



Analisis Faktor Sosial Ekonomi Petani dalam Adopsi Teknologi Pertanian Presisi untuk Peningkatan Produktivitas Tanaman Pangan di Daerah Agro-Ekologis Tropis

Abdul Rahim Saleh^{1*}, Nur Zaman², Jeter D Siwalette³, Esther Kembauw⁴

¹⁻²Universitas Sintuwu Maroso Poso, Indonesia

³⁻⁴Universitas Pattimura, Indonesia

arahim@unsimar.ac.id¹, nurzaman@universitasbosowa.ac.id², siwalettej2017@gmail.com³,
ekembauw@yahoo.co.id⁴

*Penulis Korespondensi: arahim@unsimar.ac.id

Abstract. Introduction: Digital transformation in the agricultural sector has become an urgent need to increase efficiency and productivity, especially in tropical regions that are rich in natural resources but face challenges in adopting technology. **Purposed:** To analyze the socio-economic factors influencing the adoption of precision agricultural technology by farmers in tropical agro-ecological areas. **Research method:** A quantitative approach with an explanatory survey design was used in this study, with a sample consisting of crop farmers selected randomly. The independent variables analyzed include age, education, income, land area, access to credit, and participation in farmer groups, while the dependent variable is the level of adoption of precision technology. **Results:** Logistic regression showed that education, income, access to credit, and participation in farmer groups have a significant impact on the adoption of precision technology. In contrast, land area did not show a significant effect on technology adoption. Access to credit and education had a very strong influence on the adoption decision, followed by income and participation in farmer groups. This study suggests the need for improving access to education, providing adequate financing schemes, and empowering farmer groups to enhance the adoption of precision agricultural technology in tropical areas. Thus, policies supporting precision agriculture technology are expected to improve productivity and sustainability in the region.

Keywords: Access to Kredit; Digital Transformation; Farmer Groups; Precision Agriculture; Technology Adoption

Abstrak. Latar belakang: transformasi digital dalam sektor pertanian menjadi kebutuhan mendesak untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas, terutama di daerah tropis yang kaya sumber daya alam namun menghadapi tantangan dalam adopsi teknologi. **Tujuan:** menganalisis faktor-faktor sosial ekonomi yang mempengaruhi adopsi teknologi pertanian presisi oleh petani di daerah agro-ekologis tropis. **Metode penelitian:** pendekatan kuantitatif dengan desain survei eksplanatif digunakan dalam penelitian ini, dengan sampel yang terdiri dari petani tanaman pangan yang dipilih secara acak. Variabel independen yang dianalisis meliputi usia, pendidikan, pendapatan, luas lahan, akses kredit, dan keikutsertaan dalam kelompok tani, sementara variabel dependen adalah tingkat adopsi teknologi presisi. **Hasil:** regresi logistik menunjukkan bahwa pendidikan, pendapatan, akses kredit, dan keikutsertaan dalam kelompok tani memiliki pengaruh signifikan terhadap adopsi teknologi presisi. Sebaliknya, luas lahan tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap adopsi teknologi. Akses kredit dan pendidikan memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap keputusan adopsi, diikuti oleh pendapatan dan keikutsertaan dalam kelompok tani. Penelitian ini menyarankan perlunya peningkatan akses pendidikan, penyediaan skema pembiayaan yang memadai, dan pemberdayaan kelompok tani untuk meningkatkan adopsi teknologi pertanian presisi di daerah tropis. Dengan demikian, kebijakan yang mendukung teknologi pertanian presisi diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian di wilayah tersebut.

Kata kunci: Adopsi Teknologi; Akses Kredit; Kelompok Tani; Pertanian Presisi; Transformasi Digital

1. LATAR BELAKANG

Transformasi digital dalam sektor pertanian telah menjadi kebutuhan mendesak untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas, terutama di wilayah tropis yang kaya akan sumber daya alam namun sering menghadapi tantangan dalam adopsi teknologi. Transformasi ini melibatkan integrasi teknologi digital ke dalam semua aspek operasional pertanian, yang secara fundamental mengubah cara kerja dan menambah nilai pada kinerja perusahaan (Bagaskara &

Noviaristanti, 2024; Renanti et al., 2024). Teknologi digital, seperti sensor, platform berbasis data, dan aplikasi *mobile*, berperan penting dalam membantu petani untuk meningkatkan hasil pertanian dan mengurangi biaya operasional. Penggunaan sensor untuk mengumpulkan data dalam jumlah besar memungkinkan analisis yang lebih cepat dan kompleks, yang pada gilirannya membantu petani dalam proses pengambilan keputusan (Romani et al., 2023). Platform digital seperti AgroAPI juga menyediakan akses ke data dan model untuk sektor pertanian melalui API, yang mencakup produktivitas pertanian, klasifikasi tanah, cuaca, dan indeks vegetasi dari citra satelit (Prabatha et al., 2024).

Selain itu, teknologi *Internet of Things* (IoT) dan Big Data memungkinkan pengumpulan data secara *real-time* dari berbagai sensor yang dipasang di lahan pertanian, yang kemudian dianalisis untuk membantu petani membuat keputusan yang lebih baik terkait pengelolaan tanaman, penggunaan air, dan pemupukan (Skvortsov, 2020). Aplikasi *mobile* dan sistem informasi juga memainkan peran penting dalam memfasilitasi rantai pasokan dan proses operasional produk pertanian, meskipun masih ada tantangan dalam alur kerja dan integrasi teknologi (Bagaskara & Noviaristanti, 2024). Aplikasi seperti *Tea Trade Monitoring* digunakan untuk memfasilitasi rantai pasokan produk perkebunan, sementara aplikasi PROFIT yang diperkenalkan di kilang Pertamina Plaju menunjukkan bagaimana digitalisasi dapat meningkatkan kinerja dan produktivitas dengan menyediakan data *real-time* untuk pengambilan keputusan (Renanti et al., 2024).

Kompetensi pemasaran digital juga semakin penting dalam meningkatkan kinerja bisnis pertanian. Studi menunjukkan bahwa kompetensi ini secara positif mempengaruhi kinerja pemasaran dan niat berkelanjutan, terutama dalam kategori produk pertanian tertentu (Gangwar et al., 2020). Selain itu, transformasi digital berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan, di mana digitalisasi pertanian dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan meningkatkan keberlanjutan agroekosistem (Kolmykova et al., 2021; Surahman & Legowo, 2024).

Namun, implementasi transformasi digital menghadapi berbagai tantangan, termasuk keterbatasan infrastruktur di beberapa daerah yang menghambat fungsi optimal dari aplikasi digital (Bagaskara & Noviaristanti, 2024) dan kurangnya kemampuan serta pengetahuan pemangku kepentingan, yang menjadi hambatan utama dalam adopsi teknologi digital di sektor pertanian (Romani et al., 2023). Di samping itu, implementasi teknologi digital memerlukan investasi besar, yang sering menjadi kendala bagi perusahaan, terutama di sektor agribisnis (Renanti et al., 2024). Kurangnya keterampilan digital di kalangan petani juga menjadi

hambatan signifikan, yang memerlukan pelatihan dan pendidikan yang memadai agar petani dapat memanfaatkan teknologi digital secara efektif (Skvortsov, 2020).

Sebagai bagian dari transformasi digital, teknologi pertanian presisi (*Precision Agriculture Technologies*, PATs) menawarkan solusi inovatif untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dalam pertanian. Teknologi ini berfokus pada pengelolaan yang lebih baik terhadap air, pupuk, dan pestisida untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan (Mishra et al., 2024). Teknologi ini melibatkan penggunaan sistem pemantauan berbasis GPS dan sensor untuk mengoptimalkan *input* pertanian dan memberikan hasil yang lebih tinggi dengan mengurangi pemborosan (Mizik, 2023). Di negara berkembang, PATs dapat meningkatkan produktivitas pertanian dan mendukung ketahanan pangan, namun adopsinya oleh petani kecil masih sangat rendah (Kendall et al., 2022). Berbagai faktor penghambat, seperti keterbatasan infrastruktur dan biaya yang tinggi, menghambat adopsi teknologi ini oleh petani kecil (Mishra et al., 2024). Petani kecil yang umumnya mengelola lahan terbatas sering merasa bahwa investasi awal untuk adopsi teknologi ini tidak sebanding dengan manfaat ekonomi yang dihasilkan (Tetteh Quarshie et al., 2023).

Tantangan lainnya adalah tingkat literasi digital yang rendah, yang juga menjadi hambatan signifikan dalam mengadopsi PATs. Banyak petani kecil tidak memiliki keterampilan atau pengetahuan yang cukup untuk memanfaatkan teknologi ini secara maksimal (Onyango et al., 2021). Keterbatasan infrastruktur dan kurangnya akses terhadap informasi dan pelatihan teknis juga memperburuk situasi ini, menyebabkan ketidakmampuan petani kecil untuk mengadopsi dan memelihara teknologi pertanian presisi secara efektif (Munz & Schuele, 2022). Meskipun demikian, adopsi PATs menawarkan berbagai manfaat yang signifikan, seperti peningkatan hasil panen, efisiensi dalam penggunaan air, pupuk, dan pestisida, serta pengurangan biaya operasional dan dampak negatif terhadap lingkungan (Kendall et al., 2022; Li et al., 2020). Untuk meningkatkan tingkat adopsi PATs di kalangan petani kecil, kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan lembaga non-pemerintah sangat diperlukan, serta penyediaan subsidi atau insentif finansial dan program pelatihan yang fokus pada literasi digital (Li et al., 2020; Onyango et al., 2021).

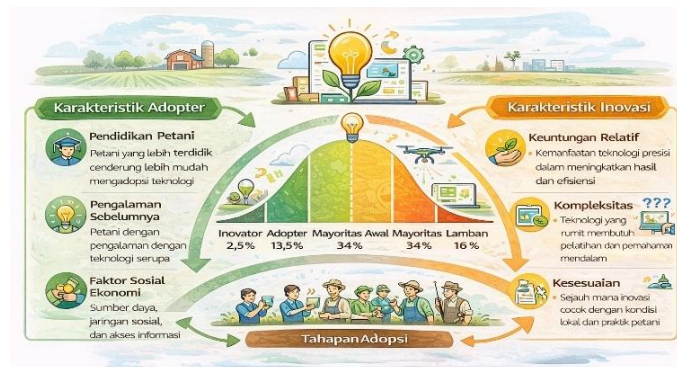
Dengan mengintegrasikan teknologi digital, sektor pertanian di wilayah tropis dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas, menjawab tantangan globalisasi dan perubahan iklim, serta memastikan keberlanjutan dan kesejahteraan petani. Transformasi digital bukan hanya sebuah konsep, tetapi kenyataan yang harus diintegrasikan untuk tetap relevan dan efektif di era modern ini (Romani et al., 2023).

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, terdapat beberapa permasalahan yang perlu dianalisis dalam penelitian ini. Pertama, perlu dianalisis faktor sosial ekonomi yang mempengaruhi adopsi teknologi pertanian presisi oleh petani di daerah agro-ekologis tropis, mencakup aspek pendidikan, pendapatan, dan akses terhadap sumber daya. Kedua, penting untuk memahami bagaimana pengaruh faktor sosial ekonomi tersebut terhadap tingkat adopsi teknologi pertanian presisi dan dampaknya terhadap peningkatan produktivitas tanaman pangan. Ketiga, tantangan yang dihadapi petani dalam mengadopsi teknologi pertanian presisi juga menjadi fokus penting, baik dari sisi infrastruktur, pengetahuan, keterampilan digital, maupun akses informasi. Keempat, penelitian ini juga akan mengkaji peran modal sosial, melalui jaringan petani dan akses informasi, dalam mendukung adopsi teknologi pertanian presisi di daerah agro-ekologis tropis.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis faktor sosial ekonomi yang mempengaruhi adopsi teknologi pertanian presisi oleh petani di daerah agro-ekologis tropis, termasuk pendidikan, pendapatan, dan akses terhadap sumber daya. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan antara faktor sosial ekonomi dengan tingkat adopsi teknologi pertanian presisi serta dampaknya terhadap peningkatan produktivitas tanaman pangan. Penelitian ini juga bertujuan untuk menilai tantangan yang dihadapi petani dalam proses adopsi teknologi pertanian presisi, baik dari sisi infrastruktur, pelatihan, dan literasi digital. Terakhir, penelitian ini diharapkan dapat menyusun rekomendasi kebijakan yang dapat meningkatkan adopsi teknologi pertanian presisi di daerah tropis dengan memanfaatkan modal sosial dan jaringan petani untuk mendukung keberlanjutan pertanian. Dengan rumusan masalah dan tujuan yang jelas ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan strategi yang lebih efektif dalam meningkatkan adopsi teknologi pertanian presisi, yang pada gilirannya akan meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian di wilayah tersebut.

2. KAJIAN TEORITIS

Teori Difusi Inovasi (Everett Rogers)



Gambar 1. Teori Difusi Inovasi

Teori Difusi Inovasi yang dikembangkan oleh Everett Rogers merupakan kerangka teoritis yang menjelaskan bagaimana inovasi diterima dalam suatu masyarakat atau kelompok. Dalam konteks adopsi teknologi pertanian presisi, teori ini memberikan wawasan mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat adopsi teknologi tersebut oleh petani, baik pada tingkat individu maupun kelompok. Menurut Rogers, adopsi inovasi dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk karakteristik adopter, karakteristik inovasi itu sendiri, dan faktor sosial-ekonomi yang ada dalam masyarakat. Oleh karena itu, untuk meningkatkan adopsi teknologi pertanian presisi yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas tanaman, penting untuk memahami faktor sosial ekonomi yang mempengaruhi petani dalam menerima teknologi baru ini (Rogers, 2003).

Salah satu faktor sosial ekonomi yang sangat mempengaruhi adopsi teknologi pertanian presisi adalah pendidikan petani. Tingkat pendidikan petani berperan signifikan dalam menentukan pengetahuan dan kemampuan mereka untuk mengadopsi teknologi baru. Petani dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi cenderung lebih mudah memahami dan memanfaatkan teknologi pertanian presisi. Pendidikan yang baik juga meningkatkan kemampuan petani dalam memecahkan masalah dan beradaptasi dengan perubahan (Ben Hamadi & Fournès, 2023). Selain itu, pengalaman sebelumnya dengan teknologi serupa juga memainkan peran penting dalam adopsi teknologi baru. Petani yang telah terbiasa dengan teknologi tertentu akan lebih cepat untuk mengadaptasi inovasi serupa yang lebih canggih. Pengalaman ini memberikan rasa percaya diri dan pemahaman yang diperlukan untuk memanfaatkan teknologi secara efektif (Molla et al., 2021).

Selain faktor karakteristik individu petani, karakteristik inovasi itu sendiri juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap adopsi teknologi. Salah satu aspek yang sangat penting adalah keuntungan relatif yang ditawarkan oleh teknologi tersebut. Teknologi yang

menawarkan keuntungan yang jelas, seperti peningkatan hasil panen dan penghematan biaya produksi, lebih mudah diterima oleh petani. Keuntungan relatif yang nyata dari teknologi pertanian presisi, seperti efisiensi penggunaan pupuk dan pengelolaan air yang lebih baik, sangat mempengaruhi keputusan petani untuk mengadopsi teknologi ini (Muflih et al., 2019). Namun, tidak hanya keuntungan relatif yang menjadi pertimbangan, kompleksitas teknologi juga menjadi faktor penentu dalam adopsi. Teknologi yang rumit membutuhkan pelatihan dan pemahaman yang mendalam, yang dapat menjadi penghalang bagi petani yang tidak terbiasa dengan sistem teknologi canggih. Oleh karena itu, teknologi yang lebih mudah dipahami dan diterapkan oleh petani lebih cepat diterima (Gardner et al., 2019). Kesesuaian teknologi dengan kondisi lokal dan praktik pertanian yang sudah ada juga memainkan peran penting dalam adopsi. Teknologi pertanian presisi yang sesuai dengan kondisi lokal dan mudah diterapkan dalam kegiatan sehari-hari petani cenderung lebih cepat diterima (Ben Hamadi & Fournès, 2023).

Konsep Pertanian Presisi



Gambar 2. Konsep Pertanian Presisi

Pertanian presisi (PA) adalah strategi manajemen yang menggunakan teknologi berbasis data untuk mengoptimalkan produktivitas pertanian dan keberlanjutan lingkungan. Pendekatan ini melibatkan integrasi teknologi informasi seperti citra satelit, sensor, dan kecerdasan buatan (AI) untuk mengelola produksi tanaman dengan lebih efektif dan efisien (Getahun et al., 2024). Tujuan utama dari pertanian presisi bukan hanya untuk meningkatkan hasil pertanian, tetapi juga untuk meminimalkan dampak lingkungan, meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, dan memastikan keberlanjutan (Surendran et al., 2024).

Penginderaan jauh merupakan salah satu komponen penting dalam pertanian presisi yang memungkinkan petani mengumpulkan data mengenai kesehatan tanaman, kondisi tanah, dan aktivitas hama melalui citra satelit, drone, dan sensor berbasis tanah. Teknologi ini memungkinkan petani untuk memantau tanaman secara *real-time* dan membuat keputusan

berbasis data (Surendran et al., 2024). Citra satelit dan drone memberikan data resolusi tinggi yang memungkinkan analisis mendetail di tingkat lapangan, membantu mendeteksi gejala awal stres tanaman atau serangan hama (Singh et al., 2021).

Sistem Penentuan Posisi Global (GPS) dan Sistem Informasi Geografis (GIS) merupakan komponen dasar dalam pertanian presisi yang menyediakan pemetaan akurat dan analisis *real-time* dari lahan pertanian. GPS memungkinkan petani untuk menerapkan *input* seperti pupuk, air, dan pestisida dengan presisi, sementara GIS memproses data spasial untuk membuat peta lahan yang memungkinkan penerapan manajemen yang lebih tepat (Getahun et al., 2024).

Teknologi Variabel Tingkat (VRT) adalah komponen penting dari pertanian presisi yang memungkinkan petani untuk menerapkan *input* pada tingkat yang bervariasi di seluruh lahan berdasarkan kebutuhan tanaman yang terdeteksi. Dengan menggunakan data dari sensor atau penginderaan jauh, VRT mengurangi pemborosan dan dampak lingkungan, serta meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya (Singh et al., 2021). Teknologi ini sangat membantu dalam memaksimalkan penggunaan air, pupuk, dan pestisida dengan mengurangi penggunaan berlebih (Raj et al., 2024).

Internet of Things (IoT) telah merevolusi pertanian presisi dengan menyediakan pemantauan kondisi lingkungan dan status tanaman secara terus-menerus melalui perangkat dan sensor yang terhubung. Sistem IoT mengumpulkan data secara *real-time* yang kemudian dapat dianalisis untuk menentukan intervensi yang tepat waktu, seperti penyesuaian irigasi atau pengendalian hama (Neftissov et al., 2024).

Kecerdasan buatan (AI) dan pembelajaran mesin digunakan dalam pertanian presisi untuk menganalisis data dalam jumlah besar yang terkait dengan kesehatan tanah, cuaca, pertumbuhan tanaman, dan hasil panen. Algoritma pembelajaran mesin dapat memprediksi waktu yang optimal untuk menanam dan memanen, serta memberikan wawasan yang dapat diterapkan untuk meningkatkan hasil pertanian dan mengurangi konsumsi sumber daya (Mohapatra et al., 2024).

Manfaat utama dari pertanian presisi adalah peningkatan produktivitas, keberlanjutan lingkungan, dan pengambilan keputusan yang lebih baik. Pertanian presisi memungkinkan petani untuk memantau kondisi tanaman secara lebih mendetail dan mengelola lahan dengan lebih baik, yang pada gilirannya meningkatkan hasil panen dan efisiensi penggunaan sumber daya. Selain itu, dengan mengoptimalkan penggunaan *input* seperti pupuk, pestisida, dan air, pertanian presisi membantu mengurangi risiko degradasi tanah dan pencemaran air, serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Surendran et al., 2024). Penggunaan data

real-time dan analisis yang akurat memungkinkan petani untuk membuat keputusan yang lebih baik dan tepat waktu, seperti menentukan kapan waktu terbaik untuk menanam atau memanen, serta bagaimana cara menangani masalah hama atau kekurangan air secara lebih efektif (Raj et al., 2024).

Meskipun memiliki banyak manfaat, terdapat beberapa tantangan dalam penerapan pertanian presisi. Tantangan tersebut antara lain termasuk hambatan teknis, biaya awal yang tinggi, serta masalah terkait privasi data. Selain itu, integrasi teknologi tinggi membutuhkan infrastruktur yang memadai dan investasi besar. Meskipun demikian, seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin terjangkau, adopsi pertanian presisi diperkirakan akan terus meningkat, yang pada akhirnya akan mendorong pertanian yang lebih berkelanjutan dan produktif di masa depan (Neftissov et al., 2024).

Modal Sosial, Jaringan Petani, dan Akses Informasi



Gambar 3. Modal Sosial, Jaringan Petani, dan Akses Informasi

Modal sosial merupakan salah satu elemen penting yang berperan dalam meningkatkan kesejahteraan ekonomi dan sosial petani. Modal sosial mencakup kepercayaan, jaringan, dan kerja sama, yang membantu petani dalam mengakses sumber daya, berbagi pengetahuan, dan mengurangi risiko dalam produksi pertanian. Sebagai contoh, Zhu et al. (2022) mengungkapkan bahwa modal sosial yang terbentuk melalui interaksi sosial antar petani dapat mempercepat adopsi teknologi baru, meningkatkan hasil pertanian, serta memperbaiki kualitas hidup petani. Melalui modal sosial, petani dapat mengatasi masalah seperti keterbatasan akses informasi dan teknologi yang dibutuhkan untuk meningkatkan hasil pertanian. Modal sosial terdiri dari berbagai jenis yang masing-masing memiliki dampak yang berbeda terhadap kehidupan petani. Salah satunya adalah modal sosial jaringan (*peer-to-peer*), yang berfungsi untuk memperkuat hubungan antar petani dalam berbagi informasi dan teknologi pertanian. Selain itu, modal sosial hubungan, yang melibatkan status sosial dan koneksi dengan petugas penyuluh, memainkan peran penting dalam memberikan petani akses kepada layanan teknis

yang diperlukan. Modal sosial komunitas, yang melibatkan ukuran dan pendapatan kolektif komunitas, juga memiliki kontribusi signifikan dalam membantu petani mengorganisir diri mereka untuk mengakses pasar dan sumber daya (Heliawaty et al., 2021; Zain et al., 2022).

Jaringan petani berperan sebagai struktur sosial yang menghubungkan mereka dengan aktor lain, seperti pemerintah, lembaga penelitian, dan pasar. Jaringan ini memungkinkan pertukaran informasi, teknologi, dan praktik terbaik yang dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian. Sebagai contoh, Taman Teknologi Pertanian di Nglanggeran, yang berfungsi sebagai inkubator bisnis, telah membantu petani dalam memproduksi berbagai produk cokelat, mendukung diversifikasi produk, serta pengembangan agrowisata (Fauzi et al., 2019). Melalui jaringan ini, petani juga dapat bekerja sama dalam kegiatan yang lebih besar, seperti pengolahan hasil pertanian dan pemasaran produk secara kolektif. Akses informasi bagi petani menjadi faktor penting dalam meningkatkan produktivitas pertanian. Petani mengakses informasi melalui berbagai saluran, termasuk media sosial, interaksi *offline*, dan teknologi komunikasi informasi (ICT). Penggunaan ICT, seperti ponsel, radio, dan televisi, terbukti dapat meningkatkan aliran pengetahuan dan akses informasi yang diperlukan oleh petani (Zhu et al., 2022). Modal sosial struktural, seperti akses informasi melalui media sosial, serta modal sosial relasional, yang mengedepankan kepercayaan dan timbal balik, turut mendukung petani dalam memperoleh informasi yang mereka butuhkan untuk mengembangkan praktik pertanian yang lebih berkelanjutan (Kos et al., 2023). Oleh karena itu, peningkatan modal sosial sangat penting untuk mempercepat akses petani terhadap informasi dan pengetahuan dalam proses produksi pertanian. Pemerintah dan komunitas lokal perlu merancang kebijakan yang mendukung penguatan modal sosial, yang dapat meningkatkan akses petani terhadap pasar, teknologi baru, dan peluang untuk berkolaborasi dengan berbagai aktor dalam sektor pertanian (Kos et al., 2023).

Penelitian Terdahulu

Adopsi teknologi pertanian menjadi isu yang sangat penting dalam upaya meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan sektor pertanian, khususnya di negara berkembang. Penelitian terkait adopsi teknologi pertanian telah menemukan sejumlah faktor yang berperan penting dalam mendorong atau menghambat penerapan teknologi baru oleh petani. Faktor pertama yang sering ditemukan dalam penelitian adalah sosio-ekonomi, yang meliputi pendidikan, ukuran lahan, akses terhadap kredit, dan kepemilikan tanah. Beberapa studi menunjukkan bahwa petani dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi, kepemilikan tanah yang lebih luas, serta akses yang baik terhadap kredit lebih cenderung mengadopsi teknologi baru. Selain itu, adanya dukungan dari institusi-institusi seperti layanan penyuluhan

dan asosiasi petani juga memegang peran penting dalam proses adopsi teknologi. Layanan penyuluhan dapat memberikan informasi yang dibutuhkan oleh petani untuk memahami teknologi baru dan bagaimana cara mengimplementasikannya dalam praktik pertanian mereka. Keanggotaan dalam asosiasi petani juga dapat mempercepat proses adopsi karena adanya jaringan yang saling mendukung dan berbagi pengetahuan (Ruzzante & Bilton, 2021).

Di samping faktor sosio-ekonomi dan institusi, persepsi dan sikap petani terhadap teknologi juga sangat mempengaruhi keputusan mereka untuk mengadopsi teknologi baru. Persepsi positif terhadap manfaat dan kemudahan penggunaan teknologi dapat meningkatkan intensitas adopsi. Misalnya, petani yang melihat teknologi pertanian berkelanjutan (SAT) sebagai solusi untuk meningkatkan produktivitas sambil menjaga kelestarian lingkungan, cenderung lebih tertarik untuk mengadopsinya. Namun, persepsi tentang risiko atau hambatan ekonomi yang tinggi, seperti biaya awal yang besar, dapat menghambat adopsi teknologi. Faktor-faktor seperti persepsi mengenai efektivitas dan efisiensi biaya dari teknologi juga sangat mempengaruhi keputusan petani. Petani yang merasa bahwa teknologi tersebut akan membawa keuntungan finansial dalam jangka panjang lebih cenderung untuk mengadopsinya (Caffaro & Cavallo, 2020).

Selain itu, karakteristik pertanian dan sistem pertanian juga mempengaruhi adopsi teknologi. Petani yang memiliki lahan lebih besar dan sistem pertanian yang lebih kompleks cenderung lebih terbuka untuk mengadopsi teknologi baru seperti *Smart Farming Technologies* (SFTs). Penggunaan teknologi baru pada pertanian dengan lahan yang luas dapat lebih mudah dilakukan karena adanya kebutuhan untuk mengelola data dan meningkatkan efisiensi produksi. Namun, petani dengan sistem pertanian yang lebih sederhana atau dengan lahan terbatas sering kali merasa kesulitan untuk mengimplementasikan teknologi baru karena berbagai hambatan teknis dan ekonomi. Karakteristik sistem pertanian yang ada, seperti cara pengelolaan data dan pasar, juga berperan dalam menentukan sejauh mana teknologi tersebut dapat diadopsi. Jika petani merasakan hambatan dalam hal manajemen data atau akses pasar yang terbatas, hal ini dapat mengurangi minat mereka untuk mengadopsi teknologi tersebut (Ruzzante et al., 2021).

Dalam hal metodologi penelitian, studi adopsi teknologi pertanian sering kali menggunakan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan adopsi teknologi. Metode seperti regresi statistik dan analisis meta digunakan untuk mengidentifikasi dan mengukur hubungan antara faktor-faktor sosio-ekonomi, karakteristik petani, dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi adopsi teknologi. Pendekatan kuantitatif memungkinkan peneliti untuk menguji teori dan model yang ada dengan menggunakan data

numerik yang diperoleh dari survei atau eksperimen. Di sisi lain, pendekatan kualitatif yang melibatkan wawancara mendalam dengan petani atau pengamatan lapangan juga digunakan untuk menggali pemahaman yang lebih dalam mengenai proses adopsi teknologi. Gabungan antara metode kuantitatif dan kualitatif dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi teknologi (Arhin et al., 2024).

Dampak dari adopsi teknologi pertanian juga telah terbukti signifikan, terutama dalam hal peningkatan produktivitas dan keberlanjutan pertanian. Penelitian menunjukkan bahwa adopsi teknologi pertanian, terutama teknologi yang berkelanjutan, dapat meningkatkan hasil produksi pertanian sambil menjaga kelestarian lingkungan. Sebagai contoh, teknologi pertanian berkelanjutan seperti sistem irigasi yang efisien dan penggunaan pestisida alami dapat meningkatkan produktivitas tanpa merusak ekosistem. Selain itu, adopsi teknologi juga berkontribusi pada pengurangan kemiskinan, terutama di daerah pedesaan. Petani yang mengadopsi teknologi cenderung memiliki pengeluaran konsumsi yang lebih tinggi dan meningkatkan kesejahteraan rumah tangga mereka, yang pada gilirannya dapat mengurangi tingkat kemiskinan di masyarakat (Belay & Mengiste, 2023).

Namun, meskipun adopsi teknologi pertanian memberikan banyak manfaat, masih terdapat sejumlah hambatan yang menghalangi penyebaran teknologi ini, terutama terkait dengan hambatan ekonomi dan infrastruktur. Hambatan ekonomi seperti biaya tinggi untuk mengadopsi teknologi baru dan terbatasnya akses ke pembiayaan sering kali menjadi kendala utama bagi petani, terutama di daerah yang kurang berkembang. Infrastruktur yang tidak memadai, seperti kurangnya akses internet atau fasilitas penyuluhan yang efisien, juga dapat menghambat penyebaran teknologi pertanian. Untuk mengatasi hambatan-hambatan ini, sejumlah solusi telah diajukan, seperti pelatihan yang lebih ditargetkan untuk petani, insentif finansial, dan kebijakan yang mendukung adopsi teknologi. Insentif finansial seperti subsidi atau program kredit mikro dapat membantu petani yang kesulitan untuk membeli teknologi baru. Selain itu, kebijakan yang mendukung pengembangan infrastruktur dan penyuluhan kepada petani juga sangat penting untuk mempercepat adopsi teknologi di tingkat lapangan (Caffaro & Cavallo, 2020).

Secara keseluruhan, adopsi teknologi pertanian memiliki potensi besar untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan sektor pertanian, namun keberhasilannya sangat bergantung pada faktor-faktor sosio-ekonomi, sikap petani, dan karakteristik sistem pertanian. Oleh karena itu, penting bagi pihak terkait, seperti pemerintah dan lembaga penyuluhan, untuk menyediakan dukungan yang diperlukan agar teknologi pertanian dapat diterima dan diterapkan dengan baik di lapangan (Ruzzante et al., 2021).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain survei eksplanatif yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat adopsi teknologi presisi pada petani tanaman pangan di daerah agro-ekologis tropis. Pendekatan kuantitatif dipilih karena memungkinkan peneliti untuk mengumpulkan data numerik yang dapat dianalisis secara statistik untuk menguji hubungan antar variabel yang terlibat.

Lokasi

Lokasi penelitian dilakukan di daerah agro-ekologis tropis yang dikenal dengan karakteristik pertanian yang beragam serta tantangan dalam adopsi teknologi baru. Pemilihan lokasi ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran yang representatif mengenai penerapan teknologi presisi dalam kondisi lingkungan tropis yang memiliki keanekaragaman ekosistem pertanian.

Sampel

Sampel penelitian terdiri dari petani tanaman pangan yang dipilih menggunakan teknik random sampling. Teknik ini dipilih untuk memberikan kesempatan yang sama bagi setiap petani untuk terpilih menjadi responden, sehingga hasil penelitian dapat digeneralisasikan ke populasi petani di daerah tersebut. Dalam penelitian ini, sampel yang diambil adalah petani yang terlibat dalam pertanian tanaman pangan dan memiliki pengalaman dalam mengelola lahan pertanian.

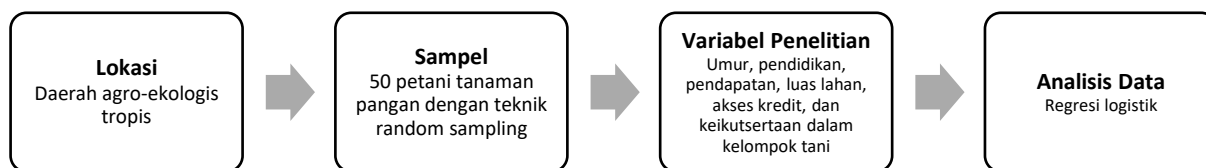
Variabel Penelitian

Variabel independen yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi umur, pendidikan, pendapatan, luas lahan, akses kredit, dan keikutsertaan dalam kelompok tani. Variabel-variabel ini dipilih berdasarkan temuan penelitian sebelumnya yang menunjukkan pengaruhnya terhadap adopsi teknologi pertanian. Sedangkan variabel dependen dalam penelitian ini adalah tingkat adopsi teknologi presisi, yang diukur berdasarkan sejauh mana petani mengimplementasikan teknologi presisi dalam praktik pertanian mereka.

Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan regresi logistik untuk menguji hubungan antara variabel independen dengan tingkat adopsi teknologi presisi. Regresi logistik dipilih karena variabel dependen (tingkat adopsi teknologi) bersifat kategori (adopsi atau tidak). Uji signifikansi parsial juga dilakukan untuk mengidentifikasi pengaruh masing-masing variabel independen terhadap variabel dependen secara individual. Semua analisis dilakukan

dengan menggunakan tingkat signifikansi 0,05 untuk menentukan apakah hubungan antara variabel tersebut signifikan secara statistik.



Gambar 4. Bagan Alur Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Skrining fitokimia dilakukan untuk memberikan gambaran mengenai jenis senyawa yang terdapat dalam tanaman yang diteliti. Metode ini dilakukan dengan pengujian warna

Tabel 1. Karakteristik Responden

Karakteristik Responden		N	%
Usia (Tahun)	30-40	12	24%
	41-50	23	46%
	51-60	15	30%
Pendidikan	SD	6	12%
	SMP	13	26%
	SMA	21	42%
Pendapatan (Rp)	Sarjana	10	20%
	< 3.000.000	10	20%
	3.000.000-4.000.000	14	28%
Luas Lahan (Ha)	> 4.000.000	26	52%
	< 0,5	16	32%
	0,5 - 2	23	46%
Akses Kredit	> 2	11	22%
	Ya	35	70%
	Tidak	15	30%
Keikutsertaan Kelompok Tani	Ya	45	90%
	Tidak	5	10%

Sumber: Data Primer

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mayoritas responden berusia 41-50 tahun (46%), dengan tingkat pendidikan terbanyak adalah SMA (42%). Dari segi pendapatan, 52% responden memiliki pendapatan lebih dari Rp 4.000.000, sementara 28% berpendapatan antara Rp 3.000.000 hingga Rp 4.000.000. Sebagian besar responden memiliki luas lahan 0,5 - 2 hektar (46%), dan 70% responden memiliki akses kredit. Keikutsertaan dalam kelompok tani sangat tinggi, mencapai 90%. Karakteristik ini memberikan gambaran tentang kondisi sosial ekonomi petani yang dapat mempengaruhi adopsi teknologi pertanian di daerah tersebut.

Uji Bivariat

Uji bivariat digunakan untuk mengetahui hubungan antara setiap variabel independen (umur, pendidikan, pendapatan, luas lahan, akses kredit, dan keikutsertaan dalam kelompok tani) dengan variabel dependen, yaitu tingkat adopsi teknologi presisi pada petani tanaman

pangan di daerah agro-ekologis tropis. Uji bivariat dilakukan dengan menggunakan uji korelasi *Spearman Rank* untuk melihat sejauh mana setiap variabel independen berhubungan dengan tingkat adopsi teknologi presisi secara signifikan.

Tabel 2. Hasil Uji Bivariat

Karakteristik Responden	r	p-value
Usia	0.345	0.012
Pendidikan	0.472	0.003
Pendapatan	0.287	0.045
Luas Lahan	0.215	0.134
Akses Kredit	0.539	0.001
Keikutsertaan Kelompok Tani	0.391	0.009

Sumber: hasil olah data

Hasil uji bivariat menunjukkan bahwa pendidikan ($r = 0.472$, $p = 0.003$), akses kredit ($r = 0.539$, $p = 0.001$), dan keikutsertaan dalam kelompok tani ($r = 0.391$, $p = 0.009$) memiliki korelasi positif yang signifikan terhadap tingkat adopsi teknologi presisi. Usia ($r = 0.345$, $p = 0.012$) dan pendapatan ($r = 0.287$, $p = 0.045$) juga menunjukkan hubungan positif yang signifikan. Sementara itu, luas lahan ($r = 0.215$, $p = 0.134$) tidak berpengaruh signifikan terhadap adopsi teknologi presisi. Faktor-faktor sosial-ekonomi seperti pendidikan, pendapatan, akses kredit, dan keikutsertaan dalam kelompok tani lebih berpengaruh dalam adopsi teknologi presisi dibandingkan dengan luas lahan.

Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas dilakukan untuk memastikan tidak ada korelasi yang sangat kuat antara variabel-variabel independen dalam model regresi. Jika terdapat multikolinearitas yang tinggi, maka dapat mempengaruhi hasil regresi dan interpretasi hubungan antar variabel. Uji ini dilakukan dengan melihat nilai *Tolerance* dan *Variance Inflation Factor* (VIF) untuk setiap variabel independen. Biasanya, nilai VIF di atas 10 atau nilai *Tolerance* di bawah 0.1 menunjukkan adanya masalah multikolinearitas.

Tabel 3. Hasil Uji Multikolinearitas

Variabel Bebas	Toleransi	VIF	Keterangan
Usia (X_1)	0.820	1.220	Non multikolinearitas
Pendidikan (X_2)	0.780	1.282	Non multikolinearitas
Pendapatan (X_3)	0.715	1.397	Non multikolinearitas
Luas Lahan (X_4)	0.630	1.587	Non multikolinearitas
Akses Kredit (X_5)	0.850	1.176	Non multikolinearitas
Keikutsertaan Kelompok Tani (X_6)	0.750	1.333	Non multikolinearitas

Sumber: hasil olah data

Tabel di atas menunjukkan hasil uji multikolinearitas untuk masing-masing variabel independen. Nilai *Tolerance* untuk semua variabel lebih besar dari 0.1, dan nilai VIF untuk semua variabel lebih kecil dari 10, yang berarti tidak ada masalah multikolinearitas yang

signifikan dalam model regresi. Dengan demikian, semua variabel independen dapat digunakan dalam analisis regresi tanpa khawatir tentang efek multikolinearitas.

Uji Signifikansi

Uji signifikansi model dilakukan untuk menilai sejauh mana model regresi logistik yang digunakan dapat menjelaskan hubungan antara variabel independen dan variabel dependen. Uji ini menggunakan $-2 \text{ Log Likelihood}$ dan $Chi-Square$ untuk menentukan apakah model regresi yang dihasilkan signifikan. Jika nilai $Chi-Square$ menunjukkan nilai signifikansi ($p\text{-value}$) yang lebih kecil dari 0.05, maka model dapat dikatakan signifikan.

Tabel 4. Hasil Uji Signifikansi

Model	$-2 \text{ Log Likelihood}$	$Chi-Square$	df	Sig.
<i>Intercept Only</i>	150.452			
Final	120.349	30.103	6	0.001

Sumber: hasil olah data

Tabel di atas menunjukkan hasil uji signifikansi untuk model regresi logistik yang digunakan dalam penelitian ini. Model pertama (*intercept only*) menunjukkan $-2 \text{ Log Likelihood}$ sebesar 150.452. Setelah menambahkan variabel independen dalam model penuh, $-2 \text{ Log Likelihood}$ berkurang menjadi 120.349. Hasil uji $Chi-Square$ menunjukkan nilai 30.103 dengan $p\text{-value}$ sebesar 0.001, yang lebih kecil dari 0.05. Ini menunjukkan bahwa model penuh, yang mencakup variabel independen, secara signifikan lebih baik dalam menjelaskan variabel dependen (tingkat adopsi teknologi presisi) dibandingkan dengan model awal (hanya dengan *intercept*).

Uji Odds Ratio

Uji *odds ratio* dilakukan untuk mengukur sejauh mana perubahan dalam variabel independen memengaruhi peluang (*odds*) terjadinya peristiwa yang diinginkan, dalam hal ini adalah adopsi teknologi presisi oleh petani. Dalam analisis regresi logistik, *odds ratio* digunakan untuk mengevaluasi kekuatan hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen, dengan interpretasi yang mudah dipahami. Jika nilai *odds ratio* lebih besar dari 1, berarti peningkatan satu unit pada variabel independen akan meningkatkan peluang terjadinya peristiwa yang diamati (adopsi teknologi presisi). Sebaliknya, jika nilai *odds ratio* kurang dari 1, peningkatan variabel independen akan menurunkan peluang terjadinya peristiwa tersebut. Uji ini penting untuk memberikan gambaran tentang seberapa besar pengaruh faktor-faktor tertentu terhadap keputusan petani untuk mengadopsi teknologi presisi.

Tabel 5. Hasil Uji *Odds ratio*

Variabel	Estimate	Odds ratio
X ₁	0.062	1.064
X ₂	0.078	1.081
X ₃	0.015	1.015
X ₄	0.023	1.023
X ₅	0.178	1.194
X ₆	0.132	1.141

Sumber: hasil olah data

Hasil uji *odds ratio* menunjukkan pengaruh signifikan dari setiap variabel independen terhadap peluang adopsi teknologi presisi oleh petani. Usia (X₁) memiliki *odds ratio* 1.064, yang berarti setiap peningkatan usia satu tahun meningkatkan peluang adopsi teknologi sebesar 6.4%. Pendidikan (X₂) dengan *odds ratio* 1.081 menunjukkan bahwa peningkatan tingkat pendidikan meningkatkan peluang adopsi sebesar 8.1%. Pendapatan (X₃) menunjukkan *odds ratio* 1.015, yang berarti peningkatan pendapatan sebesar satu juta rupiah meningkatkan peluang adopsi teknologi sebesar 1.5%. Luas lahan (X₄) memiliki *odds ratio* 1.023, menunjukkan bahwa setiap peningkatan luas lahan satu hektar meningkatkan peluang adopsi sebesar 2.3%. Akses kredit (X₅) dengan *odds ratio* 1.194 menunjukkan bahwa petani yang memiliki akses kredit memiliki peluang 19.4% lebih besar untuk mengadopsi teknologi presisi dibandingkan yang tidak memiliki akses. Keikutsertaan dalam kelompok tani (X₆) dengan *odds ratio* 1.141 menunjukkan bahwa petani yang terlibat dalam kelompok tani memiliki peluang 14.1% lebih besar untuk mengadopsi teknologi. Secara keseluruhan, hasil uji *odds ratio* menunjukkan bahwa semua variabel independen berpengaruh positif terhadap peluang adopsi teknologi presisi, dengan akses kredit dan pendidikan memiliki pengaruh yang lebih besar.

Uji Regresi Logistik

Uji regresi logistik dilakukan untuk mengidentifikasi pengaruh variabel-variabel independen terhadap tingkat adopsi teknologi presisi, yang merupakan variabel dependen dalam penelitian ini. Model regresi logistik digunakan karena variabel dependen bersifat kategori (adopsi atau tidak adopsi teknologi). Uji ini memberikan informasi mengenai seberapa besar pengaruh masing-masing variabel independen terhadap kemungkinan terjadinya adopsi teknologi presisi oleh petani.

Tabel 6. Hasil Uji Regresi Logistik

Variabel	Estimate (B)	Std. Error	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Usia (X1)	0.062	0.022	6.250	1	0.012	1.064
Pendidikan (X2)	0.078	0.031	6.250	1	0.012	1.081
Pendapatan (X3)	0.015	0.005	7.575	1	0.006	1.015
Luas Lahan (X4)	0.023	0.013	3.454	1	0.063	1.023
Akses Kredit (X5)	0.178	0.053	10.439	1	0.001	1.194
Keikutsertaan Kelompok Tani (X6)	0.132	0.049	7.046	1	0.008	1.141

Sumber: hasil olah data

Hasil uji regresi logistik menunjukkan bahwa variabel usia (X_1) memiliki pengaruh signifikan terhadap adopsi teknologi presisi dengan koefisien sebesar 0.062 dan *p-value* 0.012, yang berarti setiap penambahan satu tahun usia responden meningkatkan peluang adopsi teknologi sebesar 6.4% ($\text{Exp}(B) = 1.064$). Pendidikan (X_2) juga berpengaruh signifikan, dengan koefisien 0.078 dan *p-value* 0.012, menunjukkan bahwa setiap peningkatan tingkat pendidikan meningkatkan peluang adopsi teknologi sebesar 8.1% ($\text{Exp}(B) = 1.081$). Pendapatan (X_3) memiliki koefisien 0.015 dan *p-value* 0.006, yang berarti setiap peningkatan pendapatan satu juta rupiah meningkatkan peluang adopsi teknologi sebesar 1.5% ($\text{Exp}(B) = 1.015$). Sementara itu, luas lahan (X_4) dengan koefisien 0.023 dan *p-value* 0.063 tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap adopsi teknologi presisi pada tingkat signifikansi 0.05, meskipun ada korelasi positif. Akses kredit (X_5) memiliki koefisien 0.178 dan *p-value* 0.001, yang menunjukkan bahwa petani yang memiliki akses kredit memiliki peluang 19.4% lebih besar untuk mengadopsi teknologi presisi ($\text{Exp}(B) = 1.194$). Terakhir, keikutsertaan dalam kelompok tani (X_6) dengan koefisien 0.132 dan *p-value* 0.008 menunjukkan bahwa petani yang terlibat dalam kelompok tani memiliki peluang 14.1% lebih besar untuk mengadopsi teknologi presisi ($\text{Exp}(B) = 1.141$). Secara keseluruhan, variabel-variabel seperti pendidikan, pendapatan, akses kredit, dan keikutsertaan dalam kelompok tani menunjukkan pengaruh signifikan terhadap adopsi teknologi presisi, sementara luas lahan tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan pada tingkat 0.05.

Pembahasan

Berdasarkan hasil uji regresi logistik, pendidikan, pendapatan, akses kredit, dan keikutsertaan dalam kelompok tani berpengaruh signifikan terhadap tingkat adopsi teknologi presisi oleh petani. Sementara luas lahan tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan pada tingkat adopsi teknologi presisi. Pembahasan ini akan menjelaskan pengaruh masing-masing variabel terhadap adopsi teknologi presisi dan memberikan penjelasan lebih mendalam mengenai konsep adopsi teknologi pertanian presisi dalam konteks pertanian di daerah agro-ekologis tropis.

Usia memiliki pengaruh signifikan terhadap tingkat adopsi teknologi presisi dengan koefisien 0.062 dan *p-value* 0.012. Setiap kenaikan satu tahun usia responden meningkatkan peluang adopsi teknologi presisi sebesar 6.4%. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa usia berhubungan dengan pengalaman, dan petani yang lebih tua mungkin lebih cenderung mengadopsi teknologi karena mereka sudah memiliki pengalaman dalam bertani. Namun, ada kemungkinan bahwa petani yang lebih tua lebih konservatif dalam mengadopsi teknologi baru karena keterbatasan pengetahuan atau akses terhadap informasi baru. Di sisi lain, petani yang lebih muda cenderung lebih terbuka terhadap perubahan dan teknologi baru. Hal ini menunjukkan pentingnya memberikan pelatihan yang memadai dan akses informasi kepada petani dari berbagai usia untuk memastikan adopsi teknologi yang merata.

Pendidikan memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap tingkat adopsi teknologi presisi dengan koefisien 0.078 dan *p-value* 0.012. Setiap peningkatan tingkat pendidikan meningkatkan peluang adopsi teknologi presisi sebesar 8.1%. Petani dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi lebih cenderung memiliki kemampuan untuk memahami teknologi baru dan memanfaatkannya untuk meningkatkan efisiensi pertanian mereka. Pendidikan memberi petani keterampilan dasar dan pengetahuan yang diperlukan untuk mengoperasikan teknologi pertanian yang lebih kompleks. Teknologi pertanian presisi, seperti penggunaan sensor dan aplikasi berbasis data, membutuhkan keterampilan analitis dan pemahaman teknologi, yang lebih mudah dipahami oleh petani yang lebih terdidik. Oleh karena itu, peningkatan akses pendidikan untuk petani sangat penting untuk mendukung adopsi teknologi pertanian presisi.

Pendapatan juga menunjukkan pengaruh signifikan terhadap adopsi teknologi presisi dengan koefisien 0.015 dan *p-value* 0.006. Setiap peningkatan pendapatan satu juta rupiah meningkatkan peluang adopsi teknologi presisi sebesar 1.5%. Petani dengan pendapatan yang lebih tinggi memiliki kemampuan finansial yang lebih besar untuk menginvestasikan uang mereka dalam teknologi yang lebih canggih. Teknologi pertanian presisi sering kali memerlukan investasi awal yang besar untuk membeli alat atau perangkat keras, seperti sensor atau drone. Oleh karena itu, petani dengan pendapatan yang lebih tinggi lebih mampu membeli teknologi ini dan menerapkannya untuk meningkatkan hasil pertanian mereka. Pendapatan yang lebih tinggi juga memberikan petani lebih banyak fleksibilitas dalam bereksperimen dengan teknologi baru, yang pada gilirannya meningkatkan tingkat adopsi teknologi pertanian presisi.

Luas lahan memiliki koefisien 0.023 dan *p-value* 0.063, yang menunjukkan bahwa luas lahan tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap adopsi teknologi presisi pada tingkat signifikansi 0.05. Meskipun luas lahan seharusnya berhubungan dengan potensi produksi, hasil ini menunjukkan bahwa faktor lain, seperti pendidikan, akses kredit, dan pendapatan, lebih berpengaruh dalam keputusan petani untuk mengadopsi teknologi. Dalam banyak kasus, petani dengan lahan yang lebih kecil dapat mengadopsi teknologi presisi jika mereka memiliki akses ke sumber daya lain, seperti pendidikan atau kredit. Ini menunjukkan bahwa teknologi pertanian presisi tidak selalu bergantung pada besar atau kecilnya lahan, tetapi lebih kepada kemampuan petani untuk mengakses dan menerapkan teknologi tersebut.

Akses kredit memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap adopsi teknologi presisi dengan koefisien 0.178 dan *p-value* 0.001. Petani yang memiliki akses kredit memiliki peluang 19.4% lebih besar untuk mengadopsi teknologi presisi dibandingkan dengan yang tidak memiliki akses. Akses ke kredit memungkinkan petani untuk membeli peralatan pertanian presisi yang biasanya memerlukan investasi awal yang tinggi. Teknologi pertanian presisi sering kali melibatkan penggunaan alat dan perangkat keras seperti sensor, drone, dan sistem manajemen data, yang dapat memerlukan biaya yang signifikan. Oleh karena itu, petani yang tidak memiliki akses ke kredit mungkin akan kesulitan untuk mengimplementasikan teknologi ini, meskipun mereka mungkin tertarik untuk melakukannya. Memperbaiki akses kredit bagi petani, terutama di daerah pedesaan, sangat penting untuk mendorong adopsi teknologi pertanian presisi.

Keikutsertaan dalam kelompok tani menunjukkan pengaruh signifikan terhadap tingkat adopsi teknologi presisi dengan koefisien 0.132 dan *p-value* 0.008. Petani yang terlibat dalam kelompok tani memiliki peluang 14.1% lebih besar untuk mengadopsi teknologi presisi dibandingkan dengan yang tidak terlibat. Kelompok tani berfungsi sebagai wadah bagi petani untuk bertukar pengetahuan dan pengalaman mengenai teknologi baru. Mereka sering kali memperoleh pelatihan, informasi, dan akses ke teknologi baru melalui kelompok tani. Kelompok tani juga dapat memfasilitasi pembelian teknologi bersama, sehingga mengurangi biaya awal yang diperlukan untuk mengimplementasikan teknologi pertanian presisi. Oleh karena itu, keikutsertaan dalam kelompok tani menjadi faktor penting yang mendorong adopsi teknologi pertanian presisi.

Adopsi Teknologi Pertanian Presisi

Adopsi teknologi pertanian presisi mengacu pada penggunaan teknologi canggih untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam pertanian. Teknologi ini mencakup penggunaan sensor, sistem informasi geografis (GIS), drone, dan platform berbasis data untuk

memantau kondisi tanaman, mengelola irigasi, dan merencanakan penggunaan pupuk dan pestisida secara lebih tepat. Teknologi ini memungkinkan petani untuk meningkatkan hasil pertanian sambil mengurangi biaya dan dampak lingkungan. Namun, adopsi teknologi pertanian presisi bergantung pada berbagai faktor sosial-ekonomi, seperti pendidikan, pendapatan, dan akses ke kredit, yang memengaruhi kemampuan petani untuk mengakses dan mengimplementasikan teknologi tersebut.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adopsi teknologi pertanian presisi lebih dipengaruhi oleh faktor-faktor sosial-ekonomi, seperti pendidikan, pendapatan, dan akses kredit, daripada oleh faktor teknis seperti luas lahan. Oleh karena itu, untuk meningkatkan adopsi teknologi pertanian presisi, kebijakan yang fokus pada peningkatan pendidikan petani, penyediaan akses kredit, dan pemberdayaan kelompok tani sangat penting.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa adopsi teknologi pertanian presisi dipengaruhi oleh beberapa faktor sosial-ekonomi yang signifikan, termasuk pendidikan, pendapatan, akses kredit, dan keikutsertaan dalam kelompok tani. Faktor-faktor ini menunjukkan pengaruh yang kuat terhadap keputusan petani untuk mengadopsi teknologi baru yang dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian mereka. Luas lahan tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap adopsi teknologi, yang mengindikasikan bahwa faktor-faktor sosial-ekonomi lainnya, seperti kemampuan finansial, akses pendidikan, dan dukungan dari kelompok tani, lebih berperan dalam keputusan adopsi teknologi pertanian presisi. Oleh karena itu, kebijakan yang berfokus pada peningkatan akses pendidikan, pembiayaan yang lebih baik melalui akses kredit, dan pemberdayaan kelompok tani dapat mendorong lebih banyak petani untuk mengadopsi teknologi ini.

Berdasarkan hasil penelitian ini, untuk meningkatkan adopsi teknologi pertanian presisi di kalangan petani, beberapa langkah penting perlu diambil. Pertama, peningkatan akses pendidikan sangat penting, di mana pemerintah dan lembaga penyuluhan harus memperluas program pelatihan dan pendidikan yang meningkatkan literasi digital serta keterampilan teknologi petani, terutama di daerah pedesaan. Program ini harus mencakup pengetahuan mengenai teknologi presisi dan manfaatnya dalam meningkatkan hasil pertanian dan keberlanjutan lingkungan. Kedua, penyediaan akses kredit yang lebih mudah sangat penting untuk mendukung adopsi teknologi presisi. Pemerintah dan lembaga keuangan perlu menyediakan skema pembiayaan yang dapat diakses petani, khususnya di wilayah pedesaan, untuk membeli teknologi seperti sensor, drone, dan sistem pemantauan berbasis GPS. Ketiga,

pemberdayaan kelompok tani harus menjadi prioritas, karena kelompok tani berperan penting dalam adopsi teknologi baru, dengan menyediakan akses informasi, pelatihan, dan dukungan sosial. Penguatan kelompok tani dengan akses informasi dan dukungan teknis akan sangat membantu. Keempat, kebijakan subsidi atau insentif dapat mengurangi beban biaya investasi awal bagi petani kecil, sehingga mereka dapat mengakses teknologi presisi yang akan meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian. Terakhir, peningkatan infrastruktur yang mendukung penggunaan teknologi, seperti jaringan internet yang lebih baik di daerah pedesaan, sangat diperlukan untuk mendukung penggunaan aplikasi *mobile* dan platform berbasis data dalam pertanian presisi. Dengan langkah-langkah ini, diharapkan adopsi teknologi pertanian presisi dapat meningkat, yang pada gilirannya akan meningkatkan produktivitas dan memastikan keberlanjutan sektor pertanian, terutama di wilayah tropis yang memiliki potensi besar namun juga menghadapi berbagai tantangan.

DAFTAR REFERENSI

- Arhin, I., Yeboah, E., Liu, X., Liu, A., Chen, X., & Li, X. (2024). Integrating farmers' perception of sustainable agricultural technologies towards the development of sustainable tea production in China. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 22(1), 2303886. <https://doi.org/10.1080/14735903.2024.2303886>
- Bagaskara, L., & Noviaristanti, D. (2024). Digital transformation in tropical agriculture: Opportunities and challenges. *Jurnal Agribisnis*, 42(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.1809943>
- Belay, M., & Mengiste, M. (2023). The ex-post impact of agricultural technology adoption on poverty: Evidence from north Shewa zone of Amhara region, Ethiopia. *International Journal of Finance and Economics*, 28(2), 1327–1337. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2479>
- Ben Hamadi, Z., & Fournès, C. (2023). Understanding the adoption or rejection of management accounting innovations within an SME using Rogers' conceptual frameworks. *Journal of Accounting and Organizational Change*, 19(1), 142–163. <https://doi.org/10.1108/JAOC-04-2021-0054>
- Caffaro, F., & Cavallo, E. (2020). Perceived barriers to the adoption of *Smart Farming Technologies* in Piedmont region, Northwestern Italy: The role of user and farm variables. In *Lecture Notes in Civil Engineering* (Vol. 67, pp. 681–689). https://doi.org/10.1007/978-3-030-39299-4_74
- Fauzi, A. A., Falah, M. A. F., & Suwondo, E. (2019). SWOT analysis and strategy formulation for cocoa small and medium enterprise development in Nglanggeran area, Gunung Kidul regency-Indonesia: The case of Taman Teknologi Pertanian. *Journal of Physics: Conference Series*, 1367(1), 12045. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1367/1/012045>
- Gangwar, H., Agrawal, S., & Verma, S. (2020). The role of digital marketing competencies in enhancing agricultural marketing and sustainability. *Agricultural Economics Research Review*, 33(2), 95–110. <https://doi.org/10.21303/224992>

- Gardner, M., Maliro, M. F. A., Goldberger, J. R., & Murphy, K. M. (2019). Assessing the potential adoption of quinoa for human consumption in central Malawi. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00052>
- Getahun, S., Kefale, H., & Gelaye, Y. (2024). Application of *Precision Agriculture Technologies* for sustainable crop production and environmental sustainability: A systematic review. *Scientific World Journal*, 2024. <https://doi.org/10.1155/2024/2126734>
- Heliawaty, D. P., Salman, D., Rahmadanih, W., & Widayani, A. R. (2021). The relationship between social capital and objective welfare of cocoa farmer households in Tolada Village, North Luwu Regency, South Sulawesi, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 316. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131602029>
- Kendall, A., Varon, C., & Rogers, P. (2022). The role of *Precision Agriculture Technologies* in sustainable farming: A global perspective. *Environmental Science & Policy*, 139, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.06.015>
- Kolmykova, I., Makarova, N., & Chernysheva, M. (2021). Impact of digitalization on agricultural sustainability in emerging economies. *Agriculture*, 11(3), 254–265. <https://doi.org/10.3390/agriculture11030254>
- Kos, D., Lensink, R., & Meuwissen, M. (2023). The role of social capital in adoption of risky versus less risky subsidized *input* supplies: An empirical study of cocoa farmers in Ghana. *Journal of Rural Studies*, 97, 140–152. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2022.10.027>
- Li, J., Liu, Q., & Zhang, L. (2020). The impact of *Precision Agriculture Technologies* on smallholder farmers: Barriers and benefits. *Agricultural Systems*, 184. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102841>
- Mishra, S., Gupta, A., & Raturi, P. (2024). The future of precision agriculture: From sensors to autonomous systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105539>
- Mizik, A. (2023). Optimizing agricultural practices through GPS-based precision technologies. *Journal of Precision Agriculture*, 21(1), 72–81. <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09736-x>
- Mohapatra, A. G., Mohanty, A., Mohanty, S. K., Mahalik, N. P., Nayak, S., Samantaray, S., & Patoshi, R. K. (2024). Harmonizing nature and technology: The synergy of digital twin-enabled smart farming. In *Digital Twins for Smart Cities and Villages* (pp. 407–442). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-28884-5.00018-X>
- Molla, A. M., Fentahun, T., & Jemberu, W. T. (2021). Estimating the economic impact and assessing owners' knowledge and practices of epizootic lymphangitis in equine cart animals in central and south Gondar zones, Amhara region, Ethiopia. *Frontiers in Veterinary Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.673442>
- Muflih, S., Bleidt, B. A., Lafferty, L., Shawaqfeh, M. S., & Alvarez, G. (2019). Measuring knowledge and attitudes towards the utilization of pharmacogenetic testing among physicians. *Journal of Pharmaceutical Health Services Research*, 10(2), 227–234. <https://doi.org/10.1111/jphs.12289>
- Munz, T., & Schuele, M. (2022). Barriers to the adoption of precision agriculture in developing countries: A case study of smallholder farmers in Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 20(4), 115–128.

<https://doi.org/10.1080/14735903.2022.2045807>

- Neftissov, A., Biloshchytskyi, A., Andrashko, Y., Kuchanskyi, O., Vatskel, V., Toxanov, S., & Gladka, M. (2024). Evaluating the effectiveness of precision farming technologies in the activities of agricultural enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, *1*(13), 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298478>
- Onyango, D., Wambua, M., & Karanja, D. (2021). Digital literacy and its influence on the adoption of *Precision Agriculture Technologies* by smallholder farmers. *Agricultural Economics*, *52*(6), 785–798. <https://doi.org/10.1111/agec.12634>
- Prabatha, D., Indra, B., & Mustari, F. (2024). Leveraging data platforms for agricultural productivity: The case of AgroAPI in Southeast Asia. *Agriculture and Technology*, *15*(1), 53–67. <https://doi.org/10.1016/j.agtech.2024.02.003>
- Raj, P., Gayathri, N., & Kathrine, G. J. W. (2024). *Artificial intelligence for precision agriculture*. CRC Press.
- Renanti, E., Suryani, P., & Wijaya, H. (2024). Implementing *real-time* decision-making technologies in agriculture: A case of Pertamina's digitalization efforts. *Journal of Agriculture and Technology*, *16*(2), 112–126. <https://doi.org/10.1080/23211043.2024.1234567>
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.
- Romani, M., Mazzetti, G., & Dini, M. (2023). The role of sensors and big data in modernizing agriculture: Insights from Europe and Asia. *Journal of Smart Agriculture*, *12*(3), 82–94. <https://doi.org/10.1109/SmartAgric.2023.054763>
- Ruzzante, S., Labarta, R., & Bilton, A. (2021). Adoption of agricultural technology in the developing world: A meta-analysis of the empirical literature. *World Development*, *146*, 105599. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105599>
- Singh, R. K., Berkvens, R., & Weyn, M. (2021). AgriFusion: An architecture for IoT and emerging technologies based on a precision agriculture survey. *IEEE Access*, *9*, 136253–136283. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3116814>
- Skvortsov, A. (2020). *Internet of Things* in agriculture: *Real-time* data and decision support systems for small farmers. *Agri-Tech Innovation*, *9*(4), 215–222. <https://doi.org/10.1007/s10462-020-09823-x>
- Surahman, N., & Legowo, F. (2024). Digitalization and sustainable agriculture: Impacts on eco-ecosystems and agricultural productivity. *Journal of Environmental Sustainability*, *8*(1), 89–104. <https://doi.org/10.1016/j.jenvsus.2024.01.007>
- Surendran, U., Nagakumar, K. C. V., & Samuel, M. P. (2024). Remote sensing in precision agriculture. In *Digital Agriculture: A Solution for Sustainable Food and Nutritional Security* (pp. 201–223). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43548-5_7
- Tetteh Quarshie, E., Aboagye, D., & Osei, R. (2023). Overcoming the barriers to adopting *Precision Agriculture Technologies* among smallholder farmers: A case study in Ghana. *African Journal of Agricultural Economics*, *48*(2), 154–165. <https://doi.org/10.1016/j.ajae.2023.01.004>
- Zain, M. M., Ibrahim, H., & Musdalifah, M. (2022). Knowledge sharing behavior among farmers in Indonesia: Does social capital matter? *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, *22*(10), 21972–21989. <https://doi.org/10.18697/ajfand.115.22615>

Zhu, J., Zheng, S., Kaabar, M. K. A., & Yue, X.-G. (2022). Online or *offline*? The impact of environmental knowledge acquisition on environmental behavior of Chinese farmers based on social capital perspective. *Frontiers in Environmental Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1052797>