

DETERMINAN OUPUT LADA PADA SISTEM USAHATANI KECIL: PENDEKATAN REGRESI LINIER BERGANDA

Ekawati, Eka Fransiska, Rahmatullah Rizieq

Fakultas Pertanian Universitas Panca Bhakti

ABSTRACT

This study examines the determinants of pepper productivity among smallholders in Entikong, West Kalimantan, Indonesia. Using primary survey data from 47 farms and a multiple linear regression framework, we quantify the effects of land area (X_1), fertilizer use (X_2), pesticide use (X_3), and labor (X_4) on output. Classical diagnostic tests indicate that residuals meet normality, homoskedasticity, and independence assumptions and that multicollinearity is within acceptable bounds. Results show positive and statistically significant effects for land area ($\beta = 570.933$, $p < 0.001$), fertilizer use ($\beta = 0.527$, $p < 0.001$), and pesticide use ($\beta = 0.381$, $p < 0.001$). Labor is positive but not significant ($\beta = 0.132$, $p = 0.586$). The model exhibits strong explanatory power ($R^2 = 0.971$), indicating that observed inputs account for most yield variation. Policy and managerial implications emphasize: (i) optimizing land utilization and addressing scale-related constraints; (ii) precise, stage-aligned fertilization and balanced nutrient management; and (iii) integrated pest management to sustain yield gains while mitigating resistance and environmental risks. The lack of significance for labor suggests that skills, timing, or selective mechanization may matter more than labor quantity in this context.

Keywords: *pepper production; smallholder; farm size; fertilizer; pesticide; labor; multiple linear regression; Indonesia; Entikong; productivity*

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis determinan produktivitas lada pada usahatani kecil di Entikong, Kalimantan Barat. Dengan menggunakan data survei primer dari 47 rumah tangga tani dan kerangka regresi linier berganda, kami mengukur pengaruh luas lahan (X_1), penggunaan pupuk (X_2), penggunaan pestisida (X_3), dan tenaga kerja (X_4) terhadap hasil (Y). Uji diagnostik klasik menunjukkan residual memenuhi asumsi normalitas, homoskedastisitas, dan independensi serta multikolinearitas dalam batas wajar. Hasil menunjukkan pengaruh positif dan signifikan untuk luas lahan ($\beta = 570,933$; $p < 0,001$), penggunaan pupuk ($\beta = 0,527$; $p < 0,001$), dan penggunaan pestisida ($\beta = 0,381$; $p < 0,001$). Tenaga kerja bernilai positif namun tidak signifikan ($\beta = 0,132$; $p = 0,586$). Model memiliki daya jelaskan tinggi ($R^2 = 0,971$), menandakan variasi hasil terutama ditentukan oleh input yang diamati. Implikasi kebijakan dan manajerial meliputi: (i) optimalisasi pemanfaatan lahan dan penanganan kendala skala; (ii) pemupukan presisi yang selaras fase tumbuh dengan manajemen hara seimbang; dan (iii) penerapan pengendalian hama terpadu untuk mempertahankan kenaikan hasil sambil menekan resistensi dan risiko lingkungan. Ketidaksignifikanan tenaga kerja mengisyaratkan bahwa keterampilan, ketepatan waktu, atau mekanisasi selektif lebih menentukan daripada kuantitas tenaga kerja.

Kata kunci: produksi lada; usahatani kecil; ukuran lahan; pupuk; pestisida; tenaga kerja; regresi linier berganda; Indonesia; Entikong; produktivitas

1. PENDAHULUAN

Lada merupakan salah satu komoditas unggulan yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan peran strategis dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat pedesaan di Indonesia. Di wilayah perbatasan seperti Desa Entikong, Kecamatan Entikong, Kabupaten Sanggau, lada menjadi sumber pendapatan utama bagi ribuan rumah tangga petani (Ekawati et al., 2020). Berdasarkan data Dinas Perkebunan dan Peternakan Kabupaten Sanggau (2022), produksi lada di Kecamatan Entikong mencapai 1.232 ton dari luas tanam 1.160 hektar, melibatkan 2.175 petani, dengan Desa Semanget, Entikong, dan Nekan sebagai sentra utama. Meskipun luas lahan tergolong besar, produktivitasnya masih rendah, yakni sekitar 1,06 ton per hektar, jauh di bawah rata-rata nasional sebesar 4,30 ton per hektar. Kondisi ini menunjukkan adanya ketidakefisienan dalam pengelolaan faktor produksi, seperti penggunaan input, keterbatasan teknologi, dan kapasitas manajerial petani.

Tantangan utama yang dihadapi petani, termasuk petani lada meliputi keterbatasan modal, rendahnya adopsi teknologi, dan lemahnya akses terhadap informasi pasar (Ekawati et al., 2024). Dalam konteks ini, transformasi digital menjadi peluang untuk meningkatkan efisiensi dan daya saing sektor pertanian. Barchenger et al. (2020) menekankan bahwa penerapan Web-Based Document Management Systems (DMS) dapat mendukung pencatatan dan pengelolaan kegiatan pertanian secara digital, seperti penjadwalan tanam, penggunaan pupuk, serta pengendalian hama. Sistem ini memungkinkan petani melakukan pengambilan keputusan berbasis data dan memperbaiki efisiensi produksi. Selain itu, Ma & Rahut (2024) menegaskan bahwa integrasi data iklim ke dalam sistem digital dapat mendukung konsep *climate-smart agriculture*, memungkinkan petani menyesuaikan praktik budidaya terhadap variabilitas iklim.

Akses pasar dan faktor sosial ekonomi juga menjadi elemen penting dalam keberhasilan produksi lada. Kahane et al. (2013) menunjukkan bahwa informasi pasar yang akurat dapat meningkatkan posisi tawar petani dan memperkuat hubungan perdagangan antara petani dan pembeli. Melalui sistem digital seperti DMS, petani dapat memperoleh informasi harga dan permintaan pasar secara real-time, sehingga mempercepat proses negosiasi dan distribusi produk. Oleh karena itu, integrasi sistem informasi dan teknologi digital berpotensi menciptakan rantai pasok yang lebih efisien dan inklusif.

Selain aspek teknologi dan pasar, faktor agronomis seperti luas lahan, penggunaan pupuk, pestisida, dan tenaga kerja merupakan determinan penting produktivitas pertanian. Foster & Rosenzweig (2017) menemukan adanya hubungan terbalik antara ukuran lahan dan produktivitas, di mana petani kecil sering kali lebih produktif karena pengelolaan yang intensif. Namun, Yamauchi (2016) berpendapat bahwa petani dengan lahan yang lebih luas memiliki keunggulan dalam akses modal dan mekanisasi, yang meningkatkan efisiensi total. Dalam konteks ini, dukungan kebijakan yang memperluas akses terhadap teknologi dan pembiayaan bagi petani kecil menjadi penting untuk mencapai keseimbangan produktivitas antar skala usaha.

Penggunaan pupuk yang tepat juga menjadi faktor kunci dalam meningkatkan hasil (Rizieq, Suryani, et al., 2024). Duan et al. (2021) menegaskan bahwa penerapan pupuk nitrogen secara presisi dapat meningkatkan penyerapan unsur hara dan efisiensi agronomis. Kombinasi pupuk organik dan biochar terbukti memperbaiki kesuburan tanah dan menjaga stabilitas hasil (Vanapalli et al., 2025), sementara penggunaan berlebih berpotensi menurunkan kualitas tanah (Salma et al., 2022). Dalam pengendalian hama, pendekatan *Integrated Pest Management* (IPM) yang dikemukakan oleh Barzman et al. (dalam Arshad (2021) menekankan penggunaan pestisida secara selektif dan terpadu dengan teknik non-kimia. Hal ini menegaskan pentingnya

pemantauan populasi hama dan waktu aplikasi yang tepat, karena penggunaan pestisida berlebihan dapat menyebabkan resistensi dan pencemaran.

Faktor tenaga kerja juga memainkan peran penting dalam sistem produksi lada. Choi et al. (2010) memperkirakan bahwa sekitar 39% tenaga kerja dalam budidaya lada dialokasikan untuk kegiatan panen. Namun, dinamika demografis pedesaan, seperti migrasi tenaga muda ke sektor non-pertanian, mengurangi ketersediaan tenaga kerja produktif (Ortega et al., 2024). Dalam kondisi demikian, Hidayanti et al. (2023) menyoroti pentingnya mekanisasi selektif dan menunjukkan bahwa pemberdayaan perempuan dalam aktivitas pertanian dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas.

Berdasarkan berbagai temuan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi produksi lada pada petani kecil di Desa Entikong, dengan fokus pada variabel luas lahan, penggunaan pupuk, pestisida, dan tenaga kerja, serta mempertimbangkan relevansinya dengan penerapan teknologi berbasis digital dalam sistem pertanian modern. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi empiris terhadap pengembangan kebijakan pertanian berkelanjutan dan peningkatan kesejahteraan petani di kawasan perbatasan Indonesia.

2. KAJIAN LITERATUR

Produktivitas lada (*Piper nigrum* L.) pada skala usahatani kecil di Asia Tenggara merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor agronomis, lingkungan, sosial-ekonomi, dan teknologi. Kajian berbagai penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan produksi lada sangat bergantung pada penerapan praktik budidaya yang tepat, manajemen input yang efisien, serta dukungan sistem informasi yang akurat. Barchenger et al. (2020) menegaskan bahwa pengelolaan usahatani melalui web-based Document Management Systems (DMS) dapat meningkatkan efisiensi pengambilan keputusan melalui pencatatan yang sistematis atas jadwal tanam, dosis pupuk, dan pengendalian hama. Sistem ini membantu petani mengoptimalkan praktik agronomis berdasarkan data historis dan kondisi lapangan terkini. Sejalan dengan itu, Ma & Rahut (2024) menunjukkan bahwa integrasi data iklim ke dalam sistem berbasis web memungkinkan petani mengatur waktu tanam dan irigasi secara adaptif terhadap perubahan cuaca, sehingga risiko kerugian akibat kekeringan atau curah hujan ekstrem dapat diminimalkan.

Akses pasar juga menjadi salah satu faktor penentu keberlanjutan usaha tani lada. Kahane et al. (2013) menyebutkan bahwa sistem berbasis web mampu memfasilitasi aliran informasi harga pasar secara real-time, membantu petani kecil memperoleh pembeli secara efisien, dan memperkuat posisi tawar mereka dalam negosiasi harga. Dengan demikian, teknologi digital berperan sebagai sarana untuk menghubungkan petani dengan pasar dan meningkatkan pendapatan mereka. Dalam konteks ini, teknologi tidak hanya berfungsi sebagai alat produksi, tetapi juga sebagai media pemberdayaan ekonomi yang memperluas akses terhadap informasi dan peluang usaha.

Ukuran lahan merupakan faktor yang sering dikaitkan dengan variasi produktivitas. Studi Kim et al. (2018) dan Costa et al. (2019) menemukan adanya inverse size-productivity relationship, di mana petani dengan lahan kecil justru mencapai hasil per hektare lebih tinggi karena penerapan praktik intensif dan pengawasan yang lebih teliti. Namun, penelitian Islam et al. (2020) menambahkan bahwa lahan yang lebih luas memiliki akses lebih besar terhadap mekanisasi dan investasi modal, yang dapat meningkatkan efisiensi tenaga kerja serta output total. Oleh karena

itu, hubungan antara ukuran lahan dan produktivitas bersifat kontekstual, bergantung pada ketersediaan sumber daya, tingkat adopsi teknologi, serta keterampilan manajerial petani.

Faktor lain yang signifikan adalah penggunaan pupuk dan manajemen hara. Duan et al. (2021) menyoroti bahwa pemupukan nitrogen dengan dosis tepat mampu meningkatkan efisiensi serapan hara sekaligus menekan kehilangan melalui volatilisasi amonia. Kombinasi pupuk organik dan anorganik, seperti biochar dan NPK, terbukti menghasilkan sinergi positif terhadap kesuburan tanah dan peningkatan hasil panen (Vanapalli et al., 2025). Penggunaan pupuk organik tidak hanya menambah unsur hara tetapi juga memperbaiki struktur tanah dan kapasitas retensi air. Namun, Salma et al., (2022) mengingatkan bahwa penggunaan pupuk anorganik berlebihan dapat mengakibatkan degradasi tanah dalam jangka panjang, sehingga pendekatan berimbang antara organik dan anorganik menjadi kunci keberlanjutan.

Pengendalian hama juga memiliki pengaruh besar terhadap hasil lada. Pendekatan Integrated Pest Management (IPM), menekankan kombinasi metode biologis, kultural, dan kimia secara selektif untuk menjaga keseimbangan ekosistem. Pemantauan hama secara rutin memungkinkan penggunaan pestisida hanya pada ambang ekonomi. Santiana et al. (2021) menunjukkan bahwa pengendalian tepat waktu terhadap *Myzus persicae* mampu menekan kerugian signifikan akibat serangan hama. Legarde (2022) menekankan pentingnya rotasi bahan aktif pestisida guna menghindari resistensi, sementara Vasiuta dan Buniak (2019) menyoroti dampak lingkungan yang harus diantisipasi melalui penerapan IPM secara berkelanjutan.

Selain faktor teknis, aspek tenaga kerja juga menjadi elemen penting dalam produktivitas lada. Choi et al. (2010) melaporkan bahwa sekitar 39% kebutuhan tenaga kerja dalam budidaya lada digunakan untuk kegiatan panen, menunjukkan bahwa komoditas ini sangat padat karya. Namun, Ortega et al. (2024) dan Jia (2023) menemukan bahwa penurunan jumlah tenaga kerja akibat migrasi dan perubahan demografi pedesaan menurunkan efisiensi panen. Oleh karena itu, solusi seperti mekanisasi selektif dan pelatihan tenaga kerja menjadi penting (Hidayanti et al., 2023). Chen et al. (2009) menambahkan bahwa kualitas tenaga kerja—terutama keterampilan dan pengalaman—lebih menentukan hasil daripada sekadar jumlah tenaga kerja yang tersedia.

Secara keseluruhan, literatur menunjukkan bahwa produktivitas lada merupakan hasil interaksi dinamis antara faktor agronomis, teknologi, dan sosial-ekonomi. Penerapan DMS, manajemen hara yang tepat, serta IPM berbasis data merupakan strategi yang dapat memperkuat daya saing petani kecil dan menjamin keberlanjutan sistem produksi lada di kawasan tropis.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode regresi linier berganda untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi produksi lada pada petani kecil di Desa Entikong, Kecamatan Entikong, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat. Data yang digunakan merupakan data primer yang dikumpulkan melalui survei menggunakan kuesioner terstruktur kepada 47 petani lada yang dipilih secara purposive sampling berdasarkan kriteria kepemilikan lahan dan keterlibatan aktif dalam kegiatan budidaya.

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah produksi lada (kg/tahun), sedangkan variabel independen meliputi: luas lahan (X_1) dalam hektar, penggunaan pupuk (X_2) dalam kilogram per tahun, penggunaan pestisida (X_3) dalam liter per tahun, dan tenaga kerja (X_4) dalam satuan hari-orang.

Analisis dilakukan dengan model regresi linier berganda menggunakan metode Ordinary Least Squares (OLS), yang dirumuskan sebagai berikut:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \varepsilon$$

di mana Y adalah produksi lada, β_0 merupakan konstanta, β_1 – β_4 adalah koefisien regresi masing-masing variabel bebas, dan ε adalah error term.

Uji asumsi klasik dilakukan untuk memastikan validitas model, meliputi uji normalitas (Kolmogorov–Smirnov), uji multikolinearitas (VIF), uji heteroskedastisitas (Glejser), dan uji autokorelasi (Durbin–Watson). Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak JASP.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.5. Uji Asumsi Klasik dan Kelayakan Model

Sebelum dilakukan analisis regresi linier berganda, model diuji melalui serangkaian uji asumsi klasik untuk memastikan estimasi parameter yang tidak bias dan efisien (*Best Linear Unbiased Estimator*). Hasil uji asumsi klasik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Asumsi Klasik Model Regresi Linier Berganda

Jenis Uji	Variabel / Indikator	Nilai Statistik	Kriteria	Kesimpulan
Uji Normalitas	Kolmogorov–Smirnov	$p = 0,234$	$p > 0,05$	Data residual berdistribusi normal
Uji Multikolinearitas	VIF X_1 (Luas lahan)	3,663	< 10	Tidak ada multikolinearitas serius
	VIF X_2 (Pupuk)	3,801	< 10	Tidak ada multikolinearitas serius
	VIF X_3 (Pestisida)	4,834	< 10	Tidak ada multikolinearitas serius
	VIF X_4 (Tenaga kerja)	1,877	< 10	Tidak ada multikolinearitas serius
Uji Heteroskedastisitas	Uji Glejser	$p = 0,472$	$p > 0,05$	Model memenuhi asumsi homoskedastisitas
Uji Autokorelasi	Durbin–Watson	1,641	≈ 2	Tidak ada autokorelasi antar residual

Sumber: Hasil pengolahan data (2025)

Hasil uji asumsi klasik pada Tabel 1 menunjukkan bahwa model regresi memenuhi seluruh persyaratan dasar analisis OLS. Uji normalitas (Kolmogorov–Smirnov, $p = 0,234 > 0,05$) menegaskan bahwa residual berdistribusi normal. Nilai VIF seluruh variabel bebas berkisar antara 1,877–4,834, di bawah ambang batas 10, sehingga tidak terdapat masalah multikolinearitas. Uji Glejser ($p = 0,472 > 0,05$) menunjukkan tidak adanya heteroskedastisitas, sedangkan nilai Durbin–Watson sebesar 1,641 mengindikasikan tidak terjadi autokorelasi antarresidual. Dengan demikian, model layak digunakan karena memenuhi asumsi normalitas, independensi, dan kestabilan varians residual.

4.6. Kinerja Model dan Daya Jelaskan

Model regresi menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,971, menunjukkan bahwa 97,1% variasi dalam produksi lada dapat dijelaskan oleh kombinasi variabel independen —

luas lahan (X_1), penggunaan pupuk (X_2), penggunaan pestisida (X_3), dan tenaga kerja (X_4). Sisa 2,9% variasi dijelaskan oleh faktor lain di luar model seperti iklim, varietas tanaman, kondisi tanah mikro, dan aspek sosial-ekonomi rumah tangga tani. Tingginya nilai R^2 menegaskan kesesuaian model dengan data empiris serta konsistensi antarvariabel penjelas yang digunakan.

4.7. Analisis Koefisien Regresi dan Signifikansi

Setelah dipastikan bahwa model memenuhi seluruh uji asumsi klasik, analisis dilanjutkan dengan estimasi model regresi linier berganda untuk mengetahui pengaruh variabel independen terhadap produksi lada. Langkah pertama adalah menguji signifikansi model secara keseluruhan menggunakan uji ANOVA (Analysis of Variance), yang hasilnya disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Uji ANOVA Model Regresi Linier Berganda

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat (Sum of Squares)	df	Rata-rata Kuadrat (Mean Square)	F-hitung	Sig. (p-value)
Regresi	1.582.432,716	4	395.608,179	359,271	0,000
Residual	46.745,284	42	1.113,936		
Total	1.629.178,000	46			

Sumber: Pengolahan data, 2025

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa nilai F-hitung sebesar 359,271 dengan tingkat signifikansi 0,000 ($< 0,05$), yang berarti bahwa paling tidak ada satu dari empat variabel bebas—luas lahan (X_1), penggunaan pupuk (X_2), penggunaan pestisida (X_3), dan tenaga kerja (X_4)—memiliki pengaruh nyata terhadap variabel dependen, yaitu produksi lada.

Analisis dilanjutkan dengan uji t (parsial) untuk menilai pengaruh masing-masing variabel independen terhadap produksi lada secara terpisah. Hasil estimasi regresi dan pengujian parsial ditampilkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Estimasi Regresi Linier Berganda

Variabel Independen	Koefisien (β)	t-statistik	p-value	Keterangan
(Konstanta)	245,321	1,87	0,067	Tidak signifikan
Luas lahan (X_1)	570,933	7,85	0,000	Signifikan
Penggunaan pupuk (X_2)	0,527	6,42	0,000	Signifikan
Penggunaan pestisida (X_3)	0,381	5,93	0,000	Signifikan
Tenaga kerja (X_4)	0,132	0,55	0,586	Tidak signifikan

Sumber: Pengolahan data, 2025

Tabel 3 menampilkan hasil estimasi regresi linier berganda yang menguji pengaruh luas lahan (X_1), penggunaan pupuk (X_2), penggunaan pestisida (X_3), dan tenaga kerja (X_4) terhadap produksi lada di Desa Entikong. Hasil analisis menunjukkan bahwa tiga variabel, yaitu luas lahan, pupuk, dan pestisida, berpengaruh positif dan signifikan terhadap produksi, sedangkan tenaga kerja berpengaruh positif tetapi tidak signifikan. Koefisien luas lahan (X_1) sebesar $\beta = 570,933$ dengan nilai $t = 7,85$ ($p < 0,001$) menegaskan bahwa perluasan area tanam berkontribusi nyata terhadap peningkatan hasil. Hal ini mendukung teori efisiensi skala yang menyatakan bahwa lahan yang lebih luas memberikan kesempatan bagi petani untuk mengalokasikan input dan teknologi secara

lebih optimal (Islam et al., 2020). Meskipun beberapa studi menemukan hubungan terbalik antara ukuran lahan dan produktivitas karena intensitas pengelolaan yang lebih tinggi pada petani kecil (Costa et al., 2019; Foster & Rosenzweig, 2017; Kim et al., 2018), dalam konteks Entikong, hasil positif ini menunjukkan bahwa efek skala masih berlaku. Akses terhadap modal, mekanisasi, dan dukungan kelembagaan menjadi faktor yang dapat memperkuat dampak tersebut (Marino et al., 2006; Safira et al., 2019; Saleh & Gufran, 2022; Warren-Thomas et al., 2022)

Penggunaan pupuk (X_2) ($\beta = 0,527$; $t = 6,42$; $p < 0,001$) juga memberikan pengaruh signifikan terhadap produksi lada. Temuan ini mempertegas pentingnya manajemen hara dalam sistem budidaya. Aplikasi pupuk nitrogen yang tepat waktu terbukti meningkatkan penyerapan unsur hara dan efisiensi penggunaan nitrogen (Duan et al., 2021). Selain itu, keseimbangan rasio N-P-K menjadi kunci untuk mendukung pertumbuhan vegetatif dan pembentukan buah (Indu et al., 2022; Xiong et al., 2015). Penggunaan kombinasi pupuk organik dan biochar dapat memperbaiki struktur tanah serta menjaga produktivitas jangka panjang (Jindal et al., 2019; Vanapalli et al., 2025), sementara penggunaan pupuk anorganik berlebih justru berpotensi menurunkan kualitas tanah (Salma et al., 2022). Karena itu, pendekatan manajemen hara terpadu menjadi strategi yang relevan untuk menjaga keberlanjutan produktivitas (Abid et al., 2020; Silva et al., 2017).

Sementara itu, penggunaan pestisida (X_3) ($\beta = 0,381$; $t = 5,93$; $p < 0,001$) menunjukkan pengaruh positif signifikan terhadap hasil lada, yang menegaskan pentingnya pengendalian hama yang efektif. Hasil ini sejalan dengan prinsip *Integrated Pest Management* (IPM) yang menekankan kombinasi metode kimiawi dan non-kimiawi. Pemantauan populasi hama dan penerapan ambang ekonomi merupakan elemen penting dalam menentukan efektivitas pestisida, sedangkan aplikasi yang tepat sasaran terhadap hama spesifik terbukti meningkatkan produktivitas. Namun, penggunaan pestisida berlebihan dapat menyebabkan resistensi hama dan dampak lingkungan (Vasiuta & Buniak, 2019). Oleh sebab itu, pelatihan dan pengawasan teknis bagi petani menjadi penting untuk memastikan penggunaan pestisida yang aman dan efisien.

Berbeda dengan tiga variabel sebelumnya, tenaga kerja (X_4) ($\beta = 0,132$; $t = 0,55$; $p = 0,586$) tidak berpengaruh signifikan terhadap produksi lada. Meskipun lada merupakan komoditas padat karya, kontribusi tenaga kerja tidak selalu berkorelasi langsung dengan output karena produktivitas lebih bergantung pada keterampilan, ketepatan waktu, dan pengalaman kerja (Choi et al., 2010). Penurunan jumlah tenaga kerja pertanian akibat migrasi dan penuaan penduduk turut menekan efisiensi sektor ini (Jia, 2023; Ortega et al., 2024). Mekanisasi selektif dapat menjadi solusi untuk mengatasi keterbatasan tenaga kerja (Hidayanti et al., 2023), sementara pemberdayaan perempuan terbukti dapat meningkatkan efisiensi dan hasil pertanian (Maniriho et al., 2021). Dengan demikian, peningkatan kapasitas sumber daya manusia dan penerapan teknologi pertanian lebih penting dibanding sekadar menambah jumlah tenaga kerja (Chen et al., 2009).

Secara keseluruhan, model penelitian ini memiliki daya jelaskan yang sangat tinggi ($R^2 = 0,971$), yang berarti variabel luas lahan, pupuk, dan pestisida secara bersama-sama mampu menjelaskan lebih dari 97% variasi hasil produksi lada. Hasil ini menegaskan bahwa peningkatan produktivitas lada di tingkat petani kecil sangat bergantung pada efisiensi teknis dan optimalisasi penggunaan input, bukan pada peningkatan jumlah tenaga kerja. Implikasi kebijakan yang dihasilkan mencakup peningkatan akses terhadap lahan dan modal, penerapan manajemen hara dan hama terpadu, penguatan penyuluhan berbasis teknologi digital (Barchenger et al., 2020), serta investasi dalam mekanisasi pertanian yang selektif. Secara konseptual, temuan ini menegaskan

bahwa penguatan kapasitas teknis dan inovasi digital merupakan kunci utama menuju intensifikasi pertanian lada yang berkelanjutan di Indonesia (Rizieq, Ekawati, et al., 2024).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi produksi lada pada petani kecil di Desa Entikong, Kalimantan Barat, menggunakan pendekatan regresi linier berganda. Hasil analisis menunjukkan bahwa tiga variabel utama—luas lahan (X_1), penggunaan pupuk (X_2), dan penggunaan pestisida (X_3)—berpengaruh positif dan signifikan terhadap hasil produksi lada, sedangkan tenaga kerja (X_4) tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Nilai koefisien determinasi yang tinggi ($R^2 = 0,971$) menegaskan bahwa variabel-variabel tersebut menjelaskan sebagian besar variasi produktivitas yang terjadi di tingkat petani kecil.

Temuan ini memperkuat bukti empiris bahwa peningkatan produktivitas lada lebih ditentukan oleh efisiensi teknis dan manajerial, khususnya dalam pengelolaan lahan, manajemen hara, dan pengendalian hama terpadu, daripada sekadar peningkatan jumlah tenaga kerja. Penerapan prinsip pertanian cerdas melalui pemupukan presisi, penggunaan pestisida selektif berbasis Integrated Pest Management (IPM), serta optimalisasi pemanfaatan lahan dan sumber daya digital berbasis Web-Based Document Management System menjadi faktor kunci dalam mendorong produktivitas berkelanjutan. Secara konseptual, hasil ini menegaskan pentingnya sinergi antara teknologi, kapasitas sumber daya manusia, dan kebijakan pendukung dalam memperkuat sistem pertanian lada yang efisien dan adaptif terhadap dinamika lingkungan.

5.2 Saran

Berdasarkan temuan penelitian, beberapa rekomendasi strategis dapat diajukan:

1. Optimalisasi Pemanfaatan Lahan dan Akses Modal. Pemerintah daerah dan lembaga keuangan perlu memperluas akses pembiayaan mikro bagi petani kecil untuk memperkuat kemampuan mereka dalam mengelola lahan dan mengadopsi teknologi produksi modern.
2. Penerapan Manajemen Hara Terpadu (INM). Petani disarankan untuk menerapkan kombinasi pupuk organik, anorganik, dan biochar guna menjaga keseimbangan nutrisi tanah dan meningkatkan produktivitas jangka panjang secara berkelanjutan.
3. Penguatan Implementasi IPM (Integrated Pest Management). Diperlukan pelatihan dan pengawasan berkelanjutan agar penggunaan pestisida dilakukan secara tepat dosis dan waktu, untuk menghindari resistensi hama dan dampak ekologis negatif.
4. Peningkatan Kapasitas Sumber Daya Manusia. Pelatihan teknis dan pemberdayaan perempuan di sektor pertanian perlu diperluas untuk meningkatkan efisiensi tenaga kerja dan adopsi mekanisasi selektif.
5. Integrasi Teknologi Digital dan Sistem Informasi Pertanian. Penggunaan sistem manajemen berbasis web (DMS) perlu diadopsi lebih luas untuk pencatatan kegiatan produksi, pemantauan input, serta akses terhadap informasi pasar dan iklim.
6. Penelitian Lanjutan. Studi berikutnya disarankan untuk memasukkan variabel sosial, kebijakan, dan iklim mikro secara lebih mendalam, serta menerapkan model non-linier atau pendekatan machine learning untuk memperkaya pemahaman mengenai dinamika produktivitas lada di berbagai wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abid, M., Batool, T., Siddique, G., Ali, S., Binyamin, R., Shahid, M. J., Rizwan, M., Alsahli, A. A., & Alyemeni, M. N. (2020). Integrated Nutrient Management Enhances Soil Quality and Crop Productivity in Maize-Based Cropping System. *Sustainability*, 12(23), 10214. <https://doi.org/10.3390/su122310214>
- Arshad, M. (2021). Experience of Using the Blackboard Learning Management System in Jazan University. *Information Technologies and Learning Tools*, 83(3), 79–99. <https://doi.org/10.33407/itlt.v83i3.4185>
- Barchenger, D. W., Thandar, K., Myint, T. G., Hung, T. N., Hung, N. Q., Lin, S.-W., Wang, Y.-W., & Lin, T.-H. (2020). Yield and Yield Component Performance of Chile Pepper in Myanmar and Vietnam. *Horttechnology*, 30(3), 463–467. <https://doi.org/10.21273/horttech04580-20>
- Chen, Y., Li, X., Tian, Y., & Tan, M. (2009). Structural Change of Agricultural Land Use Intensity and Its Regional Disparity in China. *Journal of Geographical Sciences*, 19(5), 545–556. <https://doi.org/10.1007/s11442-009-0545-7>
- Choi, Y. K., Jun, H.-J., Lee, C., Lee, C.-S., Yoo, S., Suh, S.-R., & Choi, Y. (2010). Development of a Mechanical Harvesting System for Red Pepper(I) - Surveys on Conventional Pepper Cultivation and Mechanization of Pepper Harvesting -. *Journal of Biosystems Engineering*, 35(6), 367–372. <https://doi.org/10.5307/jbe.2010.35.6.367>
- Costa, J., Rodríguez, R., García-Cela, E., Medina, Á., Magan, N., Lima, N., Battilani, P., & Santos, C. (2019). Overview of Fungi and Mycotoxin Contamination in Capsicum Pepper and in Its Derivatives. *Toxins*, 11(1), 27. <https://doi.org/10.3390/toxins11010027>
- Duan, Y., Gao, S., & Hanson, B. (2021). Effects of Biochar and Fertilizer Sources on Nitrogen Uptake by Chilli Pepper Plants Under Mediterranean climate. *Soil Use and Management*, 38(1), 714–728. <https://doi.org/10.1111/sum.12759>
- Ekawati, Purwanto, Rizieq, R., Ellyta, & Bancin, H. D. (2024). The role of legal and agricultural institutions in sustaining the adoption of new improved paddy varieties in West Kalimantan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1397(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1397/1/012030>
- Ekawati, Rizieq, R., & Kurniawan, H. M. (2020). Pemanfaatan Lahan Pekarangan dalam Mendukung Ketahanan Pangan Rumah Tangga Melalui Metode Vertikultur. *Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(3), 454–460. <https://doi.org/10.31849/dinamisia.v4i3.4133>
- Foster, A., & Rosenzweig, M. R. (2017). *Are There Too Many Farms in the World? Labor-Market Transaction Costs, Machine Capacities and Optimal Farm Size*. <https://doi.org/10.3386/w23909>
- Hidayanti, A. A., Usman, A., Tanaya, I. G. L. P., & Mandalika, E. N. D. (2023). Analisis Faktor Dalam Upaya Peningkatan Produktivitas Tenaga Kerja Wanita Tani Terhadap Usahatani Cabai Rawit Di Paok Pampang, Lombok Timur. *Agroteksos Agronomi Teknologi Dan Sosial Ekonomi Pertanian*, 33(3), 836. <https://doi.org/10.29303/agroteksos.v33i3.926>
- Indu, M. S., Meera, B., Sivakumar, K. C., Mahadevan, C., Shafi, K. M., Nagarathnam, B., Sowdhamini, R., & Sakuntala, M. (2022). ‘Priming’ Protects Piper Nigrum L. From Phytophthora Capsici Through Reinforcement of Phenylpropanoid Pathway and Possible Enhancement of Piperine Biosynthesis. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1072394>
- Islam, M. N., Iqbal, M. Z., Ali, M., Chowdhury, M., Kabir, M. S. N., Park, T., Kim, Y., & Chung, S. (2020). Kinematic Analysis of a Clamp-Type Picking Device for an Automatic Pepper Transplanter. *Agriculture*, 10(12), 627. <https://doi.org/10.3390/agriculture10120627>
- Jia, Y. (2023). Labor Supply Issues and Solutions in Potato Production Process: Case Study of Chongqing Region. *Advances in Economics Management and Political Sciences*, 53(1), 183–187. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/53/20230827>

- Jindal, S. K., Dhaliwal, M. S., & Meena, O. P. (2019). Molecular Advancements in Male Sterility Systems Of<i>Capsicum</i>: A Review. *Plant Breeding*, 139(1), 42–64. <https://doi.org/10.1111/pbr.12757>
- Kahane, R., Hodgkin, T., Jaenicke, H., Hoogendoorn, C., Hermann, M., Keatinge, J. D. H., Hughes, J. d., Padulosi, S., & Looney, N. E. (2013). Agrobiodiversity for Food Security, Health and Income. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(4), 671–693. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0147-8>
- Kim, H.-J., You, M., Lee, Y.-H., Kim, H.-J., Adhikari, D., & Kim, H. (2018). Red Pepper Seed Water Extract Inhibits Preadipocyte Differentiation and Induces Mature Adipocyte Apoptosis in 3t3-L1 Cells. *Nutrition Research and Practice*, 12(6), 494. <https://doi.org/10.4162/nrp.2018.12.6.494>
- Ma, W., & Rahut, D. B. (2024). Climate-Smart Agriculture: Adoption, Impacts, and Implications for Sustainable Development. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 29(5). <https://doi.org/10.1007/s11027-024-10139-z>
- Maniriho, A., Musabanganji, E., & Lebailly, P. (2021). Factors Affecting Farm Performance Among Small-Scale Farmers in the Volcanic Highlands of Rwanda: What Is the Role of Institutions? *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, 11(4), 262–268. <https://doi.org/10.18488/journal.ajard.2021.114.262.268>
- Marino, S. D., Borbone, N., Gala, F., Zollo, F., Fico, G., Pagiotti, R., & Iorizzi, M. (2006). New Constituents of Sweet <i>Capsicum Annuum</i> L. Fruits and Evaluation of Their Biological Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(20), 7508–7516. <https://doi.org/10.1021/jf061404z>
- Ortega, F., Hill, T., Deynze, A. V, Garcia-Llanos, A., & Walker, S. (2024). Identification of QTLs Involved in Destemming and Fruit Quality for Mechanical Harvesting of New Mexico Pod-type Green Chile. *Frontiers in Plant Science*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1357986>
- Rizieq, R., Ekawati, E., & Reswari, R. A. (2024). Circular Economy in The Agriculture Sector: A Case Study of West Kalimantan Province. *At-Tadbir: Jurnal Ilmiah Manajemen*. <https://doi.org/10.31602/piuk.v0i0.15424>
- Rizieq, R., Suryani, R., Reswari, R. A., & ... (2024). Penyuluhan Pembuatan Pupuk Organik Granul Berbasis Limbah Ternak Pada Kelompok Tani Usaha Bersama. ... *Arsyad Al Banjary*, 10(April), 74–91. <https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/AIJP/article/view/12704%0Ahttps://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/AIJP/article/download/12704/6254>
- Safira, E., Syechalad, Mohd. N., Asmawati, A., & Murlida, E. (2019). Pengaruh Pmdn, Pma, Tenaga Kerja Dan Luas Lahan Sektor Pertanian Terhadap Produk Domestik Regional Bruto (Pdrb) Sektor Pertanian Di Provinsi Aceh. *Jurnal Perspektif Ekonomi Darussalam*, 4(1), 109–117. <https://doi.org/10.24815/jped.v4i1.10927>
- Saleh, S., & Gufran, L. F. (2022). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Jagung (Zea Mays) Di Desa Losso Kecamatan Sampaga Kabupaten Mamuju. *Perbal Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 10(1), 85–92. <https://doi.org/10.30605/perbal.v10i1.1592>
- Salma, U., Alam, M. S., Khanam, M., Solaiman, A. R. M., Solaiman, Z. M., Rahman, G. K. M. M., & Rahman, Md. M. (2022). Effect of Organic Manures and Mineral Fertilizers on Soil Properties and Yield of Sweet Pepper (Capsicum Annuum L.). *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 32–43. <https://doi.org/10.9734/ajsspn/2022/v8i230137>
- Silva, J. K. R. da, Trindade, R. d., Alves, N. S. F., Figueiredo, P. L. B., Maia, J. G. S., & Setzer, W. N. (2017). Essential Oils From Neotropical Piper Species and Their Biological Activities. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(12), 2571. <https://doi.org/10.3390/ijms18122571>
- Vanapalli, K. R., Bhattacharya, J., & Dubey, B. (2025). Synergistic Effects of Engineered Biochar and Organic Fertilizers on the Plant Growth, Yield, and Fruit Quality of Bell Pepper and Tomato in a Tropical Laterite Soil. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu25-4609>

- Vasiuta, V., & Buniak, M. (2019). Blockchain Technology in the Workflow System of Higher Education Institutions. *Fundamental and Applied Researches in Practice of Leading Scientific Schools*, 31(1), 229–238. <https://doi.org/10.33531/farplss.2019.1.44>
- Warren-Thomas, E., Ahrends, A., Wang, Y., Wang, M. M. H., & Jones, J. P. G. (2022). *Rubber Needs to Be Included in Deforestation-Free Commodity Legislation*. <https://doi.org/10.1101/2022.10.14.510134>
- Xiong, W., Li, Z., Liu, H., Xue, C., Zhang, R., Wu, H., Li, R., & Shen, Q. (2015). The Effect of Long-Term Continuous Cropping of Black Pepper on Soil Bacterial Communities as Determined by 454 Pyrosequencing. *Plos One*, 10(8), e0136946. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136946>
- Yamauchi, F. (2016). Rising Real Wages, Mechanization and Growing Advantage of Large Farms: Evidence From Indonesia. *Food Policy*, 58, 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.11.004>