



## DAMPAK PRODUKSI BIODIESEL TERHADAP EKSPOR MINYAK KELAPA SAWIT INDONESIA

### THE IMPACT OF BIODIESEL PRODUCTION ON INDONESIAN PALM OIL EXPORTS

Azwar Annas<sup>1\*</sup>, Imama Nurus Izaati<sup>1</sup>, Iid Mufaidah<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agribisnis, Universitas Muhammadiyah Jember

\*Penulis Korespondensi, email: [azwarannas@unmuhjember.ac.id](mailto:azwarannas@unmuhjember.ac.id)

Diserahkan: 17/11/25

Direvisi: 05/02/2026

Diterima: 15/04/2026

**Abstrak.** Biodiesel merupakan salah satu energi baru terbarukan yang dapat diproduksi di Indonesia dengan memanfaatkan minyak kelapa sawit sebagai bahan baku utama yang juga merupakan komoditas ekspor unggulan Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak produksi biodiesel berbasis minyak kelapa sawit terhadap kinerja ekspor komoditas tersebut di Indonesia. Metode analisis yang digunakan adalah regresi linier *Ordinary Least Squares* (OLS) yang mengacu pada kerangka *Gravity Model of Trade*. Data ekspor minyak kelapa sawit dalam penelitian ini dibedakan menjadi dua kategori utama, yaitu *crude palm oil* (CPO) dan *refined palm oil* (RPO), untuk mengidentifikasi perbedaan dampak pada masing-masing jenis komoditas. Hasil analisis pada komoditas CPO menunjukkan bahwa variabel produksi biodiesel Indonesia berpengaruh positif terhadap peningkatan nilai ekspor CPO. Selain itu, variabel lain yang juga berpengaruh positif adalah Produk Domestik Bruto (PDB) negara importir, nilai ekspor CPO Malaysia, serta produksi minyak kelapa sawit domestik. Sebaliknya, variabel jarak ekonomis dan PDB eksportir menunjukkan pengaruh negatif terhadap nilai ekspor CPO. Sementara itu, pada komoditas RPO, variabel produksi biodiesel menunjukkan pengaruh positif namun tidak signifikan. Variabel PDB importir dan ekspor RPO Malaysia tetap menunjukkan pengaruh positif signifikan terhadap ekspor RPO. Hasil pengujian model menggunakan *Breusch-Pagan test*, *Breusch-Godfrey test*, serta *Variance Inflation Factor* menunjukkan adanya permasalahan heteroskedastisitas, autokorelasi, dan multikolinearitas. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan metode analisis yang lebih baik untuk meningkatkan reliabilitas dan validitas hasil estimasi.

**Kata Kunci:** biodiesel; CPO; RPO; model gravitasi

**Abstract.** Biodiesel is a form of renewable energy that can be produced in Indonesia by utilizing palm oil as its primary feedstock, which is also one of the country's leading export commodities. This study aims to analyze the effect of palm oil based biodiesel production on its export performance. The analytical approach in this study is linear regression using the *Ordinary Least Squares* (OLS) method, based on the framework of the *Gravity Model of Trade*. Palm oil export data are categorized into two main groups, *crude palm oil* (CPO) and *refined palm oil* (RPO), in order to identify differences in the impact across these two types of commodities. The empirical results for CPO indicate that biodiesel production in Indonesia has a positive effect on increasing the value of CPO exports. In addition, other variables that also show positive effects include the Gross Domestic Product (GDP) of importing countries, Malaysia's CPO exports, and domestic palm oil production. In contrast, economic distance and the GDP of the exporting country demonstrate negative effects on CPO exports value. Meanwhile, for RPO, biodiesel production exhibits a positive but statistically insignificant effect. The GDP of importing countries and Malaysia's RPO exports, however, continue to show positive and significant effects on RPO exports. The diagnostic tests using *Breusch-Pagan test*, *Breusch-Godfrey test*, and *Variance Inflation Factor* reveal the presence of heteroskedasticity, autocorrelation, and multicollinearity within the model. Therefore, future research is recommended to employ more robust analytical methods to improve the reliability and validity of the estimation results.

**Keywords:** biodiesel; CPO; RPO; gravity model

## PENDAHULUAN

Minyak kelapa sawit merupakan salah satu produk olahan perkebunan yang menjadi komoditas ekspor unggulan Indonesia. Industri minyak kelapa sawit nasional mampu memproduksi komoditas ini dalam skala yang sangat besar, terutama didukung oleh keunggulan geografis dan kondisi agroklimat yang sesuai. Indonesia saat ini berkontribusi hingga sekitar 57% dari total pasokan minyak kelapa sawit dunia (USDA, 2024). Tingginya permintaan global terhadap minyak kelapa sawit didorong oleh fleksibilitas penggunaannya



Copyright (c) 2026 Azwar Annas, Imama Nurus Izaati, Iid Mufaidah. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

sebagai bahan baku berbagai produk, seperti pangan olahan, kosmetik, farmasi, serta energi terbarukan. Di dalam negeri, minyak kelapa sawit juga dimanfaatkan sebagai bahan baku utama dalam produksi energi hijau berupa biodiesel yang mulai dikembangkan sejak tahun 2006 (Faridha dkk., 2021). Seiring waktu, produksi biodiesel di Indonesia terus meningkat, terutama sejak implementasi program B30 pada tahun 2020, hingga berkembang menjadi mandat B35 pada tahun 2024 (Faridha dkk., 2021; Wirawan dkk., 2024). Untuk mencapai target tersebut, minyak kelapa sawit tetap menjadi bahan baku utama yang paling dominan digunakan.

Pemerintah Indonesia secara aktif mendorong peningkatan produksi biodiesel sebagai bagian dari upaya transisi energi untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil (Ichsan dkk., 2022; Papilo dkk., 2022; Y. I. Siregar, 2024). Kebijakan ini didorong oleh urgensi dalam menekan laju perubahan iklim dan pemanasan global. Secara teknis, produksi biodiesel dapat menggunakan beberapa jenis bahan baku, seperti minyak jarak dan minyak kelapa sawit. Namun, keterbatasan ketersediaan minyak jarak menjadikan minyak kelapa sawit sebagai pilihan utama yang lebih layak untuk dikembangkan. Di sisi lain, penggunaan minyak kelapa sawit sebagai bahan baku biodiesel juga menimbulkan kritik, terutama terkait dengan emisi karbon yang relatif lebih tinggi dibandingkan minyak jarak (K. Siregar dkk., 2015). Selain itu, ekspansi perkebunan kelapa sawit yang berpotensi menyebabkan deforestasi dan konversi lahan turut menjadi isu penting dalam diskursus perubahan iklim global (Papilo dkk., 2022). Kondisi ini mencerminkan adanya *trade-off* antara percepatan pengembangan energi terbarukan dan dampak lingkungan yang ditimbulkannya.

Minyak kelapa sawit merupakan bahan baku yang efisien dan relatif murah bagi berbagai industri, khususnya industri pangan, sehingga memiliki peran strategis dalam perdagangan internasional. Tingginya permintaan global menjadikan ekspor minyak kelapa sawit sebagai salah satu sumber utama devisa negara. Namun, peningkatan produksi biodiesel untuk memenuhi kebutuhan domestik berpotensi menurunkan volume ekspor minyak kelapa sawit (Mayandi & Suharjito, 2024). Hal ini disebabkan oleh meningkatnya konsumsi domestik yang mengurangi ketersediaan pasokan untuk pasar ekspor. Peningkatan konsumsi dalam negeri akan mengurangi jumlah ekspor yang berpotensi mendorong kenaikan harga minyak kelapa sawit di pasar global, yang kemudian dapat meningkatkan biaya produksi biodiesel itu sendiri (Mustika dkk., 2017; Wirawan dkk., 2024; Gultom dkk., 2023; Nuva dkk., 2019). Ekspansi produksi biodiesel memiliki risiko dengan menimbulkan kehilangan potensi devisa ekspor yang lebih besar dibandingkan penghematan dari penurunan impor bahan bakar fosil (Halimatussadiyah dkk., 2021).

Biodiesel kini masih menjadi komoditas energi yang sangat strategis bagi Indonesia dalam upaya substitusi bahan bakar fosil dan mitigasi perubahan iklim. Namun, dominasi penggunaan minyak kelapa sawit sebagai bahan baku utama juga menciptakan dinamika baru dalam struktur permintaan domestik dan global. Peningkatan kebutuhan bahan baku biodiesel berpotensi menciptakan persaingan dengan sektor industri lain, termasuk sektor ekspor, sehingga dapat mempengaruhi harga dan nilai perdagangan minyak kelapa sawit di pasar internasional (Mustika dkk., 2017; Wirawan dkk., 2024; Gultom dkk., 2023; Nuva dkk., 2019). Mengingat bahwa komoditas ini berkontribusi signifikan terhadap devisa negara, bahkan mencapai sekitar 14% dari PDB, penurunan nilai ekspor akan memberikan dampak ekonomi yang cukup besar bagi Indonesia. Di sisi lain, Indonesia memiliki kapasitas produksi minyak kelapa sawit yang sangat besar, didukung oleh luasnya areal perkebunan, sehingga secara teoritis mampu memenuhi kebutuhan biodiesel domestik tanpa harus mengorbankan pasokan untuk pangan maupun ekspor secara signifikan (Boly & Sanou, 2022). Selain itu, belum optimalnya penerapan standar internasional pada sebagian perkebunan kelapa sawit juga membuka peluang untuk mempertahankan ketersediaan pasokan domestik tanpa mengurangi volume ekspor (Rosyadi dkk., 2020). Apabila produksi biodiesel dikelola secara efisien dan terintegrasi, maka terdapat potensi peningkatan keuntungan baik dari sisi pasar domestik maupun ekspor (Harahap dkk., 2019). Oleh karena itu, kajian akademik mengenai dampak produksi biodiesel terhadap ekspor minyak kelapa sawit menjadi sangat penting untuk dilakukan. Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan analisis yang menggabungkan *Gravity Model of Trade* dengan fokus pada komoditas spesifik (CPO dan RPO), sehingga mampu menangkap dinamika perdagangan secara lebih detail dibandingkan studi sebelumnya yang umumnya menggunakan data agregat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sejauh mana produksi biodiesel berbasis minyak kelapa sawit memengaruhi kinerja ekspor komoditas tersebut sebagai salah satu andalan utama ekspor pertanian Indonesia.

## METODE PENELITIAN

### Tipe Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber terpercaya, sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Seluruh data yang dianalisis berbentuk data panel yang

mencakup nilai ekspor minyak kelapa sawit berdasarkan klasifikasi HS, yaitu HS 151110 untuk *crude palm oil* (CPO) dan HS 151190 untuk *refined palm oil* (RPO). Data nilai ekspor yang digunakan tidak hanya berasal dari Indonesia, tetapi juga mencakup data ekspor dari Malaysia. Hal ini dilakukan dengan mempertimbangkan bahwa Malaysia merupakan eksportir minyak kelapa sawit terbesar kedua di dunia setelah Indonesia, sehingga pergerakan ekspor dari Malaysia berpotensi memengaruhi dinamika ekspor minyak kelapa sawit Indonesia (Annas dkk., 2020). Dengan demikian, variabel nilai ekspor Malaysia diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam menjelaskan variasi nilai ekspor Indonesia.

Periode data yang digunakan dalam penelitian ini direncanakan mencakup rentang waktu dari tahun 1995 hingga 2023, menyesuaikan dengan ketersediaan data yang dapat diakses secara konsisten. Sementara itu, data produksi biodiesel mulai digunakan sejak tahun 2006, seiring dengan dimulainya pengembangan biodiesel di Indonesia (Faridha dkk., 2021). Dalam hal cakupan negara tujuan ekspor, penelitian ini menggunakan 60 negara tujuan utama yang memiliki kontribusi terbesar terhadap ekspor minyak kelapa sawit. Pemilihan negara-negara tersebut didasarkan pada pertimbangan untuk merepresentasikan setidaknya 85% dari total ekspor minyak kelapa sawit dari dua negara eksportir utama, yaitu Indonesia dan Malaysia (Annas dkk., 2020). Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang komprehensif mengenai pola perdagangan internasional minyak kelapa sawit.

**Tabel 1.** Sumber Data Sekunder

No	Data variabel	Unit	Sumber data
1	Nilai ekspor	US\$	Trade Map
2	Produk Domestik Bruto	US\$	World Bank
3	Produksi minyak kelapa sawit	Ton	FAO STAT
4	Jarak antar negara	Km	CEPII
5	Produksi biodiesel Indonesia	Ton	APROBI

### Formulasi *Ordinary Least Square* Berdasarkan *Gravity Model of Trade*

Teori *Gravity Model of Trade* pertama kali diperkenalkan oleh Jan Tinbergen (1962) dengan mengacu pada konsep gravitasi yang dikemukakan oleh Isaac Newton. Dalam konsep fisika tersebut, gaya tarik antara dua objek dipengaruhi oleh massa masing-masing objek dan berbanding terbalik dengan jarak di antara keduanya. Dalam konteks perdagangan internasional, konsep ini kemudian diadaptasi untuk menjelaskan hubungan perdagangan antarnegara. Menurut James E. Anderson (1979), model gravitasi dalam perdagangan dapat dirumuskan melalui persamaan pada *Eq. 1*, di mana simbol  $i$  dan  $j$  merepresentasikan dua negara yang terlibat dalam aktivitas perdagangan. Variabel  $M_{ijk}$  menunjukkan nilai perdagangan antara kedua negara pada periode tertentu, sedangkan variabel  $Y$  mencerminkan ukuran ekonomi suatu negara yang diproksikan dengan Produk Domestik Bruto (PDB). Variabel  $N$  menggambarkan jumlah populasi, dan variabel  $d$  menunjukkan jarak antarnegara. Sementara itu,  $U_{ijk}$  merupakan komponen *normal-log* untuk *error term*.

$$M_{ijk} = \alpha_k (Y_i)^{\beta_k} (Y_j)^{\gamma_k} (N_i)^{\xi_k} (N_j)^{\epsilon_k} (d_{ij})^{\mu_k} U_{ijk} \quad (Eq 1)$$

Berdasarkan persamaan pada *Eq 1*, model tersebut kemudian ditransformasikan ke dalam bentuk regresi *Ordinary Least Squares* (OLS) untuk keperluan estimasi empiris. Perbedaan skala antarvariabel yang cukup besar berpotensi menimbulkan bias, sehingga seluruh variabel ditransformasikan ke dalam bentuk logaritma natural, yang kemudian menghasilkan spesifikasi model sebagaimana ditunjukkan pada *Eq 2*.

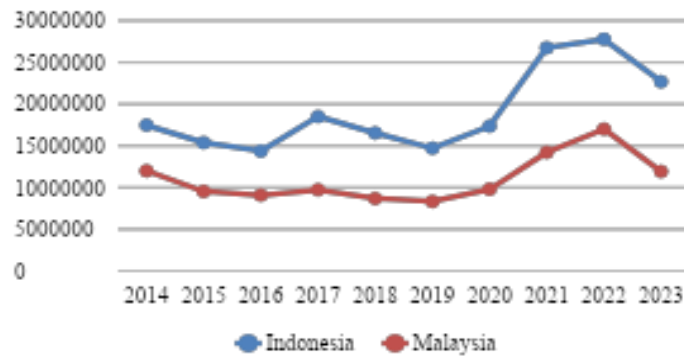
$$\ln M_{ijk} = \alpha_0 + \beta_k \ln Y_i + \gamma_k \ln Y_j + \xi_k \ln N_i + \epsilon_k \ln N_j + \mu_k \ln d_{ij} + U_{ijk} \quad (Eq 2)$$

Dalam penelitian ini, variabel dependen yang digunakan adalah nilai ekspor minyak kelapa sawit Indonesia ( $X_i$ ). Sementara itu, variabel independen meliputi nilai ekspor minyak kelapa sawit Malaysia ( $X_k$ ), PDB Indonesia dan negara tujuan ekspor ( $PDB_i$  dan  $PDB_j$ ), produksi minyak kelapa sawit Indonesia ( $Prod_i$ ), jarak antarnegara ( $Dist_{ij}$ ), serta produksi biodiesel Indonesia ( $Bio_i$ ). Berdasarkan spesifikasi tersebut, persamaan OLS yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada *Eq. 3*. Untuk memastikan kelayakan model, dilakukan pengujian asumsi klasik yang meliputi uji normalitas, uji heteroskedastisitas menggunakan *Breusch-Pagan Test*, uji autokorelasi menggunakan *Breusch-Godfrey Test*, serta uji multikolinearitas dengan *Variance Inflation Factor*.

$$\ln X_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 \ln PDB_{it} + \beta_2 \ln PDB_{jt} + \beta_3 \ln X_{kt} + \beta_4 \ln Prod_{it} + \beta_5 \ln Dist_{ij} + \beta_6 \ln Bio_{it} + U_{ijt} \quad (Eq 3)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan penelitian ini diawali dengan analisis perkembangan perdagangan minyak kelapa sawit Indonesia berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber daring. Data ekspor minyak kelapa sawit Indonesia mengacu pada UN Comtrade dan telah diolah untuk mempermudah interpretasi. Berdasarkan Gambar 1, Indonesia dan Malaysia sebagai dua eksportir utama global yang secara bersama-sama memenuhi sekitar 90% kebutuhan dunia. Berdasarkan Gambar 1, perkembangan ekspor menunjukkan tren peningkatan nilai ekspor dengan pola yang relatif serupa. Dalam periode sepuluh tahun pengamatan, terjadi penurunan ekspor selama dua tahun berturut-turut sebelum meningkat kembali pada 2017, kemudian kembali menurun hingga 2019, dan meningkat signifikan hingga 2022. Peningkatan ekspor Indonesia relatif lebih tinggi dibandingkan Malaysia, yang didorong oleh pertumbuhan produksi domestik yang lebih pesat.



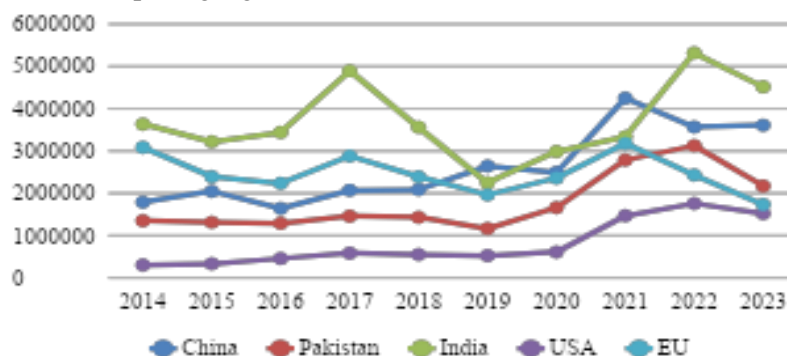
sumber: Data Trade Map setelah diolah, 2025.

**Gambar 1.** Ekspor Minyak Kelapa Sawit Indonesia dan Malaysia (Dalam Ribu Dolar)

Tujuan ekspor minyak kelapa sawit Indonesia didominasi oleh lima negara importir utama, yaitu India, China, Pakistan, European Union, dan United States. Berdasarkan Gambar 2, meskipun tren ekspor ke negara-negara tersebut cenderung meningkat selama periode 2014–2023, terjadi perubahan peringkat negara tujuan. Uni Eropa yang sebelumnya menempati posisi kedua hingga 2018, turun menjadi peringkat keempat pada 2023. Sebaliknya, ekspor ke China, Pakistan, dan Amerika Serikat menunjukkan peningkatan yang lebih konsisten, sehingga China dan Pakistan masing-masing menempati peringkat kedua dan ketiga pada akhir periode pengamatan.

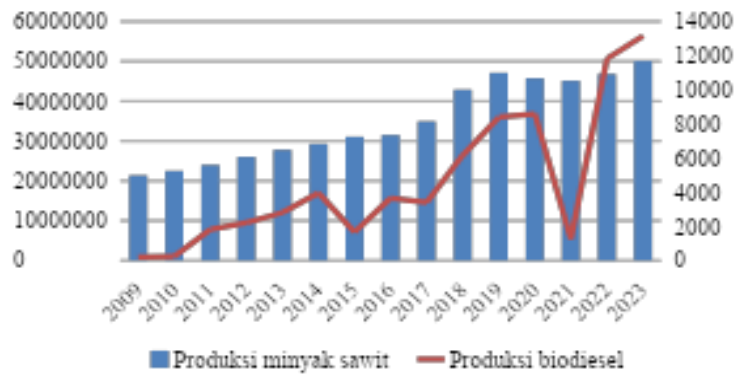
Daya saing minyak kelapa sawit Indonesia tergolong tinggi, baik dari sisi volume maupun diversifikasi produk turunannya. Permintaan global yang tinggi didorong oleh harga yang relatif kompetitif serta pemanfaatannya sebagai bahan baku berbagai industri, seperti kosmetik, farmasi, produk higienitas, dan energi. Di sisi lain, permintaan domestik juga meningkat, terutama akibat implementasi program biodiesel sejak 2009 yang memperluas penggunaan minyak kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif. Hal ini tercermin pada Gambar 3, yang menunjukkan tren peningkatan produksi minyak kelapa sawit seiring dengan pertumbuhan signifikan produksi biodiesel.

Selain variabel ekspor, produksi minyak kelapa sawit, dan produksi biodiesel, penelitian ini juga menggunakan data Produk Domestik Bruto (PDB) dan jarak ekonomis. Data PDB diperoleh dari World Bank untuk negara-negara mitra dagang Indonesia, sedangkan data jarak ekonomis bersumber dari CEPPII, yang mengukur jarak antar pelabuhan dalam konteks perdagangan internasional.



sumber: Data Trade Map setelah diolah, 2025.

**Gambar 2.** Ekspor Minyak Kelapa Sawit Indonesia ke 5 Negara Konsumen Terbesar (Dalam Ribu Dolar)



sumber: Data Trade Map diolah, 2025.

Gambar 3. Perkembangan Produksi Minyak Kelapa Sawit dan Biodiesel Indonesia (Dalam Ton)

### Estimasi OLS Untuk Ekspor CPO

Berdasarkan data yang diperoleh dari berbagai sumber, penelitian ini menyusun data dalam bentuk panel data yang digunakan untuk menganalisis pengaruh produksi biodiesel terhadap perdagangan minyak kelapa sawit Indonesia. Metode estimasi yang digunakan adalah *Ordinary Least Squares* (OLS) dengan pendekatan *Gravity Model of Trade* (Anderson, 1979). Berbeda dengan sebagian besar penelitian terdahulu yang menggunakan pendekatan agregat pada tingkat makroekonomi, seperti total ekspor atau ekspor sektor pertanian secara umum, penelitian ini secara spesifik mengkaji perdagangan komoditas minyak kelapa sawit berdasarkan kode HS 151110 dan HS 151190. Penggunaan data yang lebih spesifik ini berimplikasi pada adanya perbedaan rentang nilai antarvariabel yang relatif besar (Annas dkk., 2020). Namun demikian, keterbatasan tersebut dapat diminimalkan melalui transformasi logaritma natural, yang merupakan pendekatan umum dalam analisis model gravitasi untuk meningkatkan kestabilan estimasi.

Hasil estimasi yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa seluruh variabel dalam model memiliki pengaruh yang signifikan secara statistik. Meskipun demikian, terdapat beberapa hasil yang tidak sepenuhnya konsisten dengan teori ekonomi perdagangan internasional. Dalam kerangka *gravity model*, Produk Domestik Bruto (PDB) baik dari negara eksportir maupun importir seharusnya berpengaruh positif terhadap nilai perdagangan. Artinya, semakin besar ukuran ekonomi suatu negara, semakin besar pula potensi perdagangan yang terjadi. Namun, hasil estimasi menunjukkan bahwa variabel PDB Indonesia ( $\ln PDB_{it}$ ) justru memiliki pengaruh negatif terhadap ekspor CPO. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan PDB Indonesia diikuti oleh penurunan nilai ekspor CPO. Secara konseptual, kondisi ini dapat dijelaskan melalui adanya transformasi struktur ekspor, di mana Indonesia mulai mengurangi ekspor bahan mentah (CPO) dan beralih ke ekspor produk turunan yang memiliki nilai tambah lebih tinggi, seperti *refined palm oil* (RPO). Oleh karena itu, hasil ini dapat menjadi indikasi awal adanya perubahan strategi perdagangan, sekaligus membuka peluang untuk penelitian lanjutan yang lebih mendalam terkait hilirisasi industri kelapa sawit.

Tabel 2. Hasil Estimasi OLS Untuk Ekspor CPO

$\ln X_{ijt}$	Estimate	Std error
$\ln PDB_{it}$	-11,992 **	3,893
$\ln PDB_{jt}$	0,345 ***	0,078
$\ln Dist_{ij}$	-1,907 ***	0,197
$\ln X_{kt}$	0,579 ***	0,028
$\ln Prod_{it}$	4,535 *	2,177
$\ln Bio_{it}$	0,196 *	0,094
Constant	253,483 ***	3,893
Observations		736
R <sup>2</sup>		0,474
Adjusted R <sup>2</sup>		0,470
Residual Standard Error		3,756
F statistic		109,6
Note:	*p < 0,05 ; **p < 0,01 ; ***p < 0,001	

sumber: Data sekunder setelah diolah, 2025

Selanjutnya, variabel jarak ekonomi ( $\ln Dist_{ij}$ ) menunjukkan pengaruh negatif dan signifikan terhadap nilai perdagangan, yang konsisten dengan teori dalam gravity model. Hasil ini menegaskan bahwa semakin besar jarak antarnegara, maka biaya perdagangan cenderung meningkat, sehingga menurunkan intensitas perdagangan. Secara kuantitatif, peningkatan jarak antarnegara berimplikasi pada penurunan nilai ekspor CPO. Angka hasil estimasi menunjukkan bahwa nilai perdagangan CPO akan mengalami penurunan 1,9 ribu dolar ketika jarak dari kedua negara bertambah 1 km. Temuan ini memperkuat relevansi faktor biaya transportasi dan hambatan geografis dalam menentukan pola perdagangan internasional.

Di sisi lain, variabel ekspor CPO Malaysia ( $\ln X_{kt}$ ) menunjukkan pengaruh positif dan signifikan terhadap ekspor CPO Indonesia. Secara teoritis, peningkatan suplai global seharusnya menekan harga dan menurunkan nilai ekspor. Namun, hasil empiris menunjukkan hubungan yang searah antara ekspor Indonesia dan Malaysia. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua negara sebagai eksportir utama dunia cenderung merespons dinamika permintaan global secara simultan. Dengan kata lain, peningkatan permintaan global terhadap CPO akan mendorong kenaikan ekspor dari kedua negara secara bersamaan, sehingga pergerakan nilai ekspor keduanya menjadi searah.

Lebih lanjut, variabel produksi domestik minyak kelapa sawit Indonesia ( $\ln Prodit$ ) dan produksi biodiesel Indonesia ( $\ln Bioit$ ) sama-sama menunjukkan pengaruh positif dan signifikan terhadap nilai ekspor CPO, meskipun dengan besaran koefisien yang berbeda. Variabel produksi CPO memiliki pengaruh yang lebih besar dibandingkan produksi biodiesel, yang mencerminkan bahwa kapasitas produksi merupakan faktor utama dalam menentukan kinerja ekspor. Sementara itu, secara teoritis, peningkatan produksi biodiesel di dalam negeri seharusnya mengurangi volume ekspor CPO karena sebagian pasokan dialokasikan untuk konsumsi domestik. Namun, hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi biodiesel justru berpengaruh positif terhadap nilai ekspor CPO. Kondisi ini dapat dijelaskan melalui mekanisme pasar global, di mana peningkatan konsumsi domestik mengurangi pasokan di pasar internasional, sehingga mendorong kenaikan harga dan pada akhirnya meningkatkan nilai ekspor. Dengan demikian, temuan ini menunjukkan adanya interaksi kompleks antara kebijakan energi domestik dan dinamika pasar global dalam menentukan kinerja ekspor minyak kelapa sawit Indonesia, *ceteris paribus*.

### Estimasi OLS Untuk Ekspor RPO

Dalam penelitian ini, model gravitasi dengan estimasi Ordinary Least Squares (OLS) dibedakan ke dalam dua kelompok komoditas spesifik, yaitu HS 151110 (CPO) dan HS 151190 (RPO), untuk mengidentifikasi secara lebih rinci dampak produksi biodiesel terhadap masing-masing jenis produk. Pendekatan ini penting mengingat perbedaan karakteristik kedua komoditas, di mana CPO merupakan bahan baku utama, sedangkan RPO merupakan produk turunan dengan nilai tambah yang lebih tinggi. Perbedaan ini berimplikasi pada segmentasi pasar dan struktur permintaan yang berbeda di tingkat global, sehingga analisis terpisah memungkinkan evaluasi yang lebih akurat terhadap dinamika perdagangan masing-masing komoditas. Selain itu, kebijakan pemerintah Indonesia yang mendorong peningkatan produksi biodiesel untuk memenuhi kebutuhan energi domestik semakin memperkuat relevansi analisis ini dalam konteks perubahan struktur permintaan minyak kelapa sawit.

**Tabel 3.** Hasil Estimasi OLS Untuk Eskpor RPO

$\ln X_{ijt}$	Estimate	Std error
$\ln PDB_{it}$	1,618	2,033
$\ln PDB_{jt}$	0,117 ***	0,018
$\ln Dist_{ij}$	-1,437 ***	0,124
$\ln X_{kt}$	0,367 ***	0,027
$\ln Prod_{it}$	1,556	1,139
$\ln Bio_{it}$	0,029	0,049
Constant	-56.895	35,590
Observations	1012	
R <sup>2</sup>	0,494	
Adjusted R <sup>2</sup>	0,490	
Residual Standard Error	2,312	
F statistic	163,4	
Note:	*p < 0,05 ; **p < 0,01 ; ***p < 0,001	

sumber: Data sekunder setelah diolah, 2025

Hasil estimasi yang disajikan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa tidak semua variabel memiliki pengaruh signifikan terhadap ekspor RPO Indonesia. Variabel yang terbukti signifikan adalah PDB negara importir ( $\ln PDB_{jt}$ ), jarak ekonomi ( $\ln Dist_{ij}$ ), serta nilai ekspor RPO Malaysia ( $\ln X_{kt}$ ). Sesuai dengan kerangka *Gravity Model of Trade*, PDB importir berpengaruh positif terhadap perdagangan, yang mencerminkan bahwa semakin besar kapasitas ekonomi negara tujuan, semakin tinggi permintaan terhadap impor RPO. Sebaliknya, variabel jarak ekonomi menunjukkan pengaruh negatif, yang menegaskan bahwa peningkatan jarak antarnegara akan meningkatkan biaya perdagangan dan menurunkan nilai ekspor. Namun demikian, variabel PDB Indonesia ( $\ln PDB_{it}$ ) tidak menunjukkan signifikansi, yang mengindikasikan bahwa fluktuasi ukuran ekonomi domestik tidak memiliki pengaruh yang kuat terhadap ekspor RPO.

Variabel ekspor RPO Malaysia ( $\ln X_{kt}$ ) menunjukkan pengaruh positif dan signifikan terhadap ekspor RPO Indonesia. Temuan ini konsisten dengan hasil pada komoditas CPO, yang menunjukkan adanya keterkaitan pergerakan ekspor antara kedua negara sebagai produsen utama minyak kelapa sawit dunia. Kondisi ini dapat dijelaskan melalui dinamika permintaan global, di mana peningkatan permintaan terhadap RPO akan mendorong kenaikan ekspor secara simultan baik dari Indonesia maupun Malaysia. Dengan demikian, kedua negara cenderung menjadi price taker di pasar internasional dan merespons perubahan permintaan global secara searah.

Sementara itu, variabel produksi biodiesel ( $\ln Bio_{it}$ ) tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap ekspor RPO. Secara struktural, hal ini dapat dipahami karena produksi biodiesel di Indonesia sebagian besar menggunakan CPO sebagai bahan baku utama, bukan RPO. Oleh karena itu, hubungan antara produksi biodiesel dan ekspor RPO bersifat tidak langsung. Meskipun secara teoritis peningkatan produksi biodiesel dapat mengurangi pasokan CPO sebagai bahan baku RPO, yang pada akhirnya berpotensi memengaruhi ekspor RPO, hasil empiris dalam penelitian ini menunjukkan bahwa pengaruh tersebut tidak cukup kuat secara statistik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kebijakan peningkatan produksi biodiesel lebih berdampak langsung pada perdagangan CPO dibandingkan RPO, meskipun terdapat indikasi hubungan tidak langsung melalui mekanisme rantai pasok bahan baku.

### Robustness Check

*Robustness check* dalam penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kesesuaian model OLS terhadap asumsi klasik, melalui tiga pengujian utama, yaitu *Breusch-Pagan test* untuk mendeteksi heteroskedastisitas (Breusch & Pagan, 1979), *Breusch-Godfrey test* untuk mengidentifikasi autokorelasi (Breusch, 1978), serta *Variance Inflation Factor (VIF)* untuk menguji multikolinearitas. Ketiga metode ini digunakan mengingat karakteristik data perdagangan internasional, khususnya dalam kerangka *Gravity Model of Trade*, yang cenderung memiliki hubungan antarnegara yang saling terkait, variasi nilai perdagangan yang tinggi, serta potensi ketidakseimbangan antara volume dan nilai transaksi. Kondisi tersebut meningkatkan risiko pelanggaran asumsi OLS, terutama pada penelitian dengan komoditas spesifik seperti minyak kelapa sawit, meskipun didukung oleh jumlah observasi yang relatif besar.

**Tabel 4.** Hasil *Breusch-Pagan Test* dan *Breusch-Godfrey Test*

Model	BPtest	BGtest
Model OLS CPO	p-value = 0,00035	p-value = 2.2e-16
Model OLS RPO	p-value = 4.698e-14	p-value = 2.2e-16

sumber: Data sekunder setelah diolah, 2025

Hasil *Breusch-Pagan test* pada model ekspor CPO dan RPO menunjukkan adanya heteroskedastisitas yang signifikan, ditandai dengan nilai  $p\text{-value} < 5\%$ . Hal ini mengindikasikan bahwa varians error tidak konstan, sehingga model OLS kurang sesuai untuk data yang digunakan. Selain itu, hasil *Breusch-Godfrey test* juga menunjukkan adanya autokorelasi yang signifikan ( $p\text{-value} < 5\%$ ), yang berimplikasi pada ketidakefisienan estimasi parameter dan potensi bias dalam pengujian hipotesis. Kondisi ini dapat disebabkan oleh variabel yang tidak teramati (*omitted variables*) yang turut memengaruhi pola perdagangan, sehingga diperlukan pengembangan model dengan penambahan variabel relevan.

**Tabel 5.** Hasil Uji Variance Inflation Factor

VIF	OLS CPO	OLS RPO
$\ln PDB_{it}$	86,654	85,731
$\ln PDB_{jt}$	1,033	1,022
$\ln Dist_{ij}$	1,010	1,006
$\ln X_{kt}$	1,050	1,067
$\ln Prod_{it}$	75,819	75,328
$\ln Bio_{it}$	6,966	6,920

sumber: Data sekunder setelah diolah, 2025

Lebih lanjut, hasil uji VIF pada Tabel 5 menunjukkan adanya multikolinearitas pada beberapa variabel independen, khususnya PDB Indonesia ( $\ln PDB_{it}$ ) dan produksi domestik ( $\ln Prod_{it}$ ) yang memiliki nilai VIF > 5. Hal ini menandakan adanya korelasi yang kuat antarvariabel penjelas, yang dapat menurunkan stabilitas dan reliabilitas estimasi koefisien. Secara keseluruhan, temuan dari ketiga pengujian ini menunjukkan bahwa data yang digunakan memiliki keterbatasan untuk dianalisis menggunakan model regresi linier OLS secara optimal. Oleh karena itu, hasil ini dapat menjadi dasar pertimbangan bagi penelitian selanjutnya untuk menggunakan pendekatan metodologis yang lebih sesuai dalam menganalisis perdagangan internasional komoditas spesifik.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Biodiesel merupakan salah satu bentuk energi baru terbarukan yang memiliki potensi besar untuk diproduksi di Indonesia. Produksi biodiesel di Indonesia hingga saat ini masih sangat bergantung pada bahan baku minyak kelapa sawit. Peningkatan produksi biodiesel secara langsung akan mendorong peningkatan konsumsi domestik minyak kelapa sawit. Kondisi ini berpotensi mengurangi suplai minyak kelapa sawit di pasar global, mengingat Indonesia merupakan salah satu eksportir utama komoditas tersebut. Di sisi lain, minyak kelapa sawit merupakan komoditas ekspor strategis yang berkontribusi signifikan terhadap devisa negara, didukung oleh luasnya pasar global serta tingginya permintaan dari berbagai sektor industri di berbagai negara. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan ekspor minyak kelapa sawit sebagai dampak dari peningkatan produksi biodiesel domestik yang berbasis bahan baku minyak kelapa sawit. Kesimpulan utama penelitian ini didasarkan pada hasil estimasi OLS untuk komoditas CPO.

Hasil analisis statistik menggunakan metode OLS dengan pendekatan *Gravity Model of Trade* menunjukkan bahwa produksi biodiesel berpengaruh positif terhadap peningkatan nilai perdagangan global CPO. Temuan ini dapat dijelaskan oleh fakta bahwa produksi biodiesel di Indonesia lebih banyak menggunakan CPO dibandingkan RPO sebagai bahan baku utama. Peningkatan penggunaan CPO di dalam negeri berimplikasi pada berkurangnya suplai CPO di pasar global, yang pada akhirnya mendorong kenaikan nilai jual CPO di pasar internasional. Meskipun demikian, interpretasi ini perlu dikaji lebih lanjut mengingat model OLS yang digunakan masih memiliki berbagai keterbatasan. Beberapa pengujian menunjukkan adanya kelemahan model yang dapat memengaruhi validitas hasil estimasi. Selain itu, temuan lain yang menarik adalah pengaruh negatif PDB eksportir terhadap ekspor CPO, yang secara teoritis seharusnya berpengaruh positif. Fenomena ini diduga berkaitan dengan perubahan struktur ekonomi dan strategi perdagangan Indonesia, khususnya pergeseran dari ekspor CPO menuju ekspor produk turunan seperti RPO, serta peningkatan pemanfaatan CPO untuk produksi biodiesel domestik.

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa rekomendasi dapat diajukan bagi penelitian selanjutnya yang mengkaji topik serupa. Pertama, penambahan variabel independen yang relevan sangat disarankan untuk meminimalkan potensi permasalahan model, terutama autokorelasi. Kedua, penggunaan metode estimasi alternatif seperti *Poisson Pseudo Maximum Likelihood* atau *Generalized Least Squares* dapat dipertimbangkan untuk mengatasi permasalahan heteroskedastisitas dan meningkatkan keandalan hasil estimasi. Penelitian perdagangan internasional dengan komoditas yang sangat spesifik memang memiliki tingkat kompleksitas dan risiko yang tinggi, namun hal tersebut sekaligus menjadi peluang yang menarik untuk pengembangan kajian yang lebih mendalam di masa mendatang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J. E. (1979). A Theoretical Foundation for the Gravity Equation. In *The New Palgrave Dictionary of Economics* (Vols. 1–4, Issue 1, pp. 142–149). Nature Publishing Group. <https://doi.org/10.1057/9780230226203.0037>
- Annas, A., Suharno, S., & Nurmalina, R. (2020). The Effect of The European Union Biomass Regulation and Export Taxation on Palm Oil Export. *Jurnal Manajemen Dan Agribisnis*, 17(1), 1–13. <https://doi.org/10.17358/jma.17.1.1>
- Breusch, T. S. (1978). Testing for autocorrelation in dynamic linear models. *Australian Economic Papers*, 17, 334–55. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8454.1978.tb00635.x>
- Breusch TS, Pagan AR. 1979. A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. *Econometrica* 47 (5): 1287–1294. <https://doi.org/10.2307/1911963>.
- Boly, M., & Sanou, A. (2022). Biofuels and food security: evidence from Indonesia and Mexico. *Energy Policy*, 163(May 2021), 112834. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112834>
- Dey, S., Reang, N. M., Das, P. K., & Deb, M. (2021). A comprehensive study on prospects of economy, environment, and efficiency of palm oil biodiesel as a renewable fuel. *Journal of Cleaner Production*, 286, 124981. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124981>
- Faridha, Oktaviani, K., Zulkarnain, Suntoro, D., Ladiba, A. F., Sasti, H. T., Anggono, T., & Negara, I. G. N. A. S. P. (2021). *Biodiesel, Jejak Panjang Sebuah Perjuangan*. Badan Litbang ESDM.
- Gultom, G. A., Krisnamurthi, B., & Saragih, B. (2023). Pengaruh Harga Internasional, Ekspor, Harga TBS, Dan Volume Produksi Biodiesel Terhadap Harga CPO Domestik. *Forum Agribisnis*, 13(2), 152–163. <https://doi.org/10.29244/fagb.13.2.152-163>
- Halimatussadiyah, A., Nainggolan, D., Yui, S., Moeis, F. R., & Siregar, A. A. (2021). Progressive biodiesel policy in Indonesia: Does the Government’s economic proposition hold? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150, 111431. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111431>
- Harahap, F., Silveira, S., & Khatiwada, D. (2019). Cost competitiveness of palm oil biodiesel production in Indonesia. *Energy*, 170, 62–72. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.115>
- Heryani, H., Dewi, E. A., Legowo, A. C., Ghofur, A., & Chairunnisa, N. (2021). Kajian sinergitas agroindustri kelapa sawit dan usaha mikro kecil untuk memproduksi energi terbarukan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 31(3), 249–259. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2021.31.3.249>
- Ichsan, M., Lockwood, M., & Ramadhani, M. (2022). National oil companies and fossil fuel subsidy regimes in transition: The case of Indonesia. *The Extractive Industries and Society*, 11(June), 101104. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2022.101104>
- Indrawan, N., Thapa, S., Rahman, S. F., Park, J.-H., Park, S.-H., Wijaya, M. E., Gobikrishnan, S., Purwanto, W. W., & Park, D. (2017). Palm biodiesel prospect in the Indonesian power sector. *Environmental Technology & Innovation*, 7, 110–127. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2017.01.001>
- Mayandi, Z., & Suharjito. (2024). Palm oil-based biodiesel industry sustainability model using dynamic systems to balance food, energy, and export allocations. *Smart Agricultural Technology*, 7(November 2023), 100421. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100421>
- Mustika, A., Oktaviani, R., & Sukardi, S. (2017). Business Model Canvas and Strategies to Develop Biodiesel Industry of PT. XYZ in Order to Implement CPO Supporting Fund Policy. *Indonesian Journal of Business and Entrepreneurship*, 3(3), 176–186. <https://doi.org/10.17358/ijbe.3.3.176>
- Nabila, R., Hidayat, W., Haryanto, A., Hasanudin, U., Iryani, D. A., Lee, S., Kim, S., Kim, S., Chun, D., Choi, H., Im, H., Lim, J., Kim, K., Jun, D., Moon, J., & Yoo, J. (2023). Oil palm biomass in Indonesia: Thermochemical upgrading and its utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 176(June 2022), 113193. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113193>

- Nuva, N., Fauzi, A., Dharmawan, A. H., & Kumala Putri, E. I. (2019). Political Economy of Renewable Energy and Regional Development: Understanding Social and Economic Problems of Biodiesel Development in Indonesia. *Sodality: Jurnal Sosiologi Pedesaan*, 7(2), 110–118. <https://doi.org/10.22500/sodality.v7i2.19727>
- Papilo, P., Marimin, M., Hambali, E., Machfud, M., Yani, M., Asrol, M., Evanila, E., Prasetya, H., & Mahmud, J. (2022). Palm oil-based bioenergy sustainability and policy in Indonesia and Malaysia: A systematic review and future agendas. *Heliyon*, 8(10), e10919. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10919>
- Rosyadi, F. H., Darwanto, D. H., & Mulyo, J. H. (2020). Impact of Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO) Certification on The Indonesian CPO Exports to The Destination Countries. *Agro Ekonomi*, 31(1). <https://doi.org/10.22146/ae.54559>
- Siregar, K., Tambunan, A. H., Irwanto, A. K., Wirawan, S. S., & Araki, T. (2015). A Comparison of Life Cycle Assessment on Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) and Physic Nut (*Jatropha curcas* Linn.) as Feedstock for Biodiesel Production in Indonesia. *Energy Procedia*, 65, 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.01.054>
- Siregar, Y. I. (2024). Pathways towards net-zero emissions in Indonesia's energy sector. *Energy*, 308(April), 133014. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.133014>
- USDA. (2024). *World Agricultural Production*. Foreign Agricultural Service.
- Wirawan, S. S., Solikhah, M. D., Setiapraja, H., & Sugiyono, A. (2024). Biodiesel implementation in Indonesia: Experiences and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 189(PA), 113911. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113911>