



DOI: <https://doi.org/10.38035/jmpis.v7i2>
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Pengaruh Kendaraan Listrik, Energi Terbarukan, dan Digitalisasi terhadap Efisiensi Biaya Operasional Melalui *Green Logistics* di PT Pos Indonesia (Persero)

Danan Prasetya Sudarso^{1*}, Melia Eka Lestiani², Maniah³

¹Universitas Logistik dan Bisnis Internasional, Bandung, Indonesia, dhazpz@gmail.com

²Universitas Logistik dan Bisnis Internasional, Bandung, Indonesia, meliaeaka@ulbi.ac.id

³Universitas Logistik dan Bisnis Internasional, Bandung, Indonesia, maniah@ulbi.ac.id

*Corresponding Author: dhazpz@gmail.com

Abstract: *High operational logistics costs caused by dependence on fossil fuels, limited renewable energy utilization, and insufficient digital integration remain major challenges for PT Pos Indonesia (Persero). This study aims to analyze the effects of electric vehicle implementation, renewable energy utilization, and operational digitalization on operational cost efficiency through green logistics. A quantitative approach was employed using Partial Least Squares– Structural Equation Modelling (PLS-SEM). Data were collected through a survey conducted from November to December 2025 involving 171 operational employees directly engaged in logistics activities and analyzed using SmartPLS 4.0. The results showed that the implementation of electric vehicles ($\beta = 0.288$; $p < 0.000$), the use of renewable energy ($\beta = 0.421$; $p < 0.000$), and operational digitalization ($\beta = 0.289$; $p = 0.000$) had a positive and significant effect on green logistics. Operational digitalization also had a significant effect on operational cost efficiency, with green logistics having the largest effect ($\beta = 0.439$; $p < 0.000$). The R^2 value of 0.740 indicates that the model is able to explain 74.0% of the variation in green logistics. Green logistics is proven to mediate the influence of all three variables on operational cost efficiency, confirming that more effective operational costs are achieved through integrated green logistics management.*

Keywords: *Electric Vehicles, Renewable Energy, Operational Digitalization, Green Logistics, Operational Cost Efficiency*

Abstrak: Tingginya biaya operasional logistik akibat ketergantungan pada bahan bakar fosil, rendahnya pemanfaatan energi terbarukan, dan keterbatasan integrasi digital menjadi permasalahan utama PT Pos Indonesia (Persero). Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh implementasi kendaraan listrik, pemanfaatan energi terbarukan, dan digitalisasi operasional terhadap efisiensi biaya operasional melalui *green logistics*. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *Structural Equation Modeling* berbasis *Partial Least Squares* (PLS-SEM). Data dikumpulkan melalui survei pada November-Desember 2025 terhadap 171 pegawai unit operasional logistik dan dianalisis menggunakan SmartPLS 4.0. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi kendaraan listrik ($\beta = 0,288$;

$p < 0,000$), pemanfaatan energi terbarukan ($\beta = 0,421$; $p < 0,000$), dan digitalisasi operasional ($\beta = 0,289$; $p = 0,000$) berpengaruh positif dan signifikan terhadap *green logistics*. Digitalisasi operasional juga berpengaruh signifikan terhadap efisiensi biaya operasional, dengan *green logistics* memberikan pengaruh terbesar ($\beta = 0,439$; $p < 0,000$). Nilai R^2 sebesar 0,740 menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan 74,0% variasi *green logistics*. *Green logistics* terbukti memediasi pengaruh ketiga variabel terhadap efisiensi biaya operasional, yang menegaskan bahwa biaya operasional lebih efektif dicapai melalui pengelolaan logistik hijau yang terintegrasi.

Kata Kunci: Kendaraan Listrik, Energi Terbarukan, Digitalisasi Operasional, *Green Logistics*, Efisiensi Biaya Operasional

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan meningkatnya kesadaran akan keberlanjutan mendorong transformasi sektor logistik menuju efisiensi energi dan pengurangan emisi. Sektor transportasi menjadi penyumbang lebih dari 20% dari emisi gas rumah kaca global (IEA, 2023), sehingga muncul konsep *green logistics*, pendekatan rantai pasok berkelanjutan yang menekankan efisiensi sumber daya, inovasi teknologi, dan penggunaan energi bersih (Zhao et al., 2022).

Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 tentang percepatan program kendaraan bermotor listrik berbasis baterai menegaskan komitmen nasional dalam mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan menekan biaya energi di sektor transportasi. Kebijakan ini diperkuat oleh Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dan Peraturan Menteri ESDM Nomor 26 Tahun 2021 yang mendorong percepatan penggunaan energi terbarukan. Transisi menuju kendaraan listrik dan energi bersih diharapkan dapat menjadi solusi strategis untuk menurunkan biaya operasional jangka panjang dan meningkatkan daya saing logistik nasional (Kementerian ESDM, 2023).

Sebagai salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang memiliki jaringan distribusi terbesar di Indonesia, PT Pos Indonesia (Persero) berperan penting dalam sistem logistik nasional. Perusahaan ini menghadapi tantangan besar berupa tingginya biaya operasional, terutama dari penggunaan bahan bakar fosil dan aktivitas distribusi konvensional. Untuk menjawab tantangan tersebut, PT Pos Indonesia (Persero) mulai menginisiasi strategi *green logistics* dengan meluncurkan program “*Pos Indonesia (Persero) Goes Green*” yang meliputi uji coba kendaraan listrik, efisiensi energi di gedung dan gudang, serta digitalisasi distribusi, sejalan dengan transformasi digital sejak 2020 (PT Pos Indonesia (Persero), 2024). Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan kendaraan listrik dapat menurunkan biaya operasional hingga 40% dibandingkan dengan kendaraan berbahan bakar konvensional, khususnya dalam sektor distribusi perkotaan (Rahman et al., 2023). Sementara itu, pemanfaatan energi terbarukan seperti panel surya pada fasilitas logistik terbukti dapat menghemat biaya listrik dan meningkatkan citra ramah lingkungan perusahaan (Sari & Nugroho, 2022). Di sisi lain, digitalisasi operasional melalui sistem pelacakan *real-time*, otomatisasi gudang, dan analisis data logistik berbasis *Internet of Things* (IoT) berperan penting dalam meningkatkan efisiensi, akurasi, dan transparansi proses logistik (Kumar & Singh, 2023).

Namun demikian, penerapan ketiga aspek tersebut tidak selalu secara langsung menghasilkan efisiensi biaya yang signifikan tanpa adanya manajemen logistik hijau yang efektif. *Green logistics* berperan sebagai variabel mediasi yang memastikan setiap inisiatif ramah lingkungan, baik elektrifikasi kendaraan, penggunaan energi terbarukan, maupun digitalisasi operasional, dapat berjalan terintegrasi dan berkontribusi pada penurunan total biaya operasional (Tjahjono et al., 2023). Dengan demikian, efisiensi biaya operasional tidak

hanya bergantung pada penerapan teknologi, tetapi juga pada bagaimana organisasi mengelola logistik hijau secara menyeluruh.

Sebagian besar penelitian terdahulu hanya berfokus pada salah satu aspek, seperti kendaraan listrik (Susilo et al., 2022), pemanfaatan energi terbarukan di sektor pembangkit (Rachmatullah et al., 2021), atau digitalisasi pada industri manufaktur dan keuangan, sehingga masih terbatasnya kajian yang meneliti secara simultan pengaruh ketiga faktor tersebut terhadap efisiensi biaya dalam konteks logistik nasional, khususnya di BUMN seperti PT Pos Indonesia (Persero).

Penelitian ini menghadirkan kebaruan (*Novelty*) dengan menganalisis secara empiris pengaruh implementasi kendaraan listrik, pemanfaatan energi terbarukan, dan digitalisasi operasional terhadap efisiensi biaya operasional melalui peran mediasi *green logistics*. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya menekankan pengaruh langsung antarvariabel, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi biaya operasional lebih efektif dicapai melalui pengelolaan *green logistics* yang terintegrasi. Temuan ini memberikan kontribusi teoretis dalam pengembangan kajian logistik berkelanjutan serta kontribusi praktis sebagai dasar perumusan strategi logistik hijau yang berorientasi pada efisiensi operasional.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Metode kuantitatif dipilih karena bersifat sistematis dan terstruktur untuk menguji hipotesis secara statistik (Sugiyono, 2020). Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan variabel penelitian, sedangkan pendekatan kausal digunakan untuk menguji hubungan sebab-akibat antar variabel. Penelitian ini bersifat *cross-sectional* karena pengumpulan data dilakukan satu kali pada waktu tertentu (Indrawan & Yaniawati, 2017).

Populasi dan Sampel

Populasi penelitian ini adalah seluruh 171 karyawan yang terdiri dari Unit pengelolaan armada, manajemen gudang, dan distribusi, masing-masing diwakili oleh 43 responden, sedangkan unit IT dan operasional diwakili oleh 42 responden. Responden dalam penelitian ini didominasi oleh pegawai dengan masa kerja lebih dari 5 tahun, yaitu sebanyak 159 orang atau 92,99% dari total responden. Kelompok dengan lama bekerja >10–15 tahun merupakan kategori terbesar, mencerminkan bahwa sebagian besar responden memiliki pengalaman kerja yang panjang dan pemahaman mendalam terhadap proses operasional logistik PT Pos Indonesia (Persero).

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Adapun teknik pengumpulan data yang digunakan penulis adalah kuesioner. Menurut Sugiyono (2020: 230), kuesioner adalah teknik pengumpulan data dengan cara peneliti memberikan pertanyaan yang tertulis untuk dijawab oleh responden. Dalam penelitian ini, peneliti melakukan pembagian kuesioner secara langsung.

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan *Structural Equation Modeling (SEM) berbasis Partial Least Squares (PLS)* secara dua tahap. Tahap pertama adalah *measurement model* untuk menguji validitas dan reliabilitas konstruk melalui *convergent validity*, *discriminant validity*, *composite reliability*, *Average Variance Extracted (AVE)*, dan *Cronbach's Alpha* menggunakan SmartPLS 4.0. Tahap kedua adalah *structural model (inner model)* untuk menganalisis hubungan antarvariabel laten, dengan evaluasi menggunakan *R-Square*, koefisien jalur, *bootstrapping*, dan uji prediksi (Q^2). Pengujian hipotesis dilakukan berdasarkan nilai *t*-statistik ($t > 1,96$ pada $\alpha 5\%$) dan nilai *p* ($p < 0,05$) untuk menentukan signifikansi hubungan antarvariabel. Analisis ini bertujuan untuk memastikan konstruk valid

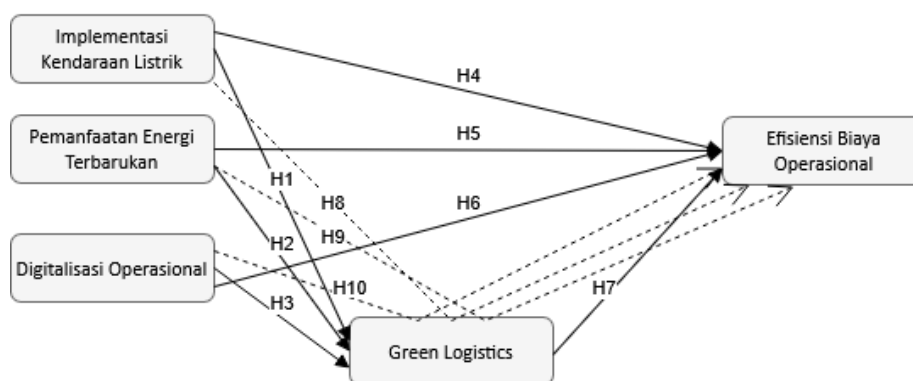
dan reliabel serta menguji pengaruh dan korelasi antarvariabel penelitian secara simultan dan prediktif.

Asumsi Penelitian

Responden penelitian, yaitu karyawan dan manajer operasional PT Pos Indonesia (Persero), diasumsikan memahami kondisi operasional Perusahaan serta implementasi kendaraan Listrik, energi terbarukan, dan digitalisasi operasional, sehingga mampu memberikan jawaban yang objektif dan representative terhadap kuisioner penelitian. Selama periode pengumpulan data, system operasional logistic PT Pos Indonesia (Persero) diasumsikan berada dalam kondisi relatif stabil dan tidak mengalami perubahan structural ekstrem yang dapat meemngaruhi persepsi responden secara signifikan. Setiap responden diasumsikan memberikan jawaban secara independent tanpa pengaruh atau tekanan dari pihak lain.

Kerangka Penelitian

Kerangka pemikiran penelitian ini menjelaskan bahwa implementasi kendaraan listrik, pemanfaatan energi terbarukan, dan digitalisasi operasional berpengaruh terhadap efisiensi biaya operasional, baik secara langsung maupun melalui green logistics sebagai variabel mediasi. Ketiga faktor tersebut mendukung terciptanya sistem logistik yang efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan, sehingga dapat menekan biaya operasional serta meningkatkan kinerja distribusi di PT Pos Indonesia (Persero). Maka dapat dibuat kerangka konsep penelitian sebagai berikut:



Gambar 1. Kerangka Penelitian

Keterangan:

H1: Implementasi Kendaraan Listrik berpengaruh positif terhadap *Green Logistics*.

H2: Pemanfaatan Energi Terbarukan berpengaruh positif terhadap *Green Logistics*.

H3: Digitalisasi Operasional berpengaruh positif terhadap *Green Logistics*.

H4: Implementasi Kendaraan Listrik berpengaruh positif terhadap Efisiensi Biaya Operasional.

H5: Pemanfaatan Energi Terbarukan berpengaruh positif terhadap Efisiensi Biaya Operasional.

H6: Digitalisasi Operasional berpengaruh positif terhadap Efisiensi Biaya Operasional.

H7: *Green Logistics* berpengaruh positif terhadap Efisiensi Biaya Operasional.

H8: *Green Logistics* memediasi pengaruh Implementasi Kendaraan Listrik terhadap Efisiensi Biaya Operasional.

H9: *Green Logistics* memediasi pengaruh Pemanfaatan Energi Terbarukan terhadap Efisiensi Biaya Operasional.

H10: *Green Logistics* memediasi pengaruh Digitalisasi Operasional terhadap Efisiensi Biaya Operasional.

Penjabaran Hipotesis

Pengaruh Implementasi Kendaraan Listrik terhadap *Green Logistics*

Implementasi kendaraan listrik dalam kegiatan logistik merupakan salah satu elemen utama dalam penerapan green logistics. Kendaraan listrik menghasilkan emisi karbon yang lebih rendah dibandingkan kendaraan berbahan bakar fosil, sehingga berkontribusi pada pengurangan dampak lingkungan dari aktivitas distribusi. Menurut Lin et al. (2022), penggunaan kendaraan listrik dalam sistem logistik mampu menurunkan emisi gas rumah kaca secara signifikan serta meningkatkan efisiensi energi transportasi. Selain itu, Zhang dan Wang (2023) menyatakan bahwa kendaraan listrik mendukung konsep green transportation dengan mengurangi polusi udara dan kebisingan di wilayah perkotaan.

Dalam konteks green logistics, penerapan kendaraan listrik tidak hanya berdampak pada aspek lingkungan, tetapi juga mendorong perusahaan untuk mengadopsi praktik distribusi yang lebih berkelanjutan, seperti optimalisasi rute dan penggunaan armada ramah lingkungan. Dengan demikian, implementasi kendaraan listrik berperan penting dalam memperkuat penerapan green logistics pada perusahaan logistik.

H1: Implementasi Kendaraan Listrik berpengaruh positif terhadap *Green Logistics*.

Pengaruh Pemanfaatan Energi Terbarukan terhadap *Green Logistics*

Pemanfaatan energi terbarukan merupakan komponen penting dalam penerapan green logistics, khususnya pada kegiatan pergudangan dan operasional pusat distribusi. Penggunaan sumber energi bersih, seperti tenaga surya dan energi angin, dapat mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil serta menurunkan emisi karbon dari aktivitas logistik. Rahman et al. (2021) menyatakan bahwa integrasi energi terbarukan pada fasilitas logistik berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kinerja lingkungan perusahaan. Penelitian Chen dan Li (2023) juga menunjukkan bahwa perusahaan yang mengadopsi energi terbarukan dalam operasional logistik memiliki tingkat keberlanjutan yang lebih baik serta mampu mengimplementasikan praktik green logistics secara lebih konsisten. Dengan demikian, pemanfaatan energi terbarukan mendorong terciptanya sistem logistik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

H2: Pemanfaatan Energi Terbarukan berpengaruh positif terhadap *Green Logistics*.

Pengaruh Digitalisasi Operasional terhadap *Green Logistics*

Digitalisasi operasional berperan sebagai faktor pendukung utama dalam penerapan green logistics melalui peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya dan pengurangan pemborosan. Menurut Laudon dan Laudon (2020), sistem digital memungkinkan pengelolaan data secara real-time yang mendukung pengambilan keputusan berbasis efisiensi energi dan pengurangan emisi. Penerapan teknologi digital seperti route optimization, paperless system, dan monitoring konsumsi energi secara digital mampu menekan dampak lingkungan dari aktivitas logistik.

Huang et al. (2022) menambahkan bahwa digitalisasi operasional dalam logistik memungkinkan perusahaan untuk mengoptimalkan penggunaan armada, mengurangi jarak tempuh distribusi, serta meminimalkan penggunaan bahan bakar dan energi. Oleh karena itu, digitalisasi operasional berkontribusi positif terhadap penerapan green logistics secara efektif dan berkelanjutan.

H3: Digitalisasi Operasional berpengaruh positif terhadap *Green Logistics*.

Pengaruh Implementasi Kendaraan Listrik terhadap Efisiensi Biaya Operasional

Implementasi kendaraan listrik dalam kegiatan logistik berperan penting dalam menekan biaya operasional perusahaan. Menurut Lin et al. (2022), penggunaan kendaraan listrik dapat menurunkan biaya bahan bakar hingga 40% dan biaya perawatan hingga 30% dibandingkan kendaraan berbahan bakar fosil. Hal ini disebabkan oleh efisiensi energi listrik yang lebih tinggi dan sistem mekanik kendaraan listrik yang lebih sederhana. Selain itu, penelitian Zhang & Wang (2023) menunjukkan bahwa kendaraan listrik juga meningkatkan efisiensi pengiriman dengan mengurangi downtime operasional dan meningkatkan keandalan armada. Dengan demikian, penerapan kendaraan listrik memberikan kontribusi langsung terhadap efisiensi biaya operasional melalui pengurangan konsumsi energi dan biaya pemeliharaan.

H4: Implementasi Kendaraan Listrik berpengaruh positif terhadap Efisiensi Biaya Operasional.

Pengaruh Pemanfaatan Energi Terbarukan terhadap Efisiensi Biaya Operasional

Pemanfaatan energi terbarukan seperti tenaga surya dan energi angin di fasilitas logistik (gudang dan pusat distribusi) memberikan dampak signifikan terhadap penghematan biaya energi. Rahman et al. (2021) menjelaskan bahwa penerapan panel surya di gudang logistik mampu menekan biaya listrik hingga 25% per tahun. Sementara itu, studi Chen & Li (2023) menemukan bahwa perusahaan yang mengintegrasikan energi terbarukan dalam operasional logistik mengalami penurunan biaya energi jangka panjang serta peningkatan efisiensi energi hingga 20%. Dengan demikian, penggunaan sumber energi bersih tidak hanya mendukung keberlanjutan lingkungan tetapi juga meningkatkan efisiensi biaya operasional perusahaan.

H5: Pemanfaatan Energi Terbarukan berpengaruh positif terhadap Efisiensi Biaya Operasional.

Pengaruh Digitalisasi Operasional terhadap Efisiensi Biaya Operasional

Digitalisasi operasional memungkinkan otomatisasi dan integrasi proses bisnis yang berkontribusi pada peningkatan efisiensi biaya. Menurut Laudon & Laudon (2020), digitalisasi menciptakan sistem informasi yang mempercepat aliran data dan mengurangi duplikasi pekerjaan, sehingga menekan biaya administrasi dan operasional. Hasil penelitian Huang et al. (2022) juga menunjukkan bahwa penerapan sistem digital seperti *real-time tracking*, *warehouse automation*, dan *data analytics* dapat menurunkan biaya logistik hingga 18% dengan meningkatkan produktivitas serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Dengan demikian, digitalisasi operasional memiliki pengaruh positif dalam meningkatkan efisiensi biaya operasional perusahaan logistik.

H6: Digitalisasi Operasional berpengaruh positif terhadap Efisiensi Biaya Operasional.

Pengaruh Green Logistics terhadap Efisiensi Biaya Operasional

Penerapan *green logistics* tidak hanya bertujuan untuk menjaga kelestarian lingkungan, tetapi juga meningkatkan efisiensi biaya melalui pengelolaan sumber daya yang optimal. Menurut Sbihi & Eglese (2020), strategi logistik hijau seperti penggunaan kendaraan hemat energi, sistem daur ulang kemasan, dan optimalisasi rute distribusi dapat menurunkan total biaya operasional secara signifikan. Hasil penelitian Xu et al. (2022) menunjukkan bahwa perusahaan yang menerapkan *green logistics* mengalami penghematan biaya hingga 20% dibandingkan sistem logistik konvensional. Dengan demikian, penerapan *green logistics* berkontribusi langsung terhadap peningkatan efisiensi biaya operasional.

H7: *Green Logistics* berpengaruh positif terhadap Efisiensi Biaya Operasional.

Pengaruh Implementasi Kendaraan Listrik terhadap Efisiensi Biaya Operasional melalui *Green Logistics*

Penerapan kendaraan listrik tidak hanya berdampak langsung terhadap efisiensi biaya, tetapi juga memperkuat *green logistics* yang menjadi jembatan menuju operasi berbiaya rendah dan ramah lingkungan. Menurut Wang et al. (2023), kendaraan listrik menekan biaya bahan bakar serta mendukung inisiatif logistik hijau dengan mengurangi emisi dan biaya pemeliharaan. Hal ini menunjukkan bahwa *green logistics* memediasi hubungan antara penggunaan kendaraan listrik dan efisiensi biaya operasional.

H8: *Green Logistics* memediasi pengaruh Implementasi Kendaraan Listrik terhadap Efisiensi Biaya Operasional.

Peran Mediasi *Green Logistics* antara Pemanfaatan Energi Terbarukan dan Efisiensi Biaya Operasional

Pemanfaatan energi terbarukan menjadi bagian integral dari *green logistics*, yang berfungsi mengoptimalkan konsumsi energi dan menekan biaya operasional perusahaan logistik. Menurut Chen et al. (2022), penerapan sumber energi bersih di fasilitas logistik meningkatkan efisiensi energi, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, serta mendukung sistem transportasi ramah lingkungan. Studi oleh Zhao & Liu (2023) juga menunjukkan bahwa *green logistics* berperan sebagai mekanisme penghubung antara strategi energi terbarukan dan efisiensi biaya melalui penerapan manajemen energi hijau dan sistem monitoring digital. Dengan demikian, *green logistics* memperkuat hubungan positif antara pemanfaatan energi terbarukan dan efisiensi biaya operasional.

H9: *Green Logistics* memediasi pengaruh Pemanfaatan Energi Terbarukan terhadap Efisiensi Biaya Operasional.

Peran Mediasi *Green Logistics* antara Digitalisasi Operasional dan Efisiensi Biaya Operasional

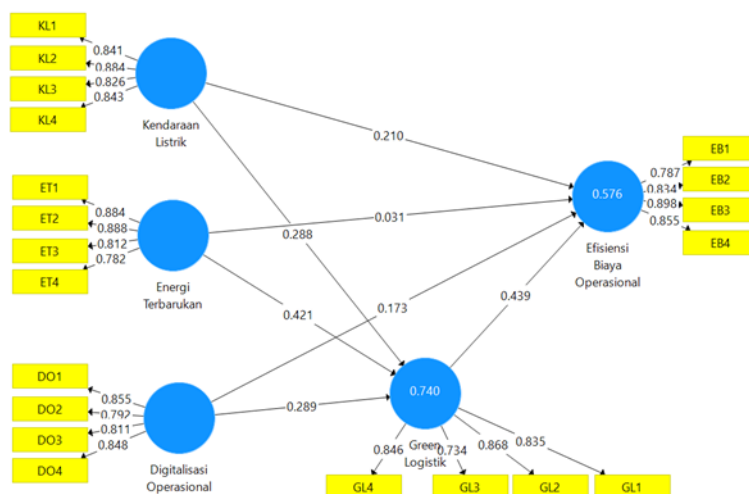
Digitalisasi operasional mendorong efisiensi biaya melalui *green logistics*, karena memungkinkan optimalisasi sumber daya, pengurangan limbah, dan efisiensi transportasi berbasis data. Menurut Huang et al. (2022), integrasi sistem digital seperti *Internet of Things (IoT)* dan *data analytics* meningkatkan kemampuan perusahaan dalam menerapkan praktik logistik hijau melalui pemantauan emisi, efisiensi energi, dan otomatisasi rute pengiriman. Penelitian oleh Wang et al. (2023) juga membuktikan bahwa digitalisasi memperkuat efek *green logistics* dalam menekan biaya bahan bakar dan energi melalui efisiensi proses operasional. Dengan demikian, *green logistics* berperan sebagai variabel mediasi yang menghubungkan digitalisasi operasional dengan efisiensi biaya operasional.

H10: *Green Logistics* memediasi pengaruh Digitalisasi Operasional terhadap Efisiensi Biaya Operasional.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Evaluasi *Measurement (Outer) Model*

Sebelum digunakan untuk analisis lebih lanjut, instrumen penelitian dalam bentuk kuesioner perlu diuji kualitasnya melalui pengujian validitas dan reliabilitas. Pengujian ini bertujuan memastikan bahwa setiap indikator mampu mengukur konstruk yang dimaksud secara tepat serta menghasilkan data yang konsisten dan dapat dipercaya.



Sumber: Data diolah SmartPLS, 2025

Gambar 2. Struktur model SEM-PLS

Uji Validitas

Uji validitas dalam penelitian ini dilakukan menggunakan SmartPLS melalui validitas konvergen dinilai berdasarkan nilai outer loading, dengan kriteria $\geq 0,70$ sebagai standar utama, sedangkan pada penelitian eksploratif nilai 0,50–0,60 masih dapat diterima (Ghozali & Latan, 2020). Validitas diskriminan dievaluasi melalui nilai cross loading, yaitu dengan memastikan bahwa indikator memiliki korelasi tertinggi pada konstruk yang diukur dibandingkan dengan konstruk lainnya. Uji validitas dalam penelitian ini dilakukan menggunakan SmartPLS melalui evaluasi outer model, yang mencakup pengujian *convergent validity* dan *discriminant validity*.

Tabel 1. Nilai Outer Loading

Variabel	Indikator	Outer Loading
Kendaraan Listrik	KL.1	0.841
	KL.2	0.884
	KL.3	0.826
	KL.4	0.843
Energi Terbarukan	ET.1	0.884
	ET.2	0.888
	ET.3	0.812
	ET.4	0.782
Digitalisasi Operasional	DO.1	0.855
	DO.2	0.792
	DO.3	0.811
	DO.4	0.848
Green Logistik	GL.1	0.835
	GL.2	0.868
	GL.3	0.734
	GL.4	0.846
Efisiensi Biaya Operasional	EB1	0.787
	EB2	0.834
	EB3	0.898
	EB4	0.855

Sumber: Data diolah SmartPLS, 2025

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh indikator memiliki nilai *outer loading* berada pada kisaran 0,734 hingga 0,898, yang berarti seluruh indikator telah memenuhi batas minimum 0,50 sebagai kriteria validitas *convergent*.

Tabel 2. *Average Variance Extracted (AVE)*

Average Variance Extracted (AVE)	
Digitalisasi Operasional	0.684
Efisiensi Biaya Operasional	0.713
Energi Terbarukan	0.710
Green Logistik	0.676
Kendaraan Listrik	0.721

Sumber: Data diolah SmartPLS, 2025

Selain itu, nilai *Average Variance Extracted (AVE)* untuk setiap konstruk tercatat lebih besar dari 0,50, menunjukkan bahwa masing-masing konstruk mampu menjelaskan lebih dari 50% varians indikatornya. Temuan ini memastikan bahwa model memiliki tingkat validitas konvergen yang baik.

Tabel 3. *discriminant validity* menggunakan *Fornell-Larcker Criterion*

	Digitalisasi Operasional	Efisiensi Biaya Operasional	Energi Terbarukan	Green Logistik	Kendaraan Listrik
Digitalisasi Operasional	0.827				
Efisiensi Biaya Operasional	0.593	0.844			
Energi Terbarukan	0.594	0.627	0.843		
Green Logistik	0.682	0.732	0.794	0.822	
Kendaraan Listrik	0.493	0.634	0.697	0.724	0.849

Sumber: Data diolah SmartPLS, 2025

Selanjutnya, berdasarkan *discriminant validity* menggunakan *Fornell-Larcker Criterion*, setiap indikator memiliki nilai *loading* yang lebih tinggi pada konstraknya sendiri dibandingkan konstruk lainnya. Nilai akar kuadrat AVE dari masing-masing konstruk juga lebih besar daripada korelasi antar konstruk, sehingga memenuhi syarat *discriminant validity*. Dengan terpenuhinya seluruh kriteria evaluasi *outer model* pada SmartPLS, baik melalui *outer loading*, AVE, maupun *discriminant validity*, dapat disimpulkan bahwa instrumen penelitian yang digunakan telah valid dan layak untuk digunakan dalam analisis lanjutan.

Uji Realibitias

Uji reliabilitas dalam penelitian ini dilakukan menggunakan SmartPLS melalui evaluasi reliabilitas komposit pada outer model. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh konstruk memiliki nilai Cronbach's Alpha, Composite Reliability (CR), dan rho_A yang berada di atas batas minimum 0,70, sebagaimana direkomendasikan oleh Hair et al. (2021).

Tabel 4. *Cronbach's Alpha, Composite Reliability (CR)*

	Cronbach's Alpha	rho_A	Composite Reliability
Digitalisasi Operasional	0.846	0.847	0.896
Efisiensi Biaya Operasional	0.865	0.871	0.908
Energi Terbarukan	0.863	0.872	0.907
Green Logistik	0.839	0.839	0.893

Kendaraan Listrik	0.872	0.881	0.912
-------------------	-------	-------	-------

Sumber: Data diolah SmartPLS, 2025

Secara khusus, nilai Cronbach's Alpha untuk seluruh indikator berada pada rentang sangat tinggi, dengan capaian antara 0,839-0,865, melebihi batas minimum 0,70 yang mengindikasikan konsistensi internal yang kuat antar indikator dalam mengukur konstruk yang sama. Nilai *Composite Reliability* juga tercatat berkisar 0,893-0,908, yang menunjukkan bahwa konstruk memiliki keandalan komposit yang sangat baik dan layak untuk digunakan dalam pengukuran model struktural.

Temuan ini menegaskan bahwa instrumen penelitian telah memenuhi seluruh persyaratan reliabilitas dalam PLS-SEM. Nilai reliabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa indikator-indikator pada setiap konstruk mampu menghasilkan hasil pengukuran yang stabil dan konsisten. Dengan demikian, kuesioner yang digunakan dalam penelitian ini dapat dinyatakan reliabel, sehingga data yang diperoleh dapat dipercaya dan dinyatakan layak untuk digunakan dalam analisis model struktural pada tahap berikutnya.

Hasil Evaluasi Model struktural (*Inner Model*)

Tahap evaluasi model struktural (*inner model*) terdiri dari uji kebaikan model (*model fit*) dan uji hipotesis. Uji kebaikan model dilakukan dengan memerhatikan nilai *R-square* (R^2). Uji hipotesis secara parsial dilakukan dengan memerhatikan nilai signifikansi dari hubungan antar variabel (*direct* dan *indirect effects*):

Uji Kebaikan Model (Model Fit)

Tabel 5. Nilai *R-Square*

	R Square	R Square Adjusted
Efisiensi Biaya Operasional	0.576	0.566
Green Logistik	0.740	0.736

Sumber: Data diolah SmartPLS, 2025

Berdasarkan tabel di atas, nilai R -square variabel Green Logistik sebesar 0,740, yang berarti variabel independen mampu menjelaskan 74,0% variasi Green Logistik. Nilai R -square untuk Efisiensi Biaya Operasional adalah 0,576, menjelaskan 57,6% variasi.

Q-Square

Tabel 6. Uji *Qsquare*

	<i>Q²predict</i>
Efisiensi Biaya Operasional	0.400
Green Logistik	0.478

Sumber: Data diolah SmartPLS, 2025

Model menunjukkan Green Logistik memiliki kemampuan prediksi yang paling kuat ($Q^2 = 0,478$), diikuti Efisiensi Biaya Operasional (0,400).

Analisis Hipotesis

Berdasarkan data penelitian, hipotesis diuji menggunakan t-statistik dan P-Value melalui *Path Coefficient Bootstrapping* di SmartPLS. Pengujian dilakukan dengan uji dua arah (*two-tailed test*). Hipotesis diterima jika P -Value $< 0,05$ atau t-statistik $> 1,96$, menunjukkan pengaruh signifikan antara variabel independen, dependen, dan intervening.

Tabel 7. Hasil Uji Hipotesis melalui Path Coefficient Teknik Bootstrapping

	Original Sample (O)	Sample Mean (M)	Standard Deviation (STDEV)	T Statistics (O/STDEV)	P Values
Digitalisasi Operasional -> Efisiensi Biaya Operasional	0.173	0.178	0.087	1.975	0.049
Digitalisasi Operasional -> Green Logistik	0.289	0.291	0.067	4.340	0.000
Energi Terbarukan -> Efisiensi Biaya Operasional	0.031	0.046	0.098	0.313	0.755
Energi Terbarukan -> Green Logistik	0.421	0.407	0.084	5.041	0.000
Green Logistik -> Efisiensi Biaya Operasional	0.439	0.446	0.122	3.583	0.000
Kendaraan Listrik -> Efisiensi Biaya Operasional	0.210	0.189	0.125	1.681	0.093
Kendaraan Listrik -> Green Logistik	0.288	0.299	0.071	4.040	0.000

Sumber: Data diolah SmartPLS, 2025

Berdasarkan tabel 7, pengaruh langsung antar variabel penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian model variabel Kendaraan Listrik terhadap *Green Logistics* menunjukkan nilai koefisien jalur sebesar 0,288, dengan nilai t-statistik sebesar 4,040 yang lebih besar dari t-tabel (1,96) serta *p-value* sebesar $0,000 < 0,05$. Artinya, Kendaraan Listrik berpengaruh positif dan signifikan terhadap *green logistics*, sehingga hipotesis diterima.
2. Hasil pengujian model variabel Pemanfaatan Energi Terbarukan terhadap *Green Logistics* menunjukkan nilai koefisien jalur sebesar 0,421, dengan nilai t-statistik sebesar 5,041 yang lebih besar dari t-tabel (1,96) serta *p-value* sebesar $0,000 < 0,05$. Artinya, pemanfaatan energi terbarukan berpengaruh positif dan signifikan terhadap *green logistics*, sehingga hipotesis diterima.
3. Hasil pengujian model variabel Digitalisasi Operasional terhadap *Green Logistics* menunjukkan nilai koefisien jalur sebesar 0,289, dengan nilai t-statistik sebesar 4,340 yang lebih besar dari t-tabel (1,96) serta *p-value* sebesar $0,000 < 0,05$. Artinya, digitalisasi operasional berpengaruh positif dan signifikan terhadap *green logistics*, sehingga hipotesis diterima.
4. Hasil pengujian model variabel Implementasi Kendaraan Listrik terhadap Efisiensi Biaya Operasional menunjukkan nilai koefisien jalur sebesar 0,210, dengan nilai t-statistik sebesar 1,681 yang lebih kecil dari t-tabel (1,96) serta *p-value* sebesar $0,093 > 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa kendaraan listrik tidak berpengaruh signifikan terhadap efisiensi biaya operasional, sehingga hipotesis ditolak.
5. Hasil pengujian model variabel Pemanfaatan Energi Terbarukan terhadap Efisiensi Biaya Operasional menunjukkan nilai koefisien jalur sebesar 0,031, dengan nilai t-statistik sebesar 0,313 yang lebih kecil dari t-tabel (1,96) serta *p-value* sebesar $0,755 > 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan energi terbarukan tidak berpengaruh signifikan terhadap efisiensi biaya operasional, sehingga hipotesis ditolak.
6. Hasil pengujian model variabel Digitalisasi Operasional terhadap Efisiensi Biaya Operasional menunjukkan nilai koefisien jalur sebesar 0,173, dengan nilai t-statistik sebesar 1,975 yang lebih besar dari t-tabel (1,96) serta *p-value* sebesar $0,049 < 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa digitalisasi operasional berpengaruh positif dan signifikan terhadap efisiensi biaya operasional, sehingga hipotesis diterima.

7. Hasil pengujian model variabel Green Logistics terhadap Efisiensi Biaya Operasional menunjukkan nilai koefisien jalur sebesar 0,439, dengan nilai t-statistik sebesar 3,583 yang lebih besar dari t-tabel (1,96) serta p-value sebesar $0,000 < 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa green logistics berpengaruh positif dan signifikan terhadap efisiensi biaya operasional, sehingga hipotesis diterima.

Selanjutnya, untuk mengetahui variabel intervening, maka dilakukan uji hipotesis pengaruh secara tidak langsung *green logistics* berperan sebagai variabel mediasi dalam hubungan antara implementasi kendaraan listrik, pemanfaatan energi terbarukan, dan digitalisasi operasional terhadap efisiensi biaya operasional di PT Pos Indonesia (Persero). Hasil analisis dapat dilihat dari *indirect effect* teknik *bootstrapping*, sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil Uji Hipotesis melalui Path Coefficient Teknik Bootstrapping

	Original Sample (O)	Sample Mean (M)	Standard Deviation (STDEV)	T Statistics (O/STDEV)	P Values
Digitalisasi Operasional -> Green Logistik -> Efisiensi Biaya Operasional	0.127	0.128	0.042	2.988	0.003
Energi Terbarukan -> Green Logistik -> Efisiensi Biaya Operasional	0.185	0.179	0.055	3.348	0.001
Kendaraan Listrik -> Green Logistik -> Efisiensi Biaya Operasional	0.126	0.137	0.061	2.088	0.037

Sumber: Data diolah SmartPLS, 2025

Berdasarkan tabel 8, pengaruh tidak langsung antar variabel penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian pengaruh Kendaraan Listrik terhadap Efisiensi Biaya Operasional melalui Green Logistics menunjukkan nilai koefisien pengaruh tidak langsung sebesar 0,126, dengan nilai t-statistik sebesar 2,088 yang lebih besar dari t-tabel (1,96) serta p-value sebesar $0,037 < 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa Green Logistics berperan sebagai variabel intervening yang signifikan dalam hubungan antara Kendaraan Listrik dan efisiensi biaya operasional. Dengan demikian, hipotesis diterima.
2. Hasil pengujian pengaruh Pemanfaatan Energi Terbarukan terhadap Efisiensi Biaya Operasional melalui Green Logistics menunjukkan nilai koefisien pengaruh tidak langsung sebesar 0,185, dengan nilai t-statistik sebesar 3,348 yang lebih besar dari t-tabel (1,96) serta p-value sebesar $0,001 < 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa Green Logistics berperan sebagai variabel intervening yang signifikan dalam hubungan antara Pemanfaatan Energi Terbarukan dan efisiensi biaya operasional. Dengan demikian, hipotesis diterima.
3. Hasil pengujian pengaruh Digitalisasi Operasional terhadap Efisiensi Biaya Operasional melalui Green Logistics menunjukkan nilai koefisien pengaruh tidak langsung sebesar 0,127, dengan nilai t-statistik sebesar 2,988 yang lebih besar dari t-tabel (1,96) serta p-value sebesar $0,003 < 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa Green Logistics berperan sebagai variabel intervening yang signifikan dalam hubungan antara digitalisasi operasional dan efisiensi biaya operasional. Dengan demikian, hipotesis diterima.

Pembahasan

Pengaruh Implementasi Kendaraan Listrik terhadap *Green Logistics* di PT Pos Indonesia (Persero)

Hasil pengujian menunjukkan bahwa implementasi kendaraan listrik berpengaruh positif dan signifikan terhadap *green logistics* di PT Pos Indonesia (Persero), dengan nilai koefisien jalur sebesar 0,288, nilai t-statistik sebesar 4,040, dan p-value sebesar $0,000 < 0,05$. Temuan ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi tingkat penerapan kendaraan listrik dalam aktivitas distribusi dan pengiriman, maka semakin kuat pula penerapan praktik *green logistics* di lingkungan operasional perusahaan.

Pengaruh Pemanfaatan Energi terhadap *Green Logistics* di PT Pos Indonesia (Persero)

Hasil analisis menunjukkan bahwa pemanfaatan energi terbarukan berpengaruh positif dan signifikan terhadap *green logistics*, dengan nilai koefisien jalur sebesar 0,421, nilai t-statistik sebesar 5,041, dan p-value sebesar $0,000 < 0,05$. Nilai koefisien yang relatif tinggi menunjukkan bahwa pemanfaatan energi terbarukan memiliki pengaruh yang kuat dalam mendorong penerapan *green logistics* di PT Pos Indonesia (Persero).

Pengaruh Digitalisasi terhadap *Green Logistics* di PT Pos Indonesia (Persero)

Hasil pengujian menunjukkan bahwa digitalisasi operasional berpengaruh positif dan signifikan terhadap *green logistics*, dengan nilai koefisien jalur sebesar 0,289, nilai t-statistik sebesar 4,340, dan p-value sebesar $0,000 < 0,05$. Temuan ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat digitalisasi operasional, maka semakin kuat penerapan *green transportation* dalam aktivitas logistik perusahaan.

Pengaruh Implementasi Kendaraan Listrik Terhadap Efisiensi Biaya Operasional di PT Pos Indonesia (Persero)

Hasil pengujian menunjukkan bahwa Kendaraan Listrik tidak berpengaruh signifikan terhadap efisiensi biaya operasional, dengan koefisien jalur 0,210, nilai t-statistik 1,681, dan p-value $0,093 > 0,05$. Hal ini mengindikasikan bahwa implementasinya belum mampu meningkatkan efisiensi biaya secara nyata akibat tingginya investasi awal dan pemanfaatan yang belum optimal.

Pengaruh pemanfaatan energi terbarukan, terhadap efisiensi biaya operasional di PT Pos Indonesia (Persero)

Hasil pengujian menunjukkan bahwa Pemanfaatan energi terbarukan tidak berpengaruh signifikan terhadap efisiensi biaya operasional, dengan koefisien jalur 0,031, nilai t-statistik 0,313, dan p-value $0,755 > 0,05$. Hal ini disebabkan oleh biaya investasi awal yang relative tinggi, sehingga energi terbarukan belum memberikan dampak langsung terhadap efisiensi biaya dalam jangka pendek.

Pengaruh Digitalisasi Operasional Terhadap Efisiensi Biaya Operasional di PT Pos Indonesia (Persero)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Digitalisasi operasional berpengaruh positif dan signifikan terhadap efisiensi biaya operasional dengan koefisien jalur sebesar 0,173, nilai t-statistik 1,975, dan p-value $0,049 < 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan sistem digital mampu menekan biaya operasional melalui otomatisasi proses, pengurangan kesalahan administrasi, dan peningkatan efisiensi alur kerja.

Pengaruh *Green Logistics* Terhadap Efisiensi Biaya Operasional di PT Pos Indonesia (Persero)

Hasil analisis menunjukkan bahwa *green logistics* berpengaruh positif dan signifikan terhadap efisiensi biaya operasional, dengan nilai koefisien jalur sebesar 0,439, nilai t-statistik sebesar 3,583, serta p-value sebesar $0,000 < 0,05$. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan *green logistics* yang efektif mampu meningkatkan efisiensi biaya operasional melalui pengelolaan sumber daya, efisiensi penggunaan energi dan menekan pemborosan sumber daya.

Peran *Green Logistics* Sebagai Variabel Mediasi Dalam Hubungan Antara Implementasi Kendaraan Listrik Terhadap Efisiensi Biaya Operasional di PT Pos Indonesia (Persero)

Hasil analisis menunjukkan bahwa implementasi kendaraan Listrik secara tidak langsung berpengaruh positif dan signifikan terhadap efisiensi biaya operasional melalui *green logistics* di PT Pos Indonesia (Persero), dengan nilai koefisien jalur sebesar 0,126, nilai t-statistik sebesar 2,088, dan p-value sebesar $0,037 < 0,05$. Hasil ini mengindikasikan bahwa penggunaan kendaraan listrik mampu memberikan kontribusi nyata dalam menekan biaya operasional, terutama pada komponen biaya bahan bakar dan perawatan kendaraan.

Peran *Green Logistics* Sebagai Variabel Mediasi Dalam Hubungan Antara Pemanfaatan Energi Terbarukan Terhadap Efisiensi Biaya Operasional di PT Pos Indonesia (Persero)

Hasil analisis menunjukkan bahwa Pemanfaatan energi terbarukan berpengaruh positif dan signifikan secara tidak langsung terhadap efisiensi biaya operasional melalui *green logistics*, dengan koefisien jalur sebesar 0,185, nilai t-statistik 3,348, dan p-value $0,001 < 0,05$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan energi terbarukan, seperti penggunaan panel surya dan sumber energi bersih lainnya, memberikan kontribusi terhadap efisiensi biaya operasional melalui penerapan sistem logistik yang berorientasi pada keberlanjutan. *Green logistics* menjadi mekanisme penting yang menjembatani pengaruh energi terbarukan terhadap penghematan biaya melalui efisiensi energi.

Peran *Green Logistics* Sebagai Variabel Mediasi Dalam Hubungan Antara Digitalisasi Operasional Terhadap Efisiensi Biaya Operasional di PT Pos Indonesia (Persero)

Hasil analisis menunjukkan bahwa digitalisasi operasional berpengaruh positif dan signifikan secara tidak langsung terhadap efisiensi biaya operasional melalui *green logistics*, dengan koefisien jalur tidak langsung sebesar 0,127, nilai t-statistik 2,988, dan p-value $0,003 < 0,05$. Temuan ini mengindikasikan bahwa digitalisasi operasional, seperti pemanfaatan sistem informasi logistik dan monitoring digital, mampu meningkatkan efisiensi biaya operasional melalui penguatan praktik *green logistics*. Digitalisasi mendukung optimalisasi rute distribusi, pengurangan penggunaan kertas, serta efisiensi energi yang menjadi bagian dari strategi logistik ramah lingkungan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa implementasi kendaraan listrik, pemanfaatan energi terbarukan, dan digitalisasi operasional berpengaruh positif dan signifikan terhadap *green logistics*, yang menegaskan peran ketiganya dalam mendukung efisiensi energi dan penerapan sistem logistik berkelanjutan. Namun demikian, implementasi kendaraan listrik dan pemanfaatan energi terbarukan belum menunjukkan pengaruh signifikan secara langsung terhadap efisiensi biaya operasional, yang mengindikasikan bahwa dampak ekonominya belum optimal dalam jangka pendek, antara lain akibat kebutuhan investasi awal yang relatif tinggi.

Di sisi lain, digitalisasi operasional serta penerapan green logistics terbukti berpengaruh positif dan signifikan terhadap efisiensi biaya operasional melalui peningkatan efisiensi proses, pengurangan pemborosan, dan optimalisasi penggunaan sumber daya.

Lebih lanjut, green logistics terbukti berperan sebagai variabel mediasi yang signifikan dalam hubungan antara kendaraan listrik, energi terbarukan, dan digitalisasi operasional terhadap efisiensi biaya operasional, yang menunjukkan bahwa pencapaian efisiensi biaya akan lebih optimal apabila ketiga aspek tersebut diimplementasikan secara terintegrasi dalam kerangka logistik ramah lingkungan.

REFERENSI

- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120.
- Bharadwaj, A., El Sawy, O. A., Pavlou, P. A., & Venkatraman, N. (2023). *Digital business strategy: Toward a next generation of insights*. New York: Routledge.
- Björklund, M., & Forslund, H. (2022). Green logistics practices and their impact on performance. *Journal of Cleaner Production*, 358, 132015. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132015>
- Chen, H., Li, Y., & Zhang, J. (2023). Renewable energy integration and logistics efficiency: A green transformation perspective. *Sustainability*, 15(2), 985. <https://doi.org/10.3390/su15020985>
- Chen, L., & Li, X. (2023). The role of renewable energy in logistics cost efficiency. *Energy Economics*, 115, 106468. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106468>
- Ferreira, J., & Reis, J. (2023). The electrification of transport and its implications for logistics management. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 116, 103592. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103592>
- Firmawan, A., Suryani, L., & Ramadhani, N. (2025). The impact of environmentally friendly technology and renewable energy on the operational efficiency of merchant vessels at TUKS PT. Petrokimia Gresik. *Jurnal Info Sains: Informatika dan Sains*, 15(1), 164–170. Retrieved from <https://ejournal.seaninstitute.or.id/index.php/InfoSains/article/view/7106>
- Ghozali, I., & Latan, H. (2020). *Partial least squares: Konsep, teknik, dan aplikasi menggunakan SmartPLS 3.0 untuk penelitian empiris*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Hamal, S., & Mandal, P. (2025). The impact of green logistics on supply chain efficiency and cost reduction. *Journal of Academic Advancement*, 4(1), 65–71. Retrieved from <https://jaa.kbsaa.org/index.php/j/article/view/67>
- Hart, S. L. (1995). A natural-resource-based view of the firm. *Academy of Management Review*, 20(4), 986–1014.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2023). *Operations management: Sustainability and supply chain management* (14th ed.). Boston, MA: Pearson Education.
- Horngren, C. T., Datar, S. M., & Rajan, M. V. (2022). *Cost accounting: A managerial emphasis* (17th ed.). New York: Pearson Education.
- Huang, J., Lee, S., & Kim, D. (2023). Green logistics and sustainable supply chain management. *Sustainability*, 15(3), 1897. <https://doi.org/10.3390/su15031897>
- International Energy Agency (IEA). (2023). *Global EV outlook 2023*. Paris: IEA Publications.
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2023). *Renewable energy statistics 2023*. Abu Dhabi: IRENA.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2023). *Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)*. Jakarta: Kementerian ESDM.

- Kumar, R., & Singh, S. (2023). Digital transformation and operational efficiency in logistics: A systematic review. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 16(2), 305–322.
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Management information systems: Managing the digital firm* (16th ed.). New York: Pearson Education.
- McKinnon, A. C. (2021). *Decarbonizing logistics: Distributing goods in a low carbon world*. London: Kogan Page.
- Nguyen, T. P., Le, D. N., & Tran, H. M. (2023). Digital logistics and cost efficiency: Evidence from ASEAN countries. *Journal of Business Research*, 158, 113726.
- Rahman, F., Sari, R., & Nugroho, D. (2023). The role of electric vehicles in achieving operational efficiency in urban logistics. *Transportation Research Procedia*, 80, 45–54.
- REN21. (2022). *Renewables 2022 global status report*. Paris: REN21 Secretariat.
- Santoso, S. (2018). *Konsep dasar dan aplikasi SEM dengan AMOS 24*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Sbihi, A., & Eglese, R. W. (2020). Combinatorial optimization and green logistics. *Annals of Operations Research*, 290(1), 1–15.
- Sendek-Matysiak, E., Stasiak, A., & Piekarski, W. (2022). Total cost of ownership of light commercial electrical vehicles in city logistics. *Energies*, 15(22), 8392. <https://doi.org/10.3390/en15228392>
- Sugiyono. (2020). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sovacool, B. K. (2021). Renewable energy and sustainable transitions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 138, 110488.
- Tjahjono, B., Santoso, S., & Dewi, L. (2023). Integrating electric vehicles, renewable energy, and green logistics for sustainable supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 404, 136927.
- Umar, H. (2019). *Metode penelitian untuk skripsi dan tesis bisnis*. Jakarta: RajaGrafindo Persada.
- Wamba, S. F., & Queiroz, M. M. (2022). Industry 4.0 and the digital transformation in logistics: A resource-based view. *International Journal of Production Economics*, 247, 108424.
- Wang, Y., Zhao, X., & Li, Y. (2023). The mediating effect of green logistics in digital transformation and operational cost efficiency. *Sustainability*, 15(5), 3986.
- Wu, Y., Zhao, R., & Zhang, Y. (2023). Exploring the relationship between green logistics and environmental performance. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 169, 102993.
- Yoo, Y., Henfridsson, O., & Lyytinen, K. (2022). The new organizing logic of digital innovation: An agenda for information systems research. *Information Systems Research*, 33(1), 1–16.
- Zhang, L., & Li, Q. (2022). Operational efficiency through digital technologies: A cost-based analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 42(4), 537–555.
- Zhao, X., Li, J., & Wang, H. (2022). The role of renewable energy and green logistics in sustainable supply chains. *Sustainability*, 14(3), 1284.