

## EFISIENSI TEKNIS PERKEBUNAN SAWIT RAKYAT DI PROVINSI RIAU: PENDEKATAN MODEL PRODUKSI COBB-DOUGLAS DAN TRANSLOG

**Limetry Liana<sup>1</sup>, Hermanto Siregar<sup>2</sup>, Bonar Marulitua Sinaga<sup>3</sup>,  
Dedi Budiman Hakim<sup>4</sup>**

<sup>1)</sup> Program Studi Ilmu Ekonomi Pertanian, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor.

<sup>2,4)</sup> Departemen Ilmu Ekonomi, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian Bogor

<sup>3)</sup> Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan, Fakultas Ekonomi dan Manajemen,  
Institut Pertanian Bogor

Jl. Agatis Kampus IPB Darmaga Bogor, Indonesia

e-mail: <sup>1)</sup>[limetryliana@agr.uir.ac.id](mailto:limetryliana@agr.uir.ac.id)

(Diterima 11 Desember 2024/Revisi 3 Januari 2025/Disetujui 10 Februari 2025)

### ABSTRACT

*This study assesses the technical efficiency of smallholder oil palm plantations in Riau Province by applying two production function models Cobb-Douglas and translog analyzed using a stochastic frontier approach. The Cobb-Douglas model assumes constant returns to scale and a linear relationship between inputs and outputs. In contrast, the translog model allows for greater flexibility by accounting for non-linear interactions between variables. Data were collected from 115 smallholder farmers in Siak, Riau, through surveys and interviews. The results from the Cobb-Douglas model indicate that land area, crop age, and chemical and organic fertilizers significantly and positively impact the production of Fresh Fruit Bunches (FFB). Conversely, the application of pesticides and labor did not show a significant effect on output. The analysis using the translog model revealed that labor, the square of chemical fertilizer, and the interaction between land area, crop age, organic fertilizer, and pesticides significantly affected FFB production. However, land area and the interaction between land area and organic fertilizer had a significant negative impact. Additionally, the technical efficiency analysis of both models revealed an average efficiency of 0.933 for the Cobb-Douglas model and 0.942 for the translog model, indicating high technical efficiency in smallholder plantations. These findings highlight the validity of both models in evaluating the technical efficiency of smallholder oil palm production. The translog model is recommended to provide a more comprehensive understanding of input interactions. Future research should explore the SFA method with other production function models.*

**Keywords:** Cobb-Douglas, smallholder plantations, Riau, stochastic frontier, technical efficiency, translog

### ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi efisiensi teknis perkebunan kelapa sawit rakyat di Provinsi Riau dengan menggunakan dua model fungsi produksi, yaitu Cobb-Douglas dan translog, yang dianalisis melalui pendekatan stochastic frontier. Model Cobb-Douglas menganggap adanya pengembalian skala konstan serta hubungan linier antara input dan output, sedangkan model translog memberikan fleksibilitas lebih dengan memperhitungkan interaksi non-linear antar variabel. Data dikumpulkan dari 115 petani kecil di Siak, Riau, melalui survei dan wawancara. Hasil analisis model Cobb-Douglas menunjukkan bahwa luas lahan, umur tanaman, serta pemakaian pupuk kimia dan organik memberikan dampak signifikan positif terhadap produksi Tandan Buah Segar (TBS), sementara penggunaan pestisida dan tenaga kerja tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan. Di sisi lain, analisis SFA dengan model translog mengungkapkan bahwa variabel tenaga kerja, kuadrat pupuk kimia, dan interaksi antara luas lahan, umur tanaman, pupuk organik, serta pestisida berpengaruh signifikan positif terhadap produksi TBS, sedangkan luas lahan dan interaksi antara luas lahan dengan pupuk organik memberikan pengaruh negatif yang signifikan. Selain itu, analisis efisiensi teknis dari kedua model menunjukkan nilai rata-rata efisiensi teknis sebesar 0,933 untuk model Cobb-Douglas dan 0,942 untuk model translog, yang menunjukkan bahwa efisiensi teknis perkebunan rakyat tergolong

tinggi. Temuan ini memperkuat validitas kedua model dalam mengkaji efisiensi teknis komoditas pertanian lainnya, khususnya kelapa sawit rakyat. Model translog lebih direkomendasikan karena memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai interaksi antar input. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk mengeksplorasi metode SFA dengan model fungsi produksi lainnya.

**Kata kunci:** Cobb-Douglas, efisiensi teknis, translog, perkebunan sawit rakyat, Riau, *stochastic frontier*

## PENDAHULUAN

Tanaman kelapa sawit merupakan salah satu komoditas strategis sub sektor perkebunan yang memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian nasional dan daerah. Bagi Masyarakat di Provinsi Riau, kelapa sawit menjadi komoditas primadona karena dinilai lebih menjanjikan dibandingkan beberapa komoditas perkebunan lainnya seperti karet, kelapa, pinang dan sagu. Hal tersebut dapat di lihat dari jumlah rumah-tangga petani kelapa sawit di Provinsi Riau yaitu mencapai 830.038 KK dengan rata-rata pendapatan usahatani Rp 3.842.4994,03 per KK/bulan, dibandingkan usahatani lainnya yang hanya menerima Rp 858.804,10 per KK/bulan untuk usahatani karet dan sebesar Rp 2.234.590,32 per KK/bulan untuk kelapa (Dinas Perkebunan Provinsi Riau 2021).

Hingga saat ini Provinsi Riau menjadi salah satu sentra produsen perkebunan kelapa sawit terluas di Indonesia yaitu mencapai 2,87 juta hektar atau 18,70 persen dari total luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia dengan produksi CPO mencapai 8,74 juta ton atau setara dengan 52,44 juta ton Tandan Buah Segar (TBS) (BPS Provinsi Riau, 2024). Berdasarkan status pengusahaannya, perkebunan kelapa sawit di Provinsi Riau didominasi oleh perkebunan kelapa sawit rakyat dengan luas mencapai 1,76 juta ha atau 61,44 persen dan sisanya merupakan Perkebunan Besar Swasta (PBS) sebesar 35,94 persen dan Perkebunan Besar Negara (PBN) sebesar 2,62 persen (BPS Provinsi Riau, 2024). Saat ini salah satu permasalahan yang dihadapi perkebunan rakyat di Provinsi Riau adalah tingkat produktivitasnya yang rendah yaitu hanya 3.461 kg/ha, jika dibandingkan produktivitas kelapa sawit di

Provinsi Papua yang mencapai 5.076 kg/ha (BPS Provinsi Riau, 2024).

Rendahnya produktivitas perkebunan rakyat tersebut diduga karena belum berhasilnya petani rakyat dalam mengalokasikan input produksi yang efisien secara teknis, sehingga produksi yang dihasilkan belum optimal. Suharno *et al.* (2015) menyimpulkan kurangnya kemampuan teknis petani dalam menerapkan pengelolaan perkebunan kelapa sawit yang baik menjadi salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya produktivitas perkebunan kelapa sawit rakyat pola mitra di Kalimantan Tengah.

Disamping itu, adanya keterbatasan pengetahuan, keterampilan, dan sumber daya keuangan (modal usahatani) merupakan masalah sosial ekonomi yang dihadapi petani rakyat dan akan berdampak pada pengelolaan usahatani yang dijalankan petani, terutama dalam mengalokasikan input produksinya dan akan menentukan produksi TBS dan tingkat efisiensi teknisnya (Apriyanto *et al.* 2020; Majid *et al.* 2021). Hasil kajian Varina *et al.* (2020) menyimpulkan faktor sosial ekonomi petani sawit di Indonesia, seperti usia, pendidikan, kepemilikan lahan, keanggotaan kelompok petani, layanan penyuluhan pertanian, dan sumber pembiayaan berpengaruh signifikan terhadap efisiensi teknis perkebunan kelapa sawit rakyat di Indonesia.

Model fungsi produksi Cobb-Douglas dan translog merupakan alat analisis yang efektif untuk mengukur efisiensi teknis usahatani, termasuk perkebunan kelapa sawit rakyat. Model fungsi produksi Cobb-Douglas pertama kali diperkenalkan oleh Charles Cobb dan Paul Douglas pada tahun 1928. Model ini menggambarkan hubungan antara input dan output dalam produksi dan memiliki kele-

bihan berupa kemudahan dalam interpretasi koefisien elastisitasnya. Model fungsi produksi Cobb-Douglas dianggap efektif dalam menganalisis efisiensi teknis suatu usahatani, dimana interaksinya lebih sederhana dan lebih mudah dipahami, namun tidak dapat menangkap kompleksitas interaksi antar input variabelnya, karena mengasumsikan hubungan antara input produksinya tetap (*ceteris paribus*). Dimana, asumsi tersebut tidak selalu berlaku dalam praktik di lapangan. Beberapa kajian efisiensi teknis yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya menggunakan model fungsi produksi Cobb-Douglas (Syuhada *et al.* 2020); (Mustari *et al.* 2020); (Yanita dan Suandi 2021); (Asaad *et al.* 2022). Di sisi lain, beberapa peneliti lainnya menggunakan model fungsi produksi translog yang dikembangkan oleh Christensen *et al.* (1971) sebagai model alternatif fungsi produksi karena dianggap lebih fleksibel dibandingkan Cobb-Douglas karena mampu menangkap dinamika interaksi antara berbagai input produksinya, seperti kajian yang dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya (Alwarritzi *et al.* 2015); (Varina *et al.* 2020), (Sari *et al.* 2021).

Pada penelitian ini, kami menggunakan kedua model fungsi produksi yaitu Cobb-Douglas dan translog untuk mengestimasi tingkat efisiensi teknis perkebunan kelapa sawit rakyat di Provinsi Riau. Secara spesifik tujuan penelitian ini adalah menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi produksi TBS dan tingkat efisiensi teknis perkebunan kelapa sawit rakyat di Provinsi Riau yang diestimasi dengan menggunakan model Cobb-Douglas dan translog yang jarang dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Dimana, model Cobb-Douglas menganalisis pengaruh masing-masing input variabel terhadap produksi TBS, sedangkan model translog digunakan untuk menganalisis pengaruh interaksi antara input variabel terhadap produksi perkebunan rakyat. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru yang bermanfaat untuk kajian efisiensi teknis pada komoditas pertanian lainnya.

## METODE

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Koto Gasib Kabupaten Siak Provinsi Riau, karena merupakan salah satu sentra perkebunan kelapa sawit rakyat di Provinsi Riau. Selanjutnya, penelitian ini menggunakan data primer yang dikumpulkan dengan metode survei dan wawancara langsung terhadap petani kelapa sawit rakyat yang dipilih menggunakan teknik *random sampling* sebanyak 115 sampel petani. Penelitian ini telah dilakukan pada Bulan Agustus 2023 – Februari 2024.

Selanjutnya, untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi produksi perkebunan kelapa sawit rakyat di Provinsi Riau dianalisis menggunakan metode *stochastic frontier* (SFA) terhadap 2 model fungsi produksi Cobb-Douglas dan fungsi produksi translog. Secara lebih rinci, model kedua fungsi produksi dalam penelitian ini dirumuskan berikut:

Fungsi produksi Cobb-Douglas perkebunan kelapa sawit rakyat dalam penelitian ini dituliskan seperti pada Persamaan (1) berikut:

$$\ln Y_i = \beta_{0i} + \beta_{1i} \ln X_{1i} + \beta_{2i} \ln X_{2i} + \beta_{3i} \ln X_{3i} + \beta_{4i} \ln X_{4i} + \beta_{5i} \ln X_{5i} + \beta_{6i} \ln X_{6i} + (v_i - u_i) \dots \dots \dots (1)$$

$$\beta_{1i}, \beta_{2i}, \beta_{3i}, \beta_{4i}, \beta_{5i}, \beta_{6i} > 0$$

dimana,  $Y_i$  adalah produksi TBS petani rakyat ke- $i$  (kilogram/tahun),  $X_{1i}$  luas lahan (hektar),  $X_{2i}$  umur tanaman (tahun),  $X_{3i}$  pupuk kimia (kilogram/tahun),  $X_{4i}$  pupuk organik (kilogram/tahun),  $X_{5i}$  pestisida (liter/tahun), dan  $X_{6i}$  tenaga kerja (HOK/tahun),  $v_i$  adalah *random noise* atau gangguan acak dan  $-u_i$  adalah efek inefisiensi teknis.

Selanjutnya, model fungsi translog dalam penelitian ini dirumuskan dalam persamaan berikut:

$$\ln Y_i = \beta_0 + \beta_{1i} \ln X_{1i} + \beta_{2i} \ln X_{2i} + \beta_{3i} \ln X_{3i} + \beta_{4i} \ln X_{4i} + \beta_{5i} \ln X_{5i} + \beta_{6i} \ln X_{6i} + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^6 \gamma_{jk} \ln X_{ji} \ln X_{ki} + (v_i - u_i) \dots \dots \dots (2)$$

$\beta_{1i}, \beta_{2i}, \beta_{3i}, \beta_{4i}, \beta_{5i}, \beta_{6i}, \gamma_{jk} > 0$ , dimana koefisien  $\beta$  dan  $\gamma$  diestimasi dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation*

(MLE) dan  $\sum_{j=1}^6 \sum_{k=1}^6 \gamma_{jk} \ln X_{ji} \ln X_{ki}$  pada Persamaan (2) merupakan interaksi antara input variabel,  $v_i$  adalah *random noise* atau gangguan acak yang berasal dari eksternal usahatani, seperti: kondisi alam, kebijakan pemerintah dan lain sebagainya ataupun kesalahan dalam memodelkan persamaan penelitian. Sedangkan  $-u_i$  adalah efek inefisiensi teknis yang berasal dari internal petani dan internal usahatani berupa karakteristik petani rakyat, seperti: usia, tingkat pendidikan, lama pengalaman tani, jumlah tanggungan keluarga, dan kondisi sosial ekonomi usahatani, seperti: dummy pola pengelolaan kebun, dummy keanggotaan petani terhadap organisasi atau kelembagaan petani, dummy pelatihan praktik perkebunan kelapa sawit yang baik atau *Good Agriculture Practices* (GAP) yang diikuti petani dan sebagainya.

Selanjutnya, dilakukan estimasi terhadap faktor-faktor yang memengaruhi inefisiensi teknis ( $u_i$ ) perkebunan kelapa sawit rakyat yang dirumuskan dalam Persamaan (3) berikut:

$$u_i = \delta_0 + \delta_{1i}Z_{1i} + \delta_{2i}Z_{2i} + \delta_{3i}Z_{3i} + \delta_{4i}Z_{4i} + \delta_{5i}Z_{5i} + \delta_{6i}Z_{6i} + \delta_{7i}Z_{7i} \dots \dots \dots (3)$$

$$\delta_{1i}, \delta_{5i} > 0; \delta_{2i}, \delta_{3i}, \delta_{4i}, \delta_{6i}, \delta_{7i} < 0$$

$Z_{1i}$  = usia petani ke-i (tahun);

$Z_{2i}$  = pendidikan (tahun);

$Z_{3i}$  = pengalaman tani (tahun);

$Z_{4i}$  = jumlah tanggungan keluarga (orang);

$Z_{5i}$  = dummy pola pengelolaan kebun (1= pola mitra; 0= pola mandiri);

$Z_{6i}$  = dummy keikutsertaan petani terhadap organisasi petani (Gapoktan/koperasi) (1= anggota; 0= bukan anggota);

$Z_{7i}$  = dummy pelatihan *good agriculture practices* (GAP) (1=mengikuti pelatihan GAP; 0=tidak ikut pelatihan GAP).

Ukuran efisiensi teknis ( $TE_i$ ) perkebunan rakyat petani ke-i dalam penelitian ini dihitung melalui rasio output hasil observasi (produksi TBS aktual) terhadap output maksimum (*stochastic frontier*). Secara matematis dihitung dengan menggunakan Persamaan (4) yang dirumuskan oleh Coelli *et al.* (2005):

$$TE_i = \frac{Y_i}{f(X_i; \beta) e^{u_i}} = e^{-u_i} \dots \dots \dots (4)$$

Nilai efisiensi teknis berkisar antara 0 dan 1,  $0 \leq TE_i \leq 1$ . Nilai  $TE_i = 1$ , menandakan bahwa usahatani kelapa sawit rakyat berada pada kondisi efisiensi maksimal. Artinya, semua input digunakan secara optimal untuk menghasilkan output maksimum, namun kondisi ini jarang ditemukan di lapangan. Sedangkan  $TE_i < 1$ , menandakan usahatani kelapa sawit rakyat belum efisiensi secara teknis. Artinya, penggunaan faktor-faktor produksi, seperti: pupuk kimia, organik, pestisida, dan tenaga kerja belum optimal digunakan petani (ada inefisiensi teknis), sehingga ada peluang petani rakyat untuk memperbaiki sehingga mencapai efisiensi teknis maksimal. Kumbhakar dan Lovell (2000), mengkategorikan efisien secara teknis jika nilai  $TE > 0,7$ . Selanjutnya, dilakukan pengkategorian efisiensi teknis menurut Tanjung (2003). Jika  $TE_i > 0,8$ , efisiensi teknis berada pada kategori tinggi, jika  $0,6 \geq TE_i > 0,8$ , efisiensi teknis kategori sedang; dan jika  $TE_i < 0,6$ , efisiensi teknis kategori rendah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### GAMBARAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT RAKYAT DI PROVINSI RIAU

Perkebunan kelapa sawit rakyat yang terdapat di Provinsi Riau merupakan kebun kelapa sawit yang dikelola oleh petani yang merupakan masyarakat transmigrasi pada tahun 1983-1986. Selanjutnya, Tabel 1 merupakan gambaran usahatani perkebunan sawit rakyat dan karakteristik sampel penelitian. Pada Tabel 1 menunjukkan rata-rata luas kebun kelapa sawit yang dibudidayakan petani 2,25 hektar dengan umur tanaman berkisar 8-20 tahun. Rata-rata jumlah pokok sawit sebanyak 308 batang atau 138 batang per ha. Selanjutnya, pada input pupuk kimia menunjukkan adanya variasi pada jenis pupuk kimia yang digunakan petani, seperti: Urea, NPK Mutiara, KCl, SP-36, ZA, Phonska, Kuesrit, Dolomit, dan lainnya dengan rata-rata penggunaan sebanyak 465,96 kg/ha/tahun dengan intensitas 3-4 kali per tahun. Dimana, menurut Permentan No. 131/Permentan/

OT.140/12/2013 rata-rata dosis pupuk kimia yang dianjurkan adalah pupuk Urea, TSP, KCl, dan NPK masing-masing sebanyak 300-500 kg/ha/tahun, 100-200 kg/ha/tahun, 200-300 kg/ha/tahun dan 200-400 kg/ha/tahun dengan frekuensi pemberian pupuk 2-3 kali per tahun (Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian, 2014).

**Tabel 1. Gambaran Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat dan Karakteristik Petani Rakyat di Provinsi Riau**

Usahatani Sawit Rakyat	Rata-rata
Luas lahan (ha)	2,25
Umur tanaman (thn)	8
Jumlah pokok sawit (batang)	308
Pupuk kimia (kg/tahun)	1.050
Pupuk organik (kg/tahun)	63.000
Pestisida (liter/tahun)	11,81
Tenaga kerja (HOK/tahun)	84,57
<b>Karakteristik petani rakyat</b>	
Usia petani (tahun)	50,35
Pendidikan (tahun)	9
Pengalaman tani (tahun)	23
Jumlah tanggungan keluarga (orang)	3

Sumber: Data primer (2024)

Selanjutnya, untuk penggunaan input pupuk organik dengan rata-rata 63 ton/tahun atau 29 ton/ha/tahun dengan intensitas pemupukan 1-2 kali per tahun sebagai alternatif pupuk kimia karena harganya yang lebih murah, seperti: pupuk kandang dari kotoran sapi, urin sapi, namun penggunaannya masih dalam jumlah yang kecil. Sementara itu, penggunaan pupuk organik terbesar adalah limbah tangkos. Rata-rata alokasi pestisida yang digunakan mencapai 11,81 liter/tahun atau 5,36 liter/ha/tahun dengan intensitas penyemprotan 1-2 kali per tahun. Alokasi curahan tenaga kerja rata-rata 84,57 HOK/tahun atau 36,87 HOK/ha/tahun. Produksi TBS perkebunan kelapa sawit rakyat per tahun mencapai 49,25 ton per satuan luas atau 21,69 ton/ha dengan rotasi panen 2-3 kali per bulan.

Selain faktor input produksi, karakteristik individu petani juga akan mempengaruhi bagaimana tingkat efisiensi teknis yang dihasilkannya. Dalam analisis SFA, karakteristik petani rakyat, seperti: usia petani, tingkat pendidikan, pengalaman tani, jumlah tanggungan keluarga merupakan efek inefisiensi

teknis karena akan mempengaruhi petani dalam menjalankan usahatannya. Hasil penelitian menemukan petani kelapa sawit di Provinsi Riau memiliki rata-rata usia 50,35 tahun, dimana usia petani merupakan proksi lama pengalaman tani dengan rata-rata 23 tahun. Dilihat dari tingkat pendidikannya, rata-rata lama pendidikan formal yang ditempuh petani rakyat yaitu 9 tahun atau setara dengan tingkat menengah pertama (SMP) dan rata-rata jumlah tanggungan keluarga sebanyak 3 orang. Lebih lanjut, terdapat 2 pola pengelolaan kebun sawit di Provinsi Riau merupakan kebun kelapa sawit yang dikelola dengan pola swadaya (mandiri) yaitu 65,91 persen dan kemitraan sebesar 34,09 persen. Dimana, pola pengelolaan kebun dan keterlibatan petani terhadap organisasi atau kelembagaan akan memberikan kemudahan bagi petani untuk mengakses sumber daya input dan informasi. Di sisi lainnya, pelatihan GAP yang diikuti petani akan meningkatkan pengetahuan dan keterampilannya dalam budi daya kebun yang lebih baik sehingga mampu meningkatkan efisiensi teknis perkebunan kelapa sawit rakyat di Riau.

#### FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI PRODUKSI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT RAKYAT DI PROVINSI RIAU

##### Model Fungsi Produksi Cobb-Douglas Perkebunan Rakyat di Provinsi Riau

Hasil estimasi SFA model fungsi produksi Cobb-Douglas terhadap faktor-faktor yang memengaruhi produksi TBS perkebunan rakyat di Provinsi Riau yang disajikan pada Tabel 2, terdapat 4 variabel input yang berpengaruh signifikan dengan koefisien positif terhadap produksi TBS di Provinsi Riau, meliputi: luas lahan ( $\ln X_1$ ), umur tanaman ( $\ln X_2$ ), pupuk kimia ( $\ln X_3$ ) dan pupuk organik ( $\ln X_4$ ) dengan koefisien yang positif. Ini menunjukkan bahwa peningkatan faktor-faktor produksi tersebut akan berkontribusi terhadap peningkatan produksi TBS yang dihasilkan petani rakyat.

Hasil tersebut juga ditemukan oleh beberapa peneliti lainnya, seperti Heriyanto *et al.*

(2019) yang menyimpulkan umur tanaman, jumlah pupuk secara signifikan menunjukkan pengaruh signifikan dengan koefisien positif terhadap produksi TBS di Kabupaten Indragiri Hilir Provinsi Riau. Yanita dan Suandi (2021) menyimpulkan bahwa variabel luas lahan dan pupuk menunjukkan pengaruh signifikan positif terhadap produksi kelapa sawit di Kecamatan Kumpeh, Kabupaten Muaro Jambi.

**Tabel 2. Estimasi SFA Model Produksi Cobb-Douglas Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat di Provinsi Riau**

Faktor-faktor produksi TBS	Koefisien	Std. err
Konstanta	8,279	0,434
ln X <sub>1</sub>	0,496***	0,124
ln X <sub>2</sub>	0,123***	0,039
ln X <sub>3</sub>	0,182***	0,054
ln X <sub>4</sub>	0,012***	0,003
ln X <sub>5</sub>	0,003	0,041
ln X <sub>6</sub>	0,162	0,109
<b>Faktor-faktor Inefisiensi</b>		
Konstanta	0,209	0,045
Z <sub>1</sub>	-0,002**	0,001
Z <sub>2</sub>	-0,003	0,003
Z <sub>3</sub>	-0,001	0,008
Z <sub>4</sub>	0,012**	0,005
Z <sub>5</sub>	-0,083***	0,025
Z <sub>6</sub>	0,039	0,026
Z <sub>7</sub>	0,034***	0,007
Sigma_u	0,157	0,024
Sigma_v	0,216	0,053
Lambda	1,376	0,073
Log likelihood	20,167	

\*\*\*, \*\*, \* signifikan pada taraf 1%, 5% dan 10%

Sumber: Output STATA/MP.17

Varina *et al.* (2020) juga menyimpulkan bahwa jumlah pohon produktif dan jumlah pupuk kimia menunjukkan pengaruh signifikan secara positif terhadap produksi petani sawit swadaya di Indonesia. Beberapa peneliti lainnya juga menguatkan hasil penelitian ini, seperti Risza (2009) menyimpulkan bahwa komposisi umur tanaman kelapa sawit akan menentukan produktivitas kelapa sawit, dimana semakin luas komposisi tanaman umur remaja dan tanaman tua, produktivitas semakin rendah. Tampubolon (2016) menyimpulkan produksi TBS terus bertambah seiring de-

ngan umur tanaman dan akan berproduksi optimal pada umur 9-14 tahun. Lubis dan Iskandar (2018) mengemukakan tanaman sawit yang berumur lebih dari 22 tahun akan mengalami penurunan produksi TBS karena sudah melewati umur produktifnya. Pada kajian lainnya, Budiargo *et al.* (2015) mengemukakan pemupukan menjadi salah satu faktor penting yang berperan untuk mencapai produktivitas kelapa sawit yang tinggi. Hasil yang tidak jauh berbeda juga ditemukan Khalida dan Lontoh (2019) bahwa pemupukan perlu dikelola dengan baik untuk mencapai efektivitas dan efisiensi kebun kelapa sawit di Sungai Sagu, Riau. Dubos *et al.* (2022) mengemukakan pemupukan adalah salah satu faktor yang mempengaruhi produksi dan akan menentukan produktivitas karena berperan penting dalam menyediakan nutrisi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman kelapa sawit sehingga akan menentukan hasil produksi Tandan Buah Segar (TBS).

Lebih lanjut, pada Tabel 2 juga menunjukkan bahwa terdapat 2 variabel input yang menunjukkan pengaruh tidak signifikan terhadap produksi TBS di daerah penelitian yaitu pestisida (X<sub>5</sub>) dan tenaga kerja (X<sub>6</sub>) meskipun koefisiennya positif. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan input pestisida ataupun tenaga kerja yang dilakukan petani tidak memberikan pengaruh pada peningkatan produksi TBS. Yanita dan Suandi (2021) juga memperkuat temuan ini dan menyimpulkan bahwa tenaga kerja tidak memiliki dampak yang signifikan terhadap produksi kelapa sawit di Kecamatan Kumpeh, Muaro Jambi.

Nilai koefisien lambda yang lebih besar dari 1 (Tabel 2) menunjukkan bahwa variabilitas dalam inefisiensi lebih besar dibandingkan dengan error produksi, menunjukkan adanya inefisiensi dalam proses produksi TBS. Hasil estimasi SFA terhadap efek inefisiensi (Tabel 2) memperlihatkan beberapa faktor yang berpengaruh signifikan terhadap inefisiensi produksi perkebunan kelapa sawit rakyat di Provinsi Riau, yaitu usia petani (Z<sub>1</sub>), jumlah tanggungan keluarga (Z<sub>4</sub>), dummy pola pengelolaan kebun (Z<sub>5</sub>), dan dummy pelatihan GAP (Z<sub>7</sub>).

Koefisien negatif pada usia petani, pengalaman usahatani, tingkat pendidikan dan dummy pola pengelolaan kebun menunjukkan faktor-faktor tersebut dapat mengurangi inefisiensi teknis petani rakyat. Hal ini dikarenakan usia petani, pengalaman dan pengetahuan petani dalam praktik budidaya kelapa sawit merupakan faktor yang memengaruhi petani dalam menjalankan usahatannya. Petani yang lebih tua memiliki pengetahuan yang lebih mendalam tentang teknik pertanian dan kondisi lingkungan sehingga dapat mengurangi inefisiensi. Alwarritzi *et al.* (2015) juga menemukan tanda negatif pada variabel pendidikan yang menunjukkan bahwa tingkat pendidikan petani kelapa sawit dapat meningkatkan efisiensi teknis petani sawit di Indonesia pola NES dan mandiri. Hasil kajian Varina *et al.* (2020) juga memperkuat hasil penelitian ini bahwa pola pengelolaan usahatani yang dipilih petani dan layanan penyuluhan pertanian memiliki pengaruh signifikan koefisien negatif terhadap inefisiensi perkebunan rakyat di Indonesia.

Sementara itu, pada variabel jumlah tanggungan keluarga ( $Z_4$ ) dan dummy pelatihan GAP ( $Z_7$ ) menunjukkan pengaruh positif yang signifikan. Hal ini menjelaskan bahwa kedua faktor tersebut berkontribusi pada peningkatan inefisiensi produksi. Dimana, semakin banyak jumlah tanggungan keluarga yang ditanggung petani, maka beban pengeluaran juga akan tinggi. Akibatnya alokasi untuk pembelian input produksi tidak optimal (inefisiensi penggunaan input produksi), seperti penggunaan pupuk yang tidak tepat atau kurangnya pemeliharaan tanaman. Kondisi ini tentu akan berdampak pada produksi TBS yang dihasilkan petani. Asaad *et al.* (2022) memperkuat hasil penelitian ini dan menyimpulkan bahwa tanggungan jumlah keluarga petani berpengaruh signifikan dengan koefisien positif terhadap inefisiensi teknis perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Labuhanbatu, Sumatera Utara.

Di sisi lain, secara konsep pelatihan GAP berperan penting dalam mengurangi inefisiensi dalam produksi pertanian, sehingga memiliki koefisien negatif terhadap inefisien-

si. Dimana, adanya pelatihan GAP mampu meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan kemampuan pengambilan keputusan petani dalam menerapkan praktik yang lebih efisien dan berkelanjutan. Woittiez (2019) juga menyimpulkan penerapan praktik pengelolaan perkebunan kelapa sawit yang baik pada pengelolaan pemeliharaan dan pemanenan, terutama pada aplikasi pemupukan, penyiangan dan pemangkasan daun mampu menghasilkan produksi TBS yang lebih tinggi dibandingkan tanpa penerapan praktik pemeliharaan dan pemanenan yang baik. Asaad *et al.* (2022) menyimpulkan adanya pelatihan ataupun penyuluhan pertanian tentang dalam praktik pertanian dapat meningkatkan efisiensi produksi karena mampu meningkatkan keterampilan teknis petani kelapa sawit.

Namun, hasil berbeda ditemukan pada variabel dummy pelatihan GAP dalam penelitian ini yang menunjukkan pengaruh signifikan dengan koefisien positif terhadap inefisiensi. Hal ini dikarenakan masih ditemukan adanya petani rakyat yang tidak mendapatkan kegiatan pelatihan GAP yaitu sebesar 24,35 persen. Disamping hal tersebut, meskipun pelatihan GAP ditujukan untuk meningkatkan praktik pertanian yang baik, namun tidak semua petani mampu menerapkan GAP dengan benar karena adanya perbedaan tingkat pengetahuan dan pemahaman petani. Selain itu, petani juga memerlukan waktu untuk menyesuaikan diri serta modal usahatani yang kuat untuk menerapkan GAP dari pelatihan yang telah diikutinya. Jelsma *et al.* (2019) menyimpulkan penerapan GAP oleh petani kelapa sawit di Riau masih terbatas rendah, terutama dalam penggunaan pupuk, dimana petani lebih memilih input yang lebih murah.

### Model Fungsi Translog Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat di Provinsi Riau

Estimasi SFA model fungsi translog terhadap faktor-faktor yang memengaruhi produksi TBS yang disajikan pada Tabel 3 memperlihatkan penggunaan kombinasi input produksi dapat meningkatkan atau menurun-

kan produksi sawit secara signifikan. Adanya koefisien negatif pada model translog menunjukkan adanya potensi inefisiensi pemanfaatan sumber daya atau alokasi input produksi yang belum optimal.

**Tabel 3. Estimasi SFA Model Produksi Translog Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat di Riau**

Faktor-faktor produksi TBS	Koefisien	Std. err
Konstanta	-11,292	9,272
$\ln X_1$	-6,237 **	3,089
$\ln X_2$	0,385	1,327
$\ln X_3$	1,070	1,726
$\ln X_4$	-0,183	0,112
$\ln X_5$	-1,065	1,199
$\ln X_6$	9,291 ***	2,869
$\ln X_1^{\text{squared}}$	-0,209	0,353
$\ln X_2^{\text{squared}}$	0,079	0,114
$\ln X_3^{\text{squared}}$	0,165 *	0,089
$\ln X_4^{\text{squared}}$	-0,001	0,002
$\ln X_5^{\text{squared}}$	0,105	0,085
$\ln X_6^{\text{squared}}$	-0,249	0,518
$\ln X_1 \times \ln X_2$	0,716 *	0,369
$\ln X_1 \times \ln X_3$	0,762	0,639
$\ln X_1 \times \ln X_4$	-0,056 ***	0,021
$\ln X_1 \times \ln X_5$	0,144	0,307
$\ln X_1 \times \ln X_6$	0,043	0,998
$\ln X_2 \times \ln X_3$	-0,018	0,152
$\ln X_2 \times \ln X_4$	-0,005	0,007
$\ln X_2 \times \ln X_5$	0,095	0,083
$\ln X_2 \times \ln X_6$	-0,294	0,273
$\ln X_3 \times \ln X_4$	-0,013	0,010
$\ln X_3 \times \ln X_5$	0,154	0,179
$\ln X_3 \times \ln X_6$	-0,903	0,494
$\ln X_4 \times \ln X_5$	-0,004	0,007
$\ln X_4 \times \ln X_6$	0,079 ***	0,025
$\ln X_5 \times \ln X_6$	-0,168	0,306
<b>Faktor-faktor Inefisiensi</b>		
Konstanta	0,139	0,061
$Z_1$	-0,001	0,001
$Z_2$	-0,005	0,003
$Z_3$	-0,002	0,002
$Z_4$	-0,006	0,007
$Z_5$	0,028	0,027
$Z_6$	-0,094 **	0,046
$Z_7$	-0,013	0,030
Sigma_u	0,158	0,115
Sigma_v	0,067	0,743
Lambda	0,425	0,858
Log likelihood	45,198	

\*\*\*, \*\*, \* signifikan pada taraf 1%, 5% dan 10%

Sumber: Output STATA/MP.17

Berdasarkan analisis SFA model translog (Tabel 3) menemukan beberapa input produksi yang memiliki pengaruh signifikan dengan koefisien positif terhadap produksi perkebunan rakyat, yaitu tenaga kerja ( $\ln X_6$ ), pupuk kimia dalam penggunaan yang dikuadratkan ( $\ln X_3^{\text{squared}}$ ), interaksi variabel luas lahan dan umur tanaman ( $\ln X_1 \times \ln X_2$ ), interaksi pupuk organik dan pestisida ( $\ln X_4 \times \ln X_5$ ). Artinya peningkatan penggunaan input produksi tersebut akan meningkatkan produksi TBS. Sementara itu, luas lahan ( $\ln X_1$ ), interaksi luas lahan dan pupuk organik ( $\ln X_1 \times \ln X_4$ ) menunjukkan pengaruh signifikan dengan koefisien negatif terhadap produksi TBS. Ini menunjukkan peningkatan penggunaan input yang dilakukan petani justru mengurangi produksi TBS.

Lebih lanjut, hasil analisis SFA model fungsi translog terhadap inefisiensi menunjukkan hanya terdapat 1 faktor yang berpengaruh signifikan dengan koefisien negatif terhadap inefisiensi yaitu dummy keterlibatan petani rakyat dalam organisasi atau lembaga petani. Temuan ini berbeda dengan hasil SFA pada model fungsi Cobb-Douglas. Namun, Najmi *et al.* (2019) memberikan kesimpulan berbeda bahwa kurangnya partisipasi petani sawit untuk berkelompok tani atau menjadi anggota KUD di Aceh Selatan. Rendahnya pendidikan petani dan adanya kegagalan kelembagaan dalam mengakses modal merupakan faktor yang menyebabkan kurangnya minat petani terhadap kelembagaan pertanian.

Berdasarkan hasil analisis metode SFA yang telah dilakukan pada kedua model, yaitu Cobb-Douglas dan translog memberikan perspektif berbeda dalam menilai faktor-faktor yang memengaruhi produksi TBS perkebunan sawit rakyat. Hasil estimasi SFA model Cobb-Douglas menunjukkan seluruh input variabel memiliki koefisien positif terhadap produksi TBS. Sedangkan pada model translog menemukan adanya beberapa input variabel yang berkoefisien negatif terhadap produksi TBS perkebunan rakyat di Provinsi Riau.



## EFISIENSI TEKNIS PERKEBUNAN KELAPA SAWIT RAKYAT DI PROVINSI RIAU

Hasil estimasi SFA terhadap tingkat efisiensi teknis perkebunan sawit rakyat dari kedua model disajikan pada Tabel 4 memperlihatkan bahwa tingkat efisiensi teknis perkebunan kelapa sawit rakyat berada pada kategori tingkat efisiensi teknis yang tinggi untuk kedua model.

**Tabel 4. Tingkat Efisiensi Teknis Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat di Provinsi Riau**

Model Fungsi Produksi	Rata-rata	Min
Cobb-Douglas	0,933	0,374
Translog	0,942	0,567

Sumber: Output STATA/MP.17

Pada model fungsi Cobb-Douglas memperlihatkan tingkat efisiensi teknis perkebunan rakyat rata-rata sebesar 0,933 dengan efisiensi terendah yaitu 0,374. Hal ini menunjukkan bahwa secara rata-rata petani kelapa sawit rakyat di Riau dapat mencapai 93,3 persen dari potensi produksi TBS maksimum yang seharusnya dapat dihasilkan dengan sumber daya yang ada. Ini mencerminkan penggunaan input yang digunakan petani rakyat sudah relatif efisien, meskipun masih ada potensi untuk meningkatkan efisiensi lebih lanjut. Nilai efisiensi teknis  $< 1$ , hal ini menunjukkan adanya inefisiensi produksi petani rakyat dalam menjalankan usahatani, yang disebabkan karena faktor sosial-ekonomi petani, salah satunya adalah penerapan GAP yang belum optimal yang dilakukan petani dalam budidaya kelapa sawit yang dibuktikan dengan tanda koefisiennya yang positif sebesar 0,034 terhadap inefisiensi.

Sementara itu, nilai rata-rata efisiensi teknis yang lebih tinggi ditemukan dalam model translog yaitu 0,942 dengan efisiensi terendah sebesar 0,567. Ini berarti petani dapat mencapai 94,2 persen dari potensi output

maksimumnya. Berdasarkan nilai efisiensi teknis yang dihasilkan dari kedua model menunjukkan bahwa petani kelapa sawit rakyat di Provinsi Riau memiliki kemampuan yang baik dalam mengelola sumber daya dan menjalankan usahatani kebun kelapa sawitnya. Namun, adanya perbedaan antara kedua model menunjukkan bahwa pendekatan yang lebih kompleks, seperti model translog dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam memahami dinamika efisiensi produksi dalam penelitian ini.

Penelitian ini memberikan bukti secara empiris bahwa model translog lebih dapat menangkap kompleksitas interaksi antar faktor produksi dengan lebih baik dalam analisis *stochastic frontier* dibandingkan model Cobb-Douglas. Dimana, model translog mampu menangkap pengaruh penggunaan input dalam konteks yang lebih dinamis dan kompleks, sehingga memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan model Cobb-Douglas. Irfan *et al.* (2023) menganalisis efisiensi teknis dengan menggunakan metode *data envelopment analysis* (DEA) dan menemukan efisiensi teknis perkebunan sawit di Provinsi Aceh rata-rata 0,879.

Lebih lanjut, hasil pengkategorian efisiensi teknis yang dihasilkan dari kedua model yang disajikan pada Tabel 5 menunjukkan bahwa mayoritas petani kelapa sawit rakyat di Provinsi Riau beroperasi dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Walaupun terdapat sejumlah petani dalam kategori sedang, hanya sedikit yang memiliki efisiensi rendah. Pada Tabel 5 menunjukkan perbedaan sebaran kategori efisiensi sedang dan tinggi antara kedua model, yaitu model Cobb-Douglas menemukan sebanyak 106 petani (92,17%) berada pada kategori tinggi dan sedang sebanyak 8 petani (6,95%). Sementara itu pada model translog, kategori efisiensi tinggi sebanyak 107 petani (93,04%), kategori efisiensi sedang sebanyak 7 petani (6,08%) dan sisanya yaitu 1 orang petani (0,88%) berada pada kategori efisiensi rendah.

**Tabel 5. Kategori Efisiensi Teknis Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat di Provinsi Riau**

Kategori Efisiensi Teknis	Cobb-Douglas	Translog
Rendah	1	1
Sedang	8	7
Tinggi	106	107

Sumber: Output STATA/MP.17

Berdasarkan hasil analisis efisiensi teknis dan kategori efisiensinya menggunakan metode *stochastic frontier analysis*, kedua model fungsi produksi, yaitu model Cobb-Douglas dan translog, menunjukkan perbedaan yang sedikit namun konsisten. Hasil temuan ini mengindikasikan bahwa kedua model valid digunakan dalam mengkaji efisiensi teknis pada komoditas pertanian lainnya.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### KESIMPULAN

Hasil analisis SFA dengan menggunakan model Cobb-Douglas menyimpulkan terdapat 4 faktor produksi yang memiliki pengaruh signifikan terhadap produksi TBS, yaitu luas lahan, umur tanaman, pupuk kimia dan pupuk organik, sedangkan 2 variabel lainnya yaitu pestisida dan tenaga kerja menunjukkan pengaruh tidak signifikan, meskipun memiliki koefisien positif terhadap produksi.

Di sisi lainnya, hasil estimasi SFA model translog memberikan gambaran yang lebih kompleks terhadap interaksi antar input variabelnya. Terdapat 4 faktor produksi yang berpengaruh signifikan dengan koefisien positif terhadap produksi TBS, yaitu tenaga kerja, pupuk kimia dalam penggunaan yang dikuadratkan, interaksi variabel luas lahan dan umur tanaman, dan interaksi pupuk organik dan pestisida. Sementara itu, variabel luas lahan, interaksi luas lahan dan pupuk organik menunjukkan pengaruh signifikan, namun memiliki koefisien negatif terhadap produksi perkebunan rakyat di Riau.

Selanjutnya, nilai efisiensi teknis petani kelapa sawit rakyat di Provinsi Riau dari kedua model menghasilkan rata-rata efisiensi teknis sebesar 0,933 dan 0,942. Berdasarkan

kategori efisiensi berada dalam efisiensi tinggi. Di sisi lainnya, masih ada potensi perbaikan yang dapat dilakukan petani pada kategori tingkat efisiensi teknis sedang dan rendah untuk meningkatkan produktivitasnya.

Kedua model fungsi produksi yang dikaji dalam penelitian ini memberikan hasil estimasi yang cukup konsisten yang dilihat pada nilai efisiensi teknis dan kategori efisiensi teknis perkebunan rakyat yang dihasilkan. Dimana, model translog lebih disarankan karena kemampuannya dalam menangkap kompleksitas interaksi antar input produksi dan sifatnya yang lebih dinamis dibandingkan model fungsi Cobb-Douglas. Sehingga, memberikan wawasan yang lebih kompleks kepada peneliti.

### SARAN

Temuan ini memberikan gambaran yang komprehensif mengenai analisis efisiensi teknis yang jarang dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Dengan demikian, penelitian ini berhasil menambah pemahaman akademis mengenai perbedaan model fungsi produksi Cobb-Douglas dan translog dalam mengkaji faktor-faktor yang memengaruhi produksi dan efisiensi teknis. khususnya usahatani perkebunan kelapa sawit rakyat di Provinsi Riau. Ke depannya, perlu dilakukan penelitian empiris lainnya yang mengkaji tentang metode *stochastic frontier* dengan model fungsi produksi lainnya, seperti fungsi produksi CES (*Constant Elasticity of Substitution*), *quadratic* dan sebagainya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alwarritzi, W., Nansekib, T., Chomei, Y. (2015). Analysis of the factors influencing the technical efficiency among oil palm smallholder farmers in Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*. 28: 630-638.
- Apriyanto, M., Partini, M., Mardesci, H., Syahrantau, G., Yulianti. (2020). The role of farmers' readiness in the sustainable palm oil industry. *Journal of Physics*:

- Conference Series, 1764, 012211.  
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1764/1/012211>
- Asaad, Sitepu, R. K., Martial, T., Novita, D., & Ihsan. (2022). Production efficiency analysis of oil palm plantations: Stochastic Frontier Approach. *International Journal of Research and Review*, 9(12), 678-686.
- [BPS] Badan Pusat Statistik Provinsi Riau. 2024. Statistik Kelapa Sawit Provinsi Riau 2022 Volume 3, 2024. BPS Provinsi Riau.
- Budiargo, A., Poerwanto, R., & Sudradja. (2015). Manajemen pemupukan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di perkebunan kelapa sawit, Kalimantan Barat. *Bul. Agrohorti*, 3(2), 221-231.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnel, C. J., & Battese, G. E. 2005. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis. Springer Science+Business Media, Inc.
- Ernst, R. B., & Christensen, L. R. (1973). The translog function and the substitution of equipment, structures, and labor in U.S. *Journal of Econometrics*, 1(1), 81-113.  
[https://doi.org/10.1016/0304-4076\(73\)90007-9](https://doi.org/10.1016/0304-4076(73)90007-9)
- Dinas Perkebunan Provinsi Riau. 2021. Statistik Perkebunan Provinsi Riau Tahun 2020. Pemerintah Provinsi Riau Dinas Perkebunan. Pekanbaru.
- Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian. 2014. Pedoman Budidaya Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) yang Baik [Peraturan Menteri Pertanian RI No. 131. Direktorat Jenderal Perkebunan. Jakarta.
- Dubos, B., Bonneau, X., & Flori, A. (2022). *Oil palm fertilization guide*. éditions Quæ.
- Heriyanto, Karya, D., Choanji, T., Asrol, Bakce, D., & Elinur. (2019). Regression model in transitional geological environment for calculation farming and production of oil palm dominant factor in Indragiri Hilir Riau Province. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 4(1), 56-65.
- Irfan, Ardian, Mukhlis, Yuliana, & Najmi, Y. (2023). Efisiensi perkebunan kelapa sawit di Provinsi Aceh. *Jurnal Humaniora*, 7(1), 42-49.
- Jelsma, I., Woittiez, L. S., Ollivier, J., & Dharmawand, A. H. (2019). Do wealthy farmers implement better agricultural practices? An assessment of implementation of good agricultural practices among different types of independent oil palm smallholders in Riau, Indonesia. *Agricultural Systems*, 170, 63-76.
- Khalida, R., & Lontoh, A. P. (2019). Manajemen pemupukan kelapa sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) studi kasus pada Kebun Sungai Sagu, Riau. *Bul. Agrohorti*, 7(2), 238-245.
- Kumbhakar, S. C., & Lovell, C. A. K. (2000). *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge University Press.
- Lubis, M. F., & Iskandar, L. (2018). Analisis produksi kelapa sawit di Kebun Buatan, Kabupaten Pelalawan Riau. *Buletin Agrohorti*, 6(2), 281-286.
- Majid, N. A., Ramli, Z., Sum, S. M., & Awang, A. H. (2021). Sustainable palm oil certification scheme frameworks and impacts: A systematic literature review. *Sustainability*, 13, 3263.  
<https://doi.org/10.3390/su13063263>
- Mustari, Yonariza, Khairati, R. (2020). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi komoditas kelapa sawit perkebunan rakyat dengan pola swadaya di Kabupaten Aceh Tamiang. *Jurnal Ilmiah MEA (Manajemen, Ekonomi, dan Akuntansi)*, 4(3), 1524-1542.
- Najmi, N. L., Jaktas, A., Suharno, & Fariyanti, A. (2019). Status keberlanjutan pengelolaan perkebunan inti rakyat kelapa sawit berkelanjutan di Trumon, Kabupaten Aceh Selatan. *Forum Agribisnis*, 9(1), 53-56.
- Ridha, A. (2018). Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi kelapa sawit di Kabupaten Aceh Timur. *Jurnal Samudra Ekonomika*, 2(1), 13-19.

- Risza, S. (2008). *Kelapa sawit upaya peningkatan produktivitas*. Kanisius.
- Saragih, I. K., Rachmina, D., & Krisnamurthi, B. (2020). Analisis status keberlanjutan perkebunan kelapa sawit rakyat Provinsi Jambi. *Jurnal Agribisnis Indonesia (Journal of Indonesian Agribusiness)*, 17(8), 17-32.
- Sari, D.W, Hidayat, F.K, Abdul, I. (2021). Efficiency of Land Use in Smallholder Palm Oil Plantations in Indonesia: A Stochastic Frontier Approach. *Forest and Society*. 5(1). 75-89. <http://dx.doi.org/10.24259/fs.v5i1.10912>.
- Suharno, Yuprin, A. D., & Barbara, B. (2015). Analisis kinerja usahatani perkebunan kelapa sawit rakyat melalui pola kemitraan di Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 3(2), 135-144.
- Syuhada, F. A., Hasnah, & Khairati, R. (2022). Analisis efisiensi teknis usahatani kelapa sawit: analisis stochastic frontier. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis (JEPA)*, 6(1), 249-255.
- Tampubolon, N. 2016. Pengaruh umur tanaman terhadap produktivitas kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) (Studi kasus: perkebunan rakyat di Kecamatan Pegajahan, Kabupaten Serdang Bedagai). [tesis]. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Tanjung, I. 2003. Efisiensi teknis dan ekonomis petani kentang di Kabupaten Solok Provinsi Sumatera Barat: Analisis Stochastic Frontier. [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Varina, F., Hartoyo, S., Kusnadi, N., & Rifin, A. (2020). The determinants of technical efficiency of oil palm smallholders in Indonesia. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 10(6), 89-93.
- Woittiez, L. S. 2019. On yield gaps and better management practices in Indonesian smallholder oil palm plantations. [PhD thesis]. Netherlands: Wageningen University.
- Yanita, M., & Suandi. (2021). What factors determine the production of independent smallholder oil palm? *Indonesian Journal of Agricultural Research*, 4(1), 39-46.