
Peran Teknologi dalam Meningkatkan Efisiensi Pertanian

Julvin Saputri Mendrofa^{1*}, Martirah Warni Zendrato¹, Nisiyari Halawa¹, Elias Elwin Zalukhu¹, Natalia Kristiani Lase²

^{1,2} Universitas Nias, Indonesia

Email : julvinsaputrimendrofa@gmail.com, martirahwarni@gmail.com, callmeningsi@gmail.com,
ewizalukhu35@gmail.com, natalialase16@gmail.com

Alamat: Jalan Yos Sudarso 118/E Gunungsitoli, 22812

* Korespondensi penulis: julvinsaputrimendrofa@gmail.com

Abstract. *Abstracts. This research examines the role of genetic technologies in the conservation of threatened marine species with a focus on the effectiveness of methods and the successful application of advanced techniques. The background of this research is driven by the biodiversity crisis affecting marine species, which requires innovative approaches for protection and recovery. The main objective of the study was to evaluate various genetic methods in improving the conservation of threatened species and determine their success in practice. The methods used included an in-depth literature review of genetic techniques, case studies of field applications, and analysis of results obtained from various sources. Findings suggest that genetic methods, such as CRISPR and DNA barcoding techniques, have significant potential to improve the effectiveness of marine species conservation by providing solutions to specific problems related to threatened species. Implications of this research include recommendations for the application of genetic techniques in conservation programs as well as encouragement for further research to address complex conservation challenges. This research contributes to the development of more effective genetics-based conservation strategies, offering practical guidance for future policies and actions.*

Keywords: *Species Conservation, Genetics, CRISPR Method, DNA Barcoding Technique, Geneticarumus Technology.*

Abstrak. Penelitian ini mengkaji peran teknologi genetika dalam konservasi spesies laut terancam dengan fokus pada efektivitas metode dan keberhasilan aplikasi teknik-teknik mutakhir. Latar belakang penelitian ini didorong oleh krisis biodiversitas yang mempengaruhi spesies laut, yang memerlukan pendekatan inovatif untuk perlindungan dan pemulihan. Tujuan utama penelitian adalah mengevaluasi berbagai metode genetika dalam meningkatkan konservasi spesies terancam dan menentukan keberhasilan mereka dalam praktek. Metode yang digunakan meliputi tinjauan literatur mendalam mengenai teknik-teknik genetika, studi kasus penerapan di lapangan, dan analisis hasil yang diperoleh dari berbagai sumber. Temuan menunjukkan bahwa metode genetika, seperti teknik CRISPR dan DNA barcoding, memiliki potensi signifikan dalam meningkatkan efektivitas konservasi spesies laut dengan memberikan solusi untuk masalah spesifik terkait spesies terancam. Implikasi dari penelitian ini mencakup rekomendasi untuk penerapan teknik genetika dalam program konservasi serta dorongan untuk penelitian lebih lanjut guna mengatasi tantangan konservasi yang kompleks. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan strategi konservasi berbasis genetika yang lebih efektif, menawarkan panduan praktis untuk kebijakan dan tindakan di masa depan.

Kata kunci: konservasi spesies, genetika, metode CRISPR, teknik DNA barcoding, teknologi genetikarumus.

1. LATAR BELAKANG

Dalam konteks globalisasi dan revolusi industri 4.0, peran teknologi dalam sektor pertanian menjadi sangat krusial. Teknologi pertanian modern berpotensi untuk mendefinisikan cara kita memproduksi dan mengelola hasil pertanian, meningkatkan efisiensi dan produktivitas serta memastikan keberlanjutan sektor ini di masa depan (Febrianti et al., 2021; Burhan, 2018). Sebagai tulang punggung perekonomian dan keamanan pangan, sektor pertanian dituntut untuk beradaptasi dengan kemajuan teknologi guna memenuhi tuntutan dan tantangan global yang terus berkembang.

Pertanian adalah sektor kunci dalam menjaga stabilitas ekonomi dan ketersediaan pangan, serta memberikan kontribusi signifikan terhadap ketahanan pangan global (Siregar, 2023). Transformasi teknologi, seperti adopsi teknologi drone untuk pemantauan lahan dan penggunaan sistem irigasi berbasis Internet of Things (IoT), telah menunjukkan dampak positif yang besar dalam meningkatkan efisiensi operasional dan produktivitas pertanian (Walid, Hoiriyah, & Fikri, 2022; Mamat & Sukarman, 2020). Teknologi ini memungkinkan petani untuk melakukan monitoring tanaman secara real-time, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, dan mengurangi biaya produksi (Hasibuan, 2023; Ali, 2017).

Penggunaan teknologi dalam pertanian meliputi berbagai aspek, dari alat dan mesin pertanian hingga sistem informasi yang mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik (Siregar, 2023; Febrianti et al., 2021). Teknologi seperti precision farming dan sistem irigasi cerdas tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga membantu dalam pengelolaan lahan yang lebih efisien, mengurangi dampak lingkungan, dan mempromosikan pertanian berkelanjutan (Mamat & Sukarman, 2020; Sihombing, 2022). Dengan menerapkan teknologi ini, petani dapat mengelola lahan secara lebih efektif, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan hasil panen (Burhan, 2018; Hasibuan, 2023).

Namun, adopsi teknologi dalam pertanian tidak lepas dari tantangan. Faktor seperti keterbatasan akses terhadap teknologi, kurangnya pengetahuan tentang teknologi baru, serta dukungan dan pelatihan yang memadai merupakan kendala yang sering dihadapi oleh petani (Indraningsih, 2011; Setiana et al., 2021). Oleh karena itu, penting untuk memahami dan mengatasi hambatan-hambatan ini guna memastikan bahwa teknologi dapat diterima dan diimplementasikan dengan baik di lapangan (Ali, 2017; Sihombing, 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk menyusun pemahaman yang komprehensif mengenai peran teknologi terkini dalam meningkatkan efisiensi pertanian. Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi bagaimana teknologi dapat diintegrasikan dalam praktik pertanian untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan, serta bagaimana petani dapat memanfaatkan teknologi ini secara optimal (Zega et al., 2024; Telaumbanua et al., 2023). Dalam konteks ini, kajian literatur akan digunakan untuk menganalisis berbagai inovasi teknologi yang telah diterapkan di sektor pertanian dan dampaknya terhadap efisiensi dan hasil produksi (Febrianti et al., 2021; Siregar, 2023).

Penerapan teknologi pertanian yang efektif memerlukan pendekatan yang sistematis dan terintegrasi, melibatkan pemangku kepentingan dari berbagai sektor, termasuk petani, peneliti, dan pembuat kebijakan (Zega et al., 2024; Walid et al., 2022). Dengan memahami dampak dari berbagai teknologi dan adopsinya di lapangan, diharapkan penelitian ini dapat memberikan

wawasan yang berguna untuk pengembangan kebijakan dan strategi implementasi teknologi pertanian yang lebih baik di masa depan (Sihombing, 2022; Mamat & Sukarman, 2020).

Melalui studi ini, diharapkan akan teridentifikasi berbagai aspek penting dari inovasi teknologi pertanian yang dapat mendukung efisiensi dan keberlanjutan sektor pertanian. Temuan dari penelitian ini juga akan memberikan rekomendasi untuk meningkatkan dukungan terhadap petani dalam adopsi teknologi dan strategi yang diperlukan untuk memastikan manfaat teknologi dapat dirasakan secara optimal (Febrianti et al., 2021; Burhan, 2018). Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya akan memberikan kontribusi pada literatur ilmiah tetapi juga pada praktik nyata di lapangan, mendorong pertanian yang lebih produktif, efisien, dan berkelanjutan di era digital ini (Siregar, 2023; Ali, 2017).

2. KAJIAN TEORITIS

Dalam kajian ini, pemahaman mengenai peran teknologi dalam meningkatkan efisiensi pertanian didasarkan pada beberapa teori dan penelitian yang relevan. Teori-teori ini membentuk landasan yang kuat untuk penelitian ini, serta memberikan wawasan yang mendalam tentang bagaimana teknologi dapat mempengaruhi sektor pertanian.

Teori inovasi teknologi, sebagaimana dijelaskan oleh Rogers dalam *Diffusion of Innovations* (2003), menggarisbawahi bagaimana inovasi diperkenalkan dan diterima oleh masyarakat. Rogers mengidentifikasi beberapa faktor yang mempengaruhi adopsi teknologi, seperti keuntungan relatif, kompatibilitas, kompleksitas, observabilitas, dan trialability. Dalam konteks pertanian, adopsi teknologi baru seperti sistem irigasi berbasis Internet of Things (IoT) dan penggunaan drone berpotensi meningkatkan efisiensi serta hasil produksi. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa inovasi teknologi ini dapat membawa manfaat yang signifikan bagi petani dengan meningkatkan efisiensi operasional dan hasil panen mereka (Walid et al., 2022; Siregar, 2023).

Selanjutnya, teori tentang hubungan antara teknologi dan produktivitas pertanian menjelaskan bagaimana penerapan teknologi modern dapat mempengaruhi hasil produksi. Menurut Febrianti et al. (2021), teknologi pertanian yang diterapkan selama Revolusi Industri 4.0 telah memberikan dampak positif pada hasil produksi padi. Teknologi canggih dalam pengolahan tanah, pemantauan tanaman, dan sistem irigasi dapat meningkatkan hasil panen serta mengurangi kerugian (Ali, 2017; Hasibuan, 2023). Dengan demikian, teknologi tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga memberikan solusi untuk tantangan yang dihadapi dalam pengelolaan pertanian.

Teori pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dalam pertanian juga sangat relevan. Burhan (2018) mengemukakan bahwa TIK memainkan peran krusial dalam meningkatkan akses informasi, manajemen usaha pertanian, dan kesejahteraan petani. Melalui teknologi informasi, petani dapat memperoleh data terkait cuaca, harga pasar, dan teknik pertanian terbaru. Informasi ini mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik, yang pada gilirannya dapat meningkatkan hasil panen (Setiana et al., 2021).

Inovasi teknologi dalam pengelolaan lahan bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan produktivitas pertanian. Mamat dan Sukarman (2020) menjelaskan bahwa penerapan teknologi peta dan teknologi unggulan dalam manajemen lahan memberikan hasil positif dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi. Penggunaan drone dalam pemantauan lahan, misalnya, memberikan data real-time yang berguna untuk pengelolaan yang lebih efektif (Siregar, 2023; Walid et al., 2022).

Teori adopsi teknologi pertanian memberikan wawasan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan petani untuk mengadopsi teknologi baru. Indraningsih (2011) menunjukkan bahwa penyuluhan pertanian, dukungan iklim usaha, dan persepsi petani tentang manfaat teknologi berperan penting dalam keputusan adopsi. Penelitian ini akan mengevaluasi bagaimana faktor-faktor ini berinteraksi dalam konteks teknologi pertanian modern dan bagaimana mereka mempengaruhi efisiensi serta produktivitas (Setiana et al., 2021; Yuliana, 2020).

Tinjauan penelitian sebelumnya memperkuat pentingnya teknologi dalam meningkatkan efisiensi pertanian. Ali (2017) mengkaji pengaruh teknologi terhadap produktivitas padi, sedangkan Febrianti et al. (2021) membahas kontribusi teknologi dalam hasil produksi di era Revolusi Industri 4.0. Siregar (2023) meneliti penggunaan drone dalam pertanian, menunjukkan bagaimana teknologi ini dapat meningkatkan efisiensi operasional. Penelitian Walid et al. (2022) menguraikan pengembangan sistem irigasi berbasis IoT, yang menawarkan solusi inovatif untuk pengelolaan sumber daya air dalam pertanian.

Dengan mengintegrasikan teori-teori dan penelitian terdahulu ini, kajian ini bertujuan untuk memperluas pemahaman tentang bagaimana teknologi modern dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian. Melalui kajian ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teknologi pertanian yang berkelanjutan dan efektif, serta memberikan panduan bagi implementasi teknologi yang lebih baik dalam sektor pertanian.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kualitatif dengan metode studi literatur untuk mengeksplorasi dampak teknologi terhadap efisiensi pertanian. Pendekatan kualitatif ini dipilih karena kemampuannya dalam memberikan pemahaman mendalam melalui analisis informasi yang telah ada. Metode studi literatur memungkinkan peneliti untuk mengumpulkan data dari sumber-sumber tertulis yang relevan, seperti buku, jurnal ilmiah, artikel, dan publikasi lainnya yang terakreditasi.

Untuk memastikan kualitas dan relevansi data, pemilihan sumber literatur dilakukan dengan kriteria ketat. Sumber-sumber yang dipilih meliputi artikel dari jurnal ilmiah terakreditasi, laporan riset pemerintah, dan publikasi dari lembaga internasional terkait pertanian dan teknologi. Sumber-sumber ini dipilih berdasarkan kredibilitas dan kontribusinya terhadap pemahaman topik penelitian. Referensi yang digunakan mencakup jurnal yang diakui, seperti yang dikutip oleh Zega (2024) dalam penelitiannya yang mengkaji metodologi penelitian dalam konteks pertanian dan teknologi.

Pencarian literatur dilakukan melalui basis data akademik yang diakui, termasuk PubMed, Google Scholar, dan Web of Science. Proses pencarian ini menggunakan kata kunci spesifik seperti "teknologi pertanian," "efisiensi pertanian," dan "inovasi pertanian" untuk menemukan artikel yang relevan. Pencarian ini dimulai dengan identifikasi judul dan abstrak artikel yang potensial, dilanjutkan dengan evaluasi mendalam untuk memastikan kesesuaian dan kualitas informasi yang diperoleh.

Setelah literatur relevan teridentifikasi, proses ekstraksi informasi dilakukan dengan membaca setiap artikel secara menyeluruh. Data yang diekstraksi mencakup teknologi pertanian yang digunakan dan hasil-hasil penelitian yang dilaporkan. Analisis data dilakukan dengan membandingkan temuan dari berbagai sumber, sehingga memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi pola dan tren yang muncul. Informasi ini kemudian dirangkum secara sistematis untuk mengungkapkan dampak teknologi terhadap efisiensi pertanian.

Pendekatan ini, sebagaimana dijelaskan oleh Zega (2024), memberikan kerangka teoritis yang kokoh dan memungkinkan peneliti untuk mengintegrasikan wawasan dari berbagai sumber untuk menghasilkan rekomendasi berbasis bukti. Hasil analisis ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan teknologi pertanian yang lebih efisien dan inovatif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dampak Teknologi Terhadap Efisiensi Pertanian

Dalam era Revolusi Industri 4.0, teknologi pertanian modern telah menunjukkan potensi yang sangat besar dalam meningkatkan efisiensi produksi pertanian. Penerapan teknologi seperti sistem irigasi berbasis Internet of Things (IoT), drone, dan teknologi pertanian presisi, telah menghasilkan dampak positif yang signifikan terhadap efisiensi dan produktivitas (Febrianti et al., 2021; Siregar, 2023). Teknologi ini memungkinkan pemantauan dan manajemen yang lebih baik terhadap sumber daya, serta memberikan data yang akurat untuk pengambilan keputusan yang lebih efektif (Walid et al., 2022).

Tabel 1. menunjukkan berbagai teknologi pertanian yang diadopsi dan dampaknya terhadap efisiensi produksi. Tabel ini mengilustrasikan bagaimana setiap teknologi mempengaruhi aspek tertentu dari pertanian, seperti penggunaan air, pemantauan tanaman, dan hasil panen.

Teknologi	Aspek yang Dipengaruhi	Dampak Terhadap Efisiensi	Sumber
Sistem Irigasi Berbasis IoT	Penggunaan Air	Pengurangan pemborosan air hingga 30%	Walid et al., 2022; Siregar, 2023
Drone untuk Pemantauan Tanaman	Pemantauan Tanaman dan Lahan	Peningkatan efisiensi pemantauan hingga 40%	Febrianti et al., 2021; Ali, 2017
Teknologi Pertanian Presisi	Pengelolaan Sumber Daya	Peningkatan hasil panen hingga 25%	Hasibuan, 2023; Burhan, 2018

Tabel ini menguraikan dampak dari berbagai teknologi pertanian terhadap efisiensi. Sistem irigasi berbasis IoT terbukti dapat mengurangi pemborosan air, yang merupakan salah satu sumber daya vital dalam pertanian. Drone untuk pemantauan tanaman meningkatkan efisiensi pemantauan dengan memberikan data real-time yang akurat. Teknologi pertanian presisi, seperti penggunaan sensor dan peta digital, berkontribusi pada peningkatan hasil panen melalui pengelolaan sumber daya yang lebih baik. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa teknologi dapat membawa perubahan signifikan dalam produktivitas dan efisiensi operasional (Febrianti et al., 2021; Walid et al., 2022).

Penerapan Teknologi dan Produktivitas

Penerapan teknologi dalam pertanian telah memperlihatkan dampak positif terhadap produktivitas. Menurut Febrianti et al. (2021), teknologi modern seperti sistem irigasi pintar dan teknik pertanian presisi tidak hanya meningkatkan hasil produksi tetapi juga mengurangi kerugian. Teknologi ini memungkinkan pengelolaan lahan dan sumber daya yang lebih baik, serta mendukung praktik pertanian yang berkelanjutan (Ali, 2017; Hasibuan, 2023).

Tabel 2. memberikan gambaran mengenai dampak teknologi terhadap hasil produksi pertanian di berbagai jenis tanaman.

Jenis Teknologi	Jenis Tanaman	Dampak Terhadap Hasil Produksi	Sumber
Sistem Irigasi Pintar	Padi	Peningkatan hasil panen 20%	Febrianti et al., 2021; Ali, 2017
Drone untuk Pemantauan Tanaman	Sayuran	Peningkatan hasil panen 15%	Hasibuan, 2023; Siregar, 2023
Teknologi Pertanian Presisi	Jagung	Peningkatan hasil panen 25%	Burhan, 2018; Walid et al., 2022

Tabel ini menunjukkan bahwa berbagai jenis teknologi pertanian dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap hasil produksi. Sistem irigasi pintar terbukti meningkatkan hasil panen padi sebesar 20%, sedangkan penggunaan drone untuk pemantauan tanaman dapat meningkatkan hasil panen sayuran hingga 15%. Teknologi pertanian presisi menunjukkan dampak terbesar dengan peningkatan hasil panen jagung sebesar 25%. Data ini mendukung teori bahwa teknologi modern berkontribusi secara substansial terhadap produktivitas pertanian (Febrianti et al., 2021; Hasibuan, 2023).

Tantangan dalam Adopsi Teknologi Pertanian

Meskipun teknologi pertanian menawarkan banyak manfaat, tantangan dalam adopsi teknologi tetap menjadi isu penting. Indraningsih (2011) mengidentifikasi beberapa kendala seperti keterbatasan akses teknologi, kurangnya pengetahuan, dan dukungan pelatihan. Setiap kendala ini mempengaruhi keputusan petani untuk mengadopsi teknologi baru (Setiana et al., 2021; Sihombing, 2022).

Tabel 3. mengidentifikasi berbagai tantangan yang dihadapi dalam adopsi teknologi pertanian serta solusi potensial untuk mengatasi tantangan tersebut.

Tantangan	Deskripsi	Solusi Potensial	Sumber
Keterbatasan Akses Teknologi	Akses terbatas ke perangkat dan infrastruktur teknologi	Program pelatihan dan subsidi	Indraningsih, 2011; Setiana et al., 2021
Kurangnya Pengetahuan	Pengetahuan terbatas tentang teknologi baru	Pendidikan dan penyuluhan	Sihombing, 2022; Ali, 2017
Dukungan dan Pelatihan	Kurangnya dukungan dan pelatihan yang memadai	Pelatihan intensif dan dukungan teknis	Burhan, 2018; Walid et al., 2022

Tabel ini mengidentifikasi tantangan utama dalam adopsi teknologi pertanian dan solusi potensial. Keterbatasan akses teknologi dapat diatasi melalui program pelatihan dan subsidi yang meningkatkan ketersediaan perangkat. Kurangnya pengetahuan dapat diatasi dengan

pendidikan dan penyuluhan yang meningkatkan pemahaman petani tentang teknologi baru. Dukungan dan pelatihan yang memadai diperlukan untuk memastikan adopsi teknologi yang efektif, yang dapat dicapai melalui pelatihan intensif dan dukungan teknis (Indraningsih, 2011; Sihombing, 2022).

Peran Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dalam Pertanian

Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) memainkan peran penting dalam pertanian modern. TIK mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dengan menyediakan data real-time mengenai cuaca, harga pasar, dan teknik pertanian terbaru (Burhan, 2018). TIK juga memungkinkan akses yang lebih baik terhadap informasi dan sumber daya, yang berkontribusi pada peningkatan kesejahteraan petani (Setiana et al., 2021).

Tabel 4. menampilkan peran TIK dalam pertanian dan dampaknya terhadap efisiensi operasional.

Jenis TIK	Fungsi	Dampak Terhadap Efisiensi	Sumber
Sistem Informasi Cuaca	Informasi cuaca real-time	Pengurangan kerugian akibat cuaca ekstrem	Burhan, 2018; Sihombing, 2022
Aplikasi Manajemen Pertanian	Manajemen usaha pertanian	Peningkatan efisiensi manajerial	Setiana et al., 2021; Ali, 2017
Platform E-Commerce Pertanian	Penjualan dan pemasaran hasil pertanian	Peningkatan akses pasar	Febrianti et al., 2021; Hasibuan, 2023

Tabel ini menunjukkan bagaimana TIK mendukung efisiensi operasional dalam pertanian. Sistem informasi cuaca memberikan data yang membantu petani mengurangi kerugian akibat cuaca ekstrem. Aplikasi manajemen pertanian meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan usaha pertanian, sedangkan platform e-commerce pertanian memperluas akses pasar untuk hasil pertanian. Integrasi TIK dalam pertanian mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dan meningkatkan produktivitas (Burhan, 2018; Setiana et al., 2021).

Implikasi untuk Kebijakan dan Strategi Implementasi

Adopsi teknologi pertanian yang efektif memerlukan pendekatan yang sistematis dan terintegrasi. Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi harus melibatkan pemangku kepentingan dari berbagai sektor, termasuk petani, peneliti, dan pembuat kebijakan (Zega et al., 2024; Walid et al., 2022). Kebijakan yang mendukung adopsi teknologi harus mempertimbangkan faktor-faktor seperti akses teknologi, pengetahuan petani, dan dukungan pelatihan.

Tabel 5. menyajikan rekomendasi kebijakan untuk mendukung implementasi teknologi pertanian.

Rekomendasi Kebijakan	Deskripsi	Dampak yang Diharapkan	Sumber
Program Subsidi Teknologi	Subsidi untuk pembelian perangkat teknologi	Meningkatkan akses ke teknologi	Zega et al., 2024; Ali, 2017
Pendidikan dan Pelatihan	Program pelatihan untuk petani	Meningkatkan keterampilan dan pengetahuan	Setiana et al., 2021; Hasibuan, 2023
Dukungan Infrastruktur	Pengembangan infrastruktur teknologi	Mempermudah adopsi dan penggunaan teknologi	Sihombing, 2022; Walid et al., 2022

Tabel ini memberikan rekomendasi kebijakan untuk mendukung implementasi teknologi pertanian. Program subsidi teknologi dapat meningkatkan akses ke perangkat teknologi yang dibutuhkan. Pendidikan dan pelatihan yang memadai meningkatkan keterampilan petani dalam menggunakan teknologi baru. Dukungan infrastruktur yang baik mempermudah adopsi dan penggunaan teknologi, mendukung efisiensi pertanian secara keseluruhan (Zega et al., 2024; Setiana et al., 2021).

5. KESIMPULAN

Dalam rangka mencapai efisiensi dan produktivitas optimal dalam pertanian, teknologi pertanian modern memainkan peran yang sangat penting. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi seperti sistem irigasi berbasis IoT, drone, dan pertanian presisi memiliki dampak positif yang signifikan terhadap efisiensi dan hasil produksi. Namun, tantangan seperti keterbatasan akses, kurangnya pengetahuan, dan dukungan pelatihan harus diatasi untuk memaksimalkan manfaat teknologi. Kebijakan yang mendukung adopsi teknologi, termasuk program subsidi, pendidikan dan pelatihan, serta dukungan infrastruktur, diperlukan untuk memastikan implementasi teknologi yang efektif. Dengan pendekatan yang sistematis dan integratif, teknologi dapat menjadi alat yang sangat efektif dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian, yang pada gilirannya mendukung keberlanjutan dan kesejahteraan petani di masa depan.

DAFTAR REFERENSI

- Ali, A. (2017). Pengaruh teknologi pertanian terhadap produktivitas hasil panen padi di kecamatan Maritenggae kabupaten Sidenreng Rappang. *AKMEN Jurnal Ilmiah*, 14(3).
- Burhan, A. B. (2018). Pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi untuk pengembangan ekonomi pertanian dan pengentasan kemiskinan. *Jurnal Komunikasi Pembangunan*, 16(2), 233-247.
- Chain, P. (1997). Same or Different?: A Comparison of the Beliefs Australian and Chinese University Students Hold about Learning's Proceedings of AARE Conference. Swinburne University. Available at: <http://www.swin.edu.au/aare/97pap/CHAN97058.html>, diakses tanggal 27 Mei 2000.
- Febrianti, V. P., Permata, T. A., Humairoh, M., Putri, O. M., Amelia, L., Fatimah, S., & Khastini, R. O. (2021). Analisis pengaruh perkembangan teknologi pertanian di era revolusi industri 4.0 terhadap hasil produksi padi. *Jurnal Pengolahan Pangan*, 6(2), 54-60.
- Hasibuan, M. R. R. (2023). Penerapan teknologi precision farming untuk meningkatkan efisiensi produksi pertanian. *Jurnal Pertanian Modern*, 14(1), 22-29.
- Indraningsih, K. S. (2011). Pengaruh penyuluhan terhadap keputusan petani dalam adopsi inovasi teknologi usahatani terpadu. *Jurnal Agro Ekonomi*, 29(1), 1-24.
- Kotler, P., & Lee, N. R. (2009). *Up and Out of Poverty: The Social Marketing Solution*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Laoli, D., Susanti, N. M., Tillah, R., Telaumbanua, B. V., Zebua, R. D., Dawolo, J., ... & Zega, A. (2024). Efektivitas Bahan Alami Sebagai Agen Antimikroba dalam Pengobatan Penyakit Ikan Air Tawar: Tinjauan Literatur. *Zoologi: Jurnal Ilmu Peternakan, Ilmu Perikanan, Ilmu Kedokteran Hewan*, 2(2), 84-97.
- Laoli, D., Waruwu, E., Telaumbanua, B. V., Zebua, R. D., & Nazara, R. V. (2023). PRODUCTIVITY OF SNAKEHEAD FISH (*Channa striata*) AS A SOURCE OF WOUND HEALING. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 6(2), 288-292.
- LPPSP. (2016). *Statistik Indonesia 2016*. Badan Pusat Statistik. Jakarta. Diakses dari <https://www.LPPSP.go.id/index.php/publikasi/326>.
- Mamat, H. S., & Sukarman, S. (2020). Manfaat inovasi teknologi sumber daya lahan pertanian dalam mendukung pembangunan pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 14(2), 115-132.
- Nazara, R. V., Hanum, C., Hasanah, Y., Telaumbanua, P. H., Telaumbanua, B. V., & Laoli, D. (2023). Analisis karakteristik fisiologis konsentrasi campuran AB pada tanaman tomat cherry. *Agritrop: Jurnal Ilmu Pertanian*, 21(1), 12-21.

- Rifqi, M. (2017). Ladang berpindah dan model pengembangan pangan Indonesia studi kasus daerah dengan teknik ladang berpindah dan pertanian modern. *Prosiding SENIATI*, 3(2), E22-1.
- Setiana, L., Nuskhi, M., & Hidayat, S. (2021). Kompetensi penyuluh pertanian dalam revolusi industri 4.0 menuju pertanian modern. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Agribisnis Peternakan (STAP)*.(Vol. 8).
- Sihombing, Y. (2022). Penerapan inovasi teknologi pertanian berbasis sistem usaha pertanian inovatif mendukung ketahanan pangan. *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, 4, 439-445.
- Siregar, M. A. R. (2023). Penggunaan teknologi drone dalam monitoring dan pengelolaan lahan pertanian. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 19(3), 54-62.
- Siregar, M. A. R. (2023). Peningkatan produktivitas tanaman padi melalui penerapan teknologi pertanian terkini. *Jurnal Padi*, 22(1), 33-40.
- StatSoft, Inc. (1997). *Electronic Statistic Textbook*. Tulsa OK., StatSoft Online. Available at: <http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html>, diakses tanggal 27 Mei 2000.
- Telaumbanua, B. V., Laoli, D., Zebua, R. D., Zebua, O., Dawolo, J., & Zega, A. (2024). Implementasi Teknologi Genetika Untuk Konservasi Spesies Laut Terancam: Tinjauan Literatur Tentang Metode dan Keberhasilan. *Manfish: Jurnal Ilmiah Perikanan dan Peternakan*, 2(2), 58-68.
- Telaumbanua, B. V., Telaumbanua, P. H., Lase, N. K., & Dawolo, J. (2023). Penggunaan probiotik em4 pada media budidaya ikan. *Triton: Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan*, 19(1), 36-42.
- Walid, M., Hoiriyah, H., & Fikri, A. (2022). Pengembangan sistem irigasi pertanian berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Mnemonik*, 5(1), 31-38.
- Zebua, O., Zega, A., Zebua, R. D., Laoli, D., Dawolo, J., & Telaumbanua, B. V. (2024). Krisis Biodiversitas Perairan: Investigasi Solusi Berbasis Komunitas untuk Pemulihan Ekosistem Akuatik. *Manfish: Jurnal Ilmiah Perikanan dan Peternakan*, 2(2), 69-79.
- Zebua, R. D., Syawal, H., & Lukistyowati, I. (2019). Pemanfaatan ekstrak daun kersen (*Muntingia calabura L*) untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Edwardsiella tarda*. *Jurnal Ruaya*, 7(2), 11-20.
- Zebua, R. D., Waruwu, E., Telaumbanua, B. V., & Laoli, D. (2023). Potential For Developing Phytopharmacy Based On Marine Resources: Review. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, 6(3), 352–360. <https://doi.org/10.31258/ajoas.6.3.352-360>
- Zega, A., Dewi, R., Sri, A., Gea, A., Telaumbanua, B. V., Mendrofa, J. S., Laoli, D., Lase, R.

- C., Dawolo, J., Telaumbanua, D. D., Zebua, O., Studi, P., Daya, S., Nias, U., Program, S., Sumber, S., Akuatik, D., & Nias, U. (2024). Anatomi Ikan Kerapu (*Epinephelus Sp* .): Memahami Organ Dalam Tubuh Ikan dan Posisinya. *15*(1), 105–111.
- Zega, A., Sri, A., Gea, A., Telaumbanua, B. V., Laoli, D., Zebua, D., Dawolo, J., Telaumabnau, D. D., Gulo, B., John, A., Halawa, S., & Zai, D. (2024). Sustainable Aquaculture Technology Innovation : Utilizing Aquaponic Systems To Increase Fish And Crop Production. *Jurnal Ruaya*, *12*(2), 177–183.
- Zega, A., Susanti, N. M., Tillah, R., Laoli, D., Telaumbanua, B. V., Zebua, R. D., ... & Gea, A. S. A. (2024). Strategi Inovatif Dalam Menghadapi Degradasi Ekosistem: Kajian Terbaru Tentang Peran Vital Hutan Mangrove Dalam Konservasi Lingkungan. *Zoologi: Jurnal Ilmu Peternakan, Ilmu Perikanan, Ilmu Kedokteran Hewan*, *2*(2), 71-83.
- Zega, A., Telaumbanua, B. V., Laoli, D., & Zebua, R. D. (2023). Physical Water Quality Parameters In Boyo River Onowaembo Village, Gunungsitoli Subdistrict, Gunungsitoli City. *Jurnal Perikanan Tropis*, *10*(2), 43-52.
- Zega, A., Telaumbanua, B. V., Laoli, D., & Zebua, R. D. (2023). PHYSICAL WATER QUALITY PARAMETERS IN BOYO RIVER ONOWAEMBO VILLAGE, GUNUNGSITOLI SUBDISTRICT, GUNUNGSITOLI CITY. *JURNAL PERIKANAN TROPIS*, *10*(2), 43-52.
- Zega, A., Zebua, O., Telaumbanua, B. V., Laoli, D., Zebua, R. D., & Telaumbanua, P. H. (2024). Analysis of the Suitability of Marisa Beach Tourism Objects in North Nias Regency. *Berkala Perikanan Terubu*, *52*(1), 2205–2209.