

## Inovasi Teknologi dan Peran Jasa *Phyosanitary* dalam Meningkatkan Keamanan dan Keberlanjutan Ekspor

Rani Anjariani<sup>1</sup>, Tri Wahjoedi<sup>2</sup>, Fajar Tenovita Sari<sup>3</sup>, Etin Puspita Sari<sup>4</sup>, Fathur Rosi<sup>5</sup>, Kusuma Adi Rahardjo

Program Studi Manajemen, Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Mahardhika Surabaya

\*e-mail: ranianjar13@gmail.com

Nomor Telepon Author: 085655071877

Received: 07.01.2025	Revised: 20.01.2025	Accepted: 13.02.2025	Available online: 28.02.2025
-------------------------	------------------------	-------------------------	---------------------------------

**Abstract:** *Technological innovation and phytosanitary services play an increasingly important role in increasing the safety and desirability of agricultural product exports. This research uses a qualitative approach to analyze the application of modern technology such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), and blockchain in the agricultural sector as well as the role of phytosanitary services in the export process. The research results show that the integration of technology and phytosanitary services can improve production efficiency, product quality and traceability, as well as ensuring that exported products are free from pests and diseases. Case studies in various regions in Indonesia reveal an increase in crop yields of up to 20%, an increase in farmer income, and an increase in consumer confidence in products that are more transparent and have guaranteed quality. However, several challenges remain to be overcome, including infrastructure limitations, high technology implementation costs, and the need for international standardization. With the right policy support, the full potential of technological innovation and phytosanitary services can be maximized, increasing the competitiveness of Indonesia's agricultural sector in global markets and contributing to environmental sustainability and global food security.*

**Keywords:** *Technological innovation, phytosanitary services, Internet of Things (IoT), artificial intelligence.*

**Abstrak:** Inovasi teknologi dan jasa phytosanitary memainkan peran yang semakin penting dalam meningkatkan keamanan dan keberlanjutan ekspor produk pertanian. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif untuk menganalisis penerapan teknologi modern seperti Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI), dan blockchain dalam sektor pertanian serta peran layanan phytosanitary dalam proses ekspor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi teknologi dan jasa phytosanitary dapat meningkatkan efisiensi produksi, kualitas produk, dan ketertelusuran, serta memastikan bahwa produk yang diekspor bebas dari hama dan penyakit. Studi kasus di berbagai daerah di Indonesia mengungkapkan peningkatan hasil panen hingga 20%, peningkatan pendapatan petani, serta peningkatan kepercayaan konsumen terhadap produk yang lebih transparan dan terjamin kualitasnya. Namun, beberapa tantangan masih harus diatasi, termasuk keterbatasan infrastruktur, biaya implementasi teknologi yang tinggi, dan kebutuhan akan standarisasi internasional. Dengan dukungan kebijakan yang tepat, potensi penuh dari inovasi teknologi dan layanan phytosanitary dapat dimaksimalkan, meningkatkan daya saing sektor pertanian Indonesia di pasar global dan berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan serta keamanan pangan global.

**Kata kunci:** Inovasi teknologi, jasa phytosanitary, Internet of Things, Kecerdasan Buatan, Pertanian Berkelanjutan.

## **1. PENDAHULUAN**

Di era globalisasi ini, perdagangan internasional menjadi salah satu pilar utama dalam pertumbuhan ekonomi berbagai negara. Aktivitas ekspor-impor yang terus meningkat menuntut adanya standar dan regulasi yang ketat guna menjamin kualitas produk yang diperdagangkan. Salah satu aspek penting yang seringkali menjadi perhatian adalah keamanan dan keberlanjutan produk ekspor, khususnya yang terkait dengan produk pertanian dan pangan. Di sinilah peran teknologi inovatif dan jasa phytosanitary menjadi sangat vital.

Inovasi teknologi telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai sektor, tidak terkecuali dalam bidang pertanian dan keamanan pangan. Teknologi modern seperti sensor berbasis IoT (Internet of Things), kecerdasan buatan (Artificial Intelligence), blockchain, dan teknologi pemetaan digital telah membantu meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam produksi dan distribusi produk pertanian. Dengan penerapan teknologi ini, para petani dapat memonitor kondisi tanaman secara real-time, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, serta memastikan kualitas produk yang dihasilkan memenuhi standar internasional. Hal ini tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga memastikan bahwa produk yang diekspor aman untuk dikonsumsi dan berkelanjutan secara lingkungan.

Di sisi lain, jasa phytosanitary memainkan peran yang tidak kalah penting dalam proses ekspor. Phytosanitary adalah layanan yang berkaitan dengan kesehatan tumbuhan, yang bertujuan untuk mencegah masuk dan penyebaran hama dan penyakit melalui produk pertanian yang diekspor atau diimpor. Layanan ini mencakup berbagai kegiatan seperti inspeksi, karantina, sertifikasi, dan perawatan phytosanitary. Melalui inspeksi yang ketat dan sertifikasi yang akurat, jasa phytosanitary memastikan bahwa produk pertanian yang diekspor bebas dari hama dan penyakit, sehingga tidak menimbulkan risiko bagi konsumen dan lingkungan di negara tujuan.

Keberadaan teknologi canggih dan jasa phytosanitary yang handal tidak hanya memberikan jaminan kualitas dan keamanan produk, tetapi juga meningkatkan kepercayaan negara-negara tujuan ekspor. Dalam konteks keberlanjutan, penerapan teknologi hijau dan praktik pertanian yang ramah lingkungan juga menjadi faktor penting yang dipertimbangkan oleh pasar global. Negara-negara yang mampu menunjukkan komitmen dalam menjaga keberlanjutan dan kualitas produk mereka cenderung memiliki daya saing yang lebih tinggi di pasar internasional.

## **2. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif untuk memahami peran inovasi teknologi dan jasa phytosanitary dalam meningkatkan keamanan dan keberlanjutan ekspor. Pendekatan kualitatif memungkinkan peneliti untuk mendapatkan pemahaman mendalam dan menyeluruh tentang fenomena yang diteliti melalui pengumpulan data dari perspektif individu yang terlibat langsung. Studi pustaka dilakukan untuk mengumpulkan informasi dan data sekunder dari berbagai sumber seperti buku, jurnal ilmiah, laporan penelitian, artikel, dan dokumen resmi dari lembaga terkait. Literatur yang dipilih harus relevan dengan topik inovasi teknologi dalam pertanian, jasa phytosanitary, serta keamanan dan keberlanjutan ekspor. Studi pustaka ini akan membantu dalam membangun kerangka teoretis dan memberikan konteks yang lebih luas untuk analisis data primer.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **1. Penerapan Inovasi Teknologi dalam Sektor Pertanian**

Inovasi teknologi telah mengubah cara kerja sektor pertanian secara signifikan. Berdasarkan hasil wawancara dengan para ahli pertanian dan observasi lapangan, berbagai teknologi modern telah diadopsi oleh para petani dan pelaku agribisnis untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produk mereka. Beberapa inovasi utama yang ditemukan adalah :

##### **a. Internet of Things (IoT) dalam Pertanian**

Teknologi IoT memungkinkan monitoring kondisi lingkungan dan tanaman secara real-time. Sensor yang terpasang di lahan pertanian dapat mengukur parameter seperti kelembaban tanah, suhu, kelembaban udara, dan intensitas cahaya. Data yang dikumpulkan oleh sensor ini kemudian dikirim ke sistem pusat yang dapat diakses oleh petani melalui perangkat seluler atau komputer. Dengan informasi ini, petani dapat mengambil keputusan yang lebih tepat waktu dan akurat, seperti kapan harus menyiram tanaman atau memberikan pupuk, yang pada akhirnya dapat meningkatkan hasil panen dan kualitas produk.

Contoh penerapan IoT dalam pertanian terlihat pada salah satu lahan pertanian di Jawa Timur yang kami observasi. Petani di sana menggunakan sensor kelembaban tanah yang terhubung dengan aplikasi mobile. Aplikasi ini memberi peringatan ketika tanah mulai mengering dan membutuhkan penyiraman. Dengan sistem ini, penggunaan air menjadi lebih efisien dan tanaman dapat tumbuh dengan optimal.

##### **b. Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence) dan Pembelajaran Mesin (Machine Learning)**

AI dan pembelajaran mesin digunakan untuk menganalisis data pertanian yang besar dan kompleks. Teknologi ini membantu dalam prediksi hasil panen, deteksi hama dan penyakit, serta optimalisasi penggunaan sumber daya. Algoritma AI dapat memproses data historis dan data real-time untuk memberikan rekomendasi yang lebih akurat kepada petani.

Sebagai contoh, di sebuah perusahaan agribisnis di Sumatera Utara, penggunaan AI telah membantu dalam mendeteksi penyakit pada tanaman kelapa sawit lebih awal. Dengan kamera dan sistem pengolahan gambar berbasis AI, penyakit yang mungkin tidak terlihat oleh mata manusia dapat terdeteksi pada tahap awal, memungkinkan tindakan pencegahan yang lebih cepat dan efektif.

##### **c. Teknologi Blockchain untuk Transparansi Rantai Pasok**

Blockchain digunakan untuk meningkatkan transparansi dan ketertelusuran dalam rantai pasok produk pertanian. Teknologi ini memungkinkan setiap langkah dalam proses produksi dan distribusi dicatat secara digital dan tidak dapat diubah. Hal ini memberikan jaminan kepada konsumen dan pihak terkait bahwa produk yang mereka terima telah memenuhi standar yang ditetapkan.

Di Bali, salah satu koperasi petani kopi menggunakan blockchain untuk melacak perjalanan biji kopi dari lahan hingga ke konsumen akhir. Setiap tahap, mulai dari panen, pengolahan, hingga pengiriman, dicatat dalam sistem

blockchain. Ini tidak hanya meningkatkan transparansi, tetapi juga membangun kepercayaan konsumen terhadap produk kopi mereka.

## 2. Peran Jasa Phytosanitary dalam Keamanan dan Keberlanjutan Ekspor

Layanan phytosanitary memainkan peran krusial dalam memastikan bahwa produk pertanian yang diekspor bebas dari hama dan penyakit. Hasil wawancara dengan praktisi phytosanitary dan pengamatan langsung di lapangan mengungkapkan beberapa aspek penting dari layanan ini :

### a. Inspeksi dan Sertifikasi

Inspeksi dan sertifikasi phytosanitary adalah prosedur wajib yang harus dilakukan sebelum produk pertanian diekspor. Inspektur phytosanitary memeriksa produk untuk memastikan tidak ada hama atau penyakit yang dapat membahayakan ekosistem negara tujuan ekspor. Jika produk lolos inspeksi, maka akan diberikan sertifikat phytosanitary yang menyatakan bahwa produk tersebut aman untuk dikirim.

Di salah satu pelabuhan Di salah satu pelabuhan utama ekspor di Indonesia, kami mengamati proses inspeksi phytosanitary pada buah mangga yang akan diekspor ke Eropa. Inspektur menggunakan alat-alat khusus untuk memeriksa adanya tanda-tanda hama atau penyakit. Setelah dinyatakan bebas dari kontaminasi, buah mangga tersebut diberikan sertifikat phytosanitary yang memungkinkan pengiriman ke luar negeri.

### b. Karantina dan Perlakuan Phytosanitary

Produk pertanian yang dicurigai mengandung hama atau penyakit dapat dikenakan tindakan karantina atau perlakuan phytosanitary. Tindakan ini termasuk fumigasi, penyemprotan dengan pestisida, atau perlakuan panas untuk membunuh hama yang mungkin ada. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa produk tersebut benar-benar aman sebelum dikirim ke negara tujuan.

Sebagai contoh, di salah satu fasilitas karantina di Surabaya, kami mengamati proses perlakuan panas pada biji kakao yang akan diekspor ke Amerika Serikat. Biji kakao dimasukkan ke dalam ruang khusus yang dipanaskan hingga suhu tertentu untuk membunuh hama yang mungkin ada. Setelah proses ini selesai, biji kakao diperiksa kembali dan diberikan sertifikat phytosanitary.

## 3. Sinergi antara Teknologi dan Jasa Phytosanitary

Teknologi modern dan layanan phytosanitary tidak bekerja secara terpisah tetapi saling melengkapi dalam memastikan keamanan dan keberlanjutan ekspor produk pertanian. Sinergi ini dapat dilihat dalam beberapa aspek:

### a. Integrasi IoT dan Sistem Phytosanitary

Sensor IoT yang digunakan dalam pertanian tidak hanya membantu petani mengelola tanaman mereka tetapi juga memberikan data yang berguna untuk layanan phytosanitary. Data lingkungan dan kondisi tanaman yang dikumpulkan oleh sensor dapat digunakan oleh inspektur phytosanitary untuk melakukan penilaian risiko yang lebih akurat.

Di sebuah perkebunan buah naga di Yogyakarta, penggunaan sensor IoT tidak hanya membantu petani dalam mengelola irigasi tetapi juga menyediakan data yang relevan untuk inspektur phytosanitary. Data kelembaban dan suhu tanah membantu inspektur menilai risiko kontaminasi hama sebelum produk diekspor.

### b. Penggunaan AI dalam Deteksi Hama dan Penyakit

AI dan pembelajaran mesin dapat digunakan untuk mendukung layanan phytosanitary dengan memberikan alat yang lebih canggih untuk deteksi hama

dan penyakit. Dengan menggunakan kamera dan algoritma pengolahan gambar, inspektur phytosanitary dapat mendeteksi masalah lebih cepat dan dengan akurasi yang lebih tinggi.

Di sebuah laboratorium phytosanitary di Jakarta, penggunaan sistem AI telah membantu dalam mendeteksi adanya larva hama pada produk sayuran. Sistem ini menggunakan kamera mikroskopik untuk memindai produk dan algoritma AI untuk mengenali larva hama dengan tingkat akurasi yang tinggi. Ini memungkinkan tindakan pencegahan yang lebih cepat dan tepat.

c. **Blockchain untuk Ketertelusuran Sertifikat Phytosanitary**

Blockchain tidak hanya digunakan untuk ketertelusuran produk tetapi juga dapat diintegrasikan dengan sistem sertifikasi phytosanitary. Dengan mencatat semua sertifikat phytosanitary dalam blockchain, pihak yang berkepentingan dapat dengan mudah memverifikasi keaslian dan validitas sertifikat tersebut.

Di salah satu pelabuhan ekspor di Makassar, kami mengamati bagaimana sistem blockchain digunakan untuk memverifikasi sertifikat phytosanitary secara digital. Setiap sertifikat yang dikeluarkan dicatat dalam blockchain dan dapat diakses oleh pihak berwenang di negara tujuan ekspor untuk memastikan keaslian sertifikat tersebut. Ini tidak hanya meningkatkan transparansi tetapi juga mengurangi risiko pemalsuan sertifikat.

4. **Tantangan dan Peluang**

Meskipun inovasi teknologi dan layanan phytosanitary telah membawa banyak manfaat, masih ada beberapa tantangan yang perlu diatasi untuk memaksimalkan potensi mereka.

a. **Keterbatasan Infrastruktur dan Akses Teknologi**

Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan infrastruktur dan akses teknologi di daerah pedesaan. Banyak petani kecil di Indonesia masih belum memiliki akses ke teknologi modern seperti IoT dan AI. Selain itu, infrastruktur yang kurang memadai seperti jaringan internet yang lambat dapat menghambat penerapan teknologi ini.

b. **Biaya Implementasi**

Biaya implementasi teknologi canggih seperti sensor IoT, sistem AI, dan blockchain sering kali cukup tinggi. Ini bisa menjadi hambatan bagi petani kecil dan menengah yang memiliki keterbatasan sumber daya finansial. Oleh karena itu, perlu adanya dukungan dari pemerintah dan lembaga terkait untuk menyediakan subsidi atau bantuan finansial bagi petani yang ingin mengadopsi teknologi ini.

c. **Standarisasi dan Regulasi**

Penerapan teknologi dan layanan phytosanitary membutuhkan standarisasi dan regulasi yang jelas untuk memastikan konsistensi dan keandalan. Saat ini, masih ada variasi dalam standar dan regulasi antar negara yang dapat menjadi hambatan dalam perdagangan internasional. Perlu ada kerjasama internasional untuk menyusun standar yang harmonis dan diterima secara global.

5. **Studi Kasus**

Untuk memberikan gambaran konkret tentang penerapan inovasi teknologi dan jasa phytosanitary, berikut adalah dua studi kasus yang menunjukkan dampak positif dari sinergi ini:

a. **Studi Kasus 1: Penggunaan IoT dan Blockchain di Koperasi Petani Kopi di Bali**

Koperasi petani kopi di Bali telah mengadopsi teknologi IoT untuk memantau kondisi lingkungan dan tanaman kopi mereka. Sensor IoT yang dipasang di lahan pertanian mengukur kelembaban tanah, suhu, dan intensitas cahaya. Data ini digunakan untuk mengoptimalkan irigasi dan pemupukan, sehingga tanaman kopi dapat tumbuh dengan optimal. Selain itu, koperasi ini juga menggunakan teknologi blockchain untuk melacak perjalanan biji kopi dari lahan hingga konsumen akhir. Setiap tahap dalam proses produksi dan distribusi dicatat secara digital dalam sistem blockchain, termasuk panen, pengolahan, penyimpanan, dan pengiriman. Informasi ini dapat diakses oleh konsumen dan pihak terkait untuk memastikan transparansi dan ketertelusuran produk.

Hasil dari penerapan teknologi ini sangat positif. Petani kopi di koperasi ini melaporkan peningkatan hasil panen hingga 20% berkat optimasi penggunaan air dan pupuk. Selain itu, adanya ketertelusuran yang jelas meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap produk mereka, yang berujung pada peningkatan harga jual kopi di pasar internasional. Sertifikat phytosanitary yang diterbitkan juga terintegrasi dalam sistem blockchain, sehingga memudahkan verifikasi oleh pihak berwenang di negara tujuan ekspor.

- b. Studi Kasus 2: Integrasi AI dan Jasa Phytosanitary di Perkebunan Buah Naga di Yogyakarta  
Di Yogyakarta, sebuah perkebunan buah naga mengintegrasikan teknologi AI untuk mendeteksi hama dan penyakit pada tanaman mereka. Sistem AI ini menggunakan kamera dan algoritma pembelajaran mesin untuk memindai tanaman dan mengidentifikasi tanda-tanda infeksi atau serangan hama. Data yang dihasilkan kemudian digunakan oleh tim phytosanitary untuk mengambil tindakan pencegahan yang tepat.

Selain deteksi dini, perkebunan ini juga bekerja sama dengan layanan phytosanitary untuk memastikan bahwa produk mereka bebas dari hama dan penyakit sebelum diekspor. Proses inspeksi dilakukan secara rutin, dan sertifikat phytosanitary diterbitkan untuk setiap pengiriman. Integrasi teknologi AI membantu mengurangi risiko kontaminasi, sementara layanan phytosanitary memastikan kepatuhan terhadap standar internasional.

Penerapan ini menghasilkan beberapa manfaat signifikan. Pertama, deteksi dini penyakit dan hama memungkinkan tindakan pencegahan yang cepat, mengurangi kerugian akibat tanaman yang rusak. Kedua, adanya sertifikat phytosanitary yang terpercaya meningkatkan kepercayaan pembeli internasional, membuka peluang pasar yang lebih luas. Ketiga, penggunaan AI mengurangi kebutuhan akan pestisida, mendukung pertanian yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

6. Dampak Sosial dan Ekonomi

Implementasi inovasi teknologi dan jasa phytosanitary tidak hanya membawa dampak teknis tetapi juga sosial dan ekonomi. Berdasarkan hasil wawancara dan observasi, beberapa dampak yang dapat diidentifikasi adalah :

- a. Peningkatan Pendapatan Petani

Penerapan teknologi yang meningkatkan efisiensi dan hasil panen langsung berkontribusi pada peningkatan pendapatan petani. Dengan hasil panen yang lebih baik dan harga jual yang lebih tinggi karena kualitas produk yang terjamin, petani dapat menikmati keuntungan finansial yang lebih besar.

- b. Pengembangan Kapasitas dan Pengetahuan

Penggunaan teknologi modern memerlukan pelatihan dan pengembangan kapasitas. Banyak petani yang mendapatkan pengetahuan baru dan keterampilan

teknis melalui program pelatihan yang diselenggarakan oleh pemerintah atau organisasi non-pemerintah. Hal ini tidak hanya meningkatkan kemampuan mereka dalam mengelola pertanian tetapi juga membuka peluang untuk adopsi teknologi lain di masa depan.

c. Keberlanjutan Lingkungan

Teknologi seperti IoT dan AI membantu dalam penggunaan sumber daya yang lebih efisien, mengurangi pemborosan air dan penggunaan pestisida. Praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan ini berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan, mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem.

d. Keamanan Pangan Global

Layanan phytosanitary yang memastikan produk bebas dari hama dan penyakit berkontribusi pada keamanan pangan global. Dengan memastikan bahwa produk pertanian yang diekspor aman untuk dikonsumsi, risiko penyebaran hama dan penyakit lintas negara dapat diminimalisir, melindungi kesehatan konsumen dan ekosistem negara tujuan.

7. Tantangan dan Rekomendasi Kebijakan

Meskipun banyak manfaat yang didapatkan dari penerapan inovasi teknologi dan jasa phytosanitary, beberapa tantangan masih perlu diatasi. Berikut adalah beberapa rekomendasi kebijakan yang dapat membantu mengatasi tantangan tersebut :

a. Dukungan Infrastruktur

Pemerintah perlu meningkatkan infrastruktur, terutama di daerah pedesaan, untuk mendukung akses ke teknologi modern. Ini termasuk peningkatan jaringan internet dan penyediaan listrik yang stabil, yang esensial untuk pengoperasian teknologi IoT dan sistem berbasis AI.

b. Bantuan Finansial dan Subsidi

Petani kecil dan menengah membutuhkan dukungan finansial untuk mengadopsi teknologi baru. Program subsidi, kredit lunak, atau bantuan finansial lainnya dapat membantu mereka menanggung biaya awal yang tinggi untuk implementasi teknologi canggih.

c. Pelatihan dan Pengembangan Kapasitas

Program pelatihan yang berkelanjutan perlu disediakan untuk memastikan petani dan pelaku agribisnis memiliki keterampilan yang diperlukan untuk menggunakan teknologi modern. Kerjasama dengan institusi pendidikan, organisasi non-pemerintah, dan sektor swasta dapat memperluas cakupan dan efektivitas program pelatihan ini.

d. Harmonisasi Standar Internasional

Kerjasama internasional dalam penyusunan dan harmonisasi standar phytosanitary sangat penting untuk memfasilitasi perdagangan internasional yang lebih lancar. Standar yang seragam dan diterima secara global akan mengurangi hambatan perdagangan dan memastikan bahwa produk yang diperdagangkan memenuhi persyaratan keamanan yang sama di semua negara.

Inovasi teknologi dan jasa phytosanitary memainkan peran krusial dalam meningkatkan keamanan dan keberlanjutan ekspor produk pertanian. Teknologi modern seperti IoT, AI, dan blockchain tidak hanya membantu meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi tetapi juga mendukung transparansi dan ketertelusuran produk. Di sisi lain, layanan phytosanitary memastikan bahwa produk yang diekspor bebas dari hama dan penyakit, melindungi konsumen dan ekosistem negara tujuan ekspor. Sinergi antara teknologi dan layanan phytosanitary telah terbukti efektif dalam berbagai studi kasus di Indonesia, menunjukkan peningkatan hasil panen, pengurangan risiko kontaminasi, dan

peningkatan pendapatan petani. Namun, tantangan seperti keterbatasan infrastruktur, biaya implementasi yang tinggi, dan kebutuhan akan standarisasi internasional masih perlu diatasi. Melalui dukungan kebijakan yang tepat, termasuk peningkatan infrastruktur, bantuan finansial, pelatihan, dan harmonisasi standar internasional, potensi penuh dari inovasi teknologi dan jasa phytosanitary dapat dimaksimalkan. Hal ini akan memastikan bahwa sektor pertanian Indonesia tidak hanya mampu bersaing di pasar global tetapi juga berkontribusi pada keamanan pangan dan keberlanjutan lingkungan secara global.

#### **4. KESIMPULAN**

Inovasi teknologi dan jasa phytosanitary memiliki peran yang sangat penting dalam meningkatkan keamanan dan keberlanjutan ekspor produk pertanian. Teknologi modern seperti Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI), dan blockchain telah mengubah cara kerja sektor pertanian, meningkatkan efisiensi, kualitas, dan ketertelusuran produk. Di sisi lain, layanan phytosanitary memastikan bahwa produk pertanian yang diekspor bebas dari hama dan penyakit, melindungi konsumen dan ekosistem negara tujuan ekspor.

Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi antara teknologi dan jasa phytosanitary dapat menghasilkan berbagai manfaat signifikan, termasuk peningkatan hasil panen, pengurangan risiko kontaminasi, dan peningkatan pendapatan petani. Studi kasus dari berbagai daerah di Indonesia memperlihatkan bahwa penggunaan teknologi IoT untuk monitoring lingkungan, AI untuk deteksi dini hama dan penyakit, serta blockchain untuk ketertelusuran produk dan sertifikasi phytosanitary telah memberikan hasil yang positif. Namun, masih ada beberapa tantangan yang perlu diatasi untuk memaksimalkan potensi dari inovasi teknologi dan layanan phytosanitary ini. Tantangan utama meliputi keterbatasan infrastruktur di daerah pedesaan, biaya implementasi yang tinggi, dan kebutuhan akan standarisasi dan regulasi internasional yang harmonis. Dukungan dari pemerintah dan lembaga terkait dalam bentuk peningkatan infrastruktur, bantuan finansial, pelatihan, dan pengembangan kapasitas sangat diperlukan untuk mengatasi tantangan ini.

Dengan dukungan kebijakan yang tepat, sektor pertanian Indonesia dapat memanfaatkan potensi penuh dari inovasi teknologi dan layanan phytosanitary. Hal ini tidak hanya akan meningkatkan daya saing produk pertanian Indonesia di pasar global tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan dan keamanan pangan global. Oleh karena itu, sinergi antara teknologi dan jasa phytosanitary harus terus didorong dan diperkuat melalui kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan komunitas pertanian.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Aji, S, B. Sutiknjo, T, W. Dinawati, E. 2020. Peranan Penyuluh Pertanian Terhadap Keberhasilan Penerapan Sistem Tanam Padi Jajar Legowo di Desa Pagung Kecamatan Semen. Kabupaten Kediri. *Jurnal Agrinika*. Vol 4. No 2.
- Azaki, M, A. 2019. Studi Tentang Pembangunan Pertanian di Kelurahan Sangasanga Muara Kecamatan Sangasanga Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Ilmu Pemerintahan*. Vol 7 Nomor 3.
- Effendy O. 2003. *Ilmu Komunikasi: Teori dan Praktek*. Bandung: Remaja Rosdakarya
- Faqih, A. 2014. Peranan Penyuluhan Pertanian Lapangan Dalam Kegiatan Pemberdayaan Kelompok Terhadap Kinerja Kelompok Tani. Fakultas Pertanian. Cirebon. *Jurnal Agrijati*. Vol 26 Nomor 1.

- Febiana, E. 2021. Peran Penyuluh Pertanian pada Program Pelatihan IPDMIP (Integrated Participation Development and Management Irrigation (Project) di Jorong Pandam Limo Koto Pasaman. Universitas Negeri Padang. Vol. 5 No.1 Tahun 2021.
- Hardjana, A. 2000. Audit Komunikasi: Teori dan Praktek. Jakarta: PT.Grasindo.
- Lestari, D., E., G. 2020. Peran Komunikasi Dalam Proses Modernisasi Masyarakat Desa Pertanian. Satwika. Kajian Ilmu Budaya dan Perubahan Sosial. Vol.4. Issue 2, 150-156.
- Paldi, I. 2017. Efektivitas Komunikasi Penyuluhan Pertanian Pada Kelompok Tani di Kecamatan Batang Anai Kabupaten Padang Pariaman. [Skripsi] Fakultas Peternakan. Universitas Andalas. Padang.
- Rakhmat J. 2007. Psikologi Komunikasi (Edisi Revisi). Remaja Rosdakarya. Bandung.
- Sugiyono. 2015. Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. Bandung: Alfabeta.
- Yuliana. 2020. Model Komunikasi Pada Penyuluhan Pertanian Berbasis Coomunity Development di Dinas Pertanian Kabupaten Jeneponto. Fakultas Sastra. Universitas Muslim Indonesia. Jurnal Ilmu Komunikasi. Vol 1. No 4.