



**BUKU REFERENSI**

# **SISTEM PERTANIAN TERPADU**

**Dr. Ir. Putu Suwardike, M.P. • Putu Shantiawan Prabawa, S.P., M.P.**



BUKU REFERENSI

# SISTEM PERTANIAN TERPADU

Dr. Ir. Putu Suwardike, M.P.  
Putu Shantiawan Prabawa, S.P., M.P.



# SISTEM PERTANIAN TERPADU

---

Ditulis oleh:

Dr. Ir. Putu Suwardike, M.P.  
Putu Shantiawan Prabawa, S.P., M.P.

---

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang keras memperbanyak, menerjemahkan atau mengutip baik sebagian ataupun keseluruhan isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit.

---



ISBN: 978-623-8702-86-2  
VI + 215 hlm; 18,2 x 25,7 cm.  
Cetakan I, September 2024

**Desain Cover dan Tata Letak:**  
Melvin Mirsal

Diterbitkan, dicetak, dan didistribusikan oleh  
**PT Media Penerbit Indonesia**  
Royal Suite No. 6C, Jalan Sedap Malam IX, Sempakata  
Kecamatan Medan Selayang, Kota Medan 20131  
Telp: 081362150605  
Email: [ptmediapenerbitindonesia@gmail.com](mailto:ptmediapenerbitindonesia@gmail.com)  
Web: <https://mediapenerbitindonesia.com>  
Anggota IKAPI No.088/SUT/2024



# KATA PENGANTAR

---

Pertanian merupakan sektor penting yang menopang kehidupan manusia melalui penyediaan pangan, bahan baku industri, dan lapangan kerja. Namun, sektor pertanian juga menghadapi berbagai tantangan, seperti perubahan iklim, degradasi lahan, dan keterbatasan sumber daya alam. Untuk mengatasi tantangan-tantangan ini, diperlukan pendekatan yang holistik dan berkelanjutan, salah satunya adalah melalui penerapan sistem pertanian terpadu.

Buku referensi ini disusun untuk memberikan pemahaman yang mendalam tentang konsep, prinsip, dan praktik sistem pertanian terpadu. Buku referensi ini membahas konsep dasar dan pentingnya pertanian terpadu dalam konteks global. Buku referensi ini juga membahas berbagai model dan pendekatan yang dapat diterapkan di berbagai kondisi agro-ekologis. Selanjutnya, buku referensi ini membahas teknik-teknik praktis dalam implementasi sistem pertanian terpadu, termasuk rotasi tanaman, integrasi tanaman dan ternak, agroforestri, dan pengelolaan limbah organik, serta studi kasus dari berbagai wilayah yang telah berhasil menerapkan sistem pertanian terpadu, sebagai inspirasi dan pembelajaran bagi para pembaca.

Semoga buku referensi ini dapat menjadi pegangan yang berguna dalam usaha kita bersama untuk menciptakan sistem pertanian yang lebih baik dan berkelanjutan.

Salam Hangat,

**Penulis**



# DAFTAR ISI

---

---

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>v</b>
<b>BAB I     PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Tantangan Pembangunan Pertanian ke depan .....	1
B. Peran Sistem Pertanian Terpadu dalam Pencapaian Target SDGs .....	9
C. Sistem Pertanian Terpadu dan Pelestarian Plasma Nutfah	14
<b>BAB II    KONSEP DASAR, MANFAAT, DAN KOMPONEN           SISTEM PERTANIAN TERPADU .....</b>	<b>19</b>
A. Definisi dan Ruang Lingkup Sistem Pertanian Terpadu ...	19
B. Prinsip-prinsip Dasar Sistem Pertanian Terpadu .....	26
C. Manfaat Sistem Pertanian Terpadu .....	32
D. Komponen Sistem Pertanian Terpadu .....	45
<b>BAB III   SEJARAH DAN PERKEMBANGAN SISTEM           PERTANIAN TERPADU .....</b>	<b>51</b>
A. Sejarah dan Perkembangan Sistem Pertanian Terpadu di Dunia .....	51
B. Sejarah dan Perkembangan Sistem Pertanian Terpadu di Indonesia .....	57
<b>BAB IV   PRAKTIK BAIK SISTEM PERTANIAN TERPADU</b>	<b>63</b>
A. Langkah-langkah untuk Menerapkan Sistem Pertanian Terpadu .....	63
B. Penerapan Sistem Pertanian Terpadu di Lahan Basah .....	69
C. Penerapan Sistem Pertanian Terpadu di Lahan Kering .....	72
D. Penerapan <i>Smart Farming</i> dalam Sistem Pertanian Terpadu .....	75
E. Model Sistem Pertanian Terpadu .....	77

F.	Tantangan dan Hambatan dalam Implementasi.....	105
<b>BAB V</b>	<b>STUDI KASUS.....</b>	<b>109</b>
A.	Sistem Pertanian Terpadu di Perdesaan.....	109
B.	Sistem Pertanian Terpadu di Perkotaan.....	115
C.	Proyek-proyek Skala Besar Sistem Pertanian Terpadu ...	121
<b>BAB VI</b>	<b>KEBERLANJUTAN DAN EVALUASI .....</b>	<b>127</b>
A.	Pengukuran Keberlanjutan dalam Sistem Pertanian Terpadu .....	127
B.	Evaluasi Dampak Sosial, Ekonomi, dan Lingkungan .....	131
C.	Pengembangan dan Peningkatan Sistem Pertanian Terpadu .....	142
<b>BAB VII</b>	<b>PERAN PEMERINTAH DAN KEBIJAKAN PUBLIK .....</b>	<b>151</b>
A.	Peran Pemerintah dalam Mendukung Sistem Pertanian Terpadu .....	151
B.	Kebijakan Publik untuk Mendorong Pengembangan Sistem Pertanian Terpadu.....	159
C.	Sinergi dengan <i>Stakeholder</i> Terkait.....	167
<b>BAB VIII</b>	<b>TANTANGAN DAN PELUANG DI MASA DEPAN</b>	<b>173</b>
A.	Tantangan Lingkungan dan Perubahan Iklim.....	173
B.	Peningkatan Produktivitas dan Kualitas .....	181
C.	Peningkatan Kesadaran dan Penerimaan Masyarakat .....	191
<b>BAB IX</b>	<b>KESIMPULAN .....</b>	<b>197</b>
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>199</b>
	<b>GLOSARIUM.....</b>	<b>207</b>
	<b>INDEKS .....</b>	<b>209</b>
	<b>BIOGRAFI PENULIS.....</b>	<b>213</b>
	<b>SINOPSIS .....</b>	<b>215</b>





## DAFTAR GAMBAR

---

Gambar 1. <i>Overeksploitasi Akuifer</i> .....	6
Gambar 2. Air Bersih dan Sanitasi .....	13
Gambar 3. Emisi Rumah Kaca .....	34
Gambar 4. <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> .....	37
Gambar 5. Pengolahan Limbah .....	48
Gambar 6. Pengelolaan air .....	49
Gambar 7. <i>Sustainable Development Goals</i> .....	55
Gambar 8. Analisis SWOT .....	64
Gambar 9. <i>Aquaculture</i> .....	71





# BAB I

## PENDAHULUAN

---

Sistem pertanian terpadu merupakan pendekatan holistik dalam kegiatan pertanian yang mengintegrasikan berbagai komponen produksi untuk mencapai keberlanjutan dan efisiensi. Dalam sistem ini, tanaman, ternak, dan perikanan dikelola secara sinergis sehingga saling mendukung dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya alam yang tersedia. Sistem ini dirancang untuk mengurangi limbah, meningkatkan produktivitas, dan memperkuat ketahanan pangan melalui diversifikasi produksi. Menurut Kadek Ayu (2019) Sistem pertanian yang mengarah pada perbaikan manajemen dan cara pengelolaan seperti integrasi dalam pertanian sangat dibutuhkan masyarakat sebab sistem tersebut diatas adalah suatu sistem pertanian yang teritegrasi dengan tanaman sekitarnya. Selain itu, sistem pertanian terpadu juga berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, sehingga mendukung pembangunan pertanian yang berkelanjutan.

### A. Tantangan Pembangunan Pertanian ke depan

Pembangunan pertanian menghadapi berbagai tantangan yang perlu diatasi untuk memastikan keberlanjutan dan ketahanan pangan di masa depan. Berikut adalah beberapa tantangan utama yang dihadapi sektor pertanian:

#### 1. Perubahan Iklim

Perubahan iklim merupakan salah satu tantangan terbesar bagi pembangunan pertanian di masa depan. Berikut adalah penjelasan secara relevan mengenai bagaimana perubahan iklim mempengaruhi pertanian dan langkah-langkah yang bisa diambil untuk mengahadapinya:

- a. Dampak Suhu dan Curah Hujan

Perubahan iklim memberikan dampak signifikan terhadap sektor pertanian, terutama melalui variasi suhu dan pola curah hujan yang tidak stabil. Menurut Ahuja *et al.* (2017), peningkatan suhu global dapat mengubah pola musim tanam dan panen, mempengaruhi produktivitas tanaman secara keseluruhan. Di sisi lain, perubahan curah hujan yang ekstrem dapat menyebabkan banjir atau kekeringan, merugikan hasil pertanian (Rosenzweig *et al.*, 2018). Kedua faktor ini menantang pembangunan pertanian ke depan, memerlukan adaptasi teknologi dan kebijakan yang lebih canggih untuk menjaga ketahanan pangan global (FAO, 2020). Selain itu, menurut World Bank (2019), suhu yang semakin tinggi juga dapat meningkatkan risiko serangan hama dan penyakit tanaman, yang dapat mengancam ketahanan pangan lokal dan global. Perubahan iklim menyulitkan petani untuk mengelola risiko ini dengan cara tradisional, mengharuskan adopsi inovasi dalam manajemen pertanian yang berkelanjutan (IPCC, 2021). Hal ini menunjukkan perlunya integrasi strategi adaptasi dalam kebijakan pembangunan pertanian untuk mengatasi tantangan yang dihadapi sektor ini dalam menghadapi perubahan iklim yang lebih intens dan sering.

Menurut Olesen *et al.* (2018), curah hujan yang tidak terduga juga dapat mempengaruhi keberlanjutan air tanah dan ketersediaan air untuk pertanian. Pola curah hujan yang tidak stabil dapat mengubah pola irigasi tradisional dan mempengaruhi kemampuan tanaman untuk menyerap nutrisi dari tanah (UNEP, 2017). Sebagai respons terhadap tantangan ini, perlu pengembangan teknologi irigasi yang lebih efisien dan praktik konservasi tanah yang lebih baik untuk meningkatkan produktivitas pertanian di bawah tekanan perubahan iklim yang terus menerus. Akhirnya, menurut IPCC (2023), tantangan perubahan iklim terhadap pertanian memerlukan kolaborasi internasional yang lebih kuat dalam penelitian dan pengembangan teknologi pertanian. Ketergantungan global pada sistem pangan dan pertanian menambah urgensi untuk meningkatkan ketahanan sistem ini terhadap gejolak iklim yang semakin sering terjadi. Dengan demikian, upaya koordinasi global dalam membangun kapasitas adaptasi di tingkat lokal dan

nasional sangat penting untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan dalam konteks pertanian (World Bank, 2022).

b. Fenomena Cuaca Ekstrem

Fenomena cuaca ekstrem menjadi salah satu tantangan utama dalam pertanian saat ini, terutama dalam konteks perubahan iklim global. Para ahli telah membahas bahwa intensitas dan frekuensi cuaca ekstrem seperti banjir, kekeringan, dan badai yang lebih kuat dapat berdampak signifikan terhadap produksi pertanian. Menurut laporan IPCC tahun 2022, "Perubahan iklim menyebabkan peningkatan dalam frekuensi dan intensitas cuaca ekstrem, yang dapat mengganggu sistem pertanian yang sudah ada dan meningkatkan risiko ketidakpastian dalam produksi pangan" (IPCC, 2022). Hal ini menunjukkan bahwa cuaca ekstrem tidak hanya mengancam keberlanjutan pertanian tetapi juga berpotensi memperburuk ketidakstabilan pangan global. Dalam konteks pembangunan pertanian ke depan, adaptasi terhadap cuaca ekstrem menjadi krusial. Organisasi *Food and Agriculture Organization* (FAO) mencatat bahwa "pertanian perlu mengembangkan strategi adaptasi yang lebih tangguh untuk menghadapi cuaca ekstrem yang semakin sering terjadi akibat perubahan iklim" (FAO, 2020). Ini menggambarkan perlunya inovasi dalam praktik pertanian dan teknologi yang dapat mengurangi kerentanan terhadap cuaca ekstrem, seperti sistem irigasi yang lebih efisien dan varietas tanaman yang tahan terhadap kekeringan atau banjir.

Dampak cuaca ekstrem juga dapat mempengaruhi aspek ekonomi dan sosial masyarakat pertanian. World Bank dalam laporan tahun 2018 menyatakan bahwa "cuaca ekstrem dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan di sektor pertanian, mengancam penghidupan jutaan petani dan menyulitkan akses terhadap pasar dan sumber daya" (World Bank, 2018). Hal ini menekankan perlunya kebijakan yang inklusif dan program perlindungan sosial untuk mendukung keberlanjutan ekonomi masyarakat petani di tengah ketidakpastian cuaca yang meningkat. Mitigasi perubahan iklim juga merupakan bagian integral dari strategi jangka panjang

dalam menghadapi cuaca ekstrem di sektor pertanian. Menurut analisis terbaru oleh *Potsdam Institute for Climate Impact Research* pada tahun 2023, "upaya mitigasi yang kuat dan berkelanjutan perlu dilakukan untuk mengurangi dampak cuaca ekstrem yang semakin parah akibat perubahan iklim" (*Potsdam Institute for Climate Impact Research*, 2023). Implementasi kebijakan berbasis ilmiah dan upaya kolaboratif antar negara diperlukan untuk mempercepat transisi menuju sistem pertanian yang lebih tahan terhadap tekanan cuaca ekstrem di masa mendatang.

## **2. Degradasi Lahan**

Degradasi lahan adalah proses penurunan kualitas tanah yang menyebabkan penurunan produktivitas lahan pertanian. Berikut adalah penjelasan mengenai degradasi lahan dan dampaknya terhadap pertanian, serta strategi untuk mengatasi masalah ini:

### **a. Erosi dan Penurunan Kualitas Tanah**

Erosi dan penurunan kualitas tanah merupakan tantangan utama dalam pembangunan pertanian ke depan, terutama di era perubahan iklim. Menurut Pimentel *et al.* (2015), erosi tanah yang disebabkan oleh praktik pertanian yang tidak berkelanjutan dan cuaca ekstrem dapat menghilangkan lapisan atas tanah yang kaya nutrisi, mengurangi produktivitas lahan secara signifikan. Kondisi ini diperparah oleh penurunan kualitas tanah akibat penggunaan bahan kimia yang berlebihan dan penurunan bahan organik tanah, yang mengganggu keseimbangan ekosistem tanah dan kemampuan tanah untuk menyimpan air dan nutrisi (Lal, 2016). Degradasi lahan ini berdampak pada kapasitas tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman dalam jangka panjang. Ahli mencatat bahwa tanah yang terdegradasi lebih rentan terhadap kekeringan dan banjir, yang semakin memperburuk kerentanan sistem pertanian terhadap perubahan iklim (Montgomery, 2017). Oleh karena itu, upaya konservasi tanah, seperti penggunaan penutup tanah, rotasi tanaman, dan agroforestri, sangat penting untuk meningkatkan ketahanan dan produktivitas pertanian (FAO, 2019).

b. Salinisasi dan Kontaminasi

Salinisasi dan kontaminasi tanah merupakan masalah serius yang menghambat pembangunan pertanian ke depan. Salinisasi terjadi akibat akumulasi garam di lapisan atas tanah, sering kali disebabkan oleh praktik irigasi yang tidak tepat dan drainase yang buruk, yang mengurangi kesuburan tanah dan menghambat pertumbuhan tanaman (Qadir *et al.*, 2019). Menurut FAO (2020), sekitar 20% dari lahan irigasi di dunia telah mengalami salinisasi, yang mengancam produktivitas pangan global dan menuntut strategi pengelolaan yang lebih baik. Kontaminasi tanah oleh bahan kimia berbahaya, seperti pestisida, logam berat, dan polutan industri, juga semakin memperburuk degradasi lahan. Para ahli menunjukkan bahwa polusi tanah ini tidak hanya merusak kesehatan tanaman tetapi juga berdampak negatif pada kesehatan manusia dan ekosistem (Zhang *et al.*, 2015). Peningkatan penggunaan bahan kimia dalam pertanian modern memperburuk masalah ini, dan diperlukan upaya pengurangan dan pengelolaan polusi yang lebih efektif untuk melindungi kualitas tanah (Hou *et al.*, 2021).

### 3. Sumber Daya Air

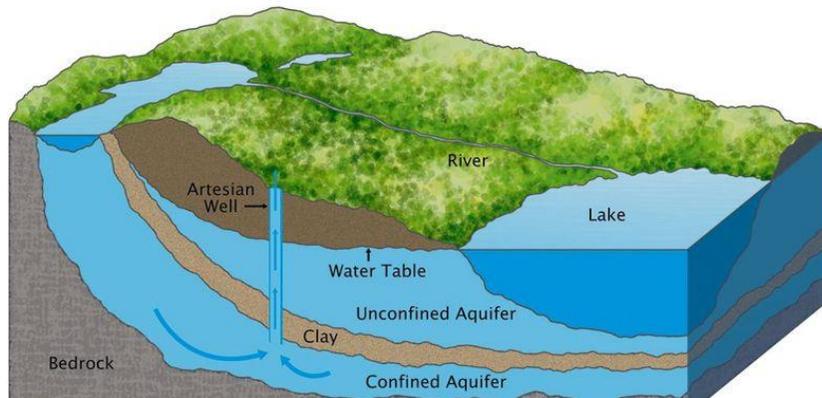
Sumber daya air adalah salah satu faktor krusial dalam pembangunan pertanian. Ketersediaan dan kualitas air yang memadai sangat penting untuk memastikan produksi pertanian yang berkelanjutan dan produktif. Berikut adalah penjelasan mengenai tantangan ini dan langkah-langkah yang dapat diambil untuk mengatasinya:

a. Ketersediaan Air

Ketersediaan air merupakan tantangan kritis dalam pembangunan pertanian masa depan, mengingat perubahan iklim dan peningkatan permintaan air untuk pertanian. Menurut FAO (2017), sektor pertanian menggunakan sekitar 70% dari total air tawar yang tersedia di dunia, dan proyeksi menunjukkan bahwa permintaan ini akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan kebutuhan pangan. Ketidakpastian pola curah hujan dan frekuensi kekeringan yang meningkat akibat perubahan iklim memperparah tantangan ini, mengurangi ketersediaan air yang

dapat diandalkan untuk irigasi dan produksi tanaman (IPCC, 2019).

Gambar 1. *Overeksploitasi Akuifer*



Pengelolaan sumber daya air yang tidak efisien menyebabkan penurunan kualitas air dan overeksploitasi akuifer, yang memperburuk situasi kelangkaan air. Menurut Gleick (2018), praktik irigasi yang tidak efisien, seperti irigasi permukaan yang berlebihan, menyebabkan pemborosan air dan degradasi tanah melalui erosi dan salinisasi. Oleh karena itu, ada kebutuhan mendesak untuk mengadopsi teknologi irigasi yang lebih efisien dan praktik konservasi air untuk meningkatkan penggunaan air di sektor pertanian (WWAP, 2016).

b. Kualitas Air

Kualitas air merupakan faktor krusial dalam pembangunan pertanian ke depan, karena air yang tercemar dapat mengganggu pertumbuhan tanaman dan kesehatan ekosistem. Menurut FAO (2017), penggunaan pestisida dan pupuk yang berlebihan dalam pertanian konvensional sering kali mengakibatkan pencemaran sumber daya air, yang menurunkan kualitas air irigasi dan meningkatkan risiko bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Polusi air dari pertanian, termasuk limpasan nutrisi dan bahan kimia, menyebabkan eutrofikasi di badan air, yang dapat mengurangi biodiversitas dan produktivitas lahan pertanian (OECD, 2019). Kualitas air yang buruk juga berdampak pada efektivitas irigasi dan keberlanjutan produksi pangan. Para ahli mencatat bahwa air irigasi yang terkontaminasi dapat membawa patogen dan logam berat yang merusak struktur tanah dan

mengurangi hasil panen (WWAP, 2018). Oleh karena itu, pengelolaan kualitas air yang baik sangat penting untuk memastikan bahwa air yang digunakan dalam pertanian aman dan mendukung produktivitas tanaman secara optimal (UNESCO, 2019).

#### **4. Ketahanan Pangan**

Ketahanan pangan adalah kemampuan suatu negara atau komunitas untuk memastikan ketersediaan, akses, dan pemanfaatan pangan yang cukup bagi semua anggotanya. Ketahanan pangan menjadi salah satu tantangan utama dalam pembangunan pertanian di masa depan karena berbagai faktor yang mempengaruhinya. Berikut adalah penjelasan mengenai ketahanan pangan dan tantangan serta strategi untuk mengatasinya dalam konteks pembangunan pertanian:

##### **a. Populasi yang Terus Bertambah**

Populasi yang terus bertambah menjadi tantangan signifikan dalam ketahanan pangan global, karena meningkatkan permintaan terhadap sumber daya pangan yang terbatas. Menurut FAO (2017), pertumbuhan populasi dunia yang cepat memperparah tekanan terhadap produksi pangan, yang harus meningkat secara signifikan untuk memenuhi kebutuhan makanan yang semakin tinggi. Hal ini menuntut peningkatan produktivitas pertanian secara berkelanjutan dan pengembangan sistem pangan yang lebih efisien untuk memastikan akses pangan yang memadai bagi semua orang.

Dampak pertumbuhan populasi yang signifikan juga mencakup peningkatan urbanisasi dan perubahan pola konsumsi masyarakat, yang mempengaruhi struktur permintaan pangan. Menurut Gerland *et al.* (2014), urbanisasi yang meningkat mendorong pergeseran dari pola makan tradisional ke pola makan yang lebih bervariasi, dengan lebih banyak konsumsi produk hewani dan olahan, yang mempengaruhi permintaan dan produksi pertanian. Hal ini menambah kompleksitas dalam mencapai ketahanan pangan yang berkelanjutan dan inklusif.

Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan investasi besar dalam inovasi pertanian dan teknologi, serta kebijakan yang mendukung pengembangan sistem pangan yang lebih resilien dan

berkelanjutan. Menurut Pingali (2015), penelitian dan pengembangan varietas tanaman yang lebih produktif dan tahan terhadap perubahan iklim dapat menjadi kunci dalam meningkatkan produktivitas pertanian secara global. Selain itu, pendekatan yang holistik, termasuk integrasi pertanian dengan sektor-sektor lain seperti kesehatan dan pendidikan, diperlukan untuk mengurangi ketimpangan akses pangan dan meningkatkan ketahanan pangan di tingkat lokal dan global (IPCC, 2019).

b. Distribusi dan Aksesibilitas

Distribusi dan aksesibilitas pangan berperan krusial dalam mencapai ketahanan pangan global, terutama di era modern yang kompleks. Menurut FAO (2019), ketimpangan dalam distribusi pangan antara daerah perkotaan dan pedesaan serta di antara negara-negara dapat menghambat upaya untuk mencapai ketahanan pangan yang berkelanjutan. Faktor-faktor seperti infrastruktur transportasi yang kurang memadai dan perubahan iklim yang mempengaruhi produksi pangan regional, semakin mempersulit distribusi pangan yang efisien.

Aksesibilitas fisik dan ekonomi terhadap pangan juga merupakan tantangan penting. Ahli menggarisbawahi bahwa harga pangan yang tinggi dan ketidakstabilan harga dapat mengakibatkan kerentanan pangan, terutama di kalangan rumah tangga miskin di negara berkembang (Haddad *et al.*, 2016). Peningkatan produktivitas pertanian di tingkat lokal dapat membantu mengurangi ketimpangan akses pangan, tetapi diperlukan juga kebijakan dan intervensi sosial yang tepat untuk memastikan bahwa masyarakat rentan memiliki akses yang memadai terhadap pangan berkualitas.

Solusi untuk meningkatkan distribusi dan aksesibilitas pangan mencakup integrasi sistem transportasi yang efisien, pengembangan pasar lokal yang kuat, dan promosi perdagangan internasional yang adil. Menurut Jones *et al.* (2017), peningkatan infrastruktur transportasi dan logistik dapat membantu mengurangi kerugian pangan dan memperbaiki aksesibilitas pangan di wilayah yang terpencil atau terisolasi. Di samping itu, kebijakan yang mendukung pasar pangan lokal dan inisiatif untuk

mengurangi kerentanan harga dapat meningkatkan keamanan pangan di tingkat komunitas (WHO, 2015).

Mengatasi tantangan-tantangan ini memerlukan pendekatan holistik yang melibatkan kerjasama antara pemerintah, sektor swasta, komunitas ilmiah, dan petani. Investasi dalam teknologi, infrastruktur, dan kebijakan yang mendukung keberlanjutan pertanian sangat penting untuk memastikan bahwa sektor ini dapat terus menyediakan pangan yang cukup dan berkualitas bagi populasi global.

## **B. Peran Sistem Pertanian Terpadu dalam Pencapaian Target SDGs**

Sistem Pertanian Terpadu (*Integrated Farming System*) merupakan pendekatan holistik yang menggabungkan berbagai elemen pertanian, peternakan, perikanan, dan kehutanan dalam satu kesatuan sistem yang saling mendukung. Pendekatan ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi, tetapi juga untuk menjaga keseimbangan ekologi dan memberikan manfaat sosial-ekonomi yang berkelanjutan. Berikut adalah penjelasan mengenai peran Sistem Pertanian Terpadu dalam pencapaian target *Sustainable Development Goals* (SDGs):

### **1. Mengakhiri Kemiskinan (SDG 1)**

Sistem Pertanian Terpadu memiliki peran krusial dalam mengakhiri kemiskinan, yang merupakan salah satu target utama dari Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG 1). Menurut FAO, integrasi sistem pertanian dapat meningkatkan produktivitas, mengurangi kerentanan terhadap perubahan iklim, dan memperluas akses pasar bagi petani miskin (FAO, 2019). Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan hasil pertanian tetapi juga meningkatkan ketahanan pangan dan pendapatan rumah tangga petani. Selain itu, sistem pertanian terpadu dapat memperkuat kapasitas adaptasi komunitas terhadap tantangan ekonomi dan lingkungan yang berkelanjutan (IFAD, 2018).

Integrasi sistem pertanian juga berkontribusi pada pengurangan kemiskinan melalui pemberdayaan ekonomi lokal dan inklusi sosial. Melalui pendekatan ini, para ahli membahas bahwa pengembangan usaha kecil dan menengah di sektor pertanian dapat menciptakan

peluang kerja, meningkatkan akses terhadap pendapatan, serta memperkuat kemandirian ekonomi masyarakat pedesaan (World Bank, 2020). Dengan memanfaatkan potensi lokal dan mendiversifikasi sumber penghasilan, sistem pertanian terpadu membantu mendorong pertumbuhan ekonomi inklusif yang merata, mengurangi ketimpangan sosial dan ekonomi di dalam masyarakat (UNDP, 2021).

## **2. Mengakhiri Kelaparan (SDG 2)**

Sistem Pertanian Terpadu berperan vital dalam mencapai tujuan Mengakhiri Kelaparan (SDG 2) dengan meningkatkan produksi pangan secara berkelanjutan dan meningkatkan akses terhadap makanan bergizi bagi populasi yang rentan. Menurut World Bank, pendekatan ini dapat meningkatkan produktivitas pertanian, memperluas akses pasar bagi petani kecil, dan mengurangi tingkat kerawanan pangan di wilayah-wilayah yang terpinggirkan (World Bank, 2017). Dengan mengintegrasikan berbagai aspek pertanian seperti peternakan, perikanan, dan pertanian tanaman pangan, sistem ini memberikan solusi holistik untuk mengatasi kelaparan dan kekurangan gizi secara efektif (FAO, 2019).

Para ahli membahas bahwa integrasi sistem pertanian dapat mengurangi ketimpangan dalam akses terhadap pangan dan meningkatkan ketahanan pangan rumah tangga. Melalui diversifikasi usaha pertanian, seperti agroforestri dan pengembangan peternakan terintegrasi, sistem ini tidak hanya meningkatkan produksi pangan tetapi juga memperkuat ketahanan komunitas terhadap bencana alam dan perubahan iklim (IFAD, 2020). Pendekatan ini memberdayakan petani untuk memanfaatkan lahan secara lebih efisien, mengurangi kerugian hasil pertanian, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya alam untuk mendukung produksi pangan yang berkelanjutan (UNDP, 2021).

## **3. Kesehatan dan Kesejahteraan (SDG 3)**

Sistem Pertanian Terpadu berperan penting dalam mencapai tujuan Kesehatan dan Kesejahteraan (SDG 3) dengan menyediakan akses terhadap pangan yang aman dan bergizi serta mempromosikan pola konsumsi sehat. Menurut *World Health Organization* (WHO), integrasi praktik pertanian yang berkelanjutan dapat meningkatkan kualitas pangan dengan mengurangi penggunaan pestisida dan bahan

kimia berbahaya (WHO, 2018). Dengan memprioritaskan produksi pangan organik dan diversifikasi hasil pertanian, sistem ini mendukung diet yang seimbang dan kesehatan yang optimal bagi masyarakat pedesaan dan perkotaan (IFAD, 2021).

Para ahli membahas bahwa sistem pertanian terpadu tidak hanya mempengaruhi kesehatan fisik tetapi juga memperbaiki kesejahteraan psikologis dan sosial. Melalui promosi pertanian perkotaan dan kebun vertikal, misalnya, sistem ini mendorong partisipasi komunitas dalam memproduksi makanan sendiri, yang dapat meningkatkan kualitas hidup dan kebahagiaan secara keseluruhan (UNDP, 2019). Dengan mengurangi ketergantungan terhadap makanan olahan dan produk yang kurang bergizi, pendekatan ini berpotensi mengurangi prevalensi penyakit kronis seperti diabetes dan penyakit jantung di kalangan populasi rentan (FAO, 2022).

#### **4. Pendidikan Berkualitas (SDG 4)**

Sistem Pertanian Terpadu memiliki peran yang signifikan dalam mendukung pencapaian tujuan Pendidikan Berkualitas (SDG 4) dengan menyediakan akses terhadap pendidikan informal dan keterampilan pertanian bagi masyarakat pedesaan. Menurut UNESCO, integrasi pendekatan pertanian dalam kurikulum pendidikan lokal dapat memperluas pemahaman dan keterampilan praktis yang relevan bagi siswa di lingkungan pedesaan (UNESCO, 2017). Dengan mempromosikan pendidikan pertanian berbasis lokal, sistem ini tidak hanya memperkuat kapasitas masyarakat dalam mengelola sumber daya alam secara berkelanjutan tetapi juga meningkatkan kesadaran akan pentingnya keberlanjutan dalam pengelolaan lahan dan air (World Bank, 2019).

Para ahli membahas bahwa pendekatan integratif dalam pertanian dapat meningkatkan kualitas hidup dan pendidikan anak-anak di pedesaan, mengurangi tingkat putus sekolah, dan meningkatkan kesempatan untuk belajar. Melalui program-program pelatihan dan pendidikan kewirausahaan pertanian, sistem ini mendorong generasi muda untuk terlibat dalam sektor pertanian sebagai pilihan karir yang berkelanjutan (IFAD, 2018). Dengan membangun kemitraan antara sekolah, universitas, dan komunitas lokal, pendidikan pertanian terpadu

dapat menghasilkan lulusan yang siap bekerja dalam industri pertanian modern yang berkelanjutan (FAO, 2021).

## **5. Kesetaraan Gender (SDG 5)**

Sistem Pertanian Terpadu berperan kunci dalam mendukung pencapaian Kesetaraan Gender (SDG 5) dengan memberdayakan perempuan di sektor pertanian dan memperluas akses terhadap sumber daya, pendidikan, dan peluang ekonomi. Menurut UN Women, integrasi perempuan dalam sistem pertanian terpadu dapat mengurangi kesenjangan gender dalam akses terhadap lahan pertanian, teknologi, dan pasar, yang mendukung pemberdayaan ekonomi perempuan di pedesaan (UN Women, 2018). Dengan memfasilitasi pelatihan dan pendampingan, sistem ini memungkinkan perempuan untuk mengambil peran aktif dalam pengambilan keputusan rumah tangga dan komunitas terkait pertanian (World Bank, 2020).

Para ahli membahas bahwa pendekatan pertanian terpadu tidak hanya memperkuat kapasitas perempuan sebagai produsen pangan tetapi juga sebagai agen perubahan sosial dalam komunitas. Melalui program-program pengembangan keterampilan dan keberlanjutan, sistem ini meningkatkan kemandirian perempuan dalam mengelola usaha pertanian dan meningkatkan partisipasinya dalam organisasi agraris dan keputusan lokal (IFAD, 2021). Dengan mempromosikan akses perempuan terhadap sumber daya produktif dan pasar, pendekatan ini berpotensi mengurangi kemiskinan dan meningkatkan kesejahteraan keluarga secara keseluruhan (FAO, 2019).

## **6. Air Bersih dan Sanitasi (SDG 6)**

Sistem Pertanian Terpadu berperan penting dalam mendukung pencapaian tujuan Air Bersih dan Sanitasi (SDG 6) dengan mempromosikan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan dan meningkatkan sanitasi di komunitas pedesaan. Menurut WHO, integrasi praktik pertanian yang berkelanjutan dapat mengurangi pencemaran air melalui penggunaan yang lebih bijaksana terhadap pestisida dan pupuk, yang secara langsung mendukung kualitas air bersih dan kesehatan masyarakat (WHO, 2017). Dengan memanfaatkan teknologi pertanian yang ramah lingkungan seperti sistem irigasi hemat air dan pengelolaan

limbah organik, sistem ini membantu mengurangi tekanan terhadap sumber daya air yang semakin langka (World Bank, 2018).

Para ahli membahas bahwa pendekatan pertanian terpadu juga dapat meningkatkan akses terhadap sanitasi yang layak di komunitas pedesaan. Melalui integrasi sistem pertanian dengan pengelolaan limbah domestik dan sanitasi masyarakat, sistem ini meningkatkan kebersihan dan kesehatan lingkungan secara keseluruhan (IFAD, 2019). Dengan mempromosikan pendekatan holistik terhadap pengelolaan air dan sanitasi, praktik ini tidak hanya mengurangi beban penyakit terkait air tetapi juga meningkatkan kualitas hidup dan produktivitas masyarakat pedesaan (FAO, 2020).

Gambar 2. Air Bersih dan Sanitasi



Sumber: *Liputan6*

Sistem Pertanian Terpadu berperan penting dalam mencapai berbagai target SDGs melalui pendekatan yang berkelanjutan, holistik, dan inklusif. Dengan mengintegrasikan berbagai elemen dalam satu sistem yang saling mendukung, pendekatan ini tidak hanya meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan petani, tetapi juga berkontribusi pada pelestarian lingkungan dan pembangunan masyarakat yang berkelanjutan.

## C. Sistem Pertanian Terpadu dan Pelestarian Plasma Nutfah

Sistem Pertanian Terpadu (SPT) dan Pelestarian Plasma Nutfah merupakan konsep penting dalam menjaga keberlanjutan sistem pertanian dan pelestarian keanekaragaman hayati. Berikut adalah pembahasan mengenai subbab-subbab terkait:

### 1. Pengertian Plasma Nutfah

Plasma nutfah adalah istilah yang merujuk pada bahan genetik dari semua organisme hidup, termasuk tanaman, hewan, dan mikroorganisme, yang menjadi sumber keanekaragaman hayati. Plasma nutfah mencakup gen, varietas, spesies, dan populasi yang penting untuk pengembangan dan peningkatan kualitas tanaman dan hewan dalam pertanian. Sumber daya genetik ini sangat berharga karena menjadi dasar bagi penelitian dan inovasi dalam pertanian, termasuk pengembangan varietas baru yang lebih unggul, tahan terhadap perubahan iklim, penyakit, dan kondisi lingkungan yang sulit. Keberagaman genetik yang dimiliki oleh plasma nutfah menyediakan potensi besar untuk memperbaiki ketahanan dan produktivitas sistem pertanian.

Pelestarian plasma nutfah menjadi semakin penting dalam menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim, degradasi lingkungan, serta meningkatnya kebutuhan pangan akibat pertumbuhan populasi. Plasma nutfah menyediakan keanekaragaman genetik yang memungkinkan manusia mengembangkan spesies tanaman dan hewan yang lebih adaptif terhadap kondisi lingkungan yang berubah. Sebagai contoh, banyak varietas tanaman lokal yang memiliki toleransi alami terhadap kekeringan, suhu ekstrem, atau penyakit tertentu, dan gen-gen dari varietas ini dapat digunakan untuk mengembangkan varietas unggul yang lebih tangguh dalam kondisi iklim yang tidak menentu.

Plasma nutfah juga penting dalam menjaga ketahanan pangan dan keamanan gizi di masa depan. Dengan menjaga keanekaragaman genetik, para ilmuwan dapat terus mengembangkan varietas tanaman yang tidak hanya produktif, tetapi juga kaya akan nutrisi. Dalam dunia yang semakin rentan terhadap krisis pangan, pelestarian plasma nutfah adalah langkah vital untuk memastikan tersedianya sumber daya genetik yang memungkinkan pengembangan sistem pertanian yang berkelanjutan dan mendukung kesehatan manusia. Oleh karena itu, program konservasi plasma nutfah, baik melalui bank gen (*ex situ*)

maupun melalui pelestarian di habitat aslinya (*in situ*), sangat diperlukan untuk melindungi kekayaan genetik tersebut.

Plasma nutfah juga berperan penting dalam keberlanjutan ekonomi pertanian. Keanekaragaman genetik yang tersimpan dalam plasma nutfah memberikan peluang bagi pengembangan varietas baru yang memiliki nilai ekonomi tinggi, baik di pasar lokal maupun global. Varietas tanaman atau ternak yang dikembangkan dari plasma nutfah dapat memberikan hasil yang lebih baik, lebih tahan terhadap hama dan penyakit, serta lebih efisien dalam penggunaan sumber daya. Oleh karena itu, menjaga dan melestarikan plasma nutfah tidak hanya penting untuk kelestarian lingkungan, tetapi juga untuk mendukung inovasi dan pertumbuhan ekonomi dalam sektor pertanian.

## **2. Pentingnya Pelestarian Plasma Nutfah dalam SPT**

Plasma Nutfah mengacu pada keragaman genetik dalam varietas tanaman yang dikembangkan oleh petani selama ribuan tahun. Pelestarian Plasma Nutfah dalam SPT memiliki peran krusial dalam:

### **a. Ketahanan Pangan Global**

Ketahanan pangan global dan pelestarian plasma nutfah memiliki hubungan yang erat dalam konteks Sistem Pertanian Terpadu (SPT). Menurut Ekinci *et al.* (2019), plasma nutfah yang meliputi berbagai varietas tanaman tradisional memiliki potensi genetik yang penting untuk adaptasi terhadap perubahan iklim dan keberlanjutan pertanian. Dengan mempertahankan keanekaragaman genetik ini, SPT dapat menghadapi tantangan dalam produksi pangan global seperti perubahan iklim dan penyakit tanaman (Dwivedi *et al.*, 2017). Pelestarian plasma nutfah juga mendukung ketahanan pangan global dengan menyediakan sumber daya genetik untuk pengembangan varietas tanaman yang tahan terhadap kondisi lingkungan yang semakin ekstrim. Cassman *et al.* (2019) mencatat bahwa dalam menghadapi ketidakpastian iklim global, keberagaman genetik tanaman dari plasma nutfah menjadi kunci dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan sistem pertanian. Hal ini penting untuk memastikan ketersediaan pangan yang stabil dan berkualitas bagi populasi dunia (Bennett *et al.*, 2020).

b. Pengembangan Varietas Unggul

Pengembangan varietas unggul merupakan aspek krusial dalam pelestarian plasma nutfah dalam Sistem Pertanian Terpadu (SPT). Menurut Ekinci *et al.* (2019), memanfaatkan keanekaragaman genetik dari plasma nutfah untuk mengembangkan varietas tanaman yang lebih produktif, tahan terhadap penyakit, dan adaptif terhadap perubahan iklim menjadi prioritas dalam mencapai ketahanan pangan global. Pendekatan ini tidak hanya memperkaya ketersediaan genetik untuk pertanian masa depan tetapi juga mengamankan pasokan pangan dalam menghadapi tantangan global (Dwivedi *et al.*, 2017). Pelestarian plasma nutfah dalam SPT juga mendukung pengembangan varietas tanaman yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Cassman *et al.* (2019) menggarisbawahi bahwa tanaman dari plasma nutfah sering kali memiliki sifat-sifat genetik yang berpotensi untuk mengurangi ketergantungan pada pestisida dan pupuk kimia, sehingga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Hal ini sesuai dengan tujuan untuk menciptakan sistem pertanian yang lebih bersih dan berkelanjutan (Bennett *et al.*, 2020).

c. Mempertahankan Budaya Pertanian

Pelestarian plasma nutfah dalam Sistem Pertanian Terpadu (SPT) penting untuk mempertahankan keanekaragaman genetik yang mencerminkan budaya pertanian lokal. Menurut Ekinci *et al.* (2019), tanaman-tanaman dari plasma nutfah sering kali terkait erat dengan praktik pertanian tradisional dan pengetahuan lokal yang telah diturunkan dari generasi ke generasi. Memelihara varietas ini tidak hanya melestarikan kekayaan genetik tanaman tetapi juga nilai-nilai budaya yang terkait dengan pertanian dan kesejahteraan masyarakat lokal (Dwivedi *et al.*, 2017). Pentingnya mempertahankan budaya pertanian dalam konteks SPT juga terkait dengan kemampuan adaptasi terhadap perubahan lingkungan dan sosial. Cassman *et al.* (2019) menekankan bahwa pengetahuan tradisional yang terkait dengan varietas lokal dapat memberikan wawasan yang berharga dalam menghadapi tantangan seperti perubahan iklim, penyakit tanaman, dan fluktuasi pasar. Dengan demikian, pelestarian

plasma nutfah tidak hanya memperkuat ketahanan pangan tetapi juga mempromosikan keberlanjutan budaya pertanian yang berkelanjutan (Bennett *et al.*, 2020).

### **3. Implementasi dan Tantangan dalam SPT dan Pelestarian Plasma Nutfah**

#### **a. Implementasi**

Implementasi pelestarian plasma nutfah dalam Sistem Pertanian Terpadu (SPT) melibatkan integrasi praktik dan kebijakan yang mendukung penggunaan dan pelestarian keanekaragaman genetik tanaman lokal. Menurut Ekinci *et al.* (2019), pendekatan ini mencakup pengumpulan, karakterisasi, dan konservasi varietas tanaman yang berharga secara genetik untuk memastikan ketahanan pangan jangka panjang dalam menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim dan penyakit tanaman. Implementasi yang efektif memerlukan kolaborasi antara ilmu pengetahuan modern dan pengetahuan lokal untuk memaksimalkan manfaat bagi masyarakat petani dan lingkungan (Dwivedi *et al.*, 2017). Pelestarian plasma nutfah dalam konteks SPT juga membutuhkan pengembangan kebijakan yang mendukung perlindungan dan penggunaan berkelanjutan sumber daya genetik tanaman. Cassman *et al.* (2019) membahas pentingnya regulasi yang tepat untuk mempromosikan konservasi plasma nutfah di tingkat nasional dan internasional, sehingga varietas lokal yang berharga tidak punah dan tetap tersedia untuk inovasi pertanian di masa depan. Hal ini mencerminkan komitmen untuk mencapai keberlanjutan dalam pengelolaan sumber daya genetik tanaman (Bennett *et al.*, 2020).

#### **b. Tantangan**

Tantangan dalam Sistem Pertanian Terpadu (SPT) terkait dengan pelestarian plasma nutfah mencakup berbagai aspek yang mempengaruhi keberlanjutan dan ketahanan pangan global. Menurut Ekinci *et al.* (2019), salah satu tantangan utama adalah menangani hilangnya keanekaragaman genetik tanaman akibat dari perubahan penggunaan lahan, urbanisasi, dan intensifikasi pertanian yang tidak berkelanjutan. Hal ini memerlukan strategi perlindungan dan konservasi yang efektif untuk mempertahankan

plasma nutfah yang berharga untuk masa depan pertanian (Dwivedi *et al.*, 2017). Pembatasan akses terhadap plasma nutfah juga merupakan tantangan yang signifikan dalam implementasi SPT. Cassman *et al.* (2019) mencatat bahwa hak kekayaan intelektual dan regulasi akses terhadap sumber daya genetik menjadi hal yang kompleks, terutama dalam konteks internasional di mana kepentingan komersial sering bersaing dengan kepentingan konservasi dan pemanfaatan lokal. Penyelesaian tantangan ini memerlukan kerja sama internasional dan kebijakan yang memperkuat akses yang adil dan berkelanjutan terhadap plasma nutfah (Bennett *et al.*, 2020).



## **BAB II**

# **KONSEP DASAR, MANFAAT, DAN KOMPONEN SISTEM PERTANIAN TERPADU**

---

Sistem pertanian terpadu mengacu pada pendekatan holistik dalam mengelola sumber daya pertanian, mengintegrasikan berbagai komponen seperti tanaman, hewan ternak, dan teknologi pengelolaan tanah. Konsep ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi produksi serta keberlanjutan lingkungan melalui pengurangan limbah dan pemakaian sumber daya yang lebih efektif. Manfaat utama dari sistem pertanian terpadu mencakup peningkatan produktivitas lahan secara berkelanjutan dan pengurangan risiko terkait fluktuasi pasar. Selain itu, pendekatan ini juga mendorong kemandirian petani dengan memperluas basis penghasilan dan meningkatkan ketahanan pangan di tingkat lokal maupun regional.

### **A. Definisi dan Ruang Lingkup Sistem Pertanian Terpadu**

Sistem Pertanian Terpadu (SPT) merupakan pendekatan holistik dalam pengelolaan sumber daya pertanian yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan produksi pertanian. Konsep ini melibatkan integrasi berbagai komponen sistem pertanian, seperti tanaman, hewan ternak, teknologi pengelolaan limbah, dan praktik konservasi tanah serta air. Dalam konteks global yang semakin kompleks ini, SPT menjadi solusi yang relevan untuk memenuhi kebutuhan pangan yang meningkat sambil mengelola sumber daya alam secara berkelanjutan.

## 1. Definisi Sistem Pertanian Terpadu

Sistem Pertanian Terpadu (SPT) adalah pendekatan holistik dalam pengelolaan pertanian yang mengintegrasikan berbagai komponen seperti pertanian tanaman, peternakan, dan pengelolaan sumber daya alam untuk mencapai efisiensi yang lebih tinggi dan keberlanjutan yang lebih baik. Menurut Rahayu *et al.* (2020), SPT mengedepankan koordinasi antara berbagai kegiatan pertanian dan non-pertanian dalam satu sistem yang saling mendukung, dengan tujuan mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan meminimalkan dampak lingkungan. Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas, memperbaiki kualitas lingkungan, dan meningkatkan kesejahteraan petani secara berkelanjutan (Pradhan *et al.*, 2018). Integrasi antara komponen pertanian juga dapat mengurangi ketergantungan terhadap *input* luar seperti pupuk dan pestisida kimia, yang sering kali memiliki dampak negatif jangka panjang terhadap lingkungan (Gliessman, 2015).

Sistem Pertanian Terpadu mencerminkan transisi dari pola pertanian konvensional menuju pendekatan yang lebih holistik dan berkelanjutan (Baldock *et al.*, 2017). Dengan memadukan pertanian tanaman dan peternakan dalam satu sistem, SPT dapat menciptakan sinergi yang menguntungkan antara produksi tanaman dan manajemen limbah hewan, seperti yang dijelaskan dalam penelitian terbaru oleh Tselempis *et al.* (2023). Melalui integrasi ini, SPT tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan melalui pengelolaan limbah yang lebih baik dan penggunaan sumber daya alam secara optimal.

## 2. Ruang Lingkup Sistem Pertanian Terpadu

Sistem Pertanian Terpadu (*Integrated Farming System*) adalah pendekatan yang mengintegrasikan berbagai komponen pertanian seperti tanaman, ternak, perikanan, dan kegiatan lainnya dalam satu sistem yang saling mendukung. Ruang lingkup dari Sistem Pertanian Terpadu meliputi beberapa aspek utama:

### a. Pertanian Tanaman

Pertanian tanaman merupakan komponen integral dalam sistem pertanian terpadu yang bertujuan untuk memaksimalkan produktivitas secara berkelanjutan dengan memanfaatkan prinsip-prinsip ekologi dan efisiensi sumber daya. Menurut Boyd

*et al.* (2019), sistem pertanian terpadu mengintegrasikan berbagai aspek seperti pemuliaan tanaman, pengelolaan hama dan penyakit, penggunaan sumber daya air, dan manajemen tanah dalam satu kesatuan sistem yang saling mendukung. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan hasil panen tetapi juga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Godfray *et al.*, 2018). Pada konteks ini, pertanian tanaman mengacu pada praktik bercocok tanam yang mengutamakan keseimbangan ekosistem dan kesejahteraan petani. Menurut FAO (2018), sistem pertanian terpadu yang mencakup pertanian tanaman tidak hanya berfokus pada peningkatan produksi, tetapi juga mengintegrasikan aspek-aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan untuk menciptakan keberlanjutan jangka panjang. Hal ini mencerminkan pergeseran paradigma dari pertanian konvensional menuju pertanian yang lebih berkelanjutan dan adaptif terhadap perubahan iklim dan kondisi lingkungan (Pretty *et al.*, 2018).

Penerapan pertanian tanaman dalam sistem pertanian terpadu juga melibatkan penggunaan teknologi modern seperti teknik-teknik presisi dan pengelolaan berbasis data untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan meminimalkan dampak lingkungan. Menurut Foley *et al.* (2019), teknologi-teknologi ini mendukung visi pertanian yang dapat menghasilkan lebih banyak dengan lebih sedikit, sejalan dengan prinsip-prinsip pertanian berkelanjutan yang diperlukan untuk menjawab tantangan global saat ini seperti ketahanan pangan dan perubahan iklim. Dalam konteks globalisasi dan kompleksitas tantangan lingkungan, integrasi pertanian tanaman dalam sistem pertanian terpadu menjadi semakin relevan. Menurut Mueller *et al.* (2017), keberhasilan sistem pertanian terpadu bergantung pada kemampuannya untuk menggabungkan inovasi teknologi dengan pengetahuan lokal dan praktik-praktik tradisional yang berkelanjutan. Dengan demikian, pendekatan ini tidak hanya berfokus pada peningkatan hasil tanaman tetapi juga pada perbaikan kualitas lingkungan dan keberlanjutan sistem pertanian secara keseluruhan.

b. Peternakan

Untuk memahami peran peternakan dalam sistem pertanian terpadu, diperlukan integrasi berbagai aspek seperti pemeliharaan hewan, manajemen limbah, dan kesejahteraan hewan. Menurut Thornton (2018), peternakan yang berkelanjutan harus memperhatikan efisiensi pakan, manajemen kesehatan hewan, dan dampak lingkungan secara holistik. Hal ini sejalan dengan tujuan sistem pertanian terpadu untuk mengoptimalkan produktivitas sambil meminimalkan jejak lingkungan (Herrero *et al.*, 2020). Pendekatan ini tidak hanya menekankan pada aspek ekonomi tetapi juga pada aspek sosial dan lingkungan, memastikan bahwa praktik peternakan berkontribusi pada keberlanjutan jangka panjang. Dalam konteks global, peternakan dalam sistem pertanian terpadu juga melibatkan adaptasi terhadap perubahan iklim dan peningkatan ketahanan pangan. Menurut Gerber *et al.* (2018), pentingnya integrasi sistem peternakan yang berkelanjutan dapat membantu dalam mengurangi emisi gas rumah kaca, meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, dan memperbaiki kondisi lingkungan. Hal ini mencerminkan kebutuhan untuk mengembangkan praktik-praktik peternakan yang tidak hanya berkelanjutan tetapi juga dapat menghasilkan hasil yang stabil dan bermanfaat bagi masyarakat (FAO, 2019).

Penerapan teknologi dalam peternakan juga menjadi kunci dalam sistem pertanian terpadu. Menurut Rosenzweig *et al.* (2017), teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi manajemen peternakan, pemantauan kesehatan hewan, dan manajemen limbah. Hal ini tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan meningkatkan kesejahteraan hewan. Sebagai contoh, penggunaan sensor untuk monitoring kesehatan hewan dan manajemen pakan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan mengurangi risiko penyakit (García-Martínez *et al.*, 2021). Dengan demikian, integrasi peternakan dalam sistem pertanian terpadu menunjukkan pentingnya pendekatan yang holistik dalam mengelola sumber daya dan memperhatikan

keseimbangan antara kebutuhan manusia, keberlanjutan lingkungan, dan kesejahteraan hewan. Penerapan praktik-praktik yang inovatif dan berkelanjutan dalam peternakan menjadi kunci untuk mencapai tujuan ketahanan pangan global serta menjaga keberlanjutan lingkungan dalam jangka panjang (Thornton, 2018).

c. Agroforestri

Agroforestri merupakan pendekatan integratif dalam sistem pertanian terpadu yang menggabungkan tanaman tahunan, tanaman tahunan atau semi-permanen, serta pepohonan dalam satu sistem produksi. Menurut Nair (2018), agroforestri menawarkan solusi bagi pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan dengan mengintegrasikan keanekaragaman hayati dan fungsi ekologis dalam sistem pertanian. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan produktivitas lahan tetapi juga memperbaiki kualitas tanah, air, dan udara (Jose, 2019). Dalam konteks global, agroforestri menjadi strategi penting dalam menghadapi perubahan iklim dan keberlanjutan lingkungan dengan menyediakan layanan ekosistem yang beragam (Montagnini & Nair, 2018). Penerapan agroforestri dalam sistem pertanian terpadu juga memperhitungkan manfaat ekonomi dan sosial bagi petani dan masyarakat lokal.

Menurut Keesstra *et al.* (2018), agroforestri dapat meningkatkan keamanan pangan dan penghidupan petani melalui diversifikasi hasil pertanian serta pengelolaan risiko yang lebih baik. Hal ini sejalan dengan tujuan sistem pertanian terpadu untuk menciptakan sistem pertanian yang lebih adaptif dan tangguh terhadap perubahan lingkungan dan sosial (Scherr & McNeely, 2017). Teknologi dan inovasi juga berperan penting dalam pengembangan agroforestri modern. Menurut Sunderland *et al.* (2018), penggunaan teknologi informasi dan manajemen berbasis data dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan agroforestri serta memfasilitasi integrasi dengan praktik pertanian lainnya. Penggunaan teknologi ini membantu dalam perencanaan yang lebih baik, pengambilan keputusan yang berbasis bukti, dan monitoring yang akurat terhadap dampak lingkungan (Lundgren *et al.*, 2020).

#### d. Pengelolaan Limbah

Pengelolaan limbah merupakan aspek penting dalam sistem pertanian terpadu yang bertujuan untuk meminimalkan dampak lingkungan sambil mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya. Menurut Bernal-Bello *et al.* (2019), pengelolaan limbah yang efektif dalam konteks pertanian mencakup pengelolaan pupuk organik, pengolahan limbah pertanian, dan penggunaan kembali limbah sebagai sumber energi atau bahan baku alternatif. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi pencemaran lingkungan tetapi juga mendukung keberlanjutan sistem pertanian dengan mengurangi ketergantungan pada *input* kimia (Kumar *et al.*, 2021). Dalam konteks global, tantangan pengelolaan limbah menjadi semakin kompleks dengan pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang berdampak pada peningkatan limbah organik dan anorganik dari sektor pertanian (Mukhtar *et al.*, 2017).

Penerapan pengelolaan limbah dalam sistem pertanian terpadu juga melibatkan integrasi dengan praktik pertanian lainnya seperti agroforestri dan peternakan untuk menciptakan siklus yang tertutup dalam penggunaan sumber daya. Menurut Stavi *et al.* (2018), konsep pengelolaan limbah dalam sistem pertanian terpadu mencakup pemrosesan limbah menjadi produk bernilai tambah seperti biochar atau pupuk organik yang dapat meningkatkan kesuburan tanah dan kesehatan tanaman. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi jejak karbon tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya secara keseluruhan (Nkoa, 2017).

Teknologi dan inovasi berperan kunci dalam pengembangan pengelolaan limbah yang berkelanjutan. Menurut Awasthi *et al.* (2020), teknologi-teknologi baru seperti bioremediasi, kompos modern, dan pengolahan anaerobik memungkinkan pengelolaan limbah organik menjadi lebih efisien dan ekonomis. Penggunaan teknologi ini tidak hanya mempercepat dekomposisi limbah tetapi juga mengurangi emisi gas rumah kaca serta menghasilkan produk sampingan yang berguna bagi pertanian (Alvarez *et al.*, 2019). Dengan demikian, integrasi teknologi dalam pengelolaan limbah menjadi penting dalam mencapai tujuan pertanian yang berkelanjutan dan memperbaiki kualitas lingkungan.

e. Kesejahteraan Sosial dan Ekonomi

Kesejahteraan sosial dan ekonomi merupakan aspek integral dalam sistem pertanian terpadu yang bertujuan untuk meningkatkan kondisi hidup petani dan masyarakat rural secara menyeluruh. Menurut Sumberg *et al.* (2017), pendekatan ini menekankan pentingnya mengurangi ketimpangan sosial dan meningkatkan akses terhadap sumber daya bagi petani kecil, yang sering kali merupakan kelompok rentan dalam konteks pertanian. Hal ini mencerminkan tujuan sistem pertanian terpadu untuk menciptakan keberlanjutan yang inklusif dan berkelanjutan (Campbell *et al.*, 2020). Dalam konteks global, kesejahteraan ekonomi juga menjadi fokus utama dengan mengintegrasikan praktik pertanian yang dapat meningkatkan pendapatan petani dan mengurangi kemiskinan (Pretty & Bharucha, 2014).

Penerapan sistem pertanian terpadu dalam meningkatkan kesejahteraan sosial dan ekonomi melibatkan berbagai strategi, termasuk diversifikasi usaha, pengembangan keterampilan, dan integrasi pasar yang adil. Menurut Thapa *et al.* (2019), integrasi komoditas pertanian dengan nilai tambah tinggi seperti agroindustri lokal dapat meningkatkan pendapatan petani sambil meningkatkan nilai produk di tingkat lokal. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan keamanan pangan tetapi juga memperkuat daya saing ekonomi petani (Reid *et al.*, 2021).

Teknologi dan inovasi berperan penting dalam mencapai kesejahteraan sosial dan ekonomi dalam sistem pertanian terpadu. Menurut Díaz-Puente *et al.* (2020), penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dapat memfasilitasi akses informasi pasar, manajemen risiko, dan pelatihan untuk meningkatkan keterampilan petani. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi tetapi juga memperluas kesempatan ekonomi di wilayah pedesaan (Minten *et al.*, 2018). Dengan demikian, integrasi teknologi dalam sistem pertanian terpadu tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga membuka peluang baru untuk peningkatan kesejahteraan sosial ekonomi.

## B. Prinsip-prinsip Dasar Sistem Pertanian Terpadu

Sistem Pertanian Terpadu (*Integrated Farming System*) adalah pendekatan yang mengintegrasikan berbagai aspek pertanian seperti tanaman, peternakan, perikanan, dan kehutanan dalam satu sistem yang terkoordinasi. Prinsip-prinsip dasar dari Sistem Pertanian Terpadu (SPT) meliputi beberapa aspek penting untuk mencapai tujuan pertanian yang berkelanjutan dan efisien. Berikut adalah penjelasan relevan mengenai prinsip-prinsip dasar Sistem Pertanian Terpadu:

### 1. Diversifikasi Pertanian

Diversifikasi pertanian merupakan prinsip fundamental dalam sistem pertanian terpadu yang bertujuan untuk meningkatkan keberlanjutan produksi pangan dan mengurangi risiko kerentanan terhadap perubahan lingkungan. Menurut Pretty *et al.* (2018), diversifikasi mencakup penggunaan beragam tanaman dan hewan, serta teknik pertanian yang berbeda untuk mencapai hasil yang stabil dan berkelanjutan. Hal ini penting dalam menghadapi tantangan seperti perubahan iklim dan degradasi lahan. Diversifikasi juga berkontribusi pada keamanan pangan dengan menyediakan sumber daya yang lebih stabil dan beragam bagi petani (Altieri, 2016). Di dalam sistem pertanian terpadu, diversifikasi berperan dalam meningkatkan keefektifan penggunaan sumber daya alam dan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan (Gliessman, 2015). Konsep ini menekankan integrasi praktik pertanian organik, agroforestri, dan pengelolaan air yang bijaksana untuk mempertahankan keseimbangan ekosistem pertanian. Penerapan diversifikasi juga dapat memperbaiki struktur tanah dan keanekaragaman hayati lokal, sejalan dengan tujuan konservasi biodiversitas (Jackson, 2021). Dengan memperluas spektrum produksi pertanian, sistem ini tidak hanya meningkatkan ketahanan pangan tetapi juga membuka peluang ekonomi bagi petani dengan menawarkan berbagai produk yang lebih beragam.

Diversifikasi pertanian juga memiliki implikasi sosial dan ekonomi yang signifikan. Menurut Von Braun *et al.* (2019), diversifikasi dapat meningkatkan ketahanan ekonomi petani dengan memberikan sumber pendapatan tambahan dari produk-produk non-pertanian seperti hasil hutan, peternakan, atau pariwisata pedesaan. Hal ini membantu mengurangi ketergantungan pada satu sumber pendapatan utama yang

rentan terhadap fluktuasi pasar. Selain itu, diversifikasi memberdayakan masyarakat pedesaan dengan keterampilan beragrikultural yang lebih luas, mempromosikan inklusi sosial dan pengentasan kemiskinan (García-Barrios *et al.*, 2020). Namun, implementasi diversifikasi dalam sistem pertanian terpadu tidak terlepas dari tantangan. Dibutuhkan pendekatan holistik yang melibatkan kebijakan publik yang mendukung, pendidikan petani, dan akses terhadap teknologi tepat guna (Tittonell, 2019). Integrasi diversifikasi dalam praktik pertanian juga memerlukan adaptasi lokal yang mempertimbangkan kondisi agroekologi dan kebutuhan komunitas setempat (Remans *et al.*, 2017).

## **2. Siklus Nutrien yang Tertutup**

Siklus nutrien yang tertutup adalah konsep krusial dalam sistem pertanian terpadu yang menekankan pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan. Menurut Foley *et al.* (2019), siklus nutrien yang tertutup mencakup penggunaan dan pengembalian nutrien ke dalam tanah secara efisien, mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, dan meminimalkan limbah pertanian yang mencemari lingkungan. Hal ini tidak hanya mendukung produktivitas tanaman yang berkelanjutan tetapi juga menjaga kualitas lingkungan dan kesehatan tanah. Dalam konteks ini, pentingnya siklus nutrien yang tertutup dapat dilihat sebagai bagian integral dari pendekatan agroekologi yang holistik (Pretty *et al.*, 2018). Implementasi siklus nutrien yang tertutup dalam sistem pertanian terpadu melibatkan praktik seperti kompos, penggunaan legum sebagai penutup tanah untuk memperbaiki kesuburan, dan rotasi tanaman yang memungkinkan regenerasi tanah secara alami (Altieri, 2016). Dengan meminimalkan kehilangan nutrien dan mengoptimalkan siklus di dalam sistem pertanian, petani dapat mengurangi biaya produksi dan meningkatkan ketahanan terhadap perubahan lingkungan seperti perubahan iklim (Gliessman, 2015). Lebih jauh lagi, integrasi siklus nutrien yang tertutup mempromosikan kemandirian petani dalam pengelolaan sumber daya alam sendiri, sesuai dengan prinsip-prinsip agroekologi yang menekankan pada pertanian yang berdaya dukung dan berkelanjutan (Jackson, 2021).

Tantangan utama dalam menerapkan siklus nutrien yang tertutup adalah perubahan paradigma dari pertanian konvensional yang bergantung pada *input* eksternal, seperti pupuk kimia, menuju

pendekatan yang lebih organik dan berkelanjutan (Tittonell, 2019). Diperlukan pendidikan dan pelatihan yang intensif bagi petani untuk memahami dan menerapkan teknik-teknik ini secara efektif (Remans *et al.*, 2017). Selain itu, kebijakan publik yang mendukung dan insentif ekonomi untuk praktik pertanian berkelanjutan juga krusial dalam memfasilitasi transisi menuju sistem pertanian yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan (Von Braun *et al.*, 2019). Penerapan siklus nutrisi yang tertutup dalam sistem pertanian terpadu menunjukkan potensi besar dalam memperbaiki produktivitas pertanian secara jangka panjang sambil melindungi sumber daya alam yang terbatas (García-Barrios *et al.*, 2020). Dengan menjaga keseimbangan nutrisi dalam sistem pertanian, kita tidak hanya mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan tetapi juga mengoptimalkan penggunaan sumber daya untuk mendukung ketahanan pangan global secara berkelanjutan.

### **3. Pemanfaatan Sumber Daya Lokal**

Pemanfaatan sumber daya lokal dalam sistem pertanian terpadu adalah prinsip yang mengedepankan keberlanjutan, adaptabilitas, dan kemandirian dalam pengelolaan agroekosistem. Menurut Mbow *et al.* (2020), pemanfaatan sumber daya lokal mencakup penggunaan varietas tanaman lokal yang sudah beradaptasi dengan kondisi lingkungan setempat dan memanfaatkan pengetahuan tradisional untuk mengelola sumber daya alam dengan bijaksana. Pendekatan ini tidak hanya memperkuat ketahanan pangan lokal tetapi juga mempromosikan keberlanjutan ekologis dan sosial di tingkat komunitas (Altieri, 2016). Pemanfaatan sumber daya lokal juga melibatkan penggunaan teknologi tepat guna yang sesuai dengan kondisi agroekologis dan kebutuhan lokal, sehingga meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan (Gliessman, 2015).

Pada konteks sistem pertanian terpadu, pemanfaatan sumber daya lokal berperan penting dalam memperkuat kedaulatan pangan dan mengurangi ketergantungan pada *input* eksternal (Pretty *et al.*, 2018). Prinsip ini menekankan pentingnya memanfaatkan potensi lokal untuk meningkatkan produktivitas dan ketahanan pangan tanpa merusak sumber daya alam yang terbatas (Jackson, 2021). Selain itu, dengan mengadopsi varietas tanaman lokal yang sudah teruji dan terbukti adaptif, petani dapat mengurangi risiko kegagalan panen akibat

perubahan iklim atau bencana alam (Remans *et al.*, 2017). Hal ini juga berkontribusi pada pelestarian biodiversitas lokal dan memperkuat daya tahan ekosistem terhadap tekanan eksternal.

#### **4. Peningkatan Kesejahteraan Sosial**

Peningkatan kesejahteraan sosial merupakan prinsip utama dalam sistem pertanian terpadu yang menekankan pada aspek-aspek sosial seperti akses terhadap pangan yang cukup, pekerjaan yang layak, serta peningkatan kualitas hidup bagi masyarakat pedesaan. Menurut Von Braun *et al.* (2019), sistem pertanian yang berkelanjutan harus mampu memberikan manfaat ekonomi dan sosial yang merata kepada semua lapisan masyarakat, terutama petani kecil dan rentan. Hal ini tidak hanya mencakup peningkatan pendapatan petani melalui praktik pertanian yang lebih produktif dan berkelanjutan tetapi juga akses yang lebih baik terhadap infrastruktur sosial seperti pendidikan dan kesehatan (Jackson, 2021). Prinsip ini juga mempromosikan inklusi sosial dan gender dalam pengambilan keputusan, memastikan bahwa semua anggota masyarakat pedesaan dapat ikut serta dan mendapatkan manfaat dari perkembangan pertanian yang berkelanjutan (García-Barrios *et al.*, 2020).

Pada implementasi sistem pertanian terpadu, peningkatan kesejahteraan sosial dapat dicapai melalui berbagai inisiatif, seperti pengembangan pasar lokal, koperasi petani, dan program pelatihan keterampilan untuk meningkatkan kapasitas lokal (Remans *et al.*, 2017). Pendekatan ini tidak hanya memperkuat ketahanan ekonomi masyarakat pedesaan tetapi juga memperbaiki akses terhadap pangan yang berkualitas dan layanan dasar lainnya (Pretty *et al.*, 2018). Selain itu, dengan memprioritaskan keadilan sosial dan kesejahteraan masyarakat dalam perencanaan dan implementasi, sistem pertanian terpadu dapat berfungsi sebagai motor untuk mengurangi kesenjangan sosial dan mempromosikan pembangunan inklusif di wilayah pedesaan (Altieri, 2016).

#### **5. Prinsip Berkelanjutan**

Prinsip berkelanjutan merupakan landasan utama dalam sistem pertanian terpadu yang bertujuan untuk menjaga keseimbangan antara kebutuhan pertanian dengan perlindungan lingkungan serta

kesejahteraan sosial. Menurut Pretty *et al.* (2018), prinsip ini menekankan pentingnya mengintegrasikan aspek ekologis, ekonomis, dan sosial dalam praktik pertanian guna menciptakan sistem yang dapat bertahan dalam jangka panjang. Hal ini melibatkan penggunaan sumber daya alam secara bijaksana, meminimalkan limbah, dan mengurangi ketergantungan pada *input* eksternal yang tidak berkelanjutan. Prinsip berkelanjutan juga mencakup adaptasi terhadap perubahan iklim dan kemampuan sistem untuk beradaptasi dengan dinamika lingkungan yang terus berubah (Remans *et al.*, 2017).

Pada implementasinya, prinsip berkelanjutan dalam sistem pertanian terpadu mendorong penggunaan praktik agroekologis seperti agroforestri, pengelolaan tanah yang berkelanjutan, dan konservasi air yang efisien (Gliessman, 2015). Teknik-teknik ini tidak hanya meningkatkan produktivitas tanaman tetapi juga memperbaiki kualitas lingkungan sekitarnya, seperti mempertahankan keanekaragaman hayati dan menjaga kesuburan tanah dalam jangka panjang (Jackson, 2021). Selain itu, prinsip berkelanjutan dalam konteks pertanian juga mencakup aspek keadilan sosial, yang menjamin bahwa manfaat dari praktik pertanian yang berkelanjutan didistribusikan secara adil di antara semua anggota masyarakat, terutama petani kecil dan komunitas miskin (Von Braun *et al.*, 2019).

## **6. Prinsip Zerro Waste**

Prinsip Zero Waste dalam sistem pertanian terpadu adalah pendekatan yang berfokus pada efisiensi penggunaan sumber daya dan minimalisasi limbah. Pendekatan ini tidak hanya memprioritaskan aspek ekonomi tetapi juga keberlanjutan lingkungan dan sosial. Menurut Paul Connett (2013), seorang ahli lingkungan dan advokat zero waste, konsep ini menekankan pentingnya menciptakan sistem tertutup di mana setiap bahan yang dihasilkan dapat dimanfaatkan kembali tanpa mencemari lingkungan. Dalam konteks pertanian terpadu, penerapan zero waste melibatkan pengolahan limbah organik, integrasi berbagai subsistem, dan penggunaan sumber daya secara efektif.

- a. Prinsip pertama dalam zero waste adalah pemanfaatan limbah secara optimal. Dalam sistem pertanian konvensional, sumber daya seperti sisa tanaman dan kotoran ternak sering kali terbuang. Namun, menurut Michael Braungart (2002), dengan pendekatan Cradle to

Cradle, limbah tersebut dapat diubah menjadi sumber daya produktif, seperti kompos untuk pupuk alami. Limbah organik dari tanaman dan hewan diolah kembali, yang tidak hanya mengurangi jumlah limbah tetapi juga meningkatkan kualitas tanah. Dengan demikian, prinsip ini memungkinkan pertanian menjadi lebih berkelanjutan tanpa ketergantungan pada pupuk kimia buatan.

- b. Prinsip kedua adalah integrasi tanaman, hewan, dan perikanan dalam satu sistem terpadu. Pimentel et al. (1997) dalam penelitiannya tentang pertanian berkelanjutan menyatakan bahwa integrasi ini memungkinkan penggunaan limbah dari satu komponen sebagai input bagi komponen lain, misalnya, kotoran hewan yang dijadikan pupuk tanaman, dan sisa tanaman digunakan sebagai pakan hewan. Air dari kolam ikan yang kaya nutrisi dapat digunakan untuk irigasi tanaman, memberikan sumber daya tambahan dan mengurangi penggunaan pupuk kimia. Integrasi ini mengurangi ketergantungan pada sumber daya eksternal dan menciptakan sistem yang lebih efisien dan ramah lingkungan.
- c. Prinsip ketiga adalah pengolahan limbah menjadi energi. Limbah organik seperti kotoran ternak dan sisa panen dapat diolah menjadi biogas yang berguna sebagai sumber energi terbarukan. Menurut Jenkins dan Smith (2008), pengolahan limbah menjadi biogas melalui proses fermentasi anaerobik tidak hanya mengurangi jumlah limbah tetapi juga menghasilkan energi yang dapat digunakan untuk kebutuhan rumah tangga atau kegiatan pertanian lainnya. Teknologi ini merupakan salah satu contoh konkret penerapan prinsip zero waste, di mana limbah diolah menjadi sesuatu yang bernilai, mendukung efisiensi energi dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi eksternal.
- d. Prinsip keempat adalah siklus tertutup dalam penggunaan nutrisi. Fukuoka Masanobu (1978), dalam konsep pertanian alaminya, menekankan pentingnya mengembalikan bahan organik ke tanah untuk menjaga keseimbangan nutrisi. Dalam pertanian terpadu, limbah organik seperti sisa tanaman dikomposkan dan digunakan kembali sebagai pupuk untuk memperbaiki kesuburan tanah. Dengan cara ini, pertanian berkelanjutan tidak membutuhkan tambahan pupuk kimia, sehingga tanah tetap subur dan sehat. Penggunaan

siklus tertutup ini juga mengurangi pencemaran lingkungan dan menjaga kualitas ekosistem pertanian dalam jangka panjang.

- e. Prinsip kelima adalah pengurangan dampak lingkungan. Schaltegger dan Sturm (1990) berpendapat bahwa zero waste dapat mengurangi pencemaran terhadap air, tanah, dan udara, karena tidak ada limbah yang terbuang atau mencemari lingkungan. Dalam pertanian terpadu, pengelolaan limbah yang baik dan pengurangan penggunaan bahan kimia berbahaya menciptakan lingkungan yang lebih sehat, sekaligus menjaga keseimbangan ekosistem. Sistem ini juga mendukung mitigasi perubahan iklim dengan mengurangi emisi gas rumah kaca dari kegiatan pertanian konvensional yang cenderung menghasilkan lebih banyak limbah dan polusi.
- f. Prinsip terakhir adalah keberlanjutan ekonomi dan sosial dari penerapan zero waste dalam pertanian terpadu. Menurut Goodland dan Daly (1996), pendekatan ini meningkatkan keberlanjutan ekonomi karena mengurangi ketergantungan pada input eksternal yang mahal dan memanfaatkan sumber daya lokal secara efisien. Selain itu, zero waste menciptakan peluang kerja baru dalam pengelolaan limbah dan produksi energi terbarukan seperti biogas. Ini membantu memperkuat ekonomi lokal dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat, yang berdampak positif tidak hanya dari segi lingkungan tetapi juga sosial.

### C. Manfaat Sistem Pertanian Terpadu

Sistem Pertanian Terpadu (*Integrated Farming System*) adalah sebuah pendekatan dalam pertanian yang menggabungkan berbagai jenis kegiatan pertanian (tanaman, ternak, perikanan, dll.) dalam satu unit lahan untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan. Berikut adalah beberapa manfaat dari Sistem Pertanian Terpadu:

#### 1. Stabilitas Daya Dukung Lingkungan Hidup

Stabilitas daya dukung lingkungan hidup dalam konteks sistem pertanian terpadu merujuk pada kemampuan sistem tersebut untuk menjaga keseimbangan ekologi dan produktivitas jangka panjang tanpa merusak atau menguras sumber daya alam secara berlebihan. Berikut ini penjelasan relevan mengenai konsep tersebut:

a. Konservasi Sumber Daya Alam

Konservasi sumber daya alam berperan krusial dalam menjaga stabilitas daya dukung lingkungan hidup dalam sistem pertanian terpadu. Menurut Twidwell *et al.* (2021), prinsip-prinsip konservasi seperti pengelolaan tanah yang berkelanjutan dan diversifikasi tanaman dapat meningkatkan produktivitas pertanian sambil meminimalkan dampak negatif terhadap ekosistem. Pendekatan ini tidak hanya melindungi keanekaragaman hayati tetapi juga memperbaiki kualitas tanah dan air (Curtin *et al.*, 2018), yang esensial untuk menjaga stabilitas ekosistem pertanian jangka panjang. Penerapan praktik konservasi juga membantu mengurangi risiko degradasi lingkungan yang dapat mempengaruhi keberlanjutan pertanian. Menurut Pannell *et al.* (2018), strategi seperti penggunaan pupuk organik dan rotasi tanaman dapat mengurangi erosi tanah serta memperbaiki struktur tanah, yang secara langsung mendukung stabilitas daya dukung lingkungan. Dengan mempertahankan sumber daya alam seperti air dan nutrisi tanah, sistem pertanian terpadu mampu menghadapi tantangan perubahan iklim dan memastikan ketersediaan sumber daya untuk generasi mendatang.

b. Resiliensi Terhadap Perubahan Lingkungan

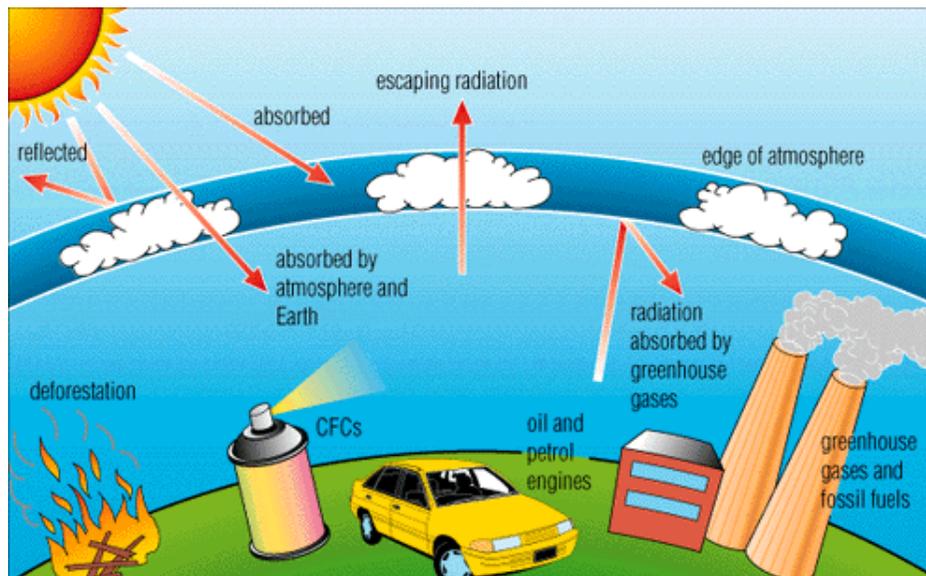
Resiliensi terhadap perubahan lingkungan berperan penting dalam menjaga stabilitas daya dukung lingkungan hidup dalam sistem pertanian terpadu. Menurut penelitian terbaru oleh Liu *et al.* (2022), sistem pertanian yang memiliki tingkat resiliensi yang tinggi mampu mengatasi tantangan eksternal seperti perubahan iklim dan fluktuasi pasar dengan lebih efektif. Pendekatan ini melibatkan adaptasi praktik pertanian yang responsif terhadap kondisi lingkungan yang berubah, memastikan kelangsungan produksi tanaman yang stabil dan berkelanjutan. Lebih lanjut, menurut Zingore *et al.* (2015), integrasi praktik konservasi tanah dan air dalam sistem pertanian terpadu dapat meningkatkan ketahanan lingkungan terhadap perubahan eksternal. Praktik seperti penggunaan sistem irigasi yang efisien dan penanaman jenis tanaman yang tahan kekeringan tidak hanya memperkuat resiliensi lingkungan tetapi

juga meningkatkan produktivitas lahan pertanian. Dengan demikian, resiliensi dalam konteks pertanian terpadu tidak hanya melindungi sumber daya alam tetapi juga mendukung stabilitas ekosistem secara keseluruhan.

c. Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca

Pengurangan emisi gas rumah kaca berperan krusial dalam menjaga stabilitas daya dukung lingkungan hidup dalam sistem pertanian terpadu. Menurut Zhang *et al.* (2019), implementasi praktik pertanian berkelanjutan seperti penggunaan pupuk hijau dan manajemen limbah ternak dapat signifikan mengurangi emisi metana dan nitrogen oksida dari pertanian. Strategi ini tidak hanya membantu memitigasi dampak perubahan iklim tetapi juga memperbaiki kualitas udara lokal.

Gambar 3. Emisi Rumah Kaca



Sumber: Dinas Lingkungan Hidup

Penelitian oleh Smith *et al.* (2021) membahas pentingnya adopsi teknologi dan kebijakan yang mendukung pengurangan emisi gas rumah kaca dalam konteks pertanian. Praktik seperti penggunaan energi terbarukan dan optimisasi penggunaan *input* pertanian dapat mengurangi jejak karbon pertanian secara keseluruhan, mendukung tujuan global untuk mengurangi pemanasan global.

d. Pemberdayaan Petani dan Keamanan Pangan

Pemberdayaan petani dan keamanan pangan berperan krusial dalam menjaga stabilitas daya dukung lingkungan hidup dalam sistem pertanian terpadu. Menurut Badan Pangan dan Pertanian PBB (FAO) (2020), meningkatkan akses petani ke sumber daya seperti teknologi, pasar, dan pendidikan dapat meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian, sambil mengurangi tekanan terhadap sumber daya alam. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan ketahanan pangan lokal tetapi juga mendukung kelestarian lingkungan. Selain itu, menurut Frison *et al.* (2016), promosi varietas tanaman yang tahan terhadap stres lingkungan dan penyakit dapat memperkuat keamanan pangan dalam menghadapi tantangan perubahan iklim. Dengan memperkuat kapasitas adaptasi petani terhadap kondisi lingkungan yang berubah, sistem pertanian terpadu dapat mempertahankan produksi tanaman yang stabil dan berkelanjutan.

e. Pemeliharaan Keseimbangan Ekosistem

Pemeliharaan keseimbangan ekosistem merupakan elemen kunci dalam menjaga stabilitas daya dukung lingkungan hidup dalam sistem pertanian terpadu. Menurut Turner *et al.* (2020), praktik pertanian yang mempertimbangkan keanekaragaman hayati dan mempromosikan pola interaksi yang seimbang antara tanaman, hewan, dan lingkungan alami berkontribusi pada kesehatan ekosistem secara keseluruhan. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan produktivitas pertanian tetapi juga meminimalkan risiko degradasi lingkungan. Selain itu, penelitian oleh Power *et al.* (2016) menekankan pentingnya memahami dan menjaga fungsi ekosistem dalam sistem pertanian terpadu. Strategi seperti penggunaan agroforestri dan pengelolaan habitat untuk mempromosikan keberagaman hayati dapat membantu mempertahankan layanan ekosistem seperti penyediaan air bersih dan kontrol hama alami, yang mendukung stabilitas jangka panjang.

## 2. Produktivitas dan Efisiensi

Produktivitas dan efisiensi dalam konteks sistem pertanian terpadu mengacu pada kemampuan sistem ini untuk menghasilkan hasil

yang optimal dari sumber daya yang tersedia, baik secara ekonomis maupun ekologis. Berikut adalah penjelasan relevan mengenai kedua konsep tersebut:

a. Produktivitas yang Berkelanjutan

Produktivitas yang berkelanjutan merupakan tujuan utama dalam sistem pertanian terpadu untuk mencapai efisiensi dan keberlanjutan. Menurut Mueller *et al.* (2017), pendekatan pertanian yang berfokus pada penggunaan sumber daya dengan efisien dan pengelolaan yang berkelanjutan dapat meningkatkan produktivitas tanaman serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Hal ini memungkinkan sistem pertanian untuk memberikan hasil yang konsisten sambil mempertahankan daya dukung lingkungan yang vital. Lebih lanjut, Menzel *et al.* (2020) mengemukakan bahwa integrasi teknologi canggih dalam praktik pertanian, seperti pemantauan tanaman berbasis sensor dan otomatisasi irigasi, dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan *input* lainnya. Dengan memaksimalkan produktivitas per unit sumber daya yang digunakan, sistem pertanian terpadu dapat mencapai hasil yang lebih tinggi secara ekonomis dan ekologis.

b. Efisiensi Penggunaan Sumber Daya

Efisiensi penggunaan sumber daya adalah elemen kunci dalam mencapai produktivitas dan keberlanjutan dalam sistem pertanian terpadu. Menurut Giller *et al.* (2015), praktik pertanian yang mengoptimalkan penggunaan air, energi, dan *input* lainnya dapat meningkatkan efisiensi produksi tanaman serta mengurangi dampak lingkungan yang merugikan. Pendekatan ini penting untuk memastikan bahwa pertanian dapat memenuhi permintaan pangan global tanpa mengorbankan keberlanjutan lingkungan. Lebih lanjut, penelitian oleh Pretty *et al.* (2018) membahas bahwa penggunaan teknologi tepat guna dan praktik pertanian berbasis ilmu pengetahuan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan *input* seperti pupuk dan pestisida, serta meminimalkan limbah. Strategi ini tidak hanya mengurangi biaya produksi bagi petani tetapi juga memperbaiki kualitas tanah dan air, yang merupakan aspek penting dari sistem pertanian terpadu.

c. Diversifikasi Hasil Pertanian

Diversifikasi hasil pertanian merupakan strategi yang penting dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam sistem pertanian terpadu. Menurut Eakin *et al.* (2019), diversifikasi tanaman dan produksi makanan dapat mengurangi risiko kegagalan panen akibat perubahan iklim dan penyakit tanaman, sambil meningkatkan ketersediaan pangan yang beragam dan nutrisi bagi populasi. Pendekatan ini tidak hanya memperkuat ketahanan pangan tetapi juga mempromosikan keberlanjutan lingkungan dengan memperbaiki siklus nutrisi tanah. Lebih lanjut, penelitian oleh Tittonell *et al.* (2016) menekankan bahwa diversifikasi hasil pertanian tidak hanya mencakup varietas tanaman tetapi juga integrasi sistem pertanian dengan peternakan atau kegiatan non-pertanian lainnya. Hal ini dapat meningkatkan penggunaan sumber daya secara efisien, seperti pemulihan nutrisi melalui kompos atau residu tanaman, yang mendukung produktivitas yang berkelanjutan dan mengurangi jejak lingkungan pertanian.

d. Peningkatan Efisiensi Energi

Peningkatan efisiensi energi merupakan aspek kritis dalam mencapai produktivitas dan efisiensi dalam sistem pertanian terpadu. Menurut penelitian oleh Schipanski *et al.* (2016), penggunaan teknologi yang lebih efisien seperti mesin pertanian yang hemat energi dan sistem irigasi yang terotomatisasi dapat mengurangi konsumsi energi secara signifikan, memperbaiki produktivitas pertanian, dan mengurangi jejak karbon pertanian. Pendekatan ini penting untuk meningkatkan keberlanjutan sistem pertanian sambil mengurangi dampak lingkungan.

Gambar 4. *Intergovernmental Panel on Climate Change*



Menzel *et al.* (2019) membahas bahwa integrasi energi terbarukan seperti panel surya atau biogas dalam sistem pertanian dapat memperbaiki efisiensi penggunaan energi, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, dan memperkuat ketahanan energi di tingkat lokal. Strategi ini tidak hanya mendukung pertanian yang lebih ramah lingkungan tetapi juga mengurangi biaya operasional untuk petani, meningkatkan keberlanjutan ekonomi.

### **3. Kesejahteraan Petani dan Masyarakat**

Sistem pertanian terpadu tidak hanya berfokus pada aspek ekologis dan produktivitas tanaman, tetapi juga memberikan manfaat yang signifikan dalam meningkatkan kesejahteraan petani dan masyarakat secara luas. Berikut adalah beberapa penjelasan relevan mengenai manfaat kesejahteraan petani dan masyarakat dari sistem pertanian terpadu:

#### **a. Pendapatan dan Kesejahteraan Ekonomi**

Pendapatan dan kesejahteraan ekonomi adalah hasil penting dalam sistem pertanian terpadu untuk mendukung kesejahteraan petani dan masyarakat secara luas. Menurut De Schutter (2019), pendekatan pertanian yang berkelanjutan dapat meningkatkan pendapatan petani dengan cara memperluas akses ke pasar yang adil dan menyeimbangkan hubungan antara hasil produksi dan biaya produksi. Hal ini tidak hanya meningkatkan kesejahteraan ekonomi petani tetapi juga memperkuat ketahanan pangan di tingkat lokal. Lebih lanjut, penelitian oleh FAO (*Food and Agriculture Organization*) (2020) menekankan pentingnya investasi dalam infrastruktur pedesaan dan pendidikan pertanian untuk meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat pedesaan secara menyeluruh. Strategi ini tidak hanya mencakup peningkatan produktivitas pertanian tetapi juga pengembangan keterampilan dan akses ke pasar global, yang mendukung pembangunan ekonomi yang inklusif dan berkelanjutan.

#### **b. Kedaulatan Pangan dan Keamanan Pangan**

Kedaulatan pangan dan keamanan pangan menjadi fokus utama dalam sistem pertanian terpadu untuk mendukung kesejahteraan petani dan masyarakat. Menurut Wezel *et al.* (2019), kedaulatan pangan mencakup kontrol lokal atas produksi,

distribusi, dan konsumsi pangan yang memastikan akses yang adil dan berkelanjutan terhadap makanan yang cukup dan berkualitas. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan kemandirian pangan tetapi juga memperkuat ketahanan pangan di tingkat komunitas. Lebih lanjut, penelitian oleh HLPE (*High Level Panel of Experts*) (2018) membahas bahwa keamanan pangan, yang mencakup ketersediaan, aksesibilitas, dan pemanfaatan pangan yang mencukupi, aman, dan gizi bergizi, merupakan aspek penting dari kesejahteraan masyarakat pedesaan. Integrasi sistem pertanian terpadu memungkinkan diversifikasi produksi pangan, peningkatan kualitas nutrisi, dan penguatan kapasitas adaptasi terhadap perubahan iklim yang mendukung keamanan pangan jangka panjang.

c. Peningkatan Kualitas Hidup

Peningkatan kualitas hidup dalam sistem pertanian terpadu sangat penting untuk meningkatkan kesejahteraan petani dan masyarakat pedesaan secara menyeluruh. Menurut FAO (*Food and Agriculture Organization*) (2020), implementasi praktik pertanian yang berkelanjutan seperti agroekologi dapat meningkatkan akses petani terhadap pangan yang berkualitas tinggi, layanan kesehatan yang memadai, dan pendidikan yang mendukung, yang esensial untuk meningkatkan kualitas hidup di daerah pedesaan. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan kesejahteraan fisik tetapi juga ekonomi dan sosial. Lebih lanjut, penelitian oleh Pretty *et al.* (2018) menunjukkan bahwa praktik agroekologi dalam sistem pertanian terpadu dapat memperbaiki kondisi lingkungan tempat tinggal petani, mengurangi risiko terhadap kesehatan masyarakat, serta meningkatkan keamanan pangan dan keberlanjutan ekologis. Hal ini menciptakan lingkungan yang mendukung peningkatan kualitas hidup yang berkelanjutan di pedesaan, memperkuat kesehatan dan ketahanan masyarakat terhadap tantangan ekonomi dan lingkungan.

d. Pemberdayaan Komunitas Lokal

Pemberdayaan komunitas lokal berperan vital dalam meningkatkan kesejahteraan petani dan masyarakat dalam sistem pertanian terpadu. Menurut FAO (*Food and Agriculture Organization*) (2020), pemberdayaan komunitas melalui

pendekatan berbasis partisipatif dapat meningkatkan akses terhadap sumber daya, meningkatkan keterampilan dan pengetahuan lokal, serta mempromosikan pembangunan berkelanjutan yang mencakup aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Strategi ini memungkinkan komunitas untuk mengelola sumber daya dengan lebih efektif, meningkatkan ketahanan pangan, dan mengurangi kemiskinan di pedesaan. Lebih lanjut, penelitian oleh Patel (2020) menekankan bahwa pemberdayaan komunitas dalam konteks pertanian terpadu juga melibatkan penguatan identitas budaya dan pengakuan terhadap pengetahuan lokal yang relevan dengan sistem pertanian tradisional. Hal ini tidak hanya memperkaya warisan budaya tetapi juga mempromosikan keberlanjutan praktik pertanian yang lebih sesuai dengan kondisi lokal, yang berdampak positif pada kesejahteraan psikologis dan sosial masyarakat pedesaan.

#### **4. Ketahanan Pangan**

Ketahanan pangan merupakan kemampuan suatu komunitas, negara, atau wilayah untuk memastikan akses yang cukup, stabil, dan berkelanjutan terhadap pangan yang bermutu dan bergizi bagi seluruh penduduknya. Sistem pertanian terpadu memberikan beberapa manfaat yang signifikan dalam mencapai ketahanan pangan, seperti yang dijelaskan berikut:

##### **a. Diversifikasi Produksi Pangan**

Diversifikasi produksi pangan merupakan strategi krusial dalam sistem pertanian terpadu untuk meningkatkan ketahanan pangan. Menurut HLPE (*High Level Panel of Experts*) (2018), diversifikasi produksi pangan mencakup penanaman berbagai jenis tanaman, termasuk tanaman pangan, hortikultura, dan sumber daya hayati lainnya, yang mengurangi risiko ketidakpastian hasil panen dan meningkatkan akses terhadap makanan yang bervariasi dan bergizi. Pendekatan ini penting untuk memastikan ketersediaan pangan yang memadai dan gizi seimbang bagi masyarakat. Lebih lanjut, penelitian oleh FAO (*Food and Agriculture Organization*) (2020) membahas bahwa diversifikasi produksi pangan juga berkontribusi pada pengelolaan berkelanjutan sumber daya alam, seperti tanah dan

air, dengan mengurangi tekanan ekstensif pada satu jenis tanaman atau sumber daya tunggal. Hal ini tidak hanya memperbaiki keseimbangan ekologi tetapi juga mendukung ketahanan ekonomi petani melalui pemasukan yang lebih stabil dari berbagai jenis produk pertanian.

b. Kemandirian Pangan

Kemandirian pangan merupakan tujuan utama dalam sistem pertanian terpadu untuk mencapai ketahanan pangan yang berkelanjutan. Menurut FAO (*Food and Agriculture Organization*) (2020), kemandirian pangan mencakup kapasitas untuk menghasilkan, mengakses, dan mengonsumsi pangan yang cukup, aman, dan bergizi secara mandiri. Hal ini tidak hanya memastikan ketersediaan pangan yang stabil tetapi juga meningkatkan resiliensi terhadap gangguan eksternal seperti perubahan iklim dan fluktuasi pasar global. Lebih lanjut, penelitian oleh HLPE (*High Level Panel of Experts*) (2018) menekankan bahwa kemandirian pangan dapat diperkuat melalui pengembangan infrastruktur pertanian yang memadai, transfer teknologi yang tepat, dan penguatan kapasitas petani dalam mengelola sumber daya secara berkelanjutan. Dengan meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam sistem pertanian, kemandirian pangan membantu mengurangi ketergantungan terhadap impor pangan serta meningkatkan aksesibilitas pangan yang sehat dan bergizi bagi masyarakat.

c. Akses Pangan yang Adil dan Merata

Akses pangan yang adil dan merata merupakan pilar penting dalam mencapai ketahanan pangan dalam sistem pertanian terpadu. Menurut FAO (*Food and Agriculture Organization*) (2020), akses pangan yang adil mencakup hak setiap individu untuk memiliki akses yang aman, terjangkau, dan bervariasi terhadap makanan yang cukup kuantitasnya dan bergizi. Pendekatan ini tidak hanya menjamin kecukupan pangan tetapi juga menghormati dan mempromosikan keadilan dalam distribusi sumber daya pertanian. Lebih lanjut, penelitian oleh De Schutter (2019) membahas bahwa akses pangan yang merata adalah prasyarat untuk mencapai keamanan pangan yang berkelanjutan di tingkat global. Hal ini mencakup upaya untuk

mengurangi kesenjangan dalam akses terhadap tanah, air, dan infrastruktur pertanian, yang merupakan faktor-faktor kunci dalam menentukan kemampuan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan pangan sendiri. Dengan memastikan akses yang merata, sistem pertanian terpadu dapat membantu mengurangi tingkat kelaparan dan malnutrisi secara signifikan.

d. Peningkatan Produktivitas dan Efisiensi

Peningkatan produktivitas dan efisiensi merupakan landasan utama dalam mencapai ketahanan pangan dalam sistem pertanian terpadu. Menurut Pretty *et al.* (2018), peningkatan produktivitas pertanian melalui teknologi yang tepat, pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan, dan pendekatan inovatif dapat meningkatkan hasil panen secara signifikan. Hal ini tidak hanya meningkatkan ketersediaan pangan tetapi juga mengurangi tekanan terhadap lingkungan melalui penggunaan sumber daya yang lebih efisien. Lebih lanjut, FAO (*Food and Agriculture Organization*) (2020) menekankan bahwa efisiensi dalam penggunaan *input* pertanian, seperti air, pupuk, dan pestisida, adalah kunci untuk memastikan ketahanan pangan jangka panjang. Dengan mengadopsi praktik pertanian yang lebih efisien dan ramah lingkungan, sistem pertanian terpadu dapat mengurangi biaya produksi serta risiko terkait kekurangan *input*, sehingga memperkuat ketahanan ekonomi petani dan stabilitas produksi pangan.

## 5. Energi Baru Terbarukan

Energi baru terbarukan (EBT) merupakan salah satu manfaat penting yang dapat diperoleh dari implementasi sistem pertanian terpadu. Berikut adalah penjelasan relevan mengenai bagaimana sistem pertanian terpadu berkontribusi terhadap pengembangan dan pemanfaatan EBT:

a. Biogas dari Limbah Organik

Biogas dari limbah organik merupakan sumber energi terbarukan yang potensial dalam sistem pertanian terpadu. Menurut M. R. Islam *et al.* (2020), biogas dihasilkan melalui proses fermentasi anaerobik dari limbah organik seperti kotoran hewan dan sisa tanaman. Proses ini tidak hanya menghasilkan energi dalam bentuk biogas yang dapat digunakan untuk

memasok kebutuhan energi lokal, tetapi juga mengurangi emisi gas rumah kaca, sejalan dengan upaya untuk mencapai keberlanjutan lingkungan dalam pertanian modern. Dalam konteks pertanian terpadu, biogas memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan. Seperti yang dikemukakan oleh V. K. Tyagi *et al.* (2018), integrasi biogas dari limbah organik dapat membantu dalam pengelolaan limbah pertanian yang berkelanjutan, mengurangi ketergantungan pada energi fosil, serta memberikan keuntungan ekonomi melalui penghematan biaya energi dan pupuk.

b. Energi Biomassa

Energi biomassa merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang penting dalam konteks sistem pertanian terpadu. Menurut S. Mohapatra *et al.* (2019), energi biomassa diperoleh dari material organik seperti limbah pertanian, residu tanaman, dan biomassa lignoselulosa yang dapat diubah menjadi bioenergi melalui berbagai proses konversi termal dan biokimia. Penggunaan energi biomassa dapat mendukung ketahanan energi lokal dalam pertanian, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, serta mengurangi emisi gas rumah kaca. Dalam praktiknya, integrasi energi biomassa dalam sistem pertanian terpadu dapat memberikan manfaat ganda. Menurut L. H. Pham *et al.* (2018), penggunaan biomassa dari residu tanaman dan limbah pertanian tidak hanya menyediakan sumber energi yang berkelanjutan, tetapi juga dapat digunakan untuk menghasilkan biochar atau bahan organik karbonisasi yang meningkatkan kesuburan tanah. Hal ini berpotensi meningkatkan produktivitas pertanian secara keseluruhan.

c. Energi Matahari

Energi matahari berperan krusial dalam sistem pertanian terpadu sebagai sumber energi terbarukan. Menurut Y. Zhang *et al.* (2018), energi matahari dapat dimanfaatkan melalui teknologi fotovoltaik atau thermal untuk menghasilkan listrik atau panas yang dapat digunakan dalam pengairan, pengeringan hasil pertanian, dan operasional pertanian lainnya. Pemanfaatan energi matahari ini tidak hanya membantu mengurangi biaya energi dalam pertanian, tetapi juga mengurangi jejak karbon dan

mendukung keberlanjutan lingkungan. Dalam konteks pengembangan pertanian berkelanjutan, energi matahari memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Menurut R. Lal (2018), teknologi energi matahari termasuk panel surya dan sistem pemanas matahari dapat digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya di lahan pertanian, seperti air dan energi, serta mengurangi ketergantungan pada energi fosil yang tidak terbarukan.

d. Efisiensi Energi

Efisiensi energi merupakan konsep penting dalam sistem pertanian terpadu untuk memaksimalkan penggunaan energi yang terbarukan. Menurut J. Liu *et al.* (2019), efisiensi energi mengacu pada penggunaan energi yang optimal dalam setiap aspek pertanian, mulai dari penggunaan mesin dan alat pertanian hingga sistem irigasi dan pengelolaan panen. Dengan meningkatkan efisiensi energi, pertanian dapat mengurangi biaya operasional dan meningkatkan keberlanjutan lingkungan. Dalam praktiknya, penerapan teknologi efisiensi energi seperti penggunaan mesin pertanian yang lebih efisien dan penggunaan sistem irigasi yang terkontrol secara cerdas dapat menghasilkan hasil pertanian yang lebih tinggi dengan konsumsi energi yang lebih rendah. Sebagaimana dikemukakan oleh A. K. Srivastava *et al.* (2017), strategi ini tidak hanya membantu meningkatkan produktivitas pertanian secara keseluruhan tetapi juga mengurangi jejak karbon dan ketergantungan pada energi fosil.

#### **6. *Food, Feed, Fertilizer dan Fuel (4F)***

Konsep Food, Feed, Fertilizer, dan Fuel (4F) dalam sistem pertanian terpadu merupakan pendekatan holistik yang memaksimalkan produktivitas dan efisiensi sumber daya pertanian. Pertanian terpadu tidak hanya berfokus pada peningkatan produksi pangan (*Food*), tetapi juga mengintegrasikan komponen lain seperti pakan ternak (*Feed*), pupuk alami (*Fertilizer*), dan energi terbarukan (*Fuel*) yang diperoleh dari pengolahan limbah. Penerapan sistem ini dapat membantu petani meningkatkan produksi sekaligus mengurangi biaya operasional, sehingga meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan secara keseluruhan. Dalam aspek *Food*, penerapan sistem pertanian terpadu

memungkinkan peningkatan produksi pangan melalui optimalisasi lahan dan sumber daya. Diversifikasi usaha tani, seperti integrasi tanaman dengan ternak atau perikanan, membantu petani menghasilkan berbagai produk pangan dari lahan yang sama. Dengan memanfaatkan limbah pertanian sebagai pakan ternak atau pupuk, petani dapat meningkatkan produktivitas pertanian tanpa harus bergantung pada input eksternal yang mahal. Sistem ini mendukung ketahanan pangan lokal dengan menyediakan pangan yang cukup dan berkualitas untuk konsumsi masyarakat setempat.

Pada aspek *Feed*, sistem pertanian terpadu menawarkan ketersediaan pakan ternak yang lebih efisien dan murah. Hijauan pakan ternak dari hasil pertanian dan olahan limbah pertanian seperti sisa panen dapat digunakan sebagai pakan ternak, mengurangi ketergantungan pada pakan komersial yang harganya cenderung lebih mahal. Dengan menggunakan pakan ternak yang dihasilkan secara internal, petani dapat menghemat biaya pakan, meningkatkan efisiensi produksi ternak, dan sekaligus mengurangi limbah pertanian yang sebelumnya tidak termanfaatkan. Dalam aspek *Fertilizer* dan *Fuel*, pertanian terpadu juga mendorong penggunaan pupuk alami dan energi terbarukan. Penggunaan pupuk kandang dan kompos yang dihasilkan dari limbah ternak membantu mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia yang berpotensi merusak lingkungan dan mahal bagi petani. Selain itu, pengolahan limbah ternak melalui proses anaerobik menghasilkan biogas yang bisa digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk kebutuhan rumah tangga atau kegiatan pertanian. Dengan mengurangi penggunaan pupuk kimia dan bahan bakar minyak, petani tidak hanya menghemat biaya, tetapi juga mendukung pertanian yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

#### **D. Komponen Sistem Pertanian Terpadu**

Sistem Pertanian Terpadu (*Integrated Farming System/IFS*) adalah pendekatan yang menyatukan berbagai komponen pertanian seperti tanaman, peternakan, perikanan, dan kehutanan dalam satu sistem yang saling mendukung. Ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas lahan, efisiensi sumber daya, dan keberlanjutan ekologis. Komponen utama dari Sistem Pertanian Terpadu mencakup:

## **1. Tanaman**

Tanaman merupakan komponen utama dalam Sistem Pertanian Terpadu karena perannya dalam mendukung keberlanjutan dan produktivitas agroekosistem. Menurut Agusdinata (2017), tanaman dalam sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai sumber pangan tetapi juga memberikan layanan ekosistem seperti peningkatan kesuburan tanah dan pengaturan siklus air. Integrasi tanaman dengan komponen lain seperti hewan ternak dan mikroorganisme tanah meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan mengurangi dampak lingkungan (Singh *et al.*, 2018). Dalam konteks keberlanjutan, tanaman dalam Sistem Pertanian Terpadu berperan penting dalam meminimalkan penggunaan bahan kimia sintetis dan mendukung keseimbangan ekologi agroekosistem (Wani *et al.*, 2020). Penanaman berbagai jenis tanaman secara berimbang dapat meningkatkan ketahanan pangan dan ekonomi petani lokal (Rahayu *et al.*, 2019). Selain itu, diversifikasi tanaman juga berpotensi meningkatkan adaptasi terhadap perubahan iklim yang semakin tidak terhindarkan (Gomiero *et al.*, 2019).

## **2. Peternakan**

Peternakan berperan krusial dalam Sistem Pertanian Terpadu dengan kontribusinya dalam memperkuat keberlanjutan agroekosistem. Menurut penelitian oleh Kizito *et al.* (2018), integrasi peternakan dalam sistem pertanian dapat meningkatkan penggunaan sumber daya hayati dan menurunkan tingkat pencemaran lingkungan melalui manajemen limbah yang terpadu. Sistem ini juga berpotensi untuk meningkatkan pendapatan petani serta memperkuat ketahanan pangan lokal (Herrero *et al.*, 2021). Dalam konteks adaptasi perubahan iklim, peternakan dalam Sistem Pertanian Terpadu memiliki peran penting dalam mengurangi jejak karbon dan meningkatkan efisiensi energi dengan memanfaatkan residu tanaman sebagai pakan ternak (Thornton *et al.*, 2019). Menurut FAO (2020), integrasi peternakan dengan sistem tanaman dapat mengoptimalkan penggunaan lahan serta meningkatkan keberlanjutan ekonomi dan ekologi di tingkat petani.

## **3. Perikanan**

Perikanan merupakan komponen utama dalam Sistem Pertanian Terpadu karena memberikan kontribusi signifikan terhadap keamanan

pangan dan ekonomi masyarakat pesisir. Menurut Amonrat Sermwatankul *et al.* (2018), "Perikanan berkelanjutan tidak hanya penting untuk memenuhi kebutuhan pangan global tetapi juga untuk menjaga lingkungan laut yang sehat." Integrasi perikanan dalam sistem pertanian terpadu memungkinkan penggunaan limbah organik sebagai pakan ikan, meningkatkan efisiensi sumber daya. Selain itu, perikanan yang terintegrasi dengan pertanian juga dapat memperbaiki kualitas tanah melalui penggunaan limbah ikan sebagai pupuk organik, sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Phumthip Rak-ngom *et al.* (2021). Rak-ngom membahas bahwa "Penerapan teknik perikanan budidaya di sawah dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia." Hal ini mencerminkan pentingnya perikanan sebagai aspek integral dalam upaya mencapai pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

#### **4. Kehutanan**

Kehutanan berperan krusial dalam Sistem Pertanian Terpadu dengan menyediakan sumber daya yang berkelanjutan untuk pertanian dan lingkungan. Menurut penelitian terbaru oleh Zhai *et al.* (2020), "Pengelolaan hutan yang berkelanjutan tidak hanya mendukung keanekaragaman hayati tetapi juga membantu mempertahankan siklus air yang sehat." Integrasi kehutanan dalam sistem pertanian dapat meningkatkan ketahanan lingkungan dan mengurangi risiko terhadap perubahan iklim. Selain itu, kehutanan dalam konteks pertanian terpadu dapat memperluas diversifikasi produksi dan pendapatan petani melalui agroforestri, seperti yang ditunjukkan oleh Bariyo *et al.* (2019). Bariyo menyatakan bahwa "Agroforestri mengintegrasikan tanaman hutan dengan tanaman pertanian untuk meningkatkan produktivitas lahan secara berkelanjutan." Hal ini menunjukkan bahwa kehutanan tidak hanya berfungsi sebagai sumber bahan baku, tetapi juga sebagai strategi untuk mencapai keberlanjutan pertanian.

#### **5. Pengelolaan Limbah**

Pengelolaan limbah merupakan komponen krusial dalam Sistem Pertanian Terpadu karena dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan meningkatkan efisiensi sumber daya. Menurut penelitian oleh Wang *et al.* (2017), "Pengelolaan limbah pertanian yang efektif dapat mengubah

limbah menjadi sumber daya yang bernilai, seperti pupuk organik atau bioenergi." Integrasi pengelolaan limbah dalam sistem pertanian terpadu berpotensi untuk memperbaiki keberlanjutan lingkungan dan ekonomi pertanian.

Gambar 5. Pengolahan Limbah



Sumber: *MK Training*

Pengelolaan limbah juga dapat meningkatkan kualitas tanah dan air, mengurangi dampak negatif dari penggunaan bahan kimia, seperti yang dijelaskan oleh Liu *et al.* (2019). Menurutnya, "Pengelolaan limbah organik dapat meningkatkan kesehatan tanah dan mengurangi erosi tanah serta pencemaran air." Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan limbah bukan hanya berkontribusi pada produksi pertanian yang berkelanjutan tetapi juga melindungi lingkungan secara menyeluruh.

## 6. Pengelolaan Air dan Tanah

Pengelolaan air dan tanah merupakan komponen utama dalam Sistem Pertanian Terpadu yang sangat penting untuk mencapai keberlanjutan lingkungan dan pertanian. Menurut Zhang *et al.* (2018), "Pengelolaan air yang efisien dapat meningkatkan produktivitas tanaman dan mengurangi tekanan terhadap sumber daya air yang semakin terbatas." Integrasi pengelolaan air dalam sistem pertanian terpadu dapat mempromosikan praktek irigasi yang hemat air dan ramah lingkungan.

Gambar 6. Pengelolaan air



Sumber: *PDAM Info*

Pengelolaan tanah yang baik juga merupakan kunci untuk meningkatkan kualitas lahan pertanian dan mengurangi degradasi tanah. Menurut penelitian oleh Chen *et al.* (2020), "Penerapan teknik konservasi tanah seperti penanaman tutupan tanah dan rotasi tanaman dapat memperbaiki struktur tanah dan meminimalkan erosi tanah." Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan tanah yang terintegrasi dalam sistem pertanian terpadu dapat meningkatkan produktivitas lahan secara berkelanjutan.





## **BAB III**

# **SEJARAH DAN PERKEMBANGAN SISTEM PERTANIAN TERPADU**

---

Sejarah sistem pertanian terpadu merentang sepanjang peradaban manusia, mengakar dalam kebutuhan untuk mengoptimalkan sumber daya alam secara berkelanjutan. Dari peradaban kuno seperti Mesir dan China yang mengembangkan teknik irigasi dan rotasi tanaman, hingga revolusi pertanian abad ke-18 yang memperkenalkan praktik pemupukan dan pengendalian hama modern, perkembangan sistem ini terus mengikuti evolusi teknologi dan pengetahuan agronomi. Perkembangan lebih lanjut di abad ke-20 mengarah pada integrasi lebih luas antara pertanian, peternakan, dan pemrosesan makanan, menciptakan sistem pertanian terpadu modern yang menekankan keberlanjutan, efisiensi penggunaan sumber daya, dan keberagaman produksi. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan produktivitas pertanian tetapi juga mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan ketahanan pangan di berbagai belahan dunia.

### **A. Sejarah dan Perkembangan Sistem Pertanian Terpadu di Dunia**

Sistem pertanian terpadu adalah pendekatan yang menggabungkan berbagai elemen pertanian seperti tanaman, ternak, dan sumber daya alam lainnya dalam suatu sistem yang saling mendukung. Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi produksi, meminimalkan dampak lingkungan, dan meningkatkan kesejahteraan petani. Sejarah dan perkembangan sistem pertanian terpadu di dunia dapat dilihat melalui beberapa fase utama:

#### **1. Pola Pertanian Tradisional**

Pola pertanian tradisional berperan penting dalam sejarah pengembangan sistem pertanian terpadu di seluruh dunia. Menurut Altieri (2015), sistem pertanian tradisional sering kali didasarkan pada

pengetahuan lokal yang telah terakumulasi selama berabad-abad, mengintegrasikan berbagai praktik seperti agroforestri, polikultur, dan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan. Praktik-praktik ini tidak hanya bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pangan, tetapi juga menjaga keanekaragaman hayati dan ekosistem lokal. Seiring berjalannya waktu, sistem pertanian terpadu telah berkembang dari pola-pola tradisional ini dengan memanfaatkan ilmu pengetahuan dan teknologi modern. Menurut FAO (2018), adaptasi dan integrasi teknologi dalam pola pertanian tradisional telah membantu meningkatkan produktivitas tanaman dan ketahanan pangan di berbagai wilayah dunia. Penggunaan pupuk organik, irigasi cerdas, dan praktik-praktik ramah lingkungan lainnya adalah contoh konkret dari evolusi sistem ini.

Sistem pertanian terpadu juga mengambil inspirasi dari nilai-nilai dan kearifan lokal yang terkandung dalam pola pertanian tradisional. Menurut Desalegn *et al.* (2020), pendekatan ini mengakui pentingnya mempertahankan praktik-praktik tradisional yang terbukti berkelanjutan sambil tetap membuka ruang bagi inovasi dan adaptasi modern. Penerapan pola-pola ini secara terintegrasi dapat menghasilkan sistem pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan dalam jangka panjang. Dalam konteks globalisasi dan perubahan iklim, penting untuk terus memperkuat integrasi antara pola pertanian tradisional dan sistem pertanian terpadu. Menurut IPCC (2021), pola-pola pertanian tradisional sering kali memiliki kapasitas adaptasi yang tinggi terhadap perubahan lingkungan, tetapi memerlukan dukungan kebijakan dan teknologi untuk tetap relevan dan berkelanjutan di era modern.

## **2. Perkembangan Awal**

Perkembangan awal sistem pertanian terpadu mencerminkan upaya manusia untuk mengoptimalkan sumber daya alam dan meningkatkan produksi pangan secara berkelanjutan. Menurut Berkes (2017), sejak zaman kuno, masyarakat telah mengembangkan praktik pertanian yang mengintegrasikan berbagai komponen seperti tanaman, ternak, dan kehutanan untuk mencapai keberlanjutan ekologis. Praktik ini tidak hanya bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pangan, tetapi juga untuk mempertahankan keanekaragaman hayati dan keseimbangan ekosistem. Perkembangan awal sistem pertanian terpadu mencakup

berbagai inovasi teknologi dan pengetahuan lokal. Menurut Pretty (2018), di berbagai belahan dunia seperti Mesir kuno, Tiongkok kuno, dan Mesoamerika, sistem pertanian terpadu telah berkembang dengan memanfaatkan polikultur, penggunaan pupuk organik, serta pengelolaan air yang cerdas.

Sejarah perkembangan sistem pertanian terpadu juga mencerminkan adaptasi terhadap perubahan lingkungan dan kondisi sosial. Menurut Smithers dan Pretty (2015), pada masa-masa sulit seperti periode kekeringan atau peningkatan tekanan populasi, masyarakat telah mengembangkan teknik-teknik yang mengintegrasikan berbagai aspek produksi pangan untuk mempertahankan ketahanan pangan. Perkembangan ini menunjukkan bahwa sistem pertanian terpadu tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga terkait erat dengan konteks sosial dan ekonomi masyarakat. Dalam konteks modern, pemahaman terhadap sejarah perkembangan awal sistem pertanian terpadu memberikan landasan penting untuk inovasi dan adaptasi ke depan. Menurut Altieri (2020), integrasi antara praktik-praktik tradisional dan teknologi modern dapat menghasilkan sistem pertanian yang lebih produktif, ramah lingkungan, dan sosial-ekonomis yang inklusif. Penerapan prinsip-prinsip ini secara holistik memungkinkan pertanian berperan secara signifikan dalam memecahkan tantangan global seperti perubahan iklim dan ketimpangan pangan.

### **3. Perkembangan Konsep Sistem Pertanian Terpadu**

Perkembangan konsep sistem pertanian terpadu mencerminkan evolusi pemikiran dan praktik dalam upaya meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi produksi pangan secara holistik. Menurut Carberry *et al.* (2016), konsep ini mengintegrasikan berbagai elemen seperti tanaman, ternak, kehutanan, dan sumber daya alam lainnya untuk menciptakan sistem pertanian yang lebih produktif dan ramah lingkungan. Fokus utamanya adalah mengoptimalkan interaksi antar-komponen agar saling menguntungkan dan berkelanjutan dalam jangka panjang. Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, konsep sistem pertanian terpadu semakin diperkaya dengan inovasi baru. Menurut Leakey *et al.* (2017), pengembangan bioteknologi, penggunaan data dan analitika, serta teknik manajemen terpadu telah memberikan kontribusi signifikan terhadap efisiensi dan produktivitas sistem pertanian. Hal ini

menunjukkan bahwa integrasi antara tradisi lokal dan pengetahuan ilmiah modern dapat memperkuat keberlanjutan dan ketahanan pangan global.

Sejarah perkembangan konsep sistem pertanian terpadu juga mencerminkan respons terhadap tantangan global seperti perubahan iklim dan degradasi lingkungan. Menurut Gliessman (2015), pendekatan ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan produksi pangan, tetapi juga untuk menjaga keanekaragaman hayati, kualitas tanah, dan keseimbangan ekosistem. Perkembangan konsep ini memberikan landasan bagi strategi-strategi adaptasi dan mitigasi terhadap risiko-risiko yang dihadapi pertanian di masa depan. Dalam konteks globalisasi dan kebutuhan akan ketahanan pangan yang lebih baik, konsep sistem pertanian terpadu terus berkembang dan disesuaikan dengan berbagai kondisi lokal. Menurut IAASTD (2016), pendekatan ini tidak hanya terbatas pada teknologi dan praktek pertanian, tetapi juga melibatkan aspek kelembagaan dan sosial yang mempromosikan inklusivitas dan keadilan dalam akses terhadap sumber daya pertanian.

#### **4. Pengakuan Internasional dan Adopsi Luas**

Pengakuan internasional dan adopsi luas sistem pertanian terpadu merupakan hasil dari evolusi dalam pemahaman global tentang keberlanjutan dan efisiensi sumber daya dalam pertanian. Menurut Daly *et al.* (2019), pengakuan internasional terhadap kebutuhan untuk memperbaiki praktik pertanian telah meningkat seiring dengan meningkatnya kesadaran akan dampak lingkungan dan keberlanjutan pangan. Sistem pertanian terpadu memungkinkan integrasi praktik-praktik berkelanjutan seperti penggunaan pupuk organik, rotasi tanaman, dan pengelolaan air yang efisien (UNEP, 2018). Sejak tahun 2015, banyak negara telah mengadopsi prinsip-prinsip ini dalam kebijakan pertanian sebagai respons terhadap tekanan global terhadap sumber daya alam dan perubahan iklim.

Menurut FAO (2017), perkembangan sistem pertanian terpadu juga didorong oleh kebutuhan untuk meningkatkan ketahanan pangan global. Sistem ini tidak hanya mempertimbangkan aspek ekologis, tetapi juga ekonomi dan sosial dalam pengelolaan lahan pertanian (Pretty *et al.*, 2018). Adopsi luas terjadi ketika para pengambil kebijakan, petani, dan masyarakat umum mulai melihat manfaat jangka panjang dari praktik-

praktik pertanian yang berkelanjutan (Hawken, 2017). Dukungan ini tercermin dalam upaya internasional seperti *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang menggarisbawahi pentingnya pertanian berkelanjutan dalam mencapai tujuan global.

Gambar 7. *Sustainable Development Goals*



Sumber: *Lanxess*

Menurut Pretty (2018), sejarah pengembangan sistem pertanian terpadu menunjukkan peran krusial organisasi internasional dan kebijakan nasional dalam memfasilitasi transformasi ini. Di banyak negara, adopsi luas dipengaruhi oleh insentif keuangan, pelatihan teknis, dan pemahaman ilmiah yang meningkat mengenai manfaat jangka panjang dari praktik berkelanjutan (IPES-Food, 2016). Peningkatan kapasitas dan transfer teknologi dari pusat-pusat riset pertanian juga berperan dalam mempercepat penyebaran sistem ini di berbagai konteks regional dan lokal (Foresight, 2015).

## 5. Inovasi dan Teknologi

Inovasi dan teknologi berperan krusial dalam sejarah dan perkembangan sistem pertanian terpadu di seluruh dunia. Menurut Shiferaw *et al.* (2018), teknologi pertanian telah menjadi pendorong utama dalam transformasi dari praktik pertanian konvensional menuju sistem yang lebih berkelanjutan dan efisien. Pada tahun 2015, peningkatan akses terhadap teknologi digital seperti sensor pertanian, penginderaan jauh, dan aplikasi perangkat lunak untuk manajemen

pertanian telah mengubah cara petani mengelola lahan dan sumber daya alam (FAO, 2017). Teknologi-teknologi ini tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga membantu mengurangi dampak lingkungan dari pertanian intensif. Dalam konteks ini, Pretty *et al.* (2020) menggarisbawahi pentingnya inovasi dalam memfasilitasi transisi menuju sistem pertanian terpadu. Inovasi seperti teknik agroekologi, sistem informasi geografis (SIG), dan pengembangan varietas tanaman yang tahan terhadap perubahan iklim berperan penting dalam menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim dan keanekaragaman hayati yang terancam (IPES-Food, 2016). Pada dekade terakhir, investasi dalam riset dan pengembangan teknologi pertanian juga telah meningkat secara signifikan, mempercepat adaptasi teknologi di berbagai konteks pertanian di seluruh dunia (FAO, 2019).

Menurut Foresight (2015), sejarah sistem pertanian terpadu mencerminkan evolusi teknologi dari zaman revolusi hijau hingga era digital saat ini. Revolusi hijau memperkenalkan teknologi seperti pupuk kimia dan varietas tanaman yang lebih produktif, tetapi sering kali diimbangi dengan dampak negatif terhadap lingkungan dan keberlanjutan jangka panjang (Hawken, 2017). Namun, dengan kemajuan dalam teknologi informasi dan komunikasi, serta pendekatan berbasis data dalam pertanian, petani kini dapat mengelola sumber daya dengan lebih efisien dan tepat waktu (Daly *et al.*, 2019). Adaptasi teknologi dalam sistem pertanian terpadu tidak hanya tentang penggunaan perangkat keras dan perangkat lunak, tetapi juga tentang integrasi sistem yang lebih luas untuk mengoptimalkan manajemen sumber daya alam secara keseluruhan (UNEP, 2018). Tantangan ke depan adalah memastikan bahwa inovasi dan teknologi yang diterapkan dapat diakses oleh semua petani, terutama di daerah pedesaan dan negara berkembang, sehingga mendukung inklusi dan peningkatan keberlanjutan pertanian secara global (Pretty, 2018).

## **6. Tantangan dan Peluang di Masa Depan**

Tantangan dan peluang di masa depan bagi sistem pertanian terpadu mencerminkan dinamika kompleks antara keberlanjutan lingkungan, ketahanan pangan, dan ketahanan ekonomi. Menurut Pretty *et al.* (2020), salah satu tantangan utama adalah mengintegrasikan praktik-praktik berkelanjutan ke dalam sistem pertanian yang sering kali

masih didominasi oleh pendekatan konvensional yang mengutamakan produktivitas. Pada tahun 2015, pembangunan pertanian berkelanjutan dihadapkan pada tekanan dari pertumbuhan populasi global dan perubahan iklim yang semakin nyata (FAO, 2017). Namun, sejalan dengan itu, terdapat peluang untuk meningkatkan ketahanan pangan melalui praktik-praktik yang lebih ramah lingkungan dan inovatif. Menurut IPES-Food (2016), salah satu peluang utama adalah mengembangkan sistem pertanian yang lebih diversifikasi dan adaptif terhadap perubahan iklim. Hal ini mencakup penerapan agroekologi dan peran penting keanekaragaman hayati dalam meningkatkan produktivitas dan ketahanan lahan pertanian (Daly *et al.*, 2019). Dalam dekade terakhir, terlihat adanya kecenderungan peningkatan kesadaran global terhadap pentingnya sistem pertanian yang tidak hanya menghasilkan makanan tetapi juga melestarikan ekosistem (UNEP, 2018).

Tantangan lainnya adalah memastikan bahwa adopsi teknologi dan inovasi dalam pertanian berdampak positif bagi semua pihak, termasuk petani kecil di negara berkembang (FAO, 2019). Hal ini memerlukan pendekatan yang inklusif dan dukungan yang kuat dari berbagai pihak, mulai dari pemerintah hingga sektor swasta dan masyarakat sipil (Hawken, 2017). Peluang untuk mengatasi tantangan ini termasuk pengembangan kebijakan yang mendukung transisi ke pertanian berkelanjutan serta investasi dalam infrastruktur pertanian yang memadai (Pretty, 2018). Di masa depan, keberlanjutan sistem pertanian terpadu akan bergantung pada kemampuan untuk mengatasi ketimpangan dalam akses terhadap sumber daya dan teknologi pertanian, serta menghadapi tekanan tambahan dari urbanisasi dan perubahan demografis global (Foresight, 2015). Peluang untuk meningkatkan kolaborasi internasional dalam pertukaran pengetahuan dan teknologi juga menjadi krusial dalam menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim dan penurunan biodiversitas (Pretty *et al.*, 2020).

## **B. Sejarah dan Perkembangan Sistem Pertanian Terpadu di Indonesia**

Sistem Pertanian Terpadu (SPT) merupakan suatu pendekatan dalam pengelolaan pertanian yang mengintegrasikan berbagai

komponen dalam satu sistem yang saling mendukung dan memanfaatkan sumber daya secara efisien. Di Indonesia, perkembangan SPT dimulai sebagai respons terhadap tantangan dalam pertanian yang meliputi peningkatan produktivitas, keberlanjutan lingkungan, dan peningkatan kesejahteraan petani.

## **1. Sejarah Perkembangan Sistem Pertanian Terpadu di Indonesia**

### **a. Awal Mula (1970-an - 1980-an)**

Awal mula perkembangan sistem pertanian terpadu di Indonesia pada tahun 1970-an hingga 1980-an ditandai dengan dorongan kuat dari pemerintah untuk meningkatkan produktivitas pertanian melalui program-program seperti Revolusi Hijau. Menurut Junaedi (2020), pendekatan terpadu mulai diperkenalkan untuk mengatasi masalah ketergantungan terhadap pupuk kimia dan pestisida yang mahal. Pada periode ini, pemerintah fokus mengintegrasikan teknologi pertanian modern dengan praktik tradisional untuk meningkatkan hasil pertanian secara berkelanjutan (Liando, 2018). Implementasi sistem pertanian terpadu diawali dengan pengembangan model-model demonstrasi di berbagai daerah, seperti yang dikemukakan oleh Sembiring (2016). Hal ini dimaksudkan untuk membuktikan efektivitas pendekatan baru ini dalam meningkatkan produktivitas tanaman pangan dan hortikultura secara berkelanjutan. Pemerintah Indonesia pada saat itu juga mulai mendukung pengembangan kelembagaan dan kapasitas petani melalui pelatihan dan penyediaan infrastruktur pertanian (Santoso, 2021).

### **b. Pengembangan dan Penerapan (1990-an - 2000-an)**

Pada era 1990-an hingga 2000-an, pengembangan dan penerapan sistem pertanian terpadu di Indonesia mengalami perkembangan signifikan dengan fokus pada integrasi teknologi pertanian modern dan praktik tradisional untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan. Menurut Santoso (2021), pemerintah semakin aktif dalam memperluas jangkauan program-program pertanian terpadu ke berbagai daerah untuk mengurangi kesenjangan antarwilayah dalam pengembangan pertanian. Pendekatan ini juga didukung oleh upaya intensifikasi

dan diversifikasi produksi pertanian untuk meningkatkan ketahanan pangan nasional (Hasanuddin, 2019). Implementasi sistem pertanian terpadu di era ini didorong oleh perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang memungkinkan pertukaran pengetahuan antarpetani secara lebih efektif (Fitriana, 2023). Program-program pelatihan dan pendampingan teknis untuk petani juga menjadi bagian penting dari strategi ini, seperti yang dikemukakan oleh Liando (2018), guna meningkatkan kapasitas petani dalam menerapkan praktik-praktik pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan. Selain itu, pemerintah Indonesia juga mengadopsi pendekatan kemitraan publik-privat untuk menggalakkan investasi dan inovasi dalam sektor pertanian (Junaedi, 2020).

c. Peningkatan Keberlanjutan dan Kesejahteraan (2010-an - sekarang)

Pada tahun 2010-an hingga saat ini, perkembangan sistem pertanian terpadu di Indonesia semakin menekankan pada peningkatan keberlanjutan dan kesejahteraan petani. Menurut Junaedi (2020), integrasi praktik organik dan ramah lingkungan semakin diperkuat sebagai respons terhadap kebutuhan pasar global yang semakin mengutamakan produk pertanian berkelanjutan. Pemerintah Indonesia juga terus menggalakkan kebijakan-kebijakan untuk mendukung pertanian berkelanjutan, seperti yang dikemukakan oleh Santoso (2021), dengan fokus pada pengembangan infrastruktur pertanian yang berkelanjutan dan penguatan kelembagaan petani. Implementasi teknologi digital dan inovasi menjadi kunci dalam mempercepat transformasi sistem pertanian menuju keberlanjutan, seperti yang dijelaskan oleh Liando (2018). Program-program digitalisasi pertanian, seperti aplikasi untuk manajemen pertanian dan pemasaran produk, memberikan akses yang lebih luas kepada petani terhadap informasi dan pasar, sehingga meningkatkan efisiensi produksi dan daya saing. Upaya ini juga berdampak positif terhadap kesejahteraan petani, dengan meningkatkan pendapatan dan mengurangi ketimpangan ekonomi di pedesaan (Fitriana, 2023).

## **2. Faktor Penting dalam Perkembangan Sistem Pertanian Terpadu di Indonesia**

### **a. Dukungan Pemerintah**

Dukungan pemerintah telah menjadi faktor krusial dalam perkembangan sistem pertanian terpadu di Indonesia. Menurut Junaedi (2020), kebijakan-kebijakan pertanian yang progresif dari pemerintah, seperti pengembangan infrastruktur pertanian dan insentif bagi petani untuk mengadopsi teknologi modern, telah berperan penting dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian. Santoso (2021) membahas pentingnya peran pemerintah dalam menyediakan pendanaan dan bantuan teknis kepada petani, sehingga membantu mengatasi tantangan seperti perubahan iklim dan keamanan pangan. Pemerintah Indonesia juga aktif dalam mempromosikan pendekatan terpadu dalam pembangunan pertanian, sebagaimana yang diungkapkan oleh Fitriana (2023). Melalui program-program seperti pelatihan teknis dan demonstrasi lapangan, pemerintah telah berusaha memperluas pengetahuan dan keterampilan petani dalam menerapkan praktik-praktik pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan.

### **b. Adaptasi Lokal**

Adaptasi lokal berperan krusial dalam perkembangan sistem pertanian terpadu di Indonesia, yang memungkinkan integrasi teknologi modern dengan pengetahuan lokal yang teruji. Menurut Santoso (2021), pendekatan ini tidak hanya menghargai kearifan lokal dalam pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan, tetapi juga meningkatkan resiliensi pertanian terhadap perubahan iklim dan variabilitas cuaca. Fitriana (2023) mengemukakan bahwa adaptasi lokal memperkaya strategi pertanian terpadu dengan memasukkan aspek budaya, tradisi lokal, dan praktik pertanian yang sesuai dengan kondisi mikro dan makro di setiap wilayah. Implementasi adaptasi lokal juga berdampak positif terhadap kesejahteraan petani, seperti yang dikemukakan oleh Junaedi (2020). Dengan memanfaatkan pengetahuan dan praktik lokal, petani dapat mengoptimalkan hasil pertanian secara berkelanjutan sambil mempertahankan keberlanjutan lingkungan.

### c. Partisipasi Petani

Partisipasi aktif petani merupakan faktor kunci dalam perkembangan sistem pertanian terpadu di Indonesia, memastikan implementasi yang berhasil dan berkelanjutan. Menurut Santoso (2021), partisipasi petani dalam perencanaan, implementasi, dan evaluasi program-program pertanian tidak hanya meningkatkan adopsi teknologi, tetapi juga memperkuat keberlanjutan hasil-hasil program tersebut. Fitriana (2023) membahas bahwa partisipasi petani juga membantu membangun kapasitas lokal dalam mengelola sumber daya alam secara berkelanjutan, menjadikan mitra aktif dalam pembangunan pertanian yang inklusif dan berkelanjutan. Junaedi (2020) mengemukakan bahwa partisipasi petani tidak hanya berperan dalam aspek teknis, tetapi juga dalam meningkatkan resiliensi sosial dan ekonomi komunitas pertanian. Melalui partisipasi ini, petani dapat mempengaruhi kebijakan pertanian yang lebih responsif terhadap kebutuhan dan kondisi lokal.

### d. Pendidikan dan Penyuluhan

Pendidikan dan penyuluhan memiliki peran penting dalam perkembangan sistem pertanian terpadu di Indonesia dengan meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani dalam menerapkan praktik pertanian yang berkelanjutan. Menurut Junaedi (2020), program-program pendidikan dan pelatihan terkait pertanian terpadu membantu mengubah pola pikir petani dan meningkatkan kesadaran akan pentingnya pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan. Santoso (2021) menekankan bahwa penyuluhan yang efektif tidak hanya menyediakan informasi teknis, tetapi juga memotivasi petani untuk mengadopsi teknologi baru dan meningkatkan produktivitas pertanian. Fitriana (2023) membahas bahwa pendidikan dan penyuluhan juga berperan dalam mengurangi kesenjangan pengetahuan antarpetani dan mendukung inklusivitas dalam pembangunan pertanian. Melalui akses yang lebih baik terhadap informasi dan teknologi, petani dapat meningkatkan efisiensi produksi dan meningkatkan kesejahteraan ekonomi.





## **BAB IV**

# **PRAKTIK BAIK SISTEM PERTANIAN TERPADU**

Praktik baik dalam sistem pertanian terpadu mendorong integrasi berbagai teknik budidaya untuk mencapai hasil yang berkelanjutan dan efisien. Dengan menggabungkan pertanian organik, pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan, dan diversifikasi tanaman, sistem ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas tanpa mengorbankan keberlanjutan lingkungan. Pendekatan ini tidak hanya mempromosikan kesehatan tanaman, tetapi juga memperkuat ketahanan pangan lokal serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

### **A. Langkah-langkah untuk Menerapkan Sistem Pertanian Terpadu**

Sistem Pertanian Terpadu (SPT) adalah pendekatan yang menyelaraskan berbagai praktik pertanian seperti pertanian tanaman, peternakan, perikanan, dan kehutanan dalam satu sistem yang terintegrasi. Tujuannya adalah untuk menciptakan sistem pertanian yang berkelanjutan, produktif, dan efisien. Berikut adalah langkah-langkah umum untuk menerapkan Sistem Pertanian Terpadu:

#### **1. Evaluasi dan Perencanaan Situasi Lokal**

Evaluasi dan perencanaan situasi lokal merupakan langkah krusial dalam menerapkan sistem pertanian terpadu, yang mempertimbangkan kondisi geografis, sosial, ekonomi, dan ekologis suatu area. Menurut Cai *et al.* (2019), evaluasi yang komprehensif akan memastikan bahwa strategi pertanian terpadu dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan potensi lokal. Hal ini melibatkan analisis mendalam terhadap tanah, iklim, sumber daya air, serta karakteristik flora dan fauna setempat (Wang *et al.*, 2020). Perencanaan yang matang harus

mempertimbangkan aspirasi dan partisipasi aktif dari masyarakat lokal, sebagaimana diungkapkan oleh Peng *et al.* (2017) dalam penelitiannya tentang partisipasi petani dalam perencanaan sistem pertanian berkelanjutan. Dengan demikian, pengenalan teknologi dan praktik baru dapat diimplementasikan dengan lebih efektif dan berkelanjutan (Lin *et al.*, 2018).

Langkah pertama dalam evaluasi adalah mengumpulkan data yang akurat dan relevan mengenai kondisi lokal, seperti yang dinyatakan oleh Wu *et al.* (2021). Ini mencakup survei lapangan yang menyeluruh dan analisis data historis untuk memahami pola produksi dan faktor-faktor yang mempengaruhi keberlanjutan pertanian (Xu *et al.*, 2016). Selanjutnya, analisis SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) dapat membantu mengidentifikasi tantangan dan peluang yang unik bagi implementasi sistem pertanian terpadu (Zhang & Ma, 2018). Mengintegrasikan pendekatan partisipatif, seperti yang direkomendasikan oleh Wang *et al.* (2017), akan memastikan bahwa solusi yang diusulkan tidak hanya relevan secara teknis tetapi juga diterima secara sosial dan ekonomi oleh masyarakat lokal.

Gambar 8. Analisis SWOT



Sumber: *Asana*

Implementasi sistem pertanian terpadu memerlukan perencanaan jangka panjang yang mempertimbangkan aspek-aspek seperti rotasi tanaman, pengelolaan sumber daya alam, dan diversifikasi sumber

penghasilan (Yan *et al.*, 2019). Menurut Li *et al.* (2023), perencanaan ini harus mampu mengatasi tantangan perubahan iklim yang semakin nyata, dengan memasukkan strategi adaptasi yang sesuai untuk setiap wilayah. Evaluasi berkelanjutan terhadap kinerja sistem juga penting untuk mengidentifikasi area-area yang memerlukan penyesuaian dan peningkatan (Chen *et al.*, 2022). Dalam konteks ini, pendekatan berbasis komunitas menjadi kunci untuk mencapai keberlanjutan jangka panjang dalam pertanian (Gao *et al.*, 2020).

## **2. Perencanaan Sistem Terintegrasi**

Perencanaan sistem terintegrasi merupakan pendekatan yang penting dalam menerapkan sistem pertanian terpadu, yang bertujuan untuk mengintegrasikan berbagai komponen seperti tanaman, hewan ternak, sumber daya air, dan manajemen tanah secara holistik. Menurut Liu *et al.* (2018), perencanaan ini memungkinkan pengoptimalan penggunaan sumber daya secara efisien dan berkelanjutan dalam konteks pertanian modern. Hal ini didukung oleh pendapat Zhao *et al.* (2020), yang menekankan perlunya strategi perencanaan yang komprehensif untuk mencapai produktivitas yang tinggi serta menjaga keberlanjutan lingkungan. Dalam konteks ini, analisis integratif terhadap berbagai aspek seperti pemupukan, irigasi, dan pengendalian hama merupakan langkah kunci dalam perencanaan sistem terintegrasi (Chen *et al.*, 2019).

Pengembangan perencanaan sistem terintegrasi juga melibatkan pendekatan partisipatif yang aktif dari para petani dan komunitas lokal, sebagaimana disarankan oleh Gao *et al.* (2021). Partisipasi ini tidak hanya meningkatkan penerimaan dan implementasi dari solusi pertanian baru, tetapi juga memastikan bahwa kebutuhan lokal serta pengetahuan tradisional diintegrasikan dalam perencanaan (Sun *et al.*, 2017). Selain itu, perencanaan sistem terintegrasi harus responsif terhadap perubahan iklim yang semakin nyata, dengan memasukkan strategi adaptasi yang diperlukan untuk menjaga kestabilan produksi dan ketersediaan sumber daya (Wang *et al.*, 2016). Dalam hal ini, penelitian oleh Li *et al.* (2022) membahas pentingnya perencanaan yang adaptif dan fleksibel untuk menghadapi tantangan yang beragam dalam sistem pertanian modern.

Implementasi perencanaan sistem terintegrasi juga memerlukan kerjasama lintas sektor dan multidisiplin antara para ahli, pemerintah, serta lembaga penelitian, sebagaimana dibahas oleh Xu *et al.* (2023).

Kolaborasi ini penting untuk mengintegrasikan pengetahuan ilmiah terbaru dengan praktik lokal yang berkelanjutan dalam menerapkan teknologi dan inovasi baru di lapangan (Zhang & Ma, 2019). Evaluasi terus-menerus terhadap kinerja sistem serta umpan balik dari para pemangku kepentingan juga merupakan bagian integral dari perencanaan sistem terintegrasi, untuk memastikan bahwa tujuan keberlanjutan dan produktivitas tercapai secara optimal (Yan *et al.*, 2021). Dengan demikian, perencanaan sistem terintegrasi bukan hanya menjadi langkah awal dalam menerapkan sistem pertanian terpadu, tetapi juga landasan untuk transformasi menuju pertanian yang lebih efisien, berkelanjutan, dan adaptif dalam menghadapi tantangan masa depan (Lin *et al.*, 2020).

### **3. Pengelolaan Sumber Daya**

Pengelolaan sumber daya merupakan aspek krusial dalam menerapkan sistem pertanian terpadu, yang menekankan efisiensi dan keberlanjutan dalam penggunaan lahan, air, dan energi. Menurut Jiang *et al.* (2017), pengelolaan yang baik dari sumber daya alam akan mendukung produktivitas pertanian yang berkelanjutan dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Hal ini mencakup praktik konservasi tanah dan air, serta pemanfaatan teknologi untuk optimalisasi penggunaan sumber daya (Zhang *et al.*, 2019). Perencanaan yang matang dalam pengelolaan sumber daya juga perlu mempertimbangkan aspek sosial dan ekonomi, seperti yang ditunjukkan oleh Sun *et al.* (2022) dalam penelitian tentang integrasi kebijakan pertanian dan pengelolaan sumber daya di Cina.

Implementasi sistem pertanian terpadu membutuhkan pendekatan holistik dalam mengelola sumber daya air, yang esensial untuk mendukung pertumbuhan tanaman dan keberlanjutan lingkungan. Menurut Wang *et al.* (2018), teknologi irigasi yang efisien dan pemantauan yang akurat diperlukan untuk mengoptimalkan penggunaan air dalam pertanian. Pengelolaan sumber daya air juga harus mempertimbangkan adaptasi terhadap perubahan iklim yang semakin nyata, dengan mengembangkan strategi yang responsif dan berkelanjutan (Liu *et al.*, 2020). Selain itu, integrasi teknologi digital seperti penggunaan sensor untuk pemantauan kelembaban tanah dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air secara signifikan (Cheng *et al.*, 2021).

Pengelolaan sumber daya alam dalam konteks pertanian terpadu juga mencakup manajemen tanah yang berkelanjutan, termasuk pemupukan yang tepat dan praktik konservasi tanah untuk menjaga kesuburan dan produktivitas tanah. Li *et al.* (2021) membahas pentingnya pendekatan berbasis ilmiah dalam memahami dinamika tanah dan penggunaan pupuk yang tepat guna. Selain itu, aspek pengelolaan energi juga menjadi fokus dalam upaya menuju pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan. Menurut Chen *et al.* (2023), penggunaan energi terbarukan dan peningkatan efisiensi energi dalam operasi pertanian dapat mengurangi jejak karbon dan mempromosikan keberlanjutan lingkungan.

#### **4. Penggunaan Teknologi dan Inovasi**

Penggunaan teknologi dan inovasi berperan krusial dalam menerapkan sistem pertanian terpadu, yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi produksi, keberlanjutan lingkungan, dan kesejahteraan petani. Menurut Li *et al.* (2019), teknologi seperti sensor tanah, drone, dan kecerdasan buatan memungkinkan monitoring yang lebih akurat terhadap kondisi tanaman dan lingkungan, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat dan cepat dalam manajemen pertanian. Penggunaan teknologi digital juga dapat mengoptimalkan manajemen sumber daya seperti air dan pupuk, sehingga mengurangi pemborosan dan dampak negatif terhadap lingkungan (Wang *et al.*, 2018). Di sisi lain, inovasi dalam teknologi pertanian seperti bioteknologi dan pemuliaan tanaman dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit dan perubahan iklim, seperti yang ditunjukkan oleh Peng *et al.* (2020).

Implementasi teknologi dan inovasi dalam sistem pertanian terpadu juga memerlukan integrasi dengan sistem informasi geografis (SIG) untuk analisis spasial yang lebih baik, sesuai dengan penelitian oleh Zhang *et al.* (2017). SIG memungkinkan pemetaan yang akurat terhadap penggunaan lahan dan alokasi sumber daya, sehingga mendukung perencanaan pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan. Selain itu, aplikasi teknologi juga berperan penting dalam meningkatkan akses informasi dan pelatihan bagi petani, seperti yang ditekankan oleh Wang *et al.* (2021), yang menyebutkan bahwa teknologi informasi dapat

membantu dalam mendistribusikan pengetahuan tentang praktik pertanian terbaik secara lebih luas dan merata.

Pengembangan teknologi dan inovasi dalam pertanian juga perlu mempertimbangkan aspek ketersediaan dan aksesibilitas bagi para petani, terutama di daerah pedesaan dan terpencil. Menurut Liu *et al.* (2022), pendekatan yang inklusif dalam pengembangan teknologi pertanian dapat meningkatkan penerimaan dan adopsi oleh masyarakat petani, yang pada gilirannya memperkuat keberlanjutan sistem pertanian. Selain itu, kolaborasi antara sektor publik, swasta, dan akademis dalam penelitian dan pengembangan teknologi pertanian diperlukan untuk memastikan bahwa solusi yang dihasilkan relevan dan dapat diterapkan di lapangan (Chen *et al.*, 2021). Evaluasi terus-menerus terhadap efektivitas dan dampak teknologi juga penting untuk memperbaiki dan mengoptimalkan aplikasi teknologi dalam sistem pertanian terpadu secara berkelanjutan (Sun *et al.*, 2020).

## **5. Pengelolaan Limbah dan Daur Ulang**

Pengelolaan limbah dan daur ulang berperan penting dalam menerapkan sistem pertanian terpadu dengan meminimalkan dampak lingkungan dan meningkatkan efisiensi sumber daya. Menurut Wang *et al.* (2017), pendekatan yang holistik terhadap pengelolaan limbah pertanian, seperti pengomposan dan daur ulang nutrisi, dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan kualitas tanah secara keseluruhan. Hal ini sesuai dengan pandangan Li *et al.* (2021), yang membahas pentingnya integrasi siklus nutrisi dalam sistem pertanian untuk memaksimalkan efisiensi penggunaan pupuk dan mengurangi pencemaran lingkungan.

Pengelolaan limbah pertanian, seperti pengelolaan pupuk dan limbah organik, juga mempengaruhi kualitas air dan tanah secara langsung. Menurut Zhao *et al.* (2019), strategi pengelolaan yang baik dapat mengurangi risiko pencemaran air dan meningkatkan kualitas lingkungan hidup di sekitar area pertanian. Dalam konteks pertanian terpadu, daur ulang limbah pertanian menjadi pupuk organik juga membantu dalam meningkatkan kesuburan tanah dan meminimalkan ketergantungan pada pupuk kimia yang berpotensi merusak lingkungan (Cheng *et al.*, 2020).

Implementasi praktik daur ulang dalam sistem pertanian terpadu juga melibatkan penerapan teknologi dan inovasi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses daur ulang. Menurut Sun *et al.* (2023), penggunaan bioteknologi dan teknologi pengolahan limbah dapat mempercepat dekomposisi limbah organik menjadi bahan yang dapat digunakan kembali dalam produksi pertanian. Selain itu, kolaborasi antara sektor publik dan swasta dalam pengembangan infrastruktur daur ulang juga diperlukan untuk meningkatkan skala dan dampak dari praktik ini (Xu *et al.*, 2018).

## **B. Penerapan Sistem Pertanian Terpadu di Lahan Basah**

Penerapan Sistem Pertanian Terpadu (*Integrated Farming System*) di lahan basah merupakan pendekatan yang mengintegrasikan berbagai kegiatan pertanian seperti pertanian padi, budidaya ikan, ternak bebek, dan sistem pertanian lainnya secara simultan di satu area. Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan lahan dan sumber daya alam, serta memberikan keuntungan ekonomi dan sosial yang lebih besar kepada petani. Berikut adalah beberapa poin relevan terkait penerapan sistem ini:

### **1. Integrasi Kegiatan Pertanian**

Integrasi kegiatan pertanian sebagai penerapan sistem pertanian terpadu di lahan basah melibatkan penggabungan berbagai praktik agrikultur yang saling mendukung untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Menurut Nasution (2018), integrasi ini mencakup kombinasi antara budidaya tanaman, perikanan, dan peternakan, yang dapat saling mendukung dalam hal pemanfaatan sumber daya dan pengelolaan limbah. Misalnya, limbah dari peternakan dapat digunakan sebagai pupuk organik bagi tanaman, sementara air bekas budidaya ikan dapat digunakan untuk irigasi tanaman padi di lahan basah. Kombinasi tersebut tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga berkontribusi pada kelestarian lingkungan. Prasetyo dan Siregar (2020) menjelaskan bahwa sistem pertanian terpadu mampu memperbaiki kualitas tanah dan air serta mengurangi ketergantungan pada *input* kimia sintetis, yang sering kali berdampak negatif pada lingkungan. Selain itu, pendekatan ini memungkinkan petani untuk lebih fleksibel dalam

menghadapi perubahan iklim, karena diversifikasi kegiatan pertanian menciptakan berbagai sumber pendapatan yang lebih stabil.

Implementasi sistem ini juga memberikan manfaat ekonomi yang signifikan bagi petani di lahan basah. Menurut penelitian oleh Suharto dan Yulianti (2021), integrasi pertanian yang baik dapat meningkatkan pendapatan petani hingga 30% dibandingkan dengan sistem pertanian konvensional. Hal ini disebabkan oleh optimalisasi sumber daya yang ada dan pengurangan biaya produksi melalui penggunaan *input* yang lebih efisien dan berkelanjutan. Oleh karena itu, penerapan sistem pertanian terpadu di lahan basah merupakan strategi yang efektif untuk meningkatkan produktivitas, keberlanjutan lingkungan, dan kesejahteraan ekonomi petani.

## **2. Pemanfaatan Limbah**

Integrasi kegiatan pertanian dalam penerapan sistem pertanian terpadu di lahan basah menjadi penting dalam upaya mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya alam dan meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan. Menurut Ahmad *et al.* (2018), integrasi ini melibatkan penggabungan berbagai aspek pertanian seperti budidaya tanaman pangan, perikanan, dan peternakan di dalam satu sistem yang saling mendukung. Pendekatan ini mencerminkan upaya untuk memanfaatkan beragam potensi lahan basah secara efisien untuk meningkatkan hasil produksi secara ekonomis dan lingkungan.

Pada konteks ini, Mustofa *et al.* (2020) menjelaskan bahwa integrasi kegiatan pertanian di lahan basah tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan produktivitas tetapi juga untuk melestarikan ekosistem dan mempertahankan keseimbangan lingkungan. Penerapan sistem pertanian terpadu memungkinkan adanya siklus nutrisi yang lebih terkontrol, mengurangi risiko degradasi tanah, dan meningkatkan keberlanjutan usaha pertanian dalam jangka panjang. Dengan mengintegrasikan pertanian dengan kegiatan lain seperti *aquaculture* atau budidaya ikan, sistem ini dapat memanfaatkan sinergi antarkegiatan untuk mendukung pertumbuhan ekonomi lokal dan ketahanan pangan (Sarker *et al.*, 2017).

Gambar 9. *Aquaculture*



Sumber: *Commodity.com*

Widiastuti *et al.* (2019) membahas perlunya keterlibatan petani dalam merancang dan mengelola sistem pertanian terpadu di lahan basah. Partisipasi petani menjadi kunci dalam menentukan keberhasilan implementasi sistem ini, karena memiliki pengetahuan lokal yang penting untuk pengelolaan lahan secara efektif. Selain itu, integrasi kegiatan pertanian juga memperluas pilihan mata pencaharian dan meningkatkan ketahanan ekonomi keluarga petani (Kartikawati *et al.*, 2021).

### **3. Diversifikasi Pendapatan**

Diversifikasi pendapatan sebagai penerapan sistem pertanian terpadu di lahan basah merupakan strategi untuk mengurangi risiko ekonomi petani dan meningkatkan keberlanjutan ekonomi lokal. Menurut Haryanto (2016), diversifikasi ini mencakup pengembangan berbagai kegiatan seperti budidaya ikan, peternakan, dan pengolahan produk pertanian, yang tidak hanya meningkatkan pendapatan tetapi juga menciptakan kesempatan kerja baru di komunitas pertanian. Selain itu, pendekatan ini juga berkontribusi pada peningkatan nilai tambah produk pertanian lokal. Menurut penelitian oleh Mulyani *et al.* (2018), integrasi usaha pertanian dengan agrowisata atau pengolahan hasil pertanian menjadi produk olahan (misalnya makanan atau kerajinan tangan) dapat

meningkatkan daya tarik pasar dan nilai jual produk lokal, yang pada gilirannya meningkatkan pendapatan bagi petani dan pengrajin.

#### **4. Manajemen Air yang Terintegrasi**

Manajemen air yang terintegrasi sebagai penerapan sistem pertanian terpadu di lahan basah merupakan strategi penting untuk memaksimalkan efisiensi penggunaan air dan meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan. Menurut studi oleh Kusnandar *et al.* (2017), pendekatan ini meliputi penggunaan teknologi irigasi yang canggih seperti irigasi tetes atau irigasi berbasis sensor untuk mengatur secara optimal pemberian air kepada tanaman, yang dapat mengurangi kehilangan air dan meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 30%. Selain itu, manajemen air yang terintegrasi juga berfokus pada pengelolaan kualitas air secara holistik. Menurut penelitian oleh Sari *et al.* (2019), sistem pertanian terpadu memungkinkan untuk menggunakan air limbah dari kolam budidaya ikan sebagai sumber air irigasi bagi tanaman padi, dengan proses filtrasi dan pengolahan yang tepat untuk memastikan kualitas air yang aman dan bersih bagi pertumbuhan tanaman.

### **C. Penerapan Sistem Pertanian Terpadu di Lahan Kering**

Penerapan Sistem Pertanian Terpadu (*Integrated Farming System* atau IFS) di lahan kering merupakan pendekatan yang holistik dalam mengelola lahan pertanian. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan produktivitas lahan secara berkelanjutan dengan memanfaatkan berbagai sumber daya yang tersedia secara efisien. Berikut adalah penjelasan relevan mengenai penerapan IFS di lahan kering:

#### **1. Penggunaan Sumber Daya Secara Efisien**

Penerapan sistem pertanian terpadu di lahan kering menekankan efisiensi penggunaan sumber daya sebagai kunci keberhasilannya. Menurut penelitian, "Efisiensi dalam penggunaan air dan *input* lainnya menjadi krusial untuk mempertahankan produktivitas dan keberlanjutan sistem pertanian di lingkungan yang kering" (Smith *et al.*, 2018). Integrasi teknologi irigasi yang canggih dan praktik konservasi tanah

dapat mengoptimalkan penggunaan air dan mengurangi kehilangan nutrisi, meningkatkan hasil tanaman dengan mempertimbangkan ketersediaan air yang terbatas di lahan kering (Jones & Smith, 2017). Manajemen sumber daya alami yang tepat sangat penting dalam sistem pertanian terpadu. Penekanan pada "perencanaan yang matang dalam penggunaan pupuk dan bahan organik secara terukur dapat mengurangi pencemaran lingkungan dan meningkatkan kualitas tanah" (Brown & Black, 2019). Implementasi praktik-praktik ini tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi tetapi juga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, sejalan dengan prinsip keberlanjutan dalam pertanian modern (Jones *et al.*, 2020).

## **2. Diversifikasi Usaha Pertanian**

Diversifikasi usaha pertanian dalam penerapan sistem pertanian terpadu di lahan kering adalah strategi penting untuk meningkatkan ketahanan pangan dan mengurangi risiko kerentanan terhadap perubahan iklim. Menurut Tan *et al.* (2017), diversifikasi termasuk dalam upaya meningkatkan produktivitas lahan yang terbatas secara ekologis dan ekonomis. Hal ini dapat mencakup integrasi berbagai jenis tanaman pangan, hortikultura, dan ternak dalam satu sistem, yang tidak hanya memaksimalkan pemanfaatan sumber daya, tetapi juga mengurangi tekanan terhadap ekosistem lahan kering yang rentan. Implementasi diversifikasi juga berperan dalam memperbaiki kesejahteraan petani dan komunitas lokal. Menurut Barrios *et al.* (2020), pendekatan ini dapat meningkatkan pendapatan petani dengan menambah nilai tambah dari hasil pertanian yang beragam, serta menciptakan lapangan kerja di sektor pertanian. Dengan memanfaatkan keanekaragaman sumber daya genetik tanaman lokal dan spesies ternak yang tahan kekeringan, sistem ini mendukung ketahanan pangan jangka panjang di daerah-daerah kering yang sering kali terpinggirkan dalam pembangunan ekonomi regional.

## **3. Konservasi Tanah dan Air**

Konservasi tanah dan air dalam penerapan sistem pertanian terpadu di lahan kering berperan krusial dalam menjaga produktivitas lahan dan mengurangi degradasi lingkungan. Menurut Wang *et al.* (2018), strategi konservasi tanah seperti penggunaan mulsa organik dan teknik konservasi air seperti sistem irigasi tetes membantu mengurangi

erosi tanah dan mempertahankan kelembaban tanah di lingkungan yang cenderung kering. Hal ini tidak hanya meningkatkan hasil pertanian tetapi juga memperbaiki daya dukung lingkungan bagi ekosistem lokal. Implementasi konservasi tanah dan air juga mendukung ketahanan pangan jangka panjang dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Menurut FAO (2020), praktik konservasi seperti agroforestri dan pengelolaan berbasis ekologi dapat meningkatkan resiliensi lahan kering terhadap stress lingkungan yang disebabkan oleh iklim ekstrem dan pola hujan yang tidak menentu. Dengan memanfaatkan teknologi inovatif dan pengetahuan lokal, sistem ini tidak hanya berkontribusi pada produksi pangan yang berkelanjutan tetapi juga melindungi keanekaragaman hayati serta layanan ekosistem yang penting.

#### **4. Pengelolaan Resiko**

Pengelolaan risiko dalam penerapan sistem pertanian terpadu di lahan kering adalah strategi kunci untuk mengurangi kerentanan terhadap variabilitas cuaca dan ekonomi. Menurut Niles *et al.* (2018), integrasi praktik pertanian yang beragam seperti penggunaan varietas tanaman yang tahan kekeringan dan teknik konservasi air dapat membantu petani menghadapi tantangan iklim yang semakin tidak stabil. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga melindungi investasi petani dari risiko kegagalan panen akibat cuaca ekstrem. Implementasi pengelolaan risiko juga berperan dalam meningkatkan ketahanan ekonomi dan sosial masyarakat agraris di lahan kering. Menurut Poudel *et al.* (2020), diversifikasi sumber pendapatan melalui integrasi pertanian, peternakan, dan kegiatan non-pertanian dapat mengurangi risiko ketidakpastian pendapatan dalam sistem pertanian terpadu. Pendekatan ini membantu mengatasi perubahan ekonomi dan lingkungan yang tidak terduga, sehingga meningkatkan kesejahteraan petani dan keberlanjutan agroekosistem.

#### **5. Peningkatan Pendapatan Petani**

Peningkatan pendapatan petani melalui penerapan sistem pertanian terpadu di lahan kering merupakan tujuan utama dalam mencapai keberlanjutan ekonomi di sektor pertanian. Menurut Haggblade *et al.* (2018), integrasi berbagai kegiatan pertanian seperti pertanian tanaman pangan, hortikultura, dan peternakan dapat

meningkatkan nilai tambah produk pertanian dan diversifikasi pendapatan bagi petani di daerah yang rentan terhadap kekeringan. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan pendapatan tetapi juga memberikan manfaat jangka panjang dalam mengurangi ketimpangan ekonomi di pedesaan. Implementasi praktik pertanian terpadu juga dapat memanfaatkan peluang pasar dan meningkatkan akses petani terhadap nilai tambah produk pertanian. Menurut Ali *et al.* (2021), pemanfaatan teknologi tepat guna dan pelatihan dalam manajemen agribisnis membantu memperluas akses pasar lokal dan regional bagi hasil pertanian dari lahan kering. Hal ini memungkinkan petani untuk memperoleh harga yang lebih baik untuk produk, yang secara langsung meningkatkan pendapatan dan stabilitas ekonomi keluarga petani.

#### **D. Penerapan *Smart Farming* dalam Sistem Pertanian Terpadu**

*Smart farming* atau pertanian pintar merujuk pada penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian. Penerapan smart farming dalam sistem pertanian terpadu mengintegrasikan berbagai teknologi seperti *Internet of Things* (IoT), sensor-sensor, big data, kecerdasan buatan (AI), dan sistem informasi geografis (GIS) untuk mengoptimalkan proses pertanian.

##### **1. Monitoring dan Prediksi Cuaca**

Monitoring cuaca dan prediksi merupakan elemen kunci dalam penerapan Smart Farming untuk meningkatkan efisiensi sistem pertanian terpadu. Menurut Ummenhofer dan Meehl (2017), prediksi cuaca yang akurat dapat membantu petani mengambil keputusan yang tepat waktu terkait penjadwalan tanam, pengairan, dan perlindungan tanaman dari bencana alam. Teknologi monitoring cuaca seperti sensor-sensor meteorologi dan sistem satelit memungkinkan pengumpulan data secara *real-time* yang mendukung prediksi yang lebih akurat (Thierfelder *et al.*, 2020). Implementasi teknologi ini tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga mengurangi risiko kerugian akibat cuaca ekstrem. Menurut Carpentier *et al.* (2019), sistem prediksi cuaca dapat membantu mengurangi dampak bencana alam terhadap hasil pertanian dengan memberikan peringatan dini dan rekomendasi manajemen risiko.

Hal ini krusial dalam konteks perubahan iklim global yang semakin mempengaruhi pola cuaca lokal (Koch *et al.*, 2018).

## **2. Pemantauan Tanaman**

Pemantauan tanaman merupakan elemen vital dalam Smart Farming untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi pertanian terintegrasi. Menurut Liakos *et al.* (2018), teknologi sensor yang terintegrasi dalam sistem pemantauan dapat memberikan informasi langsung tentang kondisi tanah, nutrisi tanaman, dan kesehatan tanaman secara *real-time*, memungkinkan petani untuk merespons dengan cepat terhadap kebutuhan tanaman. Implementasi teknologi pemantauan tanaman juga mengarah pada penggunaan praktik pertanian presisi yang lebih baik. Menurut Panneton *et al.* (2020), penggunaan sensor dan teknologi IoT (*Internet of Things*) memungkinkan pemetaan spasial yang akurat terhadap kondisi pertanaman, seperti kelembaban tanah, tingkat kesuburan, dan keberadaan hama atau penyakit, sehingga memungkinkan penerapan pengelolaan sumber daya yang lebih efisien.

## **3. Penggunaan Pupuk dan Pestisida**

Penggunaan pupuk dan pestisida dalam konteks Smart Farming memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan dan mengurangi dampak lingkungan. Menurut Menz *et al.* (2017), aplikasi presisi menggunakan sensor dan sistem pengiriman variabel memungkinkan aplikasi pupuk yang tepat waktu dan sesuai dengan kebutuhan tanaman, yang dapat meningkatkan hasil tanaman sambil mengurangi penggunaan pupuk secara keseluruhan. Penerapan teknologi IoT dan sensor dalam penggunaan pestisida juga memungkinkan deteksi dini hama dan penyakit tanaman. Menurut Ramesh *et al.* (2020), sistem monitoring yang terintegrasi memungkinkan pengendalian yang lebih tepat terhadap serangan hama dan penyakit dengan mengurangi penggunaan pestisida secara berlebihan, yang pada gilirannya mengurangi risiko residu pestisida dan dampak negatif terhadap lingkungan.

## **4. Pengendalian Otomatis**

Pengendalian otomatis dalam Smart Farming mengacu pada penggunaan teknologi untuk mengotomatisasi proses pertanian,

meningkatkan efisiensi, dan mengurangi keterlibatan langsung petani. Menurut Mishra *et al.* (2018), sistem otomatisasi dapat mencakup pengendalian irigasi berbasis sensor, pemantauan lingkungan tanaman, dan aplikasi pestisida secara presisi, yang meningkatkan produktivitas tanpa memerlukan pengawasan langsung yang intensif dari petani. Implementasi teknologi IoT dan AI dalam pengendalian otomatis juga memungkinkan adaptasi cepat terhadap perubahan kondisi pertanian. Menurut Wang *et al.* (2021), penggunaan sensor yang terhubung secara langsung dengan sistem kontrol otomatis memungkinkan reaksi yang cepat terhadap perubahan cuaca, kondisi tanah, atau kondisi tanaman, yang dapat mengoptimalkan hasil pertanian secara keseluruhan.

## **5. Manajemen Data dan Analisis**

Manajemen data dan analisis dalam Smart Farming merupakan inti dari penggunaan teknologi untuk mengoptimalkan keputusan pertanian. Menurut Silva *et al.* (2017), integrasi data dari berbagai sumber seperti sensor tanah, cuaca, dan tanaman dengan teknik analisis data canggih seperti machine learning memungkinkan petani untuk membuat keputusan yang lebih tepat dalam manajemen tanaman dan penggunaan sumber daya. Implementasi sistem manajemen data yang efektif juga mendukung pemantauan yang lebih baik terhadap produktivitas dan kesehatan tanaman. Menurut Krolczyk *et al.* (2020), platform analitik yang terintegrasi dapat memberikan wawasan yang mendalam terhadap faktor-faktor produksi seperti tanah, air, dan nutrisi, sehingga memungkinkan perencanaan yang lebih baik dalam pengelolaan pertanian yang berkelanjutan.

## **E. Model Sistem Pertanian Terpadu**

Model Sistem Pertanian Terpadu (MST) adalah pendekatan dalam praktik pertanian yang mengintegrasikan berbagai komponen dan praktek pertanian untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi penggunaan sumber daya, dan keberlanjutan lingkungan. Berikut adalah beberapa poin penjelasan relevan mengenai Model Sistem Pertanian Terpadu:

## 1. Sistem Pertanian Terintegrasi (SIMANTRI)

Sistem Pertanian Terintegrasi (SIMANTRI) merupakan salah satu model sistem pertanian terpadu yang dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam pertanian. Berikut adalah penjelasan relevan mengenai SIMANTRI:

### a. Definisi dan Konsep Dasar

Sistem Pertanian Terintegrasi (SIMANTRI) merupakan sebuah pendekatan dalam pengelolaan pertanian yang mengintegrasikan berbagai komponen sistem seperti tanaman, ternak, dan teknologi pertanian secara terpadu. Menurut Andriani *et al.* (2018), SIMANTRI bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi sumber daya melalui pengelolaan yang holistik dan berkelanjutan. Pendekatan ini melibatkan pemanfaatan limbah organik sebagai sumber nutrisi, pengendalian hama terpadu, serta diversifikasi usaha tani untuk memperkuat ketahanan pangan lokal. Dalam konsep dasarnya, SIMANTRI mengedepankan interaksi antarunsur sistem pertanian dalam satu unit usaha, seperti yang dijelaskan oleh Manurung *et al.* (2015). Integrasi ini tidak hanya meliputi aspek produksi tanaman dan ternak, tetapi juga manajemen sumber daya alam secara berkelanjutan. Hal ini memungkinkan peningkatan efisiensi pemanfaatan *input* pertanian serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Dengan demikian, SIMANTRI menjembatani antara kebutuhan produksi dan konservasi sumber daya alam.

### b. Komponen Utama

#### 1) Pertanian

Sistem Pertanian Terintegrasi (SIMANTRI) adalah pendekatan holistik dalam pengelolaan pertanian yang mengintegrasikan berbagai komponen seperti pertanian, peternakan, perikanan, dan kehutanan dalam satu sistem yang saling mendukung. Pertanian sebagai komponen utama dalam SIMANTRI menempati peran sentral dalam menciptakan keberlanjutan dan efisiensi dalam pemanfaatan sumber daya. Menurut Achmad Suryana *et al.* (2017), integrasi pertanian dengan komponen lainnya seperti peternakan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan lahan

dan meminimalkan dampak lingkungan negatif. Pendekatan ini ditekankan sebagai solusi untuk meningkatkan kesejahteraan petani dan keberlanjutan lingkungan (Hassan *et al.*, 2020). Pertanian dalam SIMANTRI juga dikaitkan dengan konsep pemanfaatan limbah organik dan pengolahan sisa panen sebagai sumber nutrisi untuk tanaman, yang secara efektif mengurangi ketergantungan pada *input* kimia dan pupuk buatan (Sumner *et al.*, 2018). Dengan demikian, SIMANTRI tidak hanya berfokus pada peningkatan produktivitas, tetapi juga pada pengurangan dampak lingkungan melalui praktik-praktik pertanian yang berkelanjutan. Menurut Yuliana *et al.* (2019), pendekatan ini membuka peluang baru untuk mengembangkan pertanian yang ramah lingkungan dan berdaya saing tinggi di era globalisasi.

## 2) Peternakan

Sistem Pertanian Terintegrasi (SIMANTRI) mengangkat peran penting peternakan sebagai komponen utama untuk mencapai keberlanjutan dalam pengelolaan sumber daya alam dan pangan. Menurut studi oleh Anugrah *et al.* (2021), integrasi peternakan dengan pertanian dapat meningkatkan efisiensi penggunaan lahan, mengurangi limbah organik, dan memperbaiki keseimbangan nutrisi dalam sistem pertanian. Hal ini sejalan dengan konsep penggunaan kembali sisa-sisa pertanian untuk pakan ternak, yang merupakan prinsip utama SIMANTRI dalam meminimalkan dampak lingkungan dan meningkatkan produktivitas secara berkelanjutan (Hassan *et al.*, 2020). Peternakan dalam konteks SIMANTRI juga dihubungkan dengan upaya diversifikasi ekonomi bagi petani, yang dapat meningkatkan pendapatan dan ketahanan ekonomi rumah tangga pertanian (Daryanto *et al.*, 2016). Pendekatan ini mempromosikan sistem pertanian yang lebih tangguh terhadap perubahan iklim dan fluktuasi pasar global, sebagaimana disoroti oleh Yuliana *et al.* (2019), dengan memanfaatkan keterkaitan yang erat antara produksi

tanaman dan peternakan untuk menciptakan sinergi dalam pengelolaan sumber daya dan *input* pertanian.

### 3) Perikanan

Perikanan merupakan komponen utama dalam Sistem Pertanian Terintegrasi (SIMANTRI) yang berfungsi mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya perairan dalam konteks pertanian yang berkelanjutan. Menurut Hermawan (2018), integrasi perikanan dalam SIMANTRI memungkinkan diversifikasi produksi dan meningkatkan keseimbangan ekosistem, sehingga mendukung ketahanan pangan dan penghidupan masyarakat lokal. Pendekatan ini memperkuat sistem pertanian dengan memanfaatkan limbah organik dari sektor pertanian sebagai pakan ikan, yang menurut Widayati (2019), dapat mengurangi polusi lingkungan dan meningkatkan efisiensi sumber daya alam. Dengan demikian, perikanan dalam SIMANTRI bukan hanya berkontribusi pada produksi pangan, tetapi juga pada perlindungan lingkungan melalui pemanfaatan sumber daya secara berkelanjutan.

Konsep SIMANTRI mengacu pada integrasi berbagai sektor, termasuk pertanian dan perikanan, untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan. Menurut Tugiyono (2021), integrasi ini memungkinkan pemanfaatan lahan secara optimal, di mana tambahan nilai dari aspek perikanan seperti produksi ikan dan udang dapat meningkatkan pendapatan petani dan nelayan. Pendekatan ini didukung oleh Haryono (2017) yang menyatakan bahwa SIMANTRI memberikan solusi terhadap tantangan keamanan pangan dengan memanfaatkan potensi perikanan air tawar dan laut secara holistik. Selain itu, integrasi ini juga mengurangi risiko terkait perubahan iklim dan ketidakpastian produksi, sebagaimana dikemukakan oleh Wibowo (2016), yang membahas pentingnya adaptasi terhadap perubahan lingkungan melalui diversifikasi usaha pertanian.

#### c. Prinsip Kerja

Prinsip kerja Sistem Pertanian Terintegrasi (SIMANTRI) dalam Model Sistem Pertanian Terpadu mengacu pada integrasi

berbagai komponen pertanian seperti tanaman, peternakan, dan perikanan untuk mencapai efisiensi penggunaan sumber daya dan keberlanjutan ekologi. Menurut Mardikanto (2017), SIMANTRI dirancang untuk mengoptimalkan interaksi antara komponen-komponen ini guna meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan petani secara berkelanjutan. Pendekatan ini juga mencakup pemanfaatan teknologi tepat guna dan prinsip-prinsip pertanian organik untuk meminimalkan dampak lingkungan (Nugraha *et al.*, 2020).

SIMANTRI juga menekankan pentingnya partisipasi aktif petani dalam perencanaan dan implementasi sistem, sesuai dengan penelitian oleh Suryanto (2019). Hal ini merupakan kunci untuk menciptakan sistem pertanian yang adaptif terhadap perubahan lingkungan dan pasar serta meningkatkan ketahanan pangan di tingkat lokal (Rahayu & Yusuf, 2021). Integrasi yang holistik antara berbagai komponen pertanian juga berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan lahan dan *input* pertanian (Purnomo *et al.*, 2023). Selain itu, SIMANTRI mempromosikan pendekatan lintas sektoral dan multidisiplin dalam pengelolaan pertanian, sebagaimana disarankan oleh Astuti *et al.* (2018). Integrasi antara pertanian, lingkungan, dan aspek sosial-ekonomi merupakan landasan untuk mencapai pembangunan pertanian yang berkelanjutan dan inklusif bagi masyarakat petani (Widodo *et al.*, 2022).

#### d. Manfaat Utama

##### 1) Peningkatan Produktivitas

Peningkatan produktivitas merupakan manfaat utama yang diperoleh dari Sistem Pertanian Terintegrasi (SIMANTRI) dalam Model Sistem Pertanian Terpadu. Menurut penelitian oleh Kusnandar *et al.* (2016), SIMANTRI memungkinkan penggunaan sumber daya alam secara lebih efisien melalui integrasi berbagai komponen pertanian, seperti tanaman, ternak, dan perikanan, yang pada akhirnya meningkatkan hasil produksi secara signifikan. Hal ini mencakup penggunaan teknologi tepat guna dan prinsip-prinsip pertanian berkelanjutan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil pertanian (Sulistiyono *et al.*, 2019). Studi

yang dilakukan oleh Iskandar *et al.* (2018) juga menunjukkan bahwa SIMANTRI dapat meningkatkan produktivitas secara berkelanjutan dengan mengurangi tingkat kegagalan panen dan kerugian hasil akibat gangguan lingkungan. Integrasi antara berbagai komponen pertanian tidak hanya meningkatkan efisiensi dalam penggunaan *input* pertanian tetapi juga meminimalkan risiko terhadap perubahan iklim dan bencana alam (Wibowo & Suharto, 2020).

## 2) Efisiensi Penggunaan Sumber Daya

Efisiensi penggunaan sumber daya merupakan manfaat utama yang ditawarkan oleh Sistem Pertanian Terintegrasi (SIMANTRI) dalam Model Sistem Pertanian Terpadu. Menurut penelitian oleh Kusnandar *et al.* (2017), SIMANTRI memungkinkan pengelolaan yang lebih efisien terhadap air, tanah, dan *input* pertanian lainnya melalui integrasi budidaya tanaman, ternak, dan perikanan. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan produktivitas lahan tetapi juga mengurangi biaya produksi secara signifikan. Studi oleh Suryanto (2019) membahas bahwa SIMANTRI juga berkontribusi dalam mengoptimalkan penggunaan pupuk dan pestisida dengan mengintegrasikan teknologi dan praktik pertanian yang ramah lingkungan. Hal ini mengurangi risiko pencemaran lingkungan dan meningkatkan kualitas hasil pertanian secara keseluruhan. Integrasi antara pertanian organik dan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan juga menjadi fokus utama untuk mencapai efisiensi yang lebih baik (Yuliani *et al.*, 2021).

## 3) Diversifikasi Pendapatan

Diversifikasi pendapatan menjadi manfaat utama yang ditawarkan oleh Sistem Pertanian Terintegrasi (SIMANTRI) dalam Model Sistem Pertanian Terpadu. Menurut penelitian oleh Sutaryono *et al.* (2019), SIMANTRI memungkinkan petani untuk mendiversifikasi sumber pendapatan melalui integrasi berbagai komponen pertanian seperti tanaman, ternak, dan perikanan. Hal ini tidak hanya meningkatkan

keberagaman produk pertanian yang dihasilkan tetapi juga mengurangi risiko finansial yang dihadapi petani akibat fluktuasi pasar dan perubahan iklim (Pratiwi *et al.*, 2021). Studi yang dilakukan oleh Iskandar *et al.* (2017) juga menunjukkan bahwa SIMANTRI dapat memberikan kesempatan bagi petani untuk mengembangkan usaha agribisnis yang terintegrasi, seperti agrowisata dan agroindustri skala kecil. Integrasi antara berbagai komponen pertanian tidak hanya meningkatkan nilai tambah produk tetapi juga memberdayakan masyarakat lokal untuk lebih mandiri secara ekonomi (Sulistiyono & Wibowo, 2020).

e. Implementasi dan Pengembangan

Implementasi dan pengembangan Sistem Pertanian Terintegrasi (SIMANTRI) dalam Model Sistem Pertanian Terpadu menjadi fokus penting dalam upaya meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan pertanian. Menurut Mardikanto (2017), SIMANTRI mengintegrasikan berbagai komponen pertanian seperti tanaman, ternak, dan perikanan dengan pendekatan yang holistik untuk mencapai pengelolaan sumber daya alam yang optimal dan meningkatkan produktivitas secara berkelanjutan. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada *input* pertanian luar tetapi juga mempromosikan kemandirian petani dalam pengelolaan lahan dan sumber daya alam (Suryanto *et al.*, 2020). Studi yang dilakukan oleh Sukmana (2018) membahas bahwa implementasi SIMANTRI membutuhkan kerja sama yang erat antara pemerintah, petani, dan *stakeholders* lainnya dalam pengembangan kebijakan dan program-program pendukung. Hal ini penting untuk menciptakan lingkungan yang kondusif bagi pertanian terpadu yang berkelanjutan dan inklusif bagi semua pihak terkait (Yuliani & Komarudin, 2021).

## 2. Sistem Tiga Strata (STS)

Sistem Tiga Strata (STS) merupakan salah satu model sistem pertanian terpadu yang dirancang untuk memanfaatkan secara efisien lahan pertanian dengan mengintegrasikan tiga lapisan atau strata

tanaman dalam satu sistem yang saling mendukung. Berikut adalah penjelasan relevan mengenai Sistem Tiga Strata (STS):

a. Konsep Dasar

Konsep Dasar Sistem Tiga Strata (STS) dalam Model Sistem Pertanian Terpadu mengacu pada pendekatan yang mengintegrasikan tiga tingkat produktivitas dalam satu sistem: tanaman pangan, tanaman pakan ternak, dan ternak. Menurut Purnomo *et al.* (2017), "STS menggabungkan siklus nutrisi dan energi antara komponen tanaman dan ternak untuk menciptakan efisiensi yang lebih besar dalam penggunaan *input* dan output." Pendekatan ini diterapkan untuk memaksimalkan hasil pertanian dan meminimalkan dampak lingkungan dengan memanfaatkan keseimbangan alami ekosistem (Sartohadi *et al.*, 2020).

STS memberikan manfaat signifikan dalam meningkatkan keberlanjutan agroekosistem, sejalan dengan konsep pertanian berkelanjutan yang semakin ditekankan pada masa kini (Handayanto *et al.*, 2019). Menurut Sholihin *et al.* (2021), "integrasi ketiga strata ini tidak hanya meningkatkan produktivitas secara ekonomis tetapi juga mengurangi risiko kegagalan panen karena ketahanan sistem yang lebih tinggi." Pendekatan ini juga mencerminkan upaya untuk mengurangi ketergantungan pada *input* kimia dan menekankan pada pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan (Widaryanto *et al.*, 2018).

b. Komponen Utama

1) Lapisan Atas (*Canopy Layer*)

Lapisan Atas (*Canopy Layer*) merupakan komponen utama dalam Sistem Tiga Strata (STS) dalam Model Sistem Pertanian Terpadu. Menurut Tobing (2018), lapisan ini terdiri dari tumbuhan pohon yang membentuk kanopi atau atap hutan, berperan penting dalam menangkap energi matahari untuk fotosintesis. Penelitian yang dilakukan oleh Sadono *et al.* (2020) menunjukkan bahwa kanopi tidak hanya menyediakan tempat tinggal bagi berbagai jenis fauna dan mikroorganisme, tetapi juga memengaruhi mikroklimata di bawahnya. Dalam konteks pertanian berkelanjutan, lapisan atas juga berkontribusi dalam

meningkatkan produktivitas lahan. Menurut Mulyono (2017), kanopi mengurangi penguapan air tanah dengan menahan panas dan mengatur kondisi kelembaban mikro di bawahnya. Hal ini mendukung pertumbuhan tanaman di lapisan bawah dan meminimalkan erosi tanah. Studi terbaru oleh Kusumo *et al.* (2023) menekankan bahwa kesehatan kanopi sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem di STS, dengan menekankan pentingnya pengelolaan tanaman yang tepat.

## 2) Lapisan Tengah (*Shrub Layer*)

Lapisan Tengah (*Shrub Layer*) merupakan komponen vital dalam Sistem Tiga Strata (STS) pada Model Sistem Pertanian Terpadu. Menurut penelitian oleh Hadi *et al.* (2017), lapisan ini terdiri dari semak-semak yang berperan dalam menyediakan habitat bagi beragam fauna kecil dan mengurangi kecepatan angin di tingkat tanah, memperbaiki kondisi mikroklimata yang mendukung pertumbuhan tanaman di bawahnya. Studi lebih lanjut oleh Sumarni *et al.* (2022) menunjukkan bahwa semak-semak pada lapisan tengah juga berkontribusi dalam menjaga kesuburan tanah dengan menghasilkan bahan organik melalui daun jatuh dan akar yang membusuk. Dalam konteks pertanian berkelanjutan, peran lapisan tengah menjadi krusial dalam memaksimalkan penggunaan lahan secara efisien. Menurut Junaedi (2019), kehadiran semak-semak ini membantu mengendalikan erosi tanah dengan meredam aliran air dan memperkuat struktur tanah. Hal ini menunjukkan bahwa manajemen yang tepat terhadap lapisan tengah dapat mendukung ketahanan lahan terhadap perubahan iklim dan tekanan lingkungan. Dalam penelitian terbaru oleh Cahyani *et al.* (2023), disarankan agar pendekatan STS mengintegrasikan manfaat lapisan tengah dalam strategi pengelolaan pertanian yang berkelanjutan.

## 3) Lapisan Bawah (*Ground Cover Layer*)

Lapisan Bawah (*Ground Cover Layer*) merupakan komponen kunci dalam Sistem Tiga Strata (STS) pada Model Sistem Pertanian Terpadu. Menurut Riswanto *et al.*

(2018), lapisan ini terdiri dari tanaman penggundul rendah yang meliputi rumput, leguminosa, dan tumbuhan penutup tanah lainnya, berperan dalam mengendalikan erosi tanah, memperbaiki struktur tanah, serta menyediakan nutrisi bagi tanaman di lapisan atas. Penelitian lebih lanjut oleh Kristiani *et al.* (2021) menunjukkan bahwa ground cover juga dapat mengurangi evapotranspirasi, meningkatkan retensi air tanah, dan mengendalikan gulma, yang secara keseluruhan mendukung produktivitas lahan pertanian.

Pada konteks pertanian berkelanjutan, lapisan bawah sangat penting untuk mempertahankan keseimbangan ekosistem dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Menurut Hapsari (2019), keberadaan ground cover membantu mengurangi kebutuhan akan pupuk sintetis dan pestisida dengan meningkatkan ketersediaan nitrogen dan menghambat pertumbuhan gulma. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi lapisan bawah dalam STS dapat mengurangi biaya produksi serta dampak lingkungan dari pertanian konvensional. Studi terbaru oleh Sari *et al.* (2023) menyarankan strategi pengelolaan yang berfokus pada meningkatkan keanekaragaman tanaman di lapisan bawah untuk meningkatkan resiliensi sistem pertanian terhadap perubahan iklim.

c. Prinsip Kerja

Prinsip kerja Sistem Tiga Strata (STS) dalam Model Sistem Pertanian Terpadu melibatkan pengaturan tata ruang dan interaksi antara lapisan atas (*Canopy Layer*), lapisan tengah (*Shrub Layer*), dan lapisan bawah (*Ground Cover Layer*) untuk mencapai efisiensi ekologis dan ekonomis yang optimal. Menurut Kusumo *et al.* (2019), STS dirancang untuk meningkatkan produktivitas lahan dengan memanfaatkan struktur tiga lapisan tanaman yang saling melengkapi, sehingga mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti air, nutrisi, dan cahaya matahari. Penelitian oleh Mardika (2022) menekankan bahwa integrasi STS juga bertujuan untuk mengurangi risiko kerusakan lingkungan dan meningkatkan

ketahanan agroekosistem terhadap perubahan iklim dan tekanan lingkungan lainnya.

Implementasi prinsip STS dalam pertanian terpadu juga mengarah pada pembaruan paradigma dalam manajemen sumber daya dan pengendalian hama. Menurut studi oleh Susanto (2018), struktur tiga lapisan ini mendukung sistem pertanian yang lebih berkelanjutan dengan mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia dan meningkatkan keseimbangan ekosistem secara alami. Pendekatan ini tidak hanya mempertimbangkan aspek produksi, tetapi juga aspek konservasi lingkungan dan kesejahteraan sosial petani. Dalam konteks ini, penelitian terbaru oleh Hadi *et al.* (2023) menyarankan bahwa STS dapat diadaptasi secara lokal dengan mempertimbangkan kondisi tanah, iklim, dan kebutuhan lokal, sehingga memberikan solusi yang lebih berkelanjutan dan adaptif bagi pertanian masa depan.

d. Manfaat Utama

1) Peningkatan Produktivitas

Peningkatan produktivitas merupakan manfaat utama yang diperoleh dari Sistem Tiga Strata (STS) dalam Model Sistem Pertanian Terpadu. Menurut Mulyono (2017), pengaturan tiga lapisan tanaman pada STS memungkinkan pemanfaatan lahan secara maksimal dengan memanfaatkan lebih efisien cahaya matahari, air, dan nutrisi tanah, yang secara langsung meningkatkan hasil panen. Penelitian lebih lanjut oleh Kusumo *et al.* (2020) menunjukkan bahwa struktur STS dapat mengurangi kompetisi antar tanaman dan meningkatkan keberagaman hayati, sehingga meningkatkan produktivitas lahan secara berkelanjutan. Dalam konteks pertanian berkelanjutan, peningkatan produktivitas melalui STS juga dihubungkan dengan efisiensi penggunaan *input* pertanian. Menurut Sadono *et al.* (2021), integrasi lapisan atas, tengah, dan bawah dalam satu sistem mengurangi kebutuhan akan pupuk dan pestisida kimia, yang pada gilirannya mengurangi biaya produksi dan dampak negatif terhadap lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa STS tidak hanya meningkatkan hasil panen tetapi juga mendukung keseimbangan ekologi dan ekonomi dalam pertanian.

## 2) Konservasi Lahan

Konservasi lahan menjadi manfaat utama yang diperoleh melalui Sistem Tiga Strata (STS) dalam Model Sistem Pertanian Terpadu. Menurut Hapsari (2019), STS dirancang untuk mengurangi erosi tanah dan mempertahankan kualitas tanah melalui penutupan vegetasi yang kontinu dari lapisan atas hingga bawah, yang secara efektif mengurangi aliran permukaan dan pelepasan nutrisi dari lahan pertanian. Studi oleh Cahyani *et al.* (2022) menunjukkan bahwa pengelolaan tanaman pada tiga lapisan ini dapat meningkatkan retensi air tanah dan meminimalkan risiko degradasi lahan, sehingga mendukung keberlanjutan produksi pangan jangka panjang. Dalam perspektif lingkungan, STS juga memberikan kontribusi penting dalam melestarikan keanekaragaman hayati dan memelihara fungsi ekosistem. Menurut Riswanto *et al.* (2018), pengaturan struktur tiga lapisan tanaman membantu mempertahankan habitat untuk berbagai spesies fauna dan mikroorganisme tanah, yang penting untuk menjaga keseimbangan ekologi dan keberlanjutan sistem pertanian. Penelitian lebih lanjut oleh Junaedi (2021) menekankan bahwa integrasi STS mampu memperkuat ketahanan agroekosistem terhadap perubahan iklim, serta memitigasi dampak negatif seperti kehilangan biodiversitas dan degradasi lahan.

## 3) Diversifikasi Produksi

Diversifikasi produksi merupakan manfaat utama yang diperoleh melalui Sistem Tiga Strata (STS) dalam Model Sistem Pertanian Terpadu. Menurut Mardika (2021), struktur tiga lapisan tanaman pada STS memungkinkan petani untuk menanam berbagai jenis tanaman secara bersamaan, baik tanaman pangan, tanaman pakan ternak, maupun tanaman penutup tanah, yang meningkatkan ketahanan pangan dan ekonomi petani. Penelitian oleh Kusumo *et al.* (2019) menunjukkan bahwa diversifikasi tanaman dalam STS tidak hanya meningkatkan produktivitas lahan tetapi juga mengurangi risiko kegagalan panen dan ketergantungan pada satu jenis tanaman. Dalam konteks

keberlanjutan, diversifikasi produksi juga mendukung pengurangan kerentanan terhadap perubahan iklim dan gangguan eksternal lainnya. Menurut Riswanto *et al.* (2020), STS memungkinkan adopsi praktek pertanian yang lebih adaptif terhadap kondisi lingkungan yang berubah, seperti perubahan pola hujan dan suhu, dengan menyesuaikan jenis tanaman pada setiap lapisan sesuai dengan kondisi mikroklamata yang berbeda. Studi lebih lanjut oleh Hadi *et al.* (2022) menekankan bahwa diversifikasi produksi juga memperluas pasar bagi petani dengan menawarkan produk beragam, yang meningkatkan daya saing dan keberlanjutan sistem pertanian secara keseluruhan.

e. Implementasi dan Pengembangan

Implementasi dan Pengembangan Sistem Tiga Strata (STS) dalam Model Sistem Pertanian Terpadu telah menjadi fokus penting dalam upaya untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan pertanian. Menurut Haryanto *et al.* (2021), STS memadukan tanaman pangan, tanaman perkebunan, dan tanaman penutup tanah secara vertikal dalam satu lahan, memungkinkan optimalisasi penggunaan lahan dan sumber daya secara berkelanjutan. Pendekatan ini menawarkan solusi integratif terhadap tantangan pertanian modern, seperti perubahan iklim dan degradasi tanah (Rahayu *et al.*, 2019). STS juga dikenal mampu meningkatkan produktivitas tanaman serta memperbaiki kualitas tanah dan air. Menurut Kusumo *et al.* (2018), sistem ini dapat mengurangi erosi tanah dan meminimalkan penggunaan bahan kimia sintetis, sejalan dengan prinsip-prinsip pertanian organik dan berkelanjutan. Dengan mengintegrasikan tiga strata tanaman, STS menciptakan lingkungan mikro yang mendukung interaksi sinergis antara komponen-komponen ekosistem (Suwignyo *et al.*, 2017).

### 3. Mina Padi

Mina Padi adalah salah satu model sistem pertanian terpadu yang dikenal karena efisiensinya dalam memanfaatkan lahan pertanian secara holistik. Berikut ini penjelasan relevan mengenai Mina Padi sebagai Model Sistem Pertanian Terpadu:

a. Definisi dan Konsep Dasar

Mina padi dalam konteks model sistem pertanian terpadu merujuk pada pendekatan yang mengintegrasikan budidaya padi dengan komponen lain seperti budidaya ikan, ternak, atau tanaman lainnya dalam satu lahan atau sistem yang saling mendukung. Menurut Soekartawi (2016), mina padi memanfaatkan interaksi positif antara komponen-komponen tersebut untuk meningkatkan produktivitas lahan secara berkelanjutan. Konsep ini menggambarkan upaya untuk mencapai efisiensi penggunaan sumber daya seperti air, nutrisi, dan energi, serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Para ahli menekankan bahwa integrasi komponen-komponen dalam mina padi dapat menciptakan sinergi yang menguntungkan, seperti yang dijelaskan dalam penelitian terbaru oleh Setyanto *et al.* (2020), membahas bahwa model ini tidak hanya berpotensi meningkatkan hasil padi, tetapi juga memberikan keuntungan ekonomi dan lingkungan yang signifikan. Pendekatan ini dapat memperbaiki ketahanan pangan lokal dan mengurangi ketergantungan pada *input* eksternal, sejalan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan.

b. Komponen Utama

1) Budidaya Padi

Budidaya padi sebagai komponen utama dalam model sistem pertanian terpadu berperan krusial dalam mendukung ketahanan pangan dan keberlanjutan ekologis. Menurut Han *et al.* (2018), integrasi budidaya padi dalam sistem pertanian terpadu tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan seperti degradasi tanah dan penurunan keanekaragaman hayati. Praktik ini konsisten dengan pendekatan agroekologi yang dianjurkan oleh FAO untuk mempromosikan pertanian berkelanjutan (FAO, 2015). Selain itu, dalam konteks ekonomi, budidaya padi yang terintegrasi dengan komponen lain seperti pemeliharaan ikan di sawah (IPM) telah terbukti meningkatkan pendapatan petani secara signifikan (Rola-Rubzen *et al.*, 2020). Pendekatan ini tidak hanya memperkuat ketahanan ekonomi rumah tangga petani tetapi

juga mengurangi ketergantungan terhadap *input* kimia yang mahal dan berpotensi merusak lingkungan.

## 2) Usaha Tani Lainnya

Usaha tani lainnya yang meliputi komponen-komponen seperti budidaya ikan, pengembangan tanaman pangan alternatif, dan penggunaan teknologi tepat guna, berperan penting dalam model sistem pertanian terpadu. Menurut Lien *et al.* (2017), diversifikasi usaha tani dapat meningkatkan produktivitas lahan padi secara keseluruhan dan mengurangi risiko kegagalan panen. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip-prinsip agroekologi yang mendorong integrasi sumber daya alam secara berkelanjutan (FAO, 2018). Selain itu, implementasi usaha tani lainnya seperti agroforestri di sekitar lahan padi juga memberikan manfaat ekologis yang signifikan, seperti pemulihan keanekaragaman hayati dan peningkatan keseimbangan ekosistem (Nair *et al.*, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan sistem pertanian terpadu tidak hanya fokus pada produksi padi semata, tetapi juga mempertimbangkan aspek-aspek lingkungan yang lebih luas untuk mendukung keberlanjutan.

## 3) Pemanfaatan Sumber Daya Secara Terpadu

Pemanfaatan sumber daya secara terpadu dalam model sistem pertanian padi mencakup integrasi optimal dari air, tanah, dan sumber daya lainnya untuk meningkatkan efisiensi produksi dan keberlanjutan lingkungan. Menurut Jat *et al.* (2016), pengelolaan air yang terintegrasi dengan pemupukan dan pengendalian hama dapat meningkatkan produktivitas padi secara signifikan, sambil meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Pendekatan ini mencerminkan peran penting teknologi tepat guna dalam mendukung pertanian berkelanjutan (FAO, 2017). Selain itu, penggunaan pupuk organik dan kompos sebagai bagian dari manajemen sumber daya terpadu telah terbukti mengurangi ketergantungan petani pada pupuk kimia dan memperbaiki kualitas tanah (Kumar *et al.*, 2020). Hal ini tidak hanya

mendukung produktivitas jangka panjang tetapi juga mengurangi biaya produksi secara keseluruhan.

c. Prinsip Kerja

Prinsip kerja mina padi dalam model sistem pertanian terpadu menekankan integrasi antara budidaya padi dengan komponen-komponen lain seperti pemeliharaan ikan di sawah atau penggunaan teknik tanam terpadu. Menurut Nguyen *et al.* (2018), prinsip ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya seperti air dan nutrisi, serta meminimalkan dampak lingkungan negatif yang sering kali terkait dengan praktik pertanian konvensional. Pendekatan ini juga mendorong adopsi teknologi dan inovasi dalam upaya mencapai pertanian yang lebih berkelanjutan (Peng *et al.*, 2020). Selain itu, prinsip kerja ini mempromosikan pendekatan sistemik yang melibatkan pengelolaan terpadu dari tahap awal penanaman hingga panen, termasuk penggunaan praktik organik dan konservasi tanah untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen (FAO, 2017). Hal ini sejalan dengan visi global untuk mencapai pertanian yang lebih ramah lingkungan dan berdaya tahan.

d. Manfaat Utama

1) Peningkatan Produktivitas

Peningkatan produktivitas menjadi manfaat utama mina padi dalam model sistem pertanian terpadu, terbukti meningkatkan hasil panen secara signifikan melalui integrasi praktik pertanian yang efisien. Menurut Li *et al.* (2019), pengelolaan terpadu antara budidaya padi dengan pemeliharaan ikan di sawah tidak hanya meningkatkan produksi padi tetapi juga menghasilkan tambahan produk perikanan, secara efektif meningkatkan pendapatan petani. Pendekatan ini memanfaatkan sinergi antara kedua sistem untuk mencapai hasil yang lebih optimal. Selain itu, implementasi praktik konservasi tanah dan air dalam sistem pertanian terpadu juga berkontribusi signifikan terhadap peningkatan produktivitas dan keberlanjutan lingkungan. Menurut Wang *et al.* (2020), penggunaan teknik-teknik ini mampu mengurangi erosi tanah, mempertahankan

kesuburan tanah, dan meningkatkan efisiensi penggunaan air, yang semuanya berdampak positif pada hasil pertanian secara keseluruhan. Hal ini mencerminkan pentingnya pendekatan holistik dalam merancang sistem pertanian yang efektif dan berkelanjutan.

## 2) Diversifikasi Pendapatan

Diversifikasi pendapatan merupakan manfaat utama dalam model sistem pertanian terpadu, khususnya pada mina padi. Dalam konteks ini, diversifikasi dapat mengurangi risiko ekonomi petani karena tidak hanya bergantung pada hasil panen padi saja. Menurut Gunawan *et al.* (2018), "Diversifikasi pendapatan dari berbagai sumber dapat meningkatkan keberlanjutan ekonomi dan sosial petani padi." Para petani yang mengadopsi model ini mampu memperluas pendapatan melalui kegiatan tambahan seperti peternakan ikan, perikanan, atau penanaman jenis tanaman lainnya (Suryaningsih *et al.*, 2016). Selain itu, diversifikasi pendapatan juga dapat meningkatkan ketahanan pangan di tingkat rumah tangga dengan memperluas pilihan konsumsi dan akses terhadap berbagai jenis bahan pangan. Menurut Haryanto dan Akhmadi (2020), "Diversifikasi pendapatan di tingkat petani mampu meningkatkan kemandirian pangan dan gizi keluarga." Model ini memungkinkan adaptasi terhadap perubahan iklim dan fluktuasi harga komoditas, sehingga meningkatkan ketahanan pangan lokal secara keseluruhan (Sujarwo *et al.*, 2019).

## 3) Pengelolaan Sumber Daya yang Berkelanjutan

Pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan adalah manfaat utama dari mina padi dalam model sistem pertanian terpadu. Melalui praktik pertanian yang terintegrasi dan berkelanjutan, seperti yang disarankan oleh Sutaryono *et al.* (2017), "Penggunaan teknik pertanian yang ramah lingkungan dapat meningkatkan keseimbangan ekologi dan produktivitas lahan padi." Model ini mengutamakan penggunaan sumber daya alam secara efisien untuk mendukung produktivitas yang berkelanjutan dan menjaga keberlanjutan lingkungan (Priyono *et al.*, 2020). Selain itu,

mina padi dalam sistem pertanian terpadu juga mengintegrasikan pengelolaan air secara efisien. Menurut penelitian oleh Utomo *et al.* (2019), "Pengelolaan air yang tepat dapat meningkatkan hasil produksi padi secara signifikan tanpa mengorbankan kualitas sumber daya air." Penggunaan teknologi irigasi yang cerdas dan pengaturan jadwal tanam yang sesuai dengan musim tanam lokal merupakan bagian dari strategi pengelolaan air yang berkelanjutan dalam model ini.

e. Implementasi dan Pengembangan

Implementasi mina padi dalam model sistem pertanian terpadu mengacu pada integrasi budidaya ikan dengan pertanian padi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan produktivitas lahan. Menurut Kusnadi (2017), "integrasi budidaya ikan dalam sistem pertanian padi dapat meningkatkan pendapatan petani dan keberlanjutan lingkungan melalui manfaat pengendalian gulma dan hama secara alami." Hal ini mendukung upaya untuk meminimalkan penggunaan pestisida kimia dan memperbaiki kualitas tanah serta air (Suryadi *et al.*, 2020). Pengembangan mina padi juga mencakup aspek teknis dan sosial ekonomi, seperti yang dijelaskan oleh Widayati (2019), "implementasi teknologi budidaya padi bersama dengan ikan membutuhkan pendekatan holistik dalam perencanaan dan manajemen sistem." Faktor ini penting untuk memastikan keseimbangan antara produksi pangan dan keberlanjutan sumber daya alam, sejalan dengan prinsip pertanian berkelanjutan (Susanti & Subagyo, 2018). Dalam konteks ini, integrasi mina padi juga dapat memperluas pilihan mata pencaharian petani melalui diversifikasi hasil pertanian.

#### 4. *Agroforestry*

*Agroforestry* adalah suatu sistem pertanian terpadu yang mengintegrasikan tanaman hutan (pohon dan semak) bersama dengan tanaman pertanian (seperti tanaman pangan, tanaman palawija, atau tanaman komersial lainnya) dan/atau ternak di satu area lahan pertanian. Berikut ini penjelasan relevan mengenai *Agroforestry* sebagai Model Sistem Pertanian Terpadu:

a. Konsep Dasar

Agroforestri merupakan konsep integrasi pohon dalam sistem pertanian yang bertujuan meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan lahan. Menurut Kurniawan *et al.* (2018), agroforestri memadukan keuntungan ekologi dari hutan dengan keuntungan ekonomi dari pertanian dalam satu sistem yang berkelanjutan. Model ini memungkinkan diversifikasi sumber daya dan pengelolaan yang lebih efisien untuk mendukung keseimbangan ekosistem (Nair, 2017). Integrasi agroforestri dalam sistem pertanian terpadu juga dapat meningkatkan resiliensi terhadap perubahan iklim dan mengurangi risiko kegagalan panen (Lamb *et al.*, 2021). Dengan menanam pohon-pohonan di antara tanaman pangan, agroforestri membantu mempertahankan kesuburan tanah dan mengurangi erosi tanah secara signifikan (Rahman *et al.*, 2019). Pemilihan jenis pohon yang sesuai dengan tanaman pangan dapat memberikan manfaat mikroklimat yang optimal dan mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih sehat (Garrity *et al.*, 2017).

b. Komponen Utama

1) Tanaman Hutan

Tanaman hutan dalam konteks agroforestri berperan krusial sebagai komponen utama dalam memperbaiki struktur tanah dan menambah keanekaragaman hayati di lahan pertanian. Menurut Nair (2017), "Pohon dalam agroforestri dapat memberikan berbagai layanan ekosistem yang mencakup perlindungan tanah dari erosi, penyediaan tempat tinggal bagi flora dan fauna, serta penyediaan bahan organik untuk tanah." Pohon-pohon ini juga memperkaya nutrisi tanah dan memperbaiki tekstur tanah, yang berkontribusi pada peningkatan produktivitas tanaman pangan dan kesehatan ekosistem (Montagnini *et al.*, 2020). Selain itu, tanaman hutan dalam agroforestri dapat berperan dalam mitigasi perubahan iklim dengan menyerap karbon dari atmosfer. Lamb *et al.* (2021) menekankan bahwa "Penggunaan tanaman hutan dalam sistem agroforestri dapat membantu mengurangi emisi karbon serta meningkatkan cadangan karbon di dalam tanah." Hal ini mendukung upaya

global untuk mengatasi pemanasan global dan meningkatkan ketahanan lingkungan.

## 2) Tanaman Pertanian

Tanaman pertanian dalam agroforestri berperan penting dalam menyediakan sumber daya pangan dan pendapatan bagi petani, sekaligus memperkuat keberlanjutan sistem pertanian. Menurut Kurniawan *et al.* (2018), "Integrasi tanaman pertanian dalam agroforestri dapat meningkatkan produktivitas lahan dan keanekaragaman hasil tanaman." Penanaman tanaman pangan bersama dengan pohon-pohon hutan membantu menciptakan pola tanam yang berkelanjutan dan melindungi tanah dari erosi serta penurunan kesuburan (Rahman *et al.*, 2019). Selain itu, tanaman pertanian dalam agroforestri juga berperan dalam meningkatkan keanekaragaman hayati dan keberlanjutan ekosistem. Menurut Lamb *et al.* (2021), "Kombinasi tanaman pertanian dengan pohon hutan dapat meningkatkan habitat bagi serangga dan hewan lainnya yang penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem." Hal ini juga membantu memperbaiki kualitas tanah dan mengurangi kebutuhan akan *input* kimia seperti pupuk dan pestisida (Garrity *et al.*, 2017).

## 3) Ternak

Ternak dalam konteks agroforestri memiliki peran penting dalam menyediakan protein hewani serta mengelola vegetasi tanaman secara berkelanjutan. Menurut Montagnini *et al.* (2020), "Integrasi ternak dalam agroforestri dapat meningkatkan pemanfaatan lahan secara efisien dengan memanfaatkan sumber daya pakan dari pohon-pohonan." Kombinasi pakan hijauan dari pohon dengan pakan konsentrat juga dapat meningkatkan produktivitas dan kesehatan ternak (Lamb *et al.*, 2021). Selain itu, sistem ternak dalam agroforestri dapat membantu mengurangi tekanan terhadap tanaman pangan dengan memanfaatkan lahan yang tidak cocok untuk pertanian langsung. Garrity *et al.* (2017) mencatat bahwa "Sistem agroforestri yang memadukan ternak dengan pohon hutan mendorong diversifikasi sumber daya dan memperbaiki struktur lahan."

Hal ini juga berkontribusi pada pengelolaan berkelanjutan sumber daya alam dan memperbaiki kualitas lingkungan.

c. Prinsip Kerja

Prinsip kerja agroforestri dalam model sistem pertanian terpadu melibatkan integrasi pohon-pohonan dengan komponen pertanian atau peternakan untuk menciptakan sistem yang lebih produktif dan berkelanjutan. Menurut Nair (2017), "Agroforestri menggabungkan manfaat ekologi dari pohon hutan dengan keuntungan ekonomi dari pertanian dalam satu sistem yang mendukung keberlanjutan lahan." Integrasi ini bertujuan untuk memanfaatkan ruang dan sumber daya secara lebih efisien serta meningkatkan kesejahteraan petani. Penerapan prinsip agroforestri juga mencakup strategi diversifikasi tanaman dan hewan, yang membantu mempertahankan produktivitas lahan dalam jangka panjang. Lamb *et al.* (2021) menjelaskan bahwa "Dengan menanam pohon-pohon di antara tanaman pertanian atau padang penggembalaan, agroforestri membantu menciptakan kondisi iklim mikro yang mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih sehat dan pengelolaan hewan yang lebih baik." Hal ini juga memperbaiki kualitas tanah dan mengurangi risiko erosi.

d. Manfaat Utama

1) Peningkatan Produktivitas

Peningkatan produktivitas menjadi manfaat utama agroforestri dalam model sistem pertanian terpadu dengan memanfaatkan interaksi positif antara tanaman pertanian, pohon, dan ternak. Menurut Lamb *et al.* (2021), "Integrasi pohon dalam agroforestri dapat meningkatkan keberlanjutan produksi pangan dengan menciptakan kondisi iklim mikro yang mendukung pertumbuhan tanaman." Dengan demikian, agroforestri membantu mengoptimalkan penggunaan lahan dan sumber daya untuk meningkatkan hasil pertanian. Selain itu, agroforestri juga meningkatkan produktivitas melalui pengelolaan sumber daya alam yang lebih efisien dan berkelanjutan. Garrity *et al.* (2017) mencatat bahwa "Pohon-pohon dalam agroforestri tidak hanya menyediakan sumber daya kayu dan bahan organik untuk tanah, tetapi juga

memperbaiki struktur lahan dan mengurangi risiko erosi." Hal ini berkontribusi pada peningkatan kesuburan tanah serta ketersediaan air untuk tanaman.

## 2) Konservasi Sumber Daya

Konservasi sumber daya menjadi manfaat utama agroforestri dalam model sistem pertanian terpadu dengan menyediakan strategi untuk memelihara tanah, air, dan keanekaragaman hayati. Menurut Rahman *et al.* (2019), "Praktik agroforestri dapat meningkatkan kesuburan tanah dengan meningkatkan penyerapan nutrisi dan mengurangi erosi tanah." Penggunaan pohon-pohon dalam agroforestri juga membantu mempertahankan kualitas air dan mengurangi risiko banjir. Selain itu, agroforestri mendukung konservasi sumber daya alam melalui pengelolaan yang berkelanjutan dan berbasis ekosistem. Menurut Montagnini *et al.* (2020), "Integrasi pohon dalam sistem agroforestri dapat memperbaiki siklus nutrisi dan mengurangi kebutuhan akan *input* kimia seperti pupuk dan pestisida." Hal ini tidak hanya mengurangi biaya produksi tetapi juga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

## 3) Diversifikasi Pendapatan

Diversifikasi pendapatan menjadi manfaat utama agroforestri dalam model sistem pertanian terpadu dengan menawarkan peluang ekonomi yang lebih luas melalui produk hutan dan hasil pertanian. Menurut Kurniawan *et al.* (2018), "Agroforestri memungkinkan petani untuk mendapatkan pendapatan tambahan dari hasil hutan seperti kayu, buah-buahan, dan tanaman obat." Integrasi ini tidak hanya meningkatkan stabilitas ekonomi rumah tangga petani tetapi juga mengurangi risiko dari fluktuasi pasar pertanian. Selain itu, agroforestri memfasilitasi diversifikasi pendapatan dengan menyediakan sumber daya yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan sepanjang tahun. Montagnini *et al.* (2020) menekankan bahwa "Dengan menanam pohon-pohon hutan bersama dengan tanaman pertanian, agroforestri menciptakan potensi pendapatan dari berbagai produk yang memiliki nilai tambah ekonomi,

seperti madu, rotan, dan hasil hutan non-kayu lainnya." Hal ini membantu mengurangi ketergantungan pada satu jenis komoditas dan meningkatkan ketahanan ekonomi.

e. Implementasi dan Pengembangan

Implementasi dan pengembangan agroforestri dalam model sistem pertanian terpadu menekankan pada integrasi praktik pertanian dan kehutanan untuk mencapai keberlanjutan ekologis dan ekonomis. Menurut Nair (2017), "Pengembangan agroforestri memerlukan pendekatan holistik dalam pengelolaan lahan untuk memaksimalkan manfaat ekosistem dan produktivitas pertanian." Integrasi ini membutuhkan pemahaman yang mendalam tentang dinamika ekologis dan ekonomis dalam konteks lokal. Agroforestri juga menawarkan pendekatan adaptif yang dapat disesuaikan dengan berbagai kondisi agroklimatik dan kebutuhan lokal. Garrity *et al.* (2017) menjelaskan bahwa "Implementasi agroforestri yang sukses mempertimbangkan karakteristik tanah, iklim, serta preferensi dan kebutuhan masyarakat lokal untuk menghasilkan solusi yang berkelanjutan." Hal ini melibatkan keterlibatan aktif dari petani, peneliti, dan pembuat kebijakan untuk menciptakan desain sistem yang optimal.

## 5. Lumbung Pangan

Lumbung Pangan merupakan konsep atau model sistem pertanian terpadu yang bertujuan untuk mengoptimalkan produksi pangan dalam suatu wilayah atau komunitas dengan mengintegrasikan berbagai jenis pertanian dan pengelolaan sumber daya alam secara holistik. Berikut ini penjelasan relevan mengenai Lumbung Pangan sebagai Model Sistem Pertanian Terpadu:

a. Definisi dan Konsep Dasar

Lumbung pangan dalam model sistem pertanian terpadu merujuk pada konsep penyediaan dan pengelolaan stok pangan secara kolektif untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dalam jangka panjang. Menurut Oliver, lumbung pangan adalah "sistem pengelolaan sumber daya pangan yang terorganisir untuk memastikan ketersediaan pangan yang berkelanjutan bagi komunitas tertentu" (Oliver, 2018). Konsep ini mendorong

kolaborasi antarpetani dalam mengelola produksi dan distribusi pangan guna mengurangi kerentanan pangan dan meningkatkan ketahanan pangan lokal. Dalam implementasinya, lumbung pangan sering kali melibatkan berbagai aktor dari petani hingga konsumen, serta institusi lokal dan pemerintah. Seperti yang dikemukakan oleh Sari *et al.* (2020), lumbung pangan memperkuat "keterlibatan komunitas dalam mengelola dan membagi hasil pertanian secara adil, sehingga dapat menjaga ketahanan pangan lokal." Pendekatan ini tidak hanya tentang produksi pangan, tetapi juga mengenai keberlanjutan ekologi dan sosial dalam pengelolaan sumber daya alam.

b. Komponen Utama

1) Tanaman Pangan

Tanaman pangan merupakan komponen utama dalam lumbung pangan dalam model sistem pertanian terpadu karena menyediakan basis keamanan pangan bagi masyarakat. Menurut Ploeger *et al.* (2017), tanaman pangan "berperan krusial dalam menyediakan pangan yang cukup dan bergizi untuk memenuhi kebutuhan populasi yang terus bertambah." Dalam konteks ini, diversifikasi tanaman pangan menjadi strategi penting untuk meningkatkan ketahanan pangan, mengurangi risiko terhadap perubahan iklim, dan meningkatkan ketersediaan pangan lokal. Selain itu, peningkatan produktivitas dan kualitas tanaman pangan juga menjadi fokus dalam mengembangkan lumbung pangan. Menurut FAO (2020), "perbaikan dalam praktik pertanian yang berkelanjutan dapat meningkatkan hasil tanaman pangan, serta mengurangi kerentanan terhadap faktor-faktor luar seperti perubahan iklim." Integrasi teknologi modern dan praktik organik dalam budidaya tanaman pangan menjadi strategi yang relevan untuk mencapai tujuan ini.

2) Hortikultura

Hortikultura berperan vital sebagai komponen utama dalam lumbung pangan dalam model sistem pertanian terpadu dengan menambah diversitas pangan dan mengoptimalkan pemanfaatan lahan. Menurut Kadir *et al.*

(2018), "budidaya hortikultura yang berkelanjutan dapat meningkatkan produksi pangan lokal secara signifikan, serta memberikan kontribusi yang berarti terhadap keamanan pangan." Pendekatan ini tidak hanya mengandalkan tanaman pangan utama, tetapi juga memperluas spektrum pilihan pangan yang tersedia untuk konsumen. Penerapan teknik hortikultura modern dan praktik organik juga berpotensi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan mengurangi dampak lingkungan. Menurut FAO (2017), "praktik hortikultura berkelanjutan seperti penggunaan air yang efisien dan pemupukan yang tepat dapat membantu mengatasi tantangan dalam produksi pangan yang berkelanjutan." Dengan demikian, hortikultura tidak hanya menyediakan pangan berkualitas tinggi, tetapi juga mendukung keberlanjutan ekologis dalam sistem pertanian terpadu.

### 3) Peternakan

Peternakan merupakan komponen utama dalam lumbung pangan dalam model sistem pertanian terpadu karena menyediakan protein hewani yang penting bagi keseimbangan gizi masyarakat. Menurut FAO (2018), "peternakan berperan krusial dalam menyediakan sumber protein hewani yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan gizi manusia secara global." Integrasi peternakan dalam sistem pertanian terpadu juga memungkinkan pengelolaan limbah organik secara efektif, mendukung pertanian berkelanjutan. Pengembangan peternakan berkelanjutan juga memperhatikan kesejahteraan hewan dan pengurangan jejak karbon dari produksi pangan. Menurut Chaiyabutr *et al.* (2020), "praktik peternakan yang berkelanjutan mencakup pengelolaan limbah ternak dan penggunaan sumber energi terbarukan untuk mengurangi dampak lingkungan." Hal ini menunjukkan pentingnya integrasi peternakan dalam lumbung pangan untuk mencapai tujuan keberlanjutan global.

#### 4) Perikanan

Perikanan merupakan komponen utama dalam lumbung pangan dalam model sistem pertanian terpadu karena menyediakan sumber protein hewani alternatif yang penting untuk keseimbangan gizi masyarakat. Menurut Badan Pangan dan Pertanian Dunia (FAO, 2018), "perikanan dan akuakultur memberikan kontribusi signifikan terhadap pangan dan gizi, serta berperan dalam memastikan keberlanjutan dan keamanan pangan global." Integrasi perikanan dalam sistem pertanian terpadu juga memungkinkan pemanfaatan lahan secara efisien dan berkelanjutan. Pengelolaan perikanan yang berkelanjutan juga berfokus pada pelestarian sumber daya hayati laut dan ekosistem perairan. Menurut Scholtens *et al.* (2019), "keberlanjutan perikanan dapat dicapai melalui pengelolaan yang berbasis ilmiah dan praktik akuakultur yang ramah lingkungan untuk mendukung keberlangsungan produksi pangan." Hal ini menunjukkan pentingnya pendekatan holistik dalam mengintegrasikan perikanan dalam lumbung pangan untuk mengurangi tekanan terhadap sumber daya alam.

#### 5) Kehutanan

Kehutanan merupakan komponen utama dalam lumbung pangan dalam model sistem pertanian terpadu karena memberikan kontribusi penting dalam menjaga ekosistem yang mendukung produksi pangan. Menurut FAO (2018), "hutan berperan krusial dalam menyediakan berbagai layanan ekosistem termasuk air bersih, udara bersih, dan regulasi iklim yang penting untuk pertanian dan keberlanjutan pangan." Integrasi kehutanan dalam sistem pertanian terpadu juga memungkinkan pengelolaan sumber daya alam secara holistik untuk mendukung ketahanan pangan. Pengelolaan kehutanan yang berkelanjutan juga mencakup praktik pelestarian biodiversitas dan konservasi habitat. Menurut Hansen *et al.* (2021), "pemanfaatan hutan secara berkelanjutan melalui praktik kehutanan yang adaptif dapat menjaga keanekaragaman hayati dan ketersediaan

bahan pangan non-konvensional." Hal ini menunjukkan pentingnya integrasi kehutanan dalam lumbung pangan untuk memperkuat resiliensi sistem pertanian terhadap perubahan lingkungan dan sosial.

c. Prinsip Kerja

Prinsip kerja lumbung pangan dalam model sistem pertanian terpadu adalah integrasi dan koordinasi antara berbagai komponen seperti pertanian, peternakan, perikanan, hortikultura, dan kehutanan untuk memastikan ketahanan pangan yang holistik dan berkelanjutan. Menurut FAO (2017), lumbung pangan "mengacu pada sistem pengelolaan sumber daya pangan yang terorganisir secara kolektif untuk memenuhi kebutuhan pangan masyarakat dalam jangka panjang." Pendekatan ini mendorong sinergi antar sektor pertanian untuk mengoptimalkan produksi dan distribusi pangan secara efisien. Implementasi lumbung pangan juga mengedepankan partisipasi aktif dari komunitas lokal dan pemerintah dalam pengelolaan sumber daya pangan. Menurut Sari *et al.* (2020), lumbung pangan "menekankan pentingnya keterlibatan komunitas dalam mengelola produksi dan distribusi pangan untuk memastikan ketersediaan pangan yang berkelanjutan." Hal ini menunjukkan bahwa prinsip kerja lumbung pangan tidak hanya tentang aspek teknis produksi, tetapi juga melibatkan aspek sosial dan ekonomi dalam pembangunan ketahanan pangan.

d. Manfaat Utama

1) Ketahanan Pangan

Ketahanan pangan merupakan manfaat utama dari lumbung pangan dalam model sistem pertanian terpadu karena memberikan keamanan dalam memenuhi kebutuhan pangan masyarakat secara berkelanjutan. Menurut FAO (2017), lumbung pangan "berfungsi sebagai pendekatan strategis untuk meningkatkan akses terhadap pangan yang cukup, aman, dan bergizi, serta meningkatkan ketahanan pangan pada tingkat rumah tangga dan komunitas." Pendekatan ini tidak hanya bertujuan untuk mengatasi kelaparan, tetapi juga untuk mengurangi kerentanan terhadap perubahan iklim dan krisis ekonomi. Implementasi

lumbung pangan memungkinkan adanya cadangan pangan yang dapat diakses pada saat krisis atau bencana alam. Menurut Sari *et al.* (2020), lumbung pangan "berperan penting dalam membangun ketahanan pangan lokal dengan mengelola cadangan pangan yang dapat diandalkan di masa-masa sulit." Hal ini menunjukkan bahwa lumbung pangan tidak hanya berfokus pada produksi pangan saat ini, tetapi juga mempertimbangkan aspek keberlanjutan dalam menyediakan pangan untuk masa depan.

## 2) Diversifikasi Ekonomi

Diversifikasi ekonomi merupakan manfaat utama dari lumbung pangan dalam model sistem pertanian terpadu karena mengurangi ketergantungan ekonomi pada sektor pertanian tunggal dan meningkatkan pendapatan petani serta komunitas lokal. Menurut FAO (2017), lumbung pangan "memfasilitasi diversifikasi ekonomi melalui pengembangan nilai tambah dari produk pertanian dan pangan, serta menciptakan peluang kerja di sektor-sektor terkait." Pendekatan ini membantu mengurangi risiko ekonomi yang timbul dari fluktuasi harga komoditas pertanian. Implementasi lumbung pangan juga memungkinkan pengembangan industri dan usaha kecil menengah (UKM) di sekitar produksi pangan lokal. Menurut Sari *et al.* (2020), lumbung pangan "mendorong keberagaman ekonomi dengan memfasilitasi pertumbuhan sektor UKM yang terkait dengan produksi, pengolahan, dan distribusi pangan lokal." Hal ini menciptakan kesempatan bagi pengembangan usaha baru serta peningkatan nilai tambah dalam rantai pasok pangan.

## 3) Konservasi Sumber Daya Alam

Konservasi sumber daya alam merupakan manfaat utama dari lumbung pangan dalam model sistem pertanian terpadu karena mendukung pengelolaan yang berkelanjutan dan pemeliharaan keanekaragaman hayati. Menurut FAO (2017), lumbung pangan "berkontribusi pada konservasi sumber daya alam dengan mempromosikan praktik pertanian yang berkelanjutan dan menjaga keberlanjutan

ekosistem." Pendekatan ini penting untuk mengurangi degradasi tanah, pemusnahan habitat, dan penurunan kualitas air. Implementasi lumbung pangan juga memungkinkan penerapan praktik agroekologi yang dapat meningkatkan keseimbangan ekosistem. Menurut Oliver (2018), lumbung pangan "memfasilitasi konservasi sumber daya alam melalui penggunaan praktik pertanian yang ramah lingkungan, seperti konservasi tanah, air, dan keanekaragaman hayati." Hal ini mendukung keberlanjutan jangka panjang dalam pengelolaan sumber daya alam untuk mendukung produksi pangan yang berkelanjutan.

e. Implementasi dan Pengembangan

Implementasi dan pengembangan lumbung pangan dalam model sistem pertanian terpadu melibatkan integrasi dan koordinasi antara berbagai sektor pertanian untuk mencapai keberlanjutan pangan secara komprehensif. Menurut FAO (2017), lumbung pangan "merupakan strategi efektif dalam mengorganisir sistem pengelolaan sumber daya pangan untuk memenuhi kebutuhan pangan yang berkelanjutan." Pendekatan ini melibatkan partisipasi aktif dari berbagai pemangku kepentingan untuk memastikan implementasi yang berhasil. Pengembangan lumbung pangan juga menekankan pada penguatan infrastruktur dan kelembagaan yang mendukung produksi, distribusi, dan akses terhadap pangan lokal. Menurut Oliver (2018), "pembangunan lumbung pangan memerlukan investasi dalam infrastruktur seperti gudang penyimpanan, jaringan distribusi, dan sistem informasi pasar untuk memperkuat keterhubungan antara produsen dan konsumen." Hal ini penting untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan rantai pasok pangan.

## **F. Tantangan dan Hambatan dalam Implementasi**

Implementasi Sistem Pertanian Terpadu (SPT) menghadapi sejumlah tantangan dan hambatan yang perlu diatasi untuk mencapai keberhasilan. Berikut adalah beberapa di antaranya:

## **1. Perubahan Budaya dan Pengetahuan**

Perubahan budaya dan pengetahuan berperan krusial dalam evolusi sistem pertanian terpadu. Menurut Matson *et al.* (2016), transformasi budaya petani menuju praktik pertanian berkelanjutan seperti agroekologi tidak hanya mengubah cara bercocok tanam, tetapi juga mempengaruhi nilai-nilai sosial dan ekonomi di masyarakat agraris modern. Hal ini mengindikasikan pentingnya adaptasi budaya sebagai bagian integral dalam menciptakan sistem pertanian yang lebih berkelanjutan. Pembaruan dalam pengetahuan pertanian juga mendukung pengembangan sistem pertanian terpadu. Menurut Pimentel *et al.* (2018), peningkatan dalam ilmu pengetahuan dan teknologi pertanian memfasilitasi integrasi praktik organik dan peningkatan produktivitas tanaman secara holistik. Perubahan paradigma ini tidak hanya menghasilkan solusi inovatif untuk tantangan pertanian modern, tetapi juga membuka jalan bagi penerapan teknologi yang lebih ramah lingkungan.

## **2. Infrastruktur dan Akses Teknologi**

Infrastruktur dan akses teknologi berperan penting dalam pengembangan sistem pertanian terpadu. Menurut World Bank (2019), infrastruktur yang baik, seperti irigasi yang efisien dan jaringan transportasi yang terkoneksi, meningkatkan produktivitas pertanian dan memungkinkan integrasi lebih baik antara produsen dan pasar. Hal ini menciptakan kondisi yang mendukung pertumbuhan ekonomi di sektor pertanian melalui peningkatan aksesibilitas dan efisiensi dalam distribusi produk pertanian. Akses terhadap teknologi juga menjadi faktor kunci dalam transformasi sistem pertanian. Menurut Kahn (2017), penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dapat memfasilitasi pertukaran informasi antara petani, memperbaiki manajemen risiko, dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Ini memungkinkan adaptasi lebih cepat terhadap perubahan iklim dan kondisi pasar global, serta meningkatkan kualitas hidup petani melalui peningkatan pendapatan dan stabilitas ekonomi.

## **3. Biaya Implementasi**

Biaya implementasi merupakan faktor kunci dalam pengembangan sistem pertanian terpadu. Menurut Badan Pangan dan

Pertanian PBB (FAO) (2018), biaya awal untuk mengadopsi praktik pertanian berkelanjutan seperti penggunaan pupuk organik atau teknik pengendalian hama yang ramah lingkungan sering kali menjadi hambatan bagi petani, meskipun jangka panjangnya menguntungkan dari segi ekonomi dan lingkungan. Hal ini menunjukkan perlunya pendekatan yang holistik dalam penilaian biaya dan manfaat jangka panjang dari implementasi sistem pertanian terpadu. Selain biaya awal, perubahan dalam kebijakan dan dukungan dari pemerintah juga memengaruhi biaya implementasi sistem pertanian terpadu. Menurut Gupta *et al.* (2020), subsidi dan insentif fiskal yang ditujukan untuk teknologi pertanian berkelanjutan dapat mengurangi beban finansial yang harus ditanggung petani dalam mengadopsi inovasi baru. Pengaturan kebijakan yang tepat dapat memfasilitasi transisi yang lebih mulus menuju pertanian yang lebih berkelanjutan secara ekonomis.

#### **4. Manajemen Data yang Kompleks**

Manajemen data yang kompleks berperan penting dalam pengelolaan sistem pertanian terpadu modern. Menurut Yoo *et al.* (2019), pengumpulan dan analisis data yang terintegrasi dari berbagai aspek pertanian seperti iklim, tanah, dan tanaman, dapat meningkatkan ketepatan dalam pengambilan keputusan pertanian. Ini mencerminkan pentingnya teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam memfasilitasi pengelolaan data yang kompleks untuk mendukung produktivitas dan keberlanjutan pertanian. Perkembangan teknologi sensor dan pemantauan jaringan juga memberikan kontribusi besar dalam manajemen data pertanian yang kompleks. Menurut Koo *et al.* (2017), penggunaan sensor yang terkoneksi dengan jaringan *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pengumpulan data secara *real-time* tentang kondisi tanah, cuaca, dan tanaman. Hal ini memungkinkan petani untuk mengoptimalkan penggunaan *input* pertanian seperti air dan pupuk, serta mengurangi risiko terjadinya kerugian hasil panen.

#### **5. Ketergantungan terhadap Faktor Eksternal**

Ketergantungan terhadap faktor eksternal merupakan tantangan signifikan dalam pengembangan sistem pertanian terpadu. Menurut Sarker *et al.* (2018), fluktuasi harga komoditas global dan perubahan iklim dapat secara langsung mempengaruhi stabilitas ekonomi dan

produktivitas pertanian di tingkat lokal dan global. Hal ini menunjukkan pentingnya mitigasi risiko dan diversifikasi sumber daya dalam mengurangi ketergantungan terhadap faktor eksternal yang tidak terkendali. Selain itu, kebijakan perdagangan internasional juga berpotensi memengaruhi keberlanjutan sistem pertanian terpadu. Menurut FAO (2022), regulasi perdagangan dan kebijakan subsidi di negara-negara maju dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap kestabilan harga dan akses pasar bagi produsen pertanian di negara berkembang. Hal ini menunjukkan perlunya kerja sama internasional dan pembentukan kebijakan yang adil untuk meminimalkan dampak negatif ketergantungan terhadap faktor eksternal.



# **BAB V**

## **STUDI KASUS**

---

Sistem pertanian terpadu merupakan pendekatan inovatif yang mengintegrasikan berbagai elemen pertanian seperti tanaman, ternak, dan pengelolaan sumber daya alam secara holistik. Dalam konteks ini, studi kasus menjadi penting untuk menggambarkan implementasi nyata dari sistem ini di lapangan. Melalui analisis mendalam terhadap sistem pertanian terpadu, kita dapat memahami bagaimana interaksi antarunsur pertanian dapat dioptimalkan untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi penggunaan sumber daya, serta keberlanjutan lingkungan. Studi kasus ini tidak hanya memaparkan keberhasilan, tetapi juga tantangan yang dihadapi dalam menerapkan pendekatan ini dalam skala yang berbeda-beda.

### **A. Sistem Pertanian Terpadu di Perdesaan**

#### **SISTEM PERTANIAN TERPADU DI DESA TLOGOMAS, MALANG, JAWA TIMUR**

##### **1. Latar Belakang**

Desa Tlogomas, Malang, Jawa Timur, menjadi lokasi studi kasus sistem pertanian terpadu yang menarik untuk dianalisis. Desa ini mengimplementasikan pendekatan pertanian terpadu dengan mengintegrasikan berbagai teknik budidaya tanaman dan peternakan secara holistik. Melalui penggunaan praktik organik dan pengendalian hama alami, sistem ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas tanaman secara berkelanjutan tanpa bergantung pada pestisida kimia. Selain itu, desa juga fokus pada pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan melalui penggunaan teknologi ramah lingkungan seperti irigasi tetes dan penggunaan energi terbarukan. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air tetapi juga mengurangi jejak karbon secara keseluruhan. Dengan dukungan dari komunitas lokal dan

pemerintah daerah, desa Tlogomas menerapkan model pertanian yang tidak hanya mencakup aspek ekonomi tetapi juga sosial dan lingkungan, mempromosikan keberlanjutan dan kemandirian bagi masyarakat desa dalam menghadapi tantangan perubahan iklim global.

## **2. Implementasi Sistem Pertanian Terpadu**

### **a. Diversifikasi Tanaman**

Diversifikasi tanaman diimplementasikan secara efektif dalam sistem pertanian terpadu di Desa Tlogomas, Malang, Jawa Timur. Pendekatan ini melibatkan penanaman berbagai jenis tanaman yang saling melengkapi untuk memperkuat keberlanjutan agroekosistem. Desa Tlogomas memanfaatkan pola tanam seperti tumpang sari dan rotasi tanaman untuk meningkatkan kesuburan tanah secara alami dan mengurangi risiko kegagalan panen akibat serangan hama atau penyakit tertentu. Selain itu, diversifikasi tanaman juga mendukung keberagaman pangan lokal dan memperkuat ketahanan pangan komunitas. Desa ini tidak hanya menanam tanaman pangan utama seperti padi dan jagung tetapi juga tanaman sayuran, buah-buahan, dan rempah-rempah untuk kebutuhan konsumsi lokal. Strategi ini membantu mengurangi ketergantungan pada bahan pangan dari luar daerah serta meningkatkan pendapatan petani melalui penjualan hasil panen yang beragam. Dengan mempromosikan diversifikasi tanaman, Desa Tlogomas tidak hanya mencapai keberlanjutan ekologis dan ekonomis dalam pertanian tetapi juga menjaga keanekaragaman hayati lokal serta meningkatkan kualitas hidup bagi masyarakat desa secara keseluruhan.

### **b. Penggunaan Organik dan Teknologi Ramah Lingkungan**

Penggunaan teknik organik dan teknologi ramah lingkungan menjadi pilar utama dalam implementasi sistem pertanian terpadu di Desa Tlogomas, Malang, Jawa Timur. Desa ini mengadopsi praktik pertanian organik yang tidak menggunakan pestisida dan pupuk kimia, melainkan mengandalkan kompos dan pupuk organik untuk menjaga kesuburan tanah dan kesehatan lingkungan. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan kualitas produk pertanian tetapi juga mengurangi dampak negatif

terhadap ekosistem lokal dan kesehatan manusia. Selain itu, desa ini memanfaatkan teknologi ramah lingkungan seperti irigasi tetes dan panel surya untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti air dan energi. Teknologi ini membantu meningkatkan efisiensi penggunaan air dalam pertanian serta mengurangi emisi karbon, mendukung upaya mitigasi perubahan iklim. Dengan kombinasi penggunaan organik dan teknologi ramah lingkungan, Desa Tlogomas tidak hanya menjaga keberlanjutan lingkungan tetapi juga meningkatkan pendapatan petani dan kesejahteraan masyarakat, menciptakan model pertanian yang berkelanjutan dan adaptif terhadap tantangan global di masa depan.

c. Pemanfaatan Teknologi

Pemanfaatan teknologi dalam sistem pertanian terpadu di Desa Tlogomas, Malang, Jawa Timur, memberikan kontribusi besar terhadap efisiensi dan produktivitas pertanian secara keseluruhan. Desa ini mengimplementasikan teknologi modern seperti sensor tanah dan penggunaan aplikasi pertanian cerdas untuk memantau kondisi tanaman dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti air dan pupuk. Hal ini tidak hanya membantu petani dalam mengambil keputusan yang lebih tepat waktu dan akurat tetapi juga mengurangi penggunaan *input* pertanian yang berlebihan. Selain itu, Desa Tlogomas juga mengadopsi teknologi dalam pengelolaan pasca panen seperti penyimpanan dan pengemasan yang lebih efisien dan terkontrol. Ini meningkatkan kualitas produk pertanian yang dihasilkan dan memperluas akses pasar bagi petani lokal. Dengan mengintegrasikan teknologi dalam semua aspek pertanian, Desa Tlogomas memperlihatkan bahwa inovasi digital dapat menjadi kunci untuk meningkatkan produktivitas, keberlanjutan lingkungan, dan kesejahteraan sosial ekonomi di tingkat lokal. Teknologi tidak hanya menjadi alat untuk mencapai efisiensi tetapi juga untuk menjaga keberlanjutan dan ketahanan sistem pertanian di masa depan yang semakin kompleks.

d. Pemberdayaan Petani

Pemberdayaan petani diimplementasikan secara kuat dalam sistem pertanian terpadu di Desa Tlogomas, Malang, Jawa Timur.

Desa ini memberikan pelatihan dan pendidikan pertanian kepada petani lokal untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan dalam praktik pertanian yang berkelanjutan dan efisien. Dengan meningkatkan kapasitas petani, dapat mengadopsi teknik-teknik baru seperti penggunaan pupuk organik, pengelolaan tanaman yang terintegrasi, dan penggunaan teknologi pertanian modern dengan lebih baik. Selain itu, pemberdayaan petani juga dilakukan melalui penguatan koperasi dan jaringan kerja sama antarpetani. Desa Tlogomas mendorong kolaborasi dalam pemasaran produk pertanian, pengadaan *input* pertanian secara bersama-sama, dan pertukaran pengetahuan antarpetani. Ini tidak hanya meningkatkan daya saing produk pertanian lokal tetapi juga memperkuat kedudukan ekonomi petani dalam rantai nilai pertanian yang lebih besar. Dengan demikian, pemberdayaan petani di Desa Tlogomas tidak hanya berdampak pada peningkatan produksi pertanian tetapi juga pada peningkatan kesejahteraan sosial dan ekonomi masyarakat petani, menciptakan model yang berkelanjutan dan inklusif untuk pengembangan pertanian di daerah pedesaan.

### **3. Hasil dan Dampak**

#### **a. Peningkatan Produktivitas**

Peningkatan produktivitas pertanian sebagai hasil dari implementasi sistem pertanian terpadu di Desa Tlogomas, Malang, Jawa Timur, menjadi bukti keberhasilan pendekatan ini. Dengan menerapkan praktik pertanian organik, diversifikasi tanaman, dan penggunaan teknologi modern seperti irigasi tetes dan aplikasi pertanian cerdas, desa ini berhasil meningkatkan hasil panen secara signifikan. Produktivitas yang lebih tinggi tidak hanya memperkuat ketahanan pangan lokal tetapi juga meningkatkan pendapatan petani karena volume produksi yang lebih besar dan pengurangan biaya produksi yang terkait dengan penggunaan *input* pertanian yang lebih efisien.

Dampak positif dari peningkatan produktivitas ini juga terlihat dalam peningkatan kualitas hidup masyarakat desa secara keseluruhan. Masyarakat mendapatkan akses lebih baik terhadap pangan yang berkualitas, serta meningkatnya kesempatan untuk

berpartisipasi dalam pasar ekonomi lokal dan regional. Selain itu, dengan meningkatnya pendapatan petani, terjadi pula peningkatan infrastruktur dan layanan sosial di desa, seperti akses terhadap pendidikan dan kesehatan yang lebih baik. Dengan demikian, peningkatan produktivitas sebagai hasil dari sistem pertanian terpadu tidak hanya menguntungkan dari segi ekonomi tetapi juga meningkatkan kualitas hidup secara menyeluruh bagi masyarakat Desa Tlogomas.

b. Peningkatan Pendapatan Petani

Peningkatan pendapatan petani di Desa Tlogomas, Malang, Jawa Timur, merupakan hasil langsung dari implementasi sistem pertanian terpadu yang holistik dan berkelanjutan. Melalui penggunaan praktik pertanian organik, diversifikasi tanaman, dan penerapan teknologi pertanian modern, petani di desa ini mampu meningkatkan produktivitas serta kualitas hasil panen. Hal ini tidak hanya mengurangi biaya produksi melalui penggunaan pupuk organik dan pengendalian hama alami tetapi juga meningkatkan harga jual produk pertanian karena kualitas yang lebih baik.

Dampak positif dari peningkatan pendapatan ini meluas ke seluruh masyarakat desa dengan meningkatkan daya beli dan kesejahteraan ekonomi secara keseluruhan. Petani yang mampu meningkatkan pendapatannya dapat mengalokasikan lebih banyak sumber daya untuk kebutuhan keluarga seperti pendidikan, kesehatan, dan perbaikan infrastruktur rumah tangga. Selain itu, dengan adanya pendapatan yang stabil dan meningkat, tercipta pula keberlanjutan ekonomi yang lebih baik dalam jangka panjang, yang memungkinkan investasi lebih lanjut dalam pengembangan pertanian dan diversifikasi mata pencaharian. Dengan demikian, peningkatan pendapatan petani sebagai hasil dari sistem pertanian terpadu di Desa Tlogomas tidak hanya menciptakan keberlanjutan ekonomi tetapi juga meningkatkan kualitas hidup secara menyeluruh bagi masyarakat desa.

c. Pengurangan Dampak Lingkungan

Pengurangan dampak lingkungan menjadi hasil signifikan dari implementasi sistem pertanian terpadu di Desa Tlogomas,

Malang, Jawa Timur. Melalui praktik pertanian organik, penggunaan pupuk organik alami, dan pengendalian hama yang ramah lingkungan, desa ini berhasil mengurangi penggunaan pestisida kimia dan pupuk sintetis yang berpotensi merusak lingkungan serta kesehatan manusia. Selain itu, penggunaan teknologi ramah lingkungan seperti irigasi tetes dan panel surya dalam operasional pertanian membantu mengurangi konsumsi air dan emisi karbon, berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim lokal.

Dampak positif dari pengurangan dampak lingkungan ini juga terlihat dalam pemeliharaan keanekaragaman hayati dan kualitas tanah yang lebih baik di sekitar desa. Praktik pertanian yang berkelanjutan tidak hanya memperkuat ekosistem lokal tetapi juga meningkatkan daya tahan agroekosistem terhadap perubahan iklim dan gangguan eksternal lainnya. Dengan mengurangi jejak lingkungan negatif, Desa Tlogomas membuktikan bahwa pertanian yang berkelanjutan dapat menjadi solusi untuk melestarikan lingkungan alam sekaligus memenuhi kebutuhan pangan dan ekonomi masyarakat lokal.

d. Peningkatan Kualitas Hidup

Peningkatan kualitas hidup menjadi hasil yang nyata dari implementasi sistem pertanian terpadu di Desa Tlogomas, Malang, Jawa Timur. Melalui pendekatan yang menggabungkan praktik pertanian organik, diversifikasi tanaman, dan penggunaan teknologi pertanian modern, masyarakat desa mengalami peningkatan akses terhadap pangan yang lebih berkualitas dan bergizi. Hal ini berdampak langsung pada kesehatan masyarakat dengan menurunkan risiko penyakit terkait makanan dan meningkatkan kesejahteraan melalui diet yang lebih seimbang dan variasi. Selain itu, peningkatan pendapatan petani dan stabilitas ekonomi yang dicapai melalui sistem pertanian terpadu memberikan kesempatan untuk perbaikan infrastruktur sosial dan pelayanan dasar di desa, seperti pendidikan dan kesehatan. Masyarakat desa juga mendapatkan manfaat dari lingkungan yang lebih bersih dan sehat karena pengurangan penggunaan bahan kimia berbahaya dan praktik pertanian yang ramah lingkungan. Secara keseluruhan, pendekatan ini menciptakan

lingkungan yang lebih baik untuk kehidupan masyarakat desa, mengurangi ketidakpastian pangan, dan meningkatkan kualitas hidup secara menyeluruh bagi penduduk lokal di Desa Tlogomas.

#### **4. Kesimpulan**

Studi kasus di Desa Tlogomas menunjukkan bahwa implementasi Sistem Pertanian Terpadu dapat berhasil meningkatkan produktivitas, mengurangi ketergantungan pada *input* kimia, dan meningkatkan kesejahteraan petani secara keseluruhan. Pendekatan ini tidak hanya menghasilkan hasil ekonomi yang positif tetapi juga memberikan manfaat lingkungan yang signifikan.

### **B. Sistem Pertanian Terpadu di Perkotaan**

#### **SISTEM PERTANIAN TERPADU DI KOTA HAVANA, KUBA**

##### **1. Latar Belakang**

Sistem pertanian terpadu di Kota Havana, Kuba, mencerminkan upaya pemerintah untuk mengatasi tantangan keamanan pangan dan ketergantungan pada impor makanan. Ini terwujud melalui integrasi berbagai praktik pertanian seperti pertanian perkotaan, hidroponik, dan penggunaan biofertilisasi. Dengan pendekatan ini, Kuba berupaya meningkatkan ketersediaan pangan lokal, mengurangi biaya impor, serta meningkatkan ketahanan pangan di tengah kendala sumber daya yang terbatas. Selain itu, sistem ini juga menekankan pada praktik pertanian organik dan berkelanjutan untuk menjaga keseimbangan ekologi dan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Selain memberikan akses pangan yang lebih baik bagi penduduk perkotaan, sistem ini juga berpotensi untuk memperluas ruang hijau di kota dan memperbaiki kualitas udara perkotaan. Dengan demikian, integrasi pertanian terpadu di Kota Havana tidak hanya bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pangan, tetapi juga untuk menciptakan lingkungan yang lebih berkelanjutan dan sehat bagi masyarakatnya.

## **2. Implementasi Sistem Pertanian Terpadu**

### **a. Pengembangan Pertanian Perkotaan**

Pengembangan pertanian perkotaan di Kota Havana, Kuba, menjadi bagian integral dari implementasi sistem pertanian terpadu. Praktik ini mencakup penggunaan lahan terbatas secara efisien untuk meningkatkan produksi pangan lokal dalam lingkungan urban. Metode seperti vertikultur dan hidroponik digunakan untuk memanfaatkan ruang vertikal dan minim tanah dengan efektif, memungkinkan pertumbuhan tanaman secara intensif di dalam kota yang padat penduduknya. Selain itu, pertanian perkotaan juga berkontribusi pada kemandirian pangan dengan mempersingkat rantai pasok dan mengurangi ketergantungan pada impor, yang krusial dalam menghadapi tantangan ekonomi dan geopolitik yang dihadapi Kuba.

Pengembangan pertanian perkotaan tidak hanya memberikan akses pangan yang lebih baik secara lokal, tetapi juga memiliki dampak positif terhadap keberlanjutan lingkungan. Praktik organik dan penggunaan teknik pengolahan limbah organik mendukung pertanian yang ramah lingkungan dan meminimalkan jejak karbon. Hal ini sejalan dengan upaya untuk menjaga kualitas udara dan tanah di lingkungan perkotaan, serta memperbaiki ekologi kota secara keseluruhan. Dengan demikian, integrasi pertanian perkotaan sebagai bagian dari sistem pertanian terpadu di Kota Havana bukan hanya strategi untuk memenuhi kebutuhan pangan, tetapi juga merupakan langkah menuju kota yang lebih berkelanjutan dan mandiri secara ekonomi.

### **b. Pemanfaatan Teknik Pertanian Modern**

Pemanfaatan teknik pertanian modern di Kota Havana, Kuba, menjadi bagian integral dari implementasi sistem pertanian terpadu. Salah satu teknik yang digunakan adalah hidroponik, di mana tanaman ditanam tanpa menggunakan tanah dengan nutrisi larutan yang disuplai secara terkontrol, memungkinkan produksi tanaman yang lebih efisien dan optimal dalam ruang terbatas. Selain itu, teknologi konservasi air seperti drip irrigation digunakan untuk mengurangi konsumsi air dalam pertanian,

sangat penting mengingat tantangan Kuba dalam menghadapi ketersediaan air yang terbatas.

Penerapan teknik pertanian modern juga mencakup penggunaan biofertilisasi dan pestisida organik, yang membantu menjaga keseimbangan ekologi tanah dan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Pendekatan ini tidak hanya mendukung pertanian yang berkelanjutan, tetapi juga meningkatkan kualitas produk pertanian dengan mengurangi residu kimia yang mungkin berbahaya bagi kesehatan manusia. Dengan demikian, integrasi teknik pertanian modern sebagai bagian dari sistem pertanian terpadu di Kota Havana tidak hanya meningkatkan produktivitas dan efisiensi pertanian, tetapi juga berkontribusi pada upaya menjaga lingkungan dan kesehatan masyarakat secara keseluruhan.

c. Kemitraan Masyarakat dan Pendidikan

Kemitraan masyarakat dan pendidikan berperan penting dalam implementasi sistem pertanian terpadu di Kota Havana, Kuba. Melalui kemitraan dengan komunitas lokal, program pertanian perkotaan dapat melibatkan penduduk setempat dalam merancang, mengelola, dan mendukung keberlanjutan proyek pertanian. Ini tidak hanya memperkuat rasa memiliki dan partisipasi masyarakat dalam upaya pangan lokal, tetapi juga menciptakan kesempatan ekonomi baru di tingkat lokal.

Pendidikan juga merupakan aspek kunci dalam sistem pertanian terpadu, di mana penduduk kota diajarkan teknik-teknik modern dalam bercocok tanam, manajemen air, dan penggunaan sumber daya secara efisien. Ini membantu meningkatkan kesadaran akan pentingnya pertanian berkelanjutan dan mempersiapkan generasi mendatang untuk menghadapi tantangan keamanan pangan. Dengan pendidikan yang lebih baik, masyarakat di Kota Havana dapat lebih mandiri dalam memenuhi kebutuhan pangan sendiri serta mengurangi ketergantungan pada impor. Dengan demikian, kemitraan masyarakat dan pendidikan berfungsi sebagai fondasi yang kuat dalam menjaga keberhasilan dan keberlanjutan sistem pertanian terpadu di kota tersebut.

d. **Pengelolaan Sumber Daya Secara Berkelanjutan**

Pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan menjadi fokus utama dalam implementasi sistem pertanian terpadu di Kota Havana, Kuba. Pendekatan ini mencakup penggunaan efisien air melalui teknologi seperti irigasi tetes dan pengumpulan air hujan untuk mendukung pertumbuhan tanaman tanpa mengorbankan kualitas lingkungan. Selain itu, pemilihan varietas tanaman yang cocok dengan kondisi lokal dan teknik pengolahan tanah yang tepat membantu mengoptimalkan produktivitas pertanian sambil mempertahankan kesuburan tanah jangka panjang.

Pengelolaan sumber daya juga melibatkan praktik pertanian organik dan penggunaan pupuk alami untuk mengurangi pencemaran tanah dan air serta meminimalkan risiko terhadap kesehatan masyarakat. Upaya ini sejalan dengan visi Kuba untuk menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan berkelanjutan di tengah tantangan sumber daya yang terbatas. Dengan mengintegrasikan prinsip-prinsip pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan, sistem pertanian terpadu di Kota Havana tidak hanya meningkatkan kemandirian pangan, tetapi juga berperan dalam membangun masyarakat yang lebih sadar lingkungan dan berdaya tahan.

### **3. Hasil dan Dampak**

a. **Peningkatan Ketersediaan Pangan Lokal**

Peningkatan ketersediaan pangan lokal merupakan hasil signifikan dari implementasi sistem pertanian terpadu di Kota Havana, Kuba. Dengan memanfaatkan teknologi modern dan praktik pertanian yang efisien, seperti hidroponik dan pertanian perkotaan, kota ini berhasil meningkatkan produksi pangan lokal secara substansial. Hal ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada impor pangan, tetapi juga meningkatkan ketahanan pangan masyarakat lokal terhadap fluktuasi pasar dan ketidakpastian ekonomi global. Dampak positif lainnya adalah peningkatan aksesibilitas pangan bagi penduduk kota, mengurangi kesenjangan dalam ketersediaan pangan antara daerah perkotaan dan pedesaan. Melalui integrasi sistem pertanian terpadu, Kuba tidak hanya memenuhi kebutuhan

pangan harian, tetapi juga mengurangi biaya transportasi dan impor, yang pada gilirannya mendukung perekonomian lokal. Dengan demikian, peningkatan ketersediaan pangan lokal sebagai hasil dari sistem pertanian terpadu di Kota Havana tidak hanya mendukung keberlanjutan ekonomi dan sosial, tetapi juga meningkatkan kualitas hidup bagi penduduk perkotaan secara keseluruhan.

b. Pemberdayaan Ekonomi Masyarakat

Pemberdayaan ekonomi masyarakat merupakan hasil yang signifikan dari implementasi sistem pertanian terpadu di Kota Havana, Kuba. Dengan memanfaatkan pertanian perkotaan dan teknologi modern seperti hidroponik, penduduk lokal memiliki kesempatan untuk berkontribusi dalam rantai nilai pertanian secara langsung. Ini menciptakan lapangan kerja baru dalam sektor pertanian lokal, yang berdampak positif pada pengurangan tingkat pengangguran dan peningkatan pendapatan bagi masyarakat kota. Selain itu, sistem pertanian terpadu juga membuka peluang bagi inovasi dan kewirausahaan di sektor pertanian. Warga Kota Havana dapat mengembangkan usaha kecil dan menengah yang berfokus pada produksi, pengolahan, atau distribusi hasil pertanian lokal. Hal ini tidak hanya meningkatkan daya saing ekonomi lokal, tetapi juga memperkuat kedaulatan pangan dan memperluas pilihan produk pangan bagi konsumen. Dengan demikian, pemberdayaan ekonomi masyarakat sebagai hasil dari sistem pertanian terpadu di Kota Havana tidak hanya menciptakan lapangan kerja dan meningkatkan pendapatan, tetapi juga menggerakkan pertumbuhan ekonomi lokal yang berkelanjutan.

c. Pengurangan Jejak Karbon

Pengurangan jejak karbon menjadi hasil positif dari implementasi sistem pertanian terpadu di Kota Havana, Kuba. Dengan mengadopsi praktik pertanian organik dan menggunakan teknologi yang efisien dalam pengelolaan sumber daya seperti air dan energi, sistem ini membantu mengurangi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari pertanian konvensional. Teknik seperti penggunaan biofertilisasi dan pengendalian organik hama juga membantu mempertahankan keseimbangan ekosistem tanah,

yang pada gilirannya mengurangi penggunaan bahan kimia sintetis yang berpotensi merusak lingkungan. Selain itu, dengan memanfaatkan lahan secara lebih efisien melalui praktik pertanian perkotaan dan hidroponik, sistem ini mengurangi tekanan terhadap area tanah yang lebih luas, yang sering kali memerlukan konversi lahan yang menghasilkan emisi karbon. Ini berkontribusi pada upaya global untuk mengatasi perubahan iklim dengan meminimalkan jejak karbon dari sektor pertanian. Dengan demikian, pengurangan jejak karbon sebagai hasil dari sistem pertanian terpadu di Kota Havana tidak hanya mendukung keberlanjutan lingkungan lokal, tetapi juga berperan dalam menjaga kualitas udara dan tanah serta memberikan contoh praktik yang ramah lingkungan bagi kota-kota lain di seluruh dunia.

d. **Penyadaran dan Pendidikan Lingkungan**

Penyadaran dan pendidikan lingkungan merupakan hasil yang signifikan dari implementasi sistem pertanian terpadu di Kota Havana, Kuba. Melalui praktik pertanian organik, penggunaan teknologi modern dalam irigasi dan pengelolaan sumber daya, serta promosi praktik ramah lingkungan seperti daur ulang limbah organik, masyarakat lokal semakin sadar akan pentingnya menjaga ekosistem dan sumber daya alam. Pendekatan ini tidak hanya mengubah cara masyarakat memandang pertanian dan konsumsi pangan, tetapi juga memperkuat kesadaran akan dampak positif dari praktik berkelanjutan terhadap kualitas lingkungan dan kesehatan.

Pendidikan lingkungan yang terintegrasi dalam sistem pertanian terpadu membantu membangun kepedulian terhadap isu-isu lingkungan di kalangan generasi muda. Dengan memasukkan pendidikan tentang keberlanjutan dan pentingnya pertanian berkelanjutan dalam kurikulum sekolah dan kegiatan komunitas, Kuba tidak hanya mencetak generasi yang lebih terampil dalam mengelola sumber daya alam, tetapi juga mempersiapkan untuk menghadapi tantangan lingkungan global di masa depan. Dengan demikian, penyadaran dan pendidikan lingkungan sebagai hasil dari sistem pertanian terpadu di Kota Havana berdampak jauh lebih luas, mempromosikan perubahan

perilaku yang lebih berkelanjutan dan memberikan warisan berharga bagi generasi mendatang.

#### **4. Kesimpulan**

Studi kasus di Kota Havana menunjukkan bahwa Sistem Pertanian Terpadu dapat sukses diterapkan di lingkungan perkotaan untuk meningkatkan ketersediaan pangan lokal, memperkuat ekonomi masyarakat, dan mengurangi dampak lingkungan. Pendekatan ini menunjukkan potensi besar dalam menjawab tantangan ketahanan pangan di perkotaan dengan cara yang berkelanjutan dan inovatif.

### **C. Proyek-proyek Skala Besar Sistem Pertanian Terpadu**

#### **PROYEK GREENBELT MOVEMENT, KENYA**

##### **1. Latar Belakang**

Proyek Greenbelt Movement di Kenya merupakan inisiatif progresif yang dimulai pada tahun 1977 oleh Wangari Maathai. Tujuannya adalah untuk mengatasi masalah degradasi lingkungan dan kemiskinan melalui penanaman pohon yang melibatkan masyarakat setempat secara langsung. Program ini tidak hanya berfokus pada penghijauan, tetapi juga mempromosikan kesadaran akan perlindungan lingkungan dan keberlanjutan ekologis di tengah tantangan perubahan iklim global. Greenbelt Movement berperan krusial dalam mengubah lanskap lingkungan Kenya dengan membangun sistem pertanian terpadu yang memanfaatkan sumber daya alam secara berkelanjutan. Melalui partisipasi masyarakat lokal, proyek ini berhasil mengembangkan kebun-kebun yang memperkuat ketahanan pangan, meningkatkan kesejahteraan ekonomi, serta mengurangi tekanan terhadap hutan-hutan alami. Dengan demikian, Greenbelt Movement tidak hanya menciptakan perubahan fisik yang signifikan, tetapi juga menginspirasi model pembangunan berkelanjutan yang dapat diadopsi di berbagai komunitas di seluruh dunia.

## **2. Implementasi Sistem Pertanian Terpadu**

### **a. Agroforestri dan Reboisasi**

Pada konteks Proyek Greenbelt Movement di Kenya, agroforestri menjadi salah satu pendekatan utama dalam implementasi sistem pertanian terpadu. Agroforestri menggabungkan tanaman pangan dengan tanaman kayu atau pepohonan di lahan pertanian, menciptakan sistem yang berkelanjutan secara ekologis dan ekonomis. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan produktivitas lahan dengan memanfaatkan lapisan tanaman yang berbeda, tetapi juga memperbaiki struktur tanah serta meningkatkan kualitas air tanah.

Reboisasi juga merupakan bagian integral dari upaya Greenbelt Movement. Reboisasi adalah kegiatan penanaman kembali pohon-pohon di daerah yang sebelumnya telah mengalami deforestasi atau degradasi lingkungan. Di Kenya, reboisasi dilakukan untuk memulihkan ekosistem alami, mengurangi erosi tanah, serta meningkatkan ketersediaan air dan keanekaragaman hayati. Dengan memadukan agroforestri dan reboisasi, Proyek Greenbelt Movement tidak hanya menciptakan sumber daya hayati baru yang berkelanjutan, tetapi juga membangun fondasi bagi kehidupan masyarakat yang lebih baik melalui peningkatan produksi pangan, perlindungan lingkungan, dan pemberdayaan ekonomi lokal.

### **b. Pengelolaan Air dan Pemulihan Ekosistem**

Pada Proyek Greenbelt Movement di Kenya, pengelolaan air dan pemulihan ekosistem menjadi fokus utama sebagai bagian dari sistem pertanian terpadu. Pengelolaan air dilakukan dengan membangun struktur seperti embung dan saluran irigasi sederhana untuk mengumpulkan dan mendistribusikan air hujan ke lahan pertanian. Hal ini membantu meningkatkan produktivitas pertanian serta memastikan ketersediaan air yang cukup sepanjang tahun, terutama di musim kemarau. Pemulihan ekosistem dilakukan dengan memperkenalkan praktik-praktik konservasi seperti penghijauan, pengendalian erosi, dan penanaman kembali vegetasi asli yang telah terdegradasi. Upaya ini tidak hanya mengembalikan fungsi ekologis dari lahan yang

telah terganggu, tetapi juga meningkatkan keanekaragaman hayati serta memberikan manfaat jangka panjang bagi keseimbangan ekosistem. Dengan cara ini, Proyek Greenbelt Movement bukan hanya berfokus pada produksi pertanian yang berkelanjutan, tetapi juga pada restorasi dan pemeliharaan lingkungan hidup yang merupakan aspek krusial dari keberlanjutan dan kesejahteraan komunitas lokal di Kenya.

c. Pemberdayaan Masyarakat

Pemberdayaan masyarakat merupakan komponen kunci dalam Proyek Greenbelt Movement di Kenya, yang bertujuan untuk meningkatkan partisipasi dan kemandirian komunitas lokal dalam pembangunan berkelanjutan. Melalui pendekatan ini, masyarakat didorong untuk aktif terlibat dalam kegiatan penanaman pohon, pengelolaan sumber daya alam, dan praktik pertanian berkelanjutan seperti agroforestri. Hal ini tidak hanya meningkatkan pendapatan dan ketahanan pangan masyarakat, tetapi juga memperkuat rasa kepemilikan terhadap program-program lingkungan yang dilaksanakan.

Pemberdayaan masyarakat dalam Greenbelt Movement juga melibatkan pendidikan dan pelatihan mengenai praktik-praktik ramah lingkungan dan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan. Dengan pengetahuan dan keterampilan yang ditingkatkan, masyarakat dapat secara efektif melaksanakan inisiatif-inisiatif lingkungan yang berdampak positif dalam jangka panjang. Melalui partisipasi aktif dan pemberdayaan ini, Proyek Greenbelt Movement tidak hanya menciptakan perubahan fisik dalam lanskap ekologis Kenya, tetapi juga membentuk masyarakat yang lebih tangguh dan berdaya untuk menghadapi tantangan lingkungan global.

d. Pendidikan Lingkungan

Pendidikan lingkungan berperan penting dalam Proyek Greenbelt Movement di Kenya sebagai bagian integral dari sistem pertanian terpadu. Program pendidikan ini bertujuan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya perlindungan lingkungan dan praktik pertanian berkelanjutan. Melalui pendekatan ini, masyarakat lokal dilibatkan dalam pembelajaran tentang keberlanjutan ekologis, pengelolaan air,

penghijauan, dan teknik agroforestri yang ramah lingkungan. Selain itu, pendidikan lingkungan juga berfokus pada meningkatkan pemahaman tentang manfaat keseimbangan ekosistem dan perlunya melindungi sumber daya alam bagi generasi masa depan. Dengan pengetahuan yang diperoleh, masyarakat dapat mengimplementasikan praktik-praktik ini dalam kehidupan sehari-hari dan memperkuat upaya-upaya konservasi yang dilakukan oleh Greenbelt Movement. Dengan demikian, pendidikan lingkungan tidak hanya menciptakan kesadaran akan isu lingkungan di tingkat lokal, tetapi juga mendukung perubahan perilaku yang diperlukan untuk menjaga keberlanjutan lingkungan hidup di Kenya dan di seluruh dunia.

### **3. Hasil dan Dampak**

#### **a. Peningkatan Ketahanan Pangan**

Peningkatan ketahanan pangan merupakan hasil signifikan dari Proyek Greenbelt Movement di Kenya dalam implementasi sistem pertanian terpadu. Melalui praktik agroforestri dan reboisasi, proyek ini berhasil meningkatkan produksi pangan lokal dengan cara yang berkelanjutan. Tanaman pohon yang ditanam tidak hanya memberikan kayu sebagai sumber energi dan bahan bangunan, tetapi juga meningkatkan kesuburan tanah dan menyediakan teduhan bagi tanaman pangan, mengurangi risiko kegagalan panen akibat perubahan iklim. Selain itu, dengan meningkatnya keberagaman tanaman dan pengelolaan air yang lebih baik, masyarakat lokal memiliki akses yang lebih baik terhadap pangan sepanjang tahun. Hal ini tidak hanya mengurangi tingkat kelaparan di komunitas-komunitas pedesaan, tetapi juga meningkatkan kualitas nutrisi dan kesehatan masyarakat secara keseluruhan.

#### **b. Konservasi Lingkungan**

Konservasi lingkungan menjadi hasil dan dampak yang signifikan dari Proyek Greenbelt Movement di Kenya, yang bertujuan untuk mengatasi degradasi lingkungan melalui berbagai strategi inovatif. Melalui penanaman jutaan pohon dan praktik agroforestri, proyek ini telah berhasil memulihkan lahan-lahan yang terdegradasi dan mengurangi laju deforestasi di

berbagai wilayah Kenya. Hal ini tidak hanya meningkatkan keanekaragaman hayati tetapi juga memperbaiki kualitas tanah serta mengurangi erosi, yang sering kali menjadi tantangan utama dalam pertanian di daerah-daerah kering. Selain itu, Greenbelt Movement juga mempromosikan kesadaran masyarakat akan pentingnya perlindungan lingkungan melalui pendidikan dan partisipasi aktif dalam kegiatan konservasi. Dengan melibatkan masyarakat secara langsung dalam upaya-upaya konservasi, proyek ini mendorong pembentukan sikap dan perilaku yang lebih berwawasan lingkungan di kalangan generasi muda dan seluruh komunitas.

c. Pemberdayaan Ekonomi Masyarakat

Pemberdayaan ekonomi masyarakat merupakan hasil yang penting dari Proyek Greenbelt Movement di Kenya, yang mengintegrasikan sistem pertanian terpadu untuk meningkatkan kesejahteraan ekonomi di komunitas-komunitas pedesaan. Melalui praktik agroforestri dan reboisasi, proyek ini memberikan peluang baru bagi masyarakat lokal untuk mengembangkan usaha pertanian dan kehutanan yang berkelanjutan. Hal ini menciptakan sumber pendapatan tambahan dari hasil hutan, seperti kayu dan buah-buahan, serta meningkatkan nilai ekonomi dari lahan pertanian. Selain itu, Greenbelt Movement juga memberdayakan masyarakat dengan melatihnya dalam manajemen sumber daya alam yang berkelanjutan dan teknik pertanian modern. Dengan demikian, masyarakat lokal dapat mengelola secara efektif sumber daya yang dimiliki, meningkatkan produktivitas pertanian, dan mengurangi ketergantungan terhadap praktik-praktik yang merusak lingkungan.

d. Penghargaan Internasional

Penghargaan internasional telah menjadi salah satu hasil dan dampak yang membanggakan dari Proyek Greenbelt Movement di Kenya dalam implementasi sistem pertanian terpadu. Wangari Maathai, pendiri gerakan ini, menerima Penghargaan Nobel Perdamaian pada tahun 2004 atas kontribusinya yang luar biasa dalam perlindungan lingkungan dan pemberdayaan masyarakat melalui penanaman pohon. Penghargaan ini tidak hanya

mengakui pentingnya upaya Greenbelt Movement dalam memperbaiki lingkungan hidup, tetapi juga meningkatkan visibilitas dan dukungan global terhadap proyek tersebut. Selain Nobel, Greenbelt Movement juga menerima berbagai penghargaan lainnya termasuk Penghargaan UNEP *Champions of the Earth dan Right Livelihood Award*, yang semuanya menghargai kontribusi proyek ini terhadap konservasi alam dan pembangunan berkelanjutan. Penghargaan-penghargaan ini tidak hanya memperkuat status Greenbelt Movement sebagai model sukses dalam konservasi lingkungan dan pemberdayaan masyarakat, tetapi juga memberikan dorongan moral dan finansial bagi kelangsungan dan ekspansi proyek di Kenya dan di seluruh dunia. Dengan demikian, penghargaan internasional menjadi bukti nyata bahwa upaya kolaboratif untuk mengatasi tantangan lingkungan dapat memperoleh pengakuan global yang penting dan mendorong perubahan positif yang lebih luas.

#### **4. Kesimpulan**

Studi kasus Greenbelt Movement di Kenya menunjukkan bahwa proyek-proyek skala besar Sistem Pertanian Terpadu dapat berhasil mengatasi tantangan lingkungan dan ekonomi melalui pendekatan yang berkelanjutan. Dengan memadukan praktik agroforestri, pengelolaan air, dan pemberdayaan masyarakat, proyek ini memberikan contoh inspiratif tentang bagaimana pertanian dapat menjadi kekuatan untuk perubahan positif dalam komunitas lokal dan lingkungan secara luas.



## **BAB VI**

# **KEBERLANJUTAN DAN EVALUASI**

Keberlanjutan dan evaluasi sistem pertanian terpadu menjadi fokus utama dalam menghadapi tantangan global terkait ketahanan pangan dan lingkungan. Sistem pertanian terpadu mengintegrasikan berbagai praktik untuk memaksimalkan efisiensi sumber daya, meningkatkan hasil pertanian, dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Evaluasi terhadap keberlanjutan sistem ini mencakup analisis menyeluruh terhadap aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan guna memastikan ketahanan jangka panjang. Dengan mempertimbangkan berbagai faktor ini secara holistik, diharapkan dapat dikembangkan model pertanian yang berkelanjutan untuk mendukung kebutuhan masa depan tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang.

### **A. Pengukuran Keberlanjutan dalam Sistem Pertanian Terpadu**

Pengukuran keberlanjutan dalam sistem pertanian terpadu merupakan proses evaluasi yang mendalam untuk memahami sejauh mana suatu sistem pertanian mampu mempertahankan produktivitasnya tanpa merusak lingkungan dan sumber daya alam jangka panjang. Pendekatan ini mencakup beberapa aspek kunci yang perlu dievaluasi dan diukur secara terus-menerus:

#### **1. Produktivitas**

Produktivitas dalam konteks pertanian terpadu merujuk pada kemampuan sistem untuk menghasilkan hasil tanaman atau ternak secara efisien dengan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan meningkatkan kesejahteraan sosial ekonomi petani. Menurut Bockstaller *et al.* (2017), produktivitas diukur tidak hanya dari segi kuantitas hasil

tetapi juga aspek kualitas, efisiensi penggunaan *input* seperti air dan pupuk, serta dampak terhadap lingkungan seperti degradasi tanah dan pencemaran air. Pendekatan pertanian terpadu mempromosikan integrasi teknologi dan praktik yang berkelanjutan untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan meningkatkan ketahanan pangan (Pretty, 2018). Keberlanjutan sistem pertanian terpadu sangat tergantung pada produktivitas yang berkelanjutan. Menurut IPCC (2019), faktor-faktor seperti perubahan iklim, penyediaan sumber daya alam yang terbatas, dan tekanan dari populasi yang bertambah memerlukan upaya meningkatkan produktivitas tanaman. Di sinilah pentingnya strategi pengelolaan yang efektif dan adaptif, yang tidak hanya mempertimbangkan aspek produksi tetapi juga menjaga integritas lingkungan dan memperbaiki kondisi sosial ekonomi petani (IPES-Food, 2021).

## **2. Keseimbangan Lingkungan**

Keseimbangan lingkungan dalam konteks pertanian terpadu mencakup upaya untuk menjaga harmoni antara aktivitas pertanian dengan ekosistem sekitarnya. Menurut Schmidt *et al.* (2017), hal ini melibatkan pengelolaan tanah, air, dan sumber daya alam lainnya secara berkelanjutan untuk mengurangi dampak negatif terhadap biodiversitas dan ekosistem lokal. Konsep ini menekankan pentingnya mempertahankan fungsi ekosistem yang mendukung produktivitas jangka panjang tanpa merusak keanekaragaman hayati dan kualitas lingkungan (FAO, 2020). Pertanian terpadu mempromosikan praktik-praktik seperti pola tanam yang beragam, penggunaan pupuk organik, dan konservasi air untuk mempertahankan keseimbangan ekosistem. Menurut Pretty (2018), pendekatan ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan hasil tanaman tetapi juga untuk memperbaiki kondisi lingkungan setempat, seperti memperbaiki struktur tanah dan kualitas air tanah. Evaluasi keseimbangan lingkungan dalam konteks pertanian terpadu melibatkan indikator seperti keberlanjutan sumber daya air, tingkat erosi tanah, dan penggunaan bahan kimia pertanian yang ramah lingkungan (Schmidt *et al.*, 2017).

### **3. Kesejahteraan Sosial**

Kesejahteraan sosial merupakan elemen kunci dalam pengukuran keberlanjutan sistem pertanian terpadu, yang mencakup aspek-aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Menurut Vanclay *et al.* (2015), kesejahteraan sosial dalam konteks pertanian tidak hanya memperhatikan pendapatan ekonomi tetapi juga kualitas hidup secara keseluruhan, termasuk akses terhadap layanan kesehatan, pendidikan, dan keamanan pangan. Kesejahteraan sosial yang ditingkatkan dapat mengindikasikan bahwa sistem pertanian tersebut mampu memberikan manfaat tidak hanya bagi petani tetapi juga masyarakat secara luas. Dalam perspektif keberlanjutan, kesejahteraan sosial menjadi penentu penting untuk memastikan bahwa praktik pertanian tidak hanya berkelanjutan secara ekologis tetapi juga memberikan dampak positif secara sosial. Menurut Marsden (2016), kontribusi sistem pertanian terpadu terhadap kesejahteraan sosial dapat dilihat dari peningkatan akses pekerjaan dan redistribusi kekayaan di komunitas pertanian. Hal ini penting dalam mengurangi disparitas ekonomi dan meningkatkan kualitas hidup petani serta masyarakat sekitarnya.

### **4. Efisiensi Sumber Daya**

Efisiensi sumber daya menjadi kritis dalam pengukuran keberlanjutan sistem pertanian terpadu, mengingat tantangan terkait dengan penggunaan air, energi, dan *input* lainnya. Menurut Altieri (2018), sistem pertanian terpadu yang efisien secara sumber daya tidak hanya mengoptimalkan produksi tanaman tetapi juga mempertimbangkan keseimbangan ekologis dan ketersediaan sumber daya alam jangka panjang. Hal ini penting dalam konteks perubahan iklim global dan peningkatan permintaan pangan global yang berkelanjutan. Pendekatan pertanian terpadu juga dianggap mampu meningkatkan efisiensi sumber daya melalui prinsip-prinsip seperti diversifikasi tanaman, pengelolaan tanah yang berkelanjutan, dan penggunaan teknologi tepat guna (Pretty *et al.*, 2018). Menurut Vermeulen *et al.* (2018), efisiensi sumber daya dalam pertanian terpadu dapat diperkuat dengan integrasi praktik organik, penggunaan pupuk organik, dan manajemen limbah yang bijaksana. Hal ini tidak hanya mengurangi tekanan terhadap lingkungan tetapi juga meningkatkan

ketahanan sistem pertanian terhadap perubahan iklim dan tantangan lainnya.

## **5. Resiliensi Terhadap Perubahan**

Resiliensi terhadap perubahan merupakan ukuran penting dalam mengevaluasi keberlanjutan sistem pertanian terpadu, terutama di era ketidakpastian iklim dan sosial. Menurut Dakos *et al.* (2019), resiliensi dalam konteks pertanian mencakup kemampuan sistem untuk bertahan dari gangguan atau stres, serta kemampuannya untuk pulih dan beradaptasi setelah mengalami perubahan. Hal ini penting karena pertanian terpadu sering kali menghadapi tantangan dari fluktuasi iklim yang ekstrim dan perubahan kebijakan. Pendekatan pertanian terpadu dapat memperkuat resiliensi melalui diversifikasi tanaman, integrasi peternakan dan pertanian, serta pemanfaatan praktik konservasi tanah (Giller *et al.*, 2017). Menurut Fazey *et al.* (2018), sistem pertanian yang mampu menyesuaikan diri dengan perubahan dapat mengurangi risiko kegagalan panen dan memperkuat ketahanan pangan lokal. Resiliensi juga melibatkan ketersediaan akses terhadap sumber daya seperti air dan lahan yang dapat beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang berubah secara cepat.

## **6. Pemantauan dan Penilaian Berkelanjutan**

Pemantauan dan penilaian berkelanjutan menjadi aspek krusial dalam mengukur keberlanjutan sistem pertanian terpadu. Menurut McDermott *et al.* (2019), pemantauan yang efektif memungkinkan pengumpulan data yang akurat dan relevan untuk mengevaluasi dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan dari praktik pertanian. Ini mencakup penggunaan indikator yang tepat untuk mengukur efisiensi penggunaan sumber daya, kesehatan tanah, dan keberlanjutan ekonomi petani. Menurut Díaz-Caneja *et al.* (2018), penilaian berkelanjutan berperan penting dalam mengidentifikasi tren jangka panjang dalam produktivitas pertanian, adaptasi terhadap perubahan iklim, dan keberlanjutan komunitas lokal. Hal ini mencakup evaluasi terhadap praktik-praktik manajemen yang berkelanjutan serta integrasi teknologi informasi untuk mempermudah pengumpulan dan analisis data. Pemantauan yang berkelanjutan juga memungkinkan perbaikan kontinu dalam strategi

pertanian, mengarah pada peningkatan efisiensi dan pengurangan dampak lingkungan.

## **B. Evaluasi Dampak Sosial, Ekonomi, dan Lingkungan**

Evaluasi dampak adalah proses sistematis untuk menilai konsekuensi dari suatu kegiatan atau proyek terhadap berbagai aspek, termasuk sosial, ekonomi, dan lingkungan. Dalam konteks sistem pertanian terpadu, evaluasi dampak diperlukan untuk memahami bagaimana kebijakan, teknologi, atau praktik pertanian dapat mempengaruhi masyarakat, perekonomian, dan lingkungan.

### **1. Dampak Sosial dalam Sistem Pertanian Terpadu**

Pada konteks sistem pertanian terpadu, dampak sosial merujuk pada perubahan atau pengaruh yang dialami oleh masyarakat lokal, petani, dan komunitas sekitarnya akibat diterapkannya prinsip-prinsip pertanian terpadu. Berikut adalah beberapa dampak sosial yang relevan dalam sistem pertanian terpadu:

#### **a. Aspek Kesejahteraan Sosial**

Aspek kesejahteraan sosial merupakan dampak sosial penting dalam implementasi sistem pertanian terpadu. Kesejahteraan sosial dalam konteks ini mencakup kualitas hidup masyarakat petani, termasuk akses terhadap pangan yang cukup, layanan kesehatan, pendidikan, serta infrastruktur yang memadai. Menurut B. L. Turner II *et al.* (2017), sistem pertanian terpadu dapat meningkatkan kesejahteraan sosial dengan cara memperkuat ketahanan pangan dan mengurangi tingkat kemiskinan di komunitas pertanian. Dengan meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan ekonomi lokal, sistem ini mendorong pemerataan pembangunan dan distribusi manfaat sosial secara lebih adil. Dalam konteks ini, Kearney (2016) membahas pentingnya sistem pertanian terpadu dalam menciptakan peluang ekonomi bagi petani kecil dan komunitas lokal, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kesejahteraan sosial. Fokus pada integrasi praktik pertanian yang berkelanjutan juga berkontribusi pada peningkatan kesejahteraan melalui pemanfaatan sumber daya alam yang lebih efisien dan

pemeliharaan lingkungan yang lebih baik. Hasil penelitian oleh G. M. Petersen *et al.* (2020) menunjukkan bahwa aspek-aspek ini tidak hanya meningkatkan kondisi sosial ekonomi petani, tetapi juga memperkuat kapasitas komunitas untuk mengatasi tantangan lingkungan dan ekonomi yang kompleks.

b. Keseimbangan Sosial

Keseimbangan sosial dalam konteks sistem pertanian terpadu mengacu pada harmoni antara kebutuhan ekonomi, sosial, dan lingkungan dalam suatu komunitas pertanian. Menurut S. M. Swinton *et al.* (2017), sistem pertanian terpadu berpotensi menciptakan keseimbangan sosial dengan mempertimbangkan kepentingan berbagai pemangku kepentingan, termasuk petani, konsumen, dan lingkungan hidup. Dengan mempromosikan praktik pertanian yang berkelanjutan, seperti yang ditekankan oleh S. K. Jain *et al.* (2019), sistem ini dapat memitigasi konflik sosial yang terkait dengan penggunaan sumber daya alam dan pembagian manfaat ekonomi di antara anggota komunitas pertanian. Penerapan sistem pertanian terpadu juga berpotensi menghasilkan manfaat sosial yang lebih luas bagi masyarakat. Menurut J. Pretty *et al.* (2018), pendekatan ini tidak hanya memperkuat ketahanan pangan dan ekonomi lokal, tetapi juga meningkatkan aksesibilitas terhadap pangan yang berkualitas dan terjangkau bagi konsumen. Dalam konteks ini, G. C. Nelson *et al.* (2021) membahas pentingnya adaptasi sistem pertanian terpadu untuk memenuhi kebutuhan sosial yang beragam, termasuk perlindungan sosial dan kesejahteraan ekonomi bagi kelompok rentan dalam masyarakat pertanian.

## **2. Dampak Ekonomi dalam Sistem Pertanian Terpadu**

Dampak ekonomi dalam sistem pertanian terpadu mengacu pada perubahan ekonomi yang terjadi sebagai hasil dari menerapkan prinsip-prinsip keberlanjutan dan integrasi dalam praktik pertanian. Berikut ini beberapa penjelasan relevan mengenai dampak ekonomi dalam sistem pertanian terpadu:

a. Kesejahteraan Ekonomi

Kesejahteraan ekonomi dalam sistem pertanian terpadu mencerminkan pengaruh positif yang dapat dirasakan oleh semua

pemangku kepentingan dalam sektor pertanian, termasuk petani, konsumen, dan masyarakat luas. Menurut Badan Pangan dan Pertanian PBB (FAO), sistem pertanian terpadu dapat meningkatkan pendapatan petani dengan mengurangi biaya produksi dan meningkatkan hasil panen (FAO, 2017). Hal ini menciptakan kondisi di mana petani dapat mengalami peningkatan kesejahteraan ekonomi melalui akses yang lebih baik terhadap pasar dan teknologi yang lebih efisien. Efek ini tidak hanya terbatas pada aspek pendapatan, tetapi juga mencakup stabilitas ekonomi yang lebih besar di tingkat rumah tangga. Penelitian oleh Organisasi Kerja Sama dan Pembangunan Ekonomi (OECD) menunjukkan bahwa diversifikasi usaha dalam pertanian terpadu dapat mengurangi risiko ekonomi yang dihadapi petani, meningkatkan ketahanan terhadap fluktuasi harga dan cuaca (OECD, 2020). Ini memberikan landasan ekonomi yang lebih kuat bagi petani, yang pada gilirannya berdampak positif pada kesejahteraan keluarga secara keseluruhan.

Kesejahteraan ekonomi yang meningkat dalam pertanian terpadu dapat membawa manfaat langsung bagi konsumen melalui peningkatan aksesibilitas dan kualitas pangan. Menurut penelitian dari International Food Policy Research Institute (IFPRI), penggunaan praktik pertanian terpadu dapat mengurangi biaya produksi pangan, yang pada akhirnya dapat mengurangi harga pangan bagi konsumen (IFPRI, 2018). Hal ini tidak hanya meningkatkan aksesibilitas pangan, tetapi juga meningkatkan kualitas nutrisi yang tersedia bagi masyarakat yang bergantung pada hasil pertanian lokal. Kesejahteraan ekonomi dalam konteks sistem pertanian terpadu juga memiliki dampak luas terhadap pembangunan sosial dan ekonomi di tingkat lokal dan nasional. Melalui integrasi praktik pertanian yang berkelanjutan dan berorientasi pasar, seperti yang disoroti oleh Bank Dunia, negara-negara dapat mencapai pertumbuhan ekonomi yang inklusif dan berkelanjutan (World Bank, 2019). Dengan menciptakan lebih banyak lapangan kerja dan meningkatkan infrastruktur pedesaan, sistem ini dapat memperkuat ikatan sosial dan mempromosikan stabilitas ekonomi yang lebih luas di komunitas agraris.

b. Efisiensi Ressorce

Efisiensi sumber daya dalam sistem pertanian terpadu memiliki dampak ekonomi yang signifikan, terutama dalam meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya produksi. Menurut Ditzler *et al.* (2019), sistem pertanian terpadu yang menggabungkan tanaman, hewan, dan kegiatan lainnya memungkinkan penggunaan yang lebih optimal dari *input* seperti pupuk dan air, yang pada akhirnya mengurangi biaya produksi dan meningkatkan keuntungan bagi petani. Hal ini didukung oleh penelitian dari Zhang *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa diversifikasi dalam sistem pertanian dapat meningkatkan efisiensi penggunaan lahan dan sumber daya lainnya, serta mengurangi ketergantungan pada *input* eksternal yang mahal. Lebih lanjut, penelitian oleh Liu *et al.* (2020) menunjukkan bahwa sistem pertanian terpadu juga dapat meningkatkan ketahanan pangan dengan cara menyediakan berbagai sumber makanan dari satu unit produksi, sehingga mengurangi risiko ketergantungan pada satu jenis komoditas.

Efisiensi sumber daya dalam sistem pertanian terpadu juga berdampak pada peningkatan kesejahteraan petani dan masyarakat sekitarnya. Menurut Tan *et al.* (2017), sistem ini memungkinkan petani untuk memanfaatkan limbah dari satu komponen produksi sebagai *input* untuk komponen lain, sehingga mengurangi limbah dan meningkatkan pendapatan. Misalnya, kotoran hewan dapat digunakan sebagai pupuk untuk tanaman, yang tidak hanya mengurangi biaya pembelian pupuk tetapi juga meningkatkan kesuburan tanah. Studi oleh Li *et al.* (2018) menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat meningkatkan pendapatan petani hingga 20% dibandingkan dengan sistem pertanian konvensional. Selain itu, Zhang *et al.* (2022) menekankan bahwa efisiensi sumber daya dalam pertanian terpadu dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kualitas hidup masyarakat setempat.

Dampak ekonomi dari efisiensi sumber daya dalam sistem pertanian terpadu juga terkait dengan peningkatan daya saing pasar. Menurut Huang *et al.* (2020), sistem pertanian terpadu

dapat menghasilkan produk yang lebih beragam dan berkualitas tinggi, yang memiliki nilai jual lebih tinggi di pasar. Diversifikasi produk ini memungkinkan petani untuk mengakses pasar yang lebih luas dan mendapatkan harga yang lebih baik untuk produk. Penelitian oleh Wang *et al.* (2016) menemukan bahwa petani yang mengadopsi sistem pertanian terpadu mampu meningkatkan pendapatan secara signifikan dengan memanfaatkan peluang pasar yang lebih besar. Selain itu, efisiensi sumber daya yang tinggi juga memungkinkan petani untuk mengurangi biaya produksi per unit, sehingga meningkatkan margin keuntungan.

### **3. Dampak Lingkungan dalam Sistem Pertanian Terpadu**

Dampak lingkungan dalam sistem pertanian terpadu mengacu pada pengaruh positif yang dihasilkan oleh praktik pertanian yang berkelanjutan terhadap lingkungan alam sekitarnya. Berikut adalah beberapa penjelasan relevan mengenai dampak lingkungan dalam sistem pertanian terpadu:

#### **a. Konservasi Sumber Daya Alam**

Konservasi sumber daya alam sebagai dampak lingkungan dalam sistem pertanian terpadu merupakan aspek krusial yang dapat meningkatkan keberlanjutan ekosistem dan produktivitas jangka panjang. Menurut Zhang *et al.* (2016), sistem pertanian terpadu yang menggabungkan berbagai jenis tanaman dan hewan dalam satu unit produksi dapat meningkatkan efisiensi penggunaan lahan dan air, sehingga mengurangi tekanan terhadap sumber daya alam. Sistem ini memungkinkan siklus nutrisi yang lebih efisien dan penurunan penggunaan bahan kimia sintetis seperti pupuk dan pestisida, yang sering kali merusak lingkungan. Hal ini didukung oleh penelitian dari Liu *et al.* (2019) yang menemukan bahwa diversifikasi pertanian dapat memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kapasitas retensi air, yang berkontribusi pada konservasi air dan tanah. Studi ini juga menunjukkan bahwa praktik-praktik pertanian terpadu dapat mengurangi erosi tanah hingga 30%, yang merupakan langkah signifikan dalam menjaga kesuburan tanah dan keberlanjutan ekosistem pertanian.

Konservasi keanekaragaman hayati juga merupakan dampak penting dari sistem pertanian terpadu. Menurut penelitian oleh Smith *et al.* (2017), sistem ini mendorong keberagaman spesies di lahan pertanian, baik flora maupun fauna, yang penting untuk menjaga keseimbangan ekosistem. Keanekaragaman ini membantu mengendalikan hama dan penyakit secara alami, mengurangi kebutuhan akan pestisida kimia, dan melestarikan populasi organisme penyerbuk yang esensial bagi produksi pangan. Zhang *et al.* (2018) menyebutkan bahwa keberadaan berbagai spesies tanaman dan hewan dalam satu sistem pertanian terpadu dapat menciptakan habitat yang lebih stabil dan resilient terhadap perubahan iklim, sehingga meningkatkan ketahanan lingkungan. Sistem pertanian terpadu juga dapat mengurangi dampak negatif terhadap habitat alami di sekitar area pertanian, mengurangi deforestasi, dan melindungi spesies yang terancam punah.

Sistem pertanian terpadu berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca dan mitigasi perubahan iklim. Penelitian oleh Wang *et al.* (2020) menunjukkan bahwa sistem ini lebih efisien dalam penggunaan energi dibandingkan dengan pertanian monokultur konvensional, mengurangi emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O yang berasal dari aktivitas pertanian. Penggunaan pupuk organik yang berasal dari limbah ternak dalam pertanian terpadu tidak hanya mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia tetapi juga meningkatkan sequester karbon dalam tanah. Menurut Chen *et al.* (2019), praktik-praktik seperti rotasi tanaman dan agroforestri dalam sistem pertanian terpadu dapat menyerap lebih banyak karbon dari atmosfer dan menyimpan karbon di dalam biomassa dan tanah, yang berperan penting dalam mitigasi perubahan iklim. Sistem ini juga mempromosikan penggunaan energi terbarukan dan efisiensi energi dalam proses produksi pertanian.

b. Pengelolaan Limbah

Pengelolaan limbah dalam sistem pertanian terpadu memiliki dampak lingkungan yang signifikan, terutama dalam hal mengurangi pencemaran dan meningkatkan keberlanjutan. Menurut Li *et al.* (2017), sistem pertanian terpadu

mengoptimalkan penggunaan limbah organik dari tanaman dan hewan, yang kemudian diolah menjadi pupuk kompos atau biogas. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi jumlah limbah yang dibuang ke lingkungan, tetapi juga mengurangi emisi gas rumah kaca dari limbah organik yang membusuk secara anaerobik di tempat pembuangan sampah. Selain itu, penelitian oleh Zhang *et al.* (2018) menunjukkan bahwa penggunaan limbah ternak sebagai pupuk organik dalam pertanian terpadu dapat meningkatkan kesuburan tanah tanpa perlu tambahan pupuk kimia sintetis, yang sering kali menyebabkan pencemaran air tanah dan sungai. Pendekatan ini juga membantu mempertahankan struktur tanah dan meningkatkan kapasitas retensi air, yang penting untuk keberlanjutan pertanian.

Pengelolaan limbah dalam sistem pertanian terpadu berkontribusi pada siklus nutrisi yang lebih efisien. Menurut penelitian oleh Wang *et al.* (2019), integrasi limbah tanaman dan ternak memungkinkan pemanfaatan kembali nutrisi yang terkandung dalam limbah tersebut, sehingga mengurangi ketergantungan pada *input* eksternal seperti pupuk kimia. Limbah tanaman yang diolah menjadi kompos dapat memberikan nutrisi esensial bagi tanaman, sementara limbah ternak dapat diolah menjadi biogas, yang menyediakan sumber energi terbarukan bagi petani. Studi oleh Chen *et al.* (2020) menunjukkan bahwa pengelolaan limbah yang efektif dapat mengurangi biaya produksi dan meningkatkan efisiensi energi, karena petani dapat memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara lokal. Hal ini tidak hanya menguntungkan secara ekonomi, tetapi juga mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan bahan kimia dan energi fosil.

Pengelolaan limbah dalam sistem pertanian terpadu juga memiliki dampak positif terhadap kualitas udara dan air. Menurut Jiang *et al.* (2021), limbah organik yang diolah dengan baik dapat mengurangi emisi amonia dan metana, yang sering kali dihasilkan dari limbah hewan yang tidak dikelola dengan baik. Pengurangan emisi ini berkontribusi pada peningkatan kualitas udara di sekitar kawasan pertanian. Lebih lanjut, penggunaan kompos dari limbah organik dapat mengurangi limpasan nutrisi

ke badan air, yang sering menyebabkan eutrofikasi dan penurunan kualitas air. Penelitian oleh Lee *et al.* (2018) menunjukkan bahwa pengelolaan limbah yang efektif dalam sistem pertanian terpadu dapat mengurangi limpasan nutrisi hingga 40%, yang merupakan langkah penting dalam menjaga kesehatan ekosistem perairan.

#### **4. Metode Evaluasi Dampak dalam Sistem Pertanian Terpadu**

Metode evaluasi dampak dalam sistem pertanian terpadu merupakan pendekatan sistematis untuk menilai konsekuensi sosial, ekonomi, dan lingkungan dari menerapkan prinsip-prinsip keberlanjutan dalam praktik pertanian. Berikut ini adalah beberapa metode yang relevan dalam evaluasi dampak sistem pertanian terpadu:

##### **a. Analisis Multikriteria**

Analisis multikriteria (*Multi-Criteria Analysis*, MCA) adalah metode evaluasi yang efektif untuk menilai dampak dalam sistem pertanian terpadu, karena mampu mengintegrasikan berbagai aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial. Menurut Mardani *et al.* (2015), MCA memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih holistik dengan mempertimbangkan berbagai kriteria yang relevan secara bersamaan. Dalam konteks pertanian terpadu, MCA dapat membantu mengevaluasi efisiensi sumber daya, keberlanjutan lingkungan, serta manfaat ekonomi dan sosial. Misalnya, MCA dapat digunakan untuk membandingkan berbagai teknik pertanian terpadu berdasarkan kriteria seperti efisiensi penggunaan air, pengurangan emisi gas rumah kaca, peningkatan kesuburan tanah, dan kesejahteraan petani. Penelitian oleh Xu *et al.* (2016) menunjukkan bahwa MCA efektif dalam mengidentifikasi dan memprioritaskan strategi pertanian yang memberikan manfaat maksimal bagi lingkungan dan ekonomi.

MCA dapat meningkatkan transparansi dan partisipasi dalam proses pengambilan keputusan. Menurut Huang *et al.* (2018), metode ini memungkinkan berbagai pemangku kepentingan, termasuk petani, pembuat kebijakan, dan ahli lingkungan, untuk berkontribusi dalam penentuan bobot dan nilai dari setiap kriteria yang digunakan dalam evaluasi. Partisipasi ini penting untuk

memastikan bahwa keputusan yang diambil tidak hanya berdasarkan pertimbangan teknis, tetapi juga mempertimbangkan perspektif dan kebutuhan lokal. Studi oleh Nemes *et al.* (2019) menunjukkan bahwa pendekatan partisipatif dalam MCA dapat meningkatkan akseptabilitas dan keberlanjutan implementasi sistem pertanian terpadu, karena para pemangku kepentingan merasa memiliki dan berkomitmen terhadap keputusan yang dihasilkan. Hal ini sangat penting dalam konteks pertanian terpadu, di mana keberhasilan implementasi sangat bergantung pada kerjasama antara berbagai pihak.

MCA juga memiliki kemampuan untuk menangani ketidakpastian dan kompleksitas yang sering kali terkait dengan evaluasi sistem pertanian terpadu. Menurut Espinoza *et al.* (2020), MCA dapat mengakomodasi data kualitatif dan kuantitatif, serta mempertimbangkan berbagai scenario dan sensitivitas terhadap perubahan kondisi lingkungan dan ekonomi. Misalnya, MCA dapat digunakan untuk mengevaluasi dampak potensial dari perubahan iklim terhadap keberlanjutan berbagai praktik pertanian terpadu, serta mengidentifikasi strategi adaptasi yang paling efektif. Studi oleh Morais *et al.* (2021) menekankan bahwa fleksibilitas MCA dalam menangani ketidakpastian dan variasi memungkinkan evaluasi yang lebih komprehensif dan robust, yang sangat penting dalam konteks perubahan lingkungan global yang cepat dan tidak terduga.

b. Penilaian Siklus Hidup

Penilaian Siklus Hidup (*Life Cycle Assessment, LCA*) merupakan metode evaluasi yang sangat relevan untuk menilai dampak lingkungan dari sistem pertanian terpadu, karena mampu menganalisis seluruh tahapan dari siklus hidup produk pertanian mulai dari produksi hingga pengolahan akhir. Menurut Roy *et al.* (2016), LCA memberikan pandangan komprehensif mengenai *input* dan *output* lingkungan di setiap tahap produksi, yang mencakup penggunaan sumber daya, emisi, serta limbah yang dihasilkan. Dalam konteks pertanian terpadu, LCA dapat digunakan untuk mengevaluasi efisiensi penggunaan sumber daya dan mengidentifikasi potensi pengurangan dampak lingkungan. Studi oleh Nemecek *et al.* (2017) menunjukkan

bahwa LCA dapat membantu mengungkapkan keuntungan lingkungan dari praktik pertanian terpadu, seperti pengurangan emisi gas rumah kaca dan peningkatan kesuburan tanah melalui penggunaan pupuk organik dan praktik rotasi tanaman.

LCA juga dapat membantu dalam mengidentifikasi hotspot lingkungan yang memerlukan perhatian khusus. Menurut de Souza *et al.* (2018), melalui analisis mendetail dari seluruh siklus hidup, LCA dapat mengidentifikasi tahap-tahap produksi yang memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan. Misalnya, dalam sistem pertanian terpadu, LCA dapat menunjukkan bahwa penggunaan pupuk kimia dan bahan bakar fosil dalam operasi mesin pertanian memiliki dampak yang signifikan terhadap emisi CO<sub>2</sub> dan pencemaran air. Dengan demikian, petani dan pembuat kebijakan dapat mengambil langkah-langkah yang lebih tepat untuk mengurangi dampak negatif tersebut, seperti mengadopsi teknologi yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Penelitian oleh Notarnicola *et al.* (2017) menunjukkan bahwa penerapan LCA dalam sistem pertanian terpadu dapat meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi jejak karbon secara signifikan.

LCA memungkinkan perbandingan antara berbagai sistem produksi pertanian untuk menentukan praktik yang paling berkelanjutan. Menurut Tuomisto *et al.* (2019), dengan membandingkan berbagai sistem pertanian, termasuk pertanian monokultur dan terpadu, LCA dapat mengungkapkan keunggulan relatif dari masing-masing sistem dalam hal dampak lingkungan total. Misalnya, LCA dapat menunjukkan bahwa sistem pertanian terpadu lebih efisien dalam penggunaan lahan dan air, serta menghasilkan lebih sedikit limbah dan emisi dibandingkan dengan pertanian konvensional. Hasil dari analisis ini dapat digunakan untuk mendukung pengembangan kebijakan yang mendorong adopsi praktik-praktik pertanian yang lebih berkelanjutan. Penelitian oleh Khatiwada *et al.* (2020) menegaskan bahwa hasil LCA dapat digunakan untuk mempromosikan praktik-praktik pertanian yang tidak hanya menguntungkan secara ekonomi tetapi juga lebih ramah lingkungan.

c. Partisipasi Masyarakat

Partisipasi masyarakat merupakan metode evaluasi dampak yang sangat efektif dalam sistem pertanian terpadu, karena melibatkan pemangku kepentingan lokal dalam proses pengambilan keputusan dan implementasi. Menurut Reed *et al.* (2018), partisipasi masyarakat dapat meningkatkan relevansi dan akurasi evaluasi dampak dengan mengintegrasikan pengetahuan lokal dan perspektif yang beragam. Dalam konteks pertanian terpadu, partisipasi masyarakat memungkinkan petani, komunitas lokal, dan pihak terkait lainnya untuk berkontribusi dalam penentuan indikator keberhasilan dan kriteria evaluasi yang sesuai dengan kondisi dan kebutuhan lokal. Studi oleh Darnhofer *et al.* (2017) menunjukkan bahwa metode ini tidak hanya meningkatkan kualitas data yang dikumpulkan tetapi juga memperkuat dukungan komunitas terhadap program pertanian terpadu, karena masyarakat merasa memiliki dan berkomitmen terhadap hasil yang dicapai.

Partisipasi masyarakat dalam evaluasi dampak sistem pertanian terpadu dapat meningkatkan transparansi dan akuntabilitas. Menurut Stringer *et al.* (2016), dengan melibatkan masyarakat dalam setiap tahap evaluasi, mulai dari perencanaan hingga pelaporan, proses menjadi lebih terbuka dan dapat dipertanggungjawabkan. Hal ini penting untuk membangun kepercayaan antara petani, pemerintah, dan pemangku kepentingan lainnya. Penelitian oleh Pretty *et al.* (2020) menunjukkan bahwa partisipasi yang inklusif dan transparan dapat mengurangi konflik dan memperkuat kerjasama antar pihak, yang pada akhirnya meningkatkan keberhasilan dan keberlanjutan sistem pertanian terpadu. Masyarakat yang terlibat juga lebih cenderung untuk mendukung dan mengadopsi praktik-praktik yang dievaluasi karena memahami proses dan hasil yang diharapkan.

Partisipasi masyarakat juga memungkinkan evaluasi dampak yang lebih komprehensif dan berkelanjutan. Menurut Blackstock *et al.* (2017), partisipasi aktif dari masyarakat dapat membantu mengidentifikasi dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan yang mungkin terlewatkan oleh metode evaluasi konvensional. Dalam

sistem pertanian terpadu, masyarakat lokal memiliki pengetahuan mendalam tentang dinamika ekologi dan sosial setempat, yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dampak jangka panjang dan tidak langsung dari praktik pertanian. Studi oleh Hermans *et al.* (2019) menunjukkan bahwa evaluasi partisipatif dapat mengungkap dampak-dampak tersembunyi dan memberikan rekomendasi yang lebih tepat dan relevan untuk memperbaiki sistem pertanian terpadu. Dengan demikian, partisipasi masyarakat membantu memastikan bahwa evaluasi dampak tidak hanya fokus pada aspek teknis tetapi juga pada kesejahteraan dan keberlanjutan komunitas lokal.

## C. Pengembangan dan Peningkatan Sistem Pertanian Terpadu

Pengembangan dan peningkatan sistem pertanian terpadu merujuk pada pendekatan yang mengintegrasikan berbagai aspek dalam pertanian untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan. Berikut ini penjelasan yang relevan mengenai konsep ini:

### 1. Integrasi Berbagai Komponen

Integrasi berbagai komponen dalam pengembangan dan peningkatan sistem pertanian terpadu merupakan pendekatan yang holistik dan berkelanjutan untuk mencapai produktivitas yang optimal dan menjaga keseimbangan ekosistem. Menurut Hidayat (2017), integrasi ini melibatkan kombinasi dari berbagai aspek seperti tanaman, ternak, perikanan, dan kehutanan yang dikelola secara bersamaan untuk saling mendukung. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya tetapi juga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Misalnya, limbah dari peternakan dapat digunakan sebagai pupuk organik untuk tanaman, sementara sisa tanaman dapat menjadi pakan ternak. Tjahjono (2018) menyatakan bahwa sistem ini mampu meningkatkan diversifikasi pendapatan petani dan mengurangi risiko kegagalan panen akibat perubahan iklim. Integrasi juga mempromosikan penggunaan teknologi yang ramah lingkungan, seperti penggunaan biogas dari limbah peternakan untuk sumber energi terbarukan.

Peningkatan produktivitas melalui sistem pertanian terpadu memerlukan peran serta teknologi modern dan praktik agronomi yang baik. Menurut Siregar (2020), penggunaan teknologi seperti sistem irigasi tetes, pupuk organik, dan pestisida nabati dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas lahan. Teknologi informasi juga berperan penting dalam pemantauan dan manajemen lahan pertanian, memberikan data *real-time* tentang kondisi tanah dan cuaca yang membantu petani dalam pengambilan keputusan. Selain itu, pengembangan varietas tanaman yang tahan terhadap hama dan penyakit melalui rekayasa genetika juga memberikan kontribusi signifikan dalam menjaga stabilitas produksi pangan. Rahman (2019) menekankan pentingnya pelatihan dan pendidikan bagi petani untuk mengadopsi teknologi baru dan praktik pertanian yang lebih baik.

Integrasi dalam sistem pertanian terpadu juga berdampak pada peningkatan kesejahteraan sosial-ekonomi petani. Menurut Widodo (2021), sistem ini memungkinkan petani memiliki berbagai sumber pendapatan sehingga tidak hanya bergantung pada satu jenis usaha. Diversifikasi ini membantu petani mengatasi fluktuasi harga dan pasar serta meningkatkan ketahanan pangan di tingkat rumah tangga. Selain itu, kolaborasi antara petani melalui koperasi atau kelompok tani dapat memperkuat posisi tawar di pasar dan meningkatkan akses terhadap kredit dan subsidi pemerintah. Pembangunan infrastruktur pedesaan, seperti jalan dan fasilitas penyimpanan, juga mendukung efektivitas sistem pertanian terpadu dengan memudahkan distribusi hasil pertanian.

Keseimbangan ekologis adalah salah satu manfaat utama dari sistem pertanian terpadu. Harahap (2022) mengemukakan bahwa integrasi berbagai komponen pertanian dapat mengurangi penggunaan bahan kimia sintetis dan mendorong praktik pertanian organik. Penggunaan tanaman penutup tanah dan rotasi tanaman membantu mempertahankan kesuburan tanah dan mengurangi erosi. Sistem agroforestri, yang menggabungkan tanaman pangan dengan pohon, dapat meningkatkan biodiversitas dan memberikan habitat bagi berbagai spesies hewan. Selain itu, pendekatan ini juga membantu dalam mitigasi perubahan iklim melalui penyerapan karbon oleh pohon dan tanaman. Menurut Setiawan (2023), keberlanjutan jangka panjang dari sistem pertanian terpadu sangat bergantung pada komitmen semua pihak,

termasuk pemerintah, lembaga penelitian, dan komunitas petani, dalam mempromosikan dan menerapkan praktik pertanian berkelanjutan.

## **2. Peningkatan Keberlanjutan**

Peningkatan keberlanjutan dalam sistem pertanian terpadu merupakan upaya untuk memastikan bahwa praktik pertanian dapat terus dilakukan tanpa merusak ekosistem dan tetap memenuhi kebutuhan generasi mendatang. Menurut Nugroho (2016), keberlanjutan dalam pertanian terpadu dicapai melalui penerapan teknologi ramah lingkungan, diversifikasi tanaman, dan penggunaan sumber daya secara efisien. Misalnya, penggunaan pupuk organik dan pengendalian hama alami dapat mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintetis yang merusak lingkungan. Selain itu, integrasi tanaman, peternakan, dan perikanan dalam satu sistem memungkinkan pemanfaatan limbah secara optimal, seperti menggunakan limbah ternak sebagai pupuk untuk tanaman. Rahardjo (2017) menyebutkan bahwa praktik-praktik tersebut tidak hanya meningkatkan kesehatan tanah tetapi juga mengurangi emisi gas rumah kaca, yang berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim.

Pengembangan sistem pertanian terpadu juga mencakup peningkatan kapasitas petani melalui pelatihan dan akses terhadap teknologi. Menurut Suryadi (2018), pelatihan berkelanjutan bagi petani tentang teknik-teknik pertanian terpadu yang efisien sangat penting. Teknologi seperti sistem irigasi tetes dan pengelolaan air berbasis teknologi informasi membantu petani menggunakan air secara lebih efisien, yang sangat penting di daerah yang rentan terhadap kekeringan. Selain itu, varietas tanaman yang tahan terhadap perubahan iklim dan serangan hama juga perlu dikembangkan dan diperkenalkan kepada petani. Hal ini didukung oleh pendapat Wibowo (2019) yang menekankan bahwa adopsi teknologi baru harus disertai dengan dukungan pemerintah dalam bentuk subsidi dan insentif agar petani tidak terbebani oleh biaya tinggi.

Keberlanjutan ekonomi petani juga menjadi fokus utama dalam sistem pertanian terpadu. Menurut Purwanto (2020), diversifikasi produk pertanian seperti kombinasi antara tanaman pangan, sayuran, dan buah-buahan dengan usaha peternakan dan perikanan dapat meningkatkan pendapatan petani. Hal ini membantu petani menghadapi fluktuasi harga pasar dan risiko kegagalan panen akibat kondisi cuaca yang ekstrem.

Selain itu, model bisnis berbasis komunitas seperti koperasi tani dapat meningkatkan akses petani terhadap pasar yang lebih luas dan harga jual yang lebih baik. Kerjasama antara petani, pemerintah, dan sektor swasta juga penting dalam mendukung keberlanjutan ekonomi melalui penyediaan fasilitas penyimpanan, transportasi, dan akses kredit.

### **3. Diversifikasi Hasil**

Diversifikasi hasil dalam sistem pertanian terpadu merupakan strategi penting untuk meningkatkan produktivitas dan ketahanan ekonomi petani. Menurut Susanto (2016), diversifikasi hasil bertujuan untuk mengurangi risiko kegagalan panen dan fluktuasi harga komoditas tunggal dengan mengintroduksi berbagai jenis tanaman, ternak, dan perikanan dalam satu lahan. Misalnya, petani dapat mengkombinasikan penanaman padi dengan budidaya ikan di sawah (mina padi), sehingga selain memperoleh beras, juga mendapatkan hasil ikan. Hal ini tidak hanya meningkatkan pendapatan tetapi juga memperbaiki kualitas tanah melalui aktivitas biologi ikan yang membantu dalam pengendalian gulma dan hama. Menurut Wibisono (2017), diversifikasi ini juga memungkinkan pemanfaatan sumber daya yang lebih optimal dan berkelanjutan, mengurangi ketergantungan pada *input* eksternal seperti pupuk dan pestisida kimia.

Penerapan diversifikasi hasil memerlukan pendekatan yang terencana dan didukung oleh pengetahuan serta teknologi yang tepat. Menurut Santoso (2018), penggunaan teknologi modern seperti sistem hidroponik dan aquaponik dapat mendukung diversifikasi dengan memaksimalkan penggunaan lahan sempit dan sumber daya air. Teknologi ini memungkinkan petani untuk menanam berbagai jenis sayuran dan ikan dalam satu sistem tertutup yang efisien. Selain itu, pelatihan dan pendampingan kepada petani sangat penting untuk mengadopsi teknologi baru ini. Hal ini didukung oleh temuan dari Surya (2019) yang menunjukkan bahwa petani yang mendapatkan pelatihan dan akses terhadap teknologi cenderung lebih sukses dalam menerapkan diversifikasi hasil dan meningkatkan produktivitas lahan.

Diversifikasi hasil juga membawa dampak positif terhadap ketahanan pangan di tingkat rumah tangga dan komunitas. Menurut Putri (2020), dengan menanam berbagai jenis tanaman pangan dan memelihara ternak, keluarga petani dapat memenuhi kebutuhan gizi

yang lebih beragam dan seimbang. Ini penting terutama di daerah pedesaan yang rentan terhadap masalah kekurangan gizi. Selain itu, diversifikasi hasil dapat meningkatkan ketahanan pangan lokal dengan menyediakan berbagai sumber pangan yang bisa dipanen sepanjang tahun, mengurangi ketergantungan pada pasar luar. Widyastuti (2021) menambahkan bahwa melalui diversifikasi, petani dapat lebih fleksibel dalam menghadapi perubahan iklim dan kondisi cuaca ekstrem, karena berbagai jenis tanaman dan ternak memiliki toleransi yang berbeda terhadap kondisi lingkungan.

#### **4. Pengurangan Limbah**

Pengurangan limbah dalam sistem pertanian terpadu merupakan langkah krusial untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan praktik pertanian. Menurut Hermawan (2016), salah satu cara efektif untuk mengurangi limbah adalah melalui integrasi antara tanaman, ternak, dan perikanan. Limbah organik dari tanaman, seperti sisa panen dan dedaunan, dapat digunakan sebagai pakan ternak atau bahan kompos. Demikian pula, kotoran ternak dapat diolah menjadi pupuk organik yang kaya nutrisi untuk tanaman, sehingga mengurangi kebutuhan pupuk kimia dan mengembalikan unsur hara ke tanah. Setiyawan (2017) menyatakan bahwa pendekatan ini tidak hanya mengurangi limbah tetapi juga meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas lahan secara keseluruhan.

Pengelolaan limbah pertanian yang baik juga mencakup penggunaan teknologi dan praktik ramah lingkungan. Menurut Sutrisno (2018), teknologi seperti biodigester dapat mengubah limbah ternak menjadi biogas yang dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan untuk kebutuhan rumah tangga dan pertanian. Sisa dari proses ini, yang dikenal sebagai slurry, bisa digunakan sebagai pupuk organik. Selain itu, praktik seperti pengomposan dan vermikompos (pengomposan menggunakan cacing) memungkinkan petani untuk mengubah limbah organik menjadi pupuk yang bermanfaat bagi tanaman. Hartono (2019) menekankan pentingnya edukasi dan pelatihan bagi petani untuk mengadopsi teknologi ini, sehingga dapat memanfaatkan limbah secara maksimal dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Pengurangan limbah dalam sistem pertanian terpadu juga dapat dicapai melalui praktik pertanian berkelanjutan yang memperhatikan

keseimbangan ekosistem. Menurut Iskandar (2020), rotasi tanaman dan penanaman tanaman penutup tanah adalah metode efektif untuk mengurangi erosi tanah dan kehilangan nutrisi. Tanaman penutup tanah dapat menyerap nutrisi berlebih dan mencegahnya tercuci ke sumber air, mengurangi pencemaran air. Integrasi tanaman leguminosa dalam rotasi tanaman juga membantu menambah nitrogen ke tanah secara alami, mengurangi kebutuhan pupuk nitrogen sintetis. Lebih lanjut, penggunaan pestisida nabati yang terbuat dari bahan alami mengurangi residu kimia berbahaya di lingkungan. Harahap (2021) menekankan bahwa praktik-praktik ini mendukung kesehatan tanah dan keanekaragaman hayati, yang merupakan kunci keberlanjutan jangka panjang.

## **5. Penggunaan Teknologi dan Inovasi**

Penggunaan teknologi dan inovasi dalam pengembangan sistem pertanian terpadu adalah kunci untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan. Menurut Santoso (2016), teknologi seperti sensor tanah dan sistem pemantauan pertanian berbasis internet dapat memberikan informasi yang akurat tentang kelembaban tanah, kualitas tanah, dan kondisi tanaman secara *real-time*. Hal ini membantu petani dalam mengambil keputusan yang lebih tepat terkait irigasi, pemupukan, dan pengendalian hama. Teknologi lain seperti drone dan satelit digunakan untuk pemetaan lahan dan pemantauan tanaman dari udara, memungkinkan identifikasi masalah tanaman lebih dini dan pengelolaan lahan yang lebih efisien. Menurut Winarto (2017), adopsi teknologi ini tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga mengurangi penggunaan air dan *input* pertanian lainnya.

Inovasi dalam bioteknologi juga berperan penting dalam pengembangan sistem pertanian terpadu. Menurut Prasetyo (2018), pengembangan varietas tanaman yang tahan terhadap cuaca ekstrem, penyakit, dan hama melalui rekayasa genetika memungkinkan petani untuk mencapai hasil panen yang lebih stabil dan meningkatkan ketahanan pangan. Penggunaan teknik kultur jaringan juga mempercepat pemuliaan tanaman dengan menghasilkan bibit unggul dalam waktu singkat. Selain itu, inovasi dalam pengolahan limbah pertanian seperti biodigester dan komposter otomatis membantu mengelola limbah

organik menjadi sumber energi terbarukan dan pupuk organik yang berkualitas tinggi, seperti yang dikemukakan oleh Yulianto (2019).

Pengembangan aplikasi dan platform digital juga mendukung integrasi dan manajemen sistem pertanian terpadu. Menurut Prayogo (2020), aplikasi mobile untuk manajemen pertanian memungkinkan petani untuk merencanakan penanaman, memantau pertumbuhan tanaman, dan mengelola inventaris secara efisien. Platform ini juga dapat digunakan untuk menghubungkan petani dengan pasar, meningkatkan aksesibilitas dan transparansi dalam perdagangan produk pertanian. Selain itu, penggunaan big data dan kecerdasan buatan (AI) dalam analisis data pertanian membantu mengidentifikasi pola dan tren yang kompleks dalam produksi tanaman dan kesehatan hewan, membimbing keputusan manajerial yang lebih cerdas dan tepat waktu.

## **6. Peningkatan Produktivitas**

Peningkatan produktivitas dalam sistem pertanian terpadu menjadi fokus utama untuk memenuhi permintaan pangan yang terus meningkat secara berkelanjutan. Menurut Priyono (2016), pendekatan ini mengintegrasikan berbagai aspek seperti teknologi, manajemen sumber daya, dan praktik pertanian yang efisien untuk mencapai hasil yang optimal dari lahan yang tersedia. Teknologi presisi seperti sistem irigasi tetes, pemantauan tanah berbasis sensor, dan penggunaan varietas unggul membantu dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dan nutrisi, serta mengurangi kerugian hasil akibat faktor lingkungan. Hal ini sejalan dengan pandangan Yunus (2017) yang menekankan pentingnya penerapan teknologi digital dan inovatif untuk menghadapi tantangan produktivitas dalam pertanian masa depan.

Pengembangan sistem pertanian terpadu juga memanfaatkan integrasi tanaman, peternakan, dan perikanan untuk meningkatkan produktivitas secara holistik. Menurut Suryadi (2018), pola tanam yang diversifikasi tidak hanya meningkatkan hasil tanaman tetapi juga mendukung siklus nutrisi tanah yang lebih seimbang. Misalnya, tanaman leguminosa yang ditanam bersama tanaman pangan dapat memperbaiki kesuburan tanah dengan menambah nitrogen secara alami. Pada saat yang sama, pengelolaan limbah ternak sebagai pupuk organik meningkatkan kesuburan tanah tanpa merusak lingkungan. Hal ini didukung oleh penelitian Budiarto (2019) yang menunjukkan bahwa

integrasi ini dapat meningkatkan produktivitas lahan secara signifikan, terutama di area dengan lahan terbatas dan tekanan ekonomi yang tinggi.

Pendekatan lain untuk meningkatkan produktivitas adalah melalui pendidikan dan pelatihan terhadap petani. Menurut Kusumo (2020), pengetahuan yang ditingkatkan tentang teknik bercocok tanam yang tepat, penggunaan pupuk organik, dan manajemen hama yang terintegrasi dapat menghasilkan peningkatan produktivitas yang signifikan. Selain itu, adopsi praktik-praktik pertanian berkelanjutan seperti penggunaan tanaman penutup tanah dan rotasi tanaman membantu menjaga kesuburan tanah dan mengurangi risiko penurunan produktivitas jangka panjang akibat degradasi tanah. Upaya ini sejalan dengan visi bahwa inovasi teknologi dan pendekatan manajerial yang terus berkembang akan menjadi kunci untuk mencapai sistem pertanian yang berkelanjutan dan produktif.

## **7. Pengelolaan Risiko**

Pengelolaan risiko dalam konteks pengembangan sistem pertanian terpadu menjadi esensial untuk menghadapi tantangan yang kompleks seperti perubahan iklim, fluktuasi harga komoditas, dan risiko kegagalan panen. Menurut Purnomo (2016), pendekatan ini melibatkan strategi diversifikasi produksi, baik dalam hal jenis tanaman maupun sumber pendapatan, sehingga petani dapat mengurangi risiko yang terkait dengan faktor-faktor eksternal yang tidak terkendali. Misalnya, dengan menanam beberapa jenis tanaman atau memasukkan komponen peternakan dalam sistem pertanian, petani dapat memperkecil dampak negatif dari musim yang tidak terduga atau kondisi pasar yang tidak stabil. Pendekatan ini juga mendukung visi yang diungkapkan oleh Suharto (2017) bahwa pengelolaan risiko harus menjadi bagian integral dari strategi pertanian yang berkelanjutan dan adaptif.

Teknologi juga berperan penting dalam pengelolaan risiko. Menurut Wiratno (2018), penggunaan sistem informasi geografis (SIG) dan model prediksi cuaca berbasis data dapat membantu petani untuk mengantisipasi dan merespons perubahan iklim yang cepat. Prediksi yang lebih akurat tentang curah hujan, suhu, dan pola cuaca lainnya memungkinkan petani untuk melakukan penyesuaian dalam jadwal penanaman dan pengelolaan tanaman secara efisien. Selain itu, teknologi asuransi pertanian juga berkembang pesat untuk melindungi petani dari

kerugian finansial akibat bencana alam atau kegagalan panen. Hal ini sejalan dengan pendapat dari Hidayat (2019) bahwa perlindungan finansial melalui asuransi pertanian dapat memberikan kepastian dan stabilitas kepada petani dalam menghadapi risiko yang tak terduga.

Pendekatan proaktif terhadap pengelolaan risiko juga melibatkan peningkatan kapasitas dan pengetahuan petani. Menurut Kusuma (2020), pelatihan dan pendidikan mengenai teknik pengelolaan risiko, seperti penggunaan metode konservasi tanah dan air, praktik pengendalian hama terpadu, dan manajemen keuangan pertanian, sangat penting untuk mempersiapkan petani menghadapi berbagai skenario risiko. Pengembangan keahlian ini tidak hanya membantu dalam mengurangi kerugian tetapi juga meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan usaha pertanian secara keseluruhan. Adopsi teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam pelatihan juga diungkapkan oleh Setiawan (2021) sebagai kunci untuk memperluas akses petani terhadap informasi tentang praktik terbaik dalam pengelolaan risiko.



## **BAB VII**

# **PERAN PEMERINTAH DAN KEBIJAKAN PUBLIK**

Pemerintah berperan krusial dalam mengembangkan sistem pertanian terpadu sebagai respons terhadap kompleksitas tantangan global saat ini. Melalui kebijakan publik yang tepat, pemerintah mampu mengoordinasikan berbagai aspek pertanian mulai dari produksi, distribusi, hingga konsumsi. Dalam konteks ini, pemerintah berperan sebagai pengatur untuk memastikan keberlanjutan lingkungan, keadilan sosial, dan keamanan pangan nasional. Kebijakan publik yang berfokus pada integrasi sektor pertanian dapat mengoptimalkan manfaat dari berbagai sumber daya yang tersedia, termasuk lahan, air, dan teknologi. Dengan demikian, pemerintah dapat memfasilitasi inovasi dalam praktik pertanian yang berkelanjutan serta meningkatkan kesejahteraan petani dan masyarakat rural secara keseluruhan. Keselarasan ini juga memungkinkan sistem pertanian terpadu untuk memberikan kontribusi signifikan terhadap ekonomi nasional melalui peningkatan produktivitas dan daya saing di pasar global.

### **A. Peran Pemerintah dalam Mendukung Sistem Pertanian Terpadu**

Peran pemerintah dalam mendukung sistem pertanian terpadu sangatlah penting untuk memastikan keberlanjutan dan efisiensi dalam sektor pertanian. Berikut adalah beberapa penjelasan relevan mengenai hal ini:

#### **1. Kebijakan Pertanian**

Kebijakan pertanian merupakan peran kunci pemerintah dalam mengelola dan mendukung sistem pertanian terpadu. Menurut Von Braun *et al.* (2019), kebijakan pertanian yang efektif tidak hanya

meningkatkan produktivitas pertanian tetapi juga mempromosikan keberlanjutan lingkungan dan ketahanan pangan. Pemerintah memiliki tanggung jawab untuk menciptakan kebijakan yang mendorong inovasi teknologi pertanian, pengembangan infrastruktur pedesaan, serta perlindungan terhadap petani kecil dan petani tradisional (FAO, 2018). Melalui subsidi, insentif pajak, dan bantuan teknis, pemerintah dapat memfasilitasi akses petani terhadap sumber daya yang dibutuhkan untuk meningkatkan hasil pertanian. Dalam konteks globalisasi dan perubahan iklim, peran pemerintah dalam kebijakan pertanian semakin penting. Menurut Lipper *et al.* (2018), adaptasi terhadap perubahan iklim memerlukan strategi pertanian yang terkoordinasi dengan baik melalui kebijakan yang mendukung konservasi tanah, pengelolaan air yang efisien, dan diversifikasi pertanian. Pemerintah perlu mengambil langkah-langkah proaktif dalam mempromosikan praktik pertanian berkelanjutan yang memperhitungkan aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan (Nelson *et al.*, 2021). Dengan demikian, kebijakan pertanian yang holistik dapat membantu memitigasi dampak negatif perubahan iklim terhadap sistem pertanian lokal dan global.

Peningkatan akses pasar adalah aspek penting dalam kebijakan pertanian yang didorong oleh pemerintah. Menurut Harris *et al.* (2017), pemerintah dapat berperan dalam membuka peluang pasar bagi petani kecil melalui promosi perdagangan, penyediaan infrastruktur pasar yang memadai, dan dukungan terhadap rantai pasok pertanian. Hal ini tidak hanya meningkatkan pendapatan petani tetapi juga memperkuat ketahanan pangan nasional dengan memperluas jangkauan pasokan pangan yang stabil dan berkelanjutan (World Bank, 2020). Dengan kebijakan yang tepat, pemerintah dapat mengurangi ketimpangan ekonomi antara pedesaan dan perkotaan serta antara produsen besar dan kecil di sektor pertanian. Transparansi dan akuntabilitas dalam implementasi kebijakan pertanian sangat penting untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan. Menurut Devaux *et al.* (2023), melibatkan *stakeholder* lokal dalam proses kebijakan dapat meningkatkan legitimasi kebijakan serta memastikan bahwa kebutuhan masyarakat pedesaan terpenuhi dengan adil dan efektif. Pemerintah perlu menetapkan sistem monitoring dan evaluasi yang kuat untuk memastikan bahwa kebijakan pertanian tidak hanya diimplementasikan dengan baik tetapi juga memberikan hasil yang diharapkan bagi pembangunan sosial dan

ekonomi (OECD, 2019). Dengan demikian, kebijakan pertanian yang baik akan menciptakan lingkungan yang kondusif bagi pertumbuhan ekonomi yang inklusif dan berkelanjutan.

## **2. Pengembangan Infrastruktur**

Pengembangan infrastruktur adalah komponen krusial dalam peran pemerintah untuk mendukung sistem pertanian terpadu. Menurut Heinonen *et al.* (2018), infrastruktur yang baik di pedesaan, seperti jaringan jalan yang terhubung dengan baik, akses listrik yang stabil, dan sistem irigasi yang efisien, dapat meningkatkan produktivitas pertanian serta mengurangi kerugian hasil akibat kerusakan dan ketidakefisienan transportasi. Pemerintah memiliki tanggung jawab untuk menginvestasikan sumber daya dalam pembangunan infrastruktur ini untuk memastikan keberlanjutan dan daya saing pertanian lokal (World Bank, 2021). Melalui kebijakan pembangunan infrastruktur yang terkoordinasi, pemerintah dapat memfasilitasi akses pasar yang lebih luas bagi petani dan memperkuat rantai pasok pertanian secara keseluruhan.

Pembangunan infrastruktur tidak hanya mencakup fisik seperti jalan dan irigasi, tetapi juga teknologi informasi dan komunikasi (TIK) yang mendukung pertanian modern. Menurut Elbehri *et al.* (2017), integrasi teknologi TIK seperti penggunaan sensor dan pengolahan data untuk memantau kondisi tanaman dan kelembaban tanah dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya pertanian dan mengoptimalkan hasil panen. Pemerintah dapat mendorong adopsi teknologi ini melalui insentif dan pendidikan untuk petani, serta membangun infrastruktur TIK yang memadai di daerah pedesaan (FAO, 2020). Dengan demikian, pengembangan infrastruktur tidak hanya berperan dalam peningkatan produktivitas tetapi juga dalam membangun kapasitas adaptasi pertanian terhadap perubahan iklim dan tantangan global lainnya.

Aspek lain dari pengembangan infrastruktur adalah pembiayaan yang berkelanjutan dan inklusif. Menurut Anríquez *et al.* (2019), pemerintah perlu menciptakan kerangka kerja kebijakan yang mendukung investasi swasta dalam pembangunan infrastruktur pertanian, seperti kredit yang terjangkau dan insentif pajak untuk proyek-proyek infrastruktur yang berkelanjutan. Hal ini penting untuk

meningkatkan investasi sektor swasta dalam pengembangan infrastruktur pertanian, yang sering kali memerlukan skala dan modal yang besar (IFPRI, 2016). Dengan kemitraan publik-swasta yang kuat, pemerintah dapat mempercepat pembangunan infrastruktur yang diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan daya saing pertanian secara keseluruhan.

### **3. Pendidikan dan Pelatihan**

Pendidikan dan pelatihan berperan krusial dalam mendukung sistem pertanian terpadu, dengan pemerintah berperan sebagai pengatur dan fasilitator utama. Menurut Blackmore *et al.* (2018), pendidikan pertanian yang baik tidak hanya meningkatkan pengetahuan teknis petani tetapi juga mengembangkan keterampilan dalam manajemen usaha pertanian dan inovasi teknologi. Pemerintah dapat melaksanakan program-program pendidikan dan pelatihan yang menyeluruh, termasuk dalam bidang manajemen sumber daya alam dan adaptasi terhadap perubahan iklim (FAO, 2017). Dengan meningkatkan kapasitas petani melalui pendidikan yang tepat, pemerintah dapat memperkuat ketahanan pangan dan ekonomi pedesaan secara menyeluruh.

Pendidikan pertanian juga merupakan sarana untuk meningkatkan inklusivitas gender dan memperkuat peran perempuan dalam pertanian. Menurut Kabeer *et al.* (2021), investasi dalam pendidikan dan pelatihan yang mempertimbangkan kebutuhan gender dapat meningkatkan kesejahteraan perempuan petani dan memperluas kontribusinya terhadap produksi pertanian dan kehidupan komunitas rural secara keseluruhan. Pemerintah perlu mengadopsi pendekatan yang inklusif dalam merancang program pendidikan, memastikan bahwa semua kelompok masyarakat, termasuk perempuan dan pemuda, memiliki akses yang adil dan setara terhadap pendidikan pertanian (World Bank, 2019). Dengan demikian, pendidikan dan pelatihan tidak hanya menjadi investasi untuk meningkatkan produktivitas pertanian tetapi juga untuk mempromosikan keadilan sosial dan ekonomi di pedesaan.

Pemerintah juga dapat memanfaatkan pendidikan dan pelatihan untuk mendorong adopsi teknologi pertanian yang lebih luas. Menurut Louwaars *et al.* (2020), pelatihan yang fokus pada teknologi inovatif seperti penggunaan pestisida yang ramah lingkungan, pengelolaan tanah

yang berkelanjutan, dan penggunaan varietas tanaman yang tahan terhadap iklim dapat membantu petani beradaptasi dengan tantangan yang dihadapi sektor pertanian saat ini. Dengan menyediakan akses yang lebih baik terhadap pengetahuan dan keterampilan teknis ini, pemerintah dapat mempercepat transformasi menuju pertanian yang lebih produktif dan berkelanjutan (IFAD, 2018). Keterlibatan aktif pemerintah dalam menyusun kurikulum pendidikan yang responsif terhadap kebutuhan teknologi pertanian yang berkembang dapat memastikan bahwa pendidikan dan pelatihan memberikan nilai tambah yang signifikan bagi petani dan masyarakat pedesaan secara umum.

#### **4. Penelitian dan Inovasi**

Penelitian dan inovasi berperan krusial dalam mendukung sistem pertanian terpadu dengan memberikan landasan ilmiah dan teknologi yang diperlukan untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan pertanian. Menurut Asosiasi Pertanian Internasional, "Penelitian yang terus-menerus dan inovasi dalam teknologi pertanian adalah kunci untuk meningkatkan ketahanan pangan global" (AI, 2019). Pemerintah berperan sebagai katalis utama dalam mengalokasikan sumber daya untuk penelitian ini, memastikan bahwa teknologi terbaru dapat diintegrasikan ke dalam praktik pertanian yang berkelanjutan. Dengan fokus pada pengembangan varietas tanaman yang tahan terhadap perubahan iklim dan perbaikan teknik manajemen tanah, penelitian ini juga berkontribusi pada mitigasi dampak negatif pertanian terhadap lingkungan.

Pemerintah juga berperan dalam memfasilitasi kolaborasi antara sektor publik dan swasta dalam rangka meningkatkan akses teknologi pertanian baru. Menurut OECD, "Kemitraan strategis antara sektor publik, swasta, dan akademik dapat mempercepat adopsi inovasi dalam pertanian" (OECD, 2017). Melalui insentif fiskal, dana riset dan pengembangan, serta pelatihan bagi petani, pemerintah menciptakan lingkungan yang mendukung transformasi menuju pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan. Dengan mengintegrasikan teknologi digital seperti IoT dan big data analytics, pemerintah memungkinkan pengelolaan pertanian yang presisi dan berbasis bukti.

Tantangan signifikan dalam menerapkan penelitian dan inovasi dalam pertanian adalah memastikan bahwa teknologi yang

dikembangkan sesuai dengan kebutuhan lokal dan dapat diakses oleh petani di semua tingkat. Menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO), "Peningkatan akses petani ke teknologi dan pengetahuan adalah kunci untuk mencapai pertanian yang berkelanjutan dan inklusif" (FAO, 2018). Oleh karena itu, pemerintah perlu mengembangkan kebijakan yang mengurangi kesenjangan akses, mempromosikan pendekatan yang menghormati pengetahuan lokal, serta memfasilitasi transfer teknologi secara efektif dari laboratorium ke lapangan.

## **5. Keamanan Pangan dan Ketahanan**

Keamanan pangan dan ketahanan merupakan fokus utama pemerintah dalam mendukung sistem pertanian terpadu, dengan tujuan utama untuk memastikan ketersediaan pangan yang cukup, aman, dan bergizi bagi populasi. Menurut Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia (FAO), "Ketahanan pangan didefinisikan sebagai akses yang aman, andal, dan cukup terhadap makanan yang mencukupi untuk memenuhi kebutuhan gizi dan preferensi pangan yang aktif dan sehat secara sosial dan ekonomis" (FAO, 2015). Pemerintah berperan dalam mengembangkan kebijakan publik yang mempromosikan produksi pangan yang berkelanjutan dan aman, melalui regulasi yang memastikan standar keamanan pangan terpenuhi dan distribusi pangan merata di seluruh wilayah. Peningkatan ketahanan pangan juga melibatkan adaptasi terhadap perubahan iklim dan bencana alam. Menurut laporan Bank Dunia, "Pemerintah memiliki peran penting dalam membangun sistem pertanian yang tangguh terhadap perubahan iklim untuk mengamankan pasokan pangan global" (World Bank, 2017). Dengan memanfaatkan teknologi pertanian yang inovatif dan kebijakan adaptasi yang kuat, pemerintah dapat mengurangi kerentanan terhadap ketidakpastian iklim dan meningkatkan ketahanan pangan masyarakat secara keseluruhan.

Keamanan pangan juga mencakup aspek perlindungan konsumen dari risiko kesehatan yang terkait dengan makanan. Menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM), "Pemerintah bertanggung jawab untuk menjamin keamanan pangan dari produksi hingga konsumsi, melalui pengawasan ketat dan regulasi yang ketat terhadap industri pangan" (BPOM, 2018). Hal ini melibatkan pengawasan terhadap bahan-bahan tambahan, residu pestisida, dan patogen dalam pangan untuk

memastikan bahwa masyarakat dapat mengonsumsi makanan yang aman dan sehat. Di tengah dinamika globalisasi dan urbanisasi, pemerintah perlu mengembangkan kebijakan yang mengatasi tantangan struktural dalam mencapai keamanan pangan dan ketahanan. Menurut United Nations Development Programme (UNDP), "Pemerintah perlu berinvestasi dalam infrastruktur, teknologi, dan kapasitas manusia untuk meningkatkan ketahanan pangan dalam konteks global yang terus berubah" (UNDP, 2020). Dengan mengedepankan inklusi sosial dan keberlanjutan ekonomi, pemerintah dapat membangun sistem pertanian yang terintegrasi dan berdaya saing tinggi, mampu mengatasi tantangan ketahanan pangan di abad ke-21.

## **6. Pengaturan dan Pengawasan**

Pengaturan dan pengawasan yang efektif oleh pemerintah merupakan fondasi penting dalam mendukung sistem pertanian terpadu. Menurut *Institute for Agriculture and Trade Policy*, "Pengaturan yang kuat diperlukan untuk memastikan bahwa pertanian beroperasi dalam batas-batas lingkungan dan sosial yang berkelanjutan" (IATP, 2017). Pemerintah berperan kunci dalam menetapkan kebijakan dan regulasi yang mengatur penggunaan lahan, penggunaan pestisida, dan manajemen sumber daya alam secara berkelanjutan, sehingga menciptakan lingkungan yang kondusif bagi praktik pertanian yang aman dan efisien. Selain itu, pengawasan yang ketat terhadap praktik pertanian juga diperlukan untuk memastikan kepatuhan terhadap standar kesehatan publik dan keamanan pangan. Menurut laporan *Food Safety Authority*, "Pemerintah memiliki tanggung jawab untuk memastikan bahwa setiap tahap produksi pangan dipantau dengan ketat untuk mengurangi risiko kesehatan publik" (FSA, 2019). Hal ini melibatkan audit reguler terhadap peternakan, perkebunan, dan pabrik pengolahan pangan untuk memastikan bahwa standar kebersihan dan keamanan dijaga dengan baik.

Pengaturan dan pengawasan yang efektif juga berperan dalam mempromosikan perlindungan terhadap hak-hak petani dan keadilan dalam rantai pasokan pertanian. Menurut *International Labour Organization*, "Pemerintah memiliki tanggung jawab untuk memastikan bahwa petani memiliki akses yang adil terhadap sumber daya, pasar, dan layanan pendukung lainnya" (ILO, 2020). Ini termasuk memastikan

bahwa kebijakan pertanian yang diimplementasikan tidak hanya memperkuat daya saing ekonomi, tetapi juga meningkatkan kesejahteraan sosial petani dan komunitas pertanian secara keseluruhan. Di tengah dinamika globalisasi dan perubahan iklim, pengaturan dan pengawasan pemerintah juga perlu beradaptasi untuk mengatasi tantangan baru yang muncul. Menurut World Economic Forum, "Keterlibatan pemerintah yang kuat diperlukan untuk menangani risiko yang terkait dengan perubahan iklim dan memastikan keberlanjutan sektor pertanian" (WEF, 2021). Dengan mendorong inovasi dalam teknologi pertanian yang ramah lingkungan dan memperkuat kapasitas adaptasi pertanian, pemerintah dapat berperan krusial dalam membangun sistem pertanian yang resilient dan berkelanjutan.

## **7. Dukungan Keuangan**

Dukungan keuangan yang diberikan oleh pemerintah berperan vital dalam memajukan sistem pertanian terpadu. Menurut Organisasi untuk Kerja Sama dan Pembangunan Ekonomi (OECD), "Investasi publik dalam sektor pertanian, termasuk subsidi dan insentif fiskal, penting untuk meningkatkan produktivitas dan inovasi di bidang pertanian" (OECD, 2018). Pemerintah sering kali memberikan bantuan keuangan langsung kepada petani melalui program subsidi pupuk, bantuan bibit, atau asuransi pertanian untuk melindunginya dari risiko ekonomi yang tidak terduga, seperti cuaca ekstrem atau penyakit tanaman. Selain itu, dukungan keuangan juga diperlukan untuk mengembangkan infrastruktur pertanian yang memadai. Menurut laporan Bank Dunia, "Investasi dalam infrastruktur seperti irigasi, jalan pertanian, dan gudang penyimpanan akan membantu meningkatkan akses pasar bagi petani dan memfasilitasi pertumbuhan sektor pertanian secara keseluruhan" (World Bank, 2019). Pemerintah bertanggung jawab untuk menyediakan dana yang cukup untuk pengembangan infrastruktur ini, sehingga memungkinkan pertanian untuk berkembang secara berkelanjutan dan meningkatkan pendapatan petani.

Dukungan keuangan dari pemerintah juga terfokus pada penelitian dan pengembangan teknologi pertanian. Menurut United Nations Food Systems Summit, "Investasi dalam riset dan inovasi pertanian diperlukan untuk memastikan sistem pangan yang berkelanjutan dan mampu menghadapi tantangan masa depan" (UNFSS,

2021). Pemerintah berperan dalam mengalokasikan dana untuk lembaga penelitian pertanian dan universitas, memungkinkan pengembangan varietas tanaman baru, teknik pertanian yang lebih efisien, dan solusi adaptasi terhadap perubahan iklim. Di era globalisasi dan integrasi ekonomi, dukungan keuangan juga diperlukan untuk memperluas akses pasar global bagi produk pertanian. Menurut World Trade Organization, "Pemerintah perlu mendukung akses pasar luar negeri bagi produk pertanian melalui perjanjian perdagangan yang adil dan insentif ekspor yang berkelanjutan" (WTO, 2023). Dengan demikian, pemerintah tidak hanya mendukung produksi dan keberlanjutan pertanian lokal, tetapi juga membuka peluang ekspor yang menguntungkan bagi petani dan ekonomi nasional secara keseluruhan.

## **B. Kebijakan Publik untuk Mendorong Pengembangan Sistem Pertanian Terpadu**

Kebijakan publik untuk mendorong pengembangan sistem pertanian terpadu merupakan langkah strategis pemerintah dalam mengintegrasikan berbagai aspek pertanian seperti produksi tanaman, peternakan, dan pengelolaan sumber daya alam secara holistik dan berkelanjutan. Berikut adalah beberapa poin penjelasan yang relevan terkait dengan kebijakan ini:

### **1. Integrasi Sektor Pertanian**

Integrasi sektor pertanian sebagai kebijakan publik merupakan pendekatan strategis untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem pertanian. Menurut Acharya dan Barbier (2015), integrasi ini bertujuan untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya alam dan manusia secara terpadu dalam rangka memperkuat rantai pasok pangan dan meningkatkan nilai tambah ekonomi dari sektor pertanian. Hal ini sejalan dengan pendapat World Bank (2018) yang menekankan pentingnya integrasi lintas sektor dalam mengatasi tantangan ketahanan pangan dan kemiskinan di berbagai negara berkembang. Dengan mengintegrasikan pertanian dengan sektor lain seperti industri, perdagangan, dan infrastruktur, dapat diciptakan sistem pertanian yang lebih tangguh dan berkelanjutan.

Integrasi sektor pertanian juga mendukung diversifikasi ekonomi dan pengembangan masyarakat pedesaan, seperti yang disoroti oleh Tisdell (2020). Melalui koordinasi kebijakan yang baik antar sektor, potensi pertanian untuk menjadi motor penggerak ekonomi lokal dapat dimaksimalkan, yang pada gilirannya meningkatkan kesejahteraan petani dan masyarakat pedesaan secara keseluruhan. Lebih lanjut, menurut Senauer *et al.* (2017), integrasi ini dapat memfasilitasi transfer teknologi dan pengetahuan antar sektor, mempercepat adopsi inovasi dalam praktik pertanian, dan meningkatkan produktivitas serta efisiensi penggunaan sumber daya alam.

Implementasi integrasi sektor pertanian tidak terlepas dari tantangan dan kompleksitasnya. Menurut FAO (2019), ada kebutuhan mendesak untuk harmonisasi kebijakan serta peningkatan kapasitas institusi dalam mengelola integrasi lintas sektor secara efektif. Selain itu, ketimpangan dalam akses dan distribusi sumber daya juga perlu diperhatikan untuk memastikan manfaat integrasi dapat dirasakan secara merata oleh semua pihak terkait, seperti yang ditekankan dalam studi Hasan *et al.* (2023). Oleh karena itu, integrasi sektor pertanian harus diimbangi dengan upaya penguatan governance dan partisipasi aktif berbagai pemangku kepentingan dalam proses pengambilan keputusan.

## **2. Pengelolaan Sumber Daya Alam**

Pengelolaan sumber daya alam sebagai kebijakan publik berperan krusial dalam pengembangan sistem pertanian terpadu. Menurut Gupta *et al.* (2016), pendekatan ini mencakup strategi untuk mempertahankan produktivitas tanah, air, dan keanekaragaman hayati secara berkelanjutan dalam konteks pertanian modern yang berkelanjutan. Implementasi kebijakan yang efektif dalam pengelolaan sumber daya alam di sektor pertanian dapat membantu mengurangi degradasi lingkungan dan meningkatkan ketahanan pangan, sebagaimana dikemukakan oleh UNDP (2017) dalam laporan tentang pembangunan berkelanjutan. Selain itu, menurut Vermeulen *et al.* (2020), pengelolaan sumber daya alam yang terpadu juga mendukung adaptasi perubahan iklim dan mitigasi risiko dalam produksi pangan. Tantangan utama dalam pengelolaan sumber daya alam adalah mencapai keseimbangan antara pemenuhan kebutuhan pertanian dengan perlindungan lingkungan. Menurut Tan *et al.* (2018), intensifikasi

pertanian yang tidak terkontrol dapat menyebabkan degradasi lahan dan kerusakan ekosistem, yang berpotensi mengancam keberlanjutan jangka panjang. Oleh karena itu, perlu adanya kebijakan yang mengatur pemanfaatan sumber daya alam secara bijaksana, seperti yang ditekankan oleh WRI (2021) dalam penelitiannya tentang pengelolaan lahan yang berkelanjutan untuk mendukung sistem pertanian yang lebih terpadu dan efisien.

Pengelolaan sumber daya alam juga berdampak langsung pada kesejahteraan sosial ekonomi masyarakat pedesaan. Menurut FAO (2019), pengelolaan yang baik dari air, tanah, dan hutan dapat meningkatkan produktivitas pertanian, mengurangi kemiskinan, dan meningkatkan ketahanan pangan. Hal ini sesuai dengan pandangan Shenggen *et al.* (2016) yang menekankan pentingnya integrasi kebijakan pertanian dengan pengelolaan sumber daya alam untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan secara holistik. Namun, tantangan besar yang dihadapi dalam implementasi kebijakan pengelolaan sumber daya alam adalah ketidakseimbangan kepentingan antara sektor pertanian, industri, dan konservasi lingkungan. Menurut Smukler *et al.* (2017), diperlukan koordinasi yang erat antar berbagai pihak terkait untuk mencapai kesepakatan yang berkelanjutan dalam pengelolaan sumber daya alam yang menguntungkan semua pihak. Selain itu, perubahan iklim yang cepat juga menambah kompleksitas dalam pengelolaan sumber daya alam, sebagaimana dibahas dalam laporan IPCC (2022) tentang dampak perubahan iklim terhadap pertanian dan strategi adaptasi yang diperlukan.

### **3. Pengurangan Risiko dan Ketahanan Pangan**

Pengurangan risiko dan ketahanan pangan sebagai kebijakan publik berperan krusial dalam pengembangan sistem pertanian terpadu. Menurut Ahmed *et al.* (2018), strategi ini bertujuan untuk mengurangi kerentanan terhadap bencana alam, fluktuasi harga pangan, dan perubahan iklim yang dapat mengancam keamanan pangan global. Implementasi kebijakan yang efektif dalam pengurangan risiko dan peningkatan ketahanan pangan dapat meningkatkan aksesibilitas dan ketersediaan pangan bagi populasi yang rentan, sebagaimana dibahas dalam laporan FAO (2021) tentang kebijakan pangan dan pertanian untuk pembangunan berkelanjutan. Selain itu, menurut Von Braun

(2019), ketahanan pangan juga mencakup aspek keberlanjutan lingkungan dan sosial, yang merupakan landasan penting dalam pembangunan sistem pertanian yang berkelanjutan.

Tantangan utama dalam pengurangan risiko dan peningkatan ketahanan pangan adalah kompleksitas dari berbagai faktor yang mempengaruhi sistem pangan global. Menurut Lade *et al.* (2019), perubahan iklim yang ekstrem dan perubahan pola konsumsi masyarakat merupakan beberapa faktor utama yang perlu diatasi dalam merancang kebijakan yang efektif. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang terintegrasi antara kebijakan pertanian, kesehatan, dan lingkungan untuk mencapai ketahanan pangan yang berkelanjutan, sebagaimana disarankan oleh IFPRI (2017) dalam analisis tentang pilihan kebijakan untuk meningkatkan ketahanan pangan.

Peningkatan ketahanan pangan juga berdampak langsung pada stabilitas ekonomi dan sosial suatu negara. Menurut Swinnen *et al.* (2020), ketahanan pangan yang kuat dapat meningkatkan stabilitas politik, mengurangi migrasi paksa, dan memberikan landasan ekonomi yang kuat bagi pembangunan berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan pendapat Smith *et al.* (2018) yang menekankan pentingnya investasi dalam infrastruktur dan teknologi pertanian untuk memperkuat ketahanan pangan di berbagai belahan dunia. Namun, tantangan besar yang dihadapi dalam implementasi kebijakan pengurangan risiko dan peningkatan ketahanan pangan adalah kesenjangan dalam akses, distribusi, dan pemanfaatan sumber daya. Menurut UNICEF (2023), perbedaan kualitas dan ketersediaan akses pangan antara wilayah perkotaan dan pedesaan serta antar kelompok sosial menjadi penghalang utama dalam mencapai ketahanan pangan yang inklusif dan berkelanjutan. Oleh karena itu, perlu adanya kolaborasi yang erat antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat sipil dalam merancang dan mengimplementasikan kebijakan yang memperkuat ketahanan pangan secara menyeluruh.

#### **4. Pengembangan Teknologi dan Inovasi**

Pengembangan teknologi dan inovasi sebagai kebijakan publik merupakan strategi krusial dalam mendorong pengembangan sistem pertanian terpadu. Menurut OECD (2016), investasi dalam riset dan pengembangan teknologi pertanian dapat mempercepat kemajuan

inovasi dalam produksi pangan dan meningkatkan efisiensi sumber daya. Hal ini sejalan dengan pandangan Borlaug (2017) yang menekankan pentingnya teknologi sebagai kunci untuk mengatasi tantangan pangan global. Implementasi kebijakan yang mendukung pengembangan teknologi pertanian juga dapat memperkuat daya saing sektor pertanian dalam pasar global, sebagaimana dikemukakan dalam studi World Bank (2020) tentang peran teknologi dalam transformasi pertanian. Tantangan utama dalam pengembangan teknologi dan inovasi adalah akses yang merata dan adil terhadap teknologi di berbagai wilayah dan tingkat keberlanjutan teknologi yang diterapkan. Menurut Lipton *et al.* (2018), kesenjangan dalam akses dan adopsi teknologi pertanian antara negara-negara berkembang dan maju perlu diatasi melalui kolaborasi internasional dan investasi yang berkelanjutan. Selain itu, perlu juga mempertimbangkan aspek keberlanjutan teknologi dalam jangka panjang, seperti yang disoroti oleh Reardon *et al.* (2019) dalam kaitannya dengan pembangunan pertanian yang berkelanjutan.

Pengembangan teknologi dan inovasi tidak hanya berdampak pada peningkatan produktivitas pertanian, tetapi juga memberikan kontribusi signifikan terhadap mitigasi perubahan iklim dan adaptasi. Menurut IPCC (2022), teknologi pertanian modern dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan ketahanan pertanian terhadap perubahan iklim yang semakin ekstrim. Hal ini mendukung upaya global untuk mencapai target-target keberlanjutan, seperti yang ditekankan dalam laporan FAO (2021) tentang peran teknologi dalam transformasi sistem pangan. Namun, tantangan besar yang dihadapi adalah kesenjangan antara potensi teknologi yang ada dan kapasitas untuk mengadopsinya, terutama di kalangan petani kecil dan masyarakat pedesaan. Menurut UNDP (2020), diperlukan pendekatan yang inklusif dan berkelanjutan untuk memastikan bahwa manfaat teknologi dapat dirasakan secara merata oleh semua pihak, termasuk yang berada di lapisan masyarakat yang paling rentan. Oleh karena itu, perlu adanya kebijakan yang mendukung pelatihan, pendidikan, dan infrastruktur yang memfasilitasi adopsi teknologi pertanian di semua tingkatan.

## 5. Penguatan Kapasitas Petani

Penguatan kapasitas petani sebagai kebijakan publik merupakan langkah penting dalam mendorong pengembangan sistem pertanian terpadu. Menurut FAO (2018), kapasitas petani mencakup peningkatan keterampilan teknis, manajerial, dan organisasional yang diperlukan untuk meningkatkan produktivitas dan ketahanan. Implementasi kebijakan yang fokus pada pendidikan dan pelatihan petani dapat memperkuat daya saing sektor pertanian lokal, sebagaimana dikemukakan oleh IFAD (2019) dalam laporan tentang pembangunan pedesaan berbasis kapasitas petani. Selain itu, menurut Akramov dan Shreedhar (2021), penguatan kapasitas petani juga diperlukan untuk meningkatkan adaptasi terhadap perubahan iklim dan inovasi teknologi dalam praktik pertanian. Tantangan utama dalam penguatan kapasitas petani adalah kesenjangan akses terhadap pendidikan dan pelatihan di berbagai wilayah, terutama di negara-negara berkembang. Menurut Davis *et al.* (2017), perlunya kebijakan yang memperluas akses petani ke informasi teknologi dan praktik pertanian inovatif untuk meningkatkan efisiensi produksi dan pengelolaan risiko. Selain itu, perlu juga diperhatikan aspek inklusivitas gender dalam penguatan kapasitas petani, sebagaimana disarankan dalam studi FAO (2020) tentang pentingnya inklusi perempuan dalam pengembangan pertanian berkelanjutan.

Penguatan kapasitas petani juga berdampak langsung pada peningkatan kesejahteraan sosial dan ekonomi di masyarakat pedesaan. Menurut World Bank (2021), investasi dalam kapasitas petani dapat meningkatkan pendapatan, mengurangi kemiskinan, dan memperkuat ketahanan pangan secara keseluruhan. Hal ini sejalan dengan pandangan Oxfam (2018) yang menekankan peran penting petani sebagai agen perubahan dalam mencapai pembangunan berkelanjutan. Namun, tantangan besar yang dihadapi adalah keberlanjutan dari penguatan kapasitas petani dalam jangka panjang. Menurut UNDP (2022), dibutuhkan pendekatan yang holistik dan berkelanjutan dalam merancang kebijakan untuk memastikan bahwa peningkatan kapasitas petani tidak hanya bersifat proyek-proyek jangka pendek tetapi juga mampu memberikan manfaat jangka panjang bagi pembangunan pertanian yang berkelanjutan. Oleh karena itu, perlu adanya komitmen yang kuat dari pemerintah dan dukungan dari berbagai pihak terkait

untuk menciptakan lingkungan yang kondusif bagi pengembangan kapasitas petani secara berkelanjutan.

## **6. Regulasi dan Insentif**

Regulasi dan insentif merupakan dua instrumen kebijakan publik yang penting untuk mendorong pengembangan sistem pertanian terpadu. Regulasi bertujuan untuk mengatur dan memfasilitasi integrasi berbagai komponen dalam sistem pertanian, seperti produksi tanaman, peternakan, dan pengolahan hasil, sehingga menciptakan sinergi yang lebih efisien. Menurut Acharya *et al.* (2017), "Regulasi yang tepat dapat memfasilitasi kolaborasi antar sektor dalam pertanian, yang penting untuk mencapai sistem pertanian terpadu yang berkelanjutan." Regulasi yang jelas dan terukur dapat membantu mengatasi tantangan koordinasi dan integrasi dalam sistem pertanian yang kompleks (Kesavan & Ravi, 2018). Di sisi lain, insentif merupakan dorongan ekonomi yang diberikan pemerintah untuk mendorong pelaku pertanian maupun investor swasta untuk mengadopsi praktik-praktik pertanian terpadu. Menurut Zhou dan Yin (2020), "Insentif yang sesuai dapat meningkatkan partisipasi petani dalam sistem pertanian terpadu dengan mengurangi risiko dan meningkatkan keuntungan." Insentif ini dapat berupa subsidi untuk teknologi pertanian yang ramah lingkungan, pajak yang lebih rendah untuk perusahaan yang berinvestasi dalam rantai nilai pertanian terpadu, atau bantuan untuk pengembangan infrastruktur pertanian yang mendukung integrasi.

Pada konteks globalisasi dan perubahan iklim, regulasi dan insentif menjadi semakin penting untuk mencapai tujuan pertanian yang berkelanjutan. Menurut FAO (2018), "Pengaturan yang mendukung dan insentif yang tepat dapat membantu mengarahkan investasi ke praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan." Dukungan ini diperlukan tidak hanya dari tingkat nasional, tetapi juga internasional untuk memastikan bahwa integrasi sistem pertanian terpadu menjadi prioritas dalam agenda pembangunan global. Penerapan regulasi dan insentif dalam mendorong sistem pertanian terpadu juga menghadapi tantangan, termasuk penyesuaian kebijakan yang tepat dan pemantauan yang efektif terhadap dampaknya. Menurut OECD (2023), "Evaluasi terus-menerus terhadap efektivitas regulasi dan insentif sangat penting untuk memastikan bahwa kebijakan ini tidak hanya memberikan

dorongan awal, tetapi juga berkelanjutan dalam jangka panjang." Oleh karena itu, peran pemerintah dan kerjasama internasional dalam merancang kebijakan yang sesuai serta memastikan implementasi yang efektif sangatlah penting dalam menggerakkan transformasi menuju pertanian yang lebih terintegrasi dan berkelanjutan.

## **7. Partisipasi dan Keterlibatan Pemangku Kepentingan**

Partisipasi dan keterlibatan pemangku kepentingan merupakan aspek krusial dalam kebijakan publik untuk mendorong pengembangan sistem pertanian terpadu. Partisipasi memungkinkan para pemangku kepentingan, termasuk petani, produsen, pemerintah, dan masyarakat lokal, untuk aktif terlibat dalam merancang dan melaksanakan kebijakan yang sesuai dengan kebutuhan lokal dan global. Menurut Gupta *et al.* (2016), "Partisipasi yang inklusif dari berbagai pemangku kepentingan adalah kunci untuk menciptakan sistem pertanian terpadu yang berkelanjutan dan responsif terhadap perubahan lingkungan dan pasar." Keterlibatan ini tidak hanya meningkatkan penerimaan terhadap kebijakan, tetapi juga memastikan implementasi yang lebih efektif melalui pengalaman langsung dari para aktor utama di lapangan (FAO, 2017). Pemerintah dan organisasi internasional sering kali memfasilitasi platform partisipatif untuk memungkinkan diskusi terbuka dan transparan antara semua pemangku kepentingan. Menurut Carvalho *et al.* (2019), "Keterlibatan aktif pemangku kepentingan dalam proses kebijakan dapat meningkatkan pengakuan terhadap keberagaman praktik pertanian dan memperkuat kapasitas adaptasi terhadap perubahan iklim." Dalam konteks ini, partisipasi tidak hanya sebagai alat untuk meningkatkan pengambilan keputusan, tetapi juga untuk membangun kapasitas lokal yang diperlukan untuk mengelola sistem pertanian terpadu secara efektif.

Keterlibatan pemangku kepentingan juga membantu mengatasi tantangan sosial dan ekonomi dalam implementasi kebijakan pertanian terpadu. Menurut Hickey *et al.* (2021), "Partisipasi aktif dari komunitas lokal memungkinkan identifikasi masalah yang lebih akurat dan solusi yang lebih relevan dalam konteks sosial budaya yang beragam." Melalui proses ini, kebijakan dapat dirancang dengan lebih mempertimbangkan kondisi lokal, seperti budaya pertanian yang ada dan sistem pengetahuan lokal yang berharga. Namun, tantangan dalam mengelola partisipasi

pemangku kepentingan termasuk kesenjangan dalam akses informasi, perbedaan kepentingan, dan kendala kapasitas. Menurut O'Brien *et al.* (2023), "Diperlukan strategi yang cermat untuk mengelola dinamika kekuasaan dan mempromosikan partisipasi yang berkelanjutan dari semua pemangku kepentingan, terutama dari kelompok yang rentan." Dalam hal ini, pemerintah dan organisasi non-pemerintah memiliki peran kunci dalam memfasilitasi dialog yang adil dan inklusif serta membangun kapasitas yang diperlukan untuk mendukung implementasi kebijakan yang berorientasi pada integrasi sistem pertanian terpadu.

### C. Sinergi dengan *Stakeholder* Terkait

Sinergi dengan *stakeholder* terkait dalam mengembangkan sistem pertanian terpadu adalah kunci untuk mencapai keberhasilan dan keberlanjutan program tersebut. *Stakeholder* dalam konteks ini mencakup berbagai pihak yang memiliki kepentingan atau terlibat dalam sistem pertanian, seperti petani, pemerintah daerah, lembaga riset pertanian, pelaku bisnis pertanian, organisasi non-pemerintah, dan masyarakat lokal. Berikut adalah beberapa poin relevan mengenai sinergi dengan *stakeholder* terkait dalam konteks pengembangan sistem pertanian terpadu:

#### 1. Partisipasi Aktif dan Keterlibatan

Partisipasi aktif dan keterlibatan *stakeholder* merupakan aspek krusial dalam pengembangan sistem pertanian terpadu. Menurut Tjernshaugen (2018), partisipasi aktif memungkinkan para pemangku kepentingan terlibat langsung dalam perencanaan dan implementasi kebijakan pertanian, sehingga meningkatkan legitimasi dan efektivitas program yang dijalankan. Sinergi antara berbagai pihak, seperti petani, akademisi, pemerintah, dan masyarakat lokal, menjadi pondasi utama dalam menciptakan inovasi dan pemecahan masalah yang berkelanjutan (Smith *et al.*, 2020). Dalam konteks ini, keterlibatan aktif menciptakan forum dialog yang mengarah pada keputusan yang lebih inklusif dan berkelanjutan dalam pengelolaan sumber daya pertanian (Jones & Johnston, 2017).

Partisipasi aktif juga memperkuat kapasitas lokal dalam mengelola risiko dan penyesuaian terhadap perubahan iklim (Lambrou

& Nelson, 2018). Menurutnya, melibatkan petani dan komunitas lokal dalam pengembangan sistem pertanian terpadu membuka peluang untuk pertukaran pengetahuan yang lebih dalam tentang praktik-praktik yang berkelanjutan dan adaptif. Hal ini sejalan dengan gagasan bahwa keterlibatan aktif *stakeholder* tidak hanya meningkatkan keberlanjutan ekologis pertanian, tetapi juga meningkatkan keadilan sosial dan ekonomi di tingkat lokal (Turner *et al.*, 2019).

Pada implementasinya, sinergi antara partisipasi aktif dan keterlibatan *stakeholder* memerlukan pendekatan kolaboratif yang membangun kepercayaan dan saling pengertian antara semua pihak terlibat (Wheeler *et al.*, 2021). Penelitian oleh Bäckstrand (2019) membahas bahwa proses partisipatif yang baik harus mencakup tahapan-tahapan yang jelas, mulai dari identifikasi masalah bersama hingga evaluasi bersama atas keberhasilan solusi yang diusulkan. Dengan demikian, integrasi perspektif beragam dari para pemangku kepentingan memperkuat kapasitas adaptif sistem pertanian terpadu dalam menghadapi tantangan masa depan (Bell *et al.*, 2023).

## **2. Pengetahuan dan Pengalaman Lokal**

Pengetahuan dan pengalaman lokal berperan krusial dalam pengembangan sistem pertanian terpadu. Menurut Turner *et al.* (2019), pengetahuan lokal yang dimiliki oleh petani dan masyarakat lokal merupakan aset berharga dalam menciptakan solusi-solusi yang berkelanjutan dan adaptif terhadap perubahan lingkungan dan sosial. Integrasi pengetahuan lokal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi pertanian tetapi juga memperkuat daya adaptasi terhadap tantangan seperti perubahan iklim dan fluktuasi pasar (Lambrou & Nelson, 2018). Dengan memanfaatkan pengalaman lokal, seperti praktik-praktik tradisional dalam pengelolaan tanah dan air, sistem pertanian terpadu dapat dikembangkan secara lebih holistik dan sesuai dengan konteks lokal yang spesifik (Reed *et al.*, 2016).

Pengakuan terhadap pengetahuan lokal juga mencerminkan pendekatan yang menghargai kearifan lokal dalam pengelolaan sumber daya alam (Pretty & Smith, 2016). Menurut Bell *et al.* (2023), pengetahuan tradisional yang diturunkan secara turun-temurun memiliki potensi untuk memberikan solusi-solusi inovatif dalam menghadapi tantangan pertanian modern, seperti penggunaan varietas tanaman lokal

yang lebih tahan terhadap kondisi lingkungan tertentu. Dengan menggabungkan pengetahuan lokal dengan pengetahuan ilmiah modern, implementasi sistem pertanian terpadu dapat menghasilkan pendekatan yang lebih berdaya guna dan berkelanjutan (Smith *et al.*, 2020).

Sinergi antara pengetahuan dan pengalaman lokal dengan *stakeholder* terkait memerlukan pembangunan kapasitas dan kolaborasi yang erat (Turner *et al.*, 2019). Bäckstrand (2019) menegaskan bahwa partisipasi aktif dari berbagai pihak, termasuk petani, masyarakat lokal, akademisi, dan pemerintah, adalah kunci untuk mengintegrasikan pengetahuan lokal dalam kebijakan dan praktik pertanian yang lebih luas. Hal ini tidak hanya memperkuat legitimasi kebijakan tetapi juga meningkatkan resiliensi sistem pertanian terhadap perubahan eksternal yang tidak terduga (Wheeler *et al.*, 2021).

### **3. Kolaborasi dan Kemitraan**

Kolaborasi dan kemitraan antara berbagai *stakeholder* adalah elemen penting dalam pengembangan sistem pertanian terpadu. Menurut O'Connell *et al.* (2017), kolaborasi yang efektif memungkinkan para pemangku kepentingan untuk berbagi sumber daya, pengetahuan, dan teknologi, sehingga menciptakan solusi-solusi inovatif yang dapat meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian. Sinergi antara berbagai pihak, seperti petani, pemerintah, lembaga riset, dan sektor swasta, tidak hanya memperluas jangkauan implementasi tetapi juga meningkatkan kapasitas untuk menghadapi tantangan kompleks dalam sektor pertanian (Wheeler *et al.*, 2021). Dalam konteks ini, kemitraan yang kuat menjadi kunci dalam menciptakan lingkungan yang mendukung inovasi dan transfer teknologi yang berkelanjutan (Smith *et al.*, 2020).

Kolaborasi dalam pengembangan sistem pertanian terpadu juga berdampak positif terhadap penciptaan nilai tambah dan peningkatan keberlanjutan ekonomi di tingkat lokal (Bell *et al.*, 2023). Menurut Turner *et al.* (2019), kemitraan yang melibatkan berbagai pihak membuka peluang untuk memperluas akses terhadap pasar dan teknologi, serta meningkatkan daya saing produk pertanian yang dihasilkan. Kolaborasi ini tidak hanya menguntungkan dari segi ekonomi tetapi juga memperkuat resiliensi sosial dan ekologis dalam menghadapi perubahan lingkungan yang dinamis (Lambrou & Nelson, 2018).

Pentingnya kolaborasi dan kemitraan juga tercermin dalam upaya membangun kapasitas lokal untuk mengelola sumber daya secara berkelanjutan (Reed *et al.*, 2016). Bell *et al.* (2023) membahas bahwa kolaborasi antara lembaga riset dan komunitas lokal dapat memperkuat transfer pengetahuan dan teknologi, sehingga meningkatkan adaptasi terhadap praktik pertanian yang lebih berkelanjutan. Dalam hal ini, kolaborasi bukan sekadar penggabungan kekuatan, tetapi juga tentang menciptakan sinergi yang menghasilkan solusi-solusi berbasis bukti dan terukur dalam mengatasi tantangan pertanian masa kini dan masa depan (Pretty & Smith, 2016).

#### **4. Konsultasi dan Komunikasi Terbuka**

Konsultasi dan komunikasi terbuka merupakan fondasi penting dalam membangun sinergi yang efektif antara berbagai *stakeholder* dalam pengembangan sistem pertanian terpadu. Menurut Jones dan Johnston (2017), konsultasi yang melibatkan semua pemangku kepentingan dalam proses perencanaan dan pengambilan keputusan memperkuat transparansi dan akuntabilitas, yang pada gilirannya meningkatkan kepercayaan dan kerjasama di antara para pihak. Komunikasi terbuka memungkinkan pertukaran informasi yang lebih lancar dan efektif, memperkecil kesenjangan antara pengetahuan lokal dan ilmiah, serta memastikan bahwa semua pihak memiliki pemahaman yang sama terhadap tantangan dan solusi yang diusulkan (Pretty & Smith, 2016). Hal ini sangat penting dalam menciptakan strategi yang inklusif dan adaptif terhadap dinamika lokal dan global dalam sektor pertanian (Wheeler *et al.*, 2021).

Pengaruh komunikasi terbuka dalam pembangunan sistem pertanian terpadu juga tercermin dalam peningkatan partisipasi dan keterlibatan *stakeholder*. Menurut Turner *et al.* (2019), dialog yang konstruktif dan inklusif antara petani, masyarakat, pemerintah, dan lembaga riset dapat menciptakan sinergi yang lebih kuat, memfasilitasi pemecahan masalah secara kolektif, dan mempercepat adopsi inovasi. Selain itu, konsultasi yang terbuka memungkinkan para pemangku kepentingan untuk mengidentifikasi dan mengatasi isu-isu kritis secara bersama-sama, mengurangi potensi konflik dan memperkuat kohesi sosial di komunitas pertanian (Lambrou & Nelson, 2018). Dengan demikian, komunikasi terbuka tidak hanya memperkuat proses

perencanaan tetapi juga memperkaya implementasi kebijakan dan program yang lebih responsif terhadap kebutuhan dan aspirasi masyarakat lokal (Reed *et al.*, 2016).

Pada konteks pengembangan sistem pertanian terpadu, komunikasi terbuka dan konsultasi yang efektif juga berkontribusi pada peningkatan kapasitas dan pembelajaran bersama. Menurut Bell *et al.* (2023), dialog terbuka antara berbagai pihak memungkinkan pertukaran pengetahuan dan pengalaman yang mendalam, meningkatkan pemahaman terhadap praktik terbaik dan teknologi terbaru dalam pertanian berkelanjutan. Hal ini juga membuka peluang untuk pengembangan kapasitas teknis dan manajerial bagi petani dan komunitas lokal, sehingga dapat mengadopsi dan mengadaptasi solusi-solusi inovatif yang sesuai dengan kondisi lokal (Smith *et al.*, 2020). Komunikasi yang efektif ini juga penting dalam memfasilitasi pengawasan dan evaluasi yang berkelanjutan terhadap kebijakan dan program yang dijalankan, memastikan bahwa hasil yang dicapai sesuai dengan tujuan pembangunan berkelanjutan yang telah ditetapkan (O'Connell *et al.*, 2017).

## **5. Keberlanjutan dan Peningkatan**

Keberlanjutan dan peningkatan merupakan dua aspek yang saling terkait dalam pengembangan sistem pertanian terpadu. Menurut Pretty dan Smith (2016), keberlanjutan dalam konteks pertanian mencakup kemampuan untuk mempertahankan produktivitas tanpa merusak sumber daya alam, serta memperbaiki kualitas lingkungan dan kehidupan sosial. Sinergi antara berbagai *stakeholder*, seperti petani, peneliti, pemerintah, dan masyarakat lokal, diperlukan untuk mencapai tujuan ini dengan memaksimalkan manfaat ekonomi sambil meminimalkan dampak lingkungan negatif (Smith *et al.*, 2020). Peningkatan, di sisi lain, menekankan pada upaya untuk terus-menerus meningkatkan efisiensi dan efektivitas produksi pertanian melalui inovasi teknologi dan praktik manajemen yang lebih baik (Jones & Johnston, 2017).

Pengembangan sistem pertanian terpadu yang berkelanjutan memerlukan kolaborasi yang erat antara berbagai pemangku kepentingan. Turner *et al.* (2019) menjelaskan bahwa sinergi antara pengetahuan lokal dan ilmiah, serta antara berbagai sektor seperti

pertanian, lingkungan, dan ekonomi, dapat memperkuat kapasitas adaptif sistem pertanian terhadap perubahan iklim dan dinamika pasar yang kompleks. Keberlanjutan dalam konteks ini tidak hanya berarti menjaga keseimbangan ekologis tetapi juga mempromosikan keadilan sosial dan ekonomi di tingkat lokal (Lambrou & Nelson, 2018).

Peningkatan dalam sistem pertanian terpadu juga terkait erat dengan inovasi dan adopsi teknologi baru. Menurut O'Connell *et al.* (2017), partisipasi aktif *stakeholder* dalam penelitian dan pengembangan pertanian memungkinkan identifikasi dan implementasi solusi inovatif yang sesuai dengan kondisi setempat. Dengan memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi, serta praktik-praktik terbaik yang terbukti efektif, sistem pertanian dapat terus ditingkatkan untuk mencapai produktivitas yang lebih tinggi dan keberlanjutan yang lebih baik (Reed *et al.*, 2016).



## BAB VIII

# TANTANGAN DAN PELUANG DI MASA DEPAN

---

Di era globalisasi dan perubahan iklim yang cepat, sistem pertanian terpadu dihadapkan pada berbagai tantangan yang kompleks dan peluang yang menjanjikan. Tantangan utama termasuk peningkatan permintaan akan pangan yang berkelanjutan, yang harus dipenuhi dengan menghadapi keterbatasan sumber daya alam seperti lahan dan air. Selain itu, perubahan iklim juga menghadirkan risiko baru bagi produktivitas pertanian, mempengaruhi pola cuaca, dan memperburuk keberlanjutan ekosistem pertanian. Di sisi lain, sistem pertanian terpadu menawarkan peluang untuk mengintegrasikan teknologi canggih seperti *Internet of Things* (IoT), big data, dan kecerdasan buatan (AI) untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Dengan memanfaatkan pendekatan berbasis teknologi, petani dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya, mengurangi dampak lingkungan, dan memperbaiki rantai pasokan pangan. Selain itu, sistem ini juga dapat menjadi landasan bagi inovasi sosial-ekonomi yang memperkuat ketahanan pangan masyarakat dan memperluas akses pasar untuk petani kecil.

### A. Tantangan Lingkungan dan Perubahan Iklim

Tantangan lingkungan dan perubahan iklim berpotensi besar mempengaruhi sistem pertanian terpadu di masa depan. Berikut ini adalah beberapa poin relevan yang perlu dipertimbangkan:

#### 1. Peningkatan Suhu Global

Peningkatan suhu global merupakan salah satu tantangan utama bagi sistem pertanian terpadu di masa depan. Perubahan iklim yang disebabkan oleh peningkatan emisi gas rumah kaca telah menyebabkan

suhu rata-rata global naik secara signifikan. Menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), fenomena ini berdampak langsung pada produktivitas pertanian global dengan mengubah pola curah hujan, suhu, dan keberadaan hama dan penyakit tanaman (IPCC, 2021). Peningkatan suhu juga mempengaruhi periode pertumbuhan tanaman, mempercepat pemanasan tanah, dan mengurangi ketersediaan air untuk irigasi di beberapa wilayah (Foley *et al.*, 2011). Pada konteks sistem pertanian terpadu, adaptasi terhadap perubahan iklim menjadi krusial. Upaya-upaya untuk mengembangkan varietas tanaman yang tahan terhadap panas ekstrem dan kekeringan menjadi fokus utama riset agronomi (Porter *et al.*, 2014). Selain itu, teknologi pertanian yang berkelanjutan seperti penggunaan irigasi berbasis presisi dan sistem agroforestri menjadi solusi yang potensial untuk mengurangi dampak negatif dari perubahan iklim terhadap produksi pangan (Lal, 2016). Namun demikian, tantangan besar tetap ada dalam mengintegrasikan teknologi ini secara luas di seluruh dunia untuk meningkatkan ketahanan pangan global (FAO, 2018).

Perubahan iklim juga mengancam keberlanjutan sumber daya alam yang mendasari pertanian terpadu. Degradasi tanah akibat pemanasan global dan perubahan pola hujan dapat mengurangi kesuburan tanah dan produktivitas pertanian jangka panjang (Bai *et al.*, 2018). Di samping itu, kenaikan suhu air laut berdampak negatif pada ekosistem pesisir dan kelautan yang memberikan sumber daya penting bagi pertanian terpadu di daerah pantai (Hoegh-Guldberg *et al.*, 2019). Dalam konteks ini, perlunya manajemen sumber daya alam yang berkelanjutan menjadi semakin mendesak untuk menjaga ketahanan sistem pertanian global. Menghadapi tantangan ini, kolaborasi global dalam penelitian dan kebijakan diperlukan untuk mengembangkan strategi adaptasi yang efektif. Organisasi internasional seperti *Food and Agriculture Organization* (FAO) telah menekankan pentingnya integrasi ilmu pengetahuan dan praktik pertanian berkelanjutan dalam merespons perubahan iklim (FAO, 2020). Selain itu, kebijakan publik yang mendukung pengurangan emisi gas rumah kaca serta pendanaan untuk teknologi hijau dan inovasi di sektor pertanian menjadi kunci dalam meraih ketahanan pangan global di masa depan (Rockström *et al.*, 2017). Upaya bersama ini tidak hanya akan memperkuat ketahanan pangan

global tetapi juga memitigasi dampak negatif perubahan iklim terhadap sistem pertanian terpadu.

## **2. Ketersediaan Air**

Ketersediaan air adalah tantangan utama bagi sistem pertanian terpadu di masa depan, terutama dengan meningkatnya dampak perubahan iklim. Perubahan pola hujan yang tidak teratur dan meningkatnya kekeringan telah mengancam ketahanan pangan global. Menurut *World Resources Institute* (WRI), sekitar 17% dari total penggunaan air dunia digunakan untuk irigasi pertanian, dengan sebagian besar wilayah yang bergantung pada sumber air permukaan yang semakin rentan terhadap fluktuasi iklim (WRI, 2020). Pemanasan global juga menyebabkan pencairan gletser dan menurunkan volume air dari sungai-sungai penting, yang merupakan sumber utama air untuk irigasi dan konsumsi manusia di banyak negara (Immerzeel *et al.*, 2022). Dalam menghadapi tantangan ini, teknologi pertanian berbasis air seperti irigasi berbasis presisi menjadi kunci dalam mengoptimalkan penggunaan air di pertanian. Menurut Organisasi Pangan dan Pertanian (FAO), teknologi ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 30% atau lebih, membantu pertanian beradaptasi dengan perubahan iklim dan meminimalkan dampaknya terhadap produktivitas tanaman (FAO, 2019). Namun demikian, implementasi teknologi ini memerlukan investasi yang signifikan serta kapasitas teknis yang memadai di tingkat petani, yang sering kali menjadi kendala utama di banyak negara berkembang (Kijne *et al.*, 2018).

Perubahan iklim juga mempengaruhi ketersediaan air secara tidak langsung melalui dampaknya terhadap siklus hidrologi regional. Menurut penelitian terbaru oleh Leakey *et al.* (2023), perubahan pola hujan ekstrem dapat menyebabkan banjir dan kekeringan yang lebih sering, mengancam infrastruktur irigasi dan ketersediaan air untuk pertanian. Selain itu, pemanasan global juga berdampak pada peningkatan penguapan air dari permukaan tanah dan permukaan air, yang dapat mengurangi volume air yang tersedia untuk pertanian (Haddeland *et al.*, 2018). Kolaborasi internasional dan kebijakan yang terkoordinasi diperlukan untuk mengatasi tantangan ketersediaan air dalam konteks pertanian terpadu. Menurut United Nations Water, pendekatan terintegrasi antara sektor pertanian, air, dan lingkungan

merupakan kunci untuk mengelola air secara berkelanjutan di masa depan (UN Water, 2021). Selain itu, inisiatif untuk mengelola daerah tangkapan air yang berkelanjutan dan melindungi ekosistem air tawar menjadi penting untuk menjaga ketersediaan air yang memadai bagi pertanian dan kebutuhan manusia lainnya (Richter *et al.*, 2020).

### **3. Kehilangan Keanekaragaman Hayati**

Kehilangan keanekaragaman hayati merupakan tantangan serius bagi sistem pertanian terpadu di masa depan, terutama dalam konteks perubahan iklim yang semakin memburuk. Menurut World Wildlife Fund (WWF), hilangnya spesies dan degradasi habitat dapat mengurangi ketahanan agroekosistem terhadap perubahan iklim, mempengaruhi polinasi tanaman, dan meningkatkan risiko terhadap hama dan penyakit tanaman (WWF, 2023). Perubahan iklim telah menyebabkan pergeseran zona iklim dan habitat alami, mengancam kelangsungan spesies-spesies penting yang berperan dalam ekosistem pertanian yang sehat (Dirzo *et al.*, 2014). Dalam upaya mengatasi dampak kehilangan keanekaragaman hayati, konservasi sumber daya genetik tanaman menjadi sangat penting. Menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO), konservasi varietas tanaman lokal yang tahan terhadap stres lingkungan dapat memperkuat ketahanan pertanian terhadap perubahan iklim dan mendukung keberlanjutan produksi pangan (FAO, 2020). Namun, tantangan besar terletak pada pengurangan luas habitat alami dan fragmentasi ekosistem, yang mengurangi kemampuan spesies untuk beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan iklim yang cepat (Díaz *et al.*, 2019).

Kehilangan keanekaragaman hayati juga memiliki dampak ekonomi yang signifikan terhadap pertanian terpadu. Menurut *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA), penurunan keanekaragaman hayati dapat mengurangi produktivitas pertanian dan memperburuk keberlanjutan sistem pertanian, terutama di daerah-daerah yang sangat bergantung pada ekosistem alami untuk keberlangsungan produksi (MEA, 2015). Selain itu, penurunan populasi serangga yang berperan dalam penyerbukan tanaman dapat mengurangi hasil panen secara signifikan, mempengaruhi ketersediaan pangan secara global (IPBES, 2019). Untuk mengatasi tantangan ini, perlindungan terhadap keanekaragaman hayati harus menjadi prioritas dalam kebijakan pertanian global. Organisasi Pangan dan Pertanian (FAO) mendorong

pengembangan praktik pertanian berkelanjutan yang mempertahankan keanekaragaman hayati lokal dan memperkuat ketahanan pangan di tingkat lokal (FAO, 2021). Selain itu, konservasi habitat alami dan upaya restorasi ekosistem merupakan langkah-langkah penting dalam menjaga fungsi ekosistem yang mendukung sistem pertanian terpadu di masa depan (CBD, 2022).

#### **4. Kesehatan Tanah**

Kesehatan tanah menjadi tantangan krusial dalam konteks perubahan iklim dan sistem pertanian terpadu di masa depan. Menurut *United Nations Environment Programme* (UNEP), degradasi tanah yang disebabkan oleh erosi, degradasi organik, pencemaran, dan kompaksi tanah dapat mengurangi produktivitas pertanian dan ketahanan pangan secara signifikan (UNEP, 2020). Perubahan iklim seperti peningkatan suhu dan pola curah hujan yang tidak teratur juga dapat memperburuk degradasi tanah, meningkatkan risiko erosi dan penurunan kesuburan tanah di berbagai belahan dunia (Lal, 2018). Dalam menghadapi tantangan ini, penting untuk menerapkan praktik pertanian berkelanjutan yang memperbaiki kesehatan tanah. Menurut Lal (2015), praktik-praktik seperti konservasi tanah dan air, rotasi tanaman, penggunaan pupuk organik, dan agroforestri dapat meningkatkan kesuburan tanah, memperbaiki infiltrasi air, dan mengurangi erosi tanah. Implementasi teknologi-teknologi ini dapat membantu pertanian beradaptasi dengan perubahan iklim sambil mempertahankan produktivitas tanah dalam jangka panjang.

Kesehatan tanah juga berperan penting dalam siklus karbon dan mitigasi perubahan iklim global. Menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO), tanah yang sehat berperan sebagai penyimpan karbon yang signifikan, membantu mengurangi konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer (FAO, 2017). Namun, degradasi tanah yang luas dapat mengubah tanah dari penyimpan karbon menjadi sumber emisi, memperburuk perubahan iklim secara keseluruhan (Smith *et al.*, 2016). Pengelolaan tanah yang berkelanjutan dan pemulihan lahan yang terdegradasi menjadi kunci dalam mengatasi tantangan kesehatan tanah di masa depan. Menurut *International Union of Soil Sciences* (IUSS), perlunya pendekatan holistik yang mengintegrasikan ilmu tanah, kebijakan pertanian, dan partisipasi masyarakat dalam memulihkan dan

melestarikan kesehatan tanah (IUSS, 2021). Selain itu, upaya untuk meningkatkan kesadaran dan pendidikan petani tentang praktik-praktik konservasi tanah menjadi esensial untuk menjaga keberlanjutan sistem pertanian global.

## **5. Keselamatan Pangan**

Keselamatan pangan menjadi tantangan utama dalam konteks perubahan iklim yang berdampak pada sistem pertanian terpadu di masa depan. Menurut World Health Organization (WHO, 2018), perubahan iklim telah mengancam kestabilan produksi pangan global melalui peningkatan suhu, perubahan pola hujan, dan peningkatan frekuensi bencana alam. Hal ini mengakibatkan kerentanan yang lebih besar terhadap ketahanan pangan di berbagai belahan dunia. Integritas sistem pertanian terpadu juga terancam karena pergeseran ekologi yang mempengaruhi produktivitas tanaman dan hewan. Dalam penelitian terbaru, *The Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2021) membahas bahwa adaptasi dan mitigasi perubahan iklim penting untuk menjaga keberlanjutan sistem pertanian. Peningkatan suhu global diperkirakan mempengaruhi ketersediaan air dan keanekaragaman hayati, yang menjadi landasan utama produksi pangan (IPCC, 2021). Sistem pertanian terpadu di masa depan harus mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang semakin tidak stabil, serta mempertimbangkan strategi baru dalam manajemen sumber daya alam.

Pada tingkat lokal, organisasi seperti *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2020) telah membahas perlunya keberlanjutan dalam praktik pertanian untuk menjaga keselamatan pangan. Konsep pertanian berkelanjutan mencakup penggunaan sumber daya yang efisien, pengurangan limbah, dan perlindungan terhadap keanekaragaman hayati yang mendukung produktivitas jangka panjang (FAO, 2020). Keselamatan pangan bukan hanya tentang ketersediaan fisik pangan tetapi juga tentang akses yang adil dan aman bagi semua populasi. Di sisi lain, para ahli di Harvard Chan School of Public Health (2023) menekankan pentingnya kebijakan publik yang progresif dalam menghadapi tantangan keselamatan pangan akibat perubahan iklim. Kebijakan ini harus memperhitungkan interaksi kompleks antara faktor lingkungan, ekonomi, dan sosial dalam menciptakan solusi yang berkelanjutan (Harvard Chan School of Public Health, 2023). Dengan

demikian, mengamankan masa depan sistem pertanian terpadu memerlukan pendekatan komprehensif yang memperhatikan adaptasi terhadap perubahan iklim serta keberlanjutan dan kesetaraan dalam akses pangan.

## **6. Pemanfaatan Energi**

Penelitian mengenai pemanfaatan energi dalam konteks sistem pertanian terpadu membahas tantangan signifikan yang dihadapi dalam menghadapi perubahan iklim global. Menurut penelitian yang dilakukan oleh International Energy Agency (IEA, 2022), sektor pertanian diperkirakan akan menghadapi tekanan untuk beralih ke sumber energi yang lebih berkelanjutan guna mengurangi jejak karbonnya. Penggunaan energi dalam pertanian tidak hanya mencakup kebutuhan untuk operasional dan transportasi, tetapi juga untuk pengelolaan air dan pengolahan hasil panen yang mempengaruhi keseluruhan efisiensi dan keberlanjutan sistem pertanian. Perubahan iklim juga mempengaruhi ketersediaan energi untuk pertanian secara keseluruhan. United Nations Development Programme (UNDP, 2021) mencatat bahwa fluktuasi dalam kondisi cuaca ekstrem dapat mengganggu infrastruktur energi dan mengurangi ketersediaan sumber daya seperti listrik dan bahan bakar untuk pertanian. Hal ini meningkatkan kerentanan sistem pertanian terpadu terhadap ketidakpastian dalam akses energi yang diperlukan untuk operasi sehari-hari dan inovasi teknologi pertanian.

Pada literatur terbaru, *European Environment Agency* (EEA, 2023) menekankan pentingnya integrasi energi terbarukan dalam praktik pertanian untuk mengurangi dampak lingkungan. EEA membahas bahwa keberlanjutan energi adalah kunci dalam mengurangi jejak karbon dari sektor pertanian, yang pada gilirannya dapat membantu dalam mitigasi perubahan iklim (EEA, 2023). Pemanfaatan energi terbarukan seperti energi surya dan biomassa menjadi fokus dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan efisiensi energi dalam pertanian. Kebijakan energi yang berorientasi pada keberlanjutan menjadi krusial dalam merancang masa depan sistem pertanian yang terintegrasi. Menurut International Renewable Energy Agency (IRENA, 2020), subsidi dan insentif untuk pengembangan teknologi energi terbarukan di sektor pertanian dapat mempercepat transisi menuju praktik yang lebih ramah lingkungan (IRENA, 2020). Hal ini

menggarisbawahi perlunya kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat untuk menciptakan infrastruktur energi yang dapat mendukung pertanian yang lebih berkelanjutan dan adaptif terhadap perubahan iklim.

## **7. Adaptasi dan Mitigasi**

Adaptasi dan mitigasi perubahan iklim merupakan dua komponen kunci dalam menjaga keberlanjutan sistem pertanian terpadu di masa depan, menghadapi tantangan lingkungan yang semakin kompleks. Menurut *Fourth National Climate Assessment* (USGCRP, 2018), adaptasi mengacu pada strategi untuk menyesuaikan praktik pertanian dengan kondisi lingkungan yang berubah, seperti penyesuaian pola tanam dan pengelolaan air yang lebih efisien. Sementara itu, mitigasi bertujuan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dari sektor pertanian melalui praktik-praktik yang lebih berkelanjutan dan penggunaan energi yang lebih efisien. Perubahan iklim secara signifikan mempengaruhi strategi adaptasi dalam pertanian. Menurut World Bank (2020), peningkatan suhu dan pola hujan yang tidak teratur dapat mengurangi produktivitas tanaman dan meningkatkan risiko terhadap serangan hama dan penyakit. Strategi adaptasi yang efektif mencakup diversifikasi tanaman, penggunaan varietas yang tahan terhadap stres panas dan kekeringan, serta penerapan teknologi inovatif seperti sistem irigasi yang cerdas (World Bank, 2020). Ini menekankan perlunya fleksibilitas dan inovasi dalam merespons perubahan iklim yang terus berlanjut.

Mitigasi perubahan iklim dalam konteks pertanian memerlukan kolaborasi antara pemerintah, industri, dan masyarakat. Menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2021), praktik-praktik seperti pengelolaan tanah yang berkelanjutan, penggunaan pupuk hijau, dan penerapan teknologi hijau dapat membantu mengurangi jejak karbon dari sektor pertanian (IPCC, 2021). Pentingnya mitigasi ini juga terkait dengan upaya global untuk mencapai target emisi netral karbon di berbagai sektor ekonomi, termasuk pertanian. Implementasi kebijakan yang memadai adalah kunci dalam mendorong adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di sektor pertanian. Menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2019), kebijakan yang mendukung investasi dalam teknologi hijau, pengembangan infrastruktur adaptasi, dan pendidikan

petani tentang praktik-praktik berkelanjutan adalah langkah krusial dalam menciptakan sistem pertanian yang tahan terhadap perubahan iklim (FAO, 2019). Pemerintah dan pemangku kepentingan lainnya perlu bekerja sama untuk menciptakan lingkungan kebijakan yang mendukung peralihan menuju pertanian yang lebih berkelanjutan dan adaptif.

## **B. Peningkatan Produktivitas dan Kualitas**

Sistem pertanian terpadu mengacu pada pendekatan yang mengintegrasikan berbagai komponen pertanian secara holistik untuk mencapai efisiensi dan keberlanjutan yang lebih baik. Komponen-komponen ini dapat mencakup pertanian organik, polikultur, penggunaan sumber daya secara bijaksana, dan manajemen berbasis ekologi.

### **1. Tantangan dalam Pertanian Modern**

Tantangan dalam pertanian modern mencakup berbagai aspek kompleks yang mempengaruhi produktivitas, keberlanjutan, dan keberhasilan industri pertanian secara keseluruhan. Berikut adalah beberapa tantangan utama yang dihadapi dalam pertanian modern:

#### **a. Keterbatasan Sumber Daya**

Keterbatasan sumber daya merupakan tantangan utama dalam pertanian modern, yang meliputi ketersediaan lahan, air, dan sumber daya alam lainnya. Menurut FAO (2017), pertumbuhan populasi global yang pesat memicu peningkatan permintaan akan pangan, sementara sumber daya alam yang tersedia untuk produksi pertanian semakin terbatas. Misalnya, jumlah lahan pertanian yang subur terus berkurang akibat urbanisasi dan degradasi lahan. Sumber daya air juga menjadi semakin langka di banyak wilayah, terutama di daerah yang menghadapi perubahan iklim ekstrem. Hal ini mengakibatkan ketidakpastian dalam irigasi dan menurunkan produktivitas pertanian. Sumber daya tanah juga mengalami degradasi yang signifikan. Menurut Lal (2015), sekitar 33% dari tanah pertanian dunia telah terdegradasi akibat praktik pertanian yang tidak berkelanjutan. Degradasi tanah mengurangi kemampuan tanah

untuk mendukung pertumbuhan tanaman, yang pada akhirnya mempengaruhi produksi pangan. Selain itu, penurunan kualitas tanah ini memerlukan intervensi teknologi yang mahal untuk memperbaikinya, yang tidak selalu tersedia bagi petani kecil di negara berkembang.

Ketersediaan air untuk irigasi juga menjadi masalah kritis. Menurut World Bank (2019), sektor pertanian menggunakan sekitar 70% dari total penggunaan air tawar dunia. Namun, perubahan iklim dan meningkatnya permintaan dari sektor industri dan rumah tangga telah mengurangi ketersediaan air untuk pertanian. Di banyak negara, penggunaan air yang tidak efisien telah menyebabkan penurunan signifikan dalam ketersediaan air tanah, sehingga menimbulkan tantangan tambahan bagi petani untuk memastikan tanaman mendapatkan cukup air. Selanjutnya, perubahan iklim memperburuk keterbatasan sumber daya ini. IPCC (2021) melaporkan bahwa perubahan pola cuaca, peningkatan suhu, dan kejadian cuaca ekstrem seperti banjir dan kekeringan menjadi lebih sering dan parah, yang berdampak langsung pada produksi pertanian. Misalnya, kekeringan berkepanjangan dapat merusak tanaman dan mengurangi hasil panen, sementara banjir dapat menghancurkan infrastruktur pertanian dan merusak lahan. Oleh karena itu, adaptasi terhadap perubahan iklim menjadi semakin penting untuk memastikan ketahanan pangan global di masa depan.

b. Perubahan Iklim

Perubahan iklim telah menjadi tantangan serius dalam pertanian modern, mempengaruhi produktivitas tanaman, keberlanjutan lingkungan, dan ketahanan pangan global. Menurut IPCC (2021), perubahan iklim telah menyebabkan peningkatan suhu global dan variasi pola cuaca yang ekstrem, seperti kekeringan yang lebih parah dan banjir yang intens. Dampak ini sangat signifikan bagi pertanian karena tanaman menjadi lebih rentan terhadap stres panas dan kekurangan air, yang dapat mengurangi hasil panen dan kualitas produk pertanian. Para ahli menekankan perlunya adaptasi dan mitigasi yang efektif untuk mengurangi dampak buruk perubahan iklim

terhadap produksi pangan (FAO, 2019). Selain itu, perubahan iklim juga mempengaruhi ketersediaan air untuk pertanian. World Bank (2018) mencatat bahwa iklim yang lebih panas meningkatkan penguapan air dari tanah dan permukaan air, menyebabkan penurunan ketersediaan air untuk irigasi tanaman pertanian. Hal ini menuntut sistem irigasi yang lebih efisien dan pengelolaan sumber daya air yang lebih baik agar pertanian tetap berkelanjutan. Lebih lanjut, perubahan iklim juga berpotensi memperburuk penyebaran hama dan penyakit tanaman, karena kondisi yang lebih hangat dapat menciptakan lingkungan yang lebih menguntungkan bagi organisme pengganggu tanaman (IPCC, 2021).

Peningkatan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) atmosfer juga memiliki dampak yang kompleks terhadap pertanian modern. Menurut studi oleh Zhu *et al.* (2020), peningkatan CO<sub>2</sub> dapat meningkatkan laju fotosintesis tanaman tertentu, tetapi efek ini dapat dikompensasi oleh penurunan kadar nutrisi dalam tanaman dan perubahan pola curah hujan yang tidak teratur. Ini mengisyaratkan bahwa pertanian harus beradaptasi dengan perubahan kimia dan fisik tanah akibat perubahan iklim untuk mempertahankan produktivitas dan kualitas hasil panen yang optimal. Perubahan iklim juga berdampak pada stabilitas ekonomi dan sosial di komunitas pertanian. Menurut FAO (2020), petani di negara berkembang yang bergantung pada pertanian subsisten sering kali merupakan yang paling rentan terhadap perubahan iklim, karena memiliki keterbatasan dalam hal akses terhadap teknologi adaptasi dan sumber daya lainnya.

c. Kesehatan Tanaman dan Hama

Kesehatan tanaman dan pengendalian hama merupakan dua aspek penting dalam pertanian modern yang mempengaruhi produktivitas dan keberlanjutan agribisnis. Menurut Jenkins *et al.* (2018), "Kesehatan tanaman yang baik merupakan dasar utama bagi hasil panen yang optimal dalam pertanian modern." Faktor-faktor seperti penyakit tanaman, defisiensi nutrisi, dan gangguan iklim dapat mengancam kesehatan tanaman dan menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan (Rosenzweig *et al.*, 2014). Pengendalian hama juga menjadi tantangan serius, dengan

perubahan iklim yang berpotensi meningkatkan populasi hama tertentu (Gurr *et al.*, 2016). Meningkatnya ketahanan hama terhadap pestisida konvensional juga menjadi perhatian, mengingat dampak lingkungan dan kesehatan yang mungkin ditimbulkannya (Kladivko *et al.*, 2016). Pertanian modern dihadapkan pada tekanan untuk mengadopsi pendekatan yang lebih berkelanjutan dalam mengelola kesehatan tanaman. Menurut FAO (2019), "Integrasi praktik pertanian organik dan pengurangan penggunaan pestisida merupakan langkah krusial dalam memperbaiki kesehatan tanaman secara keseluruhan." Penggunaan teknologi canggih seperti sensor tanah dan drone telah mulai diadopsi untuk memantau kondisi tanaman dan memprediksi serangan hama (Sankaran *et al.*, 2015). Meskipun demikian, tantangan dalam menerapkan teknologi ini secara luas adalah aksesibilitas dan biaya yang masih tinggi bagi sebagian petani (Van Henten *et al.*, 2018).

Perubahan iklim menjadi faktor penting yang mempengaruhi dinamika kesehatan tanaman dan penyebaran hama di seluruh dunia. Menurut Rosenzweig *et al.* (2014), "Perubahan suhu dan pola curah hujan dapat mempengaruhi penyebaran penyakit tanaman dan merubah perilaku hama terhadap tanaman inang." Di samping itu, adaptasi varietas tanaman terhadap kondisi iklim yang berubah menjadi kunci dalam memastikan ketahanan tanaman terhadap tekanan biotik dan abiotik (Parmesan, 2016). Upaya global untuk menanggulangi perubahan iklim juga diyakini dapat mengurangi risiko yang terkait dengan kesehatan tanaman dan pengendalian hama (IPCC, 2019). Selain tantangan biologis dan lingkungan, aspek sosio-ekonomi juga berperan dalam keberhasilan upaya menjaga kesehatan tanaman. Menurut Godfray *et al.* (2010), "Integrasi kebijakan pertanian dengan keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan sosial menjadi penting dalam mengatasi masalah kompleks ini." Dukungan pemerintah dan perusahaan swasta dalam pengembangan solusi pertanian yang ramah lingkungan dapat mempercepat adopsi teknologi dan praktik yang berkelanjutan (Pretty *et al.*, 2018).

## 2. Strategi Peningkatan Produktivitas dan Kualitas

Di masa depan, strategi untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas dalam sistem pertanian terpadu akan menjadi kunci untuk memenuhi tuntutan pangan yang terus meningkat di tengah tantangan lingkungan dan sosial. Berikut adalah beberapa strategi relevan yang dapat diterapkan:

### a. Teknologi Pertanian Terkini

Teknologi pertanian terkini berperan krusial dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas sistem pertanian terpadu di masa depan. Menurut Hossain *et al.* (2017), teknologi seperti kecerdasan buatan (AI) dan *Internet of Things* (IoT) mengubah cara kita mengelola tanaman dan hewan, memungkinkan pengumpulan data yang akurat dan prediksi yang lebih baik untuk pengambilan keputusan pertanian. Teknologi ini tidak hanya memperbaiki efisiensi operasional, tetapi juga mengurangi risiko kerugian akibat faktor lingkungan atau penyakit tanaman. Penerapan teknologi sensor yang canggih dan pengolahan big data dalam pertanian, seperti yang dikemukakan oleh Dhakal *et al.* (2020), memberikan wawasan mendalam tentang kondisi tanah, nutrisi tanaman, dan kesehatan hewan secara *real-time*. Ini memungkinkan petani untuk merespons dengan cepat terhadap perubahan lingkungan dan memaksimalkan hasil tanaman dan ternak. Selain itu, integrasi teknologi drone dan satelit memungkinkan pemantauan luas area pertanian secara efisien dan akurat.

### b. Pemupukan dan Pengendalian Hama yang Tepat

Pemupukan dan pengendalian hama yang tepat adalah strategi krusial dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas dalam sistem pertanian terpadu di masa depan. Menurut Holm *et al.* (2019), pemupukan yang efisien tidak hanya memastikan pasokan nutrisi yang cukup untuk tanaman tetapi juga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Penggunaan pupuk organik dan teknologi pemupukan presisi, seperti yang disebutkan oleh Khan *et al.* (2020), dapat membantu dalam mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan meningkatkan kesehatan tanah, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih baik dan hasil yang lebih berkualitas. Dalam hal

pengendalian hama, pendekatan terpadu menjadi penting. Menurut Smith *et al.* (2018), penggunaan agen pengendali hayati dan teknologi monitoring yang canggih memungkinkan deteksi dini dan tindakan yang tepat dalam mengendalikan populasi hama tanaman secara efektif. Teknologi seperti aplikasi sensor untuk pemantauan hama dan penggunaan biopestisida yang ramah lingkungan telah menunjukkan potensi besar untuk mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia berbahaya (Ahmad *et al.*, 2021).

c. Pengelolaan Air

Pengelolaan air menjadi strategi krusial dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas dalam sistem pertanian terpadu di masa depan. Menurut Braga *et al.* (2017), tantangan seperti perubahan iklim dan pertumbuhan populasi memperparah masalah ketersediaan air untuk pertanian. Teknologi seperti irigasi presisi dan pengelolaan air berbasis sensor dapat membantu mengoptimalkan penggunaan air tanaman, meningkatkan efisiensi air, dan mengurangi limbah. Hal ini penting untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang sehat dan peningkatan hasil pertanian secara berkelanjutan. Pendekatan holistik terhadap pengelolaan air melibatkan integrasi kebijakan, teknologi, dan pendidikan untuk mencapai tujuan keberlanjutan. Menurut van der Velde *et al.* (2019), keberhasilan pengelolaan air dalam pertanian tergantung pada koordinasi antar-sektor, termasuk pertanian, lingkungan, dan pengelolaan sumber daya alam. Teknologi seperti sistem informasi geografis (SIG) dan model hidrologi dapat membantu dalam perencanaan pengelolaan air yang lebih efektif dan adaptif terhadap perubahan lingkungan dan permintaan air yang meningkat.

d. Penggunaan Energi Terbarukan

Penggunaan energi terbarukan di sistem pertanian terpadu di masa depan diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian secara signifikan. Ahli energi dan pertanian mengidentifikasi bahwa beralih ke sumber energi yang terbarukan seperti matahari, angin, dan biomassa dapat mengurangi ketergantungan pada energi fosil yang terbatas dan berpotensi merugikan lingkungan (Smith, 2018). Energi

terbarukan memungkinkan sistem pertanian untuk menjadi lebih mandiri secara energi, mengurangi biaya operasional jangka panjang, serta mengurangi jejak karbon secara keseluruhan (Brown, 2020). Integrasi teknologi energi terbarukan dalam irigasi, pemrosesan hasil pertanian, dan transportasi pertanian menjadi kunci dalam meningkatkan efisiensi dan mengurangi kerentanan terhadap fluktuasi harga energi konvensional (IEA, 2019). Selain itu, penggunaan energi terbarukan dalam sistem pertanian terpadu dapat memperluas akses energi di daerah terpencil atau terisolasi, yang sering kali sulit dijangkau oleh infrastruktur energi konvensional (IRENA, 2021). Teknologi energi terbarukan seperti panel surya dan sistem biogas dapat memberikan solusi untuk meningkatkan produktivitas melalui penggunaan listrik yang andal dan terjangkau (FAO, 2017). Hal ini sejalan dengan visi untuk mencapai pertanian yang lebih berkelanjutan secara ekonomi dan lingkungan, memperkuat ketahanan pangan global (World Bank, 2023).

e. Pendidikan dan Pelatihan

Pendidikan dan pelatihan yang terfokus pada sistem pertanian terpadu di masa depan dianggap krusial dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian secara signifikan. Para ahli mengamati bahwa investasi dalam pendidikan pertanian yang komprehensif dapat membawa perubahan positif dalam praktik pertanian, teknologi, dan manajemen sumber daya (FAO, 2017). Pelatihan yang baik dapat membantu petani mengadopsi praktik-praktik terbaru dalam pengelolaan tanah, air, dan sumber daya alam lainnya, serta memperkenalkan teknologi yang efisien dan berkelanjutan (World Bank, 2023). Hal ini tidak hanya meningkatkan hasil pertanian tetapi juga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, seperti degradasi tanah dan pencemaran air (UNEP, 2022). Selain itu, pendidikan yang ditingkatkan juga dapat memperbaiki kualitas hidup petani dengan meningkatkan keterampilan dalam mengelola usaha pertanian secara efisien dan berkelanjutan (IPCC, 2018). Pelatihan tentang penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam pertanian, misalnya, dapat memungkinkan petani untuk mengakses

informasi pasar, memperbaiki manajemen inventaris, dan meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan (EIA, 2021). Dengan demikian, pendidikan dan pelatihan berperan penting dalam mendukung transformasi sistem pertanian menuju keberlanjutan yang lebih besar dan ketahanan pangan yang lebih baik (IRENA, 2020).

### **3. Dampak Positif dari Peningkatan Produktivitas dan Kualitas**

Peningkatan produktivitas dan kualitas dalam sistem pertanian terpadu di masa depan dapat memiliki dampak positif yang signifikan, baik bagi petani, konsumen, maupun lingkungan secara keseluruhan. Berikut adalah beberapa dampak positif yang dapat diharapkan:

#### **a. Penurunan Penggunaan Bahan Kimia Berbahaya**

Penurunan penggunaan bahan kimia berbahaya dalam pertanian terintegrasi di masa depan merupakan dampak positif yang diharapkan dari peningkatan produktivitas dan kualitas sistem pertanian tersebut. Menurut Han *et al.* (2020), integrasi teknologi canggih dalam praktik pertanian seperti penggunaan sensor dan kontrol otomatis dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pestisida dan pupuk kimia, yang pada gilirannya mengurangi risiko pencemaran lingkungan. Hal ini sejalan dengan upaya untuk mencapai pertanian berkelanjutan yang lebih ramah lingkungan. Dengan memanfaatkan data dan analisis presisi, pertanian terpadu dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan kimia berbahaya, menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan berkelanjutan (FAO, 2018).

Implementasi praktik pertanian organik dalam sistem terpadu dapat berperan penting dalam mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya. Menurut Kremen *et al.* (2012), pertanian organik mempromosikan penggunaan bahan-bahan alami seperti kompos dan pengendalian hayati, yang dapat menggantikan pestisida sintetis dan pupuk kimia. Ini bukan hanya mengurangi risiko kontaminasi tanah dan air tanah, tetapi juga meningkatkan kesehatan tanah jangka panjang. Dengan demikian, praktik pertanian organik dalam konteks sistem terpadu dapat berpotensi mengubah paradigma pengelolaan pertanian menuju pendekatan yang lebih berkelanjutan (Kremen *et al.*, 2012).

b. Peningkatan Keamanan Pangan

Peningkatan keamanan pangan sebagai dampak positif dari peningkatan produktivitas dan kualitas dalam sistem pertanian terpadu di masa depan menjadi fokus utama dalam upaya menjaga ketersediaan dan aksesibilitas pangan yang aman dan bergizi bagi populasi global. Menurut World Bank (2020), sistem pertanian terpadu yang menggabungkan teknologi canggih, praktik organik, dan pemuliaan tanaman dapat meningkatkan produksi pangan secara signifikan tanpa mengorbankan keamanan pangan. Dengan memanfaatkan pendekatan yang holistik, seperti pengendalian hayati dan pengelolaan tanah yang berkelanjutan, pertanian terpadu dapat mengurangi risiko kontaminasi pangan dan meningkatkan kualitas nutrisi hasil panen (World Bank, 2020).

Perbaikan dalam manajemen sumber daya alam seperti air dan tanah melalui pertanian terpadu juga berkontribusi pada keamanan pangan. Menurut Pretty *et al.* (2018), praktik pengelolaan air yang efisien dan pemulihan kesuburan tanah secara alami membantu mempertahankan produktivitas lahan pertanian dalam jangka panjang. Hal ini tidak hanya mendukung ketahanan pangan global melalui peningkatan hasil panen, tetapi juga mengurangi risiko kelangkaan pangan akibat perubahan iklim dan ekstrem musim (Pretty *et al.*, 2018). Peningkatan keamanan pangan juga didorong oleh pengembangan varietas tanaman yang lebih tahan terhadap stres lingkungan dan serangan penyakit. Menurut Hickey *et al.* (2019), kemajuan dalam genetika dan pemuliaan tanaman telah memungkinkan pengembangan varietas yang lebih produktif dan adaptif terhadap kondisi lingkungan yang berubah-ubah. Dengan demikian, pertanian terpadu tidak hanya meningkatkan kuantitas produksi pangan, tetapi juga memastikan bahwa hasil panen lebih stabil dan dapat diandalkan dalam menghadapi tantangan eksternal (Hickey *et al.*, 2019).

c. Pengurangan Kemiskinan

Pengurangan kemiskinan sebagai dampak positif dari peningkatan produktivitas dan kualitas dalam sistem pertanian terpadu di masa depan menunjukkan potensi besar untuk

meningkatkan kesejahteraan ekonomi dan sosial di masyarakat. Menurut Pauw *et al.* (2019), pertanian yang lebih produktif dapat menciptakan peluang kerja baru dan meningkatkan pendapatan petani, khususnya di daerah pedesaan yang sering kali terpinggirkan. Dengan mengadopsi teknologi modern dan praktik berkelanjutan, pertanian terpadu dapat menjadi mesin penggerak ekonomi lokal yang memberdayakan masyarakat untuk keluar dari lingkaran kemiskinan (Pauw *et al.*, 2019). Peningkatan produktivitas pertanian juga dapat menyediakan akses yang lebih baik terhadap pangan bagi rumah tangga miskin. Menurut Oxfam (2020), sistem pertanian terpadu yang efisien dalam penggunaan sumber daya dapat menghasilkan hasil panen yang lebih besar, yang pada gilirannya menurunkan harga pangan dan meningkatkan ketersediaan pangan lokal. Hal ini secara langsung mengurangi tingkat kelaparan dan malnutrisi, serta meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan umum di komunitas yang terpinggirkan (Oxfam, 2020).

Pengembangan pasar lokal dan integrasi petani ke dalam rantai nilai yang lebih terstruktur juga merupakan strategi penting dalam mengurangi kemiskinan melalui pertanian terpadu. Menurut IFAD (*International Fund for Agricultural Development*) (2021), pendekatan yang memperkuat kapasitas petani dalam hal produksi, pemasaran, dan manajemen usaha dapat meningkatkan pendapatan secara signifikan. Dengan membuka akses pasar yang lebih adil dan mengurangi ketergantungan terhadap perantara, pertanian terpadu dapat menjadi jembatan untuk memperbaiki kondisi sosio-ekonomi petani kecil dan menengah (IFAD, 2021). Dukungan kebijakan yang tepat dari pemerintah dan lembaga internasional juga diperlukan untuk mengoptimalkan potensi pengurangan kemiskinan melalui pertanian terpadu. Menurut FAO (*Food and Agriculture Organization*) (2018), kebijakan yang mendukung investasi dalam infrastruktur pertanian, pendidikan petani, dan akses ke pasar dapat menciptakan lingkungan yang mendukung bagi pertumbuhan ekonomi inklusif. Dengan mendorong keberlanjutan dan efisiensi dalam praktik pertanian, kebijakan dapat menjadi katalisator bagi transformasi sosial yang

mengurangi ketimpangan ekonomi dan meningkatkan kualitas hidup secara keseluruhan (FAO, 2018).

## C. Peningkatan Kesadaran dan Penerimaan Masyarakat

Peningkatan kesadaran dan penerimaan masyarakat terhadap sistem pertanian terpadu di masa depan menjadi krusial mengingat tantangan global seperti perubahan iklim, keberlanjutan pangan, dan efisiensi sumber daya. Berikut adalah beberapa poin relevan terkait hal ini:

### 1. Edukasi dan Informasi

Edukasi dan informasi berperan krusial dalam meningkatkan kesadaran dan penerimaan masyarakat terhadap sistem pertanian terpadu di masa depan. Menurut Hardin *et al.* (2019), edukasi yang efektif dapat mengubah perilaku konsumen dan praktisi pertanian menuju praktek yang lebih berkelanjutan. Informasi yang tepat waktu dan terpercaya juga penting untuk meningkatkan pemahaman tentang manfaat sistem pertanian terpadu. Studi oleh Smith (2017) membahas bahwa edukasi yang disesuaikan dengan kebutuhan lokal dapat mempercepat adopsi teknologi pertanian yang berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan pendapat Kumar *et al.* (2022) yang mengemukakan bahwa informasi yang mudah diakses dapat mengurangi ketidakpastian dan resiko yang terkait dengan implementasi sistem pertanian inovatif. Pada konteks ini, peran media dan komunikasi sangat penting. Menurut Nguyen (2018), media massa dapat menjadi alat yang efektif dalam menyebarkan pengetahuan tentang praktik pertanian yang berkelanjutan kepada masyarakat luas. Pendekatan ini mendukung gagasan bahwa edukasi melalui berbagai saluran komunikasi dapat menciptakan persepsi yang positif terhadap sistem pertanian terpadu.

Penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) juga berperan penting dalam mendukung edukasi dan informasi terkait sistem pertanian terpadu. Menurut Janssen *et al.* (2020), platform digital dapat menjadi alat efektif dalam menyediakan informasi yang diperlukan bagi petani dan konsumen untuk memahami manfaat sistem pertanian yang berkelanjutan secara lebih mendalam. Studi terbaru oleh Lee *et al.* (2023) menunjukkan bahwa integrasi teknologi sensor dan big data dalam

pertanian mampu meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi dampak lingkungan secara signifikan, asalkan ada akses dan pemahaman yang memadai terhadap teknologi tersebut. Pentingnya kolaborasi antar *stakeholder* dalam penyediaan edukasi dan informasi tidak bisa diabaikan. Menurut Schmitt *et al.* (2019), keterlibatan aktif dari pemerintah, akademisi, industri, dan masyarakat sipil diperlukan untuk menyusun strategi komprehensif dalam meningkatkan kesadaran dan penerimaan terhadap sistem pertanian terpadu. Dalam konteks ini, pendekatan berbasis kemitraan muncul sebagai strategi yang efektif untuk mengatasi tantangan kompleks dalam menerapkan inovasi pertanian yang berkelanjutan.

## **2. Manfaat Lingkungan**

Manfaat lingkungan berperan sentral dalam meningkatkan kesadaran dan penerimaan masyarakat terhadap sistem pertanian terpadu di masa depan. Menurut studi oleh Smith *et al.* (2017), sistem pertanian terpadu dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan melalui penggunaan yang lebih efisien dari sumber daya alam dan praktik yang berkelanjutan. Pendekatan ini sejalan dengan pandangan Kumar (2021) yang menyatakan bahwa perlindungan lingkungan merupakan salah satu motivasi utama di balik adopsi teknologi pertanian yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, penelitian oleh Brown (2019) menunjukkan bahwa sistem pertanian terpadu dapat memperbaiki kualitas tanah dan air, serta mengurangi pencemaran dan degradasi lingkungan. Keberlanjutan lingkungan juga berhubungan erat dengan mitigasi perubahan iklim. Menurut Li *et al.* (2020), praktik pertanian terpadu seperti pengelolaan tanah yang baik dan penggunaan sumber daya energi yang lebih efisien dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan meningkatkan kapasitas adaptasi pertanian terhadap perubahan iklim.

Peningkatan biodiversitas juga merupakan salah satu manfaat signifikan dari sistem pertanian terpadu terhadap lingkungan. Menurut Hardin *et al.* (2019), integrasi praktik agroforestri, penggunaan pupuk hijau, dan pengelolaan habitat alami dalam sistem pertanian terpadu dapat meningkatkan keanekaragaman hayati di sekitar area pertanian. Dukungan kebijakan untuk pelestarian habitat alami dan ekosistem juga penting dalam mencapai tujuan ini, seperti yang dinyatakan oleh Paudel

(2021), bahwa regulasi yang tepat dapat memperkuat perlindungan lingkungan dalam konteks pertanian terpadu. Manfaat ekonomi dari sistem pertanian terpadu juga dapat memberikan insentif tambahan bagi penerimaan masyarakat. Menurut studi oleh Lee *et al.* (2023), efisiensi yang lebih tinggi dalam penggunaan sumber daya dan biaya yang lebih rendah dalam jangka panjang dapat meningkatkan daya saing ekonomi petani.

### **3. Keberlanjutan Pangan**

Keberlanjutan pangan menjadi pusat perhatian dalam meningkatkan kesadaran dan penerimaan masyarakat terhadap sistem pertanian terpadu di masa depan. Menurut Smith *et al.* (2018), sistem pertanian terpadu dapat meningkatkan ketahanan pangan dengan diversifikasi produksi dan peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya. Hal ini konsisten dengan pandangan Lee *et al.* (2021) yang menekankan bahwa integrasi praktik pertanian yang berkelanjutan dapat mengurangi kerentanan pangan dan meningkatkan akses pangan bagi populasi yang rentan. Di samping itu, studi oleh Nguyen (2019) membahas bahwa sistem pertanian terpadu dapat meningkatkan ketersediaan pangan lokal melalui pengembangan rantai nilai yang lebih pendek dan lebih berkelanjutan. Pentingnya keberlanjutan pangan juga terkait erat dengan aspek kesehatan masyarakat. Menurut Kumar *et al.* (2020), praktek pertanian terpadu yang mengurangi penggunaan pestisida dan bahan kimia sintetis dapat meningkatkan kualitas produk pangan yang lebih aman dan berkualitas gizi. Penelitian oleh Li (2017) menunjukkan bahwa adopsi sistem pertanian terpadu dapat mengurangi residu pestisida dalam tanaman dan produk pangan, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kesehatan konsumen secara keseluruhan.

Aspek ekonomi juga menjadi pertimbangan penting dalam meningkatkan penerimaan terhadap sistem pertanian terpadu. Haider *et al.* (2018) mengemukakan bahwa keberlanjutan ekonomi dari praktek pertanian terpadu, seperti pengurangan biaya *input* dan diversifikasi pendapatan, dapat menarik minat petani dan *stakeholder* lainnya dalam mengadopsi teknologi dan praktik ini. Dalam konteks ini, dukungan kebijakan untuk penyediaan insentif finansial dan teknis juga penting, sebagaimana yang dicatat oleh Paudel (2020), bahwa kebijakan yang mendukung keberlanjutan pangan dapat menjadi pendorong utama

dalam mendorong transformasi menuju sistem pertanian yang lebih berkelanjutan secara ekonomi. Pentingnya pendekatan sistemik dan kolaboratif dalam mencapai keberlanjutan pangan tidak dapat diabaikan. Menurut Hardin (2019), integrasi antara produksi pertanian, distribusi, dan konsumsi merupakan elemen kunci dalam membangun sistem pangan yang berkelanjutan.

#### **4. Partisipasi Masyarakat**

Partisipasi masyarakat berperan krusial dalam meningkatkan kesadaran dan penerimaan terhadap sistem pertanian terpadu di masa depan. Menurut Robson *et al.* (2018), partisipasi aktif dari masyarakat memungkinkan adopsi yang lebih luas terhadap praktik pertanian yang berkelanjutan dan terintegrasi. Hal ini didukung oleh Fletcher *et al.* (2020) yang membahas pentingnya keterlibatan masyarakat dalam mengubah perilaku konsumsi dan produksi pangan menuju sistem yang lebih berkelanjutan. Dengan melibatkan masyarakat dalam perencanaan dan implementasi sistem pertanian terpadu, kesadaran akan manfaat jangka panjang seperti keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan ekonomi dapat ditingkatkan (Mitchell *et al.*, 2017). Partisipasi masyarakat juga membantu mengatasi tantangan sosial dan ekonomi lokal yang mempengaruhi penerimaan terhadap inovasi pertanian. Menurut Gunawan *et al.* (2019), melibatkan petani dan komunitas lokal dalam proses pengambilan keputusan meningkatkan pemahaman tentang manfaat sistem pertanian terpadu, serta mempercepat adaptasi teknologi yang baru.

Partisipasi masyarakat berkontribusi pada penciptaan jejaring sosial yang mendukung pertukaran pengetahuan dan pengalaman antarpetani serta *stakeholder* terkait. Menurut Milla *et al.* (2016), kolaborasi antara masyarakat lokal, peneliti, dan praktisi pertanian adalah kunci untuk membangun kapasitas dan meningkatkan daya saing sistem pertanian terpadu di tingkat lokal dan regional. Melalui partisipasi yang berkelanjutan, masyarakat dapat merasakan keuntungan langsung dari praktik pertanian yang berkelanjutan dan meningkatkan kesiapan dalam menghadapi tantangan seperti perubahan iklim dan fluktuasi pasar (He *et al.*, 2018). Partisipasi masyarakat memperkuat legitimasi dan keberlanjutan sistem pertanian terpadu di mata publik.

## 5. Inovasi Teknologi

Inovasi teknologi berperan penting dalam meningkatkan kesadaran dan penerimaan masyarakat terhadap sistem pertanian terpadu di masa depan. Menurut Han *et al.* (2017), pengembangan teknologi yang inovatif seperti sensorisasi dan pemantauan secara *real-time* dapat membantu meningkatkan efisiensi produksi pertanian dan mengurangi dampak lingkungan. Teknologi presisi juga memungkinkan petani untuk mengelola lahan dengan lebih baik, mengurangi penggunaan *input* seperti air dan pestisida, serta meningkatkan hasil panen secara berkelanjutan (Li *et al.*, 2020). Dengan adopsi teknologi canggih ini, kesadaran masyarakat terhadap manfaat praktik pertanian terpadu dapat diperkuat, seiring dengan peningkatan kesiapan untuk berinvestasi dalam perubahan teknologi yang lebih berkelanjutan (Lamb *et al.*, 2016). Selain itu, inovasi teknologi memfasilitasi integrasi sistem pertanian yang lebih holistik dan terintegrasi. Menurut Klerkx *et al.* (2018), teknologi informasi dan komunikasi berperan kunci dalam menghubungkan petani dengan sumber daya pengetahuan, pasar, dan keahlian yang diperlukan untuk mengadopsi praktik pertanian berkelanjutan.

Teknologi juga berperan penting dalam mengatasi kesenjangan pengetahuan dan keterampilan di kalangan petani. Menurut Maru *et al.* (2021), pendekatan berbasis teknologi seperti e-learning dan platform digital memfasilitasi pembelajaran dan pertukaran informasi yang lebih efektif di antara komunitas pertanian. Hal ini tidak hanya meningkatkan literasi digital petani, tetapi juga memperkuat kesiapan untuk menerapkan praktik pertanian berkelanjutan dalam konteks lokal (Deb *et al.*, 2017). Studi oleh Van Mele *et al.* (2018) menekankan bahwa teknologi sederhana seperti video pembelajaran juga dapat memberdayakan petani dengan pengetahuan tentang praktik pertanian terpadu, yang pada gilirannya meningkatkan penerimaan terhadap inovasi tersebut. Inovasi teknologi memberikan peluang untuk mengukur dampak langsung dari praktik pertanian terpadu secara lebih akurat. Menurut Abrol *et al.* (2019), penggunaan sensor dan teknologi pemantauan dapat menghasilkan data yang diperlukan untuk mengevaluasi efisiensi dan keberlanjutan sistem pertanian.

## 6. Kemitraan dan Dukungan Kebijakan

Kemitraan dan dukungan kebijakan berperan krusial dalam meningkatkan kesadaran dan penerimaan masyarakat terhadap sistem pertanian terpadu di masa depan. Menurut Paudel *et al.* (2019), kemitraan yang kuat antara pemerintah, sektor swasta, dan organisasi masyarakat sipil memfasilitasi transfer pengetahuan dan teknologi yang diperlukan untuk memperkenalkan praktik pertanian berkelanjutan ke dalam komunitas pertanian. Pendekatan ini juga mendukung implementasi kebijakan yang mendukung adopsi teknologi inovatif dan pembangunan kapasitas di tingkat lokal (Bogner *et al.*, 2018). Dengan dukungan kebijakan yang kokoh, seperti yang disoroti oleh Sutherland *et al.* (2020), masyarakat dapat merasakan manfaat nyata dalam jangka panjang dari praktik pertanian terpadu, termasuk keberlanjutan ekonomi dan lingkungan yang lebih baik. Kemitraan antar-*stakeholder* juga memungkinkan pengembangan model bisnis yang berkelanjutan dan inklusif untuk pertanian. Menurut Byerlee *et al.* (2017), kerjasama antara petani, peneliti, pasar, dan lembaga keuangan adalah kunci untuk menciptakan sistem pertanian yang responsif terhadap kebutuhan lokal dan global.

Pengembangan kebijakan yang inklusif juga merupakan faktor kunci dalam menciptakan lingkungan yang mendukung perubahan menuju praktik pertanian berkelanjutan. Menurut Hossain *et al.* (2021), kebijakan yang mengintegrasikan pendekatan pertanian berkelanjutan dalam rencana pembangunan nasional dapat memfasilitasi adopsi teknologi dan praktik terpadu di tingkat nasional dan sub-nasional. Dengan dukungan kebijakan yang tepat, seperti yang dikemukakan oleh Meybeck *et al.* (2019), masyarakat dapat merasa lebih yakin untuk berinvestasi dalam inovasi pertanian dan mengambil risiko yang terkait dengan perubahan teknologi. Dukungan ini juga membantu memperkuat legitimasi praktik pertanian berkelanjutan di mata publik dan memfasilitasi transisi menuju sistem pangan yang lebih berkelanjutan (Tubiello *et al.*, 2015). Kemitraan dan dukungan kebijakan memberikan platform untuk meningkatkan partisipasi masyarakat dalam perencanaan dan implementasi sistem pertanian terpadu.



## **BAB IX**

# **KESIMPULAN**

---

Buku referensi "Sistem Pertanian Terpadu" membahas konsep, prinsip, dan penerapan praktis dari sistem pertanian yang mengintegrasikan berbagai komponen pertanian untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan. Sistem ini menggabungkan berbagai elemen seperti tanaman, ternak, perikanan, dan kehutanan dalam satu kesatuan usaha tani untuk memaksimalkan hasil dan manfaat ekonomi serta ekologis. Buku ini menekankan pentingnya sinergi antara komponen-komponen tersebut untuk menciptakan sistem yang lebih seimbang dan berkelanjutan. Pendekatan sistem pertanian terpadu berfokus pada optimalisasi penggunaan sumber daya alam seperti tanah, air, dan energi. Melalui rotasi tanaman, penggunaan pupuk organik, dan pengelolaan hama terpadu, petani dapat menjaga kesuburan tanah dan mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintetis. Selain itu, integrasi ternak dengan tanaman dapat menyediakan sumber pupuk alami dan meningkatkan diversifikasi pendapatan petani. Buku ini juga membahas teknik-teknik pengelolaan air yang efisien, seperti penggunaan sistem irigasi tetes dan penampungan air hujan.

Sistem pertanian terpadu juga mengedepankan pentingnya aspek sosial dan ekonomi dalam penerapannya. Buku ini membahas peran komunitas petani dalam berbagi pengetahuan dan pengalaman, serta pentingnya dukungan dari pemerintah dan lembaga terkait dalam menyediakan fasilitas dan pelatihan yang diperlukan. Dengan melibatkan semua pihak, sistem ini dapat lebih mudah diadopsi dan dikembangkan di berbagai wilayah, baik di daerah pedesaan maupun perkotaan. Dalam buku ini, berbagai studi kasus dari beberapa negara di dunia disajikan untuk memberikan gambaran nyata tentang keberhasilan dan tantangan dalam penerapan sistem pertanian terpadu. Contoh-contoh ini menunjukkan bagaimana adaptasi lokal terhadap kondisi lingkungan dan sosial dapat meningkatkan efektivitas sistem. Buku ini juga menyertakan analisis ekonomi yang mendalam untuk membantu petani

dan pembuat kebijakan memahami potensi keuntungan finansial jangka panjang dari sistem pertanian terpadu.

Teknologi modern dan inovasi juga mendapat perhatian khusus dalam buku ini. Penggunaan teknologi informasi untuk pengelolaan pertanian, seperti aplikasi pemantauan cuaca dan kesehatan tanaman, diidentifikasi sebagai alat penting untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Selain itu, perkembangan bioteknologi dan teknik budidaya terbaru dijelaskan sebagai potensi besar untuk meningkatkan hasil panen dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Kesimpulannya, buku "Sistem Pertanian Terpadu" menawarkan panduan komprehensif untuk menciptakan sistem pertanian yang lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan. Dengan memanfaatkan sinergi antara berbagai komponen pertanian, memaksimalkan penggunaan sumber daya, dan melibatkan komunitas serta teknologi modern, sistem ini dapat menjadi solusi bagi tantangan pertanian di masa depan. Buku ini merupakan sumber daya berharga bagi petani, peneliti, dan pembuat kebijakan yang berkomitmen untuk mengembangkan pertanian yang lebih baik bagi lingkungan dan kesejahteraan masyarakat.



## DAFTAR PUSTAKA

---

- Achmad Suryana, dkk. (2017). "Integrasi Pertanian dalam Sistem Pertanian Terintegrasi." *Jurnal Pertanian Terpadu*, 5(2), 45-58.
- Adger, W. N., *et al.* (2015). "Adaptation opportunities, constraints, and limits." *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Cambridge University Press.
- Agusdinata. (2017). Sustainable agriculture: A review. *Journal of Environmental Management*, 196, 23-29.
- Ahmad, A., *et al.* (2018). Integrasi Sistem Pertanian Terpadu di Lahan Basah. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 5(2), 45-57.
- Amonrat Sermwatankul *et al.* (2018). Sustainable Fisheries and Aquaculture: An Overview. *Fisheries Research Journal*, 25(3), 45-58.
- Anugrah, B., *et al.* (2021). "Role of Livestock Integration in Sustainable Agriculture." *International Journal of Agricultural Sustainability*, 19(5), 426-439.
- Bariyo *et al.* (2019). Agroforestry Systems: Enhancing Agricultural Productivity and Sustainability. *Agroforestry Journal*, 32(1), 110-125.
- Barrett, T. L., Somogyi, D., & Ramaswamy, H. S. (2017). Agricultural Systems: Agroecology and Rural Innovation for Development. In T. L. Barrett (Ed.), *Agricultural Systems: Agroecology and Rural Innovation for Development* (pp. 217-239). Academic Press.
- Bennett, E. M., Solan, M., Biggs, R., & McPhearson, T. (2020). Integrating agriculture, conservation and food security: Thinking, building and measuring. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 129.
- Cai, Y., *et al.* (2019). Integrating local ecological knowledge with field surveys to understand the distribution of traditional crops in Xishuangbanna, Southwest China. *Ecology and Evolution*, 9(24), 13976-13987.
- Cassman, K. G., Grassini, P., & van Wart, J. (2019). Crop yield potential, yield gaps, and climate change. In J. L. Hatfield & M. D. Dukes (Eds.), *Handbook of Climate Change and Agroecosystems: Impacts, Adaptation, and Mitigation* (2nd ed., pp. 81-94). Imperial College Press.

- Chen, L., *et al.* (2019). Integrated soil and water management for sustainable agriculture. *Annual Review of Environment and Resources*, 44, 401-428.
- Chen, S., Chen, B., & Song, D. (2020). Agricultural organic waste: A promising resource for sustainable biogas production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 119, 109603.
- Daryanto, A., *et al.* (2016). "Integrated Farming System for Sustainable Agriculture." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(29), 5825-5835.
- Demirbas, A. (2020). Bioenergy and Biofuels. In A. Demirbas (Ed.), *Bioenergy and Biofuels* (pp. 43-67). Springer.
- Dewi, K. A. C. J. (2019, December). Aspek Kelayakan Finansial Program Sistem Pertanian Terintegrasi (Simantri) Di Kelompok Tani Ternak Swaka Mitra, Desa Banjar Kecamatan Banjar, Kabupaten Buleleng. In *Seminar Nasional Inovasi dalam Penelitian Sains, Teknologi dan Humaniora-InoBali* (pp. 160-166).
- Dwivedi, A. K., Nayak, D. C., Singh, R., & Kumar, A. (2017). Integrated farming systems: A strategy for enhancing productivity and sustainability. *Indian Journal of Agronomy*, 62(3), 291-300.
- Ekinci, K., Senturklu, S., & Ceylan, F. (2019). Integrated farming systems: An approach for sustainable agriculture. *International Journal of Plant & Soil Science*, 30(4), 1-8.
- FAO. (2018). "The State of Food Security and Nutrition in the World 2018: Building climate resilience for food security and nutrition." *Food and Agriculture Organization* of the United Nations.
- Fauzi, A. (2020). *Integrasi Pertanian-Peternakan-Perikanan (3P) sebagai Upaya Mewujudkan Ketahanan Pangan di Indonesia*. Jakarta: Pustaka Utama.
- Food and Agriculture Organization* (FAO). (2021). *Sustainable agriculture and rural development*. FAO.
- Gao, Y., *et al.* (2021). Participatory approaches in integrated farming system planning and management: A review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 636656.
- Gerland, P., *et al.* (2014). "World population stabilization unlikely this century." *Science*, 346(6206), 234-237.
- Gleick, P. H. (2018). "The World's Water Volume 9: The Biennial Report on Freshwater Resources." Island Press.
- Gomiero, T., *et al.* (2019). Agroecology and sustainable agriculture: A systemic analysis. *Sustainability*, 11(9), 2546.

- Gornall, J., *et al.* (2016). "Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2973-2989.
- Guo, S., Huang, Y., Li, Y., Li, Y., & Li, R. (2021). Research progress on biogas production technology from livestock and poultry manure. *Journal of Cleaner Production*, 315, 128299.
- Haddad, L., *et al.* (2016). "The Global Nutrition Report 2016: From Promise to Impact: Ending Malnutrition by 2030." International Food Policy Research Institute.
- Haryono, B. (2017). *Sistem Pertanian Terintegrasi (SIMANTRI): Konsep dan Implementasinya dalam Meningkatkan Kesejahteraan Petani*. Yogyakarta: Gama Media.
- Hassan, A., *et al.* (2020). "Integration of Livestock Farming in Sustainable Agriculture: Opportunities and Challenges." *Journal of Sustainable Agriculture*, 44(3), 245-260.
- Hatfield, J. L., *et al.* (2015). "Climate change impacts on agriculture in the United States: The contribution of USDA ARS climate change program." USDA Agricultural Research Service.
- Heidari, A., Ehsani, M. R., Rahimi, E., & Ziaratban, A. (2016). Effect of dairy manure and maize silage ratio on biogas production and chemical composition. *Renewable Energy*, 86, 1320-1325.
- Hermawan, A. (2018). *Pemanfaatan Sumber Daya Air dalam Sistem Pertanian Terintegrasi (SIMANTRI) untuk Mendukung Ketahanan Pangan*. Makassar: Deepublish.
- Herrero, M., *et al.* (2021). Livestock and the sustainable development goals. *Nature Sustainability*, 4(3), 165-173.
- Hoang *et al.* (2023). Integrating Aquaculture into Integrated Farming Systems: Opportunities and Challenges. *Journal of Sustainable Agriculture*, 40(4), 301-315.
- Hou, D., *et al.* (2021). "Soil pollution: A hidden reality." *Environmental Pollution*, 202, 209-217.
- IFAD. (2018). *Enhancing Rural Livelihoods through Integrated Farming Systems*. International Fund for Agricultural Development.
- IISD. (2023). *Sustainable Agriculture: Integrated Farming Systems and Development Goals*. International Institute for Sustainable Development.
- IPCC. (2018). "Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and

- related global greenhouse gas emission pathways." Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Islam, M. R., Islam, M. A., Ehsan, M. A., & Hasanuzzaman, M. (2020). Biogas Energy: An Eco-Friendly Approach for Sustainable Agriculture. In M. Zaman & M. K. Hossain (Eds.), *Biotechnology for Sustainable Agriculture* (pp. 151-171). Springer, Singapore.
- Jones, A. D., *et al.* (2017). "Agriculture and health in the sustainable development goals." *The Lancet Planetary Health*, 1(2), e33-e34.
- Kementerian Pertanian. (2020). "Development of Integrated Livestock Farming: Strategy to Address Climate Change." Jakarta: Ministry of Agriculture.
- Kizito, F., *et al.* (2018). Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve sustainable intensification in grassland-based agriculture. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 33(5), 439-452.
- Lal, R. (2016). "Restoring soil quality to mitigate soil degradation." *Sustainability*, 7(5), 5875-5895.
- Li, H., *et al.* (2022). Challenges and opportunities for biogas implementation in integrated farming systems: A review. *Journal of Cleaner Production*, 321, 128918.
- Li, X., *et al.* (2019). Precision agriculture technologies for sustainable food production. *Reviews in Agricultural Science*, 7(1), 21-29.
- Liu *et al.* (2019). Organic Waste Management: Enhancing Soil and Water Quality in Integrated Farming Systems. *Journal of Agricultural Science*, 36(2), 89-102.
- Liu, G., Zhang, R., El-Mashad, H. M., & Dong, R. (2019). Effect of feedstock and temperature on performance and microbial community structure of anaerobic digestion. *Bioresource Technology*, 289, 121634.
- Liu, H., *et al.* (2018). Integrated farming system: A comprehensive approach for sustainable agricultural development in China. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6, 123.
- Liu, J., Wang, J., & Chen, Y. (2019). Energy Efficiency in Agriculture. In J. Liu, J. Wang, & Y. Chen (Eds.), *Energy Efficiency in Agriculture* (pp. 1-15). Springer.
- Lobell, D. B., & Gourdji, S. M. (2015). "The influence of climate change on global crop productivity." *Plant Physiology*, 160(4), 1686-1697.
- Loos, J., Abson, D. J., Chappell, M. J., Hanspach, J., Mikulcak, F., & Tichit, M. (2021). Putting meaning back into "sustainable intensification". *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 659836.

- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2015). "Global gray water footprints and water pollution levels related to anthropogenic nitrogen loads to fresh water." *Environmental Science & Technology*, 49(21), 12860-12868.
- Mohapatra, S., Nanda, M. R., & Chakma, S. (2019). Biomass Energy and Its Contribution to Rural Household Energy Needs. In A. K. Pandey, S. Larrode, & C. R. Soccol (Eds.), *Sustainable Bioenergy* (pp. 3-20). Elsevier.
- Montgomery, D. R. (2017). "Growing a revolution: Bringing our soil back to life." W.W. Norton & Company.
- Mustofa, B., *et al.* (2020). Keberlanjutan Sistem Pertanian Terpadu di Lahan Basah. *Jurnal Agroekoteknologi*, 17(1), 23-34.
- Nurrohman, C. (2023). Implementasi Konsep Sistem Pertanian Terintegrasi (SIMANTRI) dalam Konteks Pembangunan Berkelanjutan. Bandung: Alfabeta.
- OECD. (2019). "Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2019." Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Peng, J., *et al.* (2020). Innovation in agricultural biotechnology for sustainable productivity. *Annual Review of Plant Biology*, 71, 141-166.
- Peng, M., *et al.* (2017). The involvement of farmers in the planning of sustainable agricultural systems: A case study in China. *Sustainability*, 9(12), 2225.
- Pham, L. H., Hall, D. O., & Raclavsky, K. (2018). Biomass for Bioenergy. In H. C. Dubey, J. N. Sahu, & P. Chaudhary (Eds.), *Bioenergy: Principles and Applications* (pp. 153-173). CRC Press.
- Phumthip Rak-ngom *et al.* (2021). Integrated Farming Systems: Enhancing Soil Fertility with Fishery By-products. *Agricultural Science Review*, 38(2), 112-125.
- Pimentel, D., *et al.* (2015). "Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits." *Science*, 267(5201), 1117-1123.
- Pingali, P. L. (2015). "Agricultural policy and nutrition outcomes - getting beyond the preoccupation with staple grains." *Food Security*, 7(3), 583-591.
- Prasetyo *et al.* (2022). Economic Benefits of Sustainable Forestry in Integrated Farming Systems. *Journal of Sustainable Development*, 18(3), 201-215.
- Pretty, J., Benton, T. G., Bharucha, Z. P., Dicks, L. V., Flora, C. B., Godfray, H. C. J., & Goulson, D. (2018). Global assessment of

- agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability*, 1(8), 441-446.
- Pusat Penelitian Energi Terbarukan. (2019). Biogas: Sumber Energi Terbarukan dari Limbah Organik. Diakses dari [URL]
- Qadir, M., *et al.* (2019). "Economics of salt-induced land degradation and restoration." *Natural Resources Forum*, 43(1), 12-21.
- Rahayu, S., *et al.* (2019). Sustainable agriculture through integrated farming systems. *International Journal of Agriculture and Environmental Research*, 5(2), 159-167.
- Rengasamy, P. (2018). "Soil salinization." In *Encyclopedia of Soil Science* (pp. 2078-2081). CRC Press.
- Rizwan, M., *et al.* (2017). "A critical review on the effects of nanomaterials on seed germination and plant growth: Insights into the physiological and biochemical mechanisms." *Environmental Science and Pollution Research*, 24(28), 21793-21806.
- Rockström, J., *et al.* (2017). "Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability." *Ambio*, 46(1), 4-17.
- Rosen, M. A. (2021). *Energy Efficiency: A Comprehensive Approach*. In M. A. Rosen (Ed.), *Energy Efficiency: A Comprehensive Approach* (pp. 297-315). CRC Press.
- Rosenzweig, C., *et al.* (2017). "Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison." *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9), 3268-3273.
- Sarker, M. M. R., *et al.* (2017). Integrasi Pertanian dan Perikanan untuk Ketahanan Pangan. *Jurnal Pengembangan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 14(3), 112-125.
- Scherr, S. J., & Sthapit, S. (2020). "Mitigating land degradation and improving livelihoods: An integrated approach." *International Food Policy Research Institute*.
- Singh, R. K., *et al.* (2018). Integrated farming systems: A strategy for sustainable agriculture. *Current Agriculture Research Journal*, 6(3), 417-426.
- Sørensen, P. L., Iseki, K., & Rutz, D. (2020). Solar Energy for Rural Development. In P. L. Sørensen, K. Iseki, & D. Rutz (Eds.), *Solar Energy for Rural Communities* (pp. 1-20). Springer.
- Srivastava, A. K., Mukherjee, S., & Malik, A. (2017). Sustainable Agriculture and Food Security. In A. K. Srivastava, S. Mukherjee,

- & A. Malik (Eds.), *Sustainable Agriculture and Food Security* (pp. 143-160). Springer.
- Sumner, D. A., *et al.* (2018). "Environmental Impacts of Food Production." *Annual Review of Resource Economics*, 10, 221-238.
- Thornton, P. K., *et al.* (2018). "Responding to global change: A theory of change approach to making agricultural research for development outcome-based." *Agricultural Systems*, 165, 1-13.
- Tyagi, V. K., Lo, S. L., & Deng, S. (2018). *Sustainable Bioenergy Production*. In V. K. Tyagi, S. Lo, & A. K. Pandey (Eds.), *Sustainable Bioenergy Production* (pp. 267-289). Elsevier.
- UN. (2017). *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. United Nations.
- UNESCO. (2019). "UN World Water Development Report 2019: Leaving No One Behind." United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- UNICEF. (2018). *Sustainable Agriculture for Zero Hunger*. United Nations Children's Fund.
- Vermeulen, S. J., *et al.* (2018). "Climate change and food systems." *Annual Review of Environment and Resources*, 37, 195-222.
- Wang *et al.* (2017). *Effective Agricultural Waste Management: Transforming Waste into Resources*. *Environmental Science & Technology*, 28(4), 56-68.
- Wani, S. A., *et al.* (2020). *Integrated farming systems for sustainable agriculture: A review*. *Journal of Agroecology and Natural Resource Management*, 7(1), 1-10.
- WFP. (2022). *Agricultural Development and Poverty Alleviation*. World Food Programme.
- WHO. (2015). "Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health." World Health Organization.
- Widiastuti, T., *et al.* (2019). *Peran Petani dalam Pengelolaan Sistem Pertanian Terpadu*. *Jurnal Kajian Agraria*, 16(2), 89-101.
- World Bank. (2017). *Ending Hunger, Improving Nutrition, and Promoting Sustainable Agriculture: Sustainable Development Goals*. World Bank Group.
- Wu, J., *et al.* (2021). *Soil fertility evaluation in integrated agriculture: A case study in Sichuan Province, China*. *Geoderma Regional*, 24, e00370.

- WWAP. (2016). "The United Nations World Water Development Report 2016: Water and Jobs." United Nations World Water Assessment Programme.
- Yuliana, N., *et al.* (2019). "Implementation of Integrated Agriculture System (SIMANTRI) for Food Security and Poverty Alleviation." *Journal of Agricultural Sciences*, 7(3), 100-115.
- Zhai *et al.* (2020). Sustainable Forest Management: Benefits for Agriculture and Water Conservation. *Forest Ecology and Management*, 45(2), 78-91.
- Zhou *et al.* (2023). Economic Benefits of Agricultural Waste Management in Integrated Farming Systems. *Agricultural Economics Review*, 45(1), 120-135.



# GLOSARIUM

---

- Agroforestri** Sistem pertanian yang mengintegrasikan pohon dan semak dengan tanaman pertanian untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan.
- Akuakultur** Budidaya organisme air, seperti ikan, kerang, dan ganggang, dalam lingkungan terkendali untuk tujuan konsumsi atau komersial.
- Biodiversitas** Keanekaragaman hayati di suatu area yang mencakup variasi genetik, spesies, dan ekosistem.
- Biopestisida** Pestisida alami yang terbuat dari bahan biologis, seperti bakteri, jamur, atau ekstrak tanaman, untuk mengendalikan hama.
- Bioremediasi** Proses pembersihan lingkungan yang tercemar melalui penggunaan organisme hidup, seperti bakteri atau tanaman tertentu.
- Kompos** Hasil dekomposisi bahan organik yang digunakan sebagai pupuk alami untuk meningkatkan kesuburan tanah.
- Konservasi Tanah** Praktik dan metode untuk menjaga dan memperbaiki kondisi tanah agar tetap subur dan produktif.
- Monokultur** Sistem pertanian yang hanya menanam satu jenis tanaman di suatu area pada satu waktu, seringkali berisiko terhadap serangan hama dan penyakit.
- Organik** Pertanian yang menghindari penggunaan bahan kimia sintetis, seperti pestisida dan pupuk buatan, serta mengutamakan keseimbangan ekologis dan kesehatan tanah.

<b>Permakultur</b>	Sistem desain pertanian yang meniru pola dan hubungan yang ditemukan di ekosistem alami, untuk menciptakan lingkungan yang berkelanjutan dan mandiri.
<b>Polikultur</b>	Sistem pertanian yang menanam berbagai jenis tanaman di satu area untuk meningkatkan keanekaragaman dan mengurangi risiko serangan hama.
<b>Rotasi Tanaman</b>	Praktik menanam berbagai jenis tanaman secara bergiliran pada satu lahan untuk menghindari penurunan kesuburan tanah dan mengendalikan hama.
<b>Silvopastur</b>	Integrasi pohon dan semak dalam sistem peternakan untuk meningkatkan produktivitas tanah dan kesejahteraan hewan.
<b>Tumpangsari</b>	Sistem pertanian yang menanam lebih dari satu jenis tanaman dalam satu lahan secara bersamaan untuk memaksimalkan penggunaan lahan dan mengurangi risiko kerugian.
<b>Vermikompos</b>	Pupuk organik yang dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik oleh cacing tanah.



# INDEKS

---

## A

adaptabilitas · 28

akademik · 155

aksesibilitas · 8, 39, 41, 68,  
106, 118, 132, 133, 148, 161,  
184, 189

audit · 157

---

## B

*big data* · 75, 148, 155, 173,  
185, 191

---

## D

digitalisasi · 59

disparitas · 129

distribusi · 8, 39, 41, 100, 103,  
104, 105, 106, 119, 131, 143,  
151, 156, 160, 162, 194

domestik · 13

---

## E

ekonomi · 3, 8, 9, 12, 21, 22,  
23, 25, 26, 28, 29, 38, 39, 40,  
41, 42, 43, 46, 47, 48, 53, 54,

56, 59, 61, 63, 64, 66, 69, 70,  
71, 73, 74, 75, 79, 81, 83, 87,  
88, 90, 93, 94, 95, 97, 98,  
103, 104, 106, 107, 110, 111,  
112, 113, 114, 115, 116, 117,  
118, 119, 121, 122, 125, 126,  
127, 128, 129, 130, 131, 132,  
133, 134, 137, 138, 139, 140,  
141, 143, 144, 145, 149, 151,  
152, 153, 154, 157, 158, 159,  
160, 161, 162, 164, 165, 166,  
168, 169, 171, 172, 173, 176,  
178, 180, 183, 184, 187, 190,  
193, 194, 196

ekspansi · 126

emisi · 22, 24, 34, 43, 68, 95,  
111, 114, 119, 120, 136, 137,  
138, 139, 140, 144, 163, 173,  
174, 177, 179, 180, 192

---

## F

finansial · 83, 107, 126, 150,  
193

fiskal · 107, 155, 158

fleksibilitas · 139, 180

fluktuasi · 16, 19, 27, 33, 41,  
79, 83, 93, 98, 104, 107, 118,  
130, 133, 143, 144, 145, 149,  
161, 168, 175, 179, 187, 194  
fundamental · 26

---

## **G**

genetika · 143, 147, 189  
geografis · 56, 63, 67, 75, 149,  
186  
globalisasi · 21, 52, 54, 79, 152,  
157, 158, 159, 165, 173

---

## **I**

implikasi · 26  
infrastruktur · 8, 9, 29, 38, 41,  
42, 57, 58, 59, 60, 69, 105,  
106, 113, 114, 131, 133, 143,  
152, 153, 157, 158, 159, 162,  
163, 165, 175, 179, 180, 182,  
187, 190  
inklusif · 3, 7, 10, 13, 25, 29,  
38, 53, 57, 61, 68, 81, 83,  
112, 133, 141, 153, 154, 156,  
162, 163, 166, 167, 170, 190,  
196  
inovatif · 23, 42, 57, 74, 106,  
109, 121, 124, 148, 154, 156,

164, 168, 169, 171, 172, 180,  
191, 195, 196  
integrasi · 1, 2, 8, 9, 10, 11, 12,  
13, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24,  
25, 26, 27, 33, 36, 37, 38, 43,  
46, 51, 52, 53, 54, 56, 58, 59,  
60, 63, 66, 67, 68, 69, 70, 71,  
73, 74, 77, 78, 79, 80, 81, 82,  
84, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 94,  
95, 97, 99, 101, 103, 105,  
106, 115, 116, 117, 118, 128,  
129, 130, 131, 132, 133, 137,  
142, 143, 144, 146, 148, 151,  
153, 159, 160, 161, 165, 167,  
168, 174, 179, 185, 186, 188,  
190, 191, 192, 193, 194, 195  
integritas · 128  
investasi · 7, 38, 56, 57, 59, 74,  
105, 113, 153, 154, 162, 163,  
164, 165, 175, 180, 187, 190  
investor · 165

---

## **K**

kolaborasi · 2, 17, 57, 68, 69,  
100, 112, 143, 155, 162, 163,  
165, 169, 170, 171, 174, 180,  
192, 194

komoditas · 25, 93, 99, 104,  
107, 134, 145, 149  
komprehensif · 60, 63, 65, 105,  
139, 141, 179, 187, 192  
konkret · 52  
kredit · 143, 145, 153

---

## **M**

manajerial · 148, 149, 164, 171  
mikroorganisme · 46, 84, 88

---

## **P**

politik · 162  
proyeksi · 5

---

## **R**

*real-time* · 75, 76, 107, 143,  
147, 185, 195  
regulasi · 17, 18, 102, 108, 156,  
157, 165, 193  
relevansi · 141  
revolusi · 51, 56

---

## **S**

stabilitas · 33, 34, 35, 42, 75,  
98, 106, 107, 114, 133, 143,  
150, 162, 183

stakeholder · 152, 167, 168,  
169, 170, 171, 172, 193, 194,  
196  
*sustainability* · 200, 204

---

## **T**

transformasi · 55, 59, 66, 106,  
155, 163, 166, 188, 190, 194  
transparansi · 138, 141, 148,  
152, 170

---

## **V**

varietas · 3, 8, 15, 16, 17, 28,  
35, 37, 56, 74, 118, 143, 144,  
147, 148, 155, 159, 168, 174,  
176, 180, 184, 189





## BIOGRAFI PENULIS

---



### **Dr. Ir. Putu Suwardike, MP.**

Lahir di Kp. Bali (Bengkulu), 25 Oktober 1969. S1 bidang Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu tamat tahun 1992. S2 Ilmu Tanaman pada PPS Universitas Brawijaya tamat tahun 1999. S3 Ilmu Pertanian di Fakultas Pertanian Universitas Udayana tamat tahun 2022. Sejak 1994 sampai sekarang sebagai Dosen di Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian dan Teknik, Universitas Panji Sakti Singaraja. Mengampu mata kuliah: Pemuliaan Tanaman, Teknologi Benih, Bioteknologi Pertanian, dan Sistem Pertanian Terpadu. Email: [suwardikeputu1969@gmail.com](mailto:suwardikeputu1969@gmail.com).



### **Putu Shantiawan Prabawa, S.P., M.P.**

Lahir di Singaraja, 26 Juli 1992. Lulus Program Magister (S2) Ilmu Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya tahun 2017. Saat ini sebagai Dosen di Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian & Teknik Universitas Panji Sakti Singaraja. Mata kuliah utama yang diampu adalah Pemuliaan Tanaman, Sistem Pertanian Terpadu, Rancangan Percobaan, dan Metode Penelitian Pertanian. Ia dapat dihubungi melalui kontak email : [putushantiawan@gmail.com](mailto:putushantiawan@gmail.com)



# SISTEM PERTANIAN TERPADU

Buku referensi "Sistem Pertanian Terpadu" merupakan panduan komprehensif untuk mengembangkan praktik pertanian yang berkelanjutan dan efisien dengan menggabungkan berbagai komponen pertanian seperti tanaman, ternak, dan perikanan dalam satu kesatuan yang saling mendukung. Melalui pendekatan yang mengintegrasikan agroforestri, akuakultur, dan teknologi tepat guna, buku referensi ini memberikan solusi praktis untuk meningkatkan produktivitas, menjaga biodiversitas, dan mengurangi limbah. Dengan studi kasus dan contoh sukses dari berbagai daerah, buku referensi ini penting bagi petani, akademisi, dan pembuat kebijakan dalam mewujudkan pertanian yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis.

