

PERTANIAN BERKELANJUTAN DI TENGAH PERSAINGAN TEKNOLOGI:

Studi Perbandingan Pendekatan Organik dan Kimiawai

Fadly Steven Jefry Rumondor, SP, M.Si



**PERTANIAN BERKELANJUTAN DI
TENGAH PERSAINGAN TEKNOLOGI:
Studi Perbandingan Pendekatan
Organik dan Kimiawai**

**PERTANIAN BERKELANJUTAN DI
TENGAH PERSAINGAN TEKNOLOGI:
Studi Perbandingan Pendekatan
Organik dan Kimiawai**

Fadly Steven Jefry Rumondor, SP, M.Si



PERTANIAN BERKELANJUTAN DI TENGAH PERSAINGAN TEKNOLOGI: Studi Perbandingan Pendekatan Organik dan Kimiawai

Penulis:

Fadly Steven Jefry Rumondor, SP, M.Si

Editor:

Erik Santoso

Layouter :

Tim Kreatif PRCI

Cover:

Rusli

Cetakan Pertama : Juli 2025

Hak Cipta 2025, pada Penulis. Diterbitkan pertama kali oleh:

**Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
ANGGOTA IKAPI JAWA BARAT**

Pondok Karisma Residence Jalan Raflesia VI D.151
Panglayungan, Cipedes Tasikmalaya – 085223186009

Website : www.rcipress.rcipublisher.org

E-mail : rumahcemerlangindonesia@gmail.com

Copyright © 2024 by Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
All Right Reserved

- Cet. I – : Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2025
; 14,8 x 21 cm
ISBN

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang
Hak Cipta Pasal 72

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta
Pasal 72

Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling sedikit 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp.1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta terkait sebagai dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, buku ini yang berjudul *“Pertanian Berkelanjutan di Tengah Persaingan Teknologi: Studi Perbandingan Pendekatan Organik dan Kimiawi”* dapat disusun dan diselesaikan dengan baik.

Buku ini hadir sebagai respon terhadap meningkatnya tantangan di sektor pertanian, khususnya dalam menghadapi perkembangan teknologi yang semakin pesat di era modern. Persaingan antara pendekatan organik dan anorganik (kimiawi) menjadi sorotan penting, tidak hanya dari segi produktivitas, tetapi juga dari aspek keberlanjutan lingkungan, kesehatan masyarakat, dan kesejahteraan petani.

Pembahasan dalam buku ini mencakup konsep dasar pertanian berkelanjutan, dinamika sosial ekonomi petani, dampak lingkungan dari berbagai metode pertanian, hingga tantangan dan peluang yang muncul seiring dengan masuknya teknologi digital ke sektor pertanian. Disertai dengan kajian kasus dan analisis strategis, buku ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi akademisi, praktisi, pembuat kebijakan, dan mahasiswa dalam memahami serta mengembangkan pertanian yang selaras dengan prinsip keberlanjutan.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan masukan dalam penyusunan buku ini. Semoga karya ini memberikan kontribusi positif dalam mendorong transformasi pertanian Indonesia menuju arah yang lebih sehat, adil, dan berkelanjutan

Juli 2025, Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	I
----------------	---

DAFTAR ISI	III
------------	-----

BAB 1 PENGANTAR PENTINGNYA PERTANIAN BERKELANJUTAN	1
---	---

BAB 2 PERTANIAN BERKELANJUTAN	4
2.1 Pengertian Pertanian Berkelanjutan	4
2.2 Prinsip dan Indikator Keberlanjutan dalam Pertanian	7
2.3 Perkembangan Teknologi dalam Sektor Pertanian	11
2.4 Pengertian dan Karakteristik Pertanian Organik	15
2.5 Pengertian dan Karakteristik Pertanian Anorganik/Konvensional	17

BAB 3 KAJIAN SOSIAL EKONOMI PERTANIAN ORGANIK DAN ANORGANIK	22
3.1 Struktur Sosial Petani dalam Penggunaan Teknik Budidaya	22
3.2 Dinamika Ekonomi Rumah Tangga Petani	25
3.3 Partisipasi Petani dalam Program Pertanian Berkelanjutan	29

BAB 4 ANALISIS KEBERLANJUTAN LINGKUNGAN	35
4.1 Dampak Penggunaan Pestisida dan Pupuk Kimia	35
4.2 Pemulihan Tanah dan Kesehatan Ekosistem pada Pertanian Organik	38
4.3 Emisi Karbon dan Jejak Ekologis	42

4.4 Ketahanan terhadap Perubahan Iklim	46
4.5 Analisis Siklus Hidup (Life Cycle Assessment - LCA) Produk (Opsional)	51

BAB 5 TANTANGAN DAN PELUANG DI ERA TEKNOLOGI MODERN	56
5.1 Inovasi Teknologi dalam Pertanian Organik	56
5.2 Integrasi Teknologi Digital (Smart Farming, IoT, dll.)	62
5.3 Kebijakan Pemerintah dan Regulasi	69
5.4 Edukasi dan Kapasitas Petani	75
5.5 Tantangan Skala Produksi dan Efisiensi	81
Tantangan Skala Produksi dan Efisiensi dalam Sistem Pertanian Berkelanjutan	81

BAB 6 STUDI KASUS PERBANDINGAN (OPSIONAL)	88
6.1 Implementasi Pertanian Organik	88
6.2 Implementasi Pertanian Anorganik/Konvensional	95

BAB 7 REKOMENDASI DAN STRATEGI PENGEMBANGAN	104
7.1 Strategi Pengembangan Pertanian Berkelanjutan	104
7.2 Peran Stakeholder dalam Mendukung Transformasi Pertanian	113
7.3 Kebijakan yang Mendukung	120

DAFTAR PUSTAKA	131
-----------------------	-----

Bab 1

Pengantar Pentingnya Pertanian Berkelanjutan

Pertanian telah menjadi tulang punggung kehidupan masyarakat sejak zaman pra-sejarah. Sebagai aktivitas ekonomi utama, pertanian tidak hanya menyediakan pangan bagi manusia, tetapi juga memberikan lapangan kerja dan sumber penghasilan bagi jutaan orang, terutama di wilayah pedesaan. Di tengah pesatnya perkembangan teknologi dan perubahan iklim global, pertanian modern menghadapi tantangan besar dalam menjaga keseimbangan antara produktivitas, kualitas lingkungan, serta kesejahteraan sosial petani.

Dalam beberapa dekade terakhir, dua pendekatan utama dalam praktik pertanian mulai mendominasi dunia pertanian: pertanian organik dan pertanian anorganik atau konvensional. Kedua sistem ini memiliki filosofi, prinsip, dan dampak yang berbeda satu sama lain. Pilihan antara kedua sistem tersebut semakin penting untuk dikaji sebagai bagian dari upaya membangun sistem pertanian yang lebih berkelanjutan di masa depan.

Pertanian konvensional dikenal karena efisiensinya dalam meningkatkan hasil panen melalui penggunaan pupuk kimia, pestisida sintetis, serta benih unggul rekayasa genetika. Sistem ini banyak dipilih oleh petani karena kemudahan akses, dukungan pemerintah, serta hasil produksi yang relatif tinggi dalam waktu singkat. Namun, di balik pencapaian produktivitasnya, sistem ini sering dikaitkan dengan berbagai masalah lingkungan seperti

pencemaran air tanah, penurunan kesuburan tanah, dan hilangnya keanekaragaman hayati.

Di sisi lain, pertanian organik menawarkan alternatif yang lebih ramah lingkungan melalui penggunaan bahan alami dan proses budidaya yang tidak bergantung pada input kimia sintetis. Fokus pada pemeliharaan kesehatan tanah, perlindungan ekosistem, serta penggunaan teknik tradisional membuat pertanian organik dinilai lebih berkelanjutan. Meski begitu, adopsi sistem ini masih terbatas karena keterbatasan pengetahuan, biaya produksi yang tinggi, serta rendahnya hasil dibandingkan metode konvensional.

Dari aspek sosial ekonomi, perbedaan antara kedua sistem juga cukup signifikan. Pertanian organik cenderung memberdayakan kelompok petani kecil melalui pola produksi yang lebih partisipatif dan akses pasar premium yang menjanjikan harga lebih tinggi. Namun, banyak petani masih enggan beralih karena ketidakpastian pasar, kurangnya infrastruktur distribusi, serta minimnya dukungan kebijakan dari pemerintah.

Sebaliknya, pertanian konvensional mudah diadopsi karena banyaknya dukungan dari industri agro-input, subsidi pemerintah, serta sistem distribusi yang sudah mapan. Sayangnya, ketergantungan pada pupuk kimia dan obat-obatan dapat menciptakan krisis ketergantungan struktural, di mana petani sulit lepas dari siklus pembelian input setiap musim tanam.

Masalah keberlanjutan ekologis menjadi semakin mendesak di tengah ancaman perubahan iklim, penurunan kesuburan tanah, dan kerusakan lingkungan. Pertanian berkelanjutan, yang bertujuan menjaga keseimbangan ekosistem sambil tetap memenuhi kebutuhan pangan, harus menjadi arah utama pengembangan pertanian di masa

depan. Oleh karena itu, penting untuk memahami bagaimana kedua pendekatan—organik dan anorganik—dapat berkontribusi atau menghambat tujuan tersebut.

Selain isu lingkungan dan ekonomi, perkembangan teknologi digital juga turut mengubah wajah pertanian modern. Inovasi seperti smart farming, Internet of Things (IoT), drone pertanian, dan sensor digital membuka peluang baru dalam meningkatkan efisiensi produksi. Namun, muncul pertanyaan besar: apakah teknologi ini lebih condong mendukung efisiensi pertanian konvensional atau justru membuka ruang bagi pengembangan pertanian organik?

Untuk menjawab tantangan dan pertanyaan tersebut, diperlukan studi komparatif yang objektif antara kedua sistem pertanian. Buku ini hadir sebagai referensi yang menyajikan analisis mendalam mengenai efisiensi ekonomi, dampak sosial, dan keberlanjutan lingkungan dari pertanian organik dan anorganik. Selain itu, buku ini juga membahas potensi integrasi teknologi modern dalam kedua sistem tersebut.

Dengan penyajian yang akademis namun mudah dipahami, buku ini ditujukan bagi berbagai kalangan, termasuk petani, penyuluh pertanian, akademisi, pengambil kebijakan, serta masyarakat umum yang tertarik pada pengembangan pertanian berkelanjutan. Melalui pemahaman yang lebih baik tentang kedua pendekatan ini, diharapkan pembaca dapat membuat keputusan yang lebih tepat dalam memilih sistem pertanian yang sesuai dengan kondisi lokal dan visi keberlanjutan.

BAB 2

PERTANIAN BERKELANJUTAN

2.1 Pengertian Pertanian Berkelanjutan

Pertanian berkelanjutan merupakan sistem pertanian yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pangan saat ini tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhannya. Konsep ini tidak hanya fokus pada peningkatan produktivitas semata, tetapi juga pada pelestarian sumber daya alam, perlindungan lingkungan, serta peningkatan kesejahteraan sosial ekonomi petani.

Filosofi utama dari pertanian berkelanjutan adalah keseimbangan antara aspek ekologis, ekonomi, dan sosial. Dalam praktiknya, sistem ini bertujuan untuk menjaga kesuburan tanah, mengelola air secara efisien, meningkatkan keragaman hayati, serta mendorong partisipasi aktif masyarakat lokal dalam proses produksi dan pengambilan keputusan.

Istilah “berkelanjutan” sendiri mulai populer sejak diterbitkannya laporan **World Commission on Environment and Development (WCED)** tahun 1987 atau lebih dikenal dengan nama **laporan Brundtland**. Laporan tersebut menyebutkan bahwa pembangunan berkelanjutan adalah "pembangunan yang memenuhi kebutuhan masa kini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhannya".

Dalam konteks pertanian, prinsip ini diwujudkan melalui upaya-upaya seperti penggunaan teknik ramah lingkungan, pengurangan pencemaran, pemanfaatan sumber daya terbarukan, serta peningkatan kualitas hidup para

pelaku usaha tani. Tujuannya adalah menciptakan sistem produksi yang tidak hanya efisien, tetapi juga lestari.

Pertanian berkelanjutan menolak pendekatan monokultur yang berlebihan dan penggunaan input kimia secara intensif, karena kedua hal tersebut sering kali menyebabkan degradasi lahan dan hilangnya keanekaragaman hayati. Sebaliknya, sistem ini mendorong penggunaan metode agroekologis yang memadukan ilmu pengetahuan modern dengan kearifan lokal.

Salah satu ciri utama pertanian berkelanjutan adalah pendekatannya yang holistik. Artinya, setiap komponen dalam sistem pertanian—tanah, air, tanaman, hewan, manusia, dan lingkungan—dianggap saling terkait dan harus dikelola secara seimbang. Hal ini membedakannya dengan sistem pertanian konvensional yang lebih bersifat reduksionis.

selain itu, pertanian berkelanjutan juga sangat memperhatikan aspek waktu dan dinamika perubahan lingkungan. Sistem ini tidak hanya menghitung hasil panen jangka pendek, tetapi juga dampak jangka panjang terhadap kesuburan tanah, ketahanan iklim, serta struktur sosial ekonomi masyarakat pedesaan.

Secara global, pertanian berkelanjutan menjadi salah satu solusi strategis dalam menghadapi tantangan besar dunia pertanian abad ke-21, seperti perubahan iklim, penurunan luas lahan pertanian, pertumbuhan populasi yang pesat, serta tekanan permintaan pangan yang meningkat.

Di tingkat nasional, konsep ini relevan dengan upaya pemerintah Indonesia dalam mewujudkan ketahanan pangan yang tidak hanya bergantung pada peningkatan produksi, tetapi juga pada keberlanjutan sumber daya agraria dan pemberdayaan petani kecil.

Berbagai pendekatan dapat digunakan untuk menerapkan pertanian berkelanjutan, termasuk pertanian organik, agroforestri, pertanian presisi, serta integrasi ternak dan tanaman. Setiap pendekatan memiliki kelebihan dan tantangan tersendiri, namun semuanya berorientasi pada tujuan yang sama: menjaga keseimbangan ekosistem dan meningkatkan kesejahteraan petani.

Pentingnya pertanian berkelanjutan juga tercermin dalam berbagai regulasi internasional dan nasional. Contohnya adalah **Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (Sustainable Development Goals/SDGs)**, khususnya Tujuan 2 (Ketahanan Pangan dan Pertanian Berkelanjutan), yang menempatkan isu ini sebagai prioritas global.

Meskipun konsep ini telah banyak dibicarakan, implementasinya masih menghadapi berbagai kendala, seperti kurangnya pemahaman petani, minimnya dukungan kebijakan, serta rendahnya akses pasar bagi produk pertanian berkelanjutan. Oleh karena itu, edukasi, pendampingan, dan insentif pemerintah menjadi sangat penting dalam memperluas adopsi sistem ini.

Perkembangan teknologi digital turut membuka peluang baru dalam penerapan pertanian berkelanjutan. Melalui smart farming, sensor digital, dan aplikasi mobile, petani dapat memantau kondisi lahan secara real-time, mengoptimalkan penggunaan air dan pupuk, serta merencanakan pola tanam yang lebih tepat guna.

Namun, meskipun teknologi memberikan manfaat signifikan, penerapannya harus tetap berlandaskan prinsip-prinsip keberlanjutan agar tidak menciptakan ketergantungan baru atau memperburuk ketimpangan antara petani besar dan kecil.

Dengan demikian, pertanian berkelanjutan bukanlah sekadar tren atau alternatif, tetapi sebuah keharusan jika kita ingin memastikan kelangsungan hidup sistem pangan dunia di masa depan. Pilihan antara pendekatan organik dan anorganik, yang akan dibahas lebih lanjut pada bab selanjutnya, harus selalu dikaitkan dengan prinsip-prinsip dasar pertanian berkelanjutan ini.

2.2 Prinsip dan Indikator Keberlanjutan dalam Pertanian

Konsep keberlanjutan dalam pertanian tidak hanya berkaitan dengan perlindungan lingkungan, tetapi juga mencakup aspek ekonomi dan sosial. Untuk memastikan bahwa sistem pertanian dapat bertahan dalam jangka panjang, diperlukan prinsip-prinsip dasar yang menjadi pegangan dalam penerapannya. Selain itu, untuk mengevaluasi apakah suatu sistem pertanian benar-benar berkelanjutan, diperlukan indikator yang dapat mengukur pencapaian terhadap tujuan tersebut.

Prinsip-Prinsip Dasar Keberlanjutan dalam Pertanian

Terdapat beberapa prinsip utama yang menjadi landasan bagi pertanian berkelanjutan. Prinsip-prinsip ini tidak bersifat kaku, namun harus dipandu oleh konteks lokal dan global, serta kemampuan adaptasi terhadap perubahan lingkungan.

1. Pelestarian Sumber Daya Alam

Salah satu prinsip utama pertanian berkelanjutan adalah menjaga keberadaan sumber daya alam seperti tanah, air, udara, dan biodiversitas. Upaya ini dilakukan melalui pengelolaan lahan yang baik, penggunaan pupuk organik, rotasi tanaman, agroforestri, serta penghematan air.

Tujuannya adalah mencegah degradasi lahan dan menjaga kesuburan tanah untuk generasi mendatang.

2. Efisiensi Penggunaan Input Produksi

Keberlanjutan juga diwujudkan melalui penggunaan input produksi secara efisien, termasuk air, energi, pupuk, dan pestisida. Dalam sistem berkelanjutan, penggunaan bahan kimia sintetis diminimalkan atau diganti dengan alternatif alami. Selain itu, teknologi pertanian modern seperti smart farming dan sensor digital membantu petani menggunakan input secara lebih tepat dan hemat.

3. Perlindungan Ekosistem dan Keanekaragaman Hayati

Pertanian berkelanjutan menitikberatkan pada upaya pelestarian ekosistem dan keanekaragaman hayati. Hal ini mencakup perlindungan habitat alami, penanaman vegetasi penutup tanah, serta pengurangan polusi yang merusak rantai makanan. Dengan demikian, sistem pertanian tidak hanya memberikan manfaat ekonomi, tetapi juga menjaga keseimbangan lingkungan hidup.

4. Peningkatan Kesejahteraan Petani dan Masyarakat Pedesaan

Dari aspek sosial dan ekonomi, pertanian berkelanjutan bertujuan meningkatkan kualitas hidup petani dan masyarakat pedesaan. Ini bisa dicapai melalui peningkatan akses pasar, pelatihan teknis, dukungan kebijakan, serta partisipasi aktif petani dalam proses pengambilan keputusan. Dengan demikian, keberlanjutan tidak hanya soal lingkungan, tetapi juga tentang keadilan dan kesejahteraan manusia.

5. Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim

Perubahan iklim menjadi tantangan besar bagi sektor pertanian. Oleh karena itu, sistem pertanian berkelanjutan

harus memiliki kapasitas untuk beradaptasi terhadap perubahan kondisi iklim dan cuaca ekstrem. Selain itu, pertanian juga berperan dalam mitigasi emisi gas rumah kaca melalui praktik seperti pengelolaan karbon tanah, pengurangan pembakaran lahan, serta peningkatan penyerapan karbon oleh vegetasi.

Indikator Keberlanjutan dalam Pertanian

Untuk mengevaluasi apakah suatu sistem pertanian sudah sesuai dengan prinsip keberlanjutan, dibutuhkan indikator yang dapat mengukur performa sistem tersebut. Indikator ini biasanya dikelompokkan ke dalam tiga dimensi utama: lingkungan, ekonomi, dan sosial.

1. INDIKATOR LINGKUNGAN

Indikator ini mengukur dampak pertanian terhadap lingkungan hidup dan ekosistem. Beberapa contohnya adalah:

- **Kualitas tanah** : pengukuran pH, kadar bahan organik, dan struktur tanah.
- **Efisiensi penggunaan air** : volume air yang digunakan per hektar dan efektivitas irigasi.
- **Emisi karbon** : jumlah karbon yang dilepas atau diserap selama proses budidaya.
- **Keanekaragaman hayati** : jumlah spesies tanaman dan hewan di area pertanian.
- **Pencemaran lingkungan** : tingkat residu pestisida dan pupuk di air tanah dan udara.

2. INDIKATOR EKONOMI

Indikator ekonomi mengukur kemampuan sistem pertanian untuk memberikan manfaat finansial yang layak kepada petani dan pelaku usaha. Contoh indikatornya adalah:

Pendapatan petani : rata-rata pendapatan per hektar atau musim tanam.

Biaya produksi : total biaya yang dikeluarkan untuk input, tenaga kerja, dan infrastruktur.

Produktivitas lahan : hasil panen per satuan luas.

Akses pasar : kemampuan petani menjual produknya dengan harga yang kompetitif.

Investasi dalam teknologi : adopsi inovasi teknologi untuk meningkatkan efisiensi dan hasil.

3. INDIKATOR SOSIAL

Indikator sosial menilai sejauh mana sistem pertanian mendukung kesejahteraan masyarakat dan keberlangsungan sosial ekonomi pedesaan. Contoh indikatornya adalah:

Partisipasi petani dalam kelompok tani atau koperasi .

Akses terhadap informasi dan pelatihan teknis .

Kondisi kesehatan dan keselamatan kerja petani .

Keterlibatan perempuan dan pemuda dalam sektor pertanian

.

Ketersediaan lapangan kerja di sektor pertanian dan industri pendukungnya .

Model Evaluasi Keberlanjutan

Beberapa model telah dikembangkan untuk mengevaluasi keberlanjutan sistem pertanian. Salah satu yang populer adalah Sustainable Agriculture Matrix (SAM), yang menggunakan pendekatan triangulasi antara data kuantitatif, observasi lapangan, dan wawancara stakeholder. Selain itu, Life Cycle Assessment (LCA) sering digunakan untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari suatu produk pertanian mulai dari tahap produksi hingga konsumsi.

Di Indonesia, lembaga seperti Badan Kajian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan) dan Pusat Kajian Agroekosistem (PPAE) juga telah mengembangkan indeks keberlanjutan pertanian nasional, yang mengintegrasikan berbagai indikator lingkungan, ekonomi, dan sosial dalam satu kerangka evaluasi.

Tantangan dalam Penerapan Prinsip dan Pengukuran Keberlanjutan

Meskipun prinsip dan indikator keberlanjutan telah cukup jelas, implementasinya masih menghadapi banyak tantangan. Di tingkat petani, kurangnya pemahaman akan pentingnya prinsip keberlanjutan sering kali menyebabkan rendahnya adopsi praktik ramah lingkungan. Selain itu, minimnya insentif ekonomi membuat petani lebih memilih metode intensif yang cepat memberikan hasil, meski berdampak negatif jangka panjang.

Di tingkat kebijakan, koordinasi antarinstansi seringkali belum optimal, sehingga program pertanian berkelanjutan tidak selaras dengan realitas di lapangan. Infrastruktur distribusi, akses pasar premium, serta standarisasi produk organik juga masih menjadi kendala dalam pengembangan sistem pertanian berkelanjutan

2.3 Perkembangan Teknologi dalam Sektor Pertanian

Perkembangan teknologi telah membawa perubahan besar pada sektor pertanian modern. Dari sistem pengolahan lahan hingga distribusi hasil panen, inovasi teknologi terus mendorong peningkatan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan produksi pangan. Di tengah tekanan global terhadap peningkatan produksi pangan, perubahan iklim, serta kebutuhan untuk menjaga sumber daya alam, teknologi

menjadi salah satu kunci penting dalam transformasi pertanian.

1. Transformasi Teknologi dalam Pertanian Modern

Sejak revolusi hijau pada abad ke-20, pertanian mulai bergantung pada teknologi mekanisasi, pupuk kimia, dan benih unggul. Namun, era digital yang kita hadapi saat ini telah memperluas cakupan teknologi pertanian jauh melampaui sekadar alat dan input fisik. Kini, teknologi informasi, sensor digital, otomatisasi, dan kecerdasan buatan mulai mengubah cara petani menanam, merawat, dan memanen tanaman.

Salah satu bentuk perkembangan yang signifikan adalah pertanian presisi (precision agriculture) . Melalui pendekatan berbasis data, petani dapat memantau kondisi lahan secara real-time, menganalisis kebutuhan air dan nutrisi tanaman, serta memprediksi hasil panen lebih akurat. Penggunaan drone, satelit, dan aplikasi mobile memungkinkan monitoring lapangan yang lebih cepat dan tepat sasaran.

Selain itu, Internet of Things (IoT) dalam pertanian juga semakin berkembang pesat. Sensor yang ditanam di tanah atau dipasang di lahan dapat memberikan informasi langsung tentang kelembapan, suhu, dan tingkat pH tanah. Data tersebut kemudian dikirim ke sistem komputer yang akan memberikan rekomendasi tindakan kepada petani secara otomatis.

2. Teknologi Digital sebagai Pendorong Keberlanjutan

Meskipun sering dianggap sebagai alat peningkatan efisiensi ekonomi, perkembangan teknologi juga memiliki potensi besar dalam mendukung prinsip pertanian berkelanjutan. Dengan data yang akurat, petani dapat

menghindari penggunaan berlebihan pupuk dan pestisida, sehingga mengurangi pencemaran lingkungan. Selain itu, penggunaan air bisa dioptimalkan melalui irigasi presisi, yang sangat penting di daerah rawan kekeringan.

Contohnya, teknologi smart irrigation menggunakan data cuaca dan kelembapan tanah untuk menentukan waktu dan jumlah air yang dibutuhkan tanaman. Ini tidak hanya menghemat konsumsi air, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Demikian pula, sistem farm management software membantu petani dalam merencanakan pola tanam, mengatur rotasi tanaman, serta mencatat riwayat pemupukan dan penyemprotan secara digital.

3. Integrasi Teknologi dalam Sistem Pertanian Organik dan Anorganik

Perkembangan teknologi tidak hanya relevan bagi pertanian konvensional, tetapi juga memiliki potensi besar dalam pengembangan pertanian organik. Misalnya, meskipun pertanian organik menghindari penggunaan pestisida sintetis, teknologi seperti drone penghalau hama atau aplikasi identifikasi penyakit tanaman berbasis AI dapat digunakan untuk menggantikan fungsi pestisida secara efektif.

Begitu pula dalam aspek manajemen lahan, teknologi digital dapat membantu petani organik dalam mencatat praktik budidaya mereka sesuai standar sertifikasi, sehingga mempermudah proses audit dan akses pasar premium. Sementara itu, dalam sistem anorganik, teknologi berperan dalam meningkatkan skala produksi dan efisiensi biaya, serta meminimalkan risiko kerusakan lingkungan melalui pendekatan yang lebih tepat guna.

4. Tantangan dan Peluang Implementasi Teknologi di Indonesia

Di Indonesia, adopsi teknologi pertanian masih menghadapi berbagai tantangan, terutama di kalangan petani kecil. Faktor utama yang menjadi kendala antara lain:

- Kurangnya akses internet dan infrastruktur digital di pedesaan.
- Tingginya biaya investasi awal untuk perangkat teknologi.
- Minimnya pelatihan dan edukasi teknis bagi petani.
- Rendahnya kesadaran akan manfaat teknologi dalam jangka panjang.

Namun, dengan dukungan pemerintah, lembaga penyuluhan, serta partisipasi swasta, implementasi teknologi di sektor pertanian bisa dipercepat. Program-program seperti digital farming , e-extension , dan agri-tech startup mulai bermunculan sebagai solusi untuk menjembatani kesenjangan antara teknologi dan petani.

Selain itu, perkembangan platform digital untuk pemasaran produk pertanian juga memberikan nilai tambah bagi petani dalam meningkatkan akses pasar, baik lokal maupun internasional. Platform e-commerce agribisnis, marketplace petani, dan sistem blockchain untuk transparansi rantai pasok mulai menjadi bagian integral dari pertanian modern.

Dengan perkembangan teknologi yang begitu pesat, sektor pertanian memiliki peluang besar untuk menjadi lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan. Baik dalam konteks pertanian organik maupun anorganik, teknologi bisa menjadi alat pendorong ke arah sistem produksi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Namun, keberhasilan pemanfaatan teknologi harus didukung oleh kebijakan yang

tepat, edukasi yang luas, serta kolaborasi antar pelaku pertanian, termasuk petani, penyuluh, peneliti, dan pemerintah.

2.4 Pengertian dan Karakteristik Pertanian Organik

Pertanian organik merupakan sistem bercocok tanam yang menghindari penggunaan bahan kimia sintetis seperti pupuk kimia, pestisida, serta hormon pertumbuhan. Sistem ini lebih menitikberatkan pada keberlanjutan lingkungan, kesuburan tanah alami, serta perlindungan ekosistem melalui pendekatan holistik terhadap budidaya tanaman dan ternak. Filosofi dasarnya adalah bahwa kesehatan tanah merupakan fondasi bagi kesehatan tumbuhan, hewan, manusia, dan lingkungan secara keseluruhan.

Secara umum, pertanian organik bertujuan untuk menciptakan sistem produksi pangan yang ramah lingkungan, aman dikonsumsi, serta memberikan manfaat sosial dan ekonomi jangka panjang kepada petani dan masyarakat. Konsep ini tidak hanya fokus pada hasil panen, tetapi juga pada cara bagaimana hasil tersebut diperoleh—dengan menjaga keseimbangan ekologis dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Karakteristik Utama Pertanian Organik

Pertanian organik memiliki beberapa karakteristik khas yang membedakannya dengan sistem pertanian konvensional. Beberapa di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Menghindari Penggunaan Bahan Kimia Sintetis

Salah satu ciri utama pertanian organik adalah tidak digunakannya pupuk kimia, pestisida sintetis, atau obat-obatan kimia dalam proses budidaya. Sebagai gantinya, petani menggunakan pupuk organik seperti kompos, pupuk hijau, dan limbah ternak, serta pengendalian hama secara

alami seperti penanaman tanaman penolak hama dan pelestarian predator alami.

2. Menjaga Kesehatan Tanah secara Alami

Pertanian organik sangat memperhatikan kondisi tanah sebagai sumber daya utama dalam produksi tanaman. Untuk menjaga kesuburan tanah, dilakukan rotasi tanaman, penanaman cover crops (tanaman penutup), serta penggunaan bahan organik yang membantu meningkatkan struktur dan nutrisi tanah secara alami.

3. Mendukung Keberagaman Hayati

Sistem pertanian organik mendorong keberagaman hayati baik di tingkat tanaman maupun hewan. Hal ini bisa dilakukan melalui pola tanam campuran (intercropping), agroforestri, serta perlindungan habitat alami serangga dan burung yang berperan sebagai pengendali hama alami.

4. Meminimalkan Dampak Lingkungan

Dengan tidak menggunakan bahan kimia sintetis dan lebih mengandalkan input lokal, pertanian organik membantu mengurangi pencemaran air dan udara, serta emisi karbon. Selain itu, sistem ini juga membantu menyimpan karbon dalam tanah melalui praktik pengelolaan tanah yang sehat.

5. Menerapkan Prinsip Keberlanjutan Sosial dan Ekonomi

Selain aspek lingkungan, pertanian organik juga memiliki dimensi sosial dan ekonomi. Petani organik sering kali bergabung dalam kelompok tani atau koperasi yang saling mendukung dalam aspek produksi dan pemasaran. Produk organik juga memiliki nilai tambah pasar yang lebih tinggi, sehingga dapat meningkatkan pendapatan petani jika akses pasar tersedia dengan baik.