

Analisis Efisiensi Teknis Perkebunan Kawasan Sentra Kelapa Sawit di Indonesia Menggunakan *Data Envelopment Analysis*: Pendekatan *Slack*, *Projection*, dan *Benchmark*

Pretty Luci Lumbanraja^{1,*}

¹⁾ PT Riset Perkebunan Nusantara

*) Corresponding author: prettyluci@rpn.co.id

Abstrak

Kelapa sawit merupakan komoditas perkebunan strategis yang berkontribusi besar terhadap perekonomian Indonesia melalui peningkatan devisa negara, penyerapan tenaga kerja, dan penyediaan bahan baku industri. Namun, produktivitas perkebunan kelapa sawit antarprovinsi menunjukkan perbedaan yang mengindikasikan adanya ketidakefisienan dalam pemanfaatan faktor-faktor produksi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat efisiensi teknis perkebunan kelapa sawit pada sepuluh provinsi sentra produksi di Indonesia serta mengidentifikasi sumber ketidakefisienan dan target perbaikan yang diperlukan untuk mencapai kondisi efisien. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode Data Envelopment Analysis (DEA) model Banker, Charnes, dan Cooper (BCC) berorientasi input (*input-oriented*). Hasil penelitian menunjukkan tingkat efisiensi teknis perkebunan kelapa sawit masih bervariasi antarprovinsi. Tahun 2022 hanya Bengkulu yang mencapai kondisi efisien, sedangkan tahun 2023 terdapat lima provinsi yang efisien, yaitu Riau, Sumatera Utara, Bengkulu, Sumatera Barat, dan Kalimantan Timur. Tahun 2024 hanya Riau dan Kalimantan Tengah yang berhasil mencapai frontier efisiensi. Analisis *slack* menunjukkan bahwa ketidakefisienan terutama disebabkan oleh penggunaan pupuk yang belum optimal, sementara luas areal secara umum tidak menjadi sumber ketidakefisienan. Hasil *projection* mengindikasikan bahwa provinsi yang belum efisien perlu melakukan penyesuaian penggunaan pupuk dan peningkatan produktivitas sesuai target yang direkomendasikan model DEA. Selain itu, analisis *dual price* menunjukkan bahwa produktivitas memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap pembentukan efisiensi dibandingkan perluasan luas areal. Penelitian ini menyimpulkan bahwa peningkatan efisiensi teknis perkebunan kelapa sawit lebih efektif dilakukan melalui optimalisasi penggunaan pupuk, peningkatan produktivitas, dan intensifikasi budidaya daripada melalui ekspansi areal perkebunan. Temuan ini diharapkan menjadi dasar dalam perumusan kebijakan peningkatan efisiensi dan produktivitas perkebunan kelapa sawit yang berkelanjutan di Indonesia.

Kata kunci: Kelapa Sawit; DEA; Efisiensi

Abstract

Oil palm is a strategic plantation commodity that contributes significantly to Indonesia's economy by generating foreign exchange, creating employment, and supplying industrial raw materials. However, disparities in oil palm plantation productivity across provinces indicate inefficiencies in the utilization of production factors. This study aims to analyze the technical efficiency of oil palm plantations in ten major producing provinces in Indonesia and to identify the sources of inefficiency and the improvements needed to achieve efficiency. A quantitative approach was employed using the input-oriented Data Envelopment Analysis (DEA) method based on the Banker, Charnes, and Cooper (BCC) model. The results indicate that technical efficiency levels vary across provinces. In 2022, only Bengkulu achieved efficiency, whereas in 2023, five provinces—Riau, North Sumatra, Bengkulu, West Sumatra, and East Kalimantan—were efficient. In 2024, only Riau and Central Kalimantan reached the efficiency frontier. Slack analysis reveals that inefficiency stems primarily from suboptimal fertilizer use, while plantation area size is generally not a source of inefficiency. Projections indicate that inefficient provinces need to adjust fertilizer usage and increase productivity in line with the targets recommended by the DEA model. Furthermore, dual price analysis shows that productivity contributes more significantly to efficiency than the expansion of plantation area. The study concludes that improving the technical efficiency of oil palm plantations

is more effectively achieved through optimizing fertilizer use, increasing productivity, and intensifying cultivation rather than expanding plantation acreage. These findings are expected to serve as a basis for formulating policies to enhance the efficiency and productivity of sustainable oil palm plantations in Indonesia.

Keywords: Oil Palm; DEA; Efficiency

PENDAHULUAN

Penelitian mengenai sektor perkebunan kelapa sawit di Indonesia selama ini lebih banyak berfokus pada peningkatan produksi (Lumbanraja & Lumbanraja, 2024a), ekspansi luas areal (Berenschot et al., 2021), daya saing ekspor (Lumbanraja & Lumbanraja, 2024b), maupun kontribusi terhadap perekonomian nasional (Utami et al., 2017). Berbagai penelitian juga menitikberatkan pada analisis produktivitas (Lumbanraja et al., 2023), keberlanjutan (Noveria, 2017); (Imanuel et al., 2026), dan dampak sosial ekonomi perkebunan kelapa sawit. Namun demikian, kajian yang secara khusus mengevaluasi efisiensi teknis penggunaan faktor produksi dalam menghasilkan output perkebunan masih relatif terbatas. Akibatnya, informasi mengenai apakah peningkatan produksi telah dicapai melalui penggunaan input yang efisien atau justru melalui penggunaan input yang berlebihan masih belum banyak tersedia (Simatupang et al., 2025).

Sebagian besar penelitian terdahulu mengukur hubungan antara faktor-faktor produksi dengan hasil produksi menggunakan pendekatan ekonometrika (Lumbanraja & Lumbanraja, 2024a); (Khairati, 2020); (Anselmus et al., 2026); (Fikri Jufri & Junaidi, 2020) yang mampu menjelaskan pengaruh variabel, tetapi belum mampu mengidentifikasi besarnya pemborosan masing-masing input maupun target penggunaan input yang optimal. Padahal, dalam konteks pengelolaan perkebunan, informasi mengenai berapa besar input yang dapat dihemat tanpa mengurangi output (Apriyanti, 2019) memiliki nilai praktis yang sangat penting bagi perumusan kebijakan. Pendekatan Data Envelopment Analysis (DEA) menawarkan keunggulan karena tidak hanya menghasilkan skor efisiensi (Herino et al., 2025), tetapi juga mampu menunjukkan nilai slack, projection, dan benchmark sebagai dasar perbaikan kinerja setiap unit yang dievaluasi.

Indonesia memiliki karakteristik perkebunan kelapa sawit yang sangat beragam (Jelsma et al., 2017), baik dari sisi agroklimat (Juliarni & Rambe, 2024); (Afiantoro et al., 2025), tingkat adopsi teknologi (Lumbanraja & Lumbanraja, 2024c), penggunaan sarana produksi (Rosmegawati, 2021), maupun kapasitas kelembagaan petani (Lumbanraja et al., 2023). Perbedaan tersebut menyebabkan tingkat efisiensi antarwilayah tidak selalu sejalan dengan besarnya produksi atau luas areal yang dimiliki (Saptana, 2012). Oleh karena itu,

diperlukan suatu pendekatan yang mampu membandingkan kinerja relatif setiap wilayah berdasarkan kombinasi penggunaan input dan pencapaian output. Analisis DEA memungkinkan identifikasi provinsi yang telah berada pada frontier efisiensi sekaligus menetapkan provinsi yang dapat dijadikan benchmark bagi wilayah lain dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan perkebunan kelapa sawit.

Peningkatan produksi kelapa sawit tidak selalu identik dengan peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya. Dalam kondisi keterbatasan lahan dan meningkatnya biaya produksi, kebijakan pembangunan perkebunan perlu diarahkan pada optimalisasi penggunaan input daripada sekadar peningkatan volume input. Oleh karena itu, hasil analisis efisiensi teknis diharapkan mampu memberikan informasi yang lebih operasional mengenai prioritas perbaikan pada setiap wilayah, termasuk pengurangan pemborosan input, peningkatan produktivitas, dan penetapan wilayah acuan sebagai referensi praktik terbaik. Informasi tersebut menjadi penting dalam mendukung implementasi kebijakan pembangunan perkebunan yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan pada tiga aspek. Pertama, penelitian mengevaluasi efisiensi teknis penggunaan faktor produksi perkebunan kelapa sawit melalui pendekatan DEA sehingga tidak hanya mengukur tingkat efisiensi relatif, tetapi juga mengidentifikasi sumber ketidakefisienan pada setiap unit analisis (Simatupang et al., 2025). Kedua, penelitian menyajikan analisis yang lebih komprehensif melalui interpretasi *efficiency score*, *slack*, *projection*, dan *benchmark*, sehingga rekomendasi yang dihasilkan tidak berhenti pada penilaian efisiensi, melainkan juga memberikan target perbaikan yang spesifik bagi setiap wilayah. Ketiga, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar penyusunan kebijakan peningkatan efisiensi penggunaan input dalam mendukung pembangunan perkebunan kelapa sawit yang produktif, berdaya saing, dan berkelanjutan.

TINJAUAN PUSTAKA

Efisiensi menjadi isu strategis dalam sektor pertanian dan perkebunan, khususnya kelapa sawit. Dalam perspektif ekonomi produksi, efisiensi merupakan konsep yang menekankan pemanfaatan sumber daya secara optimal untuk menghasilkan output maksimum dengan penggunaan input yang tersedia. Konsep ini menjadi semakin penting dalam sektor pertanian dan perkebunan karena sebagian besar faktor produksi, seperti lahan, pupuk, tenaga kerja, dan modal, merupakan sumber daya yang terbatas dan memiliki biaya yang terus meningkat (Simatupang et al., 2025).

Biaya produksi perkebunan kelapa sawit terus meningkat (A. Hakim, 2018). Dalam beberapa tahun terakhir harga pupuk meningkat (Harahap et al., 2023), biaya tenaga kerja meningkat (Sutarsih et al., 2024), biaya transportasi meningkat (Syahril et al., 2021), harga energi meningkat. Akibatnya perusahaan maupun petani tidak cukup hanya meningkatkan produksi. Perbedaan tingkat produksi dan produktivitas antarwilayah tidak selalu disebabkan oleh perbedaan ketersediaan sumber daya, tetapi juga dipengaruhi oleh kemampuan masing-masing wilayah dalam mengelola faktor-faktor produksi secara efisien (Lumbanraja & Lumbanraja, 2025).

Dalam konteks pembangunan perkebunan berkelanjutan, peningkatan produksi tidak lagi hanya bergantung pada perluasan areal tanam, tetapi lebih diarahkan pada peningkatan efisiensi penggunaan faktor-faktor produksi yang telah tersedia. Efisiensi mendukung daya saing dunia kelapa sawit Indonesia menghadapi persaingan global, standar keberlanjutan, fluktuasi harga CPO, dan tekanan biaya produksi. Jika penggunaan input tidak efisien maka biaya produksi meningkat, keuntungan turun, daya saing menurun. Efisiensi merupakan strategi meningkatkan daya saing (D. L. Hakim et al., 2025). Sehingga pemerintah perlu mengetahui provinsi mana yang efisien, provinsi mana yang tidak efisien, penggunaan input apa yang boros, serta benchmark-nya.

Berdasarkan uraian tersebut, pengukuran efisiensi teknis menjadi penting untuk mengetahui sejauh mana setiap provinsi mampu memanfaatkan faktor-faktor produksi dalam menghasilkan output perkebunan kelapa sawit. Dalam penelitian ini, efisiensi diukur menggunakan pendekatan DEA karena mampu mengevaluasi kinerja relatif setiap unit analisis berdasarkan kombinasi beberapa input dan output secara simultan (Herino et al., 2025). Hasil pengukuran tidak hanya menunjukkan tingkat efisiensi, tetapi juga memberikan informasi mengenai *slack*, *projection*, dan *benchmark* sebagai dasar penyusunan rekomendasi peningkatan efisiensi (Prihantini et al., 2024).

Dalam perspektif perencanaan pembangunan, efisiensi merupakan salah satu indikator penting untuk mengevaluasi kualitas pertumbuhan sektor ekonomi. Peningkatan produksi yang dicapai melalui penggunaan input secara efisien menunjukkan bahwa sumber daya dialokasikan secara optimal sehingga mampu menghasilkan nilai tambah yang lebih besar tanpa meningkatkan tekanan terhadap sumber daya alam. Oleh karena itu, analisis efisiensi tidak hanya relevan bagi pelaku usaha perkebunan, tetapi juga menjadi dasar bagi pemerintah dalam merancang kebijakan pembangunan yang produktif, berdaya saing, dan berkelanjutan.

METODE

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif-analitis untuk mengevaluasi efisiensi teknis pengelolaan perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian bertujuan mengukur tingkat efisiensi relatif setiap unit analisis berdasarkan kombinasi penggunaan faktor produksi (input) dan hasil produksi (output). Analisis dilakukan menggunakan DEA yang merupakan metode nonparametrik berbasis linear programming untuk mengukur efisiensi relatif antar *Decision Making Unit* (DMU) (Utari et al., 2023).

Pendekatan DEA dipilih karena mampu mengakomodasi lebih dari satu variabel input dan output secara simultan tanpa mensyaratkan bentuk fungsi produksi tertentu sebagaimana pendekatan ekonometrika parametrik. Selain menghasilkan skor efisiensi, DEA juga mampu mengidentifikasi sumber ketidakefisienan melalui analisis *slack*, *projection*, dan *benchmark*, sehingga rekomendasi kebijakan yang dihasilkan menjadi lebih operasional (Prihantini et al., 2024).

3.2 Jenis Penelitian, Sumber Data, dan Variabel Penelitian

Penelitian dilakukan pada provinsi-provinsi penghasil kelapa sawit di Indonesia yang menjadi unit analisis atau DMU dalam model DEA. Setiap provinsi diperlakukan sebagai satu unit pengambilan keputusan yang diasumsikan memiliki tujuan yang sama, yaitu mengoptimalkan penggunaan faktor produksi untuk menghasilkan output perkebunan kelapa sawit. Pemilihan tingkat provinsi didasarkan pada pertimbangan bahwa provinsi merupakan satuan wilayah administratif yang memiliki karakteristik pengelolaan perkebunan, kapasitas produksi, serta penggunaan input yang berbeda sehingga memungkinkan dilakukan analisis efisiensi secara komparatif.

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber resmi, antara lain: Badan Pusat Statistik (BPS); Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian; Publikasi Statistik Perkebunan Indonesia; dan sumber resmi lainnya yang relevan. Data yang digunakan merupakan data *cross-section* pada tahun pengamatan selama tahun 2022-2024. Variabel penelitian terdiri atas variabel input dan variabel output yang digunakan dalam model DEA.

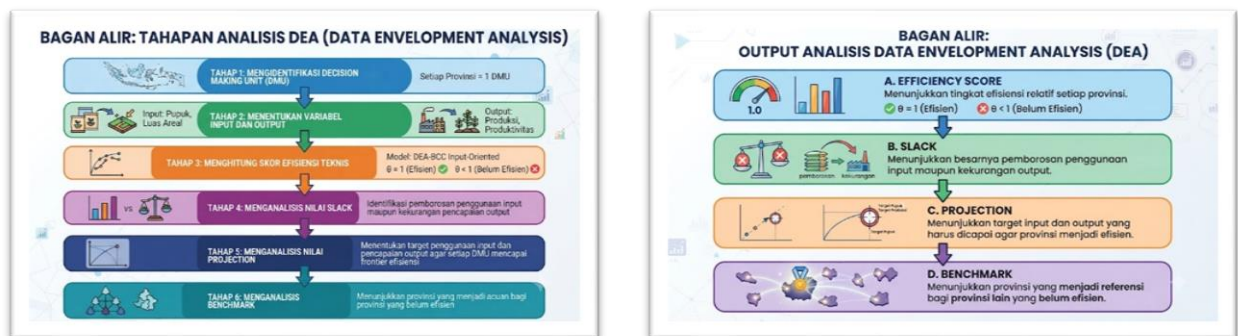
Tabel 1. Faktor-faktor Input dan Output

Faktor	Indikator	Satuan	Peran
Pupuk (X1)	Jumlah penggunaan pupuk	Ton/kg	Input
Luas Areal (X2)	Luas areal perkebunan	Hektar	Input
Produksi (Y1)	Produksi TBS/CPO	Ton	Output
Produktivitas (Y2)	Produksi per hektar	Ton/Ha	Output

Sumber: BPS, (2022-2024)

3.3 Teknik dan Tahapan Analisis serta Interpretasi Hasil

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Data Envelopment Analysis* (DEA), yaitu metode non-parametrik yang digunakan untuk mengukur efisiensi relatif unit pengambilan keputusan *Decision Making Units* (DMU) berdasarkan perbandingan input dan output secara simultan tanpa memerlukan asumsi bentuk fungsi produksi tertentu. Model BCC dipilih karena mengakomodasi kondisi bahwa setiap provinsi memiliki skala usaha perkebunan yang berbeda sehingga hubungan antara input dan output tidak selalu bersifat proporsional. Pendekatan input-oriented digunakan karena penelitian bertujuan mengevaluasi sejauh mana penggunaan faktor produksi dapat diminimalkan tanpa mengurangi tingkat output yang dihasilkan. Tahapan analisis dilakukan sebagai berikut.



Gambar 1. Bagan Alir Tahapan dan Analisis DEA

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Score, Rank, dan Benchmark DMU

Tabel 4.1 menyajikan hasil pengukuran efisiensi teknis perkebunan kelapa sawit pada sepuluh provinsi sentra produksi selama periode 2022–2024 menggunakan pendekatan *Data Envelopment Analysis* (DEA). Nilai *efficiency score* berada pada rentang 0 sampai 1, di mana nilai 1 menunjukkan bahwa suatu provinsi telah berada pada frontier efisiensi dan mampu memanfaatkan faktor-faktor produksi secara optimal, sedangkan nilai kurang dari 1 menunjukkan bahwa provinsi tersebut masih memiliki potensi untuk

meningkatkan efisiensi penggunaan input dalam menghasilkan output (Herino et al., 2025). Secara umum, hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat efisiensi teknis antarprovinsi masih beragam dan mengalami perubahan dari tahun ke tahun. Hal ini mengindikasikan bahwa kemampuan masing-masing provinsi dalam mengelola faktor produksi belum (Ardiano et al., 2026) seragam sehingga masih terdapat peluang untuk meningkatkan efisiensi melalui optimalisasi penggunaan input maupun peningkatan produktivitas.

Tabel 4.1 Score, Rank, Benchmark DMU

DMU	Score	Rank
2022 - Riau	0,601868	25
2022 - Kalimantan Barat	0,678393	21
2022 - Jambi	0,555235	27
2022 - Sumatera Selatan	0,719058	18
2022 - Sumatera Utara	0,620257	23
2022 - Kalimantan Tengah	0,987845	9
2022 - Bengkulu	1	1
2022 - Aceh	0,53845	28
2022 - Sumatera Barat	0,774717	15
2022 - Kalimantan Timur	0,776047	14
2023 - Riau	1	1
2023 - Kalimantan Barat	0,531177	29
2023 - Jambi	0,656608	22
2023 - Sumatera Selatan	0,873507	12
2023 - Sumatera Utara	1	1
2023 - Kalimantan Tengah	0,945512	10
2023 - Bengkulu	1	1
2023 - Aceh	0,785065	13
2023 - Sumatera Barat	1	1
2023 - Kalimantan Timur	1	1
2024 - Riau	1	1
2024 - Kalimantan Barat	0,685828	20
2024 - Jambi	0,521492	30
2024 - Sumatera Selatan	0,729134	16
2024 - Sumatera Utara	0,612546	24
2024 - Kalimantan Tengah	1	1
2024 - Bengkulu	0,939968	11
2024 - Aceh	0,557148	26
2024 - Sumatera Barat	0,711094	19
2024 - Kalimantan Timur	0,72852	17

Sumber: Data diolah Peneliti (2026)

Pada tahun 2022 hanya Provinsi Bengkulu yang memperoleh *efficiency score* sebesar 1, sehingga menjadi satu-satunya provinsi yang berada pada frontier efisiensi dan menempati peringkat pertama. Kondisi ini menunjukkan bahwa kombinasi penggunaan pupuk dan luas areal di Bengkulu telah mampu menghasilkan produksi dan produktivitas secara optimal (Isma et al., 2025) dibandingkan provinsi lainnya. Sementara itu, Kalimantan Tengah memperoleh skor 0,987845, yang berarti hampir mencapai kondisi efisien. Nilai ini menunjukkan bahwa provinsi tersebut hanya memerlukan sedikit penyesuaian terhadap penggunaan input atau peningkatan output agar dapat mencapai

frontier efisiensi. Sebaliknya, beberapa provinsi menunjukkan tingkat efisiensi yang relatif rendah. Aceh memperoleh skor 0,538450, Jambi sebesar 0,555235, dan Riau sebesar 0,601868. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa ketiga provinsi masih memiliki ruang yang cukup besar untuk memperbaiki efisiensi teknis melalui pengelolaan input yang lebih optimal (Supriana dan Diana, 2015). Rendahnya skor efisiensi tidak berarti produksi yang dihasilkan rendah, tetapi menunjukkan bahwa penggunaan input belum menghasilkan output secara optimal dibandingkan dengan provinsi yang menjadi acuan.

Pada tahun 2023 terjadi peningkatan efisiensi yang cukup signifikan. Sebanyak lima provinsi berhasil mencapai frontier efisiensi, yaitu: Riau, Sumatera Utara, Bengkulu, Sumatera Barat, Kalimantan Timur. Kelima provinsi tersebut memperoleh skor efisiensi sebesar 1, sehingga menjadi benchmark bagi provinsi lain yang belum efisien. Peningkatan jumlah provinsi yang efisien menunjukkan adanya perbaikan dalam pengelolaan faktor produksi maupun peningkatan kinerja produksi selama periode tersebut. Provinsi Kalimantan Tengah juga menunjukkan kinerja yang sangat baik dengan skor 0,945512, sedangkan Sumatera Selatan memperoleh skor 0,873507, yang menunjukkan bahwa kedua provinsi telah mendekati frontier efisiensi. Di sisi lain, Kalimantan Barat memiliki skor efisiensi terendah yaitu 0,531177, diikuti Jambi sebesar 0,656608. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kedua provinsi masih menghadapi ketidakefisienan teknis yang cukup tinggi sehingga memerlukan perbaikan dalam pemanfaatan faktor produksi (Lumbanraja & Lumbanraja, 2025).

Pada tahun 2024 terjadi perubahan komposisi provinsi yang efisien. Hanya Riau dan Kalimantan Tengah yang berhasil mempertahankan skor efisiensi sebesar 1, sedangkan beberapa provinsi yang pada tahun sebelumnya telah efisien mengalami penurunan skor. Sebagai contoh, Bengkulu mengalami penurunan skor dari 1,000 menjadi 0,939968, sedangkan Sumatera Utara turun menjadi 0,612546. Penurunan tersebut mengindikasikan bahwa kombinasi penggunaan input dan pencapaian output pada tahun 2024 tidak lagi berada pada frontier efisiensi relatif terhadap provinsi lain. Provinsi dengan tingkat efisiensi terendah pada tahun 2024 adalah Jambi dengan skor 0,521492, diikuti Aceh sebesar 0,557148. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua provinsi masih memiliki peluang yang besar untuk meningkatkan efisiensi melalui pengurangan pemborosan input, peningkatan produktivitas, atau penerapan praktik pengelolaan yang lebih baik.

4.2. Nilai Slack Movement Input dan Output

Tabel 4.2 menyajikan hasil analisis *slack movement* dari model Data Envelopment Analysis (DEA) untuk setiap *Decision Making Unit* (DMU) selama periode 2022–2024. Nilai *slack* menunjukkan besarnya penyesuaian tambahan yang masih diperlukan setelah pengurangan input secara proporsional (radial movement) dilakukan. Dengan demikian, *slack* memberikan informasi mengenai sumber ketidakefisienan spesifik pada masing-masing variabel input maupun output (Apriyanti, 2019). Pada model yang digunakan dalam penelitian ini, nilai *slack* pada variabel input mengindikasikan adanya penggunaan input yang masih berlebihan, sedangkan *slack* pada variabel output menunjukkan bahwa output yang dihasilkan masih berada di bawah target efisien.

Secara umum, hasil analisis menunjukkan bahwa ketidakefisienan teknis lebih banyak disebabkan oleh penggunaan variabel pupuk dibandingkan luas areal (Rachmanto et al., 2026), karena seluruh DMU memiliki nilai *slack* nol pada variabel luas areal. Selain itu, sebagian besar DMU juga tidak memiliki *slack* pada variabel produksi, sedangkan *slack* pada variabel produktivitas hanya muncul pada beberapa provinsi tertentu. Temuan ini mengindikasikan bahwa perbaikan efisiensi lebih banyak diarahkan pada optimalisasi penggunaan pupuk dan peningkatan produktivitas daripada perubahan luas areal ataupun peningkatan volume produksi.

Tabel 4.2. Slack Movement Input Output terhadap DMU

DMU	Slack Movement (Pupuk_X1)	Slack Movement (Luas Areal_X2)	Slack Movement (Produksi_Y1)	Slack Movement (Produktivitas_Y2)
2022 - Riau	-1010,538478	0	0	1213,742933
2022 - Kalimantan Barat	-23568,009855	0	0	0
2022 - Jambi	0	0	0	0
2022 - Sumatera Selatan	0	0	0	0
2022 - Sumatera Utara	0	0	0	0
2022 - Kalimantan Tengah	-10882,893932	0	0	19,951294
2022 - Bengkulu	0	0	0	0
2022 - Aceh	0	0	0	0
2022 - Sumatera Barat	0	0	0	0
2022 - Kalimantan Timur	0	0	0	0
2023 - Riau	0	0	0	0
2023 - Kalimantan Barat	0	0	0	0
2023 - Jambi	0	0	0	0
2023 - Sumatera Selatan	-29356,670691	0	0	0
2023 - Sumatera Utara	0	0	0	0
2023 - Kalimantan Tengah	0	0	0	0
2023 - Bengkulu	0	0	0	0
2023 - Aceh	-14627,071027	0	110682,253454	0
2023 - Sumatera Barat	0	0	0	0
2023 - Kalimantan Timur	0	0	0	0
2024 - Riau	0	0	0	0
2024 - Kalimantan Barat	-48743,209278	0	0	0
2024 - Jambi	0	0	0	0

DMU	Slack Movement (Pupuk_X1)	Slack Movement (Luas Areal_X2)	Slack Movement (Produksi_Y1)	Slack Movement (Produktivitas_Y2)
2024 - Sumatera Selatan	-44712,799746	0	0	0
2024 - Sumatera Utara	-64911,073319	0	0	0
2024 - Kalimantan Tengah	0	0	0	0
2024 - Bengkulu	0	0	0	0
2024 - Aceh	0	0	0	0
2024 - Sumatera Barat	0	0	0	0
2024 - Kalimantan Timur	0	0	0	0

Sumber: Data diolah Peneliti (2026)

Pada tahun 2022 terdapat tiga provinsi yang memiliki nilai *slack* pada variabel pupuk, yaitu Riau, Kalimantan Tengah, dan Kalimantan Barat. Nilai *slack* pupuk terbesar terjadi di Kalimantan Barat sebesar 23.568,01, diikuti Kalimantan Tengah sebesar 10.882,89, dan Riau sebesar 1.010,54 (Lumbanraja & Lumbanraja, 2025). Temuan ini menunjukkan bahwa setelah dilakukan penyesuaian proporsional berdasarkan skor efisiensi DEA, ketiga provinsi tersebut masih menggunakan pupuk melebihi tingkat yang diperlukan untuk mencapai frontier efisiensi. Dengan kata lain, ketidakefisienan teknis pada ketiga provinsi tersebut terutama disebabkan oleh penggunaan pupuk yang belum optimal (Imanuel et al., 2026).

Sebaliknya, seluruh provinsi memiliki nilai *slack* nol pada variabel luas areal. Hal ini menunjukkan bahwa luas areal bukan merupakan sumber utama ketidakefisienan teknis selama tahun 2022. Dengan demikian, peningkatan efisiensi tidak memerlukan pengurangan luas areal, melainkan lebih diarahkan pada optimalisasi pengelolaan input yang telah tersedia. Pada sisi output, hanya Riau dan Kalimantan Tengah yang memiliki nilai *slack* produktivitas masing-masing sebesar 1.213,74 dan 19,95, sedangkan seluruh provinsi memiliki nilai *slack* nol pada variabel produksi. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa ketidakefisienan pada kedua provinsi tersebut bukan disebabkan oleh rendahnya volume produksi, tetapi oleh produktivitas yang masih dapat ditingkatkan melalui pemanfaatan input yang lebih efisien.

Pada tahun 2023 jumlah DMU yang mengalami *slack* semakin berkurang. Hanya Sumatera Selatan dan Aceh yang menunjukkan adanya pemborosan pada variabel pupuk. Nilai *slack* pupuk terbesar terjadi di Sumatera Selatan sebesar 29.356,67, sedangkan Aceh sebesar 14.627,07. Berbeda dengan Sumatera Selatan, Aceh juga memiliki *slack* pada variabel produksi sebesar 110.682,25. Nilai ini menunjukkan bahwa selain penggunaan pupuk yang belum efisien, Aceh juga belum mampu menghasilkan tingkat produksi yang seharusnya dapat dicapai berdasarkan kombinasi input yang dimiliki. Dengan demikian, strategi peningkatan efisiensi di Aceh tidak hanya melalui pengurangan pemborosan pupuk,

tetapi juga melalui peningkatan hasil produksi, misalnya melalui penerapan teknologi budidaya, penggunaan benih unggul, atau perbaikan praktik pemeliharaan tanaman (Supriana dan Diana, 2015). Seluruh provinsi pada tahun 2023 kembali menunjukkan nilai *slack* nol pada variabel luas areal. Kondisi ini semakin memperkuat temuan bahwa luas areal bukan merupakan faktor utama penyebab ketidakefisienan teknis pada perkebunan kelapa sawit selama periode penelitian (Afiantoro et al., 2025).

Pada tahun 2024 pola ketidakefisienan kembali mengalami perubahan. Nilai *slack* pupuk ditemukan pada tiga provinsi, yaitu Sumatera Utara, Kalimantan Barat, dan Sumatera Selatan. Nilai terbesar terdapat pada Sumatera Utara sebesar 64.911,07, diikuti Kalimantan Barat sebesar 48.743,21, serta Sumatera Selatan sebesar 44.712,80. Besarnya nilai *slack* tersebut menunjukkan bahwa ketiga provinsi masih memiliki pemborosan penggunaan pupuk yang cukup besar sehingga belum mampu mencapai frontier efisiensi. Menariknya, seluruh provinsi pada tahun 2024 memiliki nilai *slack* nol pada variabel luas areal, produksi, maupun produktivitas. Hal ini mengindikasikan bahwa sumber utama ketidakefisienan pada tahun 2024 hanya berasal dari penggunaan pupuk, sedangkan output yang dihasilkan telah sesuai dengan target setelah penyesuaian radial.

4.3. Nilai Projection Input dan Output

Tabel 4.3 menyajikan hasil projection dari model DEA pada setiap *Decision Making Unit* (DMU) selama periode 2022–2024. Nilai *projection* menunjukkan target penggunaan input dan pencapaian output yang harus dicapai oleh masing-masing DMU agar berada pada frontier efisiensi. Dengan kata lain, nilai ini menggambarkan kondisi optimal yang direkomendasikan oleh model DEA setelah mempertimbangkan skor efisiensi dan nilai *slack*. Oleh karena itu, *projection* dapat dijadikan dasar dalam menyusun strategi peningkatan efisiensi penggunaan faktor produksi pada setiap provinsi.

Secara umum, hasil analisis menunjukkan bahwa setiap provinsi memiliki target penggunaan pupuk, luas areal, produksi, dan produktivitas yang berbeda. Perbedaan tersebut mencerminkan karakteristik pengelolaan perkebunan kelapa sawit yang tidak seragam, sehingga strategi peningkatan efisiensi harus disesuaikan dengan kondisi masing-masing wilayah.

Tabel 4.3. Projection Input Output terhadap DMU

DMU	Projection (Pupuk_X1)	Projection (Luas Areal_X2)	Projection (Produksi_Y1)	Projection (Produktivitas_Y2)
2022 - Riau	16163,937807	2103278,217625	8739130	4674,742933
2022 - Kalimantan Barat	21372,013795	1241141,859146	5134369	3034
2022 - Jambi	23547,51537	661181,028544	2514705	3267

DMU	Projection (Pupuk_X1)	Projection (Luas Areal_X2)	Projection (Produksi_Y1)	Projection (Produktivitas_Y2)
2022 - Sumatera Selatan	68250,3676	1012105,98105	4018950	4192
2022 - Sumatera Utara	77560,113925	1252128,598789	5051511	4526
2022 - Kalimantan Tengah	15469,657158	2012937,275825	8363763	4473,951294
2022 - Bengkulu	24978,65	426083	1376971	3852
2022 - Aceh	25836,526059	304296,674618	979649	2890
2022 - Sumatera Barat	50274,805404	430026,837201	1411622	4078
2022 - Kalimantan Timur	18238,995579	1025694,972285	4100863	3489
2023 - Riau	5995	2296480	5441042	3583
2023 - Kalimantan Barat	22340,222152	354158,75882	1172783	3038
2023 - Jambi	15377,766427	425667,999673	1317654	3197
2023 - Sumatera Selatan	119536,139769	486704,282114	1801300	3777
2023 - Sumatera Utara	144779	501114	1813216	4394
2023 - Kalimantan Tengah	49870,104269	379091,837276	1052198	4541
2023 - Bengkulu	36436	328251	1000962	3608
2023 - Aceh	61898,67322	206859,817747	586500,253454	3054
2023 - Sumatera Barat	76289	254951	722851	3764
2023 - Kalimantan Timur	12367	220345	305000	3054
2024 - Riau	7405	3494583	9222465	3587
2024 - Kalimantan Barat	16310,984024	1254744,540978	5200745	2944
2024 - Jambi	14062,541328	620998,925556	2214159	3162
2024 - Sumatera Selatan	78130,274272	1026288,487378	4130197	3916
2024 - Sumatera Utara	78356,120387	1236563,449812	5006543	4351
2024 - Kalimantan Tengah	15660	2037705	8466673	4529
2024 - Bengkulu	39943,954009	400504,524205	1316220	3703
2024 - Aceh	52439,326226	314863,830887	1056529	3023
2024 - Sumatera Barat	92899,408995	394711,024298	1369851	3713
2024 - Kalimantan Timur	13621,865527	962878,954559	3853054	3068

Sumber: Data diolah Peneliti (2026)

Pada tahun 2022, Bengkulu sebagai satu-satunya provinsi yang berada pada frontier efisiensi memiliki nilai *projection* yang sama dengan kondisi aktualnya. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi penggunaan pupuk, luas areal, produksi, dan produktivitas telah berada pada kondisi optimal sehingga tidak diperlukan penyesuaian lebih lanjut.

Sebaliknya, beberapa provinsi yang belum efisien menunjukkan target penggunaan input yang lebih rendah dibandingkan kondisi aktualnya. Sebagai contoh, Riau memiliki target penggunaan pupuk sebesar 16.163,94, dengan target produksi sebesar 8.739.130 dan produktivitas sebesar 4.674,74. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi di Riau tidak hanya memerlukan optimalisasi penggunaan pupuk, tetapi juga peningkatan produktivitas agar mampu mencapai frontier efisiensi. Hal ini sejalan dengan hasil *slack* sebelumnya yang menunjukkan masih adanya pemborosan pupuk dan kekurangan produktivitas di provinsi tersebut.

Provinsi Kalimantan Tengah juga memiliki target penggunaan pupuk sebesar 15.469,66 dengan target produktivitas 4.473,95. Mengingat skor efisiensi Kalimantan Tengah pada tahun 2022 telah mencapai 0,987845, nilai *projection* tersebut menunjukkan bahwa provinsi ini hanya memerlukan penyesuaian yang relatif kecil untuk mencapai kondisi efisien. Sementara itu, Aceh memiliki target produksi sebesar 979.649 dengan

produktivitas 2.890, sedangkan Sumatera Utara memiliki target produksi sebesar 5.051.511 dengan produktivitas 4.526. Perbedaan target ini menunjukkan bahwa setiap provinsi memiliki kombinasi input-output optimal yang berbeda sesuai karakteristik dan kinerja relatifnya.

Pada tahun 2023, terjadi peningkatan jumlah provinsi yang mencapai frontier efisiensi. Provinsi seperti Riau, Sumatera Utara, Bengkulu, Sumatera Barat, dan Kalimantan Timur memiliki nilai *projection* yang mencerminkan kondisi optimal sehingga tidak memerlukan penyesuaian lebih lanjut. Sebaliknya, beberapa provinsi yang belum efisien masih memerlukan penyesuaian terhadap penggunaan input maupun pencapaian output. Sumatera Selatan memiliki target penggunaan pupuk sebesar 119.536,14 dengan target produksi sebesar 1.801.300. Nilai ini menunjukkan bahwa provinsi tersebut perlu mengoptimalkan penggunaan pupuk agar output yang dihasilkan dapat dicapai dengan tingkat efisiensi yang lebih tinggi. Pada Aceh, nilai *projection* menunjukkan target penggunaan pupuk sebesar 61.898,67 dengan target produksi sekitar 586.500 dan produktivitas 3.054. Jika dikaitkan dengan hasil *slack*, kondisi ini mengindikasikan bahwa peningkatan efisiensi di Aceh memerlukan dua langkah sekaligus, yaitu mengurangi pemborosan penggunaan pupuk dan meningkatkan hasil produksi hingga mencapai target yang direkomendasikan DEA. Provinsi Jambi memiliki target produktivitas sebesar 3.197, sedangkan Kalimantan Barat memiliki target sebesar 3.038. Nilai tersebut menunjukkan adanya ruang untuk meningkatkan produktivitas melalui perbaikan pengelolaan budidaya dan efisiensi penggunaan faktor produksi (Lumbanraja & Lumbanraja, 2025); (Ardiano et al., 2026).

Pada tahun 2024, hanya Riau dan Kalimantan Tengah yang berada pada frontier efisiensi. Kedua provinsi tersebut memiliki nilai *projection* yang mencerminkan kondisi optimal berdasarkan kombinasi input dan output yang dimiliki. Provinsi yang belum efisien masih memiliki target perbaikan yang cukup besar. Sumatera Utara memiliki target penggunaan pupuk sebesar 78.356,12 dengan target produksi sebesar 5.006.543 dan produktivitas 4.351. Jika dikaitkan dengan hasil *slack* pada tahun yang sama, tingginya nilai *slack* pupuk menunjukkan bahwa pencapaian target tersebut memerlukan optimalisasi penggunaan pupuk sebagai prioritas utama. Kalimantan Barat memiliki target penggunaan pupuk sebesar 16.310,98 dengan target produksi sebesar 5.200.745, sedangkan Sumatera Selatan memiliki target pupuk sebesar 78.130,27 dengan target produksi sebesar 4.130.197. Nilai *projection* ini menunjukkan bahwa kedua provinsi masih memiliki peluang yang

cukup besar untuk meningkatkan efisiensi melalui penyesuaian penggunaan input tanpa harus memperluas areal perkebunan (Ardiano et al., 2026).

4.4. Nilai Dual Price Input dan Output terhadap Decision Making Unit (DMU)

Tabel 4 menyajikan nilai dual price atau shadow price dari setiap variabel input dan output pada masing-masing DMU selama periode 2022–2024. Dalam pendekatan DEA, *dual price* merupakan bobot optimal yang dihasilkan model berdasarkan penyelesaian linear programming. Nilai tersebut menunjukkan besarnya kontribusi relatif setiap variabel terhadap pembentukan frontier efisiensi. Dengan demikian, dual price tidak menggambarkan tingkat efisiensi suatu DMU, tetapi mencerminkan sensitivitas fungsi efisiensi terhadap perubahan pada masing-masing variabel input maupun output.

Secara umum terlihat bahwa nilai dual price seluruh variabel berada pada kisaran yang sangat kecil (orde 10^{-5} hingga 10^{-7}). Hal ini merupakan karakteristik yang lazim dalam DEA karena bobot yang dihasilkan merupakan solusi optimasi matematis dan tidak dimaksudkan untuk diinterpretasikan sebagai besaran ekonomi absolut. Oleh sebab itu, interpretasi lebih tepat diarahkan pada arah nilai (positif, negatif, atau nol) serta perbandingan relatif antarvariabel daripada pada besar kecilnya angka itu sendiri.

Tabel 4.4 Dual Price Input Output terhadap DMU

DMU	Dual Price (Pupuk_X1)	Dual Price (Luas Areal_X2)	Dual Price (Produksi_Y1)	Dual Price (Produktivitas_Y2)
2022 - Riau	0	-2,861572E-7	6,887049E-8	0
2022 - Kalimantan Barat	0	-5,465876E-7	1,260227E-7	1,033142E-5
2022 - Jambi	-3,997188E-7	-8,255267E-7	1,844617E-7	2,796701E-5
2022 - Sumatera Selatan	-1,853779E-7	-6,979566E-7	1,571699E-7	2,084925E-5
2022 - Sumatera Utara	-1,294389E-7	-4,873439E-7	1,097429E-7	1,455786E-5
2022 - Kalimantan Tengah	0	-4,907482E-7	1,181101E-7	0
2022 - Bengkulu	-3,74034E-6	-2,127687E-6	3,530559E-7	1,333988E-4
2022 - Aceh	-8,229513E-7	-1,699615E-6	3,797745E-7	5,757919E-5
2022 - Sumatera Barat	-6,997728E-7	-1,719744E-6	3,848266E-7	5,676491E-5
2022 - Kalimantan Timur	-3,632201E-7	-7,501471E-7	1,676183E-7	2,541332E-5
2023 - Riau	-6,414714E-5	-2,679918E-7	0	2,790957E-4
2023 - Kalimantan Barat	-7,046902E-7	-1,455374E-6	3,251995E-7	4,930485E-5
2023 - Jambi	-8,176406E-6	-1,247154E-6	2,635133E-7	9,677477E-5
2023 - Sumatera Selatan	0	-1,794739E-6	4,138E-7	3,392357E-5
2023 - Sumatera Utara	0	-1,995554E-6	4,601004E-7	3,771931E-5
2023 - Kalimantan Tengah	-2,368147E-6	-2,182618E-6	3,121321E-7	1,358924E-4
2023 - Bengkulu	-4,481067E-6	-2,549049E-6	4,229742E-7	1,598168E-4
2023 - Aceh	0	-3,795153E-6	0	2,570611E-4
2023 - Sumatera Barat	-3,212683E-6	-2,960991E-6	4,234458E-7	1,843549E-4
2023 - Kalimantan Timur	-1,216983E-6	-4,470034E-6	0	3,274394E-4
2024 - Riau	-2,953108E-5	-2,23581E-7	1,084309E-7	0
2024 - Kalimantan Barat	0	-5,465876E-7	1,260227E-7	1,033142E-5
2024 - Jambi	-4,793826E-6	-7,312061E-7	1,544978E-7	5,673903E-5
2024 - Sumatera Selatan	0	-7,104574E-7	1,63805E-7	1,342883E-5
2024 - Sumatera Utara	0	-4,953617E-7	1,142119E-7	9,363165E-6
2024 - Kalimantan Tengah	0	-4,907482E-7	1,131482E-7	9,275961E-6
2024 - Bengkulu	-9,177462E-7	-2,25543E-6	5,046969E-7	7,444671E-5

DMU	Dual Price (Pupuk_X1)	Dual Price (Luas Areal_X2)	Dual Price (Produksi_Y1)	Dual Price (Produktivitas_Y2)
2024 - Aceh	-6,743168E-7	-1,657184E-6	3,708276E-7	5,469994E-5
2024 - Sumatera Barat	-4,503427E-7	-1,695562E-6	3,818166E-7	5,064957E-5
2024 - Kalimantan Timur	-4,539332E-6	-6,923879E-7	1,462959E-7	5,372688E-5

Sumber: Data diolah Peneliti (2026)

Pada tahun 2022, variabel luas areal (X2) memiliki nilai dual price negatif pada seluruh provinsi, sedangkan produksi (Y1) memiliki nilai dual price positif pada hampir seluruh DMU. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa, dalam solusi optimasi DEA, penambahan luas areal tidak memberikan peningkatan efisiensi relatif apabila tidak diikuti oleh peningkatan output (Utari et al., 2023). Sebaliknya, peningkatan produksi memberikan kontribusi positif terhadap pencapaian frontier efisiensi. Temuan ini memperkuat hasil analisis *slack* sebelumnya yang menunjukkan bahwa luas areal bukan merupakan sumber utama ketidakefisienan. Variabel produktivitas (Y2) juga memiliki nilai dual price positif pada hampir seluruh provinsi. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas mempunyai peranan penting dalam mendorong pencapaian efisiensi teknis. Menariknya, Bengkulu, yang pada tahun 2022 merupakan satu-satunya provinsi dengan skor efisiensi sempurna, memiliki nilai dual price produktivitas tertinggi dibandingkan provinsi lain. Hal ini mengindikasikan bahwa produktivitas merupakan salah satu faktor yang paling berkontribusi terhadap posisi Bengkulu sebagai benchmark pada tahun tersebut.

Pada tahun 2023 terjadi perubahan pola dual price. Beberapa provinsi yang telah mencapai frontier efisiensi, seperti Riau dan Sumatera Utara, memiliki nilai dual price nol pada variabel produksi. Dalam DEA, kondisi tersebut menunjukkan bahwa pada solusi optimal, peningkatan tambahan pada variabel tersebut tidak lagi memberikan peningkatan nilai efisiensi karena DMU telah berada pada frontier. Dengan kata lain, produksi yang dicapai telah cukup untuk mempertahankan posisi efisien berdasarkan kombinasi input yang digunakan. Sebaliknya, variabel produktivitas tetap menunjukkan dual price positif pada hampir seluruh provinsi. Hal ini mengindikasikan bahwa produktivitas tetap menjadi variabel yang memiliki kontribusi besar terhadap pembentukan frontier efisiensi selama tahun 2023. Selain itu, variabel pupuk (X1) menunjukkan nilai dual price negatif pada sebagian besar provinsi. Nilai negatif tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan pupuk diperlakukan sebagai input yang perlu digunakan secara efisien. Penambahan pupuk tanpa peningkatan output yang sebanding tidak akan meningkatkan efisiensi relatif.

Pada tahun 2024 pola yang dihasilkan relatif konsisten dengan dua tahun sebelumnya. Variabel luas areal tetap memiliki nilai dual price negatif pada seluruh DMU, sedangkan produksi dan produktivitas umumnya memiliki nilai positif. Hal ini

menunjukkan bahwa dalam model DEA yang digunakan, peningkatan output tetap menjadi faktor utama dalam pembentukan efisiensi teknis, sedangkan penambahan input tanpa peningkatan output tidak memberikan keuntungan terhadap nilai efisiensi. Provinsi yang telah berada pada frontier efisiensi, seperti Riau dan Kalimantan Tengah, memiliki beberapa nilai dual price sebesar nol pada variabel tertentu. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pada kombinasi input-output yang optimal, perubahan marginal pada variabel tersebut tidak lagi meningkatkan nilai efisiensi

IMPLIKASI KEBIJAKAN

1. Hasil DEA menunjukkan bahwa peningkatan produksi kelapa sawit tidak selalu identik dengan peningkatan efisiensi teknis. Provinsi dengan produksi yang besar belum tentu berada pada frontier efisiensi apabila penggunaan faktor produksinya relatif lebih tinggi dibandingkan provinsi lain. Sebaliknya, provinsi dengan skala produksi yang lebih kecil dapat menjadi benchmark apabila mampu menghasilkan output secara optimal dengan penggunaan input yang lebih efisien.
2. Kebijakan pembangunan perkebunan kelapa sawit sebaiknya tidak hanya berfokus pada peningkatan volume produksi, tetapi juga diarahkan pada optimalisasi penggunaan faktor-faktor produksi. Informasi mengenai provinsi yang telah mencapai frontier efisiensi dapat dimanfaatkan sebagai acuan (*benchmark*) dalam merancang strategi peningkatan efisiensi di provinsi lain yang masih berada di bawah frontier.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur efisiensi teknis pengelolaan perkebunan kelapa sawit pada sepuluh provinsi sentra produksi di Indonesia menggunakan pendekatan *Data Envelopment Analysis* (DEA) dengan model BCC (*Variable Return to Scale*) berorientasi input. Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

Pertama, tingkat efisiensi teknis perkebunan kelapa sawit menunjukkan variasi antarprovinsi dan antarperiode pengamatan. Pada tahun 2022 hanya Bengkulu yang mencapai kondisi efisien dengan nilai *efficiency score* sebesar 1. Tahun 2023 terjadi peningkatan jumlah provinsi yang efisien, yaitu Riau, Sumatera Utara, Bengkulu, Sumatera Barat, dan Kalimantan Timur, sedangkan pada tahun 2024 hanya Riau dan Kalimantan Tengah yang mampu mempertahankan kondisi efisien. Temuan ini menunjukkan bahwa

kemampuan setiap provinsi dalam memanfaatkan faktor produksi untuk menghasilkan output belum merata dan masih mengalami dinamika dari tahun ke tahun.

Kedua, hasil analisis *slack movement* menunjukkan bahwa sumber utama ketidakefisienan berasal dari penggunaan pupuk, sedangkan variabel luas areal secara umum tidak menunjukkan pemborosan karena hampir seluruh nilai *slack* bernilai nol. Pada sisi output, *slack* hanya ditemukan pada beberapa provinsi dan periode tertentu, sehingga secara umum ketidakefisienan lebih banyak disebabkan oleh penggunaan input yang belum optimal daripada rendahnya capaian output. Dengan demikian, peningkatan efisiensi lebih tepat diarahkan pada optimalisasi penggunaan pupuk dibandingkan dengan perluasan luas areal.

Ketiga, hasil analisis *projection* menunjukkan bahwa setiap provinsi memiliki target penggunaan input dan pencapaian output yang berbeda untuk mencapai frontier efisiensi. Provinsi yang belum efisien perlu melakukan penyesuaian terhadap penggunaan pupuk dan meningkatkan produktivitas sesuai target yang direkomendasikan oleh model DEA. Sebaliknya, provinsi yang telah efisien memiliki nilai *projection* yang sama atau sangat mendekati kondisi aktual, sehingga tidak memerlukan penyesuaian yang berarti. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi tidak selalu memerlukan penambahan input, tetapi lebih menekankan pada pengelolaan input yang telah tersedia secara lebih optimal.

Keempat, analisis *dual price* menunjukkan bahwa variabel output, terutama produktivitas, memberikan kontribusi yang lebih besar dalam pembentukan frontier efisiensi dibandingkan penambahan variabel input. Sementara itu, variabel luas areal secara konsisten memiliki nilai *dual price* yang tidak menunjukkan bahwa ekspansi lahan menjadi strategi utama dalam meningkatkan efisiensi. Temuan ini memperkuat bahwa peningkatan efisiensi teknis perkebunan kelapa sawit lebih efektif dicapai melalui intensifikasi, seperti optimalisasi penggunaan pupuk, peningkatan produktivitas, penerapan teknologi budidaya yang tepat, dan pengelolaan faktor produksi secara lebih efisien, daripada melalui perluasan areal tanam.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan *Data Envelopment Analysis* (DEA) tidak hanya mampu mengidentifikasi tingkat efisiensi relatif setiap provinsi, tetapi juga memberikan informasi mengenai sumber ketidakefisienan, target perbaikan, dan arah pengelolaan input yang lebih optimal. Oleh karena itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pemerintah maupun pemangku kepentingan dalam merumuskan kebijakan peningkatan efisiensi perkebunan kelapa sawit yang lebih terarah,

berbasis bukti, dan mendukung pembangunan perkebunan yang berdaya saing serta berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiantoro, F., Suhartati, T., & Kifli, F. W. (2025). Strategi Manajemen Lanskap Berkelanjutan dalam Perkebunan Kelapa Sawit untuk Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat Lokal. *Flora: Jurnal Kajian Ilmu Pertanian Dan Perkebunan*, 2(3), 1–17.
- Anselmus, Dolorosa, E., & Sawerah, S. (2026). ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PRODUKSI KELAPA SAWIT MANDIRI DI DESA SUNGAI MAWANG KECAMATAN KAPUAS KABUPATEN SANGGAU. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 762–780.
- Apriyanti, I. (2019). Analisis Efisiensi Produksi Kelapa Sawit di Kebun PTPN IV Sumatera Utara. *Journal of Agribusiness Sciences*, 3(1), 45–51.
- Ardiano, N., Yurisinthae, E., & Fitrianti, W. (2026). Efisiensi Teknis Produksi Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit : Studi pada Afdeling I dan II Kebun S PTPN IV Regional V , Kalimantan Barat (Technical Efficiency of Fresh Fruit Bunch [FFB] Production : A Study on Divisions I and II of S Plantation PT. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 14(1), 33–46.
- Berenschot, W., Dhiaulhaq, A., Hospes, O., Cipta, H., Siahaan, R., Pranajaya, D., & Deviane, A. (2021). *Kelapa Sawit di Indonesia Ek spansi dan Konflik*. 5(5).
- Fikri Jufri & Junaidi. (2020). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Produksi Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Di Desa Laburan Kecamatan Paser Belengkong Kabupaten Paser (Factors that Influence the Production Level of Palm Oil (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Laburan Village, Pas. *Rawa Sains: Jurnal Sains STIPER Amuntai*, 10(1), 9–17.
- Hakim, A. (2018). PENGARUH BIAYA PRODUKSI TERHADAP PENDAPATAN PETANI MANDIRI KELAPA SAWIT DI KECAMATAN SEGAH. *JES (Jurnal Ekonomi STIEP)*, 3(2), 31–38.
- Hakim, D. L., Hamida, I., Darma, A. Y., Priambodo, O. N., Novrizal, A., Irwan, A., Haq, I. S., Mondamina, N. W., Silaen, C. Y. H., Oktavia, P., Krisnaputri, N. A., Putra, M. G., Tiawan, Hanifadonna, Sijabat, E. K., Syahyudesrina, Kipuw, D. M., & Wachjar, A. (2025). *DIPLOMASI GLOBAL DAN MANAJEMEN SAWIT BERKELANJUTAN*.

- Harahap, P. F., Hadi, S., & Rosnita. (2023). DAMPAK KENAIKAN HARGA PUPUK TERHADAP PRODUKTIFITAS KELAPA SAWIT KABUPATEN PELALAWAN. *JIA (Jurnal Ilmiah Agribisnis) : Jurnal Agribisnis Dan Ilmu Sosial Ekonomi Pertanian*, 8(105), 383–391.
- Herino, H., Abdurachman, E., Setiawan, E. B., Sari, M., & Octaviani, R. D. (2025). Analisis Efisiensi Distribusi Barang dengan Metode Data Envelopment Analysis (DEA) Pada PT Nurul Fikri Bina Prestasi 2024. *JAFM (Journal of Accounting and Finance Management)*, 6(5), 2298–2305.
- Imanuel, R., Maswadi, & Fitrianti, W. (2026). Analisis Keberlanjutan Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat di Kecamatan Parindu Kabupaten Sanggau. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Tanaman*, 5(1).
- Isma, S., Mardila, S. A., Damayanti, T. W., Sazuli, & Reflis. (2025). Laju Pertumbuhan Luas Panen dan Produksi Padi di Provinsi Bengkulu Tahun 2019-2024. *Mikroba : Jurnal Ilmu Tanaman, Sains Dan Teknologi Pertanian*, 2(3), 1–11.
- Jelsma, I., Schoneveld, G. C., Zoomers, A., & Westen, A. C. M. Van. (2017). Land Use Policy Unpacking Indonesia ' s independent oil palm smallholders : An actor-disaggregated approach to identifying environmental and social performance challenges. *Land Use Policy*, 69(July), 281–297. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.08.012>
- Juliarni, & Rambe, T. R. (2024). USIA BERBEDA SOIL MACROFAUNA DIVERSITY IN DIFFERENTLY AGED OIL PALM PLANTATIONS. *Jurnal Agoradix*, 8(1), 121–129.
- Khairati, M. Y. 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.
- Lumbanraja, P. L., & Lumbanraja, P. C. (2024a). FAKTOR - FAKTOR PRODUKTIVITAS KELAPA SAWIT RAKYAT DI PROVINSI SUMATERA UTARA MELALUI PENDEKATAN METODE VECTOR ERROR CORRECTION MODEL (VECM) Factors of Community Palm Oil Productivity in North Sumatra Province Through The Vector Error Correction Model (. *JOURNAL OF ANALYTICAL RESEARCH, STATISTICS AND COMPUTATION*, 3(2), 82–98.
- Lumbanraja, P. L., & Lumbanraja, P. C. (2024b). *InJAR Indonesian Palm Oil (CPO)*

- Supply Chain Management*. 07(03), 203–215.
<https://doi.org/10.32734/injar.v7i3.15851>
- Lumbanraja, P. L., & Lumbanraja, P. C. (2024c). Tinjauan Literatur: Penerapan Digitalisasi Perkebunan Dalam Produktivitas Kelapa Sawit. *Prosiding Seminar Nasional Keguruan Dan Pendidikan Universitas Muhammadiyah Muara Bungo*, 0(1), 407–415.
- Lumbanraja, P. L., & Lumbanraja, P. C. (2025). Evaluasi Kebijakan Permentan 03 Tahun 2022 dalam Penerapan Teknologi Pertanian pada Kawasan Sentra Kelapa Sawit untuk Pengembangan Perkebunan Berkelanjutan. *PROSIDING SEMINAR NASIONAL POLITEKNIK PEMBANGUNAN PERTANIAN BOGOR*, 3, 18–29.
- Lumbanraja, P. L., Lumbanraja, P. C., Muttaqin, A. W., & Samal, S. I. (2023). InJAR Plantation Productivity in Indonesia. *Indonesian Journal of Agricultural Research*, 06(02), 92–105. <https://doi.org/10.32734/injar.v6i2.11955>
- Noveria, N. M. (2017). INDONESIA DAN PROSPEK PENGEMBANGAN. *Jurnal Masyarakat Indonesia*, 43(1), 95–111.
- Prihantini, N., Febryanto, Surayya, R. A., & Iqrom, S. (2024). Analisis Efisiensi Produktivitas Bank Sampah di Kabupaten Sleman Tahun 2024 Menggunakan Data Envelopment Analysis (DEA). *Sunan Kalijaga Islamic Economics Journal*, 3(2), 67–83.
- Rachmanto, A., Lestari, S., & Mulyani, A. (2026). Efisiensi Teknis Usahatani Mina Padi dan Padi Konvensional di Desa Panembangan , Kabupaten Banyumas , Provinsi Jawa Tengah Technical Efficiency Rice-Fish Farming and Conventional Rice Farming in Panembangan Village , Banyumas Regency , Central Java Provin. *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 12(1), 276–289.
- Rosmegawati. (2021). PERAN ASPEK TEHNOLOGI PERTANIAN KELAPA SAWIT UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS PRODUKSI KELAPA SAWIT. *JURNAL AGRISIA*, 13(2), 73–90.
- Simatupang, J., Simatupang, A. E. C., & Nababan, M. B. P. (2025). Efisiensi Teknis Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat. *JURNAL SOSIAL EKONOMI PERTANIAN*, 21(1), 131–144.
- Sutarsih, Zurmansyah, E., Mukaromah, L., & Munandar. (2024). PENGARUH BIAYA TENAGA KERJA DAN BIAYA PEMELIHARAAN SAWIT TERHADAP PENDAPATAN PERUSAHAAN PT . PANP-SAMBAS. *Jurnal Ekonomi Bisnis*

Manajemen Akuntansi (JEBISMA), 2(2), 1–12.

Syahril, Aziza, H., & Wartomo. (2021). *Analisis Biaya Pengangkutan Tandan Buah Segar Kelapa Sawit di PT . Provinsi Kalimantan Timur*. 17(02), 118–125.

Utami, R., Intan, E., Putri, K., & Ekayani, M. (2017). Dampak Ekonomi dan Lingkungan Ekspansi Perkebunan Kelapa Sawit (Studi Kasus : Desa Penyabungan , Kecamatan Merlung , Kabupaten Tanjung Jabung Barat , Jambi) (Economy and Environmental Impact of Oil Palm Palm Plantation Expansion (Case Study : Panyabun. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 22(2), 115–126. <https://doi.org/10.18343/jipi.22.2.115>

Utari, T. R., Rahmah, M., Murtala, & Juanda, R. (2023). ANALISIS EFISIENSI PERUSAHAAN PERTANIAN DI INDONESIA DENGAN METODE DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) (Studi Kasus Bursa Efek Indonesia Tahun 2020-2022). *Jurnal Ekonomi Pertanian Unimal*, 6(2), 51–69.