

Pengaruh Mekanisasi dan Asuransi Pertanian terhadap Efisiensi Teknis Usahatani Padi di Kanor Bojonegoro

The Influence of Mechanization and Agricultural Insurance on the Technical Efficiency of Rice Farming in Kanor, Bojonegoro

Wenny Mamilianti^{1*}, Novi Itsna Hidayati¹, Idah Lumhatul Fuad¹

¹ Departemen Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Yudharta Pasuruan, Pasuruan 67162, Jawa Timur, Indonesia

Abstrak.

Mekanisasi dan asuransi pertanian memiliki peranan penting dalam meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi usahatani padi. Namun pemanfaatan mekanisasi dan asuransi pertanian belum merata penerapannya ditingkat petani padi. Pemanfaatan mekanisasi dan asuransi apakah berpengaruh terhadap tingkat efisiensi teknis usahatani padi? Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh input terhadap produksi padi, menganalisis efisiensi teknis usahatani padi, dan menganalisis pengaruh mekanisasi, asuransi dan faktor lain terhadap efisiensi teknis usahatani padi. Fungsi produksi stokhastik frontier digunakan untuk mengestimasi efisiensi teknis dan pengaruh input terhadap produksi padi, sedangkan untuk menganalisis pengaruh mekanisasi, asuransi dan faktor lain terhadap efisiensi teknis menggunakan regresi tobit. Wawancara dan kuisener diberikan kepada 80 petani sampel, menjadi teknik untuk pengumpulan data Penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor produksi yang mempengaruhi produksi padi secara signifikan adalah luas lahan, pupuk urea dan ponska serta tenaga kerja. Petani responden di lokasi penelitian dikatakan telah efisien dengan efisiensi rata-rata 0,727. Selain itu pendidikan, pengalaman usahatani dan penggunaan mekanisasi berpengaruh signifikan positif terhadap efisiensi teknis sedangkan asuransi pertanian tidak berpengaruh signifikan terhadap efisiensi teknis. Dukungan pemerintah dan insntansi terkait tentang penerapan teknologi modern di tingkat petani adalah penting guna peningkatan produktivitas pertanian dan efisiensi produksi tanaman.

Kata kunci: Asuransi pertanian; Efisiensi teknis; Bojonegoro; Mekanisasi; Padi.

Abstract.

Mechanization and agricultural insurance play an important role in improving the sustainability and efficiency of rice farming. However, the adoption of mechanization and agricultural insurance has not been evenly implemented among rice farmers. Do the use of mechanization and insurance affect the level of technical efficiency in rice farming? This study aims to analyze the effect of inputs on rice production, to analyze the technical efficiency of rice farming, and to examine the influence of mechanization, insurance, and other factors on technical efficiency. The stochastic frontier production function was employed to estimate technical efficiency and the effect of inputs on rice production, while Tobit regression was used to analyze the influence of mechanization, insurance, and other factors on technical efficiency. Data were collected through interviews and questionnaires administered to 80 sample farmers. The results revealed that the production factors significantly affecting rice production were land area, urea fertilizer, ponska fertilizer, and labor. The respondent farmers in the research location were considered efficient, with an average efficiency score of 0.727. In addition, education, farming experience, and the use of mechanization had a significant positive effect on technical efficiency, whereas agricultural insurance did not significantly affect technical efficiency. Government and institutional support for the application of modern technology at the farmer level is essential to enhance agricultural productivity and crop production efficiency.

Keywords: Bojonegoro; Insurance; Mechanization; Rice; Technical efficiency.

1. PENDAHULUAN

Jawa Timur merupakan salah satu provinsi yang berkontribusi besar pada produksi padi Indonesia, sebesar 18% dari produksi nasional berasal dari Jawa Timur atau sekitar dengan 9,71 juta ton gabah pada tahun 2023 (BPS 2024). Bersama Jawa Tengah dan Jawa Barat sebagai sentra produksi padi nasional, Jawa Timur melibatkan sekitar 3,29 juta petani padi, yang sebagian besar berupa lahan sawah irigasi (Saijo 2024). Produksi padi Jawa Timur tidak lepas dari kondisi geografis dan agroklimat yang mendukung, ketersediaan lahan padi yang luas, serta penerapan teknologi budidaya yang semakin berkembang. Namun demikian, sektor ini masih menghadapi

* Korespondensi Penulis
Email : wennymfp@yudharta.ac.id

tantangan berupa alih fungsi lahan, fluktuasi harga hasil panen, perubahan iklim, dan keterbatasan tenaga kerja pertanian. Pertanian padi memainkan peranan penting dalam perekonomian provinsi ini dan memberikan kontribusi signifikan terhadap Domestik Regional Bruto Produk, pertumbuhan ekonomi (Oktavia & Hanani, 2016; Ruslan & Sukma, 2025), lapangan kerja di pedesaan (Oktavia & Hanani, 2016), pengentasan kemiskinan (Henny *et al.*, 2021) dan ketahanan pangan (Pangesti *et al.*, 2023; Ruslan & Sukma, 2025).

Kabupaten Bojonegoro merupakan salah satu daerah penghasil padi utama di Jawa Timur. Luas panen padi di Bojonegoro pada tahun 2023 mencapai lebih dari 120 ribu hektar dengan produksi sekitar 760 ribu ton GKG (BPS Bojonegoro, 2023). Sebagian besar lahan pertanian di daerah ini merupakan sawah irigasi dan sawah tadah hujan yang tersebar di berbagai kecamatan seperti Kanor, Balen, dan Kepoh baru (Saeri *et al.*, 2024; Septiyana *et al.*, 2025). Meskipun memiliki potensi produksi yang besar, Bojonegoro juga menghadapi tantangan berupa risiko banjir dan kekeringan musiman yang dapat memengaruhi hasil panen (Irianto *et al.*, 2021). Oleh karena itu, modernisasi pertanian melalui mekanisasi dan perlindungan risiko melalui program asuransi usaha tani menjadi sangat relevan dalam upaya meningkatkan efisiensi teknis serta keberlanjutan produksi padi di daerah ini.

Kabupaten Bojonegoro sebagai salah satu sentra produksi padi di Jawa Timur. Program-program yang mendukung pertanian padi telah banyak di gulirkan oleh pemerintah daerah Kabupaten Bojonegoro antara lain bantuan alat pertanian dan asuransi pertanian. Hal ini sebagai upaya menghadapi tantangan peningkatan produktivitas dan efisiensi usahatani di tengah keterbatasan sumber daya serta tingginya risiko produksi. Penerapan mekanisasi pertanian menjadi salah satu strategi penting untuk mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, menekan biaya produksi, dan meningkatkan efisiensi teknis (Mamilianti *et al.*, 2024; Tarigan, 2019). Penggunaan alat dan mesin pertanian modern terbukti dapat meningkatkan kapasitas kerja, mempercepat proses budidaya, serta mendorong produktivitas petani (J. Liu *et al.*, 2023; Tarigan, 2019).

Kabupaten Bojonegoro adalah termasuk daerah rawan banjir (Dewanti, 2024). Ini membawa area padi di Kabupaten Bojonegoro memiliki risiko gagal panen akibat banjir, kekeringan, maupun serangan organisme pengganggu tanaman masih menjadi hambatan serius dalam usahatani padi. Kehadiran asuransi pertanian diharapkan mampu memberikan perlindungan finansial bagi petani, sehingga mereka lebih berani mengambil keputusan berisiko dalam penggunaan input yang optimal (Carter *et al.*, 2016; Chen *et al.*, 2022; Nugroho & Fitrah, 2018; Sunarto *et al.*, 2022). Namun, meskipun pemerintah telah memperkenalkan program Asuransi Usaha Tani Padi (AUTP), tingkat partisipasi petani di berbagai daerah, termasuk Bojonegoro, masih rendah karena keterbatasan pemahaman, akses, dan minat (Anwar, 2013; Hilalullaili, 2021).

Asuransi pertanian memberikan kepastian pembiayaan untuk keberlanjutan pertanian setelah terjadi bencana seperti banjir atau serangan hama penyakit. Kepastian pembiayaan ini memberikan pengaruh terhadap perilaku petani dalam pemilihan dan adopsi teknologi, keputusan alokasi input yang berhubungan dengan jumlah dan waktu aplikasi (Fu *et al.*, 2024). Petani yang mendapatkan kepastian pembiayaan akibat risiko produksi lebih berani untuk memilih input yang dapat meningkatkan produksi dan berani menggunakan mesin pertanian (Fu *et al.*, 2024; Nugroho & Fitrah, 2018). Namun program asuransi yang diakses petani belum sepenuhnya bertujuan untuk merubah perilaku petani dalam manajemen usahatani khususnya dalam manajemen produksi. Asuransi memberikan kepastian modal dan menjadi solusi atas kerugian akibat bencana atau serangan hama penyakit untuk keberlanjutan usaha namun tidak secara langsung memberikan perubahan perilaku dalam produksi seperti olah lahan, pemupukan hingga pengendalian hama penyakit tanaman (Hou & Wang, 2022).

Mekanisasi pertanian di tingkat petani telah banyak digunakan karena manfaat yang didapatnya seperti mempermudah pekerjaan, memberikan solusi keterbatasan tenaga kerja dan mengurangi biaya produksi khususnya biaya tenaga kerja (Mamilianti *et al.*, 2024). Penggunaan alat pertanian atau mekanisasi secara langsung dapat merubah perilaku petani dalam produksi, petani dapat melakukan pekerjaan tepat waktu olah lahan, tanam dan panen hal ini dapat meningkatkan produksi.

Penelitian-penelitian yang telah dilakukan menerangkan bahwa penggunaan mekanisasi pertanian dapat meningkatkan produksi karena tahapan usahatani dapat dilakukan tepat waktu dan lebih cepat, mengurangi kehilangan hasil, alokasi input lebih tepat dosis dan waktu (Hanggana *et al.*, 2022; Herdiansyah *et al.*, 2023; Y. Liu *et al.*, 2020; Vortia *et al.*, 2021)

Ketidakmerataan adopsi mekanisasi dan asuransi pertanian menimbulkan pertanyaan apakah kedua faktor tersebut benar-benar berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi teknis usahatani padi. Kajian yang secara khusus menghubungkan mekanisasi dan asuransi pertanian dengan efisiensi teknis masih terbatas, khususnya pada konteks lokal seperti Kabupaten Bojonegoro. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk menganalisis pengaruh mekanisasi dan asuransi pertanian terhadap efisiensi teknis, sehingga dapat menjadi dasar kebijakan dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan usahatani padi.

2. METODOLOGI

Lokasi penelitian dilakukan di dua desa yaitu desa Temu dan Kedungprimpen Kecamatan Kanor Kabupaten Bojonegoro. Lokasi ini ditentukan secara *purposive*, pertimbangannya lokasi ini adalah sentra pertanian padi, program asuransi pertanian telah ditawarkan di daerah ini, petani telah banyak menggunakan alat pertanian untuk mendukung usahatannya. Kecamatan Kanor telah mendapatkan program asuransi pertanian sejak tahun 2016, menurut Dinas Ketahanan dan Pertanian Kabupaten Bojonegoro dan wawancara pendahuluan dengan PP, Ketua kelompok tani di dua desa tersebut menerangkan bahwa mulai tahun 2016 telah mendapatkan program asuransi. Petani di dua desa tersebut telah menggunakan mesin pertanian untuk membantu pekerjaan usahatannya. Di dua desa hampir 80% petani menggunakan mesin pertanian meskipun yang terbanyak digunakan adalah traktor pengolah lahan. Populasi yang digunakan adalah petani di desa tersebut yang menjadi anggota aktif Kelompok yang berjumlah 132 orang pada musim tanam sartu yaitu bulan Januari - Juni. Petani 132 orang tersebut telah menjadi anggota kelompok minimum 5 tahun atau meneruskan usahatani orang tuanya, yang pernah mendapatkan asuransi maupun tidak pernah, serta telah menggunakan alat pertanian atau tidak pernah atau secara konvensional. Rumus slovin digunakan untuk penentuan jumlah sampel

diperoleh total sampel sebesar 80 orang petani, yang diambil menggunakan metode *simple random sampling* di mana semua individu dalam populasi, baik secara individu maupun bersama-sama, memiliki kesempatan yang sama untuk dipilih sebagai anggota sampel. Penelitian dilakukan pada bulan September 2025.

Penelitian ini menggunakan metode analisis frontier stokastik dengan fungsi produksi Cobb Douglas yang telah banyak digunakan untuk mengukur Efisiensi Teknis (TE) di berbagai sektor termasuk pertanian khususnya produksi padi (Agency *et al.*, 2023; Burneh & Bangkalan, 2022; Kusnadi *et al.*, n.d.; Ramadani *et al.*, 2024; Syahputra *et al.*, 2023; Zewdie *et al.*, 2021) Metode ini dapat mengurai variasi tangkapan dari gangguan acak dan efek inefisiensi. Selain itu, keunggulan metode analisis frontier stokastik adalah kemampuannya untuk mengurai suku galat sehingga dapat dipisahkan antara efisiensi teknis dan guncangan acak yang memengaruhi output.

Efisiensi teknis produksi padi di lokasi penelitian dianalisis menggunakan fungsi produksi frontier stokastik. Analisis ini bertujuan untuk menentukan produksi petani dan efisiensi faktor produksi yang secara signifikan memengaruhi frontier produksi. Hipotesis yang dibentuk adalah bahwa produksi tanaman padi dipengaruhi oleh luas lahan (Motbaynor & Kumar, 2023; Purbata *et al.*, 2020.), benih (Widyastiara *et al.*, 2023), pupuk urea, pupuk ponska, pestisida dan tenaga kerja (Herdiansyah *et al.*, 2023; Muazu *et al.*, 2014). Dengan demikian, penduga model fungsi produksi frontier stokastik dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \beta_3 \ln X_3 + \beta_4 \ln X_4 + \beta_5 \ln X_5 + \beta_6 \ln X_6 + (v_1 - u_1)$$

.... (1)

Dimana Y adalah produksi padi (kg), X_1 adalah luas lahan (m^2), X_2 adalah jumlah benih yang digunakan (kg), X_3 adalah jumlah pupuk urea (kg), X_4 adalah jumlah pupuk ponska (kg), X_5 adalah jumlah pestisida yang digunakan (liter), X_6 adalah jumlah tenaga kerja yang digunakan (HOK) dan $(v_i - u_i)$ adalah suku galat. Semua variabel diamati selama satu musim tanam menggunakan kuesioner.

Analisis frontier stokastik dari penelitian sebelumnya diarahkan terutama untuk memprediksi dampak inefisiensi. Pengukuran efisiensi teknis yang berorientasi pada output merupakan rasio output yang paling umum diamati dengan output

frontier stokastik. Persamaan dasar fungsi produksi padi di lokasi penelitian dengan menggunakan pendekatan frontier stokastik adalah seperti yang ditampilkan pada persamaan (1).

$$TE = \frac{y_i}{y_i^*} = \frac{\exp(x_i\beta + v_i - u_i)}{\exp(x_i\beta + v_i)} = \exp(-u_i) \dots\dots\dots (2)$$

Nilai efisiensi (TE) berada dalam interval 0 hingga 1 atau $0 < TE < 1$. Nilai efisiensi yang mendekati 1 dianggap semakin efisien, dan jika $TE = 1$ maka kondisi usahatani efisien secara teknis. Dalam mengestimasi faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat efisiensi teknis digunakan suatu model regresi tobit. Penelitian ini menggunakan regresi tobit karena nilai dari variabel tidak bebas yaitu indeks efisiensi teknis di batasi (consered) antara 0 – 1. Model untuk menghitung TE (*Technical Efficiency*) masing-masing dianalisis secara terpisah. Dalam menaksir parameter regresi tobit digunakan MLE (*Maximum Likelihood Estimator*). Model estimasi faktor yang berpengaruh terhadap tingkat efisiensi menggunakan model regresi tobit yaitu:

$$TE = \delta_0 + \delta_1 Z_1 + \delta_2 Z_2 + \delta_3 Z_3 + \delta_4 Z_4 + \delta_5 Z_5 + \delta_6 Z_6 + \delta_7 D_1 + \delta_8 D_2 + \delta_9 D_3 + \delta_{10} D_4 + \varepsilon \dots\dots\dots (3)$$

Dimana TE adalah nilai efisiensi teknis, Z_1 adalah umur petani (th), Z_2 adalah lama menempuh pendidikan (tahun), Z_3 adalah pengalaman usahatani (th), Z_4 adalah frekuensi petani mengikuti penyuluhan dan pelatihan (angka 1,2,3...), Z_5 adalah penggunaan mekanisasi/alat pertanian (jika petani menggunakan jenis alat pertanian lebih dari 1, bernilai 1 jika petani hanya menggunakan satu alat pertanian dan bernilai 0 jika petani tidak menggunakan alat pertanian), Z_6 adalah asuransi pertanian (bernilai 1 jika petani memanfaatkan asuransi pertanian dan 0 jika tidak), δ_n adalah koefisien parameter variabel yang diestimasi, ε adalah random error term yang diasumsikan bebas dan disistribusikan bebas dan distribusinya terpotong normal dengan $N(0, \delta)$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Diskripsi Statistik

Variabel input produksi usahatani yang digunakan dipenelitian ini adalah produksi padi sebagai variabel dependent yang diukur dalam kilogram, sedangkan variabel independent adalah lahan, benih, pupuk urea, pupuk ponska, pestisida dan tenaga kerja. Diskripsi variabel dan statistiknya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Diskripsi statistik variabel produksi

Variable	Ukuran Variabel	Diskripsi Statistik Variabel Produksi			
		Minimum	Maksimum.	Mean	Std. dev.
Produksi	Kilogram	700	19.000	5.175	3.903,398
Lahan	M ²	1000	12.000	8.349,375	13.444,413
Benih	Kilogram	10	100	27,325	20,609
Urea	Kilogram	20	1.250	317,187	280,258
Ponska	Kilogram	10	1.100	207,312	210,971
Pestisida	Liter	1,3	40	5,83	7,652
Tenaga kerja	Hari orang kerja (HOK)	14	152	40,075	26,871

Analisis deskriptif dilakukan untuk memberikan gambaran umum mengenai karakteristik data dalam variabel penelitian sebelum dilakukan analisis lebih lanjut. Deskripsi ini meliputi nilai rata-rata, nilai minimum, nilai maksimum dan standar deviasi dari setiap variabel yang digunakan. Diskripsi statistik dilakukan pada keseluruhan data dari lokasi penelitian. Hasil analisis deskriptif menunjukkan bahwa variabel produksi memiliki rata-rata sebesar 5.175 kilogram dengan standar deviasi 3.903,398. Hal ini menjelaskan adanya variasi produktivitas antar petani responden.

Pada variabel input, lahan yang digunakan untuk pertanian padi diperoleh rata-rata 8.349,375 M² dengan standar deviasi 13.444,413 dengan nilai minimum 1.000 M² dan maksimum 12.000 M². Hal ini menunjukkan bahwa luas lahan padi milik petani terdapat variasi antar petani responden. Input benih rata-rata sebesar 27,325 kg per musim dengan standar deviasi 20,609 dan nilai minimum 10 kg serta maksimum 100 kg. Nilai standar deviasi dan rata-rata sangat dekat ini artinya data heterogen atau bervariasi. Rata-rata pupuk urea sebesar 317,187 kg dengan standart deviasi 280,258 sedangkan nilai minimum 20 kg dan maksimum 1.250 kg. Pupuk ponska rata-rata 207,312kg dengan standar deviasi 210,971, nilai minimum 10 dengan nilai maksimum 1.100 kg. Hal ini mengindikasikan bahwa petani menggunakan pupuk tidak seragam sesuai dengan luas lahan yang digunakan untuk usahatani padi. Sementara itu, variabel pestisida 5,83 liter per musim dengan standar deviasi 7,652 liter dengan nilai minimum 1,3 dan maksimum sebesar 40 liter. Nilai standar deviasi yang lebih tinggi dari nilai rata-rata ini menunjukkan bahwa keragaman penggunaan pestisida petani

sangat bervariasi. Penggunaan pestisida untuk padi tidak hanya kegiatan rutinitas namun disesuaikan dengan serangan hama penyakit tanaman. Input tenaga kerja menunjukkan rata-rata sebesar 40,075 HOK/ha dengan standart deviasi 26,871 HOK/ha dengan nilai minimum 14 HOK/ha dan maksimum 152 HOK/ha. Variasi penggunaan tenaga kerja mencerminkan perbedaan strategi penggunaan tenaga kerja di antara petani, baik yang masih mengandalkan tenaga manual maupun yang sudah menggunakan bantuan mekanisasi.

Secara keseluruhan, hasil analisis deskriptif ini memperlihatkan bahwa setiap variabel memiliki tingkat keragaman yang berbeda. Variabel dengan standar deviasi rendah mengindikasikan penggunaan input yang relatif seragam antar petani, sedangkan variabel dengan standar deviasi tinggi menunjukkan adanya perbedaan yang cukup besar dalam praktik usahatani. Informasi ini penting untuk memahami karakteristik sampel sebelum dilakukan analisis efisiensi teknis menggunakan metode stokhastik frontier.

Diskripsi statistik tidak hanya untuk variabel produksi, di tabel 2 terdapat rekapitulasi disripsi statistik variabel-variabel yang mempengaruhi efisiensi teknis. Variabel-variabel independent yang digunakan dalam analisis pengaruh faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi teknis padi adalah umur, pendidikan, pengalaman usahatani, frekuensi petani mengikuti penyuluhan dan pelatihan, penggunaan mekanisasi/alat pertanian, dan asuransi pertanian, sedangkan efisiensi teknis adalah variabel dependennya.

Variabel yang digunakan analisis Tobit adalah variabel sosial ekonomi dan teknologi. Rata-rata efisiensi teknis input 0,7277 dengan nilai standart deviasi sebesar 0,1397. Rata-rata umur petani adalah 53,3 dengan standar deviasi 10,709 nilai minimum 25 tahun dan maksimum 71 tahun. Ini menunjukkan bahwa rata-rata umur petani responden adalah umur yang kurang produktif namun masih meneruskan usahatannya. Jika di lihat pengalaman usahatannya rata-rata 24,487 tahun, hal ini menunjukkan meskipun umur petani arata-rata diatas 50 tahun namun memiliki pengalaman yang cukup lama di pertanian padi yaitu 24,487 tahun dengan maksimum 50 tahun. Petani tidak semua pernah mengikuti penyuluhan dan pelatihan di tahun 2025 ini ditunjukkan dengan nilai minimumnya 0 yang artinya petani tidka mengikuti

penyuluhan dan pelatihan. Nilai maksimum 8 dan standar deviasi 1,724 ini menunjukkan bahwa frekuensi petani mengikuti penyuluhan dan pelatihan beragam yaitu antara tidak pernah mengikuti dengan nilai 0 sampai 8 kali di tahun 2025. Penggunaan alat pertanian nilai minimum 1 dan maksimum 2, hal ini menunjukkan bahwa petani responden semuanya menggunakan alat pertanian/mekanisasi namun jenis yang digunakan tidak sama, hal ini diperjelas dengan nilai standar deviasi sebesar 0,475. Begitu juga dengan asuransi pertanian, petani responden ada yang tidak mengakses asuransi pertanian yang ditawarkan oleh pemerintah daerah, hal ini ditunjukkan dengan nilai minimum 0, standar deviasi 0,503 lebih besar dari nilai rata-rata 0,487 artinya bahwa jawaban petani tentang keikutsertaan asuransi pertanian beragam. Hasil analisis deskriptif ini yang diperlihatkan pada tabel 2 menjelaskan bahwa setiap variabel memiliki tingkat variasi yang tidak sama. Informasi ini penting untuk memahami karakteristik petani sebagai sampel sebelum dilakukan analisis Tobit.

Tabel 2 Deskripsi statistik variabel yang mempengaruhi efisiensi teknis

Variable	Ukuran Variabel	Deskripsi Statistik Variabel Produksi			
		Min	Mak	Mean	Std. dev.
Efisiensi teknis	Nilai efisiensi	0,38	0,95	0,7277	0,1397
Umur	Tahun	25	71	53,3	10,709
pendidikan	Tahun	6	16	8,075	4,731
Pengalaman usahatani	Tahun	3	50	24,487	12,711
Frekuensi pelatihan	Angka 1,2,3...	0	8	2,25	1,724
Penggunaan mekanisasi	Kategori (2,1 dan 0)	1	2	1,662	0,475
Asuransi	Kategori (1 dan 0)	0	1	0,487	0,503

3.2. Analisis Fungsi Produksi Padi

Produksi padi ditentukan oleh penggunaan faktor produksi atau disebut juga input. Input yang digunakan dalam penelitian ini adalah lahan, benih, pupuk urea, pupuk ponska, pestisida dan tenaga kerja. Analisis fungsi produksi menjelaskan hubungan teknis produksi dengan input-inputnya, penelitian ini dalam mengestimasi pengaruh faktor produksi terhadap produksi menggunakan fungsi produksi *stochastic*

frontier. Hasil estimasi prediksi fungsi produksi usahatani padi di Kabupaten Bojonegoro disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil estimasi fungsi produksi stokastik frontier

Variabel	Koefisien	Standart Error	T ratio	P >t
Konstanta	***0,152	0,491	3,111	0,000
Lahan	***0,524	0,758	6,913	0,000
Benih	0,546	0,603	0,905	0,161
Pupuk Urea	*0,118	0,723	1,635	0,094
Pupuk Ponska	**0,160	0,705	2,276	0,047
Pestisida	-0,415	0,471	-0,088	0,584
Tenaga Kerja	*0,175	0,992	1,777	0,056

Catatan : * signifikan pada $\alpha = 0,1$; ** signifikan pada $\alpha = 0,05$; ***signifikan pada $\alpha = 0,01$

Pada tabel 3 menjelaskan informasi penting terkait pengaruh faktor produksi terhadap produksi padi. Lahan yang digunakan untuk usahatani padi berpengaruh signifikan positif terhadap produksi padi dengan nilai koefisien 0,524 yang artinya setiap peningkatan lahan 1% M² dalam jumlah lahan, produksi padi akan meningkat sebesar 0,524%. Hasil ini konsisten dengan hasil penelitian (Purbata et al., 2020; Septiyana et al., 2025; Utami & Mamilianti, 2021) yang menyebutkan bahwa input lahan berpengaruh signifikan pada peningkatan produksi padi.

Benih merupakan input produksi utama dalam kegiatan usahatani, karena produksi yang dihasilkan bergantung pada jumlah benih yang digunakan. Input benih dalam penelitian ini pengaruhnya terhadap produksi tidak terbukti signifikan. Rata-rata penggunaan benih 27 kg untuk satu musim tanam. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan benih, baik dari segi jumlah maupun jenis, tidak memberikan variasi yang signifikan terhadap tingkat produksi yang dihasilkan petani. Salah satu kemungkinan penyebabnya adalah bahwa benih yang digunakan relatif seragam kualitasnya di lapangan, sehingga tidak menimbulkan perbedaan hasil yang berarti. Benih yang digunakan petani adalah ciherang dan inpari 32, petani yang menggunakan inpari 32 sebesar 70% sisanya menggunakan ciherang. Dengan data ini jelas bahwa varietas benih padi yang digunakan kurang beragam. Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan hasil penelitian (Martey et al., 2019; Rahim et al., 2020; Sumaryanto et al., 2023) yang menyebutkan bahwa benih padi berpengaruh signifikan terhadap produksi padi.

Penggunaan pupuk bertujuan untuk memberikan nutrisi bagi tanaman merangsang pertumbuhan tanaman dan meningkatkan produksi tanaman. Ada dua jenis pupuk yang digunakan oleh petani di daerah penelitian, yaitu urea dan ponska. Semua responden petani menggunakan pupuk urea untuk budidaya padi dalam satu musim tanam. Analisis menunjukkan bahwa jumlah urea (X3) secara signifikan mempengaruhi produksi usahatani padi dengan koefisien positif. Koefisien X3 urea bernilai 0,118 yang berarti bahwa untuk setiap peningkatan 1% urea, produksi padi akan meningkat sebesar 0,118%. Konsisten dengan penelitian (Heryono *et al.*, 2016; Iskandar & Mada, 2020) elastisitas produksi frontier dari variabel pupuk urea secara signifikan mempengaruhi produksi padi. Urea merupakan sumber hara nitrogen tanaman yang banyak digunakan petani. Penggunaan pupuk urea akan memacu pertumbuhan tanaman sehingga output tanaman yang dihasilkan akan meningkat. Begitu juga untuk pupuk ponska, koefisien positif sebesar 0,160 ini menunjukkan bahwa pupuk ponska berpengaruh terhadap peningkatan produksi padi. Pupuk Ponska merupakan pupuk majemuk yang mengandung unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang sangat dibutuhkan tanaman padi untuk menunjang pertumbuhan dan produktivitas. Penggunaan pupuk Ponska yang tepat dosis dan waktu pemberiannya dapat mempercepat pertumbuhan vegetatif, meningkatkan jumlah anakan produktif, serta memperbaiki kualitas dan kuantitas gabah. Oleh karena itu, pupuk Ponska memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan hasil panen padi apabila diimbangi dengan pengelolaan lahan dan teknologi budidaya yang baik.

Penggunaan pestisida pada tanaman padi bertujuan untuk pencegahan, pengendalian dan pembasmi hama penyakit tanaman. Penggunaan pestisida dipengaruhi oleh seberapa besar serangan hama penyakit tanaman, dosis anjuran penggunaannya, dan waktu aplikasi yang tepat. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa penggunaan pestisida tidak berpengaruh signifikan terhadap produksi padi. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pestisida tidak secara signifikan berpengaruh terhadap produksi padi. Pestisida hanya berfungsi menjaga tanaman dari potensi kerusakan akibat hama dan penyakit, namun tidak secara langsung meningkatkan hasil panen. Ketidaksignifikanan pengaruh pestisida

juga dapat disebabkan oleh rendahnya intensitas serangan hama pada musim tanam penelitian sehingga tambahan pestisida tidak memberikan dampak nyata terhadap produktivitas. Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan penelitian (Anugrah *et al.*, 2024; Heryono *et al.*, 2016) menyebutkan dalam penelitiannya bahwa pestisida berpengaruh signifikan terhadap peningkatan produksi padi.

Input tenaga kerja berpengaruh terhadap produksi padi. Jumlah tenaga kerja yang digunakan disesuaikan dengan luas lahan garapan. Rata-rata tenaga kerja yang digunakan adalah 40 HOK. Jumlah ini selain disesuaikan dengan luas lahan juga disesuaikan dengan alat pertanian yang digunakan. Penggunaan alat pertanian atau mekanisasi dapat mengurangi penggunaan tenaga kerja, dan hampir 80% petani menggunakan alat pertanian berupa traktor, alat penanam dan alat pemanen, pompa air sampai alat pembersih gulma (Muharram *et al.*, 2025). Tenaga kerja yang digunakan masih sama yaitu tenaga kerja laki-laki mendominasi di setiap kegiatan pertanian. Nilai koefisien tenaga kerja sebesar 0,175 ini artinya bahwa setiap penambahan 1% tenaga kerja akan meningkatkan produksi padi sebesar 0,175%. Hasil penelitian ini konsisten dengan penelitian (Novitaningrum *et al.*, 2019; Purbata *et al.*, 2020.; Ramadani *et al.*, 2024; Zulkarnain *et al.*, 2022) menyatakan semakin banyak tenaga kerja yang digunakan, semakin luas lahan pertanian yang dapat dimanfaatkan; hal ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah tenaga kerja dengan asumsi input lainnya tetap) tetap dapat meningkatkan produksi usahatani padi.

3.3. Distribusi Efisiensi Teknis

Analisis fungsi produksi frontier stokastik juga mengestimasi tingkat efisiensi yang telah dicapai petani (Tabel 3). Berdasarkan hasil analisis, tingkat efisiensi petani di lokasi penelitian di Kabupaten Bojonegoro berada pada kisaran 0,384–0,951 dengan nilai efisiensi rata-rata sebesar 0,727. Rata-rata petani padi mencapai efisiensi teknis sebesar 0,727 dari frontier mereka dengan sistem manajemen terbaiknya. Rata-rata efisiensi petani ini masih lebih rendah dari rata-rata efisiensi teknis padi di Sukoharjo Jawa Tengah yang mencapai 0,75 (Iskandar, 2020), (Min SHI *et al.*, 2021) dalam penelitiannya juga menyampaikan bahwa pertanian padi di Tiongkok dengan menggunakan mekanisasi memiliki rata-rata efisiensi teknis 0,74, selanjutnya

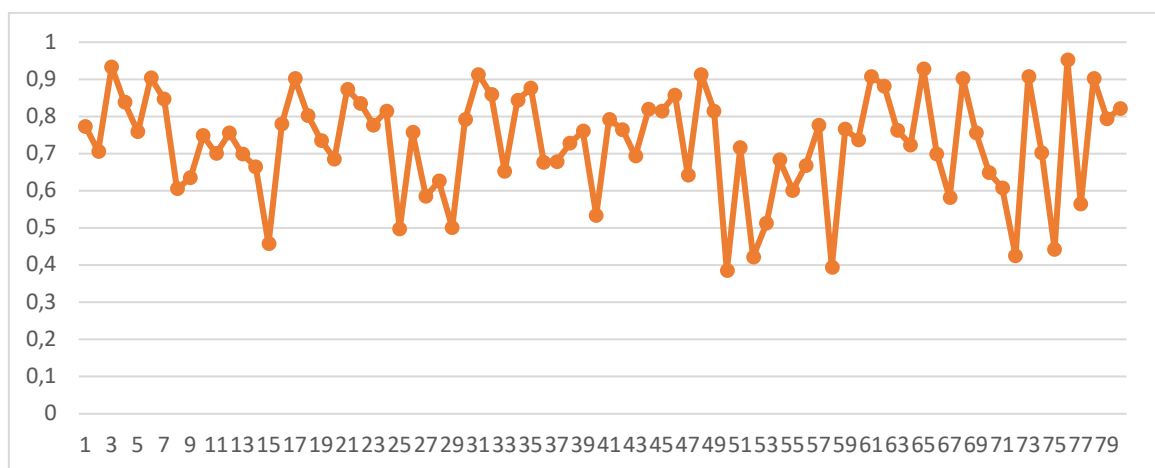
(Ramadani et al, 2024) menyatakan rata-rata efisiensi teknis padi di Lamongan di daerah rawan banjir yang diukur dengan metode stokhastik frontier sebesar 0,7605, dimana rata-rata ini lebih tinggi dari rata-rata efisiensi teknis usahatani padi di lokasi penelitian. Agung Rahmat Syahputra (2023) dalam penelitiannya tentang efisiensi teknis usahatani padi di Kalimantan Tengah dengan pendekatan stokhastik frontier menunjukkan bahwa rata-rata efisiensi teknis usahatani padi di Kalimantan Tengah sebesar 0,52 atau 52%, hasil ini lebih rendah daripada hasil pengukuran efisiensi teknis usahatani padi di lokasi penelitian yaitu Kabupaten Bojonegoro Jawa Timur.

Distribusi efisiensi teknis petani padi di Kabupaten Pasuruan dapat dilihat pada table 4, sedangkan nilai efisiensi teknis masing-masing petani dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 4. Distribusi tingkat efisiensi teknis padi di lokasi penelitian

Tingkat Efisiensi teknis	Petani (orang)	Persentase (%)
0 - 0,500	7	8,75
0,501 - 0,700	23	28,75
0,701 - 0,900	40	50
0,901 - 1,000	10	12,5
TOTAL	80	100
Min		0,384
Max		0,951
Rata-rata		0,727

Sumber : Analisis data primer 2025



Gambar 1. Distribusi level efisiensi teknis setiap petani responden.

Tabel 3 juga menunjukkan persentase jumlah petani berdasarkan tingkat efisiensi tersebut, secara keseluruhan, usahatani padi di Bojonegoro telah berada dalam kategori efisien, terbukti dari 50% responden yang berada dalam rentang efisiensi 0,7 hingga 0,951. Pada gambar 1 juga dapat dilihat bahwa nilai efisiensi teknis petani bervariasi ini menunjukkan bahwa alokasi input petani dapat meningkatkan produksi hal ini dapat dilihat didalam analisis pengaruh produksi di tabel 1 bahwa faktor produksi yang digunakan petani mempengaruhi produksi yaitu lahan, pupuk urea, pupuk ponska dan tenaga kerja. Petani masih berpeluang meningkatkan efisiensi teknisnya dengan mengelola usahatani dengan baik terutama dalam alokasi input. Perbedaan tingkat efisiensi teknis dapat disebabkan oleh penggunaan mekanisasi atau alat pertanian yang belum optimal dan atau kapasitas penggunaan mesin pertanian yang masih kurang seperti dari waktu penggunaan atau jenis alat yang digunakan. Dari hasil penelitian dengan rata-rata efisiensi teknis sebesar 0,727 atau 72,7% menandakan bahwa petani masih memiliki peluang untuk meningkatkan efisiensi teknis sebesar 27,3% melalui perbaikan penggunaan mesin pertanian dan atau manajemen pengelolaan usahatani yang lebih baik. Peningkatan efisiensi teknis oleh petani tentunya dengan memperhatikan beberapa faktor teknis seperti manajemen alokasi input oleh petani, ketersediaan input produksi saat tanam, penggunaan mesin pertanian untuk memberikan kemudahan dan efisiensi penggunaan tenaga kerja, selain faktor teknis untuk meningkatkan efisiensi teknis juga perlu memperhatikan faktor sosial ekonomi dan penggunaan teknologi. Untuk melihat faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi tingkat/level efisiensi teknis usahatani padi di Kecamatan Kanor Kabupaten Bojonegoro dapat dilihat pada tabel 5.

3.4. Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi usahatani padi di lokasi penelitian Kecamatan Kanor Kabupaten Bojonegoro

Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang dianggap sebagai penyebab efisiensi. Secara keseluruhan, variabel-variabel yang diperkirakan memengaruhi efisiensi usahatani padi secara signifikan diperlihatkan pada tabel 5. Hasil estimasi variabel efisiensi dengan fungsi produksi frontier stokastik lebih jelas terlihat pada tabel 5.

Tabel 5. Pengaruh faktor modernisasi dan perilaku risiko terhadap efisiensi teknis

Independent Variabel	Koefisien	SE	Z statistik	prob
Konstanta	0,576914	0,093284	6,184489	0,0000
umur	0,002035	0,001718	1,184654	0,2362
Pendidikan	**0,009463	0,004011	0,359082	0,0183
Pengalaman usahatani	**0.003224	0.001512	2.132330	0.0330
Frekuwensi pelatihan	0.005781	0.008595	0.672640	0.5012
Penggunaan mekanisasi	***0.129663	0.029804	4.350590	0.0000
Asuransi pertanian	-0.006404	0.029765	-0.215152	0.8296

Catatan : * signifikan pada $\alpha = 0,1$; ** signifikan pada $\alpha = 0,05$; ***signifikan pada $\alpha = 0,01$

Analisis menunjukkan variabel yang berpengaruh signifikan terhadap efisiensi usahatani padi di lokasi penelitian Kabupaten Bojonegoro adalah Pendidikan (Z2), pengalaman usahatani (Z3), Penggunaan mekanisasi/alat pertanian (Z5). Variabel pendidikan dan pengalaman usahatani keduanya memiliki elastisitas positif dan efisien secara signifikan pada tingkat 5% atau alfa 0,05. Penggunaan mekanisasi signifikan pada tingkat alfa 0,01 atau 1%. Temuan menarik dalam penelitian ini adalah asuransi pertanian tidak signifikan mempengaruhi efisiensi teknis.

Program asuransi pertanian di tingkat petani telah diakses oleh petani, menurut data hasil survey menunjukkan 100% petani responden telah mengetahui program asuransi pertanian dan sekitar 34% petani telah menerima program tersebut karena kerusakan pertanian akibat banjir mencapai lebih dari 75%. Manajemen usahatani padi bagi petani yang pernah dan tidak mendapatkan asuransi tidak jauh berbeda dari segi teknis yaitu alokasi input untuk menaikkan produksi. Petani tetap melanjutkan budidaya dan bertanam padi meskipun telah dilanda banjir atau kerusakan tanaman akibat hama penyakit. Asuransi pertanian memberikan kepastian terhadap pendapatan dan modal usaha, namun tidak berpengaruh langsung terhadap faktor teknis dalam peningkatan produksi. Modal untuk keberlanjutan pertanian selain dari asuransi petani mendapatkan akses keuangan lain selain asuransi seperti dari pedagang, koperasi atau modal sendiri.

Variabel umur tidak berpengaruh signifikan, dilihat dari rata-rata umur petani adalah 53 tahun dimana usia di atas 53 sudah memasuki usia non produktif atau lansia. Petani yang lebih tua memiliki keterbatasan tenaga untuk mengelola usahatani. Hasil

ini bertentangan dengan variabel pengalaman usahatani, dimana memiliki koefisien 0,0003 bertanda positif dan signifikan. Ini artinya bahwa petani dengan pengalaman usahatani yang lebih lama akan meningkatkan efisiensi teknis. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan penelitian (F da Silveira *et al.*, 2023; Land *et al.*, 2018; Widyantari, 2023; Ngango & Hong, 2021). Dengan pengalaman usahatani memberikan peluang petani dapat mengelola dengan baik usahatani menggunakan pengalamannya dalam penerapan teknologi, manajemen input, keuangan sampai mengatur pemasaran produksi. Petani yang lebih berpengalaman dianggap lebih berpengalaman dan mampu membuat keputusan yang efisien tentang usahatani padi mereka. Hasil yang bertentangan dengan usai mengindikasikan bahwa petani yang memiliki pengalaman usahatani yang lebih lama tidak berkorelasi dengan umur petani.

Penggunaan alat pertanian atau mekanisasi terbukti berpengaruh terhadap peningkatan efisiensi teknis usahatani padi. Hal ini ditunjukkan pada tabel 5 bahwa koefisien menggunakan mekanisasi adalah 0,1296 dan signifikan pada alfa 5% dan bertanda positif. Ini artinya adalah petani yang menggunakan alat pertanian akan meningkatkan efisiensi teknisnya. Penggunaan mesin pertanian atau alat pertanian modern berkaitan dengan tenaga kerja. Mekanisasi mampu menggantikan sebagian besar tenaga kerja manual pada berbagai tahapan produksi, mulai dari pengolahan tanah, penanaman, pemeliharaan, hingga panen. Dengan adanya mekanisasi, petani dapat menghemat waktu, mengurangi biaya tenaga kerja, serta meningkatkan ketepatan dalam pelaksanaan budidaya. Hal ini sejalan dengan penelitian (J. Liu *et al.*, 2023; Tarigan, 2019; Yuniarti & Sukarniati, 2021) yang menyebutkan bahwa pemanfaatan mesin pertanian membantu petani dalam penanaman, pemeliharaan tanaman sampai teknik pemanenan. Dengan demikian, penerapan mekanisasi bukan hanya sekadar modernisasi dalam usahatani, tetapi juga menjadi faktor strategis dalam meningkatkan efisiensi teknis dan daya saing produksi padi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Analisis menggunakan fungsi produksi frontier stokastik menunjukkan rata-rata efisiensi teknis produksi padi di desa Temu dan Kedungprimpen Kecamatan Kanor Kabupaten Bojonegoro sebesar 0,727 di mana luas panen, penggunaan pupuk

urea, pupuk ponska dan tenaga kerja berpengaruh positif dan signifikan terhadap output. Peningkatan luas panen sebesar satu persen berpengaruh signifikan dengan peningkatan produksi padi sebesar 0,524%. Lebih lanjut, penggunaan pupuk urea dalam usahatani padi berpengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan output sebesar 0,118%. Pupuk ponska berpengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan produksi padi sebesar 0,160% sedangkan tenaga kerja berpengaruh signifikan dan positif dengan pengaruh terhadap peningkatan produksi padi sebesar 0,175%. Hasil analisis menunjukkan variabel yang berpengaruh signifikan terhadap efisiensi usahatani padi di lokasi penelitian adalah pendidikan, pengalaman usahatani, Penggunaan mekanisasi/alat pertanian. Temuan menarik dalam penelitian ini adalah asuransi pertanian tidak signifikan mempengaruhi efisiensi teknis.

Pemanfaatan teknologi yang sesuai kebutuhan petani dan karakteristik lahan dan lingkungan pertanian adalah penting, karena mesin pertanian yang digunakan tanpa memperhatikan karakteristik lingkungan termasuk kondisi lahan, kondisi petani dan iklim akan menyulitkan petani dalam penggunaannya dan membutuhkan rekayasa alat pertanian tersebut agar sesuai dengan karakteristik lahan pertanian. Dukungan pemerintah dan instansi terkait tentang penerapan teknologi modern di tingkat petani adalah penting guna peningkatan produktivitas pertanian dan efisiensi produksi tanaman.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, antara lain ruang lingkup yang terbatas pada Kecamatan Kanor sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasikan ke wilayah lain, yang memiliki karakteristik petani, lingkungan dan kebijakan pemerintah daerah yang berbeda. Pendekatan Stochastic Frontier Analysis (SFA) efektif untuk mengestimasi efisiensi teknis namun bergantung pada asumsi bentuk fungsi produksi dan distribusi error yang mungkin tidak sepenuhnya sesuai dengan kondisi empiris. Penerapan mekanisasi oleh petani hampir sebagian sama namun belum dipisahkan jumlah waktu penggunaan sesuai dengan tahapan pekerjaan di usahatani. Penelitian kedepan lanjutan dari penelitian ini disarankan melakukan dengan metode Data Envelopment Analysis (DEA) untuk melihat efisiensi teknis sekaligus faktor yang mempengaruhinya dan perlu ada pemetaan tingkat teknologi gab menggunakan meta-DEA di beberapa wilayah lain di Bojonegoro dengan kasus yang sama untuk melihat

sejauhmana penerapan mekanisasi dan manajemen usahatani padi yang dilakukan petani.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah, R., & Salam, I. (2024). Analisis Pengaruh Faktor-Faktor Produksi Usahatani Terhadap Produktivitas Padi Sawah Di Kelurahan Atula Kabupaten Kolaka Timur. *Botani: Publikasi Ilmu Tanaman dan Agribisnis*, 1(3), 104-122.
- Anwar, S. A. (2013). Strategi nafkah (livelihood) masyarakat pesisir berbasis modal sosial. *SOCIUS: Jurnal Sosiologi*, 13(1), 1-21.
- Carter, M. R., Cheng, L., & Sarris, A. (2016). Where and how index insurance can boost the adoption of improved agricultural technologies. *Journal of Development Economics*, 118, 59–71. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2015.08.008>
- Chen, T., Rizwan, M., & Abbas, A. (2022). Exploring the Role of Agricultural Services in Production Efficiency in Chinese Agriculture: A Case of the Socialized Agricultural Service System. *Land*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/land11030347>
- F da Silveira, F., da Silva, S. L. C., Machado, F. M., Barbedo, J. G. A., & Amaral, F. G. (2023). Farmers' perception of barriers that difficult the implementation of agriculture 4.0. *Agricultural Systems*, 208(January), 103656. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2023.103656>
- Fu, L. S., Qin, T., Li, G. Q., & Wang, S. G. (2024). Efficiency of agricultural insurance in facilitating modern agriculture development: From the perspective of production factor allocation. *Sustainability*, 16(14), 6223.
- Hanafie, R., Heryono, M., & Nugroho, I. (2016). Analysis of efficiency on rice farming. *Agricultural Socio-Economics Journal*, 16(1), 31-37.
- Hanggana, S., Suwanto, S., Bandi, B., & Anantanyu, S. (2022). Characteristics of Effectively Farmer Groups to Manage Agricultural Machinery Rental Business: A Multi-Case Study Approach. *Qualitative Report*, 27(4), 1133–1154. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2022.5255>
- Herdiansyah, H., Antriyandarti, E., Rosyada, A., Arista, N. I. D., Soesilo, T. E. B., & Ernawati, N. (2023). Evaluation of conventional and mechanization methods towards precision agriculture in Indonesia. *Sustainability*, 15(12), 9592.
- Hilalullaili, R., Kurnadi, N., & Rachmina, D. (2021). Analisis efisiensi usahatani padi di

- jawa dan luar jawa, kajian prospek peningkatan produksi padi nasional. *Jurnal Agribisnis Indonesia (Journal of Indonesian Agribusiness)*, 9(2), 143-153.
- Hou, D., & Wang, X. (2022). Inhibition or promotion?—the effect of agricultural insurance on agricultural green development. *Frontiers in Public Health*, 10, 910534.
- Irianto, H., Qonita, A., & Riptanti, E. W. (2021). Readiness of farmer groups to adopt the floating rice cultivation in Bojonegoro Regency, East Java Province. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 306, p. 02002). EDP Sciences.
- Iskandar, M. J., & Jamhari, J. (2020). Efficiency of rice farming in the corporate farming model in Central Java. *AGRARIS: Journal of Agribusiness and Rural Development Research*, 6(2), 154-167.
- Kharismawati, K. H. D., & Karjati, P. D. (2021). Pengaruh luas lahan dan jumlah tenaga kerja terhadap produksi padi di 10 kabupaten Jawa Timur tahun 2014-2018. *Economie: Jurnal Ilmu Ekonomi*, 3(2), 146-162.
- Kusumaningsih, N. (2023). The technical efficiency of rice farming and mobile phone usage: a stochastic frontier analysis. *Food Research*, 7(1), 93-103.
- Liu, J., Fang, Y., Wang, G., Liu, B., & Wang, R. (2023). The aging of farmers and its challenges for labor-intensive agriculture in China: A perspective on farmland transfer plans for farmers' retirement. *Journal of Rural Studies*, 100(April), 103013. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.103013>
- Liu, Y., Barrett, C. B., Pham, T., & Violette, W. (2020). The intertemporal evolution of agriculture and labor over a rapid structural transformation: Lessons from Vietnam. *Food Policy*, 94(December 2019), 101913. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101913>
- Mamilianti, W., Huda, M., Asmara, R., & Bakhtiar, A. (2024). The Agricultural Labor Market: Farmer Perception and the Influence on The Efficiency of Rice Farming. *Journal of Ecohumanism*, 3(8), 5895-5907.
- Martey, E., Wiredu, A. N., Etwire, P. M., & Kuwornu, J. K. M. (2019). The impact of credit on the technical efficiency of maize-producing households in Northern Ghana. *Agricultural Finance Review*, 79(3), 304–322. <https://doi.org/10.1108/AFR-05-2018-0041>
- Min, S. H. I., & Paudel, K. P. (2021). Mechanization and efficiency in rice production in

- China. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(7), 1996-2008.
- Motbaynor, W., & Kumar, R. (2023). Heliyon The technical efficiency of large-scale agricultural investment in Northwest Ethiopia : A stochastic frontier approach. *Heliyon*, 9(9), e19572. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19572>
- Muazu, A., Yahya, A., Ishak, W. I. W., & Khairunniza-Bejo, S. (2014). Yield prediction modeling using data envelopment analysis methodology for direct seeding, wetland paddy cultivation. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 181-190.
- Muharram, M., Yoseph Samago, T., & Putra Garfansa, M. (2025). Improving soil acidity on peat soil through rice husk ash and rabbit urine biofertilizer application. *Environmental and Agriculture Management*, 2(2), 72-86. <https://doi.org/10.31102/eam.2.2.72-86>
- Ngango, J., & Hong, S. (2021). Improving farm productivity through the reduction of managerial and technology gaps among farmers in Rwanda. *Agriculture & Food Security*, 1-14. <https://doi.org/10.1186/s40066-020-00284-4>
- Novitaningrum, R., Supardi, S., & Marwanti, S. (2019). Efisiensi teknis pengelolaan tanaman terpadu padi sawah di Kabupaten Karanganyar, Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Agro Ekonomi*, 37(2), 123-140.
- Nugroho, A., & Fitrah, A. U. (2018). Persepsi Petani Nilam Terhadap Asuransi Banjir Di Aceh Jaya. *Prosiding PIT Ke-5 Riset Kebencanaan IABI - Universitas Andalas*, July, 178-187.
- Oktavia, H. F., Hanani, N., & Suhartini, S. (2016). Peran sektor pertanian dalam pembangunan ekonomi di Provinsi Jawa Timur (Pendekatan input-output). *Habitat*, 27(2), 72-84.
- Pangesti, A. W., Darsono, D., & Antriyandarti, E. (2023). CAUSALITY ANALYSIS OF RICE PRICES WITH INFLATION RATE IN INDONESIA. *Agrisociomics: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 7(3), 539-549.
- Purbata, A. G., Hadi, S., & Tarumun, S. (2020). Analisis perbandingan efisiensi produksi padi sawah: antara sistem tanam jajar legowo dan sistem tanam konvensional. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 16(2), 76-87.
- Rahim, H., Engku Ariff, E. E., Sobri, A. A., & Abdul Wahab, M. A. M. (2020). The assessment of input factors and technical efficiency of rice production at

- Integrated Agriculture Development Authority (IADA) Pekan and Rompin. *Economic and Technology Management Review*, 15.
- Rachmawati, A. R., Agustina, N. W. D., Rahman, S. N., Oktaviana, T., & Maulidya, W. E. W. (2022). Pendekatan stochastic frontier pada efisiensi teknis dan ekonomi usahatani padi (*oryza sativa* l.) di Kecamatan Burneh, Kabupaten Bangkalan. *Agricore: Jurnal Agribisnis dan Sosial Ekonomi Pertanian Unpad*, 7(1), 88-99.
- Ramadani, S. W., Antriandarti, E., & Qonita, R. R. A. (2024). Efficiency of rice farming in flood-prone areas of East Java, Indonesia. *Open Agriculture*, 9(1), 20220284.
- Ruslan, K., & Sukma, W. L. (2024). Does Government Agricultural Machinery Assistance Increase Paddy Yield? Impact Evaluation in East Java Province using Propensity Score Matching. *Impact Evaluation in East Java Province using Propensity Score Matching (August 10, 2024)*.
- Saijo, S. (2024). Improvement of sandy soil productivity with chicken manure treatment and NPK fertilizer for eggplant plants. *Environmental and Agriculture Management*, 1(1), 41-50. <https://doi.org/10.31102/eam.1.1.41-50>
- Saeri, M., Burhansyah, R., Supriyadi, S., Kilmanun, J., Hanif, Z., Sugandi, D., ... & Mamilia, W. (2024). Strategic resilience: Integrating scheduling, supply chain management, and advanced operations techniques in production risk analysis and technical efficiency of rice farming in flood-prone areas. *Uncertain Supply Chain Management*, 12(2), 1065-1082.
- Septiyana, E. E. (2024). *Analisis Efisiensi Usahatani Padi Sawah Dengan Sistem Alsintan Combine Harvester Pada Proses Pemanenan di Desa Bareng Kecamatan Ngasem Kabupaten Bojonegoro* (Doctoral dissertation, UPN" Veteran" Jawa Timur).
- Sumaryanto, S., Susilowati, S. H., Saptana, S., Sayaka, B., Suryani, E., Agustian, A., ... & Pasaribu, S. M. (2023). Technical efficiency changes of rice farming in the favorable irrigated areas of Indonesia. *Open Agriculture*, 8(1), 20220207.
- Sunarto, S., Daryanto, A., & Maulana, A. (2022). Strategi Pengembangan Asuransi Tanaman Kelapa Sawit Dengan Pendekatan Model Bisnis Kanvas (Studi Kasus Di PT Asuransi Tri Pakarta). *Jurnal Aplikasi Bisnis Dan Manajemen*, 8(1), 261-272. <https://doi.org/10.17358/jabm.8.1.261>
- Syahputra, A. R., Suharno, S., & Rifin, A. (2023). Efisiensi Teknis Usahatani Padi

- Kalimantan Tengah: Pendekatan Stochastic Frontier Analysis. *SEPA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, 20(2), 203-213.
- Tarigan, H. (2019). *Mekanisasi Pertanian dan Pengembangan Usaha Pelayanan Jasa Alsintan (UPJA)*. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 36 (2), 117.
- Utami, D. C., & Mamilianti, W. (2021). Efisiensi teknis usahatani kentang pada luas lahan yang berbeda di kabupaten Pasuruan. *Agromix*, 12(2), 102-110. <https://doi.org/10.35891/agx.v12i2.2577>
- Vortia, P., Nasrin, M., Bipasha, S. K., & Islam, M. M. (2021). Extent of farm mechanization and technical efficiency of rice production in some selected areas of Bangladesh. *GeoJournal*, 86(2), 729-742. <https://doi.org/10.1007/s10708-019-10095-1>
- Widyastiara, E. T., Prasetyo, E., & Kristanto, B. A. (2023). Analysis of the influence of production factors on the production of cassava farming business in Salatiga city. *Agric*, 35(1), 73-84.
- Widyantari, I. N., Loppies, S. H., Maulany, G., & Wiranto, R. (2023). The Use of The Stochastic Frontier Method for Measuring The Performance of Rice Farming in The Frontier, Remote, and Underdeveloped Areas in Merauke Regency, South Papua Province, Indonesia. *Agric*, 35(2), 181-192.
- Yuniarti, D., & Sukarniati, L. (2021). Penuaan Petani dan Determinan Penambahan Tenaga Kerja di Sektor Pertanian. *Agriekonomika*, 10(1), 38-50. <https://doi.org/10.21107/agriekonomika.v10i1.9789>
- Zewdie, M. C., Moretti, M., Tenessa, D. B., Ayele, Z. A., Nyssen, J., Tsegaye, E. A., ... & Van Passel, S. (2021). Agricultural technical efficiency of smallholder farmers in Ethiopia: A stochastic frontier approach. *Land*, 10(3), 246.
- Zulkarnain, Z., Said, D. U., & Amidasari, D. (2022). Analisis Efisiensi Teknis, Alokatif dan Ekonomi pada Usahatani Padi Sawah (Analysis of Technical, Allocative and Economic Efficiency on Rice Farming). *Stud Ekon dan Kebijakan Publik*, 1(1), 1-12.