Jurnal Penelitian Agrisamudra
Vol. 13 No 1, June 2026
P-ISSN: 2460-0709, E-ISSN: 2685-6611
Available online: *https://ejurnalunsam.id/index.php/jagris*

Analisis Kesiapan Petani dalam Mengadopsi Teknologi Smart Farming pada Perkebunan Kopi Rakyat di Kabupaten Aceh Tengah

Ferdian Triady[1*], Elvira Iskandar[2], Suyati Kasimin[3], Yonadiah Dwitya[4]

[1,2,3,] *Prodi Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, Indonesia.*
[4,] *Prodi Biologi Fakultas Sains dan teknologi Universitas Samudra, Indonesia*
[*] *Corresponding author's e-mail: elviraiskandar@usk.ac.id*
[*] *Diterima: Mei 2026, Diterbitkan: Juni 2026, Diterbitkan: Juni 2026*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kesiapan petani kopi rakyat di Kabupaten Aceh Tengah dalam mengadopsi teknologi smart farming, khususnya penggunaan sensor pupuk. Metode yang digunakan mencakup pendekatan kuantitatif dan kualitatif dengan analisis Structural Equation Modeling (SEM) berbasis SmartPLS 4.0. Data dikumpulkan dari 100 petani di empat kecamatan yang dipilih secara purposive dan proportional sampling. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kesiapan petani berada pada kategori sedang, dengan skor rata-rata indikator pengetahuan, motivasi, dan ketersediaan sumber daya sebesar 3,4. Karakteristik petani dan akses informasi serta infrastruktur berpengaruh positif dan signifikan terhadap kesiapan adopsi. Temuan juga mengindikasikan bahwa persepsi petani memainkan peran mediasi yang penting. Penelitian ini menegaskan perlunya intervensi kelembagaan dan peningkatan literasi digital untuk mendorong transformasi pertanian berbasis teknologi di daerah pedesaan.

Kata Kunci:
adopsi teknologi, smart farming, kesiapan petani, sensor pupuk, kopi rakyat

ABSTRACT

This study aims to analyse the readiness level of smallholder coffee farmers in Central Aceh District to adopt smart farming technology, particularly the use of fertiliser sensors. The research employs both quantitative and qualitative approaches through Structural Equation Modelling (SEM) using SmartPLS 4.0. Data were collected from 100 farmers in four purposively selected sub-districts using proportional sampling. The results reveal that farmers' readiness is at a moderate level, with average scores for knowledge, motivation, and resource availability at 3.4. Farmer characteristics and access to information and infrastructure have a positive and significant influence on adoption readiness. The findings also highlight the mediating role of farmers' perceptions. The study underscores the need for institutional support and digital literacy enhancement to foster a technology-based agricultural transformation in rural areas.

Keywords:
Customer satisfaction, coffe shop and consumers.

How to Cite: F.Triady., E.Iskandar., S.kasimin., Y. Dwitya (2024). Analisis Kesiapan Petani dalam Mengadopsi Teknologi Smart Farming pada Perkebunan Kopi Rakyat di Kabupaten Aceh Tengah . *Jurnal Penelitian Agrisamudra. 13*(1):

Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu produsen kopi terbesar di dunia dan memainkan peran penting dalam perdagangan kopi global. Sebagian besar produksi kopi nasional berasal dari perkebunan rakyat yang dikelola oleh petani kecil dengan luas lahan kurang dari 5 hektar (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2023). Menurut Bunn et al. (2018), petani kecil menyumbang proporsi terbesar dalam ekspor kopi Indonesia. Data dari BPS (2024) menunjukkan bahwa dari total produksi kopi Indonesia sebesar 775 ribu ton per tahun, sebanyak 771 ribu ton berasal dari perkebunan rakyat.

Kabupaten Aceh Tengah merupakan salah satu wilayah utama penghasil kopi Robusta dan Arabika di Indonesia. Namun, produktivitas kopi di daerah ini cenderung mengalami penurunan dalam lima tahun terakhir, meskipun luas lahan mengalami sedikit peningkatan (BPS, 2024). Faktor-faktor yang menyebabkan penurunan tersebut meliputi perubahan iklim, ketidakpastian curah hujan, serangan hama, serta kondisi kesuburan tanah yang bervariasi berdasarkan ketinggian dan kelerengan lahan (Jaramilo, 2011; Rozi et al., 2023). Permasalahan ini menuntut adanya inovasi dan solusi berbasis teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi dan ketahanan sistem pertanian kopi.

Dalam konteks revolusi industri 4.0, teknologi smart farming hadir sebagai solusi potensial. Teknologi ini mengintegrasikan Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), dan berbagai sensor presisi untuk memantau dan mengelola proses pertanian secara real-time dan berkelanjutan (Navarro et al., 2020; Wang et al., 2021). Salah satu aplikasi yang sangat relevan untuk tanaman kopi adalah penggunaan sensor pupuk dan sensor pH tanah. Sensor-sensor ini memungkinkan petani untuk mendeteksi kebutuhan nutrisi tanaman secara presisi dan melakukan penyesuaian terhadap kondisi tanah secara tepat waktu, sehingga dapat meningkatkan efisiensi input dan hasil panen.

Namun demikian, tingkat adopsi teknologi smart farming di kalangan petani kopi rakyat di Aceh Tengah masih rendah. Bahri et al. (2024) menyatakan bahwa keterbatasan literasi digital, minimnya akses informasi, dan persepsi petani terhadap risiko teknologi baru, serta kurangnya pelatihan teknis menjadi hambatan utama. Di samping itu, meskipun teknologi telah berkembang secara global, perangkat seperti sensor pupuk dan pH tanah masih dalam tahap pengembangan atau belum tersedia secara luas di kalangan petani, terutama petani kopi di Kabupaten Aceh Tengah. Hal ini menunjukkan bahwa tantangan adopsi tidak hanya terletak pada aspek ketersediaan teknologi tetapi kesiapan individu petani itu sendiri.

Selain itu, faktor-faktor struktural seperti usia petani yang cenderung lanjut, tingkat pendidikan rendah, serta keterbatasan lahan dan pendapatan juga berpotensi mempengaruhi kesiapan mereka dalam menerima inovasi teknologi (FAO, 2021; Kumar et al., 2022). Berdasarkan hasil penelitian Rachman et al. (2024), faktor-faktor yang mempengaruhi literasi teknologi petani kopi di Kabupaten Aceh Tengah meliputi umur, tingkat pendidikan, luas lahan, pengalaman bertani, serta intensitas penggunaan internet dan penyuluhan. Semua faktor ini memiliki pengaruh signifikan terhadap tingkat literasi teknologi petani di daerah tersebut. Ketidaksiapan kelembagaan dan terbatasnya infrastruktur digital di pedesaan juga turut memperbesar kesenjangan

digital antara teknologi yang tersedia dengan kapasitas pengguna. Kondisi ini memerlukan perhatian serius untuk menciptakan sistem dukungan kelembagaan dan sosial yang mampu menjembatani kesenjangan tersebut.

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dilakukannya penelitian untuk mengukur tingkat kesiapan petani dalam mengadopsi teknologi smart farming dan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhinya.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Aceh Tengah, dengan fokus pada adopsi teknologi smart farming berupa sensor pupuk oleh petani kopi rakyat. Populasi dalam penelitian ini adalah petani kopi di empat kecamatan terpilih dari total dari 14 kecamatan di Kabupaten Aceh Tengah dengan total jumlah populasi sebanyak 10.907 petani, yang terdiri dari Kecamatan Atu Lintang sebanyak 1.992 petani; Kecamatan Pegasing sebanyak 3.094 petani; Kecamatan Bebesen sebanyak 2.953 petani; Kecamatan Bies sebanyak 2.868 petani (BPP, Aceh Tengah).

Pemilihan keempat kecamatan dilakukan secara purposive sampling berdasarkan tingkat produksi kopi selama 2 tahun terakhir (tertinggi dan terendah) serta keberadaan penelitian sebelumnya. Kecamatan Atu Lintang dan Pegasing dipilih sebagai wilayah dengan tingkat produksi tertinggi dalam dua tahun terakhir dan telah menjadi lokasi studi terdahulu, sedangkan Bebesen dan Bies mewakili wilayah dengan tingkat produksi terendah dan minim eksplorasi ilmiah sebelumnya. (BPS, 2024; Bahri, et al., 2024).

Penentuan jumlah sampel dilakukan dengan menggunakan rumus Slovin dengan tingkat kesalahan sebesar 10% maka diperoleh jumlah sampel penelitian sebanyak 100 responden. Sampel 100 responden tersebut didistribusikan secara proportional allocating sampling berdasarkan persentase populasi petani sehingga diperoleh distribusi sampel sebagai berikut: Kecamatan Atu Lintang 18 responden, Pegasing 28 responden, Bebesen 28 responden, dan Bies 26 responden.

Dari masing-masing kecamatan dipilih satu desa secara purposive, yaitu Desa Atu Lintang (Kecamatan Atu Lintang), Desa Pegasing (Kecamatan Pegasing), Desa Bebesen (Kecamatan Bebesen), dan Desa Lenga (Kecamatan Bies). Desa-desa ini dipilih dengan pertimbangan usia petani produktif. Setelah jumlah sampel perkecamatan ditentukan, pemilihan responden di masing-masing desa dilakukan secara simple random sampling (acak sederhana), tanpa menggunakan kriteria khusus tambahan. Teknik ini dipilih untuk memastikan bahwa semua petani dalam populasi memiliki peluang yang sama untuk menjadi responden, sehingga data yang diperoleh benar-benar mencerminkan kondisi populasi secara akurat dan representative.

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari observasi dan survei kuesioner terstruktur, yang dibagikan langsung kepada petani kopi rakyat di empat kecamatan terpilih. Data sekunder diperoleh dari dari instansi-instansi terkait, seperti Direktorat Jenderal Pertanian, Badan Pusat Statistik, Dinas Pertanian Kabupaten Aceh Tengah, Dinas Perkebunan Kabupaten Aceh Tengah, studi literatur dan kepustakaan yang

bersumber dari buku dan jurnal, dan sumber informasi lainnya yang relevan. Penelitian ini menggunakan dua pendekatan metode analisis, yaitu analisis deskriptif kualitatif dan analisis desktiptif kuantitatif dengan pendekatan Structural Equation Model (SEM), yang disesuaikan dengan masing-masing rumusan masalah penelitian.

Hasil dan Pembahasan

Tingkat Kesiapan Petani dalam Mengadopsi Teknologi Smart Farming

Tingkat kesiapan petani dalam mengadopsi teknologi smart farming diukur berdasarkan tiga indikator utama, yaitu pengetahuan terhadap teknologi smart farming (Y1.1), ketersediaan sumber daya (Y1.2), dan motivasi petani (Y1.3). Berdasarkan data yang dikumpulkan dari 100 responden petani kopi rakyat di Kabupaten Aceh Tengah, diketahui bahwa ketiga indikator tersebut memperoleh skor rata-rata pada rentang "sedang". Rata-rata skor indikator pengetahuan adalah 3,35, indikator ketersediaan sumber daya sebesar 3,4, dan indikator motivasi petani juga sebesar 3,4. Dengan demikian, secara umum dapat dikatakan bahwa kesiapan petani berada pada tingkat "sedang", namun masih menyisakan tantangan di beberapa aspek penting.

Tingkat pengetahuan petani terhadap smart farming memiliki peran signifikan dalam proses adopsi teknologi. Sebagaimana dikemukakan oleh Rogers (2003), pengetahuan merupakan tahap awal dalam proses inovasi yang memengaruhi keputusan adopsi seseorang terhadap suatu teknologi. Hasil survei menunjukkan bahwa mayoritas petani memiliki pemahaman dasar terhadap smart farming, meskipun belum secara menyeluruh memahami aspek teknis seperti sensor tanah. Pengetahuan yang cenderung umum ini diperoleh dari penyuluhan, cerita antarsesama petani, dan sebagian kecil dari pengalaman langsung. Hal ini sejalan dengan temuan Feder et al. (1985) yang menyebutkan bahwa petani kecil cenderung mengadopsi teknologi jika telah melihat keberhasilan nyata di lapangan atau melalui demonstrasi dalam konteks lokal.

Indikator ketersediaan sumber daya juga menjadi aspek penting dalam kesiapan adopsi teknologi. Petani kopi di Aceh Tengah sebagian besar menyatakan setuju bahwa mereka memiliki sumber daya yang cukup, baik dari segi tenaga kerja keluarga, lahan, dan pengorganisasian waktu kerja. Namun, akses terhadap sumber daya finansial untuk membeli atau memelihara perangkat smart farming masih menjadi tantangan. Hal ini diperkuat oleh hasil riset Yusuf et al. (2021) yang menunjukkan bahwa keterbatasan modal menjadi salah satu hambatan utama dalam implementasi teknologi digital pertanian di wilayah pedesaan. Oleh karena itu, meskipun terdapat kesiapan struktural, dibutuhkan dukungan eksternal dalam bentuk subsidi, kredit lunak, atau program pendampingan teknologi agar adopsi dapat berjalan optimal.

Selanjutnya, dari sisi motivasi petani, sebagian besar responden menunjukkan sikap positif terhadap penerapan smart farming. Motivasi tersebut muncul karena adanya harapan akan peningkatan hasil panen, efisiensi kerja, dan kemudahan pengelolaan kebun. Rata-rata skor indikator motivasi sebesar 3,4 menunjukkan bahwa petani merasa terdorong secara internal untuk mencoba hal baru, meskipun masih

berada pada tahap penyesuaian dan observasi. Menurut Ajzen (1991) dalam teori Planned Behavior, niat (intention) untuk melakukan tindakan baru seperti adopsi teknologi dipengaruhi oleh sikap, norma subjektif, dan persepsi kontrol terhadap tindakan tersebut. Jika lingkungan sosial dan struktur pendukung memadai, maka motivasi yang tinggi dapat menjadi pendorong utama dalam percepatan adopsi teknologi.

Secara keseluruhan, ketiga indikator tersebut saling melengkapi dan membentuk fondasi kesiapan petani terhadap transformasi digital di sektor pertanian. Meskipun tingkat kesiapan berada dalam kategori sedang, proses adopsi teknologi smart farming di kalangan petani kopi rakyat masih memerlukan penguatan pada aspek pemahaman teknis, pembiayaan, dan sistem dukungan kelembagaan. Dengan demikian, langkah-langkah strategis seperti peningkatan literasi teknologi, penyediaan insentif, dan penguatan kelompok tani serta koperasi digital menjadi sangat relevan untuk meningkatkan kesiapan sekaligus keberhasilan adopsi teknologi ini dalam jangka panjang.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kesiapan Petani Mengadopsi Teknologi Smart Farming

Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi kesiapan adopsi petani terhadap teknologi smart farming dilakukan menggunakan Structural Equation Model (SEM) dengan aplikasi Smart PLS 4.0 yang bertujuan untuk melihat korelasi antara variabel peubah laten eksogen (X) dengan variabel peubah laten endogen (Y). Adapun variabel peubah laten eksogen terdiri dari: karakteristik petani (X1), akses informasi dan infrastruktur (X2), dukungan kelembagaan (X3) dan persepsi petani (X4), sedangkan variabel peubah laten endogen yaitu kesiapan petani mengadopsi teknologi smart farming (Y1). Dalam analisis SEM terdiri dari 2 sub model pengukuran, yaitu: outer model dan inner model, sebagai berikut:

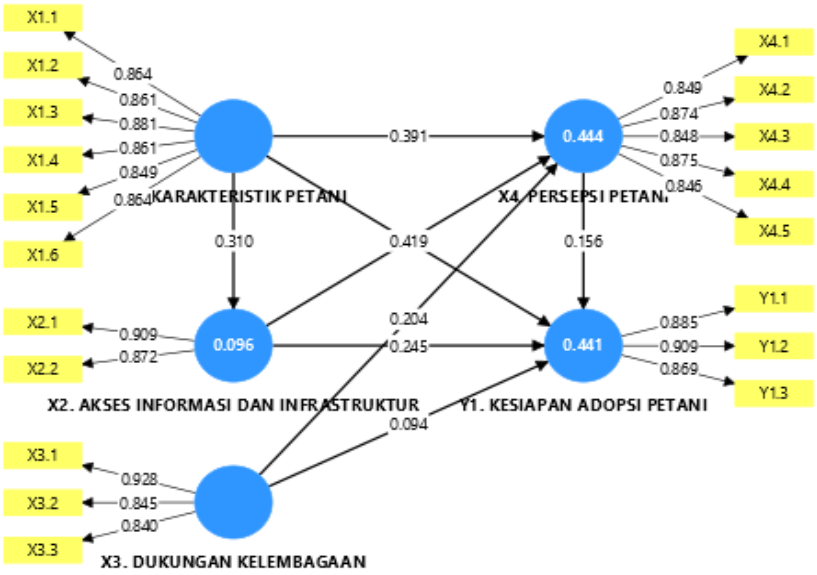
Pengujian Model Pengukuran (Outer Model)

Pengujian model pengukuran (outer model) dilakukan untuk melihat sejauh mana variabel manifest (observed variabel) dalam mempresentasi variabel laten (Ghozali and Latan 2015). Evaluasi outer model dilakukan untuk memastikan apakah variabel yang digunakan sudah valid dan realiabel dalam model pengukuran. Evaluasi outer model dengan menggunakan Smart PLS 4.0 terdiri dari 3 tahap pengujian yang terdiri dari analisis convergent validity, composite reliability dan discriminant validity, sebagai berikut:

Convergent Validity

Uji convergent validity bertujuan untuk mengetahui validitas setiap hubungan antara indikator dengan konstruk atau variabel latennya. Pengujian convergent validity dapat dilihat dari loading factor pada setiap indikator konstruk. Nilai loading factor > 0,7 adalah nilai ideal, artinya indikator tersebut valid dalam mengukur konstruk. Nilai tersebut menunjukkan persentasi sejauh mana konstruk mampu menjelaskan variasi

yang terdapat dalam indikator (Haryono 2017). Suatu model penelitian dapat di katakan valid apabila memiliki nilai loading factor > 0.6. Namun, selama model masih dalam tahap pengembangan, nilai loading factor antara 0,5-0,6 masih dapat diterima (Ghozali and Latan 2015). Untuk mengetahui nilai loading factor dari setiap indikator, dapat di lihat pada model pengukuran konstruk berikut:



Gambar 1. Model Pengukuran SEM

Berdasarkan hasil pengolahan data yang di tunjukkan pada Gambar 1. menunjukkan bahwa seluruh indikator konstruk sudah memenuhi kriteria (sudah valid) karena memiliki nilai loading factor >0,6 yang berarti indikator-indikator tersebut memiliki peran yang kuat dalam mengukur variabel laten. Nilai loading factor yang tinggi mengindikasikan bahwa model memiliki korelasi yang kuat antara konstruk laten dengan indikator-indikatornya. Seluruh indikator dari masing-masing variabel laten telah menunjukkan nilai loading factor di atas 0,8, bahkan beberapa mendekati atau melebihi 0,9, yang berarti bahwa validitas konvergen telah tercapai dengan sangat baik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa seluruh indikator dalam model ini telah memenuhi persyaratan convergent validity, sebagaimana diuraikan oleh Ghozali & Latan (2015). Artinya, model ini secara empiris telah terbukti memiliki kecocokan yang kuat antara indikator dan konstruknya, dan layak untuk digunakan dalam pengujian lebih lanjut melalui evaluasi reliabilitas komposit dan validitas diskriminan.

Uji Reliabilitas (Composite Reliability, Cronbach's Alpha dan Average Variance Extracted (AVE)

Uji reliabilitas di lakukan untuk mengetahui ukuran keakuratan, kekonsistenan dan ketepatan alat ukur untuk mengukur data. Uji reliabilitas suatu konstruk dapat dilakukan dengan melihat nilai composite reliability dan cronbach's alpha. Sebuah konstruk dianggap reliable jika nilai composite reliability-nya melebihi 0,7 dan nilai cronbach's alpha yang di sarankan berada di atas 0,6, serta nilai average variance

extracted (AVE) >0,5. Nilai composite reliability 0,6-0,7 dianggap memiliki reliabilitas yang baik Ghozali and Latan 2015). Untuk mengetahui nilai reabilitas composite reliability, cronbach's alpha dan average variance extracted (AVE) dari masing-masing konstruk pada penelitian ini yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai reliabilitas *Composite Reliability*, *Cronbach's Alpha* dan *Average Variance Extracted* (AVE)

No	Variabel	Cronbach's Alpha	Composite Reliability	Average Variance Extracted (AVE)
1	Karakteristik Petani (X1)	0.932	0.946	0.745
2	Akses Informasi dan Infrastruktur (X2)	0.740	0.884	0.793
3	Dukungan Kelembagaan (X3)	0.853	0.905	0.760
4	Persepsi Petani (X4)	0.911	0.933	0.737
5	Kesiapan Adopsi Petani (Y1)	0.866	0.918	0.788

Sumber: *Data Primer, (Diolah)*, 2024.

Berdasarkan output hasil olah data dengan Smart PLS yang di tunjukkan pada Tabel 1, dapat di lihat bahwa nilai composite reliability, cronbach alpha dan average variance reability dari masing-masing variabel berada di atas 0,7 ke atas. Dapat disimpulkan bahwa seluruh konstruk dalam penelitian ini telah memenuhi kriteria reliabilitas dan validitas konstruk yang baik. Ketiga ukuran tersebut secara komplementer menunjukkan keakuratan, konsistensi, dan stabilitas alat ukur dalam merepresentasikan variabel laten. Menurut Sugiyono (2013), instrumen variabel penelitian dengan nilai cronbach's alpha sebesar 0,6 atau lebih sudah dapat di katakan reliable dan masing-masing variabel pada konstruk juga memiliki nilai average variance extracted (AVE) > 0,5 yang berarti bahwa seluruh konstruk variabel sudah reliable, sehingga memiliki potensi untuk menghasilkan hasil yang stabil dan konsisten dalam mengukur konstruk.

Uji Validitas (Discriminant Validity)

Pengujian discriminant validity dapat dilakukan dengan memperhatikan nilai fornell-larcker criterion. Pengujian discriminant validity dengan fornell-larcker criterion, dapat dikatakan baik, apabila nilai akar dari AVE pada konstruk lebih tinggi dibandingkan dengan korelasi konstruk dengan variabel laten lainnya (Sekaran and Bougie 2016). Berikut hasil pengujian discriminant validity berdasarkan nilai fornell-larcker criterion, sebagaimana dapat di lihat pada Tabel 2.

Tabel 2. *Discriminant Validity* Berdasarkan *Fornell-Larcker Criterion*

No	Variabel	X1.	X2.	X3.	X4.	Y1.	Ket.
1	Karakteristik Petani (X1)	0.863					Valid
2	Akses Informasi dan Infrastruktur (X2)	0.310	0.890				Valid
3	Dukungan Kelembagaan (X3)	-0.041	0.007	0.872			Valid
4	Persepsi Petani (X4)	0.506	0.520	0.190	0.858		Valid

5	Kesiapan Adopsi Petani (Y1)	0.570	0.457	0.108	0.514	0.888	Valid

Sumber: *Data Primer, (Diolah)*, 2024.

Berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan fornell-larcker criterion yang dapat di lihat pada Tabel 2, menunjukkan bahwa nilai akar AVE pada setiap konstruk laten lebih tinggi dibandingkan dengan korelasi konstruk dengan variabel laten lainnya yang mengindikasikan bahwa konstruk laten dapat memprediksi indikatornya lebih baik dari pada konstruk lainnya, sehingga persyaratan nilai discriminant validity sudah terpenuhi dan dapat di terima (valid).

Pengujian Model Struktural (Inner Model)

Inner model merupakan model struktural yang digunakan untuk memprediksi hubungan kausalitas (hubungan sebab-akibat) antar variabel laten atau variabel yang tidak dapat diukur secara langsung. Inner model dapat di evaluasi dengan melihat nilai koefisien determinasi (R-Square) pada konstruk endogen dan estimasi path coefficients yang dilakukan melalui prosedur uji Bootstrapping, sebagai berikut:

Koefisien Determinasi (R-Square)

Koefisien Determinasi (R-Square) merupakan suatu nilai yang memperlihatkan seberapa besar variabel independen (eksogen) mempengaruhi variabel dependen (endogen). Nilai R-Square merepresentasikan jumlah variance dari konstruk yang dijelaskan oleh model. Semakin tinggi nilai R-Square, maka akan semakin besar kekuatan penjelasan dari model struktural PLS, sehingga semakin baik prediksi terhadap konstruk endogen. Menurut Chin (1998). Nilai R-Square terdiri dari 3 kriteria, yaitu: 0,67 untuk kategori substansial (kuat), 0,33 untuk kategori moderat (sedang) dan 0,19 untuk kategori weak (lemah).

Tabel. 3.Nilai Koefisien Determinasi (R-Square)

No	Variabel	*R-Square*	*R-Square Adjusted*
1	Akses Informasi dan Infrstruktur	0,096	0,087
2	Persepsi Petani	0,444	0,426
3	Kesiapan Adopsi Petani (Y1)	0.441	0.418

Sumber: Data Primer, (Diolah), 2024

Berdasarkan Tabel 3, dapat diketahui bahwa nilai koefisien determinasi (R-Square) pada konstruk variabel akses informasi dan infrastruktur (X2), yaitu sebesar 0,096. Hal ini menunjukkan bahwa variabel karakteristik petani (X1) sebesar 0,096% dan sisanya sebesar 99,04% merupakan kontribusi dari peubah lain di luar model penelitian ini, Nilai ini tergolong rendah ($R^2 < 0.19$) menurut Chin (1998), yang menunjukkan bahwa kemampuan prediksi dari model terhadap variabel X2 masih sangat terbatas.

Menurut Ozili (2023), nilai R-Square rendah minimal 0,10 dapat diterima dalam pemodelan empiris ilmu sosial asalkan beberapa atau sebagian besar variabel penjelas signifikan secara statistik yang berarti bahwa model regresi yang mempunyai R-Square

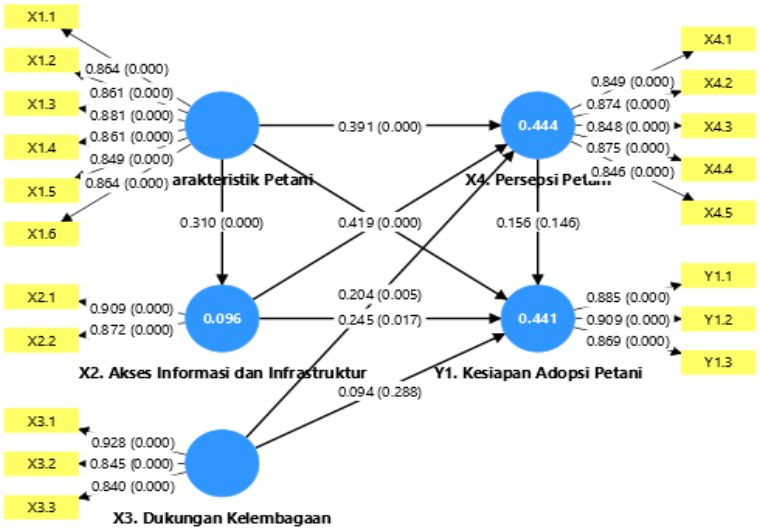
rendah merupakan model yang baik jika beberapa variabel penjelasnya signifikan secara statistik. Oleh karena itu, model regresi dalam penelitian ilmu sosial tidak boleh dibuang hanya karena memiliki nilai R-square yang rendah. Nilai R-Square yang rendah bukanlah menjadi suatu ukuran kekuatan penjelas dalam sebuah model.

Persepsi petani sebagai konstruk endogen kedua menunjukkan nilai R^2 sebesar 0.444, atau 44,4%. Ini mengindikasikan bahwa hampir setengah dari variansi pada persepsi petani dapat dijelaskan oleh konstruk eksogen seperti Karakteristik Petani (X1), Akses Informasi dan Infrastruktur (X2), dan Dukungan Kelembagaan (X3). Dalam konteks SEM, nilai ini masuk ke dalam kategori moderate (sedang) menurut klasifikasi Chin (1998) yang artinya, model ini cukup baik dalam menjelaskan persepsi petani terhadap pertanian modern, keberlanjutan, atau adopsi inovasi teknologi.

Konstruk endogen ketiga, yaitu kesiapan petani dalam mengadopsi terhadap inovasi atau teknologi, memperoleh nilai R-square sebesar 0.441 atau 44,1%. Ini menunjukkan bahwa konstruksi model mampu menjelaskan sebesar 44,1% dari total variasi kesiapan petani dalam mengadopsi teknologi. Nilai ini juga tergolong moderat, dan menandakan bahwa model memiliki kemampuan prediktif yang cukup layak untuk diterima dalam konteks penelitian sosial dan pertanian.

Path Coefficients

Evaluasi path coefficients digunakan untuk menunjukkan seberapa kuat efek atau pengaruh variabel eksogen terhadap variabel endogen yang dapat di lihat dari nilai korelasi direct effect dan indirect effect. Direct effect adalah pengaruh langsung dari variabel laten eksogen ke variabel laten endogen, sedangkan indirect effect pengaruh tidak langsung dari variabel laten eksogen ke variabel laten endogen melalui variabel perantara endogen sebagai mediasi. Apabila nilai path coefficients berada pada rentang 0 sampai dengan 1, maka dapat dinyatakan positif, sedangkan apabila nilai berada pada rentang -1 sampai dengan 0 maka dapat dinyatakan negatif (Ghozali and Latan 2015).



Gambar 5. Path Coefficients diagram

Tabel 4. Hasil analisis Path Coefficients (direct effect)

No	Pengaruh Antar Variabel	Original Sample (O)	Sample Mean (M)	Standard Deviation (STDEV)	T statistics (|O/STDEV|)	P-Values
1	X1. Karakteristik Petani -> X2. Akses Informasi dan Infrastruktur	0,3310	0,318	0,077	4,007	0,000
2	X1. Karakteristik Petani -> X4. Persepsi Petani	0,391	0,386	0,077	5,084	0,000
3	X1. Karakteristik Petani -> Y1. Kesiapan Adopsi Petani	0,419	0,420	0,093	4,523	0,000
4	X2. Akses Informasi dan Infrastruktur -> X4. Persepsi Petani	0,398	0,396	0,077	5,188	0,000
5	X2. Akses Informasi dan Infrastruktur -> Y1. Kesiapan Adopsi Petani	0,245	0,239	0,103	2,386	0,017
6	X3. Dukungan Kelembagaan -> X4. Persepsi Petani	0,204	0,208	0,072	2,816	0,005
7	X3. Dukungan Kelembagaan -> Y1. Kesiapan Adopsi Petani	0,094	0,094	0,089	1,062	0,288
8	X4. Persepsi Petani -> Y1. Kesiapan Adopsi Petani	0,156	0,160	0,107	1,454	0,146

Sumber: Data Primer, (Diolah), 2024.

Berikut model persamaan struktural yang dapat di turunkan berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi kesiapan adopsi petani (Y1) dari hasil analisis path coefficients, yaitu:

$$\mathbf{Y1 = 0.419X1 + 0.245X2 + \varepsilon}$$

Keterangan:

Y1: Kesiapan Adopsi Petani

X1: Karakteristik Petani

X2: Akses Informasi dan Infrastruktur

ε: Error term atau sisa pengaruh dari variabel lain yang tidak diteliti

Berdasarkan hasil analisis path coefficient yang di lakukan melalui uji Bootstrapping, sebagaimana di tunjukkan pada Tabel 4 dapat diketahui pengaruh langsung (direct effect) antara variabel X dan Y berdasarkan nilai signifikansi p-value <0,05. Menurut Hair. et al. (2014), hipotesis dapat diterima pada tingkat signifikansi P-value lebih kecil dari 0,05. Berikut ini hasil interpretasi hipotesis pengaruh langsung (direct effect), sebagai berikut:

Pengaruh langsung karakteristik petani (X1) terhadap kesiapan adopsi petani (Y1) adalah sebesar 0,419, yang artinya jika karakteristik petani (X1) meningkat 1%, maka kesiapan adopsi petani (Y1) akan meningkatkan sebesar 41,9%. Pengaruh ini bersifat positif dan signifikan karena p-value < 0,05.

Pengaruh langsung akses informasi dan infrastruktur (X2) terhadap kesiapan adopsi petani (Y1) adalah sebesar 0,245, yang artinya jika akses informasi dan infrastruktur (X2) meningkat 1%, maka kesiapan adopsi petani (Y1) akan meningkatkan sebesar 24,5%. Pengaruh ini bersifat positif dan signifikan karena p-value < 0,05.

Tabel 5. Hasil Analisis *Path Coefficients* (*Indirect Effects*)

No	Pengaruh Antar Variabel	Original Sample (O)	Sample Mean (M)	Standard Deviation (STDEV)	T statistics (|O/STDEV|)	P-Values
1	X1. Karakteristik Petani -> X4. Persepsi Petani	0,123	0,127	0,041	3,011	0,003
2	X1. Karakteristik Petani -> Y1. Kesiapan Adopsi Petani	0,156	0,157	0,057	2,767	0,006
3	X2. Akses Informasi dan Infrastruktur -> Y1. Kesiapan Adopsi Petani	0,062	0,065	0,047	1,311	0,190
4	X3. Dukungan Kelembagaan -> Y1. Kesiapan Adopsi Petani	0,032	0,034	0,027	1,189	0,234

Sumber: Data Primer, (Diolah), 2024.

Berdasarkan hasil analisis path coefficient untuk pengaruh tidak langsung (Indirect Effects) yang disajikan pada Tabel 5 dapat dipahami lebih dalam bagaimana pola hubungan antar variabel eksogen (X) dan variabel endogen (Y) terjadi melalui variabel mediator dalam model penelitian ini. Interpretasi dilakukan dengan memperhatikan nilai T-statistics dan P-Values, di mana pengaruh dinyatakan signifikan apabila P-Value < 0.05. Berikut ini hasil interpretasi hipotesis pengaruh tidak langsung (indirect effect), sebagai berikut:

1. Pengaruh tidak langsung karakteristik petani (X1) terhadap persepsi petani (X4) adalah sebesar 0,123, yang artinya jika karakteristik petani (X1) meningkat 1%, maka akan meningkatkan secara tidak langsung persepsi petani (X4) sebesar

12,3%. Pengaruh ini bersifat positif dan signifikan, karena nilai p-value sebesar 0,003 < 0,05.

2. Pengaruh tidak langsung karakteristik petani (X1) terhadap kesiapan adopsi petani (Y1) melalui persepsi petani (X4) adalah sebesar 0,156, yang artinya jika karakteristik petani (X1) meningkat 1%, maka akan meningkatkan secara tidak langsung kesiapan adopsi petani (Y1) sebesar 15,6% melalui persepsi petani (X4). Pengaruh ini bersifat positif dan signifikan, karena nilai p-value sebesar 0,006 < 0,05.
3. Pengaruh tidak langsung akses informasi dan infrastruktur (X2) terhadap kesiapan adopsi petani (Y1) melalui persepsi petani (X4) adalah sebesar 0,062, yang artinya jika akses informasi dan infrastruktur (X2) meningkat 1%, maka akan meningkatkan secara tidak langsung kesiapan adopsi petani (Y1) sebesar 6,2% melalui persepsi petani (X4). Pengaruh ini bersifat positif, tetapi tidak signifikan karena nilai p-value sebesar 0,190 > 0,05.
4. Pengaruh tidak langsung dukungan kelembagaan (X3) terhadap kesiapan adopsi petani (Y1) melalui persepsi petani (X4) adalah sebesar 0,032, yang artinya jika dukungan kelembagaan (X3) meningkat 1%, maka akan meningkatkan secara tidak langsung kesiapan adopsi petani (Y1) sebesar 3,2% melalui persepsi petani (X4). Pengaruh ini bersifat positif, tetapi tidak signifikan karena nilai p-value sebesar 0,234 > 0,05.

Secara keseluruhan, dari empat jalur pengaruh tidak langsung yang dianalisis, hanya jalur Karakteristik Petani (X1) → Persepsi Petani (X4) → Kesiapan Adopsi (Y1) yang menunjukkan pengaruh signifikan dan positif. Temuan ini mempertegas bahwa persepsi petani memainkan peran mediasi yang penting dalam mendorong kesiapan adopsi teknologi smart farming.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan terhadap kesiapan petani kopi rakyat di Kabupaten Aceh Tengah dalam mengadopsi teknologi smart farming, maka dapat disimpulkan beberapa hal penting sebagai berikut:

1. Tingkat kesiapan petani kopi dalam mengadopsi teknologi smart farming di Kabupaten Aceh Tengah berada pada kategori "sedang" dengan skor rata-rata indikator sebesar 3,4 dari skala 5. Kesiapan ini terlihat dari rata-rata skor pengetahuan, motivasi petani serta ketersediaan sumber daya yang mendukung, Hal ini menunjukkan bahwa petani merasa cukup siap untuk mengadopsi teknologi smart farming berupa sensor pupuk, meskipun sebagian petani belum sepenuhnya memahami konsep smart farming secara mendalam, mereka memiliki kemauan dan kesiapan dasar untuk mengadopsinya, terutama jika diberikan pelatihan, pendampingan, dan modal.
2. Karakteristik petani (X1) dan informasi infrastruktur (X2) berpengaruh positif terhadap kesiapan petani (Y1) dengan masing-masing nilai p-value sebesar 0,000 dan 0,017 < 0,05. Karakteristik petani seperti usia, tingkat pendidikan, luas lahan,

pendapatan, dan pengalaman bertani, berperan penting dalam membentuk persepsi petani terhadap teknologi smart farming. Persepsi yang positif terbukti menjadi perantara (mediator) yang signifikan dalam meningkatkan kesiapan adopsi teknologi. Akses informasi dan infrastruktur, serta dukungan kelembagaan, memiliki pengaruh langsung yang positif terhadap kesiapan adopsi petani, tetapi tidak signifikan secara tidak langsung melalui persepsi. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan fasilitas dan lembaga belum sepenuhnya membentuk persepsi petani, namun tetap berkontribusi terhadap kesiapan mereka untuk menerima teknologi baru secara langsung.

Daftar Pustaka

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. Organizational Behavior and Human Decision Processes, 50(2), 179–211. https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T

Bahri, TS, Manyamsari I, Putri RJ, Iskandar E. 2024. Technology Needs Assessment For The Development Of Smart Coffee Production In Aceh, Indonesia. IOP Conference Series: Earth And Environmental Science, 1290, Pp.1-10.

BPS Aceh Tengah. (2020). Statistik Daerah Kabupaten Aceh Tengah. Takengon: BPS Aceh Tengah.

BPS (Badan Pusat Statistik). (2024). Statistik Perkebunan Indonesia: Kopi 2022–2023. Jakarta: BPS RI.

Bunn, C., Läderach, P., & Fernández, R. (2018). Agricultural Adaptation to Climate Change: A Case Study of Coffee in Indonesia. Climate Services, 10, 24–32. https://doi.org/10.1016/j.cliser.2017.05.001

Chin, W. W. (1998). The partial least squares approach to structural equation modeling. Dalam G. A. Marcoulides (Ed.), Modern Methods for Business Research (hlm. 295–336). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Direktorat Jenderal Perkebunan. Pedoman Teknis Pengembangan Perkebunan Kopi Rakyat. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Feder, G., Just, R. E., & Zilberman, D. (1985). Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey. Economic Development and Cultural Change, 33(2), 255–298. https://doi.org/10.1086/451461

Ghozali, I., & Latan, H. (2015). Partial Least Squares: Konsep, Teknik dan Aplikasi SmartPLS 2.0 M3 untuk Penelitian Empiris. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.

Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2014). A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM). SAGE Publications, Inc.

ISBN: 9781452217444

Haryono, S. (2017). Metode SEM untuk Penelitian Manajemen dengan AMOS LISREL PLS. Jakarta: Luxima Metro Media.

Jaramillo, A. (2011). Climate Change and Coffee: The Impacts of Warming Temperatures on Coffee Production. Journal of Agricultural Sustainability, 6(4), 55–70.

Navarro, J., Silva, A., & Molina, M. (2020). Smart Farming: The Future of Agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, 170, 105248. https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105248

Ozili, P. K. (2023). On the acceptable R-squared values in empirical modelling. SSRN Electronic Journal. https://doi.org/10.2139/ssrn.4537599

Rachman, A., Iskandar, E., Azhar. (2024). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Literasi Teknologi Smart Farming pada Petani Kopi di Kabupaten Aceh Tengah. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian, 9(4), November 2024. www.jim.usk.ac.id/JFP

Rogers, E. M. (2003). Diffusion of innovations (5th ed.). New York: Free Press.

Rozi, R., Nasution, A., & Zikri, A. (2023). Analisis Kesesuaian Lahan dan Status Kesuburan Tanah untuk Tanaman Kopi di Dataran Tinggi Aceh Tengah. Jurnal Tanah dan Iklim, 47(2), 123–132.

Sekaran, U., & Bougie, R. (2016). Research Methods for Business: A Skill-Building Approach (7th ed.). Chichester, UK: Wiley.

Sugiyono. (2017). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Bandung: Alfabeta.

Yusuf, M., Hermansyah, H., & Andriani, R. (2021). Digital Transformation of Agriculture in Indonesia: Barriers and Strategies to Overcome Them. IOP Conference Series: Earth and Environmental Scienc. 948,012030. https://doi.org/10.1088/1755-1315/948/1/012030