Journal Science Innovation and Technology (SINTECH) ISSN 2745-7214 (e)
Volume 7, Nomor 1 Bulan November 2026 : 47-58 DOI: 10.47701

Efisiensi Teknis dan Target Perbaikan Input pada Agroindustri Virgin Coconut Oil (VCO) di Kabupaten Lombok Utara: Pendekatan Data Envelopment Analysis

F. X. Edy Fernandez[1], Sharfina Nabilah[2*], Tajidan[3], Efendy, Sri Mulyawati[4]
[1,2,3,4]Program Studi Agribisnis, Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian,
Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram
Corespondensi: sharfina@unram.ac.id

Abstrak

Agroindustri Virgin Coconut Oil (VCO) di Kabupaten Lombok Utara menghadapi perbedaan penggunaan bahan baku, tenaga kerja, dan energi dalam menghasilkan VCO, sehingga diperlukan pengukuran efisiensi teknis dan identifikasi potensi perbaikan input. Penelitian ini bertujuan menganalisis efisiensi teknis, mengidentifikasi DMU pembanding, serta menentukan target dan potensi perbaikan penggunaan input. Penelitian dilakukan pada 16 agroindustri VCO sebagai Decision Making Unit (DMU) menggunakan Data Envelopment Analysis (DEA) dengan model Variable Returns to Scale (VRS) berorientasi input. Input yang digunakan meliputi kelapa, tenaga kerja, dan listrik, sedangkan output berupa produksi VCO. Hasil menunjukkan rata-rata efisiensi teknis sebesar 0,9626, dengan 14 DMU (87,50%) berada pada efficiency frontier dan dua DMU belum efisien, yaitu VCO02 (0,7692) dan VCO12 (0,6316). VCO02 memiliki VCO07 sebagai pembanding, sedangkan VCO12 menggunakan VCO06 dan VCO15 sebagai reference set. Target input VCO02 adalah 100 butir kelapa, 1 HOK, dan 5 kWh, dengan potensi perbaikan terbesar pada listrik (58,33%). VCO12 memiliki target 42,50 butir kelapa, 1 HOK, dan 5 kWh, dengan potensi perbaikan terbesar pada kelapa (57,50%).

Kata Kunci: agroindustri VCO, Data Envelopment Analysis, efisiensi teknis, penggunaan input

Abstract

Virgin Coconut Oil (VCO) agroindustries in North Lombok Regency differ in their use of raw materials, labor, and energy, requiring technical efficiency assessment and identification of input improvement opportunities. This study aimed to analyze technical efficiency, identify peer DMUs, and determine input targets and potential improvements. The study involved 16 VCO agroindustries as Decision Making Units (DMUs) and employed Data Envelopment Analysis (DEA) using a Variable Returns to Scale (VRS) input-oriented model. Coconut, labor, and electricity were used as inputs, while VCO production was the output. The results showed an average technical efficiency score of 0.9626, with 14 DMUs (87.50%) on the efficiency frontier and two inefficient DMUs, namely VCO02 (0.7692) and VCO12 (0.6316). VCO07 served as the peer for VCO02, while VCO06 and VCO15 formed the reference set for VCO12. The input targets for VCO02 were 100 coconuts, 1 labor-day, and 5 kWh, with the highest potential improvement in electricity use (58.33%). For VCO12, the targets were 42.50 coconuts, 1 labor-day, and 5 kWh, with the highest potential improvement in coconut use (57.50%).

Keywords: Data Envelopment Analysis, input utilization, technical efficiency, VCO agroindustry

PENDAHULUAN

Kelapa merupakan salah satu komoditas perkebunan yang berpotensi dikembangkan melalui pengolahan menjadi produk bernilai tambah. Salah satu produk olahan kelapa yang memiliki peluang untuk dikembangkan adalah *Virgin Coconut Oil* (VCO). Pengolahan kelapa menjadi VCO dapat meningkatkan nilai ekonomi bahan baku, memperluas kegiatan usaha, serta menciptakan sumber pendapatan bagi pelaku agroindustri. Namun, peningkatan produksi dan nilai ekonomi tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan bahan baku, tetapi juga oleh kemampuan pelaku usaha dalam mengalokasikan faktor produksi secara efisien.

Kabupaten Lombok Utara merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi bahan baku kelapa untuk mendukung pengembangan agroindustri VCO. Berdasarkan data BPS Kabupaten Lombok Utara (2026), luas areal tanaman kelapa perkebunan rakyat di Kabupaten Lombok Utara pada tahun 2025 mencapai 10.279 ha, dengan produksi sebesar 12.543,84 ton dan produktivitas sekitar 1,22 ton ha^{-1}. Produksi tersebut meningkat dibandingkan dengan tahun 2016 yang tercatat sebesar 11.250 ton. Ketersediaan bahan baku tersebut memberikan peluang bagi pengembangan agroindustri pengolahan kelapa. Akan tetapi, ketersediaan bahan baku belum menjamin bahwa setiap unit usaha mampu menggunakan input produksi secara efisien.

Agroindustri VCO menggunakan beberapa input, terutama bahan baku kelapa, tenaga kerja, dan listrik, untuk menghasilkan VCO. Perbedaan kemampuan dalam mengombinasikan dan mengalokasikan input dapat menyebabkan perbedaan tingkat efisiensi antarunit usaha. Penggunaan input yang melebihi kebutuhan untuk menghasilkan tingkat output tertentu dapat meningkatkan biaya dan menurunkan efisiensi produksi. Oleh karena itu, pengukuran efisiensi teknis diperlukan untuk mengetahui kemampuan relatif setiap agroindustri dalam mengonversi input menjadi output. Efisiensi teknis menunjukkan kemampuan suatu unit produksi untuk menghasilkan output maksimum dari sejumlah input tertentu atau menghasilkan tingkat output tertentu dengan menggunakan input minimum (Coelli, 1996).

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengukur efisiensi teknis adalah *Data Envelopment Analysis* (DEA). DEA merupakan metode nonparametrik berbasis pemrograman linier yang membentuk batas efisiensi untuk mengukur efisiensi relatif sejumlah *Decision Making Units* (DMU) berdasarkan beberapa input dan output (Coelli, 1996). Model *Variable Returns to Scale* (VRS) memungkinkan pengukuran efisiensi dengan mempertimbangkan perbedaan skala operasi antarunit usaha. Selain menghasilkan skor efisiensi, DEA berorientasi input dapat mengidentifikasi potensi pengurangan input, *slack*, unit pembanding, dan target penggunaan input bagi DMU yang belum efisien (Coelli, 1996). Dengan demikian, DEA tidak hanya memberikan informasi mengenai tingkat efisiensi, tetapi juga dapat menjadi dasar untuk menentukan perbaikan penggunaan sumber daya.

Sejumlah penelitian telah menerapkan DEA untuk mengukur efisiensi pada usaha pertanian dan agroindustri. (Permadhi, dkk., 2024), misalnya, menggunakan DEA berorientasi input untuk menganalisis efisiensi teknis usahatani tebu rakyat dan menunjukkan bahwa unit usaha yang belum efisien masih memiliki potensi untuk mengurangi penggunaan sejumlah input produksi. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pengukuran efisiensi dapat memberikan informasi yang lebih operasional dibandingkan dengan penilaian yang hanya menggunakan indikator produktivitas atau profitabilitas. Namun, penelitian yang secara khusus mengukur efisiensi teknis sekaligus menentukan target perbaikan input pada agroindustri VCO, khususnya di Kabupaten Lombok Utara, masih terbatas. Informasi mengenai unit usaha yang telah efisien, unit usaha yang belum efisien, dan besarnya potensi perbaikan setiap input diperlukan agar peningkatan produksi VCO dapat dilakukan melalui penggunaan sumber daya yang lebih tepat.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengukur tingkat efisiensi teknis agroindustri VCO di Kabupaten Lombok Utara; (2) mengidentifikasi agroindustri yang efisien dan belum efisien; serta (3) menentukan target perbaikan penggunaan input bagi agroindustri yang belum efisien. Pemecahan masalah dilakukan menggunakan DEA dengan asumsi VRS dan orientasi input. Jumlah kelapa, tenaga kerja, dan penggunaan listrik digunakan sebagai input, sedangkan jumlah produksi VCO digunakan sebagai output. Hasil analisis digunakan untuk mengidentifikasi potensi pengurangan input dan menentukan target penggunaan sumber daya pada setiap agroindustri yang belum efisien. Pendekatan ini diharapkan dapat

memberikan dasar yang lebih spesifik bagi pelaku usaha dalam memperbaiki alokasi input dan meningkatkan efisiensi produksi VCO di Kabupaten Lombok Utara.

METODE PENELITIAN

Lokasi, Objek, dan Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan rancangan deskriptif untuk mengukur efisiensi teknis relatif agroindustri *Virgin Coconut Oil* (VCO) berdasarkan penggunaan input dan output. Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Lombok Utara, Provinsi Nusa Tenggara Barat, pada bulan Agustus 2025 sampai dengan Juli 2026. Lokasi penelitian dipilih secara purposif karena memiliki potensi bahan baku kelapa dan terdapat agroindustri yang mengolah kelapa menjadi VCO.

Objek penelitian adalah agroindustri VCO yang beroperasi di Kabupaten Lombok Utara. Setiap agroindustri ditetapkan sebagai *Decision Making Unit* (DMU), yaitu unit usaha yang menggunakan jenis input dan menghasilkan output yang sebanding sehingga kinerjanya dapat dibandingkan menggunakan *Data Envelopment Analysis* (DEA).

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara menggunakan kuesioner terstruktur, observasi, dan dokumentasi kegiatan produksi. Wawancara digunakan untuk memperoleh data penggunaan bahan baku kelapa, tenaga kerja, listrik, dan produksi VCO. Observasi dilakukan untuk mengamati proses produksi dan memeriksa kesesuaian informasi yang diperoleh dari responden. Seluruh data input dan output dicatat berdasarkan satu siklus produksi pada masing-masing agroindustri. Satu siklus produksi merupakan rangkaian kegiatan sejak bahan baku kelapa mulai diolah sampai menghasilkan VCO. Penggunaan basis pengamatan yang sama dimaksudkan agar data antar-DMU dapat dibandingkan secara konsisten. Data sekunder diperoleh dari BPS Kabupaten Lombok Utara, publikasi ilmiah, dan sumber lain yang relevan dengan agroindustri VCO dan analisis efisiensi teknis.

Penentuan DMU dan Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan 16 agroindustri VCO sebagai DMU. Penentuan DMU dilakukan secara purposif dengan kriteria: (1) masih aktif memproduksi VCO pada saat penelitian; (2) melakukan proses pengolahan VCO secara mandiri; (3) menggunakan jenis input produksi yang sebanding; (4) menghasilkan VCO sebagai produk utama; dan (5) memiliki data input dan output yang lengkap selama periode pengamatan.

Seluruh DMU memiliki karakteristik produksi yang relatif homogen karena menghasilkan produk yang sama, menggunakan jenis input yang sama, berada dalam wilayah pengamatan yang sama, dan menjalankan proses produksi VCO yang relatif sebanding. Homogenitas relatif diperlukan karena DEA membandingkan unit-unit yang menjalankan kegiatan produksi sejenis dengan menggunakan sumber daya yang sebanding (Zubir et al., 2024). Meskipun demikian, skala produksi antar-DMU dapat berbeda. Kecukupan jumlah DMU ditentukan berdasarkan hubungan antara jumlah DMU, input, dan output. Aturan praktis kecukupan DMU dirumuskan sebagai berikut (Wong, 2021):

$$n \geq max\ \{m\ x\ s, 3(m+s)\}$$

Keterangan: n = jumlah DMU; m= jumlah variabel input; dan s = jumlah variabel output.

Penelitian ini menggunakan 16 DMU, tiga variabel input, dan satu variabel output. Dengan demikian:

$$16 \geq max\{3 \text{ x } 1, 3(3+1)\}$$

$$16 \geq max\{3{,}12\} = 12$$

Jumlah DMU yang digunakan lebih besar daripada jumlah minimum berdasarkan aturan praktis tersebut, yaitu 12 DMU. Dengan demikian, jumlah unit analisis memenuhi kriteria kecukupan DMU dalam DEA. Pemilihan variabel didasarkan pada hubungan antara sumber daya yang digunakan dan output yang dihasilkan dalam proses produksi VCO. Variabel input menggambarkan sumber daya utama yang digunakan oleh DMU, sedangkan variabel output menggambarkan hasil kegiatan produksinya (Zubir et al., 2024). Penelitian ini menggunakan tiga variabel input dan satu variabel output sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel input dan output penelitian

Jenis	Variabel	Simbol	Definisi operasional	Satuan
Input	Jumlah kelapa	(X_1)	Jumlah kelapa yang digunakan sebagai bahan baku dalam satu siklus produksi VCO	Butir/ siklus
Input	Tenaga kerja	(X_2)	Tenaga kerja yang digunakan dalam seluruh tahapan produksi selama satu siklus produksi VCO	HOK/ siklus
Input	Penggunaan listrik	(X_3)	Energi listrik yang digunakan untuk kegiatan produksi selama satu siklus produksi VCO	kWh/ siklus
Output	Produksi VCO	(Y_1)	Jumlah VCO yang dihasilkan dalam satu siklus produksi	Liter/ siklus

Tenaga kerja diukur dalam Hari Orang Kerja (HOK), dengan satu HOK setara dengan delapan jam kerja. Penggunaan satuan fisik dimaksudkan agar analisis mencerminkan efisiensi teknis dalam mengubah input menjadi output tanpa dipengaruhi oleh perbedaan harga input maupun harga jual VCO.

Analisis Data

Data terlebih dahulu dianalisis secara deskriptif dengan menghitung nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan simpangan baku setiap variabel. Selanjutnya, efisiensi teknis dianalisis menggunakan DEA, yaitu metode nonparametrik berbasis pemrograman linier yang membentuk *efficiency frontier* berdasarkan kinerja relatif DMU dalam kelompok pengamatan (Coelli, 1996). Penelitian ini menggunakan model *Variable Returns to Scale* (VRS) dengan orientasi input. Model VRS digunakan karena terdapat perbedaan skala operasi antaragroindustri dan perubahan penggunaan input belum tentu menghasilkan perubahan output dalam proporsi yang sama. Model VRS menghasilkan efisiensi teknis murni atau *pure technical efficiency*, yaitu efisiensi yang mencerminkan kemampuan pengelolaan input setelah perbedaan skala operasi antar-DMU diperhitungkan (Coelli, 1996).

Orientasi input dipilih karena penelitian berfokus pada kemampuan agroindustri dalam mengurangi penggunaan bahan baku kelapa, tenaga kerja, dan listrik tanpa menurunkan produksi VCO. Pemilihan orientasi DEA dapat didasarkan pada tingkat kendali pelaku usaha terhadap input dan output serta tujuan analisis (Zubir et al., 2024). Pendekatan berorientasi input juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi potensi pengurangan input pada kegiatan produksi pertanian (Permadhi et al., 2024).

Model DEA-VRS berorientasi input untuk DMU ke- dirumuskan sebagai berikut:

$\min \theta_o$

dengan kendala:

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j X_{ij} \leq \theta_o X_{io} \text{ , i } = 1, \dots, \text{m}$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \geq y_{ro}, \qquad r = 1, \dots, \text{s}$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0$$

Keterangan: θ_o = skor efisiensi teknis DMU ke-*o*; X_{io} = input ke- i yang digunakan oleh DMU ke- *o*; y_{ro}= output ke-*r* yang dihasilkan oleh DMU ke-*o*; X_{ij} dan y_{rj} = input dan output DMU ke-*j*; λ_j = bobot intensitas DMU ke-*j* sebagai unit pembanding; *m* = jumlah input; *s* = jumlah output; dan *n* = jumlah DMU.

Kendala $\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$ merupakan kendala konveksitas yang membentuk asumsi VRS. Kendala tersebut memungkinkan suatu DMU dibandingkan dengan kombinasi DMU yang memiliki skala operasi relatif sebanding (Coelli, 1996). Skor efisiensi berada pada rentang $0 < \theta_o \leq 1$. DMU dinyatakan efisien secara kuat apabila memiliki skor efisiensi sebesar satu dan tidak memiliki *input slack* maupun *output slack*. DMU dengan skor kurang dari satu dinyatakan belum efisien karena masih memiliki potensi untuk mengurangi penggunaan input tanpa menurunkan output. DMU dengan skor sebesar satu tetapi masih memiliki *slack* dikategorikan efisien secara lemah.

Target penggunaan input menunjukkan jumlah input yang secara teoritis dapat digunakan agar DMU mencapai *efficiency frontier* tanpa menurunkan produksi VCO. Target tersebut mempertimbangkan pengurangan input secara proporsional berdasarkan skor efisiensi dan kelebihan input yang ditunjukkan oleh *input slack*. Target input dirumuskan sebagai berikut:

$$x_{io}^{*} = \theta_o^{*} x_{io} - s_i^{-*}$$

Keterangan: x_{io}^{*} = target penggunaan input ke- *i* pada DMU ke-*o*; θ_o^{*} = skor efisiensi teknis DMU ke-*o*; x_{io} = penggunaan input aktual; dan s_i^{-*} = *input slack* optimal.

Potensi pengurangan input diperoleh dari selisih antara penggunaan input aktual dan target input:

$$\Delta x_{io} = x_{io} - x_{io}^{*}$$

Persentase potensi perbaikan atau *potential improvement* dihitung sebagai:

$$PI_{io} = \frac{x_{io} - x_{io}^{*}}{x_{io}} \; x \; 100\%$$

Keterangan: PI_{io} = persentase potensi perbaikan input ke- *I* pada DMU ke-*o*.

Nilai *potential improvement* menunjukkan persentase input yang secara teoritis dapat dikurangi agar DMU mencapai *efficiency frontier* tanpa menurunkan produksi VCO. Target yang dihasilkan merupakan target relatif berdasarkan kinerja DMU pembanding dalam kelompok penelitian, bukan nilai optimum yang berlaku secara mutlak di luar kelompok pengamatan.

Pengolahan data, analisis statistik deskriptif, dan pengukuran efisiensi teknis menggunakan *Data Envelopment Analysis* (DEA) dilakukan menggunakan RStudio.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Input dan Output Agroindustri VCO

Karakteristik input dan output produksi memberikan gambaran awal mengenai kondisi 16 agroindustri *Virgin Coconut Oil*(VCO) yang dianalisis. Analisis deskriptif dilakukan terhadap tiga variabel input, yaitu jumlah kelapa, tenaga kerja, dan penggunaan listrik, serta satu variabel output berupa produksi VCO. Pemilihan variabel tersebut didasarkan pada sumber daya utama yang digunakan dan output yang dihasilkan dalam proses produksi VCO. Penggunaan sumber daya produksi sebagai input dan jumlah produk yang dihasilkan sebagai output juga diterapkan oleh (Hidayanti et al., 2026) dalam mengukur efisiensi teknis agroindustri menggunakan DEA. Seluruh variabel dalam penelitian ini diukur berdasarkan satu siklus produksi pada masing-masing DMU sehingga memiliki basis pengukuran yang sama.

Tabel 2. Statistik deskriptif input dan output agroindustri VCO per siklus

Variabel	Satuan	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Simpangan baku
Jumlah kelapa	Butir/siklus	20,00	200,00	70,94	48,14
Tenaga kerja	HOK/siklus	1,00	2,17	1,24	0,40
Penggunaan listrik	kWh/siklus	5,00	20,00	7,81	4,52
Produksi VCO	Liter/siklus	1,00	13,00	5,89	3,66

Sumber: Data primer diolah, 2026

Berdasarkan Tabel 2, jumlah kelapa yang digunakan berkisar antara 20 dan 200 butir per siklus, dengan rata-rata 70,94 butir dan simpangan baku 48,14 butir. Rentang tersebut menunjukkan adanya perbedaan jumlah bahan baku dan skala produksi antar-DMU. Dalam pengukuran efisiensi teknis, jumlah bahan baku perlu dibandingkan dengan output yang dihasilkan karena peningkatan jumlah input belum tentu diikuti oleh peningkatan output dalam proporsi yang sama. Omar & Fatah (2021) juga menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi pada kegiatan produksi berbasis kelapa berkaitan dengan kemampuan pelaku usaha dalam menggunakan sumber daya yang tersedia secara lebih baik.

Penggunaan tenaga kerja berkisar antara 1,00 dan 2,17 HOK per siklus, dengan rata-rata 1,24 HOK dan simpangan baku 0,40 HOK. Dibandingkan dengan input lainnya, penggunaan tenaga kerja menunjukkan variasi yang relatif lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar agroindustri menggunakan jumlah tenaga kerja yang relatif serupa, meskipun jumlah bahan baku dan produksi VCO antar-DMU berbeda. Penggunaan tenaga kerja tetap perlu diperhatikan karena efisiensi agroindustri tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah tenaga kerja, tetapi juga oleh kemampuan mengatur tenaga kerja dalam proses produksi. Sulaiman & Ismail (2021) menjelaskan bahwa pengelolaan tenaga kerja dan organisasi merupakan bagian penting dalam peningkatan efisiensi industri pengolahan berbasis produk pertanian.

Penggunaan listrik berada pada kisaran 5,00–20,00 kWh per siklus, dengan rata-rata 7,81 kWh dan simpangan baku 4,52 kWh. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan listrik antar-DMU tidak sama. Variasi penggunaan listrik dapat berkaitan dengan jenis peralatan, kapasitas peralatan, dan lama penggunaannya dalam proses produksi VCO. Ahovi et al. (2021) menunjukkan bahwa energi dapat menjadi salah satu sumber inefisiensi dalam kegiatan produksi sehingga penggunaannya perlu dianalisis secara khusus. Oleh karena itu, efisiensi penggunaan listrik pada agroindustri VCO perlu dinilai dengan mempertimbangkan kombinasi seluruh input dan produksi yang dihasilkan oleh setiap DMU.

Produksi VCO berkisar antara 1,00 dan 13,00 liter per siklus, dengan rata-rata 5,89 liter dan simpangan baku 3,66 liter. Rentang produksi tersebut menunjukkan adanya perbedaan jumlah output antar-DMU. Perbedaan produksi dapat berkaitan dengan jumlah bahan baku, tenaga kerja, listrik, serta pengelolaan proses produksi pada masing-masing agroindustri. Meskipun demikian, statistik deskriptif belum dapat menunjukkan apakah suatu DMU telah menggunakan input secara efisien karena penilaian tersebut memerlukan perbandingan kombinasi input dan output secara keseluruhan.

Secara umum, hasil statistik deskriptif menunjukkan adanya variasi penggunaan input dan produksi VCO antaragroindustri. Kondisi yang serupa ditemukan Hidayanti et al. (2026) pada agroindustri gula aren di Pulau Lombok, yaitu adanya perbedaan penggunaan input, jumlah output, dan skala operasi antarunit usaha. Variasi tersebut menunjukkan bahwa penilaian kinerja tidak cukup dilakukan hanya dengan membandingkan jumlah produksi, tetapi perlu mempertimbangkan seluruh input yang digunakan.

DEA mengevaluasi efisiensi setiap DMU secara relatif berdasarkan kombinasi input dan output serta membentuk batas efisiensi dari DMU dengan kinerja terbaik dalam kelompok pengamatan (Coelli, 1996). Hasil statistik deskriptif ini selanjutnya menjadi dasar bagi penerapan DEA dengan model VRS berorientasi input. Model VRS digunakan untuk mempertimbangkan perbedaan skala operasi antar-DMU, sedangkan orientasi input digunakan untuk mengukur kemungkinan pengurangan input tanpa menurunkan produksi VCO (Coelli, 1996; Hidayanti et al., 2026). Analisis selanjutnya digunakan untuk mengidentifikasi DMU yang berada pada batas efisiensi dan DMU yang masih memiliki potensi perbaikan penggunaan input.

Tingkat Efisiensi Teknis Agroindustri VCO

Efisiensi teknis agroindustri VCO diukur menggunakan *Data Envelopment Analysis* (DEA) dengan asumsi *Variable Returns to Scale* (VRS) dan orientasi input. Model VRS digunakan untuk mempertimbangkan perbedaan skala operasi antar-DMU, sedangkan orientasi input digunakan untuk mengetahui kemampuan setiap agroindustri dalam mengurangi penggunaan input dengan tetap mempertahankan tingkat produksi VCO. Skor yang dihasilkan merepresentasikan efisiensi

teknis murni (*pure technical efficiency*), yaitu kemampuan DMU dalam mengelola input setelah perbedaan skala operasi diperhitungkan (Coelli, 1996).

Skor efisiensi DEA berada pada rentang . DMU dengan skor sebesar satu berada pada *efficiency frontier*, sedangkan DMU dengan skor kurang dari satu belum mencapai batas efisiensi relatif. Dalam penelitian ini, skor sebesar satu menunjukkan bahwa DMU berada pada *frontier* berdasarkan kombinasi input dan output yang diamati. Pemeriksaan *slack* tetap diperlukan untuk mengetahui apakah masih terdapat kelebihan input atau kekurangan output setelah efisiensi radial tercapai. Distribusi skor efisiensi teknis agroindustri VCO disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi skor efisiensi teknis agroindustri VCO berdasarkan model VRS

Kategori skor	Keterangan	Jumlah DMU	Persentase (%)	Identitas DMU
(θ=1)	Berada pada *efficiency frontier*	14	87,50	VCO01, VCO03-VCO11, VCO13-VCO16
(0,750 $\leq \theta$ <1)	Belum mencapai *efficiency frontier*	1	6,25	VCO02
(0,500 $\leq \theta$ <0,750)	Belum mencapai *efficiency frontier*	1	6,25	VCO12
Total		**16**	**100,00**	

Sumber: Data primer diolah, 2026

Hasil analisis menunjukkan bahwa 14 dari 16 DMU (87,50%) memperoleh skor efisiensi sebesar satu sehingga berada pada *efficiency frontier*. Sementara itu, terdapat dua DMU (12,50%) yang belum mencapai *frontier*, yaitu VCO02 dengan skor 0,7692 dan VCO12 dengan skor 0,6316. Rata-rata skor efisiensi seluruh DMU adalah 0,9626, dengan skor minimum 0,6316 dan maksimum 1,0000. Nilai tersebut menunjukkan bahwa secara relatif sebagian besar agroindustri VCO memiliki kombinasi penggunaan input dan output yang berada dekat dengan batas efisiensi yang dibentuk oleh DMU berkinerja terbaik dalam kelompok penelitian.

Rata-rata skor efisiensi sebesar 0,9626 menunjukkan adanya rata-rata gap efisiensi radial sebesar 3,74% terhadap *efficiency frontier*. Dalam model berorientasi input, nilai tersebut menggambarkan ruang pengurangan input secara proporsional yang secara teoritis diperlukan untuk mencapai batas efisiensi dengan tetap mempertahankan tingkat output, sebelum memperhitungkan *input slack*. Namun, angka 3,74% tidak dimaknai sebagai besarnya pengurangan input aktual yang harus dilakukan oleh seluruh agroindustri karena kondisi setiap DMU berbeda. Oleh karena itu, kebutuhan perbaikan lebih tepat dianalisis secara individual pada DMU yang memperoleh skor di bawah satu.

VCO02 memperoleh skor efisiensi sebesar 0,7692. Dalam model DEA berorientasi input, nilai tersebut menunjukkan bahwa secara radial VCO02 secara teoritis dapat mempertahankan tingkat produksi VCO yang sama dengan menggunakan sekitar 76,92% dari input aktualnya, sebelum memperhitungkan *input slack*. Dengan demikian, terdapat *radial input reduction* sebesar 23,08%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi penggunaan bahan baku kelapa, tenaga kerja, dan listrik pada VCO02 belum seefisien kombinasi input-output DMU yang menjadi pembandingnya.

VCO12 memperoleh skor efisiensi sebesar 0,6316 dan merupakan DMU dengan skor terendah dalam kelompok penelitian. Nilai tersebut menunjukkan bahwa secara radial VCO12 secara teoritis dapat mempertahankan tingkat produksi yang sama dengan menggunakan sekitar 63,16% dari input aktualnya, sebelum memperhitungkan *input slack*. Dengan demikian, terdapat *radial input reduction* sebesar 36,84%. Dibandingkan dengan VCO02, VCO12 memiliki

jarak yang lebih besar terhadap *efficiency frontier* sehingga secara relatif memiliki ruang perbaikan penggunaan input yang lebih besar.

Perbedaan tingkat efisiensi menunjukkan bahwa penggunaan input yang lebih besar tidak selalu menghasilkan output yang lebih tinggi secara proporsional. Dalam DEA, efisiensi ditentukan berdasarkan kombinasi relatif antara input yang digunakan dan output yang dihasilkan dibandingkan dengan DMU lainnya. Oleh karena itu, dua agroindustri dengan tingkat produksi yang berbeda dapat sama-sama berada pada *efficiency frontier* apabila tidak terdapat DMU lain dalam kelompok pengamatan yang mampu menghasilkan tingkat output sebanding dengan penggunaan input yang lebih rendah. Sebaliknya, agroindustri dengan produksi yang relatif tinggi tetap dapat memperoleh skor di bawah satu apabila menggunakan input lebih banyak dibandingkan DMU pembanding dengan tingkat output yang sebanding.

Rata-rata efisiensi teknis murni agroindustri VCO sebesar 0,9626 menunjukkan bahwa sebagian besar DMU berada relatif dekat dengan *efficiency frontier*. Nilai tersebut berada di antara skor efisiensi VRS yang dilaporkan oleh (Chin Lee et al., 2024), yaitu 0,986 pada usaha kecil dan menengah dan 0,942 pada usaha berskala besar dalam industri pengolahan pangan Malaysia. Sementara itu, (Boakye et al., 2024) menemukan proporsi unit efisien yang lebih rendah pada usahatani nanas di Ghana. Perbedaan hasil tersebut dapat berkaitan dengan karakteristik usaha, teknologi produksi, jumlah DMU, pemilihan variabel, dan tingkat keragaman unit yang dianalisis. Oleh karena itu, perbandingan antar penelitian digunakan untuk menunjukkan variasi hasil penerapan DEA, bukan untuk menyimpulkan bahwa agroindustri VCO memiliki kinerja mutlak yang lebih baik.

Temuan penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar agroindustri VCO telah menggunakan sumber daya produksi secara relatif efisien. Meskipun demikian, tingginya proporsi DMU pada *efficiency frontier* perlu ditafsirkan secara hati-hati. DEA merupakan pendekatan efisiensi relatif sehingga skor satu menunjukkan bahwa DMU berada pada batas efisiensi yang dibentuk oleh kelompok pengamatan, bukan berarti penggunaan inputnya telah mencapai tingkat optimum secara mutlak. Model VRS juga membentuk *frontier* yang lebih fleksibel karena memungkinkan adanya perbedaan skala operasi antar-DMU (Coelli, 1996).

Interpretasi hasil juga perlu mempertimbangkan jumlah DMU dan variabel yang digunakan. Penelitian ini menggunakan 16 DMU, tiga variabel input, dan satu variabel output. Jumlah tersebut telah memenuhi aturan praktis kecukupan DMU. Namun, semakin banyak variabel relatif terhadap jumlah DMU dapat mengurangi kemampuan DEA dalam membedakan kinerja antarunit dan meningkatkan kemungkinan lebih banyak DMU memperoleh skor satu (Wong, 2021). Oleh karena itu, skor yang dihasilkan dalam penelitian ini harus dipahami sebagai ukuran kinerja relatif di antara 16 agroindustri VCO yang dianalisis.

Hasil penelitian mengidentifikasi VCO02 dan VCO12 sebagai dua DMU yang belum mencapai *efficiency frontier*. Kedua DMU tersebut selanjutnya dianalisis berdasarkan DMU pembanding (*peer/benchmark*) dan bobot intensitas (λ) yang dihasilkan oleh model DEA. Informasi tersebut diperlukan untuk mengetahui DMU efisien yang dapat dijadikan acuan bagi masing-masing DMU yang belum efisien. Selanjutnya, analisis *slack* dan *potential improvement* digunakan untuk menentukan input yang masih memiliki ruang perbaikan serta besarnya pengurangan input yang secara teoritis dapat dilakukan.

DMU Pembanding (Peer/Benchmark) Agroindustri VCO yang Belum Efisien

Hasil *Data Envelopment Analysis* (DEA) tidak hanya menghasilkan skor efisiensi, tetapi juga mengidentifikasi DMU pada *efficiency frontier* yang menjadi pembanding atau *peer* bagi DMU yang belum efisien. DMU pembanding ditentukan berdasarkan bobot intensitas (λ) dalam solusi DEA. DMU dengan nilai λ positif membentuk *reference set* yang digunakan untuk menentukan titik proyeksi efisien bagi DMU yang dievaluasi (Coelli, 1996; Stokes, dkk., 2007). Dengan demikian, *peer* tidak dipilih berdasarkan kesamaan ukuran usaha semata, tetapi berdasarkan kombinasi input-output dan posisi relatifnya pada *efficiency frontier*.

Berdasarkan hasil analisis, terdapat dua DMU yang belum mencapai *efficiency frontier*, yaitu VCO02 dan VCO12. Kedua DMU tersebut memiliki *reference set* yang berbeda sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. DMU pembanding bagi agroindustri VCO yang belum efisien

DMU yang belum efisien	Skor efisiensi	DMU pembanding	Bobot (λ)
VCO02	0,7692	VCO07	1,00
VCO12	0,6316	VCO06	0,75
VCO12	0,6316	VCO15	0,25

Sumber: Data primer diolah, 2026

VCO02 memiliki VCO07 sebagai satu-satunya DMU pembanding dengan bobot λ=1,00. Hal ini menunjukkan bahwa titik referensi efisien VCO02 dibentuk oleh input-output VCO07. Dengan kata lain, dalam kelompok DMU yang dianalisis, VCO07 merupakan DMU referensi yang digunakan model DEA dalam menentukan posisi proyeksi VCO02 pada *efficiency frontier*. Bobot sebesar satu menunjukkan bahwa tidak terdapat DMU lain yang memiliki nilai λ positif dalam *reference set* VCO02.

Berbeda dengan VCO02, VCO12 memiliki dua DMU pembanding, yaitu VCO06 dengan bobot 0,75 dan VCO15 dengan bobot 0,25. Titik referensi efisien VCO12 dibentuk oleh kombinasi konveks input-output VCO06 dan VCO15. Dalam kombinasi tersebut, VCO06 memiliki bobot matematis yang lebih besar dibandingkan VCO15. Penggunaan dua *peer* menunjukkan bahwa titik proyeksi VCO12 pada *efficiency frontier* tidak mengacu pada satu DMU, tetapi dibentuk oleh kombinasi input-output kedua DMU tersebut.

Bobot λ tidak menunjukkan bahwa VCO12 harus meniru 75% seluruh karakteristik VCO06 dan 25% seluruh karakteristik VCO15. Nilai tersebut menunjukkan kontribusi relatif masing-masing DMU dalam membentuk titik acuan efisien VCO12. Dengan demikian, bobot λ merupakan parameter matematis dalam pembentukan *reference set*, bukan ukuran persentase karakteristik usaha yang harus diadopsi oleh DMU yang belum efisien. DEA memungkinkan satu atau beberapa DMU efisien digunakan sebagai pembanding berdasarkan bobot yang dihasilkan oleh solusi model (Stokes et al., 2007).

Perbedaan *reference set* antara VCO02 dan VCO12 menunjukkan bahwa arah perbaikan efisiensi tidak harus sama antaragroindustri. VCO02 memiliki satu DMU pembanding, sedangkan VCO12 memiliki titik acuan yang dibentuk oleh kombinasi dua DMU. Oleh karena itu, rekomendasi peningkatan efisiensi tidak tepat apabila diterapkan secara seragam pada seluruh agroindustri, tetapi perlu disesuaikan dengan kombinasi input-output, skor efisiensi, *peer*, dan *slack* masing-masing DMU.

Keberadaan *peer* memberikan implikasi manajerial karena DMU yang belum efisien dapat menggunakan DMU pembanding sebagai referensi relatif dalam mengevaluasi penggunaan sumber daya. VCO02 dapat menjadikan VCO07 sebagai acuan, sedangkan VCO12 dapat menggunakan VCO06 dan VCO15 sebagai referensi. Aspek yang dapat dibandingkan meliputi penggunaan bahan baku, tenaga kerja, energi listrik, dan tingkat produksi VCO. Namun, *peer* tidak berarti bahwa seluruh praktik produksi DMU pembanding harus ditiru secara langsung. Perbedaan mutu bahan baku, teknologi, kapasitas produksi, keterampilan tenaga kerja, dan kondisi operasional tetap perlu dipertimbangkan sebelum rekomendasi diterapkan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa VCO07, VCO06, dan VCO15 berperan sebagai DMU pembentuk *reference set* bagi agroindustri yang belum efisien. Ketiga DMU tersebut berada pada *efficiency frontier* dan menjadi referensi relatif dalam pembentukan proyeksi efisien VCO02 dan VCO12. Informasi mengenai *peer* selanjutnya dikombinasikan dengan hasil pengurangan radial dan *input slack* untuk menentukan target penggunaan setiap input serta besarnya potensi perbaikan pada DMU yang belum efisien.

Target dan Potensi Perbaikan Penggunaan Input

Hasil analisis DEA menunjukkan bahwa VCO02 dan VCO12 merupakan dua DMU yang belum mencapai *efficiency frontier*. Untuk menentukan perbaikan yang diperlukan, target penggunaan input dihitung berdasarkan pengurangan radial dan *input slack*. Target tersebut

menunjukkan tingkat penggunaan input yang secara teoritis dapat dicapai oleh setiap DMU dengan tetap mempertahankan jumlah produksi VCO aktual.

Tabel 5. Target dan potensi perbaikan penggunaan input pada agroindustri VCO yang belum efisien

DMU	Input	Aktual	Target	*Potential improvement* (%)
VCO02	Kelapa (butir/siklus)	130,00	100,00	23,08
	Tenaga kerja (HOK/siklus)	1,67	1,00	40,00
	Listrik (kWh/siklus)	12,00	5,00	58,33
VCO12	Kelapa (butir/siklus)	100,00	42,50	57,50
	Tenaga kerja (HOK/siklus)	1,58	1,00	36,84
	Listrik (kWh/siklus)	8,00	5,00	37,50

Sumber: Data primer diolah, 2026

Catatan: Persentase potential improvement tenaga kerja dihitung berdasarkan nilai input aktual sebelum pembulatan.

Tabel 5 menunjukkan bahwa kedua DMU memiliki target penggunaan input yang lebih rendah daripada penggunaan aktualnya. Namun, besarnya potensi perbaikan berbeda menurut jenis input dan DMU. Kondisi ini menunjukkan bahwa pola inefisiensi antarunit usaha tidak seragam sehingga rekomendasi perbaikan perlu disusun secara spesifik berdasarkan hasil proyeksi masing-masing DMU. Pada VCO02, penggunaan kelapa sebanyak 130 butir per siklus memiliki target 100 butir, sehingga terdapat potensi pengurangan sebesar 23,08%. Penggunaan tenaga kerja sekitar 1,67 HOK memiliki target 1,00 HOK dengan potensi perbaikan sebesar 40,00%. Sementara itu, penggunaan listrik sebesar 12 kWh memiliki target 5 kWh dengan potensi perbaikan sebesar 58,33%. Dengan demikian, listrik merupakan input yang memiliki ruang perbaikan relatif terbesar pada VCO02.

Skor efisiensi VCO02 sebesar 0,7692 menghasilkan proyeksi radial berupa 100,00 butir kelapa, sekitar 1,28 HOK tenaga kerja, dan 9,23 kWh listrik. Setelah memperhitungkan *input slack* sebesar 0 butir kelapa, sekitar 0,28 HOK, dan 4,23 kWh, diperoleh target akhir sebesar 100 butir kelapa, 1 HOK, dan 5 kWh. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penyesuaian tenaga kerja dan listrik tidak hanya berasal dari pengurangan radial, tetapi juga dari kelebihan input tertentu yang masih tersisa setelah pengurangan radial dilakukan. Pada VCO12, penggunaan kelapa sebanyak 100 butir per siklus memiliki target 42,50 butir, sehingga terdapat potensi perbaikan sebesar 57,50%. Penggunaan tenaga kerja sekitar 1,58 HOK memiliki target 1,00 HOK dengan potensi perbaikan sebesar 36,84%. Sementara itu, penggunaan listrik sebesar 8 kWh memiliki target 5 kWh dengan potensi perbaikan sebesar 37,50%. Oleh karena itu, bahan baku kelapa merupakan input dengan ruang perbaikan relatif terbesar pada VCO12.

Skor efisiensi VCO12 sebesar 0,6316 menghasilkan proyeksi radial berupa 63,16 butir kelapa, sekitar 1,00 HOK tenaga kerja, dan 5,05 kWh listrik. Selanjutnya, hasil analisis menunjukkan *input slack* sebesar 20,66 butir kelapa, 0 HOK, dan sekitar 0,05 kWh. Setelah pengurangan radial dan *slack* diperhitungkan, target akhirnya menjadi 42,50 butir kelapa, 1 HOK, dan 5 kWh. Target kelapa sebesar 42,50 butir merupakan hasil proyeksi matematis DEA, bukan standar penggunaan bahan baku yang berlaku secara umum bagi seluruh agroindustri.

Perbedaan antara pengurangan radial dan *input slack* menunjukkan bahwa skor efisiensi saja belum cukup untuk menentukan input yang perlu diperbaiki. Pengurangan radial menunjukkan kemungkinan pengurangan seluruh input secara proporsional, sedangkan *slack* menunjukkan kelebihan pada input tertentu yang masih terdapat setelah pengurangan radial. Oleh karena itu, penggunaan skor efisiensi bersama hasil *slack* dapat menghasilkan target perbaikan input yang lebih spesifik (Stokes et al., 2007; Ahovi et al., 2021).

Secara keseluruhan, prioritas perbaikan pada VCO02 adalah penggunaan listrik, dengan potensi perbaikan sebesar 58,33%, sedangkan prioritas perbaikan pada VCO12 adalah penggunaan

kelapa, sebesar 57,50%. Perbedaan tersebut memperlihatkan bahwa rekomendasi peningkatan efisiensi tidak dapat diseragamkan untuk seluruh agroindustri VCO.

Secara manajerial, target DEA dapat digunakan sebagai acuan untuk mengevaluasi penggunaan sumber daya. VCO02 dapat memprioritaskan evaluasi penggunaan peralatan listrik, durasi pengoperasian, dan pengaturan tenaga kerja. Sementara itu, VCO12 dapat memprioritaskan evaluasi rendemen bahan baku, kualitas kelapa, dan kehilangan bahan selama proses pengolahan. Meskipun demikian, target tersebut merupakan acuan relatif berdasarkan DMU yang dianalisis dan tidak seharusnya diterapkan secara mekanis. Penerapannya perlu mempertimbangkan kualitas bahan baku, teknologi pengolahan, kapasitas peralatan, keterampilan tenaga kerja, serta persyaratan mutu dan jumlah produksi VCO.

Dengan demikian, DEA tidak hanya mengidentifikasi DMU yang belum efisien, tetapi juga memberikan informasi operasional mengenai jenis input yang perlu diprioritaskan, target penggunaannya, dan besarnya potensi perbaikan. Informasi tersebut dapat menjadi dasar evaluasi penggunaan sumber daya dan penyusunan strategi peningkatan efisiensi yang lebih spesifik pada setiap agroindustri VCO.

KESIMPULAN

Hasil analisis DEA-VRS berorientasi input menunjukkan bahwa agroindustri *Virgin Coconut Oil* (VCO) di Kabupaten Lombok Utara memiliki rata-rata skor efisiensi teknis sebesar 0,9626. Sebanyak 14 dari 16 DMU (87,50%) berada pada *efficiency frontier*, sedangkan dua DMU belum mencapai *frontier*, yaitu VCO02 dengan skor 0,7692 dan VCO12 dengan skor 0,6316. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar agroindustri VCO memiliki kombinasi penggunaan input dan output yang relatif efisien dibandingkan dengan DMU lain dalam kelompok penelitian.

VCO02 memiliki VCO07 sebagai DMU pembanding dengan bobot 1,00. Sementara itu, *reference set* VCO12 dibentuk oleh VCO06 dengan bobot 0,75 dan VCO15 dengan bobot 0,25. Perbedaan *reference set* menunjukkan bahwa DMU yang belum efisien memiliki titik acuan dan pola perbaikan yang berbeda sesuai dengan kombinasi input-output masing-masing.

Target penggunaan input VCO02 adalah 100 butir kelapa, 1 HOK tenaga kerja, dan 5 kWh listrik per siklus, dengan potensi perbaikan terbesar pada penggunaan listrik sebesar 58,33%. Sementara itu, target penggunaan input VCO12 adalah 42,50 butir kelapa, 1 HOK tenaga kerja, dan 5 kWh listrik per siklus, dengan potensi perbaikan terbesar pada penggunaan bahan baku kelapa sebesar 57,50%. Dengan demikian, peningkatan efisiensi teknis agroindustri VCO perlu diarahkan secara spesifik pada tingkat unit usaha. Target DEA merupakan acuan efisiensi relatif, sehingga penerapannya tetap perlu mempertimbangkan kondisi teknis produksi, kualitas bahan baku, teknologi, dan kapasitas masing-masing agroindustri.

SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan melibatkan jumlah agroindustri dan wilayah pengamatan yang lebih luas agar kemampuan pembeda dan daya generalisasi hasil DEA semakin baik. Penggunaan data beberapa periode produksi juga diperlukan untuk menganalisis perubahan efisiensi dari waktu ke waktu. Selain itu, variabel penelitian dapat dikembangkan dengan memasukkan penggunaan air, bahan penolong, kapasitas peralatan, rendemen, dan mutu VCO. Target input yang dihasilkan DEA juga perlu diuji melalui observasi teknis atau penerapan terbatas untuk memastikan kelayakannya tanpa mengurangi jumlah dan mutu produksi VCO.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya atas dukungan pendanaan yang diberikan melalui Hibah Penelitian PNBP Fakultas Pertanian, Universitas Mataram. Penulis juga menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Mataram atas dukungan dan fasilitasi yang diberikan selama pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada para pelaku agroindustri *Virgin Coconut Oil* (VCO) di Kabupaten Lombok Utara atas partisipasi, kerja sama, dan bantuan yang diberikan selama proses pengumpulan data.

DAFTAR PUSTAKA

Ahovi, E., Schneider, K., & Lansink, A. O. (2021). Technical inefficiency of Dutch vegetable farms: Specific-input analyses. *PLoS ONE*, *16*(4 April). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250494

Boakye, K., Lee, Y. F., Annor, F. F., Dadzie, S. K. N., & Salifu, I. (2024). Data Envelopment Analysis (DEA) to Estimate Technical and Scale Efficiencies of Smallholder Pineapple Farmers in Ghana. *Agriculture (Switzerland)*, *14*(7). https://doi.org/10.3390/agriculture14071032

Chin Lee, Y., Ghee Thean, L., & Hooi Lean, H. (2024). What Predicts The Technical Efficiency in Malaysia's Food Processing Industry? *Journal of Economics and Sustainability*, *7*(1), 36–53. https://doi.org/10.32890/jes2025.7.1.3

Coelli, T. (1996). *A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program*. http://www.une.edu.au/econometrics/cepa.htm

Hidayanti, A. A., Hanani, N., Riana, F. D., & Asmara, R. (2026). Sustainable Resource Planning in Palm Sugar Agroindustry on Lombok Island: A Two-Stage DEA-Tobit Approach. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, *21*(5), 2189–2196. https://doi.org/10.18280/ijsdp.210522

Omar, Z., & Fatah, F. A. (2021). Determinants of technical efficiency among coconut smallholder production in Johor, Malaysia: A cobb douglas stochastic frontier production approach. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *757*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/757/1/012013

Permadhi, D., Riyadi, S. D., Hanani, N., & Fahriyah, F. (2024). Efisiensi Teknis Usahatani Tebu Rakyat (TR) Kategori Tanaman Plant Cane (PC) Pada Lahan Tegal di Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. *Indonesian Sugar Research Journal*, *4*(2), 108–123. https://doi.org/10.54256/isrj.v4i2.132

Stokes, J. R., Tozer, P. R., & Hyde, J. (2007). Identifying efficient dairy producers using data envelopment analysis. *Journal of Dairy Science*, *90*(5), 2555–2562. https://doi.org/10.3168/jds.2006-596

Sulaiman, N., & Ismail, R. (2021). Data envelopment analysis and panel regression in analysing technical efficiency and its determinants of the palm oil products-based manufacturing subsector. *Sains Malaysiana*, *50*(7), 2095–2107. https://doi.org/10.17576/jsm-2021-5007-23

Wong, W. P. (2021). A global search method for inputs and outputs in data envelopment analysis: Procedures and managerial perspectives. *Symmetry*, *13*(7). https://doi.org/10.3390/sym13071155

Zubir, M. Z., Noor, A. A., Mohd Rizal, A. M., Harith, A. A., Abas, M. I., Zakaria, Z., & Bakar, A. F. A. (2024). Approach in inputs & outputs selection of Data Envelopment Analysis (DEA) efficiency measurement in hospitals: A systematic review. *PLoS ONE*, *19*(8). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293694