

## Smart Agriculture vs Pertanian Konvensional: Tantangan atau Peluang Pertanian Masa Depan di Indonesia?

Yeni Budiawati<sup>1\*</sup>, Gugun Gunawan<sup>1</sup>, Suherna<sup>1</sup>

Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
Jl. Raya Palka KM. 03 Sindangsari, Kab. Serang, Banten 42163

\*Email: yenibudiawati@untirta.ac.id

### ABSTRACT

The agricultural sector is currently facing various challenges, even though the agricultural sector has been the backbone of the country's economy for years and contributes around 13% of GDP and absorbs more than 29% of the national workforce. The rapid development of technology today also brings opportunities for the agricultural sector to increase efficiency and productivity, the application of smart agriculture in agriculture brings fresh air to agriculture with a smart and sustainable concept because of the various benefits obtained, both in terms of economy and environment, but on the other hand conventional agriculture which is widely applied in Indonesia also brings problems in terms of environmental sustainability. This article aims to compare smart agriculture and conventional agriculture, and to analyze the challenges and opportunities faced by these two agricultural systems in the context of Indonesia. This type of research is a review article research or literature review from various sources such as articles in national and international scientific journals related to smart agriculture or conventional agriculture on the Google Scholar website, books related to the topic in the article, official reports from the government. Further research is needed to understand the socio-economic impacts of adopting smart agriculture, especially for small farmers. Developing smart agricultural technology that is appropriate to local conditions and needs in Indonesia. Evaluating the effectiveness of government policies and programs in supporting the adoption of smart agriculture, for example, studies on the impact of subsidy and training programs on the adoption of smart agricultural technologies.

Keywords: smart, agriculture, sustainable, opportunities,

### ABSTRAK

Sektor pertanian saat ini menghadapi berbagai tantangan, padahal sektor pertanian selama bertahun-tahun merupakan sektor yang menjadi tulang punggung perekonomian negara dan menyumbang PDB sekitar 13% serta menyerap lebih dari 29% tenaga kerja nasional. Perkembangan teknologi saat ini yang terus meningkat pesat juga membawa peluang bagi sektor pertanian untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas, penerapan *smart agriculture* di bidang pertanian membawa angin segar bagi pertanian dengan konsep *smart* dan berkelanjutan karena berbagai keuntungan yang diperoleh, baik dari sisi ekonomi maupun lingkungan, akan tetapi di sisi lain pertanian konvensional yang banyak diterapkan di Indonesia juga membawa masalah dalam hal keberlanjutan lingkungan. Artikel ini bertujuan untuk membandingkan *smart agriculture* dan pertanian konvensional, serta menganalisis tantangan dan peluang yang dihadapi oleh kedua sistem pertanian ini dalam konteks Indonesia. Jenis penelitian ini adalah penelitian artikel review atau tinjauan literatur yang berasal dari berbagai sumber seperti artikel pada jurnal

ilmiah baik nasional maupun internasional yang terkait kepada *smart agriculture* ataupun mengenai pertanian konvensional pada *website google scholar*, buku yang berkaitan dengan topik pada artikel, laporan resmi yang berasal dari pemerintah. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami dampak sosial-ekonomi dari adopsi *smart agriculture*, terutama bagi petani kecil. Mengembangkan teknologi pertanian cerdas yang sesuai dengan kondisi dan kebutuhan lokal di Indonesia. Evaluasi efektivitas kebijakan dan program pemerintah dalam mendukung adopsi *smart agriculture*, contohnya studi tentang dampak program subsidi dan pelatihan terhadap adopsi teknologi pertanian cerdas.

Kata Kunci : *smart, agriculture*, pertanian, berkelanjutan, peluang,

## I. Pendahuluan

Pertanian merupakan sektor vital bagi perekonomian Indonesia, menyumbang sekitar 13% dari Produk Domestik Bruto (PDB) dan menyerap lebih dari 29% tenaga kerja nasional (BPS, 2021). Namun, sektor ini menghadapi berbagai tantangan, seperti perubahan iklim, degradasi lahan, dan peningkatan permintaan pangan seiring pertumbuhan populasi. Untuk mengatasi tantangan ini, transformasi sistem pertanian menjadi lebih efisien dan berkelanjutan menjadi suatu keharusan. Salah satu solusi yang muncul adalah penerapan **smart agriculture** yang memanfaatkan teknologi seperti Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), dan analisis data besar (big data) untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan (FAO, 2020). Pertanian pintar atau *smart agriculture* adalah pendekatan yang mengelola teknologi informasi dan komunikasi (TIK), Internet of Things (IoT), sensor, kecerdasan buatan (AI), dan data besar lebih efisien. Teknologi ini bertujuan untuk membuat keputusan yang lebih baik berdasarkan data aktual yang dikumpulkan dari bidang, tanaman, kondisi cuaca dan perilaku pasar. dengan menggunakan teknologi ini memungkinkan petani untuk melakukan pemantauan yang lebih cermat. seperti memprediksi cuaca, mengoptimalkan pemupukan, secara otomatis menyesuaikan irigasi, memahami hama lebih awal untuk meningkatkan produktivitas, mengurangi limbah (FAO, 2020).

Di sisi lain, **pertanian konvensional** masih menjadi tulang punggung sistem pertanian di Indonesia, terutama di daerah pedesaan. Pertanian konvensional mengandalkan metode tradisional yang telah diwariskan turun-temurun, dengan ketergantungan tinggi pada kondisi alam dan input eksternal seperti pupuk kimia dan pestisida. Di Asia, khususnya Indonesia, sektor pertanian adalah sektor penting yang mendukung keselamatan ekonomi dan nutrisi nasional. Sekitar 30% karyawan Indonesia bergantung pada sektor pertanian. Namun, sektor ini masih menghadapi berbagai masalah, termasuk: Penurunan produktivitas, lahan pertanian yang semakin sempit, lingkungan yang memburuk, dan lebih sedikit adopsi teknologi oleh petani skala kecil. Meskipun biaya awalnya lebih rendah, sistem ini sering kali dihadapkan pada masalah produktivitas yang stagnan dan dampak lingkungan yang merugikan, seperti polusi air dan tanah (Pretty, 2008).

Perdebatan antara *smart agriculture* dan pertanian konvensional menjadi relevan dalam konteks Indonesia, di mana ketimpangan infrastruktur dan akses teknologi masih menjadi masalah utama. Penerapan *smart agriculture* menawarkan peluang besar untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan, tetapi memerlukan investasi besar dan dukungan infrastruktur yang memadai. Sementara itu, pertanian konvensional tetap menjadi pilihan utama bagi banyak petani kecil karena biaya yang terjangkau dan kemudahan implementasi (World Bank, 2019). Dari uraian tersebut maka dirumuskan beberapa masalah yaitu Apa perbedaan antara *smart agriculture* dan pertanian konvensional; Apa tantangan dan peluang yang dihadapi oleh kedua sistem pertanian ini di Indonesia. Membandingkan *smart agriculture* dan pertanian konvensional.

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka artikel ini bertujuan untuk membandingkan smart agriculture dan pertanian konvensional, serta menganalisis tantangan dan peluang yang dihadapi oleh kedua sistem pertanian ini dalam konteks Indonesia. Dengan memahami dinamika ini, diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang relevan bagi pengembangan pertanian masa depan di Indonesia.

## II Bahan dan Metode

Jenis artikel ini adalah artikel review atau tinjauan literatur yang berasal dari berbagai sumber seperti artikel pada jurnal ilmiah baik nasional maupun internasional yang terkait kepada smart agriculture ataupun mengenai pertanian konvensional pada *website google scholar*, buku yang berkaitan dengan topik pada artikel, laporan resmi yang berasal dari pemerintah seperti Badan Pusat Statistik atau Kementerian Pertanian Republik Indonesia, maupun artikel-artikel online yang dipublikasikan melalui *website* yang berkaitan dengan topik artikel. Berbagai sumber atau rujukan tersebut dianalisis, disintesis, dan diringkas untuk mencapai tujuan penelitian.

## III Hasil dan Pembahasan

Smart agriculture, atau pertanian cerdas, merujuk pada penerapan teknologi modern dalam sektor pertanian untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan. Konsep ini mencakup penggunaan teknologi seperti Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), big data, drone, dan robotika untuk memantau, menganalisis, dan mengoptimalkan proses pertanian (FAO, 2020). Smart agriculture bertujuan untuk menciptakan sistem pertanian yang presisi, di mana input seperti air, pupuk, dan pestisida digunakan secara optimal berdasarkan data real-time (Wolfert et al., 2017).

Pertanian konvensional adalah sistem pertanian yang mengandalkan metode tradisional dan telah dipraktikkan secara turun-temurun. Sistem ini biasanya melibatkan penggunaan alat-alat sederhana, ketergantungan pada kondisi alam, dan penggunaan input eksternal seperti pupuk kimia dan pestisida untuk meningkatkan hasil panen (Pretty, 2008). Pertanian konvensional masih dominan di banyak negara berkembang, termasuk Indonesia, karena kemudahan implementasi dan biaya awal yang relatif rendah (World Bank, 2019).

### Perbandingan antara Teknologi yang Digunakan pada Smart Agriculture dan Pertanian Konvensional

Berdasarkan definisi dan konsep dari smart agriculture bahwa dalam smart agriculture ini merupakan pertanian dengan menggunakan teknologi modern atau canggih. Perbandingan antara teknologi yang digunakan dalam pertanian konvensional dan Smart Agriculture menunjukkan perbedaan signifikan dalam hal efisiensi dan produktivitas. Pertanian konvensional sering kali menghadapi tantangan seperti ketergantungan pada tenaga kerja manual, ketidakpastian hasil panen akibat faktor cuaca, dan penggunaan input yang tidak efisien. Sebaliknya, Smart Agriculture menawarkan solusi melalui otomatisasi, pemantauan real-time, dan pengambilan keputusan berbasis data. Penelitian oleh Wilheppi et al. (2021) menunjukkan bahwa persepsi petani terhadap teknologi smart farming berbasis aplikasi RiTx berada pada kategori sedang,

yang menunjukkan potensi adopsi teknologi ini untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian. Teknologi dalam Smart Agriculture memanfaatkan berbagai alat canggih seperti sensor, Internet of Things (IoT), dan sistem pengolahan data besar untuk memantau kondisi tanaman dan tanah secara lebih akurat. Dengan pemantauan yang lebih mendalam, petani dapat mengambil keputusan yang lebih cepat dan tepat, misalnya dalam hal pemberian pupuk, pengairan, atau penanganan hama. Sebagai contoh, sensor kelembaban tanah dapat memberikan informasi real-time kepada petani mengenai kebutuhan air tanaman, yang mengurangi pemborosan air dan meningkatkan hasil panen. Hal ini sangat berbanding terbalik dengan pertanian konvensional yang seringkali mengandalkan pengamatan manual dan prakiraan cuaca yang kurang tepat. Secara umum, teknologi yang digunakan dalam smart agriculture meliputi :

1. **Internet of Things (IoT):**

IoT memungkinkan perangkat seperti sensor dan drone untuk mengumpulkan data tentang kondisi tanah, cuaca, dan tanaman secara real-time. Data ini dikirim ke platform analisis untuk membantu petani membuat keputusan yang lebih baik (Kamilaris et al., 2017). Contohnya, sensor kelembaban tanah dapat mengoptimalkan irigasi, mengurangi pemborosan air.

2. **Kecerdasan Buatan (AI):**

AI digunakan untuk menganalisis data besar (big data) dan memprediksi hasil panen, serangan hama, atau perubahan cuaca. Misalnya, algoritma AI dapat mengidentifikasi penyakit tanaman dari gambar yang diambil oleh drone (Liakos et al., 2018).

3. **Big Data:**

Big data memungkinkan pengelolaan informasi dari berbagai sumber, seperti data cuaca, kondisi tanah, dan pasar. Analisis data ini membantu petani dalam perencanaan tanam, pemilihan varietas, dan manajemen risiko (Sonka, 2016).

4. **Drone dan Robotika:**

Drone digunakan untuk pemetaan lahan, penyemprotan pupuk, dan pemantauan tanaman. Sementara itu, robot pertanian dapat melakukan tugas seperti penanaman, penyiangan, dan panen secara otomatis (Zhang & Kovacs, 2012).

Pertanian konvensional merupakan pertanian yang dilakukan secara turun temurun. Pertanian konvensional tidak menggunakan teknologi canggih atau modern dalam budidayanya. Pertanian konvensional di Indonesia umumnya masih mengandalkan metode tradisional dengan penggunaan alat-alat sederhana seperti cangkul, bajak, dan sabit. Praktik seperti pemupukan manual, irigasi gravitasi, dan penggunaan pestisida kimia secara luas masih umum ditemui. Meskipun metode ini telah berhasil memenuhi kebutuhan pangan selama bertahun-tahun, efisiensi dan produktivitasnya sering kali terbatas.

Arkeman (2021) menjelaskan bahwa transformasi pertanian dari sistem konvensional menjadi pertanian modern sudah diterapkan melalui penggunaan drone untuk menanam padi, pemupukan, dan penyemprotan pestisida, serta traktor otonom. Salah satu masalah utama dalam pertanian konvensional adalah rendahnya efisiensi tenaga kerja. Penggunaan alat manual seperti cangkul dan sabit sangat bergantung pada kekuatan fisik petani, yang tidak hanya menghabiskan banyak waktu tetapi juga memerlukan tenaga kerja yang signifikan. Selain itu, proses pemupukan manual dan irigasi berbasis gravitasi yang masih banyak digunakan sangat bergantung pada kondisi alam dan dapat berpotensi menurunkan kualitas tanah dan efisiensi

penggunaan air. Pada skala yang lebih besar, penggunaan pestisida kimia secara masif juga berisiko mencemari tanah dan air serta mengancam keberlanjutan ekosistem. Beberapa metode pertanian yang umum diterapkan pada pertanian konvensional adalah :

1. **Pengolahan Tanah Tradisional:**

Metode ini melibatkan pembajakan dan penggarukan tanah menggunakan alat-alat sederhana seperti cangkul atau traktor tradisional. Tujuannya adalah untuk menyiapkan lahan sebelum penanaman (FAO, 2020).

2. **Sistem Irigasi Tradisional:**

Sistem irigasi yang digunakan biasanya sederhana, seperti saluran air atau ember, yang mengandalkan sumber air alami seperti sungai atau hujan (BPS, 2021).

3. **Penggunaan Pupuk Kimia dan Pestisida:**

Petani konvensional sering menggunakan pupuk kimia dan pestisida untuk meningkatkan hasil panen dan mengendalikan hama. Namun, penggunaan yang berlebihan dapat menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan (Pretty, 2008).

4. **Penanaman dan Panen Manual:**

Proses penanaman, perawatan, dan panen biasanya dilakukan secara manual oleh tenaga kerja manusia, yang memerlukan banyak waktu dan tenaga (World Bank, 2019).

*Smart agriculture* dan pertanian konvensional secara ekonomi, sosial, teknologi dan lingkungan masing-masing memiliki keunggulan. Tabel 1 menunjukkan perbandingan keuntungan dan tantangan dari penerapan *smart agriculture* dengan pertanian konvensional. Secara ekonomi merujuk kepada modal awal atau biaya yang dikeluarkan, efisiensi penggunaan sumberdaya, maupun produktifitas. Aspek sosial merujuk kepada penggunaan tenaga kerja dan *softskill*. Aspek teknologi merujuk kepada infrastruktur dan jaringan tanpa kabel. Sementara, aspek lingkungan merujuk kepada kualitas lingkungan akibat penerapan dari sistem pertanian yang digunakan.

Tabel 1 Perbandingan Keuntungan dan Tantangan *Smart Agriculture* dan Pertanian Konvensional

<b>Jenis Pertanian</b>	<b>Keuntungan</b>	<b>Tantangan</b>
<i>Smart Agriculture</i>	<p><b>Efisiensi Sumber Daya:</b> Smart agriculture memungkinkan penggunaan sumber daya seperti air, pupuk, dan energi secara lebih efisien. Misalnya, sistem irigasi berbasis IoT dapat mengurangi penggunaan air hingga 30% (FAO, 2020).</p> <p><b>Peningkatan Produktivitas:</b> Dengan penggunaan teknologi presisi, petani dapat meningkatkan hasil panen secara signifikan. Studi menunjukkan bahwa penerapan smart agriculture dapat meningkatkan produktivitas hingga 20-30% (World Bank, 2019).</p> <p><b>Pengurangan Dampak Lingkungan:</b> Penggunaan pupuk dan pestisida yang tepat sasaran mengurangi polusi air dan tanah. Selain itu, smart agriculture mendukung praktik pertanian berkelanjutan dengan mengurangi emisi gas rumah kaca (Pretty, 2008)</p>	<p><b>Biaya Implementasi yang Tinggi:</b> Investasi awal untuk teknologi smart agriculture, seperti sensor, drone, dan perangkat IoT, relatif mahal. Hal ini menjadi kendala utama bagi petani kecil di negara berkembang seperti Indonesia (World Bank, 2019).</p> <p><b>Keterbatasan Infrastruktur dan Konektivitas di Daerah Pedesaan:</b> Penerapan smart agriculture memerlukan konektivitas internet yang stabil dan infrastruktur pendukung. Namun, banyak daerah pedesaan di Indonesia masih mengalami kesenjangan digital (BPS, 2021).</p> <p><b>Kebutuhan akan Tenaga Kerja Terampil:</b> Smart agriculture memerlukan petani yang memiliki keterampilan teknis untuk mengoperasikan dan memelihara teknologi. Pelatihan dan pendidikan menjadi kunci untuk mengatasi tantangan ini (Liakos et al., 2018)</p>

Pertanian  
Konvensional

**Biaya Awal yang Lebih Rendah:**  
Pertanian konvensional memerlukan investasi awal yang lebih rendah dibandingkan dengan smart agriculture. Alat-alat yang digunakan relatif murah dan mudah didapatkan (FAO, 2020).

**Keterampilan yang Sudah Dimiliki oleh Petani Lokal:**

Metode pertanian konvensional telah dipraktikkan secara turun-temurun, sehingga petani lokal sudah memiliki keterampilan dan pengetahuan yang diperlukan (BPS, 2021).

**Ketergantungan pada Kondisi Alam:**

Pertanian konvensional sangat bergantung pada kondisi alam seperti cuaca dan ketersediaan air. Perubahan iklim dan musim yang tidak menentu dapat mengancam hasil panen (World Bank, 2019).

**Produktivitas yang Lebih Rendah:**

Dibandingkan dengan smart agriculture, pertanian konvensional memiliki produktivitas yang lebih rendah karena kurangnya penggunaan teknologi dan metode yang efisien (Pretty, 2008).

**Dampak Lingkungan yang Lebih Besar:**

Penggunaan pupuk kimia dan pestisida yang berlebihan dapat menyebabkan polusi air dan tanah, serta berkontribusi pada degradasi lahan (FAO, 2020)

---

### **Smart Agriculture vs Pertanian Konvensional : Ekonomi, Lingkungan, Sumberdaya Manusia**

Indonesia sebagai negara agraris, memiliki sektor pertanian yang memegang peranan penting dalam perekonomian nasional. Sektor ini tidak hanya menjadi sumber utama pendapatan bagi sebagian besar penduduk di pedesaan, tetapi juga berkontribusi terhadap ketahanan pangan dan pertumbuhan ekonomi negara. Namun, pertanian konvensional yang masih banyak diterapkan menghadapi berbagai tantangan serius, seperti produktivitas yang rendah, ketergantungan pada kondisi cuaca, serta degradasi lahan akibat penggunaan metode pertanian yang kurang efisien. Menurut Saragih et al. (2021), sebagian besar petani Indonesia memiliki tingkat pendidikan yang rendah, yang menjadi salah satu faktor penghambat dalam penerapan teknologi pertanian modern. Selain itu, keterbatasan akses terhadap teknologi, minimnya pemanfaatan mekanisasi, serta keterbatasan infrastruktur pertanian juga menjadi kendala utama dalam meningkatkan efisiensi pertanian di Indonesia.

Ketergantungan pada metode pertanian konvensional juga menyebabkan penggunaan sumber daya yang kurang optimal. Misalnya, penggunaan pupuk dan pestisida yang berlebihan dapat merusak keseimbangan ekosistem tanah dan menyebabkan penurunan kualitas lahan dalam jangka panjang. Di sisi lain, kurangnya sistem irigasi yang efisien menyebabkan banyak lahan

pertanian mengalami kekeringan saat musim kemarau dan banjir saat musim hujan, yang berakibat pada fluktuasi hasil panen. Selain tantangan teknis, perubahan iklim juga semakin memperburuk kondisi pertanian konvensional, dengan meningkatnya risiko gagal panen akibat suhu ekstrem, curah hujan yang tidak menentu, serta meningkatnya serangan hama dan penyakit tanaman (Huang et al., 2020).

Perbandingan antara budidaya dengan menerapkan konsep *smart agriculture* dengan pertanian konvensional dapat dilihat berdasarkan aspek ekonomi, lingkungan, dan sumberdaya manusia. Aspek ekonomi akan berdampak kepada peningkatan atau penurunan efisiensi, produksi, maupun produktivitas. Aspek lingkungan akan berdampak kepada terjadinya degradasi, pencemaran, atau peningkatan keberlanjutan akibat dari penerapan sistem pertanian yang digunakan. Sementara itu dari sisi sumberdaya manusia penerapan kedua sistem pertanian dapat berdampak secara positif ataupun negatif terhadap penggunaan tenaga kerja ataupun peningkatan kebutuhan terhadap *softskills* tenaga kerja. Tabel 1 menunjukkan perbandingan dampak penerapan kedua sistem pertanian terhadap aspek ekonomi, lingkungan, dan sumberdaya manusia.

Tabel 2 Perbandingan Dampak Penerapan Smart Agriculture dan Pertanian Konvensional dari Aspek Ekonomi, Lingkungan, dan Sumberdaya Manusia

Jenis Pertanian	Ekonomi	Lingkungan	Sumberdaya Manusia
<i>Smart Agriculture</i>	<p><b>Efisiensi:</b> Smart agriculture menggunakan teknologi seperti IoT dan AI untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Misalnya, sistem irigasi berbasis sensor dapat mengurangi penggunaan air hingga 30% (FAO, 2020).</p> <p><b>Produktivitas:</b> Penerapan teknologi presisi dapat meningkatkan hasil panen secara signifikan. Studi menunjukkan bahwa smart agriculture dapat meningkatkan produktivitas hingga 20-30% (World Bank, 2019).</p> <p><b>Biaya Implementasi yang Tinggi:</b> Investasi awal untuk teknologi smart agriculture, seperti sensor, drone, dan perangkat IoT, relatif mahal. Biaya ini menjadi kendala utama bagi petani kecil di negara berkembang (World Bank,</p>	<p><b>Pengurangan Dampak Lingkungan:</b> Smart agriculture mendukung praktik pertanian berkelanjutan dengan mengurangi penggunaan pupuk dan pestisida melalui aplikasi yang tepat sasaran. Hal ini mengurangi polusi air dan tanah serta emisi gas rumah kaca (FAO, 2020).</p>	<p><b>Kebutuhan akan Tenaga Kerja Terampil:</b> Smart agriculture memerlukan petani yang memiliki keterampilan teknis untuk mengoperasikan dan memelihara teknologi. Pelatihan dan pendidikan menjadi kunci untuk mengatasi tantangan ini (Liakos et al., 2018).</p> <p><b>Program Pelatihan:</b> Di Indonesia, beberapa inisiatif telah diluncurkan untuk melatih petani dalam penggunaan teknologi pertanian cerdas, meskipun cakupannya masih terbatas (World Bank, 2019).</p>

2019).

**Return on Investment**

**(ROI):** Meskipun biaya awal tinggi, smart agriculture dapat memberikan ROI yang signifikan dalam jangka panjang melalui peningkatan produktivitas dan efisiensi (FAO, 2020).

Pertanian  
Konvensional

**Efisiensi:** Pertanian konvensional kurang efisien dalam penggunaan sumber daya. Misalnya, irigasi tradisional sering kali menyebabkan pemborosan air (BPS, 2021).

**Produktivitas:** Produktivitas pertanian konvensional cenderung lebih rendah karena ketergantungan pada metode tradisional dan kurangnya penggunaan teknologi (Pretty, 2008).

**Biaya Awal yang Lebih Rendah:** Pertanian konvensional memerlukan investasi awal yang lebih rendah dibandingkan dengan smart agriculture. Alat-alat yang digunakan relatif murah dan mudah didapatkan (FAO, 2020).

**Biaya Operasional:** Biaya operasional pertanian konvensional dapat meningkat karena ketergantungan pada input eksternal seperti pupuk dan pestisida (Pretty, 2008).

**Dampak Lingkungan yang Lebih**

**Besar:** Penggunaan pupuk kimia dan pestisida yang berlebihan dapat menyebabkan polusi air dan tanah, serta berkontribusi pada degradasi lahan (Pretty, 2008).

**Keterampilan yang Sudah Dimiliki oleh Petani**

**Lokal:** Metode pertanian konvensional telah dipraktikkan secara turun-temurun, sehingga petani lokal sudah memiliki keterampilan dan pengetahuan yang diperlukan (BPS, 2021).

**Keterbatasan**

**Pendidikan:** Namun, kurangnya pendidikan formal dan pelatihan modern membatasi kemampuan petani untuk mengadopsi metode pertanian yang lebih maju (Pretty, 2008).

## Tantangan dan Peluang Pengembangan *Smart Agriculture* di Indonesia

Di Indonesia sendiri, penerapan *Smart Agriculture* masih dalam tahap awal dan menghadapi beberapa tantangan, seperti biaya investasi yang tinggi, rendahnya literasi teknologi di kalangan petani, serta keterbatasan infrastruktur digital di daerah pedesaan. Namun, beberapa inisiatif telah dilakukan untuk mendorong implementasi teknologi ini, baik oleh pemerintah, akademisi, maupun sektor swasta. Contohnya, PT East West Seed Indonesia telah menggunakan teknologi digital dalam monitoring tanaman hortikultura, sementara program *Smart Greenhouse* di Lembang telah menerapkan sensor otomatis untuk mengontrol suhu dan kelembapan tanaman. Selain itu, beberapa startup agritech seperti TaniHub dan eFishery juga mulai memperkenalkan solusi berbasis teknologi untuk meningkatkan efisiensi pertanian di berbagai daerah di Indonesia (Setiawan et al., 2023). Beberapa tantangan yang dihadapi dalam menerapkan *smart agriculture* di Indonesia diantaranya :

### 1. Infrastruktur dan Konektivitas:

- **Tantangan:** Infrastruktur yang kurang memadai, terutama di daerah pedesaan, menjadi kendala utama dalam penerapan *smart agriculture*. Konektivitas internet yang buruk menghambat penggunaan teknologi IoT dan big data (World Bank, 2019).
- **Data:** Menurut BPS (2021), hanya sekitar 40% daerah pedesaan di Indonesia yang memiliki akses internet yang memadai. Hal ini membatasi kemampuan petani untuk mengadopsi teknologi pertanian cerdas.

### 2. Pendidikan dan Pelatihan Petani:

- **Tantangan:** Mayoritas petani di Indonesia memiliki tingkat pendidikan yang rendah dan kurang terpapar dengan teknologi modern. Pelatihan dan pendidikan yang memadai diperlukan untuk meningkatkan keterampilan petani (FAO, 2020).
- **Data:** Survei Kementerian Pertanian (2021) menunjukkan bahwa hanya 15% petani yang pernah mengikuti pelatihan tentang teknologi pertanian modern.

### 3. Kebijakan dan Regulasi Pemerintah:

- **Tantangan:** Kebijakan dan regulasi yang tidak konsisten atau kurang mendukung dapat menghambat adopsi *smart agriculture*. Misalnya, kurangnya insentif finansial bagi petani untuk mengadopsi teknologi baru (World Bank, 2019).
- **Contoh:** Program pemerintah seperti subsidi pupuk dan benih sering kali tidak disertai dengan dukungan untuk teknologi pertanian cerdas (BPS, 2021).

*Smart agriculture* diidentikkan dengan penggunaan teknologi canggih seperti *Internet of Things* (IoT), sensor, drone, dan analisis data untuk mengoptimalkan proses pertanian (Wolfert et al., 2017). Keunggulan utama *smart agriculture* terletak pada kemampuannya untuk meningkatkan efisiensi sumber daya. Misalnya, sensor tanah dan cuaca dapat memberikan data real-time yang memungkinkan petani mengoptimalkan penggunaan air, pupuk, dan pestisida. Hal ini tidak hanya mengurangi pemborosan tetapi juga meningkatkan produktivitas dengan memastikan bahwa tanaman mendapatkan nutrisi dan perawatan yang tepat pada waktu yang tepat. Selain itu, *smart agriculture* dapat mengurangi dampak lingkungan dengan meminimalkan penggunaan bahan kimia berlebihan yang dapat mencemari tanah dan air. Penerapan *smart agriculture* dalam budidaya pertanian memunculkan berbagai peluang, diantaranya :

**1. Peningkatan Produktivitas dan Kualitas Hasil Pertanian:**

- **Peluang:** Penerapan smart agriculture dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian melalui penggunaan teknologi presisi. Misalnya, penggunaan drone dan sensor dapat meningkatkan efisiensi pemupukan dan irigasi (FAO, 2020).
- **Data:** Studi oleh World Bank (2019) menunjukkan bahwa petani yang mengadopsi teknologi pertanian cerdas mengalami peningkatan produktivitas hingga 30%.

**2. Pengurangan Dampak Lingkungan:**

- **Peluang:** Smart agriculture mendukung praktik pertanian berkelanjutan dengan mengurangi penggunaan pupuk dan pestisida melalui aplikasi yang tepat sasaran. Hal ini mengurangi polusi air dan tanah serta emisi gas rumah kaca (Pretty, 2008).
- **Contoh:** Penggunaan drone untuk pemantauan tanaman dapat mengurangi kebutuhan penyemprotan pestisida hingga 50% (Zhang & Kovacs, 2012).

**3. Potensi Ekspor dan Peningkatan Ekonomi:**

- **Peluang:** Peningkatan kualitas dan kuantitas hasil pertanian dapat membuka peluang ekspor yang lebih besar, terutama untuk komoditas seperti kopi, kakao, dan rempah-rempah. Smart agriculture juga dapat menciptakan lapangan kerja baru di sektor teknologi pertanian (FAO, 2020).
- **Data:** Menurut Kementerian Perdagangan (2021), nilai ekspor produk pertanian Indonesia mencapai USD 42,5 miliar pada tahun 2020, dengan potensi peningkatan signifikan melalui adopsi teknologi pertanian cerdas.

**IV Kesimpulan dan Saran**

*Smart Agriculture* meningkatkan efisiensi dan produktivitas melalui penggunaan teknologi presisi seperti IoT, AI, dan big data. Studi menunjukkan peningkatan produktivitas hingga 20-30% (World Bank, 2019), sementara pada pertanian konvensional: Kurang efisien dan memiliki produktivitas yang lebih rendah karena ketergantungan pada metode tradisional (Pretty, 2008). Terkait dampak lingkungan praktik *Smart Agriculture* mampu mendukung praktik pertanian berkelanjutan dengan mengurangi penggunaan pupuk dan pestisida, serta mengurangi polusi air dan tanah (FAO, 2020), sementara itu pertanian konvensional menimbulkan dampak lingkungan yang lebih besar akibat penggunaan pupuk kimia dan pestisida yang berlebihan (BPS, 2021). Di sisi lain tantangan pada penerapan *Smart Agriculture* adalah memerlukan investasi awal yang tinggi, akan tetapi memberikan return on investment (ROI) yang signifikan dalam jangka panjang (World Bank, 2019), pada praktik pertanian konvensional biaya awal lebih rendah, tetapi biaya operasional dapat meningkat karena ketergantungan pada input eksternal (FAO, 2020).

Untuk mengembangkan *smart agriculture* pemerintah perlu meningkatkan infrastruktur dan konektivitas internet di daerah pedesaan untuk mendukung penerapan smart agriculture (World Bank, 2019). Contoh dengan cara program pembangunan jaringan internet broadband di daerah pertanian, mengadakan pelatihan dan pendidikan bagi petani untuk meningkatkan keterampilan dalam menggunakan teknologi pertanian cerdas. Cara ini bisa ditempuh dengan cara misalnya bekerjasama dengan universitas dan lembaga pelatihan untuk menyelenggarakan workshop dan kursus singkat. Membuat kebijakan dan insentif yang mendukung adopsi *smart*

*agriculture*, seperti subsidi untuk pembelian perangkat teknologi dan keringanan pajak (World Bank, 2019). Hal ini dapat dilakukan dengan cara mengadakan program insentif bagi petani yang mengadopsi teknologi irigasi presisi. Pemerintah juga perlu meningkatkan dukungan untuk penelitian dan pengembangan teknologi pertanian cerdas yang sesuai dengan kondisi lokal (Liakos et al., 2018). Hal ini dapat dilakukan dengan cara memberikan dana penelitian tentang aplikasi IoT dan AI dalam pertanian di Indonesia.

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami dampak sosial-ekonomi dari adopsi *smart agriculture*, terutama bagi petani kecil. Mengembangkan teknologi pertanian cerdas yang sesuai dengan kondisi dan kebutuhan lokal di Indonesia. Evaluasi efektivitas kebijakan dan program pemerintah dalam mendukung adopsi *smart agriculture*, contohnya studi tentang dampak program subsidi dan pelatihan terhadap adopsi teknologi pertanian cerdas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arkeman, Y. (2021). Smart farming 4.0 untuk mewujudkan pertanian Indonesia. *Jurnal Informatika Pertanian*, 30(1), 1-10.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2021). *Statistik Pertanian Indonesia*. Diakses dari <https://www.bps.go.id>.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2020). *The State of Food and Agriculture 2020: Overcoming Water Challenges in Agriculture*. Diakses dari <http://www.fao.org>.
- Huang, Y., Li, X., Zhang, W., & Wang, J. (2020). Smart agriculture: Applications and challenges in precision farming. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 22(4), 153–168.
- Pretty, J. (2008). *Agricultural Sustainability: Concepts, Principles, and Evidence*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 447-465. doi:10.1098/rstb.2007.2163.
- World Bank. (2019). *Indonesia Agricultural Public Expenditure Review*. Diakses dari <http://www.worldbank.org>.
- Kamilaris, A., Kartakoullis, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2017). *A review on the practice of big data analysis in agriculture*. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 23-37. doi:10.1016/j.compag.2017.09.037.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2021). *Laporan Tahunan Kinerja Kementerian Pertanian*. Diakses dari <http://www.pertanian.go.id>.
- Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. (2021). *Laporan Ekspor Produk Pertanian*. Diakses dari <http://www.kemendag.go.id>.
- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). *Machine learning in agriculture: A review*. *Sensors*, 18(8), 2674. doi:10.3390/s18082674.
- Saragih, B., Anwar, S., & Kurniawan, T. (2021). Tantangan dan peluang penerapan teknologi pertanian di Indonesia. *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 19(2), 45–60.
- Setiawan, R., Prasetyo, A., & Wahyudi, T. (2023). Digital transformation in Indonesian agriculture: Challenges and opportunities. *Indonesian Journal of Agribusiness and Technology*, 15(1), 32–47.
- Sonka, S. (2016). *Big data and the agri-food system*. *Big Data*, 4(2), 102-108. doi:10.1089/big.2016.0002.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). *Big data in smart farming—A review*. *Agricultural Systems*, 153, 69-80. doi:10.1016/j.agsy.2017.01.023.

- Yamamoto, T., Saito, K., & Fujita, M. (2021). The role of robotics in Japan's smart agriculture revolution. *Journal of Agricultural Innovation and Technology*, 10(2), 88–102.
- Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). *The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review*. *Precision Agriculture*, 13(6), 693-712. doi:10.1007/s11119-012-9274-5.