah data yang terus meningkat dari berbagai sumber, kemampuan untuk mengolah dan menganalisis big data akan menjadi semakin penting. SIG akan berperan dalam mengintegrasikan dan menganalisis data besar untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dan lebih cepat.
- Kecerdasan Buatan (AI): AI dan machine learning dapat digunakan untuk menganalisis data geospasial dan menghasilkan prediksi yang lebih baik tentang hasil panen, serangan hama, dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi pertanian.

3. Pertanian Presisi

- Optimalisasi Input Pertanian: SIG akan mendukung praktik pertanian presisi, di mana petani dapat menerapkan input (seperti pupuk dan pestisida) dengan lebih tepat berdasarkan analisis data spasial. Ini tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga mengurangi dampak lingkungan.
- Manajemen Sumber Daya yang Efisien: Dengan informasi yang tepat, petani dapat mengelola sumber daya seperti air dan tanah dengan lebih efisien, yang penting untuk keberlanjutan pertanian.

4. Pengembangan Platform Berbasis Cloud

- **Aksesibilitas Data:** Penggunaan platform berbasis cloud akan memungkinkan akses data SIG dari berbagai lokasi, memudahkan kolaborasi antara petani, peneliti, dan lembaga pemerintah. Ini akan meningkatkan efektivitas pengambilan keputusan berbasis data.
- **Pembaruan Real-Time:** Data yang terintegrasi dalam cloud akan memungkinkan pembaruan real-time, sehingga petani dapat mengambil keputusan berdasarkan informasi terbaru.

5. Peningkatan Keterlibatan Komunitas

- **Partisipasi Petani:** Masa depan SIG dalam pertanian juga akan melibatkan lebih banyak partisipasi dari petani itu sendiri. Dengan pelatihan yang memadai, petani dapat menggunakan teknologi SIG untuk meningkatkan praktik pertanian mereka.
- **Kolaborasi antara Pemangku Kepentingan:** Kerjasama yang lebih baik antara pemerintah, lembaga riset, dan petani akan memungkinkan pengembangan solusi yang lebih tepat guna dan berkelanjutan.

6. Penerapan Kebijakan yang Mendukung

- **Dukungan Pemerintah:** Kebijakan yang mendukung penerapan teknologi dalam pertanian, termasuk SIG, akan menjadi penting. Insentif dan program pelatihan dari pemerintah dapat mendorong adopsi teknologi ini di kalangan petani.
- **Regulasi dan Standarisasi:** Pengembangan regulasi dan standarisasi dalam penggunaan SIG akan membantu dalam menjaga kualitas dan akurasi data yang digunakan dalam pertanian.

7. Fokus pada Keberlanjutan

- **Pertanian Berkelanjutan:** SIG akan semakin digunakan untuk mempromosikan praktik pertanian berkelanjutan yang menjaga keseimbangan ekosistem dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.
- **Analisis Dampak Lingkungan:** Dengan data yang tepat, SIG dapat membantu dalam analisis dampak lingkungan dari praktik pertanian, sehingga petani dapat membuat keputusan yang lebih ramah lingkungan.

8. Kustomisasi dan Solusi Spesifik

- Solusi yang Disesuaikan: Pengembangan aplikasi SIG yang lebih kustom dan spesifik untuk jenis tanaman tertentu, kondisi tanah, dan iklim akan memungkinkan petani untuk mendapatkan rekomendasi yang lebih relevan dan bermanfaat.
- Penerapan Teknologi Lokal: Dengan memahami konteks lokal, aplikasi SIG dapat lebih relevan dan mudah diterima oleh petani di berbagai daerah.

Masa depan SIG dalam pertanian sangat cerah, dengan potensi untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan. Dengan memanfaatkan kemajuan teknologi dan mengatasi tantangan yang ada, SIG akan terus menjadi alat yang penting dalam transformasi sektor pertanian, membantu petani menghadapi tantangan baru dan memaksimalkan hasil pertanian. Implementasi yang bijaksana dan kolaboratif antara semua pemangku kepentingan akan menjadi kunci untuk mencapai manfaat maksimal dari SIG dalam pertanian.

Bab 6

KEBIJAKAN DAN REGULASI DALAM PERTANIAN DIGITAL

6.1 Kebijakan Pemerintah dalam Pertanian Digital

Pemerintah Indonesia telah meluncurkan berbagai kebijakan dan program pertanian digital untuk mendorong adopsi teknologi digital dalam sektor pertanian, seperti Program *Smart Farming*, Kartu Tani dan Sistem Informasi Pertanian Terpadu (Simluhtan). Program ini bertujuan meningkatkan produktivitas dan efisiensi pertanian melalui pemanfaatan teknologi. *Smart Farming* mengedepankan pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi dalam manajemen pertanian, seperti penggunaan *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan lahan dan peningkatan produktivitas. Konsep ini juga memungkinkan penggunaan data dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat dan efektif (Azis & Suryana, 2023).

Kartu Tani diluncurkan sebagai bagian dari kebijakan subsidi untuk meningkatkan produktivitas pertanian. Penelitian menunjukkan bahwa program ini secara signifikan meningkatkan produktivitas lahan pertanian dengan menggunakan data untuk distribusi pupuk yang lebih efisien dan dukungan terhadap petani dalam mengakses input pertanian (Ashari & Hariani, 2019). Sistem Informasi Pertanian Terpadu (Simluhtan) merupakan sistem informasi yang terintegrasi untuk memfasilitasi pengumpulan dan analisis data pertanian, mendukung pengambilan keputusan berbasis data yang lebih baik bagi para petani (Hermawan, R, 2017). *Roadmap* transformasi digital sektor pertanian di Indonesia disusun untuk mempercepat adopsi teknologi modern, seperti *Internet of Things* (IoT), *drone*, dan analisis *big data*. Tujuan utamanya adalah meningkatkan efisiensi dan produktivitas sektor pertanian

melalui modernisasi rantai pasok, pengelolaan lahan presisi, dan pemantauan *real-time*. Penerapan teknologi ini diharapkan tidak hanya dapat mengurangi biaya produksi, tetapi juga memitigasi resiko seperti perubahan iklim dan serangan hama. Dengan focus pada ketahanan pangan, *roadmap* tersebut memandu pengembangan jangka Panjang agar sektor pertanian lebih adaptif dan berkelanjutan. Pemerintah Indonesia juga mendorong integrasi digital di seluruh rantai produksi, dari tahap budidaya hingga distribusi hasil panen, untuk menciptakan ekosistem pertanian yang lebih efisien dan responsif terhadap kebutuhan pasar.

Sebagai bagian dari *roadmap* ini, pemerintah berfokus pada ketahanan pangan dengan menciptakan ekosistem pertanian yang lebih efisien dan responsif terhadap kebutuhan pasar. Salah satu langkah konkret adalah pengembangan sistem digital yang dapat mengintegrasikan seluruh rantai produksi, mulai dari budidaya hingga distribusi hasil panen. Hal ini memungkinkan petani untuk mengakses informasi yang lebih baik, meningkatkan pengambilan keputusan berbasis data, dan pada akhirnya mendorong produktivitas yang lebih tinggi di sektor pertanian (*Indonesia to Strengthen Agriculture Sector through Digitalisation – OpenGov Asia*, n.d.).

Di Indonesia, beberapa kementerian memainkan peran penting dalam mendorong transformasi digital di sektor pertanian. Kementerian Pertanian bertanggung jawab dalam mengembangkan teknologi budidaya, yang berfokus pada penerapan inovasi untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi. Mereka meluncurkan berbagai program, termasuk *Smart Farming*, yang memanfaatkan teknologi digital untuk membantu petani dalam pengelolaan lahan dan hasil pertanian. Selain itu, Kementerian Komunikasi dan Informatika berfokus pada penyediaan infrastruktur digital yang mendukung penggunaan teknologi di sektor pertanian, seperti sensor yang terintegrasi dengan perangkat ponsel pintar untuk memantau kondisi tanah dan cuaca (Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, 2024).

Sementara itu, Kementerian Desa berperan dalam mendorong pengembangan desa digital, yang bertujuan untuk meningkatkan akses petani terhadap teknologi dan informasi. Melalui program ini, petani diharapkan dapat lebih mudah mengakses data yang diperlukan untuk mengambil keputusan yang lebih baik dalam praktik pertanian mereka.

Sinergi antara kementerian-kementerian ini sangat penting untuk menciptakan ekosistem yang mendukung pertanian digital, yang akan membantu mengatasi tantangan yang dihadapi oleh sektor pertanian di Indonesia (Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, 2024).

Sebagai contoh, Kementerian Kominfo memperkenalkan teknologi sensor yang memungkinkan petani untuk memantau kebutuhan hara dan kondisi cuaca secara *real-time*, memberikan rekomendasi tindakan yang sesuai. Teknologi ini memungkinkan petani untuk lebih efisien dalam penggunaan input pertanian, seperti pupuk dan air, yang berdampak positif terhadap produktivitas (Khalid & Krisiandi, 2022). Keterlibatan berbagai kementerian ini menunjukkan komitmen pemerintah dalam mendorong digitalisasi sektor pertanian, dengan harapan dapat meningkatkan daya saing pertanian Indonesia di kancah global serta mendukung ketahanan pangan nasional.

6.2 Regulasi dan Standar Teknologi dalam Pertanian Digital

Regulasi terkait data dan keamanan siber dalam sektor pertanian digital di Indonesia menjadi hal yang krusial dalam menjamin perlindungan informasi bagi petani dan konsumen. Dalam konteks digitalisasi pertanian, pengumpulan dan analisis data merupakan bagian integral dari proses pengambilan keputusan yang berbasis data. Namun, potensi kebocoran data dan penyalahgunaan informasi dalam rantai pasok menimbulkan risiko yang signifikan. Oleh karena itu, regulasi yang jelas dan tegas diperlukan untuk memastikan bahwa data sensitif dikelola dengan aman dan etis.

Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Pemerintah No. 71 Tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Sistem dan Transaksi Elektronik telah menetapkan kerangka hukum untuk pengelolaan data elektronik, termasuk data pertanian. Regulasi ini mencakup ketentuan mengenai hak dan kewajiban penyelenggara sistem elektronik, serta perlindungan data pribadi yang terkandung dalam sistem tersebut. Selain itu, badan yang mengawasi pelaksanaan regulasi ini, seperti Badan Perlindungan Data Pribadi (PDP), dibentuk untuk memastikan bahwa praktik pengelolaan data memenuhi standar yang ditetapkan dan memberikan sanksi bagi pelanggaran yang terjadi.

Keamanan siber juga menjadi fokus utama dalam upaya melindungi data pertanian. Serangan siber dapat mengakibatkan kehilangan data yang berharga dan merusak sistem yang telah dibangun untuk meningkatkan efisiensi pertanian. Dengan meningkatnya ketergantungan pada platform digital, penting bagi pemerintah untuk menerapkan langkah-langkah keamanan yang memadai, termasuk audit berkala dan pengembangan protokol keamanan yang kuat. Ini tidak hanya akan melindungi data petani, tetapi juga akan meningkatkan kepercayaan publik terhadap sistem digital yang diterapkan. Oleh karena itu, regulasi terkait data dan keamanan siber bukan hanya menjadi sebuah keharusan, tetapi juga sebagai pendorong untuk mendorong adopsi teknologi digital dalam sektor pertanian. Dengan adanya perlindungan hukum yang kuat, petani dapat lebih percaya diri untuk memanfaatkan teknologi digital, sehingga meningkatkan produktivitas dan efisiensi sektor pertanian secara keseluruhan. Pengawasan dan penegakan regulasi yang konsisten akan memainkan peran penting dalam menciptakan ekosistem pertanian digital yang aman dan berkelanjutan (*Indonesia's Data Protection Agency Unveiled*, n.d.).

Standarisasi IoT dan sensor dalam pertanian di Indonesia berperan penting dalam memastikan kompatibilitas teknologi dan kualitas perangkat untuk pengumpulan data secara efektif. IoT dan sensor digunakan dalam pertanian presisi untuk mengumpulkan data cuaca, kelembaban tanah, dan kesehatan tanaman, yang membantu petani dalam pengambilan keputusan berbasis data. Pemerintah melalui Kementerian Pertanian dan Kementerian Komunikasi dan Informatika mendukung penerapan perangkat ini, terutama untuk pengembangan *smart farming* dan *monitoring* berbasis *real-time*. Dalam roadmap transformasi digital, pentingnya standarisasi juga mencakup pengaturan spesifikasi sensor agar perangkat dari berbagai vendor dapat bekerja secara kompatibel dalam satu sistem. Contohnya, dalam beberapa studi, IoT telah digunakan untuk pemantauan kualitas buah dan alga secara otomatis, dengan data yang dikirimkan secara langsung ke pusat kontrol melalui koneksi internet. Selain efisiensi operasional, regulasi juga memperhatikan keamanan data dalam penggunaan IoT dan

jaringan sensor, yang menjadi bagian integral dari transformasi sektor pertanian di Indonesia (Arkeman *et al.*, 2022).

Di samping itu, adopsi teknologi IoT berpotensi meminimalkan risiko produksi seperti serangan hama dan dampak perubahan iklim melalui pemantauan kondisi lahan secara terus-menerus. Dengan demikian, perangkat IoT tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga memungkinkan penggunaan sumber daya yang lebih hemat dan berkelanjutan. Pemerintah terus mendorong standarisasi dan interkoneksi perangkat untuk mendukung ekosistem pertanian digital yang lebih efisien dan responsif terhadap dinamika pasar. Selain adopsi teknologi IoT, terdapat juga regulasi terkait pemanfaatan drone dan satelit dalam Pertanian di Indonesia. Pemerintah Indonesia telah menetapkan beberapa aturan terkait penggunaan drone dan satelit dalam sektor pertanian untuk memastikan operasional yang aman dan efektif. Kementerian Perhubungan mengatur izin terbang drone melalui Peraturan Menteri Perhubungan No. 37 Tahun 2020, yang mengatur wilayah udara, batas ketinggian, dan persyaratan keselamatan. Selain itu, Kementerian Pertanian dan Kementerian Komunikasi dan Informatika mendukung pemanfaatan teknologi ini untuk pemantauan lahan dan manajemen tanaman berbasis data.

Badan Pengatur Penerbangan Nasional (Kementerian Perhubungan) memegang peran utama dalam mengatur akses dan perizinan penggunaan drone, terutama untuk operasi di ruang udara tertentu yang sensitif. Kebijakan ini bertujuan untuk menghindari risiko gangguan terhadap lalu lintas udara dan melindungi area strategis dari penggunaan yang tidak diatur. Selain itu, sektor pertanian diuntungkan dari satelit yang membantu pemetaan dan prakiraan cuaca untuk memitigasi risiko iklim. Penggunaan *drone* di bidang pertanian juga diatur agar selaras dengan inisiatif *precision farming*, yang memungkinkan efisiensi dalam distribusi pupuk dan pestisida. Namun, terdapat tantangan dalam memastikan bahwa setiap operator memenuhi persyaratan sertifikasi dan keamanan data yang memadai. Kebijakan ini membantu menghindari penggunaan ilegal atau penyaluran data tanpa izin, memastikan akuntabilitas yang tinggi bagi pemangku kepentingan.

Satelit digunakan untuk pemetaan lahan dan prediksi cuaca, sementara *drone* membantu distribusi pupuk dan pestisida secara presisi. Selain meningkatkan produktivitas, kebijakan ini juga bertujuan melindungi keamanan data petani dan memastikan perangkat digunakan sesuai standar. Implementasi regulasi ini mendukung ekosistem pertanian berkelanjutan yang lebih adaptif terhadap risiko perubahan iklim (Arza-García & Burgess, 2023). Sistem regulasi yang mendukung integrasi *drone* dan satelit sangat diperlukan dalam membangun ekosistem pertanian cerdas di Indonesia. Hal ini juga relevan dengan upaya negara untuk mengembangkan ketahanan pangan yang adaptif dan berkelanjutan melalui optimalisasi penggunaan teknologi dan pemantauan berbasis data di seluruh rantai produksi pertanian.

6.3 Aspek Hukum Terkait Data dan Privasi dalam Pertanian Digital

Aspek hukum yang terkait dengan data dan privasi dalam pertanian digital di Indonesia berupa perlindungan data petani dan konsumen, regulasi data terbuka dan penggunaan big data, serta tantangan etika dalam penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) dan otomasi. Perlindungan data petani dan konsumen, undang-undang yang melindungi data pribadi bertujuan memastikan informasi petani dan konsumen tidak disalahgunakan. Regulasi ini juga mencakup perlindungan hasil analisis data dan informasi pasar. Regulasi terkait perlindungan data pribadi di Indonesia diatur oleh Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 tentang Perlindungan Data Pribadi (UU PDP), yang berlaku di berbagai sektor termasuk pertanian digital. UU ini bertujuan melindungi informasi pribadi dan menjamin bahwa data petani dan konsumen digunakan secara etis dan transparan, mencegah kebocoran atau penyalahgunaan data. Dalam konteks pertanian digital, informasi seperti profil petani, data hasil produksi, hingga kondisi pasar harus dikelola dengan hati-hati untuk menghindari potensi manipulasi atau penyalahgunaan oleh pihak ketiga.

Selain itu, regulasi lain yang terkait adalah Peraturan Pemerintah Nomor 71 Tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Sistem dan Transaksi Elektronik, yang mengatur tata kelola data dalam sistem digital. Peraturan ini mendukung keamanan data di sektor pertanian, termasuk

penggunaan aplikasi atau platform berbasis *Internet of Things* (IoT) dan big data yang semakin berkembang dalam sektor ini. Pemerintah juga telah mengeluarkan beberapa kebijakan melalui Kementerian Komunikasi dan Informatika terkait perlindungan data dalam sistem elektronik, termasuk Peraturan Menteri Kominfo Nomor 20 Tahun 2016. Regulasi ini menegaskan perlunya transparansi dalam pengumpulan dan penggunaan data petani, sekaligus memberikan hak kepada individu untuk mengetahui dan mengontrol bagaimana data mereka digunakan oleh penyelenggara layanan digital. Adanya regulasi ini penting dalam ekosistem pertanian digital agar tercipta kepercayaan antara petani dan pemangku kepentingan lainnya. Dengan demikian, sektor pertanian dapat memanfaatkan inovasi digital secara optimal dan berkelanjutan.

Lebih jauh, Undang-Undang No. 22 Tahun 2019 tentang Sistem Budi Daya Pertanian Berkelanjutan memperkuat komitmen pemerintah dalam memanfaatkan teknologi dan data sebagai bagian dari pembangunan berkelanjutan di sektor pertanian. Regulasi ini mendorong penerapan sistem pertanian presisi, mitigasi risiko perubahan iklim, dan optimalisasi lahan. Dengan penerapan big data dan keterbukaan informasi publik, sebagaimana diamanatkan oleh UU Keterbukaan Informasi Publik No. 14 Tahun 2008, pemerintah berupaya memastikan bahwa semua pihak, termasuk petani kecil, mendapatkan akses yang adil terhadap informasi pertanian dan pasar. Pemanfaatan AI dan otomasi di sektor pertanian Indonesia menghadirkan tantangan etika signifikan, terutama terkait penggantian tenaga kerja manusia dan potensi ketergantungan pada teknologi asing. Otomasi, seperti *drone* dan mesin pemanen, meskipun meningkatkan efisiensi, dapat mengurangi permintaan tenaga kerja tradisional, yang secara sosial dan ekonomi mempengaruhi komunitas petani. Dampaknya menuntut kebijakan publik yang mampu memitigasi disrupsi sosial ini, seperti melalui program *reskilling* dan pendidikan vokasi untuk petani dan pekerja pertanian (Yudo Setyawan & Marjunus, 2024).

Selain itu, terdapat kekhawatiran bahwa petani dapat menjadi terlalu bergantung pada teknologi asing atau perusahaan teknologi besar yang menyediakan layanan otomatisasi dan AI. Hal ini menimbulkan dilema kedaulatan data dan teknologi, terutama ketika

data pertanian strategis seperti informasi hasil panen dan pola cuaca dikendalikan oleh pihak luar. Untuk mengatasi risiko ini, pemerintah Indonesia telah merumuskan Strategi Nasional Kecerdasan Artifisial (Stranas KA) yang mendorong pengembangan talenta dan teknologi lokal agar negara lebih mandiri secara teknologi (Wiswani Wacika & Ayu Dian Sawitri, 2023). Regulasi terkait keamanan dan etika penggunaan AI ini semakin penting karena AI tidak hanya mengubah aspek teknis, tetapi juga menuntut transparansi dan akuntabilitas dalam pengambilan keputusan. Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kominfo) telah terlibat dalam mengembangkan regulasi AI berbasis prinsip inklusif dan transparan melalui kajian regulasi *sandboxing* untuk memantau dampaknya di berbagai sektor, termasuk pertanian (Nugroho & Tasya, 2023). Langkah ini menandai komitmen Indonesia dalam menciptakan ekosistem AI yang berkelanjutan dan etis, dengan memastikan integrasi teknologi dilakukan tanpa mengorbankan kesejahteraan tenaga kerja dan kedaulatan nasional. Perguruan tinggi juga berperan penting dalam membangun kapasitas sumber daya manusia melalui program studi dan penelitian kecerdasan buatan untuk menghadapi era otomatisasi ini secara adaptif dan inovatif.

6.4 Kebijakan Insentif dan Pembiayaan Pertanian Digital

Pemerintah Indonesia berkomitmen mendukung transformasi digital di sektor pertanian melalui berbagai kebijakan subsidi, insentif, dan akses pembiayaan. Program Kredit Usaha Rakyat (KUR) merupakan salah satu inisiatif unggulan yang memberikan kemudahan bagi petani untuk memperoleh modal usaha. Plafon KUR mikro yang ditingkatkan dan suku bunga rendah bertujuan memperluas akses ke teknologi digital dan alat modern seperti *drone* dan IoT, sehingga meningkatkan produktivitas pertanian dengan risiko finansial yang minimal bagi petani (Ignatia Maria Sri Sayekti, 2021). Pada tingkat internasional, berbagai negara telah menerapkan program serupa. Misalnya, Uni Eropa melalui "*Digital Innovation Hubs*" memberikan insentif bagi petani untuk menggunakan solusi digital dalam pengelolaan lahan dan meningkatkan efisiensi rantai pasok. Selain itu, kemitraan publik-swasta (PPP) seperti proyek Indonesia-Japan *Horticulture Public-Private Partnership* (IJHOP4), menunjukkan potensi

blockchain dalam menyimpan data petani, meningkatkan transparansi, dan mempercepat akses pembiayaan.

Subsidi dan insentif di Indonesia juga mencakup pemotongan pajak bagi pembelian perangkat digital dan *drone*. Ini mendorong petani dan perusahaan untuk mengadopsi teknologi modern. Dalam jangka panjang, kebijakan ini diharapkan memperkuat ekosistem digital dan menciptakan pertanian yang berkelanjutan. Kerja sama antara pemerintah dan sektor swasta sangat penting dalam mempercepat inovasi ini, seperti yang dicontohkan melalui kolaborasi Kementerian Pertanian dengan bank nasional dan platform fintech untuk penyaluran KUR. Pada aspek kebijakan, regulasi seperti Peraturan Menteri Keuangan No. 317 Tahun 2023 menetapkan suku bunga dasar kredit dan subsidi marjin untuk KUR, memastikan stabilitas fiskal dan efisiensi penyaluran kredit bagi petani. Tantangan yang masih dihadapi adalah keterbatasan literasi digital dan infrastruktur di beberapa wilayah, yang dapat menghambat optimalisasi teknologi ini. Dengan kebijakan yang tepat, insentif ini tidak hanya mendorong pemanfaatan teknologi tetapi juga memastikan keberlanjutan finansial bagi petani. Pembiayaan inovatif dan kolaboratif akan memfasilitasi transformasi digital sektor pertanian yang lebih adaptif terhadap dinamika pasar dan tantangan global.

6.5 Peran Pemerintah Daerah dan Kolaborasi Multi-Pihak

Kebijakan daerah memainkan peranan penting dalam mendukung pertanian digital dengan menyesuaikan pendekatan teknologi terhadap potensi dan kebutuhan lokal. Pemerintah daerah dapat menetapkan regulasi yang memungkinkan pengembangan infrastruktur digital yang dibutuhkan, serta menyediakan program pelatihan untuk petani dalam penggunaan teknologi modern. Misalnya, inisiatif pemerintah daerah dalam menyediakan akses terhadap alat pertanian canggih seperti drone untuk pemantauan lahan dapat meningkatkan efisiensi produksi pertanian dan memberikan informasi yang akurat tentang kondisi tanah dan tanaman. Regulasi yang mendukung ini juga mencakup insentif fiskal bagi petani yang beralih ke teknologi digital, seperti pengurangan pajak atau subsidi untuk pembelian perangkat teknologi.

Kolaborasi antara pemerintah daerah, perguruan tinggi, dan sektor industri menjadi sangat penting dalam mendorong pertanian digital. Perguruan tinggi, sebagai lembaga riset dan pendidikan, dapat berkontribusi dalam pengembangan teknologi yang inovatif dan relevan dengan kebutuhan lokal. Sebagai contoh, kerjasama antara Balitbangtan dan Institut Pertanian Bogor (IPB) telah menghasilkan teknologi baru yang dapat diterapkan dalam pertanian modern, seperti sistem manajemen tanah pintar dan pemantauan menggunakan *drone*. Melalui kolaborasi ini, petani juga dapat menerima pelatihan yang diperlukan untuk menggunakan teknologi baru secara efektif, yang pada gilirannya meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian.

Pada tingkat internasional, kerjasama dengan lembaga seperti FAO dan Bank Dunia sangat berharga dalam memberikan akses pada teknologi baru dan praktik terbaik dari negara lain. Misalnya, FAO memiliki program yang fokus pada digitalisasi sektor pertanian untuk meningkatkan ketahanan pangan dan keberlanjutan di negara berkembang. Kerjasama semacam ini tidak hanya menyediakan dukungan teknis, tetapi juga sumber daya finansial untuk pengembangan infrastruktur digital di tingkat lokal. Dalam konteks regulasi, beberapa negara telah merumuskan kebijakan untuk mengatur penggunaan teknologi baru dalam pertanian, misalnya melalui standar internasional untuk teknologi pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Secara keseluruhan, kebijakan daerah, kolaborasi antara berbagai pihak, dan kerjasama internasional adalah elemen kunci dalam mempercepat adopsi teknologi digital di sektor pertanian. Melalui langkah-langkah ini, diharapkan sektor pertanian Indonesia dapat bersaing lebih baik di pasar global, meningkatkan daya saing petani lokal, dan mencapai ketahanan pangan yang lebih baik di masa depan.

6.6 Tantangan dan Peluang Implementasi Kebijakan Pertanian Digital

Kesenjangan digital dan infrastruktur di Indonesia, khususnya di daerah pedesaan, menjadi tantangan utama dalam pengembangan pertanian digital. Meskipun pemerintah telah meluncurkan berbagai inisiatif untuk memperluas akses internet, seperti program *Universal Service Obligation (USO)* yang bertujuan untuk menyediakan akses telekomunikasi di seluruh wilayah Indonesia, masih banyak desa yang tidak memiliki koneksi internet yang memadai. Menurut data dari Asosiasi Penyelenggara Jaringan Internet Indonesia (APJII), pada tahun 2022, penetrasi internet di Indonesia baru mencapai sekitar 76% dari total populasi, dengan angka ini jauh lebih rendah di daerah pedesaan. Akses ini menghambat petani dalam memanfaatkan teknologi informasi yang dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi pertanian mereka. Infrastruktur yang kurang memadai dalam hal jaringan, listrik, dan fasilitas pendukung lainnya semakin memperburuk situasi ini, sehingga menuntut perhatian lebih dari pemerintah dan *stakeholder* terkait untuk menginvestasikan sumber daya dalam pembangunan infrastruktur digital di pedesaan.

Kendala regulasi dan birokrasi juga menjadi penghalang signifikan dalam adopsi teknologi baru di sektor pertanian. Proses perizinan yang rumit dan lambat seringkali membuat petani ragu untuk berinvestasi dalam teknologi modern. Misalnya, penggunaan *drone* untuk pemantauan tanaman memerlukan izin dari Kementerian Perhubungan yang dapat memakan waktu berbulan-bulan. Hal ini mengakibatkan ketidakpastian bagi petani dan pelaku usaha lainnya yang ingin memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan produktivitas mereka. Regulasi yang mendukung seperti *Undang-Undang No. 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja* yang bertujuan untuk menyederhanakan proses perizinan, perlu diterapkan secara efektif untuk mendorong adopsi teknologi baru di sektor pertanian.

Selayaknya negara telah menerapkan kebijakan yang lebih progresif untuk mengatasi kesenjangan digital dan meningkatkan infrastruktur pertanian. Contohnya, di Amerika Serikat, program *Connect America Fund* yang diluncurkan oleh *Federal Communications Commission (FCC)* berfokus pada peningkatan akses internet di daerah pedesaan, serta program *Precision Agriculture* yang mendukung petani

dalam mengadopsi teknologi canggih seperti sensor dan *drone*. Uni Eropa juga aktif dalam *Digital Single Market* yang mencakup berbagai langkah untuk mempercepat transformasi digital di sektor pertanian, termasuk akses yang lebih baik terhadap teknologi dan informasi.

Dengan adanya peluang dalam era Revolusi Industri 4.0 dan 5.0, sektor pertanian di Indonesia memiliki potensi besar untuk berkembang melalui pemanfaatan teknologi berbasis AI, robotika, dan IoT. Penerapan teknologi ini dapat meningkatkan efisiensi dalam manajemen sumber daya dan produksi pertanian. Namun, untuk mencapai hal ini, diperlukan kerjasama yang solid antara pemerintah, perguruan tinggi, dan sektor swasta. Salah satu contoh positif adalah kerjasama antara Kementerian Pertanian dan perguruan tinggi dalam mengembangkan teknologi pertanian modern yang sesuai dengan kebutuhan lokal. Kolaborasi ini tidak hanya meningkatkan kapasitas penelitian, tetapi juga memastikan bahwa teknologi yang dikembangkan relevan dan dapat diimplementasikan secara praktis di lapangan.

Sebagai kesimpulan, kesenjangan digital dan infrastruktur di daerah pedesaan serta mengatasi kendala regulasi dan birokrasi menjadi langkah penting untuk memanfaatkan peluang yang ditawarkan oleh teknologi dalam sektor pertanian. Dengan kebijakan yang tepat dan kolaborasi yang kuat antara semua pihak, Indonesia dapat bertransformasi menjadi negara dengan sektor pertanian yang *modern* dan berkelanjutan, berdaya saing tinggi di kancah global.

6.7 Studi Kasus: Implementasi Kebijakan Pertanian Digital di Indonesia

Program Smart Farming di Indonesia semakin berkembang seiring dengan meningkatnya pemahaman tentang pentingnya teknologi dalam meningkatkan produktivitas pertanian. Beberapa daerah, seperti Kabupaten Indramayu dan Bali, telah berhasil mengimplementasikan konsep smart farming melalui penerapan teknologi Internet of Things (IoT) dan aplikasi berbasis data. Di Indramayu, petani menggunakan sensor IoT untuk memantau kondisi tanah dan kelembaban secara real-time, yang memungkinkan mereka untuk mengoptimalkan penggunaan air dan pupuk, serta meningkatkan hasil panen. Sementara itu, di Bali, teknologi digital diterapkan dalam

manajemen hasil pertanian, membantu petani dalam aspek pemasaran dan distribusi produk mereka. Pemerintah Indonesia mendukung inisiatif ini melalui *Peraturan Menteri Pertanian No. 39 Tahun 2016* yang mendorong pemanfaatan teknologi modern dalam pertanian, serta berbagai program subsidi dan pelatihan untuk petani.

Dampak dari kebijakan digital terhadap produktivitas dan keberlanjutan di sektor pertanian Indonesia mulai terlihat dengan jelas. Penelitian yang dilakukan oleh Kementerian Pertanian bersama Universitas Gadjah Mada menunjukkan bahwa penggunaan drone dan aplikasi berbasis AI dapat meningkatkan efisiensi produksi hingga 30%. Penerapan teknologi ini memungkinkan petani untuk melakukan pemantauan yang lebih akurat, peramalan hasil panen yang lebih baik, serta pengendalian hama yang lebih efektif. Dalam studi tersebut, petani yang menerapkan teknologi modern melaporkan peningkatan hasil panen antara 20-25% dibandingkan dengan metode pertanian konvensional. Selain itu, *Sistem Informasi Pertanian Terpadu (Simluhtan)* berfungsi sebagai platform yang membantu petani dalam pengambilan keputusan berbasis data, sehingga meningkatkan daya saing mereka di pasar.

Di tingkat internasional, kebijakan dan teknologi serupa juga diterapkan untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan dalam pertanian. Di Amerika Serikat, program *Precision Agriculture* yang didukung oleh Departemen Pertanian AS memanfaatkan teknologi seperti drone, sensor, dan analisis data untuk meningkatkan hasil pertanian dan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Inisiatif ini mencakup pelatihan bagi petani tentang cara menggunakan teknologi baru dan memperkenalkan alat canggih untuk mengoptimalkan proses produksi. Uni Eropa juga mengimplementasikan program *Digital Farming Initiative*, yang bertujuan untuk meningkatkan penggunaan teknologi digital dalam pertanian dan mengintegrasikan praktik pertanian berkelanjutan.

Kerjasama internasional dalam penelitian dan pengembangan teknologi pertanian juga menjadi semakin penting. Lembaga seperti Food and Agriculture Organization (FAO) dan Bank Dunia seringkali memberikan dukungan teknis dan finansial untuk membantu negara-negara berkembang mengadopsi teknologi pertanian yang inovatif.

Melalui kolaborasi ini, negara-negara dapat mengakses teknologi baru, berbagi praktik terbaik, dan memperkuat kapasitas lokal untuk mengatasi tantangan pertanian yang dihadapi (FAO, 2020).

Secara keseluruhan, penerapan program Smart Farming dan dampak positif dari kebijakan digital menunjukkan bahwa teknologi modern tidak hanya penting untuk meningkatkan produktivitas, tetapi juga untuk mencapai keberlanjutan dalam sektor pertanian. Pemerintah, baik di tingkat nasional maupun internasional, perlu terus mendukung dan mengembangkan kebijakan yang mendorong penggunaan teknologi ini, serta memastikan bahwa petani di semua tingkatan memiliki akses ke sumber daya dan pengetahuan yang diperlukan untuk beradaptasi dengan perubahan ini.

Bab 7

MASA DEPAN *SMART FARMING* DAN INOVASI DIGITAL

7.1 Pengenalan Inovasi Digital dalam Pertanian

Inovasi digital dalam pertanian, atau yang sering dikenal sebagai *smart farming*, telah mengalami perkembangan pesat dalam beberapa tahun terakhir. Transformasi digital ini merujuk pada penggunaan teknologi berbasis data untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan dalam sektor pertanian. Konsep *smart farming* mencakup penggunaan sensor, perangkat IoT (*Internet of Things*), kecerdasan buatan (AI), serta teknologi seperti drone dan robotik untuk mengelola lahan pertanian dengan lebih efisien. Penerapan inovasi digital ini menjanjikan peningkatan signifikan dalam cara pertanian dikelola, termasuk dalam hal penggunaan sumber daya dan hasil panen yang lebih baik (Basso & Antle, 2020).

Salah satu aspek utama dari inovasi digital dalam pertanian adalah peningkatan kemampuan untuk memantau dan mengelola berbagai variabel di lahan pertanian secara *real-time*. Sensor yang terhubung dengan teknologi IoT memungkinkan petani untuk mendapatkan data akurat mengenai kondisi tanah, kelembaban, suhu, dan pertumbuhan tanaman. Data ini dapat diproses secara otomatis melalui algoritma kecerdasan buatan untuk memberikan rekomendasi yang tepat bagi petani. Misalnya, teknologi ini memungkinkan penentuan waktu yang optimal untuk irigasi, pemupukan, atau penyemprotan pestisida, sehingga penggunaan sumber daya menjadi lebih efisien dan ramah lingkungan.

Penggunaan drone dan citra satelit juga merupakan bagian integral dari inovasi digital dalam pertanian. Dengan menggunakan

drone yang dilengkapi kamera canggih, petani dapat memantau perkembangan tanaman dari ketinggian dan mendapatkan pandangan yang lebih luas mengenai kondisi lahan. Teknologi ini memungkinkan identifikasi masalah seperti serangan hama atau kekurangan nutrisi pada tanaman secara dini, yang dapat diatasi sebelum menyebabkan kerusakan besar. Citra satelit juga menyediakan data yang dapat digunakan untuk analisis jangka panjang mengenai perubahan lahan dan dampak perubahan iklim terhadap produksi pertanian (Sishodia et al., 2020).

Inovasi digital juga memperkenalkan konsep pertanian presisi, yang berfokus pada penerapan teknik dan teknologi untuk mengelola lahan dengan presisi tinggi. Hal ini mencakup penggunaan alat-alat berbasis GPS untuk menanam benih dan aplikasi pemupukan secara presisi, berdasarkan kebutuhan spesifik dari setiap bagian lahan. Dengan demikian, petani dapat menghindari pemborosan sumber daya dan memastikan bahwa tanaman mendapatkan nutrisi yang optimal. Pendekatan ini juga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, karena penggunaan pupuk dan pestisida dapat dikontrol dengan lebih baik.

Di sisi lain, inovasi digital tidak hanya terbatas pada pengelolaan lahan dan tanaman. Teknologi ini juga membawa perubahan dalam rantai pasokan pertanian. Melalui penggunaan teknologi *blockchain*, informasi mengenai asal-usul produk pertanian dapat dilacak dengan lebih mudah dan transparan. Konsumen dapat mengetahui dari mana produk yang mereka beli berasal dan bagaimana proses produksinya. Ini memberikan jaminan terhadap kualitas dan keamanan pangan, sekaligus mendukung praktik pertanian yang berkelanjutan.

Meskipun inovasi digital membawa banyak manfaat, adopsinya di kalangan petani masih menghadapi beberapa tantangan. Salah satunya adalah akses terhadap teknologi. Banyak petani, terutama di negara berkembang, belum memiliki akses yang memadai terhadap perangkat digital dan infrastruktur yang diperlukan untuk mengimplementasikan *smart farming*. Keterbatasan konektivitas *internet*, mahalnya teknologi, serta kurangnya pengetahuan mengenai cara menggunakan teknologi tersebut merupakan hambatan utama yang perlu diatasi. Oleh karena itu, dukungan dari pemerintah dan sektor

swasta sangat penting untuk mempercepat adopsi teknologi ini di kalangan petani (Puri et al., 2021).

Pendidikan dan pelatihan juga menjadi faktor penting dalam penerapan inovasi digital dalam pertanian. Petani perlu dilatih untuk menggunakan teknologi baru, memahami data yang dihasilkan, dan menerapkan rekomendasi yang diberikan oleh sistem berbasis AI. Pelatihan ini dapat diberikan melalui program-program penyuluhan pertanian atau melalui *platform* digital yang dirancang khusus untuk petani. Dengan demikian, inovasi digital dapat diintegrasikan secara efektif ke dalam praktik pertanian sehari-hari, menghasilkan manfaat jangka panjang yang signifikan (Lajoie-O'Malley et al., 2020).

Inovasi digital dalam pertanian juga memberikan peluang besar bagi keberlanjutan lingkungan. Dengan menggunakan teknologi yang memungkinkan pengelolaan sumber daya secara efisien, pertanian dapat berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca dan menjaga keseimbangan ekosistem. Misalnya, teknologi irigasi presisi dapat mengurangi penggunaan air, sementara penggunaan sensor untuk pemantauan tanaman dapat mengurangi penggunaan pupuk dan pestisida yang berlebihan. Dengan demikian, inovasi digital berpotensi mengubah sektor pertanian menjadi lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (Rose et al., 2021).

Inovasi digital juga memainkan peran penting dalam meningkatkan ketahanan pangan global. Dengan pertumbuhan populasi dunia yang terus meningkat, kebutuhan akan pangan juga semakin besar. Teknologi seperti kecerdasan buatan, sensor, dan drone dapat membantu petani meningkatkan produksi pangan secara signifikan, sekaligus menjaga kualitas dan keberlanjutan produksi. Di banyak negara, teknologi ini juga membantu petani kecil untuk meningkatkan hasil panen mereka dan memperbaiki kesejahteraan ekonomi mereka. Dengan kata lain, inovasi digital dapat berperan penting dalam mengatasi tantangan pangan di masa depan.

Inovasi digital dalam sektor pertanian menawarkan peluang yang sangat menjanjikan untuk mengatasi berbagai tantangan yang dihadapi dalam produksi pangan global. Dengan teknologi canggih seperti sensor dan drone, petani dapat memantau lahan pertanian mereka secara *real-time*, mengidentifikasi masalah seperti penyakit

tanaman atau kekurangan nutrisi dengan lebih cepat, dan melakukan tindakan yang lebih tepat sasaran. Selain itu, penerapan teknologi *blockchain* dalam rantai pasokan menciptakan transparansi yang lebih besar, memungkinkan konsumen untuk melacak asal-usul produk pangan dengan lebih akurat, serta memastikan bahwa praktik pertanian berkelanjutan dijalankan dengan baik. Inovasi-inovasi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga mendukung keberlanjutan dan keamanan pangan dalam jangka panjang.

Agar manfaat teknologi digital ini dapat dirasakan secara luas, keterlibatan lebih besar dari berbagai pemangku kepentingan sangat diperlukan. Pemerintah memiliki peran penting dalam menciptakan regulasi yang mendukung adopsi teknologi di sektor pertanian, termasuk insentif bagi petani untuk berinvestasi dalam teknologi baru serta pengembangan infrastruktur digital di pedesaan. Di sisi lain, sektor swasta juga harus berperan aktif dalam menyediakan solusi teknologi yang dapat diakses dan digunakan oleh petani skala kecil maupun besar. Kolaborasi antara pemerintah dan sektor swasta dapat mempercepat adopsi teknologi digital dalam pertanian dan menciptakan ekosistem yang mendukung inovasi.

Salah satu kunci keberhasilan adopsi teknologi digital di sektor pertanian adalah pendidikan dan pelatihan bagi petani. Banyak petani, terutama di negara berkembang, masih belum familiar dengan teknologi digital dan mungkin menghadapi tantangan dalam mengintegrasikan teknologi tersebut ke dalam praktik pertanian sehari-hari. Oleh karena itu, program pelatihan yang komprehensif diperlukan untuk membantu petani memahami cara menggunakan teknologi ini dengan efektif, termasuk pelatihan tentang pertanian presisi, analisis data, dan penggunaan perangkat digital. Dengan pendidikan dan pelatihan yang tepat, inovasi digital dapat memberdayakan petani untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan usaha mereka, serta menjadikan teknologi sebagai pilar utama dalam transformasi pertanian menuju masa depan yang lebih inklusif, produktif, dan berkelanjutan.

7.2 Penggunaan Data untuk Meningkatkan Keputusan Pertanian

Dalam beberapa dekade terakhir, penggunaan data dalam pertanian telah menjadi semakin penting. Pengumpulan dan analisis data di sektor pertanian memberikan peluang besar untuk meningkatkan pengambilan keputusan yang lebih tepat, efektif, dan efisien. Salah satu konsep utama dalam transformasi ini adalah *data-driven agriculture*, yang mengandalkan berbagai sumber data, seperti sensor, satelit, dan drone, untuk memberikan informasi *real-time* mengenai kondisi tanah, tanaman, dan lingkungan sekitar. Penggunaan data ini membantu petani membuat keputusan yang lebih baik dalam hal pemilihan waktu tanam, irigasi, pemupukan, hingga panen, yang pada akhirnya meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian.

Teknologi penginderaan jauh dan drone telah memungkinkan petani untuk mengumpulkan data visual dan multispektral dari lahan pertanian mereka. Data ini kemudian dianalisis untuk memberikan informasi yang mendalam tentang status tanaman, kesehatan tanah, dan kebutuhan sumber daya seperti air dan pupuk. Dengan pemanfaatan teknologi ini, petani dapat mengidentifikasi masalah seperti kekurangan nutrisi atau penyakit tanaman lebih awal, sehingga tindakan pencegahan dapat diambil sebelum masalah tersebut memburuk. Hal ini tidak hanya mengurangi potensi kerugian tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya (Barbosa et al., 2021).

Teknologi IoT (*Internet of Things*) dalam pertanian memungkinkan pengumpulan data secara *real-time* dari berbagai perangkat yang terhubung, seperti sensor tanah, cuaca, dan kelembapan. Sensor-sensor ini memberikan data secara kontinu yang dapat dianalisis untuk membantu petani dalam mengambil keputusan berbasis data. Sebagai contoh, dengan data kelembapan tanah yang diperoleh dari sensor, petani dapat menentukan kapan dan berapa banyak air yang dibutuhkan oleh tanaman mereka, sehingga mengurangi pemborosan air dan mengoptimalkan irigasi. Keputusan berbasis data seperti ini tidak hanya menghemat biaya tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan.

Pemanfaatan data juga memainkan peran penting dalam sistem pemupukan presisi. Dengan bantuan data yang dikumpulkan dari lahan, petani dapat mengetahui kebutuhan nutrisi spesifik dari setiap

area lahan pertanian. Berdasarkan informasi ini, pemupukan dapat dilakukan secara tepat, hanya pada area yang membutuhkan, dan dalam jumlah yang sesuai. Pemupukan presisi ini tidak hanya meningkatkan hasil panen tetapi juga mengurangi dampak lingkungan negatif akibat penggunaan pupuk yang berlebihan. Penggunaan data untuk menentukan kebutuhan nutrisi tanaman telah terbukti meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya produksi secara signifikan (Kamilaris et al., 2019).

Teknologi kecerdasan buatan (AI) dan pembelajaran mesin (*machine learning*) juga mulai digunakan dalam analisis data pertanian. AI dapat mengolah data dalam jumlah besar yang diperoleh dari berbagai sumber untuk memberikan prediksi mengenai cuaca, pertumbuhan tanaman, dan hasil panen. Dengan menggunakan algoritma pembelajaran mesin, sistem ini dapat mempelajari pola-pola dari data historis dan memberikan rekomendasi yang lebih akurat kepada petani. Misalnya, AI dapat memprediksi waktu terbaik untuk menanam atau memanen tanaman berdasarkan analisis data cuaca dan kondisi tanah. Penerapan AI dalam pertanian telah menunjukkan potensi besar dalam mengoptimalkan proses pertanian dan meningkatkan hasil (Bronson & Knezevic, 2020).

Data yang dihasilkan dari alat penginderaan dan analisis dapat digunakan untuk perencanaan jangka panjang. Dengan mengamati data historis mengenai kondisi cuaca, tanah, dan hasil panen, petani dapat membuat perencanaan yang lebih baik untuk musim tanam berikutnya. Data ini membantu petani mengidentifikasi pola-pola perubahan lingkungan dan cuaca yang dapat mempengaruhi hasil pertanian mereka. Sebagai contoh, petani dapat mengubah jadwal tanam atau memilih varietas tanaman yang lebih tahan terhadap kondisi cuaca tertentu berdasarkan analisis data tersebut.

Penggunaan data dalam pertanian juga membawa dampak besar dalam manajemen rantai pasok. Data mengenai hasil panen, permintaan pasar, dan harga komoditas dapat membantu petani dalam merencanakan produksi mereka secara lebih efisien. Dengan adanya informasi yang akurat mengenai tren pasar, petani dapat menghindari kelebihan produksi yang dapat menyebabkan penurunan harga. Sebaliknya, mereka juga dapat mempersiapkan diri untuk memenuhi

permintaan pasar yang meningkat. Teknologi *blockchain*, misalnya, memungkinkan petani untuk melacak pergerakan produk mereka sepanjang rantai pasok dan memastikan transparansi, yang pada akhirnya meningkatkan kepercayaan konsumen.

Dalam konteks pertanian global, data juga memainkan peran penting dalam meningkatkan ketahanan pangan. Dengan pemantauan data secara *real-time*, organisasi dan pemerintah dapat mengidentifikasi area yang berisiko mengalami kekurangan pangan akibat kondisi lingkungan yang buruk atau perubahan iklim. Data ini memungkinkan intervensi yang lebih dini, seperti pengiriman bantuan pangan atau pengaturan ulang strategi produksi, untuk mencegah krisis pangan. Oleh karena itu, penggunaan data tidak hanya membantu petani individual tetapi juga berkontribusi pada ketahanan pangan secara global (Finger et al., 2019).

Di samping semua manfaat tersebut, salah satu tantangan terbesar dalam penggunaan data di sektor pertanian adalah aksesibilitas dan keterjangkauan teknologi. Banyak petani kecil, terutama di negara berkembang, masih kesulitan untuk mendapatkan teknologi yang diperlukan untuk mengumpulkan dan menganalisis data. Selain itu, masih terdapat kesenjangan dalam hal kemampuan dan pengetahuan untuk menginterpretasikan data tersebut. Oleh karena itu, penting untuk memberikan pelatihan dan dukungan kepada petani agar mereka dapat memanfaatkan teknologi ini dengan baik. Pemerintah dan organisasi non-pemerintah memainkan peran penting dalam mengatasi hambatan ini melalui program-program edukasi dan akses subsidi teknologi (Shepherd et al., 2020).

Penggunaan data dalam pertanian menghadirkan potensi luar biasa untuk mengubah cara sektor ini beroperasi. Dengan memanfaatkan analisis data yang canggih, petani dapat mengelola lahan dan sumber daya mereka dengan lebih efisien, seperti menentukan jumlah pupuk dan air yang optimal berdasarkan kondisi spesifik tanah dan cuaca. Selain itu, data yang dikumpulkan melalui sensor, drone, dan perangkat IoT memungkinkan pemantauan kondisi tanaman secara *real-time*, yang membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat waktu dan presisi, sehingga hasil panen dapat meningkat dan risiko kerugian dapat diminimalkan. Pertanian berbasis data juga

memungkinkan identifikasi tren pasar dan prediksi permintaan, yang berkontribusi pada peningkatan keuntungan dan penyesuaian strategi produksi.

Dengan semakin majunya teknologi digital, terutama kecerdasan buatan (AI) dan *machine learning*, pertanian berbasis data berpotensi menjadi solusi kunci untuk memastikan ketersediaan pangan global di tengah tantangan populasi yang terus bertambah dan perubahan iklim. Teknologi ini membantu petani mengatasi tantangan-tantangan tersebut dengan menyediakan informasi yang mendalam dan akurat mengenai pola cuaca, serangan hama, serta prediksi hasil panen. Selain itu, penggunaan data memungkinkan petani untuk mengelola praktik pertanian yang lebih berkelanjutan, seperti mengurangi penggunaan pestisida dan energi, serta menjaga kualitas tanah dalam jangka panjang. Ini sangat penting untuk menjaga keseimbangan lingkungan dan memastikan bahwa pertanian tidak hanya memenuhi kebutuhan saat ini tetapi juga berkelanjutan di masa depan.

Manfaat penuh dari pertanian berbasis data hanya dapat tercapai jika semua petani, terutama mereka di daerah pedesaan atau negara berkembang, memiliki akses yang merata terhadap teknologi dan data ini. Kesenjangan teknologi antara petani skala besar dan petani kecil dapat memperlebar disparitas dalam produktivitas dan pendapatan. Oleh karena itu, perlu ada upaya yang signifikan dari pemerintah, sektor swasta, dan organisasi nirlaba untuk menyediakan infrastruktur yang mendukung, serta pelatihan yang memadai agar petani dapat menggunakan data secara efektif dalam pengambilan keputusan mereka. Dukungan yang lebih besar juga diperlukan dalam hal pendanaan dan penyediaan alat teknologi yang terjangkau bagi petani kecil, agar mereka dapat sepenuhnya memanfaatkan potensi pertanian berbasis data dan ikut berkontribusi pada ketahanan pangan global.

Dalam jangka panjang, pertanian berbasis data akan terus memainkan peran penting dalam menghadapi tantangan yang semakin kompleks dalam sistem pangan global. Kolaborasi antara petani, pemerintah, lembaga riset, dan sektor swasta dalam pemanfaatan teknologi data akan menjadi kunci untuk mewujudkan sektor pertanian yang lebih produktif, inklusif, dan ramah lingkungan. Dengan adopsi teknologi data yang merata dan didukung oleh kebijakan yang tepat,

sektor pertanian global akan lebih siap untuk menghadapi tantangan masa depan, menjaga keberlanjutan produksi pangan, serta meningkatkan kesejahteraan petani di seluruh dunia.

7.3 Blockchain dalam Smart farming

Teknologi *blockchain* telah menarik perhatian di berbagai sektor, termasuk sektor pertanian, karena kemampuannya untuk meningkatkan transparansi, keamanan, dan efisiensi dalam pengelolaan rantai pasokan. Dalam konteks *smart farming*, *blockchain* dapat digunakan untuk melacak setiap tahap proses produksi pertanian, mulai dari penanaman hingga distribusi, yang memberikan keamanan dan keandalan data yang tidak bisa diubah. Dengan teknologi ini, informasi tentang produk pertanian dapat diakses oleh semua pihak yang terlibat, termasuk petani, distributor, pengecer, dan konsumen, sehingga menciptakan rantai pasokan yang lebih transparan dan terpercaya (Tian, 2019).

Salah satu manfaat utama *blockchain* dalam *smart farming* adalah peningkatan transparansi rantai pasok. Di dunia pertanian, produk sering kali melewati berbagai tahap dari petani ke konsumen, yang mencakup proses penyimpanan, pengolahan, dan distribusi. Dalam sistem tradisional, rantai pasokan ini bisa sangat rumit dan rentan terhadap penipuan atau kesalahan pencatatan. Dengan *blockchain*, setiap transaksi dan pergerakan produk dapat dicatat dan diverifikasi, sehingga memungkinkan setiap aktor dalam rantai pasok untuk melacak asal-usul produk dan memastikan bahwa informasi yang diberikan kepada konsumen adalah akurat.

Selain transparansi, *blockchain* juga memberikan keamanan data yang lebih baik. Di sektor pertanian, banyak pihak terlibat dalam proses produksi dan distribusi, termasuk petani, perusahaan logistik, dan pengecer. Data yang terkait dengan pertanian, seperti kualitas tanah, penggunaan pestisida, dan metode penyimpanan, harus disimpan dengan aman agar tidak dapat diubah atau dipalsukan. Dengan *blockchain*, data ini dienkripsi dan disimpan dalam jaringan yang terdesentralisasi, yang membuatnya lebih sulit untuk diretas atau dimanipulasi. Hal ini memberikan jaminan kepada semua pihak bahwa

informasi yang diberikan adalah asli dan tidak dapat diubah tanpa persetujuan dari semua anggota jaringan.

Penggunaan *blockchain* dalam pertanian juga memungkinkan sistem pembayaran yang lebih cepat dan aman. Dalam banyak kasus, petani mengalami penundaan pembayaran karena proses administrasi yang lambat atau kurangnya transparansi dalam transaksi keuangan. Dengan *blockchain*, pembayaran dapat diproses lebih cepat dan tanpa perantara, yang mengurangi waktu tunggu bagi petani untuk menerima pembayaran. Selain itu, sistem ini memungkinkan adanya audit yang lebih baik atas transaksi keuangan, karena setiap pembayaran dan transaksi dicatat dalam buku besar yang tidak dapat diubah, sehingga mencegah potensi kecurangan atau penyimpangan dana (Zhao et al., 2020).

Blockchain dapat mendukung perdagangan internasional dengan meningkatkan efisiensi dan kepercayaan antar negara. Dalam perdagangan produk pertanian internasional, berbagai dokumen seperti sertifikasi produk, izin ekspor, dan dokumen bea cukai harus dipertukarkan antara berbagai pihak. Proses ini bisa sangat memakan waktu dan rentan terhadap kesalahan atau penipuan. Dengan menggunakan *blockchain*, semua dokumen dan informasi terkait dapat disimpan dalam satu *platform* yang dapat diakses oleh semua pihak yang berkepentingan. Hal ini tidak hanya mempercepat proses tetapi juga memastikan bahwa dokumen tersebut valid dan sah (Tripoli & Schmidhuber, 2020).

Dalam kaitannya dengan keberlanjutan, *blockchain* dapat membantu memastikan bahwa praktik-praktik pertanian yang berkelanjutan benar-benar diterapkan di lapangan. Banyak konsumen saat ini lebih peduli terhadap asal-usul produk yang mereka beli dan ingin memastikan bahwa produk tersebut diproduksi secara bertanggung jawab dan ramah lingkungan. Dengan *blockchain*, petani dapat mencatat setiap langkah dalam proses produksi, mulai dari penggunaan pupuk organik hingga pengelolaan air yang efisien, sehingga konsumen dapat dengan mudah melacak apakah produk tersebut diproduksi sesuai dengan standar keberlanjutan yang diinginkan. Hal ini juga mendorong petani untuk lebih bertanggung

jawab terhadap lingkungan karena setiap tindakan mereka akan terekam secara permanen dalam *blockchain* (Cole et al., 2021).

Keunggulan lain dari *blockchain* dalam *smart farming* adalah kemampuannya untuk mengintegrasikan kontrak pintar (*smart contracts*). Kontrak pintar adalah program yang berjalan di atas *blockchain* dan otomatis mengeksekusi perjanjian antara dua pihak berdasarkan kondisi yang telah ditentukan. Dalam konteks pertanian, kontrak pintar dapat digunakan untuk memfasilitasi berbagai transaksi, seperti pembelian bahan baku, pemesanan produk, dan pengelolaan rantai pasokan. Sebagai contoh, jika seorang petani memenuhi syarat tertentu yang telah disepakati, seperti pengiriman produk pada waktu yang ditentukan, kontrak pintar secara otomatis akan memproses pembayaran kepada petani tanpa memerlukan campur tangan pihak ketiga.

Meskipun *blockchain* menawarkan banyak manfaat bagi sektor pertanian, ada juga beberapa tantangan yang harus diatasi untuk mencapai adopsi yang lebih luas. Salah satu tantangan utama adalah biaya implementasi teknologi ini. Membangun infrastruktur *blockchain* yang kuat membutuhkan investasi yang besar, terutama bagi petani kecil yang mungkin tidak memiliki sumber daya yang cukup. Selain itu, ada kebutuhan untuk meningkatkan pemahaman dan kesadaran tentang bagaimana *blockchain* dapat diterapkan secara efektif dalam pertanian. Banyak petani mungkin tidak familiar dengan teknologi ini dan memerlukan pelatihan untuk memahami cara menggunakannya dalam praktik sehari-hari.

Di samping itu, masih ada tantangan regulasi yang perlu diatasi. Banyak negara belum memiliki regulasi yang jelas tentang penggunaan *blockchain*, terutama dalam konteks pertanian. Hal ini dapat menimbulkan hambatan dalam adopsi teknologi ini secara luas, karena ketidakpastian hukum dapat membuat pelaku industri ragu untuk menginvestasikan sumber daya mereka. Oleh karena itu, diperlukan kerjasama antara pemerintah, lembaga regulasi, dan industri pertanian untuk menciptakan kerangka kerja yang mendukung penerapan *blockchain* dalam sektor ini (Chang et al., 2020).

Teknologi *blockchain* memiliki potensi besar untuk mengubah sektor pertanian dengan cara yang lebih transparan, aman, dan efisien.

Dalam konteks rantai pasokan, *blockchain* memungkinkan setiap langkah produksi, mulai dari lahan hingga konsumen akhir, dicatat secara terperinci dan transparan, sehingga semua pihak dalam rantai pasokan dapat melihat asal-usul produk secara akurat. Hal ini tidak hanya meningkatkan transparansi dan akuntabilitas, tetapi juga memberikan kepercayaan lebih bagi konsumen yang ingin memastikan bahwa produk yang mereka beli dihasilkan melalui praktik yang etis dan berkelanjutan. Selain itu, *blockchain* dapat membantu mengurangi risiko penipuan dan korupsi, serta meminimalisir kesalahan dalam dokumentasi, karena data yang tercatat tidak dapat diubah atau dimanipulasi tanpa persetujuan semua pihak yang terlibat.

Meskipun potensi *blockchain* sangat besar, ada tantangan yang perlu diatasi agar teknologi ini dapat diadopsi secara luas dalam sektor pertanian. Untuk mengatasi tantangan-tantangan ini, diperlukan kolaborasi yang lebih erat antara pemerintah, sektor swasta, dan organisasi non-pemerintah untuk menyediakan pelatihan, infrastruktur, dan regulasi yang mendukung adopsi *blockchain* di sektor pertanian. Selain itu, inovasi dalam pengembangan solusi *blockchain* yang lebih terjangkau dan mudah digunakan akan menjadi kunci untuk memastikan bahwa teknologi ini dapat diakses oleh semua petani, termasuk mereka yang berada di daerah pedesaan dan memiliki sumber daya terbatas. Dengan semakin berkembangnya teknologi dan meningkatnya pemahaman tentang manfaat *blockchain*, diharapkan teknologi ini akan menjadi salah satu komponen kunci dalam transformasi digital sektor pertanian, yang dapat mendukung efisiensi, keberlanjutan, dan inklusivitas dalam skala global.

7.4 Aplikasi *Mobile* dan *Platform* Digital untuk Petani

Kemajuan teknologi digital telah mengubah banyak aspek kehidupan, termasuk sektor pertanian. Aplikasi *mobile* dan *platform* digital memainkan peran penting dalam modernisasi pertanian, memungkinkan petani untuk mengakses informasi, mengelola sumber daya, dan mengoptimalkan proses produksi mereka dengan lebih efisien. Dalam sub bab ini, kita akan menjelajahi bagaimana aplikasi *mobile* dan *platform* digital memberikan manfaat signifikan bagi petani,

serta tantangan yang mungkin mereka hadapi dalam mengadopsi teknologi ini.

Aplikasi *mobile* telah menjadi alat yang sangat penting dalam pertanian modern. Dengan *smartphone* yang semakin terjangkau dan akses *internet* yang meluas, petani kini dapat memanfaatkan berbagai aplikasi yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan mereka. Aplikasi ini menawarkan berbagai fitur, mulai dari informasi cuaca *real-time* hingga panduan teknis tentang praktik pertanian terbaik. Salah satu manfaat utama dari aplikasi *mobile* adalah penyediaan informasi cuaca yang akurat dan terkini. Cuaca memainkan peran krusial dalam pertanian, dan ketepatan waktu informasi tentang hujan, suhu, dan kelembaban dapat mempengaruhi keputusan petani terkait penanaman, pemupukan, dan pengendalian hama. Aplikasi seperti *WeatherFarm* atau *Climate FieldView* menyediakan data cuaca lokal dan prediksi yang membantu petani merencanakan kegiatan mereka secara lebih efektif.

Aplikasi *mobile* juga memberikan akses ke pengetahuan agronomi yang sebelumnya mungkin tidak tersedia bagi petani, terutama di daerah terpencil. Aplikasi seperti *AgroStar* dan *Plantix* menawarkan saran tentang pemeliharaan tanaman, diagnosis penyakit, dan pengendalian hama. Dengan mengirimkan gambar tanaman yang terkena penyakit atau hama, petani dapat menerima analisis dan rekomendasi tentang tindakan yang harus diambil, yang membantu mereka mengatasi masalah dengan lebih cepat dan efisien.

Aplikasi *mobile* dapat membantu dalam manajemen keuangan dan perencanaan bisnis. Banyak aplikasi kini menawarkan fitur untuk mencatat pengeluaran, pendapatan, dan membuat anggaran. Dengan menggunakan aplikasi seperti *FarmLogs* atau *AgriWebb*, petani dapat melacak biaya produksi, memonitor keuntungan, dan merencanakan investasi masa depan. Ini membantu petani untuk mengelola bisnis mereka dengan lebih baik dan membuat keputusan berbasis data yang lebih baik.

Selain aplikasi *mobile*, *platform* digital yang lebih luas juga memainkan peran penting dalam pertanian modern. *Platform* ini memungkinkan petani untuk terhubung dengan pasar, mengelola rantai pasokan, dan meningkatkan akses mereka ke berbagai layanan. Contoh *platform* yang populer termasuk *AgroMarketplace* dan *FarmLink*.

AgroMarketplace adalah sebuah *platform* digital yang bertujuan untuk mempermudah proses jual beli produk pertanian dengan langsung menghubungkan petani dan pembeli tanpa perantara. Keberadaan *platform* ini membawa dampak positif yang signifikan bagi petani, terutama dalam hal akses pasar dan transparansi transaksi. Petani dapat memanfaatkan *AgroMarketplace* untuk memposting produk mereka secara mandiri, menentukan harga sesuai dengan kondisi pasar atau preferensi mereka, serta berkomunikasi langsung dengan pembeli tanpa harus bergantung pada tengkulak atau pihak ketiga lainnya. Hal ini memberikan kontrol lebih besar kepada petani atas hasil panen mereka, sekaligus meningkatkan kepercayaan antara penjual dan pembeli.

Salah satu manfaat utama dari *AgroMarketplace* adalah kemampuannya untuk memperluas jangkauan pasar bagi petani. Sebelum adanya *platform* ini, petani sering kali terbatas pada pasar lokal atau harus mengandalkan perantara untuk menjual produk mereka ke pasar yang lebih luas. Dengan adanya akses langsung ke pembeli di berbagai lokasi, termasuk pembeli di luar daerah atau bahkan internasional, petani dapat menjual produknya ke segmen pasar yang lebih besar dan beragam. Peningkatan akses ini tidak hanya membantu petani meningkatkan volume penjualan, tetapi juga memungkinkan mereka untuk mencari peluang di pasar yang menawarkan harga lebih kompetitif.

Selain memperluas jangkauan pasar, *AgroMarketplace* juga berdampak langsung pada peningkatan harga jual produk pertanian. Dengan memotong peran perantara, biaya transaksi yang biasanya dibebankan kepada petani dapat dikurangi secara signifikan. Dalam sistem tradisional, perantara sering kali mengambil bagian besar dari keuntungan, yang menyebabkan harga jual produk di tingkat petani menjadi rendah. Dengan *AgroMarketplace*, petani dapat menentukan harga yang lebih sesuai dengan nilai pasar aktual dan langsung menerima keuntungan penuh dari transaksi yang mereka lakukan. Hal ini tidak hanya meningkatkan pendapatan petani, tetapi juga mendorong mereka untuk berinvestasi lebih banyak dalam kualitas produk dan metode pertanian yang lebih efisien (Sharma et al., 2020).

Platform seperti *AgroMarketplace* berperan penting dalam menciptakan ekosistem pertanian yang lebih adil, efisien, dan berkelanjutan.

Di sisi lain, *FarmLink* adalah sebuah *platform* digital yang dirancang untuk membantu petani dalam mengelola rantai pasokan dan distribusi hasil pertanian mereka secara lebih efisien. Dengan sistem yang terintegrasi, *platform* ini memungkinkan petani untuk melacak pergerakan produk mereka dari ladang hingga sampai ke tangan konsumen atau pasar akhir. Hal ini memberikan transparansi yang lebih besar dalam setiap tahap proses, mulai dari panen, pengemasan, hingga pengiriman, sehingga meminimalisir kesalahan atau kehilangan produk selama proses distribusi. Dengan adanya sistem pelacakan ini, *FarmLink* memastikan bahwa produk yang sampai ke konsumen memiliki kualitas yang terjaga dan aman untuk dikonsumsi, yang pada akhirnya meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap produk pertanian yang dihasilkan.

Selain manajemen rantai pasokan, *FarmLink* juga memberikan keuntungan lain dalam hal pengelolaan kualitas dan keamanan produk. *Platform* ini membantu petani mematuhi standar kualitas dan sertifikasi keamanan pangan yang diperlukan untuk berbagai pasar, baik lokal maupun internasional. Dengan adanya fitur pelacakan yang mendetail, petani dapat mengidentifikasi sumber permasalahan dalam rantai pasokan dengan cepat jika terjadi masalah kualitas, sehingga bisa segera diatasi untuk mencegah kerugian lebih lanjut. Dalam era di mana konsumen semakin peduli terhadap asal-usul dan kualitas makanan yang mereka konsumsi, *platform* seperti *FarmLink* memainkan peran penting dalam memastikan produk pertanian yang dikirimkan memenuhi harapan dan standar yang berlaku.

Selain memfasilitasi pelacakan dan manajemen kualitas, *FarmLink* juga menyediakan analisis data yang komprehensif untuk membantu petani memahami tren pasar dan merencanakan strategi yang lebih efektif. Dengan mengumpulkan dan menganalisis data tentang harga pasar, pola permintaan, serta preferensi konsumen, *FarmLink* memberikan wawasan yang berharga bagi petani untuk menyesuaikan produksi mereka dengan kebutuhan pasar. Misalnya, jika *platform* mendeteksi adanya lonjakan permintaan untuk produk tertentu, petani dapat segera merespons dengan menyesuaikan kapasitas

produksi atau mengalihkan sumber daya ke produk yang lebih diminati. Hal ini membantu petani menghindari overproduksi atau kekurangan pasokan, yang sering kali menjadi masalah dalam pertanian tradisional.

Fitur analisis data ini juga memungkinkan petani untuk melakukan perencanaan jangka panjang yang lebih baik, termasuk dalam hal diversifikasi produk dan strategi pemasaran. Dengan informasi yang tersedia di *FarmLink*, petani dapat mengidentifikasi peluang pasar baru dan membuat keputusan yang lebih cerdas terkait waktu tanam, jumlah produksi, serta saluran distribusi yang paling menguntungkan. Ini tidak hanya membantu petani memaksimalkan keuntungan mereka, tetapi juga membuat mereka lebih siap dalam menghadapi fluktuasi pasar yang dinamis. Dengan demikian, *FarmLink* tidak hanya menjadi alat untuk manajemen rantai pasokan, tetapi juga sebagai *platform* yang mendukung pengambilan keputusan strategis berbasis data yang membantu petani tetap kompetitif dalam pasar global.

Kemampuan *FarmLink* dalam membantu petani merespons perubahan permintaan pasar dengan cepat dan efisien adalah salah satu keunggulan utamanya. Pasar pertanian sering kali menghadapi tantangan dari perubahan iklim, kebijakan pemerintah, serta tren konsumen yang berubah dengan cepat. Dalam situasi ini, memiliki akses *real-time* ke data pasar dan tren permintaan memungkinkan petani untuk menyesuaikan strategi mereka dengan lebih cepat dan efektif. Misalnya, ketika permintaan untuk produk organik meningkat, petani yang menggunakan *FarmLink* dapat segera beralih ke produksi organik dan memperluas jaringan distribusi mereka untuk memenuhi permintaan tersebut. Fleksibilitas ini sangat penting dalam memastikan keberlanjutan bisnis petani dalam jangka panjang (Gupta et al., 2021).

Meskipun aplikasi *mobile* dan *platform* digital menawarkan banyak manfaat, adopsi teknologi ini oleh petani tidak tanpa tantangan. Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan akses dan infrastruktur. Di banyak daerah, terutama di negara berkembang, akses *internet* masih terbatas dan perangkat *mobile* mungkin tidak tersedia bagi semua petani. Hal ini membatasi kemampuan mereka untuk memanfaatkan teknologi digital secara maksimal (Bertolini et al., 2020).

Tantangan lain adalah kebutuhan akan pelatihan dan literasi digital. Meskipun teknologi dapat menyediakan banyak manfaat, petani harus memiliki keterampilan untuk menggunakan aplikasi dan *platform* ini secara efektif. Tanpa pelatihan yang memadai, petani mungkin kesulitan untuk memanfaatkan fitur-fitur yang tersedia dan menghadapi hambatan dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam praktik pertanian mereka. Ada kekhawatiran tentang privasi dan keamanan data. Aplikasi dan *platform* digital sering mengumpulkan data yang sensitif tentang aktivitas pertanian, termasuk informasi keuangan dan lokasi. Petani perlu yakin bahwa data mereka dilindungi dengan baik dan tidak disalahgunakan oleh pihak ketiga. Membangun kepercayaan dalam hal ini merupakan tantangan penting bagi penyedia teknologi digital (González et al., 2021).

Melihat ke depan, aplikasi *mobile* dan *platform* digital diperkirakan akan terus berkembang dan menawarkan lebih banyak fitur untuk mendukung petani. Kemajuan dalam teknologi seperti kecerdasan buatan (AI) dan pembelajaran mesin (ML) dapat meningkatkan kemampuan aplikasi dan *platform* dalam menganalisis data dan memberikan rekomendasi yang lebih akurat. Misalnya, aplikasi berbasis AI dapat membantu petani memprediksi hasil panen dengan lebih baik dan mengidentifikasi potensi masalah sebelum mereka terjadi. Integrasi dengan teknologi lain seperti sensor IoT dan sistem otomatisasi dapat memperluas fungsionalitas aplikasi dan *platform* digital. Sensor IoT dapat memberikan data *real-time* tentang kondisi tanah, kelembaban, dan kesehatan tanaman, yang dapat diintegrasikan dengan aplikasi *mobile* untuk memberikan wawasan yang lebih mendalam dan rekomendasi yang lebih tepat. Sistem otomatisasi, seperti traktor dan peralatan pertanian cerdas, dapat dikendalikan melalui aplikasi, memungkinkan petani untuk mengelola operasi mereka dari jarak jauh (Amin et al., 2021).

Dengan terus berkembangnya teknologi dan peningkatan infrastruktur digital, prospek adopsi aplikasi *mobile* dan *platform* digital di kalangan petani semakin menjanjikan. Teknologi ini tidak hanya membantu petani mengakses informasi yang lebih baik dan lebih cepat, tetapi juga memungkinkan mereka untuk berinteraksi dengan pasar, pembeli, dan penyedia jasa keuangan secara lebih efisien. Sebagai

contoh, melalui *platform* digital, petani dapat memantau harga pasar secara *real-time*, memperoleh akses ke data cuaca yang akurat, serta mengelola distribusi produk mereka tanpa perantara, yang semuanya berkontribusi pada peningkatan pendapatan dan pengurangan biaya produksi. Aplikasi *mobile* dan *platform* digital berpotensi untuk mendukung transformasi cara petani mengelola sumber daya mereka. Dengan adanya akses ke analisis data yang lebih canggih, petani dapat membuat keputusan yang lebih tepat terkait dengan penggunaan pupuk, air, dan tenaga kerja, sehingga mengoptimalkan hasil panen dan meminimalisir pemborosan sumber daya. Selain itu, teknologi ini juga membuka peluang untuk memperkenalkan teknik pertanian yang lebih ramah lingkungan, seperti pertanian presisi dan penggunaan sensor tanah, yang tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga mendukung keberlanjutan ekosistem pertanian dalam jangka panjang.

Integrasi teknologi digital ke dalam sektor pertanian memiliki dampak yang sangat signifikan terhadap masa depan pertanian global. Dengan meningkatnya adopsi aplikasi *mobile* dan *platform* digital, petani di seluruh dunia termasuk di negara-negara berkembang dapat lebih mudah beradaptasi dengan tantangan global seperti perubahan iklim, fluktuasi harga komoditas, dan meningkatnya permintaan pangan. Dalam jangka panjang, teknologi ini diharapkan mampu mendorong pertumbuhan sektor pertanian yang lebih inklusif, produktif, dan berkelanjutan, serta memperkuat peran petani dalam rantai pasokan global.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, S., Khan, M. U., & Rahman, A. (2021). Smart agriculture: The integration of IoT and machine learning for improved farm management. *Journal of Agricultural and Food Engineering*, 9(3), 45-60.
- Andi, S. (2018). *Pengantar Sistem Informasi Geografis: Konsep dan Aplikasi dalam Pertanian*. Jakarta: Penerbit Andi.
- Arkeman, Y., Kailaku, S. I., Saefurahman, G., & Fatullah, R. (2022). Applications of the Internet of Things (IoT) and Blockchain for Agriculture in Indonesia. *FFTC Journal of Agricultural Policy*, 3, 57-68. <https://doi.org/10.56669/ueix9487>
- Arza-García, M., & Burgess, A. J. (2023). Drones in the Sky: Towards a More Sustainable Agriculture. *Agriculture (Switzerland)*, 13(1), 10-12. <https://doi.org/10.3390/agriculture13010084>
- Ashari, M. L., & Hariani, D. (2019). Analisis Efektivitas Program Kartu Tani di Kecamatan Banjarnegara Kabupaten Banjarnegara. *Journal of Public Policy and Management Review*, 8(2), 1-21. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jppmr/article/view/23711/21583>
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787-2805.
- Aubert, B. A., Schroeder, A., & Grimaudo, J. (2012). IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decision Support Systems*, 54(1), 510-520.
- Balafoutis, A. T., Beck, B., Fountas, S., Tsiropoulos, Z., Cavalaris, C., Vangeyte, J., & Van Der Wal, T. (2017). Precision Agriculture Technologies Positively Contributing to GHG Emissions Mitigation, Farm Productivity, and Economics. *Sustainability*, 9(9), 1339. <https://doi.org/10.3390/su9091339>.
- Barbosa, J. S. C., Pinto, P. A., & Vieira, S. R. (2021). Applications of Remote Sensing in Agriculture: A Review of the Tools and Techniques. *Agronomy*, 11(2), 281.
- Basso, B., & Antle, J. (2020). Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. *Nature Sustainability*, 3(4), 254-256.

- Bertolini, R., Lima, J. M., & Silva, A. (2020). The impact of mobile technology on agriculture: A review. *Agricultural Systems*, 184, 102941.
- Bronson, K., & Knezevic, I. (2020). Big data in food and agriculture. *Big Data & Society*, 7(1), 2053951720912808.
- Budi, S. (2017). *Sistem Informasi Pertanian Berbasis Web: Solusi Cerdas dalam Meningkatkan Produktivitas Petani*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Chang, S. E., Chen, Y. C., & Lu, M. F. (2020). Supply chain re-engineering using blockchain technology: A case of smart contract based tracking process. *Technological Forecasting and Social Change*, 154, 119890.
- Chong KL, Kanniah KD, Pohl C, Tan KP. (2017). A review of remote sensing applications for oil palm studies. *Geo-Spatial Inf. Sci.* 20(2):184–200
- Cole, R., Stevenson, M., & Aitken, J. (2021). Blockchain technology: Implications for operations and supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 26(1), 145–163.
- DeLange, M., & Heijman, W. J. M. (2015). The potential of Precision Agriculture for sustainable agriculture. *Agricultural Systems*, 139, 1-13.
- European Commission. (2017). *The future of food and farming: For a more efficient, sustainable, and inclusive food system*.
- FAO. (2020). *Innovative Approaches to Agriculture: Harnessing Technology for Food Security*.
- Finger, R., Swinton, S. M., El Benni, N., & Walter, A. (2019). Precision Farming at the Nexus of Agricultural Production and the Environment. *Annual Review of Resource Economics*, 11(1), 313-335.
- Fountas, S., Carli, G., Sørensen, C. G., Tsiropoulos, Z., Cavalaris, C., Vatsanidou, A., ... & Tisseyre, B. (2015). Farm management information systems: Current situation and future perspectives. *Computers and Electronics in Agriculture*, 115, 40-50.

- Godwin RJ, Wood GA, Taylor JC, Knight SM, Welsh JP. (2003). Precision farming of cereal crops: A review of a six year experiment to develop management guidelines. *Biosyst.Eng.* 84(4):375-391.
- González, R., Martínez, A., & Rodríguez, J. (2021). Data privacy and security in digital agriculture platforms: An analysis of current practices. *Journal of Information Privacy and Security*, 17(4), 345-362.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660.
- Gunawan, A. (2019). *Sistem Informasi Geografis untuk Pertanian: Teori dan Praktik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Gupta, R., Sharma, P., & Singh, M. (2021). Enhancing farm-to-market efficiency through digital platforms: Case studies and analysis. *Journal of Agricultural Economics*, 72(2), 299-316.
- Handoko, Y. D. (2018). *Pengantar Sistem Informasi Pertanian*. Surabaya: Penerbit ITS Press.
- Harijani, S. R. & Sudarsono, B. (2020). *Pemanfaatan Teknologi Informasi untuk Pengelolaan Lahan Pertanian Berkelanjutan*. Bandung: Penerbit ITB.
- Harnowo G, G W A Susanto, M S Y I Bayu, Y Prayogo, A Harsono and I M J Mejaya. 2024. The potential and prospects for the implementation of precision farming for soybean production in Indonesia. *Proceeding of 13th International Conference of Green Technology (ICGT 2023)*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1312 012014.
- Hermawan, R, D. (2017). R. Hermawan dkk - Strategi Pengembangan Informasi Penyuluhan Pertanian Melalui Program ... 19. *Agricultural Extension*, 19-32.
- Hidayati, N. (2021). Tantangan dan Peluang Penerapan SIG dalam Pertanian. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 10(2), 89-101. doi:10.1016/j.jp.2021.02.001.
- Ignatia Maria Sri Sayekti. (2021). Pemanfaatan Digital di Pertanian. In *Kontan.Co.Id*.

- Kamilaris, A., Fonts, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2019). The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 640–652.
- Kamilaris, A., Kartakoullis, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2017). A Review on the Practice of Big Data Analysis in Agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 23–37. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.09.037>.
- Kamilaris, A., Kartakoullis, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2017). A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 23–37.
- Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. (2016). Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika No. 20 Tahun 2016 tentang Perlindungan Data Pribadi dalam Sistem Elektronik. <https://kominform.go.id>
- Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. (2020). Peraturan Menteri Perhubungan No. 37 Tahun 2020 tentang Pengendalian Transportasi dalam Rangka Pencegahan Penyebaran COVID-19. <https://jdih.dephub.go.id>
- Khanal S, Fulton J, Shearer S. (2017). An overview of current and potential applications of thermal remote sensing in *Precision Agriculture*. *Comput.Electron.Agric*.13922–32.
- Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming, and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 90-91, 100315.
- Lajoie-O'Malley, A., Bronson, K., Burg, S., & Klerkx, L. (2020). The future(s) of digital agriculture and sustainable food systems: An analysis of high-level policy documents. *Ecosystem Services*, 45, 101183.
- Lestari, E. (2023). *Analisis Data Geospasial untuk Peningkatan Produktivitas Pertanian*. Jakarta: Pustaka Sahabat.
- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine Learning in Agriculture: A Review. *Sensors*, 18(8), 2674.
- Lubis LM. (2024). Revolusi Pertanian Cerdas: AI dan IoT Mendorong Peningkatan Hasil Panen dan Keberlanjutan. https://www.researchgate.net/publication/381433804_Revolusi_Pertanian_Ce

rdas_AI_dan_IoT_Mendorong_Peningkatan_Hasil_Panen_dan_K
eberlanjutan

- Mahlein, A. K. (2016). Plant Disease Detection by Imaging Sensors – Parallels and Specific Demands for Precision Agriculture and Plant Phenotyping. *Plant Disease*, 100(2), 241-251.
- Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., & Byers, A. H. (2011). *Big Data: The Next Frontier for Innovation, Competition, and Productivity*. McKinsey Global Institute Report.
- Mulla DJ. (2013). Twenty five years of remote sensing in *Precision Agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps*. *Biosyst.Eng.* 114(4):358-371
- Nugroho, A., & Tasya. (2023). Menilik Potensi Pemanfaatan Artificial Intelligence (AI) dalam Ragam Sektor di Indonesia. In Berita UGM. <https://ugm.ac.id/id/berita/menilik-potensi-pemanfaatan-artificial-intelligence-ai-dalam-ragam-sektor-di-indonesia/>
- Pierpaoli E, Carli G, Pignatti E, Canavari M. (2013). Drivers of *Precision Agriculture* Technologies Adoption: A Literature Review. *Procedia Technol.* 8 (Haicta): 61-69.
- Pierpaoli, E., Carli, G., Pignatti, E., & Canavari, M. (2013). Drivers of Precision Agriculture Technologies Adoption: A Literature Review. *Procedia Technology*, 8, 61-69.
- Puri, V., Dev, R., & Siwach, A. K. (2021). Challenges and opportunities in smart farming using IoT: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149, 111-118.
- Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian. (2024). Info Teknologi: Peluang dan Potensi Petani Milenial Manfaatkan Smart Farming 4.0. In Kementerian Pertanian Republik Indonesia. <https://pustaka.setjen.pertanian.go.id/info-literasi/info-teknologi-peluang-dan-potensi-petani-milenial-manfaatkan-smart-farming-4-0>
- Republik Indonesia. (2008). Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2008 tentang Keterbukaan Informasi Publik. <https://www.dpr.go.id>
- Republik Indonesia. (2019). Peraturan Pemerintah Nomor 71 Tahun 2019 tentang Penyelenggaraan Sistem dan Transaksi Elektronik. <https://peraturan.bpk.go.id>

- Republik Indonesia. (2019). Undang-Undang No. 22 Tahun 2019 tentang Sistem Budi Daya Pertanian Berkelanjutan. <https://www.dpr.go.id>
- Republik Indonesia. (2022). Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 tentang Perlindungan Data Pribadi. <https://www.dpr.go.id>
- Rose, D. C., Wheeler, R., Winter, M., Lobley, M., & Chivers, C. A. (2021). Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet. *Land Use Policy*, 100, 104933.
- Sharma, S., Kumar, M., & Mehta, R. (2020). AgroMarketplace: An innovative approach to connecting farmers with consumers. *International Journal of Agribusiness*, 14(2), 76-89.
- Sheng, J., Amankwah-Amoah, J., Khan, Z., & Wang, X. (2020). COVID-19 Pandemic in the New Era of Big Data Analytics: Methodological Innovations and Future Research Directions. *British Journal of Management*, 31(4), 930-946. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.12441>.
- Shepherd, M., Turner, J. A., Small, B., & Wheeler, D. (2020). Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the 'digital agriculture' revolution. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(14), 5083-5092.
- Sishodia, R. P., Ray, R. L., & Singh, S. K. (2020). Applications of remote sensing in precision agriculture: A review. *Remote Sensing*, 12(19), 3136.
- Sondakh, J., & Rembang, J. H. (2021). Karakteristik, Potensi Generasi Milenial, dan Perspektif Pengembangan Pertanian Presisi di Indonesia. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 38(2), 157-169.
- Tian, F. (2019). An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology. *Proceedings of the 13th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM)*, 1-6.
- Tripoli, M., & Schmidhuber, J. (2020). Emerging opportunities for the application of blockchain in the agri-food industry. *FAO and ICTSD Report*.
- Wardani, G.T. 2024. Potensi Gen Z dalam Pengembangan Teknologi Berbasis Sistem Pertanian Presisi Guna Meningkatkan

- Produktivitas Pertanian di Indonesia. *FLORA: Journal of Agricultural and Plantation Studies*. 1(2): 22-31.
- Wiswani Wacika, M., & Ayu Dian Sawitri, D. (2023). Peran Teknologi Dalam Transformasi Ketenagakerjaan: Analisis Dampak Dan Tantangan Di Era Digital. *Jurnal Kertha Wicara*, 12(02), 88-101. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/04/29/kem-naker-prediksi-pekerja-it-kian->
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big Data in Smart Farming - A review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M.-J. (2017). Big Data in Smart Farming-A review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>.
- Yudo Setyawan, D., & Marjunus, R. (2024). Automasi dan Internet of Things (IoT) pada Pertanian Cerdas: review artikel pada Jurnal Terakreditasi Kemenristek. *Prosiding ...*, April, 9.
- Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review. *Precision Agriculture*, 13(6), 693-712.
- Zhang, X., Wang, M., & Zhu, X. (2019). Opportunities and Challenges for Smart Agriculture: A Review. *IEEE Access*, 7, 47200-47224. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2905346>.
- Zhao, G., Liu, S., Lopez, C., Lu, H., Elgueta, S., Chen, H., & Boshkoska, B. M. (2020). Blockchain technology in agri-food value chain management: A synthesis of applications, challenges, and future research directions. *Computers in Industry*, 109, 83-99.

BIODATA SINGKAT



Ir. Denny Indrawanto, S.T., M.Ars., IPM. lahir di Tarakan, Kalimantan Utara pada tanggal 19 Juni 1981. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang tahun 2005. Penulis menyelesaikan pendidikan Magister pada Program Studi Arsitektur, Pascasarjana Universitas Merdeka (UNMER) Malang tahun 2019. Penulis menyelesaikan pendidikan Program Profesi Insinyur (Ir) di Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin tahun 2019. Penulis bekerja sebagai Dekan Fakultas Teknologi dan Dosen non-PNS di Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Sains dan Teknologi Muhammadiyah Tarakan Kalimantan Utara tahun 2022 sampai sekarang. Penulis juga aktif mengikuti seminar, mempublikasikan artikel pada jurnal nasional dan internasional bereputasi; aktif sebagai editor jurnal dan reviewer pada jurnal nasional dan internasional bereputasi; aktif sebagai penulis dan editor buku, seperti buku Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL), Kartografi, Drainase Perkotaan, Pengendalian Jauh, Dasar-dasar Survey dan Pemetaan, Ekologi Kehutanan Tropis, Pengantar Pariwisata dan Arsitektur Pra Modern. Berperan aktif sebagai Asesor di LP3SM BNSP Kalimantan Utara. Selain itu aktif sebagai Tenaga Ahli Sanitasi di BAPPEDA/Dinas Pekerjaan Umum, Penataan Ruang, Perumahan dan Kawasan Permukiman Provinsi Kalimantan Utara.
E-mail : dennyindra34@gmail.com



Ir. Pertiwi Syarni, S.Hut., M.Si. Lahir pada 18 Januari 1988 di Kendari, Sulawesi Tenggara. Sejak tahun 2015 menjadi tenaga pengajar di Universitas Halu Oleo, pada Program Studi Agribisnis. Penulis menamatkan sekolah jenjang S1 di Jurusan Manajemen Hutan, Universitas Halu Oleo (UHO). Lulus jenjang S2 di Jurusan Studi Agribisnis. Saat ini Penulis tercatat sebagai mahasiswa program doktor (S3) Ilmu Pertanian, minat Agribisnis, Program Pascasarjana UHO.



Religius Heryanto, S.ST, merupakan anak sulung dari tiga bersaudara. Lahir pada tanggal 24 Oktober 1985 di Tana Toraja, Sulawesi Selatan. Menamatkan pendidikan di Sekolah Dasar Negeri Inpres No 244 Bera, Tana Toraja, Tahun 2008; SLTP Katolik Makale, Tana Toraja Tahun 2001,; SPP St. Paulus Makale, Tana Toraja Tahun 2004. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Penyuluhan Pertanian, di Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian (STPP) Gowa tahun 2008. Penulis mulai meniti karier sebagai Tenaga Harian Lepas - Tenaga Bantu Penyuluh Pertanian (THL-TB PP) Kementerian Pertanian di Tana Toraja pada Januari-Oktober 2009, kemudian pada Desember 2009 diterima menjadi CPNS sebagai calon Instruktur Pertanian di Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian dan ditempatkan di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sulsel sampai Februari 2011. Pada Bulan Februari 2011 hingga sekarang ditugaskan di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sulawesi Barat yang saat ini sudah bertransformasi menjadi Balai Penerapan Standar Instrumen Pertanian (BPSIP) Sulawesi Barat. Pada Tahun 2015 diangkat sebagai fungsional Penyuluh Ahli Muda dan saat ini sebagai Penyuluh Ahli Madya pada bidang Penyuluhan Pertanian. Sebagai penyuluh berprestasi berdasarkan keputusan Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian No 1043/kpts/TU.030/H/11/2020, tanggal 5 November 2020. Penulis juga terlibat dalam kegiatan pengkajian dan pendampingan baik pada Program Strategis Kementerian Pertanian, maupun kegiatan diseminasi serta aktif mengikuti pertemuan ilmiah dan seminar nasional.



Dr. Araz Meilin, SP., M.Si.

Lahir di Muara Bungo, Jambi 22 Februari 1972. Dari ayah bernama Armein Arief dan Ibu bernama Ratna Zaitun. Ia memiliki seorang suami bernama Ir. Muhammad Sugihartono, M.Si. Penulis bertempat tinggal di Jl. HM. Yusuf Nasri No. 40 RT 05/002 Kelurahan Wijaya Pura, Kecamatan Jambi Selatan, Kota Jambi. Telah menyelesaikan studi strata satu di Program Studi Hama dan Penyakit Tumbuhan (1990-1995). Lulus strata dua di Program Studi Entomologi, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor (1996-1999). Lulus strata tiga di Program Studi Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada (2010-2012). Karirnya dimulai sebagai dosen Yayasan Pendidikan Jambi di Universitas Batanghari, Jambi sejak tahun 1995, kemudian bergabung menjadi peneliti di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi, Balitbangtan, Kementerian Pertanian (2005-2022), dan saat ini sebagai peneliti di Badan Riset dan Inovasi Nasional (2022-sekarang). Aktif terlibat dalam organisasi profesi diantaranya sebagai Anggota Perhimpunan Peneliti Indonesia/Perhimpunan Periset Indonesia (2019-sekarang), Ketua Perhimpunan Entomologi Indonesia Cabang Jambi (2015-sekarang), pengurus Perhimpunan Entomologi Indonesia Pusat (2015-sekarang), pengurus Ikatan Cendekiawan Muslim Indonesia Orwil Jambi (2023- sekarang), Pengurus Perempuan ICMI Orwil Jambi (sejak 2024-sekarang). Dewan Pakar pada Pengurus Kagama Provinsi Jambi (2023-sekarang), anggota Perhimpunan Fitopatologi Indonesia Komda Jambi (2020-sekarang), anggota Perhimpunan Ilmu Gulma Indonesia (2019-sekarang), anggota Pokja Asosiasi Perlebaran Indonesia dan pengurus Asosiasi Perlebaran Indonesia Daerah Jambi (2022-sekarang).

Telah menyelesaikan studi strata satu di Program Studi Hama dan Penyakit Tumbuhan (1990-1995). Lulus strata dua di Program Studi Entomologi, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor (1996-1999). Lulus strata tiga di Program Studi Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada (2010-2012). Karirnya dimulai sebagai dosen Yayasan Pendidikan Jambi di Universitas Batanghari, Jambi sejak tahun 1995, kemudian bergabung menjadi peneliti di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi, Balitbangtan, Kementerian Pertanian (2005-2022), dan saat ini sebagai peneliti di Badan Riset dan Inovasi Nasional (2022-sekarang). Aktif terlibat dalam organisasi profesi diantaranya sebagai Anggota Perhimpunan Peneliti Indonesia/Perhimpunan Periset Indonesia (2019-sekarang), Ketua Perhimpunan Entomologi Indonesia Cabang Jambi (2015-sekarang), pengurus Perhimpunan Entomologi Indonesia Pusat (2015-sekarang), pengurus Ikatan Cendekiawan Muslim Indonesia Orwil Jambi (2023- sekarang), Pengurus Perempuan ICMI Orwil Jambi (sejak 2024-sekarang). Dewan Pakar pada Pengurus Kagama Provinsi Jambi (2023-sekarang), anggota Perhimpunan Fitopatologi Indonesia Komda Jambi (2020-sekarang), anggota Perhimpunan Ilmu Gulma Indonesia (2019-sekarang), anggota Pokja Asosiasi Perlebaran Indonesia dan pengurus Asosiasi Perlebaran Indonesia Daerah Jambi (2022-sekarang).

Delapan Buku ditulis secara **kolaborasi** yang telah dihasilkan antara lain: Peran Penting Serangga dalam Produksi Tanaman Pertanian (2018), Budidaya Tanaman Kopi Olahannya untuk Kesehatan (2023), Buku Green Technology Innovation (Transformasi Teknologi Ramah Lingkungan berbagai Sektor) (2023), Buku Manajemen Hijau (Teori dan Konsep) (2023), Green Economy (Teori, Konsep, Gagasan Penerapan Perekonomian Hijau Berbagai Bidang Di Masa Depan) (2024), dan Green

Technology (Panduan Teknologi Ramah Lingkungan) (2024), Buku Entomology (2024) dan Buku Pembangunan Pertanian Berkelanjutan (2024). Penulis juga aktif menjadi **penulis bagian buku (6 buku)** diantaranya buku Dasar-dasar Perlindungan Tanaman (2022) dan Teknologi Perlindungan Hama dan Penyakit Tanaman Umbi-umbian Lokal (2023), Ekologi Serangga (2023), Optimalisasi Penggunaan Lahan Pertanian (2023), Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman (2024), Circular Agriculture (2024).

Penulis aktif menjadi **editor buku (5 buku)** yaitu Hama Utama Tanaman Perkebunan (2023), Buku Fitopatologi “Menuju Pertanian Berkelanjutan” (2023), Buku Minyak Kelapa dan Minyak Sawit “Dampak Kesehatan, Lingkungan, Ekonomi dan Sosial Di Balik Produksi (2023), Buku Umbi-umbian (2024) dan Buku Fisiologi Tumbuhan (2024). Selain menulis buku dan editor, Penulis juga aktif dalam menghasilkan Karya Tulis Ilmiah baik Nasional maupun Internasional juga aktif dalam aktivitas penelitian terkait hama dan penyakit tanaman serta ilmu gulma dan menjadi pemakalah dalam seminar nasional/internasional.



Ir. Jamal Mukaddas, S.Hut., M.Si., IPM., Asean Eng. Lahir pada 25 Juni 1988 di Anggotaa, Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara. Sejak tahun 2015 menjadi tenaga pengajar di Universitas Lakidende, pada Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota. Penulis menamatkan sekolah jenjang S1 di Jurusan Manajemen Hutan, Universitas Halu Oleo (UHO). Lulus jenjang S2 di Jurusan Studi Perencanaan dan Pengembangan Wilayah. Saat ini Penulis

tercatat sebagai mahasiswa program doktor (S3) Ilmu Pertanian, minat Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, Program Pascasarjaan UHO. Hp. 085241605910, Email jamalmukaddas@gmail.com.



Nurul Izzah Aulia, S.TP., M.T. lahir di Palembang, pada tanggal 25 Agustus 1999. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya tahun 2020. Penulis menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Teknik Industri Pertanian, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor tahun 2023. Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar PNS di Program Studi Teknik Pertanian,

Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya.

Penulis aktif mengikuti seminar, mempublikasi artikel pada jurnal nasional dan internasional bereputasi; aktif sebagai penulis buku. Penulis memiliki artikel ilmiah yang sudah dipublikasi pada Jurnal Teknologi Industri Pertanian (JTIP) volume 33 (1) pada tahun 2023 dengan judul “Penerapan Produksi Bersih Pada Industri Kecil Menengah (IKM) Pengolahan Tahu di Indonesia: Literatur Review” dan *accepted* pada International Journal of Advanced Research (IJAR) pada tahun 2023 dengan judul “Study and Analysis on The Application of Cleaner Production in The Urea Fertilizer Industry (PT X) in Sumatera”.



Fitriah Suryani Jamin, M.Si merupakan orang Gorontalo yang memulai jejak pendidikan di TK Kartika Kelurahan Libuo, kemudian melanjutkan di SDN No. 31 Kecamatan Kota Barat. Pendidikan selanjutnya di SMPN 7 dan diteruskan ke SMUN 3 yang lokasi tempat belajar seluruhnya berada di Kota Gorontalo. Untuk jenjang sarjana penulis menimba ilmu di Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Samratulangi Manado serta melanjutkan jenjang magister di Program Studi Agribisnis Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Penulis berkarir sebagai dosen di Jurusan Agroteknologi, Universitas Negeri Gorontalo sejak tahun 2005. Sebagai salah satu Dosen di Fakultas Pertanian, Universitas Negeri Gorontalo, penulis tertarik untuk ikut berkontribusi ide dan gagasan dalam bookchapter Sistem Informasi dan Digital Innovation in Smart Farming Industri, Bab tentang Masa Depan Smart Farming dan Inovasi Digital, berdasar pada pengalaman mengajar selama ini. Buku “Revolusi Agro-Smart: Integrasi Teknologi dalam Pertanian Abad 21” merupakan salah satu karya penulis. Selain itu masih ada beberapa artikel ilmiah dan pengabdian masyarakat yang penulis hasilkan sebagai kontribusi kepada masyarakat.

Email Penulis : fitriah.jamin@ung.ac.id.

SISTEM INFORMASI DAN DIGITAL INNOVATION IN SMART FARMING INDUSTRY

Dalam era digital yang terus berkembang, penerapan sistem informasi dan inovasi digital di industri pertanian pintar menjadi semakin penting. Buku ini telah menguraikan berbagai aspek, mulai dari teknologi yang mendukung pertanian presisi hingga sistem manajemen yang efisien, yang dapat meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan.

Transformasi digital dalam pertanian tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga membantu petani dalam mengambil keputusan berbasis data yang lebih baik. Dengan memanfaatkan big data, IoT, dan kecerdasan buatan, kita dapat menciptakan pertanian yang lebih cerdas, responsif, dan berkelanjutan.

Kami berharap pembaca dapat mengaplikasikan pengetahuan yang diperoleh dari buku ini untuk mendukung perkembangan industri pertanian yang inovatif. Melalui kolaborasi antara teknologi dan praktik pertanian yang baik, kita dapat memastikan ketahanan pangan dan kesejahteraan petani di masa depan. Terima kasih atas perhatian Anda, dan mari bersama-sama menciptakan masa depan pertanian yang lebih baik.



Penerbit KAMIYA JAYA AQUATIC
RT 008 RW 003 Kelurahan Fitu, Kecamatan Ternate Selatan,
Kota Ternate, Maluku Utara
Telp. : 0812-2279-3284
Email : kamiyajayaaquatic@gmail.com
Website : <https://kjaquatic.com/>

