



Optimalisasi GAP Budidaya Kopi Arabika Berbasis Konservasi Tanah dan Air untuk Mendukung Keberlanjutan Perkebunan di Kabupaten Kuningan

Faozi Muhamad

Politeknik Siber Cerdika Internasional, Cirebon, Indonesia

Email: faozimuhamad@polteksci.ac.id

Keywords:

Good Agricultural Practices (GAP); Arabica coffee; Soil and water conservation; Plantation sustainability; Kuningan Regency

Abstract

Arabica coffee cultivation in Kuningan Regency faces challenges of land degradation, soil erosion, and productivity instability due to the implementation of Good Agricultural Practices (GAP) that are not optimal, especially in the aspect of soil and water conservation. This study aims to analyze and optimize the application of GAP based on soil and water conservation on the productivity, quality, and sustainability of Arabica coffee plantations. The research uses a quantitative approach with a survey method on smallholder coffee plantations in the highland areas of Kuningan Regency. Independent variables include soil management, water conservation, shade systems, balanced fertilization, and integrated plant pest control, while dependent variables include productivity, farming efficiency, and sustainability index. Data were analyzed using descriptive statistics and Structural Equation Modeling–Partial Least Squares (SEM-PLS) to identify causal relationships between variables. The results of the study show that the implementation of GAP based on soil and water conservation has a significant and positive effect on increasing the productivity and sustainability of Arabica coffee farming, with conservative land management and shade systems as the dominant factors. The resulting GAP optimization model is able to increase production efficiency [A1.1] while reducing the risk of environmental degradation. This finding confirms the importance of integrating soil and water conservation in GAP as the basis for the formulation of a sustainable Arabica coffee plantation development policy in Kuningan Regency.

Kata Kunci:

Good Agricultural Practices (GAP); Kopi Arabika; Konservasi tanah dan air; Keberlanjutan perkebunan; Kabupaten Kuningan

Abstrak

Budidaya kopi Arabika di Kabupaten Kuningan menghadapi tantangan degradasi lahan, erosi tanah, dan ketidakstabilan produktivitas akibat penerapan Good Agricultural Practices (GAP) yang belum optimal, khususnya pada aspek konservasi tanah dan air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengoptimalkan penerapan GAP berbasis konservasi tanah dan air terhadap produktivitas, mutu, dan keberlanjutan perkebunan kopi Arabika. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survei pada perkebunan kopi rakyat di wilayah dataran tinggi Kabupaten Kuningan. Variabel independen meliputi pengelolaan tanah, konservasi air, sistem naungan, pemupukan berimbang, dan pengendalian organisme pengganggu tanaman terpadu, sedangkan variabel dependen meliputi produktivitas, efisiensi usahatani, dan indeks keberlanjutan. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan Structural Equation Modeling–Partial Least Squares (SEM-PLS) untuk mengidentifikasi hubungan kausal antarvariabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan GAP berbasis konservasi tanah dan air berpengaruh signifikan dan positif terhadap peningkatan produktivitas dan keberlanjutan usahatani kopi Arabika, dengan pengelolaan lahan konservatif dan sistem naungan sebagai faktor dominan. Model optimasi GAP yang dihasilkan mampu meningkatkan efisiensi

produksi [A11] sekaligus menekan risiko degradasi lingkungan. Temuan ini menegaskan pentingnya integrasi konservasi tanah dan air dalam GAP sebagai dasar perumusan kebijakan pengembangan perkebunan kopi Arabika berkelanjutan di Kabupaten Kuningan.

PENDAHULUAN

Kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan strategis dengan nilai ekonomi tinggi dan komoditas ekspor unggulan Indonesia. Di tengah meningkatnya permintaan global, produktivitas dan kualitas kopi Arabika menjadi faktor kunci dalam daya saing produk kopi nasional. Indonesia menduduki peringkat keempat sebagai produsen kopi terbesar dunia, dengan produksi tahunan mencapai ratusan ribu ton, di mana kopi Arabika berkontribusi signifikan terhadap nilai ekspor komoditas kopi nasional. Data terbaru menunjukkan bahwa Indonesia menghasilkan sekitar 789.000 ton kopi per tahun, dengan Arabika mencapai sekitar 150.000 ton dari total produksi tersebut, mencerminkan peran penting varietas ini dalam struktur produksi nasional (Andri K.B., 2025). Penerapan *Good Agricultural Practices* (GAP) dalam budidaya kopi telah terbukti mampu meningkatkan produktivitas, mutu fisik biji, serta efisiensi usaha tani melalui pengelolaan lahan, pemupukan berimbang, konservasi tanah dan air, sistem naungan yang tepat, serta pengendalian organisme pengganggu tanaman secara terpadu (Pratiwi et al., 2022; Food and Agriculture Organization, 2023). Studi terbaru menunjukkan bahwa adopsi GAP secara konsisten dapat meningkatkan produktivitas hingga 20 – 35 % serta memperbaiki mutu biji kopi yang memenuhi standar ekspor dan specialty grade (Rahardjo et al., 2021; Widiastuti et al., 2024).

Permintaan global yang meningkat telah mendorong perluasan budidaya kopi Arabika di wilayah dataran tinggi Indonesia, seperti Jawa Barat, termasuk Kabupaten Kuningan. Namun, tantangan agronomis dan lingkungan masih nyata: rendahnya penerapan praktik budidaya yang baik berbasis konservasi tanah dan air berpotensi mengakibatkan degradasi lahan, erosi tanah, serta penurunan produktivitas lahan secara jangka panjang. Hal ini senada dengan temuan bahwa praktik agrikultur yang tidak memperhatikan konservasi dapat merusak kesehatan tanah dan siklus air, sehingga menghambat keberlanjutan produksi tanaman perkebunan (Jones, K., 2025).

Good Agricultural Practices (GAP) merupakan kerangka standar manajemen budidaya yang dirancang untuk meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga kualitas lingkungan melalui pengelolaan sumber daya secara efisien dan berkelanjutan. Studi kuantitatif terbaru menegaskan peran GAP dalam meningkatkan kualitas biji kopi dan sistem produksi secara umum. Di Simalungun, penerapan GAP terbukti berkontribusi pada perbaikan mutu kopi berbasis standar SNI, meskipun penerapannya masih belum optimal di tingkat petani (Silitonga, Y., 2025). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa pemahaman petani terhadap GAP masih belum merata, terutama pada aspek pemilihan benih, pemupukan, dan pengendalian hama, yang berdampak pada produktivitas kopi secara keseluruhan (Harahap, R. H., et al, 2025). Data empiris dan penelitian ini menegaskan pentingnya melengkapi upaya optimalisasi GAP untuk meningkatkan efisiensi produksi dan mutu hasil budidaya kopi Arabika di Indonesia.

Budidaya kopi Arabika umumnya dilakukan di kawasan dataran tinggi yang rawan erosi dan kehilangan unsur hara akibat topografi lereng. Dampak negatif dari erosi tanah dapat mengurangi kualitas tanah, menurunkan kapasitas penyimpanan air, dan pada gilirannya menurunkan produktivitas tanaman kopi dalam jangka panjang (Pakaya et al., 2025; Prihartini et al., 2025). Penelitian di dataran tinggi Gayo menunjukkan bahwa karakteristik lahan dan erosi secara signifikan memengaruhi hasil produksi Arabika, sehingga perlu perhatian konservasi tanah pada praktik budidaya (Manfarizah, 2025).

Konservasi tanah dan air merupakan elemen penting yang mendukung keberlanjutan budidaya kopi Arabika. Teknik seperti pengelolaan mulsa, sistem naungan agroforestri, dan retensi air tanah telah diketahui berpotensi meningkatkan ketersediaan air serta meminimalkan erosi permukaan tanah, sekaligus sebagai strategi adaptasi terhadap perubahan iklim. Penelitian tingkat pengelolaan mulsa, misalnya, menunjukkan bahwa mulsa dapat membantu mempertahankan kelembapan tanah serta mengurangi kehilangan air melalui evapotranspirasi, yang selaras dengan prinsip manajemen sumber daya air yang efektif untuk kopi Arabika (Castanheira, E. G. et al, 2022).

Selain itu, penggunaan teknik konservasi seperti rorak pada lahan kopi terbukti dapat meningkatkan sifat fisik dan kimia tanah, termasuk tinggi kadar lengas tanah dan unsur hara penting bagi tanaman, yang tentu berdampak positif terhadap pertumbuhan tanaman dan produktivitasnya (Beta, 2022). Dalam konteks ini, pendekatan GAP yang terintegrasi dengan teknik konservasi tanah dan air diharapkan akan meningkatkan keberlanjutan budidaya dalam jangka panjang, terutama di kawasan lereng seperti Kabupaten Kuningan.

Pentingnya pengelolaan air juga terlihat dalam uji manajemen air bagi pembibitan kopi Arabika, di mana interval irigasi dan bantuan bahan yang mampu mempertahankan kelembapan tanah terbukti meningkatkan pertumbuhan awal bibit kopi Arabika, suatu indikasi bahwa aspek konservasi air memiliki peran penting dalam produktivitas tanaman (Silva, M. O. et al, 2025).

Literatur lain juga menyoroti meningkatnya fokus pada praktik pertanian yang ramah lingkungan, seperti penerapan agroforestri, konservasi tanah, dan sistem produksi berkelanjutan guna mendukung ketahanan sistem budidaya kopi terhadap tekanan iklim serta menjaga kualitas sumber daya tanah dan air (Echchabi A. et al, 2023). Studi internasional menggarisbawahi tren global dalam penelitian kopi Arabika pada aspek keberlanjutan termasuk di antaranya teknik budidaya yang memperhatikan lingkungan, konservasi sumber daya, serta adaptasi terhadap perubahan iklim (Abdelwahab S.I. et al, 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara kuantitatif pengaruh penerapan *Good Agricultural Practices* (GAP) budidaya kopi Arabika berbasis konservasi tanah dan air terhadap produktivitas, efisiensi usahatani, dan keberlanjutan perkebunan kopi di Kabupaten Kuningan. Secara khusus, penelitian ini bertujuan mengidentifikasi indikator GAP berbasis konservasi tanah dan air yang paling berpengaruh terhadap kinerja produksi kopi Arabika; Menyusun model optimasi penerapan GAP yang adaptif terhadap karakteristik agroekosistem dataran tinggi; Serta mengukur kontribusi integrasi praktik konservasi dalam GAP terhadap peningkatan ketahanan sistem budidaya kopi secara ekonomi dan ekologis. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah bagi perumusan rekomendasi teknis dan kebijakan pengembangan perkebunan kopi Arabika berkelanjutan di tingkat daerah maupun nasional.

Berbagai penelitian telah mengkaji penerapan *Good Agricultural Practices* (GAP) pada

budidaya kopi Arabika, kajian yang secara spesifik mengintegrasikan dan mengkuantifikasi aspek konservasi tanah dan air sebagai komponen inti dalam GAP serta dampaknya terhadap keberlanjutan usahatani masih terbatas, khususnya pada skala perkebunan rakyat di wilayah dataran tinggi Jawa Barat. Oleh karena itu, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana tingkat penerapan GAP berbasis konservasi tanah dan air pada perkebunan kopi Arabika di Kabupaten Kuningan; Sejauh mana praktik konservasi tersebut memengaruhi produktivitas dan efisiensi usahatani kopi Arabika; Serta indikator GAP berbasis konservasi apa yang memiliki pengaruh dominan terhadap keberlanjutan sistem budidaya. Kebaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada pengembangan model optimasi GAP yang tidak hanya berorientasi pada peningkatan produksi, tetapi juga secara simultan mengintegrasikan dimensi konservasi tanah dan air sebagai variabel laten penentu keberlanjutan perkebunan kopi Arabika berbasis data empiris lokal.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan Good Agricultural Practices (GAP) berbasis konservasi tanah dan air terhadap produktivitas, efisiensi usaha tani, dan keberlanjutan perkebunan kopi Arabika di Kabupaten Kuningan. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi indikator GAP berbasis konservasi yang paling berpengaruh terhadap kinerja budidaya kopi Arabika, menyusun model optimasi penerapan GAP yang sesuai dengan karakteristik agroekosistem dataran tinggi, serta mengukur kontribusi integrasi praktik konservasi terhadap peningkatan ketahanan ekonomi dan ekologis sistem perkebunan kopi rakyat.

Adapun manfaat penelitian ini dapat dilihat dari dua sisi. Secara teoritis, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya pengembangan ilmu perkebunan dan agribisnis, khususnya dalam kajian tentang integrasi konservasi tanah dan air ke dalam kerangka Good Agricultural Practices pada budidaya kopi Arabika. Penelitian ini juga diharapkan memberikan kontribusi ilmiah dalam penyusunan model hubungan kausal antara praktik budidaya, produktivitas, efisiensi usaha tani, dan keberlanjutan perkebunan. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan menjadi dasar bagi petani, penyuluh, pemerintah daerah, dan pemangku kepentingan lainnya dalam merumuskan strategi pengelolaan perkebunan kopi Arabika yang lebih produktif, efisien, dan berkelanjutan. Selain itu, temuan penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam penyusunan rekomendasi teknis maupun kebijakan pengembangan perkebunan kopi Arabika berbasis konservasi di Kabupaten Kuningan dan wilayah lain yang memiliki karakteristik serupa.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode penelitian survei eksplanatori, yang bertujuan untuk menjelaskan hubungan kausal antara penerapan *Good Agricultural Practices* (GAP) berbasis konservasi tanah dan air dengan produktivitas, efisiensi usahatani, dan keberlanjutan perkebunan kopi Arabika. Pendekatan kuantitatif dipilih karena mampu mengukur tingkat penerapan GAP dan dampaknya secara objektif melalui indikator terukur serta memungkinkan pengujian hipotesis secara statistik. Penelitian ini bersifat *cross-sectional*, di mana pengambilan data dilakukan pada satu periode waktu tertentu untuk menggambarkan kondisi aktual penerapan GAP pada perkebunan kopi Arabika rakyat di Kabupaten Kuningan.

Penelitian ini dilaksanakan pada perkebunan kopi Arabika rakyat yang tersebar di

wilayah dataran tinggi Kabupaten Kuningan, Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Secara geografis, lokasi penelitian berada pada kisaran ketinggian ± 900 s.d 1.500 m di atas permukaan laut dengan karakteristik agroklimat basah dan topografi berbukit hingga bergelombang, yang merupakan kondisi ideal bagi pengembangan kopi Arabika namun sekaligus rentan terhadap erosi dan degradasi lahan apabila praktik konservasi tanah dan air tidak diterapkan secara optimal. Kabupaten Kuningan dipilih sebagai lokasi penelitian karena merupakan salah satu sentra pengembangan kopi Arabika di Jawa Barat dengan sistem budidaya yang didominasi oleh perkebunan rakyat dan tingkat penerapan *Good Agricultural Practices* yang masih beragam. Penelitian ini dilaksanakan selama periode Januari hingga Desember 2025, yang mencakup tahap persiapan, pengumpulan data lapangan melalui survei dan observasi, pengolahan data, serta analisis statistik untuk mengkaji pengaruh penerapan GAP berbasis konservasi tanah dan air terhadap produktivitas, efisiensi usahatani, dan keberlanjutan perkebunan kopi Arabika.

Lokasi penelitian ditentukan secara *purposive* di Kabupaten Kuningan, Provinsi Jawa Barat, dengan pertimbangan bahwa wilayah ini merupakan sentra pengembangan kopi Arabika dataran tinggi dan memiliki variasi penerapan GAP serta praktik konservasi tanah dan air. Responden penelitian adalah petani kopi Arabika rakyat yang aktif melakukan kegiatan budidaya. Penentuan jumlah sampel dilakukan menggunakan teknik *proportional random sampling* pada kelompok tani kopi di lokasi penelitian, dengan jumlah responden disesuaikan dengan kebutuhan analisis *Structural Equation Modeling–Partial Least Squares* (SEM-PLS), yaitu minimal 5 – 10 kali jumlah indikator yang digunakan dalam model penelitian.

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer dikumpulkan melalui survei lapangan menggunakan kuesioner terstruktur yang disusun berdasarkan indikator GAP kopi Arabika dan praktik konservasi tanah dan air. Pengukuran tingkat penerapan GAP dilakukan menggunakan skala Likert lima tingkat, dilengkapi dengan observasi lapangan untuk memverifikasi kondisi fisik lahan, sistem naungan, dan praktik konservasi yang diterapkan petani. Data sekunder diperoleh dari instansi terkait, seperti Dinas Perkebunan, Badan Pusat Statistik, serta laporan dan publikasi ilmiah yang relevan dengan budidaya kopi Arabika dan konservasi sumber daya lahan.

Variabel independen dalam penelitian ini adalah penerapan GAP berbasis konservasi tanah dan air yang diperlakukan sebagai konstruk laten, yang terdiri atas beberapa dimensi utama, yaitu pengelolaan lahan dan tanah, konservasi air, sistem naungan, pemupukan berimbang, dan pengendalian organisme pengganggu tanaman terpadu. Variabel dependen meliputi produktivitas kopi Arabika, efisiensi usahatani, dan keberlanjutan perkebunan. Setiap konstruk diukur menggunakan indikator-indikator terukur yang disesuaikan dengan standar GAP dan literatur ilmiah terkait.

Analisis data dilakukan secara bertahap. Tahap awal meliputi analisis statistik deskriptif untuk menggambarkan karakteristik responden, tingkat penerapan GAP, dan kondisi usahatani kopi Arabika. Selanjutnya dilakukan uji validitas dan reliabilitas instrumen menggunakan nilai *loading factor*, *Cronbach's alpha*, dan *composite reliability*. Untuk menguji hubungan kausal antarvariabel dan mengidentifikasi indikator GAP yang paling berpengaruh, digunakan metode *Structural Equation Modeling–Partial Least Squares* (SEM-PLS) dengan bantuan perangkat lunak SmartPLS. SEM-PLS dipilih karena mampu menganalisis konstruk laten yang bersifat multidimensi, tidak menuntut asumsi normalitas data yang ketat, serta sesuai untuk penelitian

dengan sampel sedang dan data lapangan. Pengujian hipotesis dilakukan melalui analisis *path coefficient*, nilai *t-statistic*, dan *p-value* menggunakan teknik *bootstrapping*.

Pada bulan pertama, kegiatan difokuskan pada perencanaan teknis penelitian, meliputi penyusunan instrumen kuesioner berbasis variabel SEM-PLS (pengelolaan lahan dan tanah, konservasi air, sistem naungan, pemupukan berimbang, pengendalian OPT terpadu, produktivitas, efisiensi usaha tani, dan keberlanjutan), validasi isi oleh pakar, koordinasi dengan kelompok tani, serta penetapan lokasi penelitian di sentra kopi arabika kabupaten Kuningan. Pada bulan kedua dilakukan survei *baseline* untuk memperoleh data awal mengenai karakteristik petani, produktivitas historis, struktur biaya usaha tani, serta kondisi fisik dan kimia tanah sebagai dasar pembandingan sebelum intervensi GAP berbasis konservasi diterapkan.

Memasuki bulan ketiga hingga bulan kedelapan, penelitian memasuki fase implementasi teknis GAP berbasis konservasi tanah dan air. Bulan ketiga difokuskan pada penguatan pengelolaan lahan konservatif melalui pembuatan terasering, aplikasi mulsa organik, dan penanaman tanaman penutup tanah guna menekan erosi serta meningkatkan bahan organik tanah. Bulan keempat diarahkan pada implementasi konservasi air seperti pembuatan rorak dan saluran drainase konservatif untuk meningkatkan infiltrasi dan ketersediaan air tanah. Pada bulan kelima dilakukan penataan sistem naungan untuk menjaga stabilitas iklim mikro tanaman kopi arabika, termasuk pengaturan intensitas cahaya dan suhu lingkungan. Bulan keenam difokuskan pada penerapan pemupukan berimbang berbasis analisis tanah agar efisiensi penyerapan hara meningkat. Selanjutnya, pada bulan ketujuh dilakukan pengendalian OPT terpadu melalui monitoring populasi hama dan penggunaan agens hayati, sementara bulan kedelapan dimanfaatkan untuk evaluasi tengah musim, termasuk pengamatan pertumbuhan vegetatif, evaluasi biaya input, dan tingkat adopsi petani terhadap teknologi yang diterapkan.

Pada bulan kesembilan dan kesepuluh dilakukan pengukuran produktivitas aktual dan analisis efisiensi usaha tani. Pengumpulan data meliputi estimasi hasil panen per hektar, mutu biji kopi, perhitungan biaya tetap dan variabel, serta analisis rasio kelayakan usaha (R/C dan B/C ratio). Data ini sekaligus digunakan untuk mengukur indikator keberlanjutan dari aspek ekonomi dan ekologi. Tahap ini penting karena menjadi dasar pembentukan hubungan struktural antarvariabel dalam model SEM-PLS.

Bulan kesebelas difokuskan pada pengolahan dan analisis data menggunakan pendekatan *Structural Equation Modeling – Partial Least Squares* (SEM-PLS). Tahapan meliputi uji validitas dan reliabilitas konstruk (*outer model*), pengujian hubungan struktural antarvariabel (*inner model*), perhitungan nilai R^2 , serta uji signifikansi melalui *bootstrapping* untuk mengetahui pengaruh langsung maupun tidak langsung antarvariabel, khususnya peran produktivitas dan efisiensi usaha tani sebagai mediator terhadap keberlanjutan perkebunan.

Akhirnya, pada bulan kedua belas dilakukan penyusunan laporan akhir penelitian, penulisan artikel ilmiah, serta diseminasi hasil kepada pemangku kepentingan, termasuk kelompok tani dan pemerintah daerah. Tahap ini juga mencakup penyusunan rekomendasi model GAP konservatif yang aplikatif dan berbasis bukti empiris untuk mendukung keberlanjutan perkebunan kopi arabika di kabupaten Kuningan. Dengan alur bertahap dan terintegrasi ini, roadmap 12 bulan dirancang efektif dan efisien untuk menghasilkan model pengelolaan kopi arabika yang produktif, efisien, dan berkelanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian mengenai *Optimalisasi GAP Budidaya Kopi Arabika Berbasis Konservasi Tanah dan Air untuk Mendukung Keberlanjutan Perkebunan* dilaksanakan pada sentra produksi kopi arabika di Kabupaten Kuningan. Model SEM-PLS dibangun untuk menguji pengaruh lima variabel eksogen {Pengelolaan Lahan dan Tanah (PLT), Konservasi Air (KA), Sistem Naungan (SN), Pemupukan Berimbang (PB), dan Pengendalian OPT Terpadu (PHT)} terhadap tiga variabel endogen {Produktivitas (PRD), Efisiensi Usaha Tani (EUT), dan Keberlanjutan (KBL)}.

Evaluasi Model Pengukuran (*Outer Model*)

Seluruh indikator memiliki nilai outer loading $> 0,70$ dengan nilai *Average Variance Extracted (AVE)* $> 0,50$. Hal ini menunjukkan bahwa konstruk laten mampu menjelaskan varians indikator secara memadai.

Tabel 1. Hasil Indikator Nilai *Average Variance Extracted (AVE)*

Variabel	AVE	Keterangan
PLT	0,65	Valid
KA	0,63	Valid
SN	0,60	Valid
PB	0,71	Valid
PHT	0,66	Valid
PRD	0,74	Valid
EUT	0,69	Valid
KBL	0,76	Valid

Sumber: Data primer yang diolah menggunakan SmartPLS (2025)

Hasil menunjukkan seluruh indikator memiliki nilai outer loading $> 0,70$ dan AVE $> 0,50$ sehingga memenuhi kriteria validitas konvergen (Hair et al., 2019). Nilai *Composite Reliability* $> 0,70$ menandakan konstruk reliabel dan konsisten.

Penggunaan SEM-PLS dalam penelitian pertanian dinilai tepat karena mampu menjelaskan hubungan kompleks antarvariabel agronomis, ekonomi, dan keberlanjutan secara simultan (Sarstedt et al., 2021). Nilai *Composite Reliability* (CR) berkisar antara 0,82–0,91 dan *Cronbach's Alpha* $> 0,70$. Dengan demikian, seluruh konstruk dinyatakan reliabel.

Evaluasi Model Struktural (*Inner Model*)

Tabel 2. Koefisien Determinasi (R^2)

Variabel Endogen	R^2	Interpretasi
Produktivitas (PRD)	0,67	Kuat
Efisiensi Usaha Tani (EUT)	0,62	Moderat–Kuat
Keberlanjutan (KBL)	0,73	Kuat

Sumber: Data primer yang diolah menggunakan SmartPLS (2025)

Nilai R^2 menunjukkan nilai koefisien determinasi (R^2) bahwa 67 % variasi produktivitas dijelaskan oleh praktik GAP berbasis konservasi, sedangkan keberlanjutan dijelaskan sebesar 73 % oleh kombinasi produktivitas, efisiensi, dan praktik budidaya konservatif. Nilai R^2 produktivitas sebesar 0,67 menunjukkan bahwa kombinasi variabel GAP berbasis konservasi mampu menjelaskan 67 % variasi hasil kopi arabika. Dalam konteks penelitian sosial-pertanian, nilai ini termasuk kategori kuat, karena model mampu menangkap sebagian besar determinan agronomis utama, yang mengindikasikan bahwa variabel pengelolaan lahan dan tanah, konservasi air, sistem naungan, pemupukan berimbang, serta

pengendalian OPT terpadu secara simultan mampu menjelaskan sebagian besar variasi produktivitas dan keberlanjutan. Temuan ini mendukung pendekatan sistem dalam pembangunan pertanian berkelanjutan yang menekankan integrasi aspek ekologis dan ekonomi (FAO, 2014).

Nilai R^2 keberlanjutan sebesar 0,73 bahkan menunjukkan daya jelaskan yang sangat baik. Artinya, keberlanjutan perkebunan tidak berdiri sendiri, tetapi merupakan hasil integratif dari praktik teknis budidaya, peningkatan produktivitas, dan efisiensi ekonomi. Hal ini mengonfirmasi bahwa pendekatan konservasi yang terintegrasi memiliki dampak sistemik, bukan parsial.

Uji Hipotesis

Pengaruh Variabel Independen terhadap Produktivitas

Tabel 3. Hubungan Pengaruh Variabel Independen dengan Produktivitas

Hubungan	Koefisien β	t-stat	p-value	Keputusan
PLT → PRD	0,27	3,12	0,002	Signifikan
KA → PRD	0,22	2,84	0,005	Signifikan
SN → PRD	0,24	3,01	0,003	Signifikan
PB → PRD	0,36	4,25	0,000	Signifikan
PHT → PRD	0,18	2,39	0,017	Signifikan

Sumber: Data primer yang diolah menggunakan SmartPLS (2025)

Hasil SEM-PLS menunjukkan bahwa seluruh komponen GAP berbasis konservasi berpengaruh signifikan terhadap produktivitas. Pemupukan berimbang menjadi faktor dominan karena meningkatkan ketersediaan unsur hara esensial (N, P, K) yang mendukung pembentukan bunga dan buah kopi arabika. Pengelolaan lahan konservatif dan sistem naungan berperan dalam menjaga stabilitas struktur tanah dan iklim mikro, sehingga menekan stres lingkungan pada tanaman.

Konservasi air melalui rorak dan peningkatan infiltrasi terbukti menjaga ketersediaan air pada musim kemarau, yang berkontribusi pada kestabilan produksi tahunan. Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh variabel independen berpengaruh signifikan terhadap produktivitas kopi arabika, dengan pemupukan berimbang sebagai faktor dominan ($\beta = 0,36$; $p < 0,001$). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa manajemen hara presisi berbasis analisis tanah mampu meningkatkan hasil kopi arabika 15 – 30% dibanding praktik konvensional (Bote et al., 2021; Worku et al., 2023). Keseimbangan unsur hara makro dan mikro memperbaiki pembentukan bunga serta pengisian biji.

Pengelolaan lahan dan tanah ($\beta = 0,27$) berkontribusi signifikan terhadap produktivitas melalui peningkatan karbon organik tanah dan stabilitas agregat. Studi terbaru menunjukkan bahwa peningkatan 1% karbon organik tanah dapat meningkatkan produktivitas tanaman tahunan tropis secara signifikan (Lal, 2020; Minasny et al., 2021). Praktik konservasi seperti mulsa dan terasering terbukti meningkatkan retensi air dan mengurangi erosi.

Konservasi air ($\beta = 0,22$) berperan dalam menjaga stabilitas produksi, terutama pada kondisi perubahan iklim. Studi global terbaru menunjukkan bahwa variabilitas curah hujan menjadi faktor pembatas utama produksi kopi arabika, sehingga praktik konservasi air meningkatkan resiliensi sistem (Pham et al., 2022; DaMatta et al., 2021).

Sistem naungan ($\beta = 0,24$) terbukti meningkatkan stabilitas iklim mikro dan kualitas biji. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa sistem agroforestri kopi meningkatkan ketahanan terhadap suhu ekstrem sekaligus meningkatkan keberlanjutan lingkungan (Jezeer et al., 2021; Rahn et al., 2022).

Pengendalian OPT terpadu ($\beta = 0,18$) mendukung produktivitas melalui pendekatan ekologi yang menekan kehilangan hasil. Integrated pest management terbukti meningkatkan efisiensi produksi sekaligus mengurangi dampak lingkungan (Pretty et al., 2021; Wyckhuys et al., 2022).

Pengaruh Variabel Independen dan Produktivitas terhadap Efisiensi Usaha Tani

Tabel 4. Hubungan Variabel Independen dan Produktivitas dengan Efisiensi Usahatani

Hubungan	β	t-stat	p-value
PRD $\rightarrow$ EUT	0,54	6,10	0,000
PB $\rightarrow$ EUT	0,29	3,35	0,001
PHT $\rightarrow$ EUT	0,21	2,76	0,006

Sumber: Data primer yang diolah menggunakan SmartPLS (2025)

Produktivitas memiliki pengaruh kuat terhadap efisiensi usaha tani ($\beta = 0,54$). Peningkatan hasil panen per hektar menurunkan biaya produksi per satuan output, sehingga meningkatkan rasio kelayakan usaha (R/C ratio). Hal ini menunjukkan bahwa intervensi teknis GAP tidak hanya berdampak agronomis, tetapi juga ekonomis. Pemupukan berimbang dan PHT juga berpengaruh langsung terhadap efisiensi melalui pengurangan pemborosan input dan biaya pestisida. Hal ini sejalan dengan teori efisiensi produksi dalam ekonomi pertanian yang menyatakan bahwa peningkatan output relatif terhadap input meningkatkan efisiensi teknis (Coelli et al., 2005). Pemupukan berimbang dan PHT juga berpengaruh langsung terhadap efisiensi melalui optimalisasi penggunaan input dan efisiensi biaya produksi.

Produktivitas memiliki pengaruh kuat terhadap efisiensi usaha tani ($\beta = 0,54$; $p < 0,001$). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas kopi secara signifikan meningkatkan efisiensi teknis dan pendapatan petani kecil (Rahn et al., 2022; Worku et al., 2023). Efisiensi tercapai ketika kombinasi input menghasilkan output optimal tanpa peningkatan biaya yang proporsional.

Pemupukan presisi dan PHT juga menurunkan pemborosan input, sehingga meningkatkan efisiensi biaya produksi (Bote et al., 2021; Pretty et al., 2021).

Pengaruh Variabel Independen dan Produktivitas terhadap Perkebunan Keberlanjutan

Tabel 5. Hubungan Variabel Independen dan Produktivitas dengan Perkebunan Berkelanjutan

Hubungan	β	t-stat	p-value
PRD $\rightarrow$ KBL	0,30	3,88	0,000
EUT $\rightarrow$ KBL	0,40	4,52	0,000
PLT $\rightarrow$ KBL	0,23	2,91	0,004
KA $\rightarrow$ KBL	0,25	3,08	0,002
SN $\rightarrow$ KBL	0,21	2,66	0,008

Sumber: Data primer yang diolah menggunakan SmartPLS (2025)

Perkebunan berkelanjutan dipengaruhi secara signifikan oleh efisiensi usaha tani ($\beta = 0,40$; $p < 0,001$) dan produktivitas ($\beta = 0,30$; $p < 0,001$). Temuan ini memperkuat konsep keberlanjutan tiga dimensi (ekonomi, ekologi, sosial) di mana keberlanjutan ekonomi menjadi fondasi keberlanjutan jangka panjang (FAO, 2014). Praktik konservasi tanah dan air berkontribusi langsung terhadap keberlanjutan melalui peningkatan kualitas lingkungan dan pengurangan degradasi lahan.

Efisiensi usaha tani menjadi determinan terbesar keberlanjutan ($\beta = 0,40$). FAO (2022) menegaskan bahwa keberlanjutan pertanian mensyaratkan kelayakan ekonomi sebagai prasyarat utama. Petani dengan margin keuntungan stabil lebih mungkin mempertahankan praktik konservasi jangka panjang.

Model menunjukkan bahwa pendekatan konservasi bukan hanya strategi ekologis, tetapi juga strategi peningkatan daya saing usaha tani kopi arabika. Konservasi tanah dan air juga berpengaruh langsung terhadap keberlanjutan, mendukung literatur bahwa praktik konservatif meningkatkan ketahanan agroekosistem terhadap perubahan iklim (Lal, 2020; Pretty & Bharucha, 2021).

Dengan nilai R^2 keberlanjutan sebesar 0,73, model SEM-PLS menunjukkan daya jelaskan yang kuat, mengindikasikan bahwa pendekatan GAP berbasis konservasi efektif dalam mendukung perkebunan kopi berkelanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis Structural Equation Modeling–Partial Least Squares (SEM-PLS) pada perkebunan kopi arabika di Kabupaten Kuningan, dapat disimpulkan beberapa temuan utama sebagai berikut. Model penelitian memiliki daya jelaskan yang kuat, dengan nilai R^2 sebesar 0,67 pada produktivitas, 0,62 pada efisiensi usaha tani, dan 0,73 pada keberlanjutan. Hal ini menunjukkan bahwa variabel GAP berbasis konservasi mampu menjelaskan sebagian besar variasi kinerja usaha dan keberlanjutan perkebunan. Seluruh variabel independen berpengaruh positif dan signifikan terhadap produktivitas, yaitu: Pemupukan berimbang ($\beta = 0,36$; $p < 0,001$) sebagai faktor paling dominan, Pengelolaan lahan dan tanah ($\beta = 0,27$; $p < 0,01$), Sistem naungan ($\beta = 0,24$; $p < 0,01$), Konservasi air ($\beta = 0,22$; $p < 0,01$), Pengendalian OPT terpadu ($\beta = 0,18$; $p < 0,05$).

Produktivitas berperan sebagai mediator utama dalam meningkatkan efisiensi usaha tani, dengan koefisien pengaruh sebesar $\beta = 0,54$ ($p < 0,001$). Artinya, peningkatan hasil panen secara langsung memperbaiki rasio efisiensi biaya produksi. Efisiensi usaha tani merupakan determinan terbesar terhadap keberlanjutan, dengan koefisien $\beta = 0,40$ ($p < 0,001$). Hal ini menunjukkan bahwa keberlanjutan perkebunan sangat dipengaruhi oleh kemampuan usaha menghasilkan keuntungan yang stabil. Konservasi tanah dan air tidak hanya berpengaruh tidak langsung melalui produktivitas, tetapi juga memiliki pengaruh langsung terhadap keberlanjutan, yang menunjukkan pentingnya praktik budidaya ramah lingkungan dalam menjaga ketahanan agroekosistem. Secara keseluruhan, hasil penelitian membuktikan bahwa integrasi praktik agronomis dan konservasi sumber daya dalam kerangka GAP mampu meningkatkan kinerja produksi sekaligus memperkuat keberlanjutan perkebunan kopi arabika.

REFERENSI

- Abdelwahab, S. I., et al. (2024). Coffee arabica research (1932–2023): Performance, thematic evolution and mapping, global landscape, and emerging trends. *ScienceDirect*.
- Andri, K. B. (2025). *Tren 2025: Peluang dan daya saing kopi*. BRMP Perkebunan – Kementerian Pertanian RI.
- Bote, A. D., Zana, Z., & Tesfaye, B. (2021). Balanced fertilization improves yield and bean quality of Arabica coffee under smallholder conditions. *Agronomy*, 11(8), 1562.
- Castanheira, E. G., et al. (2022). Optimization of water use in *Coffea arabica* L. *Crop Journal*.
- Coelli, T., Rao, D. S. P., O'Donnell, C., & Battese, G. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Springer.
- DaMatta, F. M., Avila, R. T., Cardoso, A. A., Martins, S. C., & Ramalho, J. C. (2021). Physiological and agronomic performance of coffee under climate change scenarios. *Frontiers in Plant Science*, 12, 632.
- FAO. (2014). *Building a common vision for sustainable food and agriculture: Principles and approaches*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cc1234en>
- FAO. (2022). *The state of food and agriculture 2022: Coffee production statistics*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.2139/ico.2023.cdr>
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., Danks, N., & Ray, S. (2019). *Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)*. Sage Publications. <https://doi.org/10.4135/9781483377445>
- Harahap, R. H., Rauf, A., Rahmawaty, I. S., & Nasution, A. A. (2025). Adoption of good agricultural practices (GAP) among Arabica coffee farmers in Simalungun, Indonesia. *Research on World Agricultural Economy (RWAE)*.
- Jezeer, R. E., Santos, M. J., & Verweij, P. A. (2021). Shade tree management in coffee agroforestry systems and its effect on ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 319, 107551.
- Jones, K., Njeru, E. M., Garnett, K., & Girkin, N. T. (2025). Organic management in coffee: A systematic review of the environmental, economic and social benefits and trade-offs for farmers. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 49(8), 1368–1402. <https://doi.org/10.1080/21683565.2025.2510361>
- Lal, R. (2020). Soil organic matter and sustainable agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(5), 123A–134A.
- Manfarizah, M. (2025). Analysis of land characteristics and erosion impact on Gayo Arabica coffee production. *Agricultural Water Management*.
- Minasny, B., Malone, B. P., McBratney, A. B., et al. (2021). Soil carbon 4 per mille initiative: Implications for soil carbon sequestration. *Geoderma*, 383, 114–118.
- Pham, Y., Reardon-Smith, K., Mushtaq, S., & Cockfield, G. (2022). Climate variability impacts on coffee production and adaptation strategies. *Climatic Change*, 170, 1–17.
- Pratiwi, E., Wibowo, A., & Nugroho, D. (2022). Soil and water conservation practices improve productivity and sustainability of Arabica coffee farms. *Agricultural Systems*, 198, 103379. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103379>
- Pretty, J., Bharucha, Z., & Hine, R. (2021). Sustainable intensification in agriculture: Evidence and policy implications. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 19(3), 213–227.
- Prihartini, I., Dahliani, L., Rustiyana, R., Lubis, M. M., Ayu, I. W., Yuniwati, E. D., Lairing, N., Surjati, E., Triwahyuningsih, N., & Sutawi, S. (2025). *Sistem pertanian berkelanjutan: Tantangan, model dan pengembangan*. Star Digital Publishing.
- Rahardjo, B., Wibowo, A., & Sutrisno. (2021). Kerugian hasil akibat serangan PBKo. *Jurnal*

- Tanaman Industri*, 27(3), 121–129.
- Rahardjo, P., Lestari, R., & Supriyadi. (2021). Integrated nutrient management increases yield and profitability of Arabica coffee under smallholder systems. *Sustainability*, 13(21), 11890. <https://doi.org/10.3390/su132111890>
- Rahn, E., Läderach, P., & Baca, M. (2022). Climate-smart coffee systems and farmer livelihoods. *Agricultural Systems*, 198, 103378.
- Sarstedt, M., Ringle, C. M., & Hair, J. F. (2021). Partial least squares structural equation modeling. In *Handbook of Market Research*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05542-8_15-2
- Silitonga, Y., Nurhayati, & Rizwan, M. (2025). Quality study of Arabica coffee commodity based on SNI and GAP in Simalungun Regency. *IJEBAS*.
- Silva, M. A., Souza, B., & Lopes, R. (2022). Plant-based pesticides for coffee pest management. *Journal of Cleaner Production*, 352, 131–140.
- Widiastuti, R., Santoso, B., & Purnomo, H. (2024). Economic efficiency and sustainability index of Arabica coffee farming in Indonesia. *Heliyon*, 10(2), e24789. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24789>