

**Pengaruh Sistem Manajemen Layanan Berbasis IoT, Cloud ERP, dan Green Operation Management terhadap Kinerja Operasional Berkelanjutan di Terminal Teluk Lamong dengan Efisiensi Operasional Sebagai Variabel Mediasi**

**Erwan Khanissuma<sup>1</sup>, Siti Mujanah<sup>2</sup>, Achmad Yanu Alif Fianto<sup>3</sup>**  
Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya  
khanissuma.erwan@gmail.com<sup>1</sup>, sitimujanah@untag-sby.ac.id<sup>2</sup>,  
achmadyanu@untag-sby.ac.id<sup>3</sup>

**ABSTRACT**

*In facing the increasingly complex challenges of the port industry, it is important to understand the contribution of technology and green practices in improving efficiency and sustainable operational performance. This study aims to examine the effect of IoT-based Service Management System (X1), Cloud ERP (X2), and Green Operation Management (X3) on Sustainable Operational Performance (Y), with Operational Efficiency (Z) as a mediating variable at Lamong Bay Terminal. Data were collected through questionnaires distributed to workers who have implemented IoT, Cloud ERP, and green operations management practices. Data analysis used the Structural Equation Modeling-Partial Least Squares (SEM-PLS) method to evaluate the relationship between variables. The results showed that IoT, Cloud ERP, and Green Operation Management have a positive influence on operational efficiency with coefficient values of 0.299; 0.166; and 0.099, respectively. Operational efficiency also contributes positively to the sustainability of operational performance with a coefficient value of 0.263. These findings suggest that the implementation of modern technology and environmentally friendly practices can support improved operational efficiency and sustainability. These results provide strategic insights for Teluk Lamong Terminal to optimize operational efficiency and sustainable performance.*

**Keywords:** Cloud ERP; IoT, Sustainable Operational Performance; Green Operation Management; Operational Efficiency.

**ABSTRAK**

Dalam menghadapi tantangan industri pelabuhan yang semakin kompleks, penting untuk memahami kontribusi teknologi dan praktik ramah lingkungan dalam meningkatkan efisiensi dan kinerja operasional berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh Sistem Manajemen Layanan Berbasis IoT (X1), Cloud ERP (X2), dan Green Operation Management (X3) terhadap Kinerja Operasional Berkelanjutan (Y), dengan Efisiensi Operasional (Z) sebagai variabel mediasi di Terminal Teluk Lamong. Data dikumpulkan melalui kuesioner yang disebarakan kepada pekerja yang telah mengimplementasikan IoT, Cloud ERP, dan praktik manajemen operasi hijau. Analisis data menggunakan metode Structural Equation Modeling-Partial Least Squares (SEM-PLS) untuk mengevaluasi hubungan antar variabel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa IoT, Cloud ERP, dan Green Operation Management memiliki pengaruh positif terhadap efisiensi operasional dengan nilai koefisien masing-masing sebesar 0,299; 0,166; dan 0,099. Efisiensi operasional juga memberikan kontribusi positif terhadap keberlanjutan kinerja operasional dengan nilai koefisien sebesar 0,263. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi modern dan praktik ramah

lingkungan dapat mendukung peningkatan efisiensi dan keberlanjutan operasional. Hasil ini memberikan wawasan strategis bagi Terminal Teluk Lamong untuk mengoptimalkan efisiensi operasional dan kinerja berkelanjutan.

**Kata Kunci:** *Cloud ERP; IoT; Kinerja Operasional Berkelanjutan; Green Operation Management; Efisiensi Operasional.*

## PENDAHULUAN

Pelabuhan memegang peranan penting dalam penyediaan pasokan logistik baik skala Nasional maupun Internasional. Selain itu Pelabuhan juga berperan sebagai fasilitator pertumbuhan ekonomi antar kawasan dan antar negara. Berdasarkan data dari United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) dalam studi yang berjudul “Review of Maritime Transport 2022”, volume perdagangan laut global dalam kemasan kontainer diperkirakan akan mencapai 844 juta TEU (Twenty-Foot Equivalent Unit) pada tahun 2023. Menurut studi tersebut, terdapat pemulihan yang kuat pada volume perdagangan laut global dalam kemasan kontainer pasca wabah pandemi COVID-19 pada tahun 2020. Selanjutnya menurut studi yang sama, pada tahun 2021, volume perdagangan laut kontainer diperkirakan mencapai 814 juta TEU, naik 6,5% dibandingkan tahun 2020. Berdasarkan proyeksi tahun 2023, volume perdagangan laut global dalam kemasan kontainer akan meningkat lagi menjadi 844 juta TEU, atau tumbuh sekitar 3,7% dibandingkan tahun 2022 (Lim et al., 2019). Pertumbuhan volume kontainer yang cukup signifikan ini tidak lepas dari peran teknologi sebagai salah satu kunci sukses perdagangan global antar negara yang membutuhkan arus informasi dan komunikasi yang cukup cepat.

Perkembangan pesat teknologi digital telah mendorong transformasi signifikan dalam industri jasa kepelabuhanan. Penerapan teknologi seperti *Internet of Things (IoT)*, sistem *Enterprise Resource Planning (ERP)* berbasis *Cloud*, dan praktik *Green Operation Management (GOM)* telah menjadi fokus utama dalam upaya meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan keberlanjutan operasional. IoT, dengan kemampuannya menghubungkan berbagai perangkat dan mengumpulkan data secara *real-time*, menawarkan potensi besar dalam mengoptimalkan pengelolaan rantai pasok (Yin et al., 2024). *Cloud ERP*, di sisi lain, menyediakan platform terintegrasi untuk mengelola berbagai fungsi bisnis, memperlancar alur kerja, dan meningkatkan pengambilan keputusan (Haddara et al., 2021). Sementara itu, GOM berfokus pada penerapan praktik bisnis yang ramah lingkungan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Basana et al., 2021).

Berdasarkan hasil penelitian oleh Plaza-Hernández et al. (2021) terkait penerapan teknologi IoT, terdapat keterbatasan dalam pengumpulan dan pemrosesan data di lingkungan maritim yang kompleks, yang dapat diatasi dengan pengembangan platform terbuka dan fleksibel yang mengintegrasikan jaringan terestrial dan satelit untuk layanan maritim. Selanjutnya, hasil penelitian oleh Sulaiman et al. (2020) terkait *Cloud ERP*, terdapat kurangnya penelitian empiris mengenai kemampuan berbasis *Cloud* dan ketangkasan rantai pasokan dalam konteks maritim, yang mendorong perlunya penyediaan kerangka kerja baru untuk memahami pengaruh *Cloud computing* terhadap ketangkasan rantai pasokan.

Berdasarkan hasil penelitian oleh Xiao et al. (2024) terkait *Green Operation Management*, terdapat keterbatasan dalam penerapan teknologi secara luas dalam konteks pengiriman berkelanjutan, sehingga penting untuk menawarkan tinjauan komprehensif tentang teknologi pengiriman cerdas dan dampaknya dalam konteks maritim berkelanjutan. Namun, penelitian mengenai pengaruh gabungan dari ketiga faktor tersebut, terutama dalam konteks kinerja operasional berkelanjutan, masih terbatas. Kinerja operasional berkelanjutan, yang melibatkan efisiensi sumber daya, pengurangan emisi, serta integrasi teknologi untuk mendukung keberlanjutan, dapat menjadi tantangan dalam memaksimalkan manfaat teknologi tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji bagaimana pengaruh manajemen layanan berbasis IoT, *Cloud ERP*, dan GOM terhadap kinerja operasional berkelanjutan di Terminal Teluk Lamong.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penerapan IoT dalam sektor jasa membantu meningkatkan kinerja operasional secara signifikan, terutama dalam hal efisiensi logistik dan pengelolaan sumber daya (Nguyen et al., 2023). *Cloud ERP*, di sisi lain, memungkinkan integrasi proses bisnis secara holistik sehingga mendorong koordinasi antar departemen dan tim lebih efisien (Hansen et al., 2023). Manajemen operasi hijau telah terbukti mendukung keberlanjutan operasional, dengan fokus pada penggunaan sumber daya yang lebih efisien dan minim dampak lingkungan (Niu et al., 2022a). Namun, penelitian sebelumnya juga menyoroti bahwa Efisiensi Operasional dapat memperlambat penerapan teknologi ini. Misalnya, pada perusahaan perangkat lunak, tingkat kompleksitas yang tinggi dalam pengelolaan proyek dapat mengurangi efektivitas IoT dan *Cloud ERP*, terutama ketika koordinasi lintas departemen menjadi semakin sulit (Gupta et al., 2020). Kinerja operasional berkelanjutan juga semakin diperkuat dengan adopsi teknologi ramah lingkungan seperti penggunaan *shore power* dan kendaraan listrik, yang membantu mengurangi emisi karbon. Selain itu, penanganan kargo yang ramah lingkungan dan manajemen limbah menjadi elemen penting dalam mendukung keberlanjutan operasional di sektor transportasi. Meski kesadaran akan pentingnya indikator keberlanjutan telah diakui, tingkat adopsi praktik-praktik ini masih bervariasi, menunjukkan perlunya inisiatif pengembangan kapasitas dan kolaborasi lebih lanjut untuk mendorong perubahan yang nyata (Tampubolon et al., 2024). Disamping itu, penerapan praktik Operasi Hijau (GO) dapat memberikan kontribusi dalam kegiatan operasi perusahaan khususnya peningkatan kinerja lingkungan (Thomas et al., 2023). Selanjutnya menurut Thomas et al. (2023), pendekatan secara sadar yang memiliki tujuan jangka panjang untuk beradaptasi dengan tuntutan lingkungan pada layanan dan sistem sembari memberikan nilai sosial ekonom merupakan bagian dari strategi Operasi Hijau.

Penelitian sebelumnya lebih menitikberatkan kepada solusi alternatif untuk masa depan pelabuhan pintar dan menyimpulkan bahwa transformasi digital akan memfokuskan tujuannya pada inovasi digital yang bersandar pada pilar-pilar seperti otomatisasi, pembangunan berkelanjutan, dan kerja sama (Almeida, 2023). Selain itu, penelitian ini juga akan meneliti pengaruh *Cloud ERP* terhadap kinerja operasional berkelanjutan dalam konteks yang sama. Selanjutnya, fokus akan diarahkan pada

pengaruh Manajemen Operasi Hijau (*Green Operation Management*) terhadap kinerja operasional berkelanjutan di Terminal Teluk Lamong. Dengan memahami hubungan ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai interaksi antara teknologi dan praktik manajerial operasi hijau serta dampaknya terhadap kinerja operasional berkelanjutan di Terminal Teluk Lamong. Dengan demikian, penelitian ini akan memberikan kontribusi yang signifikan bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik bisnis dalam bidang logistik. Disamping itu, temuan dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi bagi perusahaan jasa kepelabuhanan dalam merumuskan strategi bisnis yang lebih efektif, efisien, ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Alur penelitian ini disusun sebagai berikut : pertama, tinjauan pustaka yang berisi tentang pengertian dan penerapan teknologi di bisnis Pelabuhan seperti sistem manajemen layanan, IOT, *Cloud ERP*, *Green Operation Management*, kinerja operasional berkelanjutan, efisiensi operasional, dan SEM PLS. Selanjutnya, akan disajikan melalui metodologi dan metode penelitian yang digunakan untuk mengeksplorasi data studi yang diperoleh dari pengolahan dan analisis data melalui *software* SEM-PLS. Berikutnya, hasil penelitian akan disajikan dan didiskusikan, dengan mempertimbangkan relevansi dan orisinalitasnya untuk menafsirkan kontribusi studi ini. Pada bagian akhir, akan disajikan kesimpulan. Di bagian terakhir juga akan disajikan keterbatasan dari penelitian ini dan saran untuk penelitian di masa mendatang.

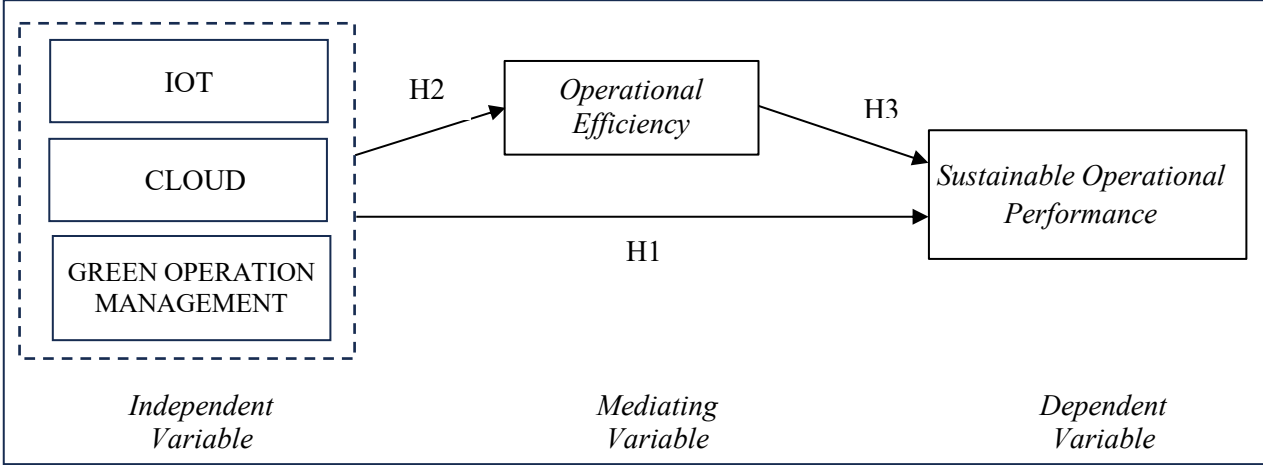
## METODE PENELITIAN

### 1. Desain Penelitian, Populasi, dan Sampel

Penelitian ini mengumpulkan data empiris melalui survei *online*. Populasi penelitian ini adalah para karyawan perusahaan di lingkup kerja Terminal Teluk Lamong yakni para karyawan Terminal teluk Lamong, pengguna jasa di Terminal Teluk Lamong dan para *Stakeholders*. Teknik pengumpulan data menggunakan kuesioner yang disebar secara *online* yang dirancang dengan skala Likert 5 poin dengan 1 : sangat tidak setuju hingga 5 : sangat setuju. Distribusi *online* menggunakan Google Form *Link* yang dikirim melalui email ke Perusahaan pada periode bulan November – Desember 2024. Responden penelitian yang dipilih adalah yang berperan sebagai penanggung jawab di tingkat struktural seperti supervisor, Manager, Senior Manager, dan Direktur. Penentuan responden mempertimbangkan bahwa mereka memiliki pengetahuan dalam strategi dan pengambilan keputusan. Selain itu, institusi juga melampirkan tujuan penelitian kepada responden melalui email. Studi kasus ini difokuskan untuk menguji pengaruh sistem manajemen layanan berbasis IoT, *Cloud ERP*, dan *Green Operation Management* terhadap Kinerja Operasional Berkelanjutan yang dipengaruhi oleh Efisiensi Operasional di Terminal Teluk Lamong.

Data primer dikumpulkan melalui kuesioner yang telah diberikan kepada 100 orang responden di lingkup kerja Terminal Teluk Lamong dengan rentang usia antara 25 sampai 65 tahun. Data yang telah terkumpul selanjutnya dianalisis menggunakan teknik *Partial Least Squares* (PLS). Teknik ini menilai data dalam dua langkah.

Langkah pertama adalah mengevaluasi validitas dan reliabilitas indikator model pengukuran atau konstruk. Penilaian validitas terdiri dari validitas konvergen dan validitas diskriminan. Validitas konvergen terpenuhi ketika nilai pemuatan faktor indikator melebihi 0,5. Sementara validitas diskriminan dievaluasi menggunakan kriteria Forner-Larcker.



**Gambar 1. Kerangka Penelitian dan Hubungan Antar Konstruk**

**2. Item Pengukuran**

Daftar item kuesioner dalam penelitian ini dibagi menjadi dua bagian yaitu proses penyaringan dan item pernyataan utama yang diadaptasi dari literatur sebelumnya. Kuesioner dirancang menggunakan skala Likert lima poin, di mana 1 menunjukkan “sangat tidak setuju” dan 5 menunjukkan “sangat setuju”. Responden diminta untuk menanggapi setiap pernyataan sesuai dengan tingkat persetujuan atau ketidaksetujuan mereka berdasarkan penilaian objektif. Setiap konstruk diukur menggunakan item pengukuran atau indikator yang telah ditetapkan dalam tinjauan literatur. Instrumen yang digunakan untuk mengukur sistem manajemen layanan berbasis IoT, Cloud ERP, dan Green Operation Management diadaptasi dari beberapa penelitian sebelumnya antara lain instrumen IOT dan Cloud ERP diadaptasi dari penelitian oleh (Almeida, 2023), instrumen Green Operation Management diadaptasi dari penelitian oleh (Nusraningrum et al., 2023), instrumen efisiensi operasional diadaptasi dari penelitian oleh (Yau et al., 2020) dan kinerja operasional berkelanjutan diadopsi dari penelitian oleh (Kang & Kim, 2017).

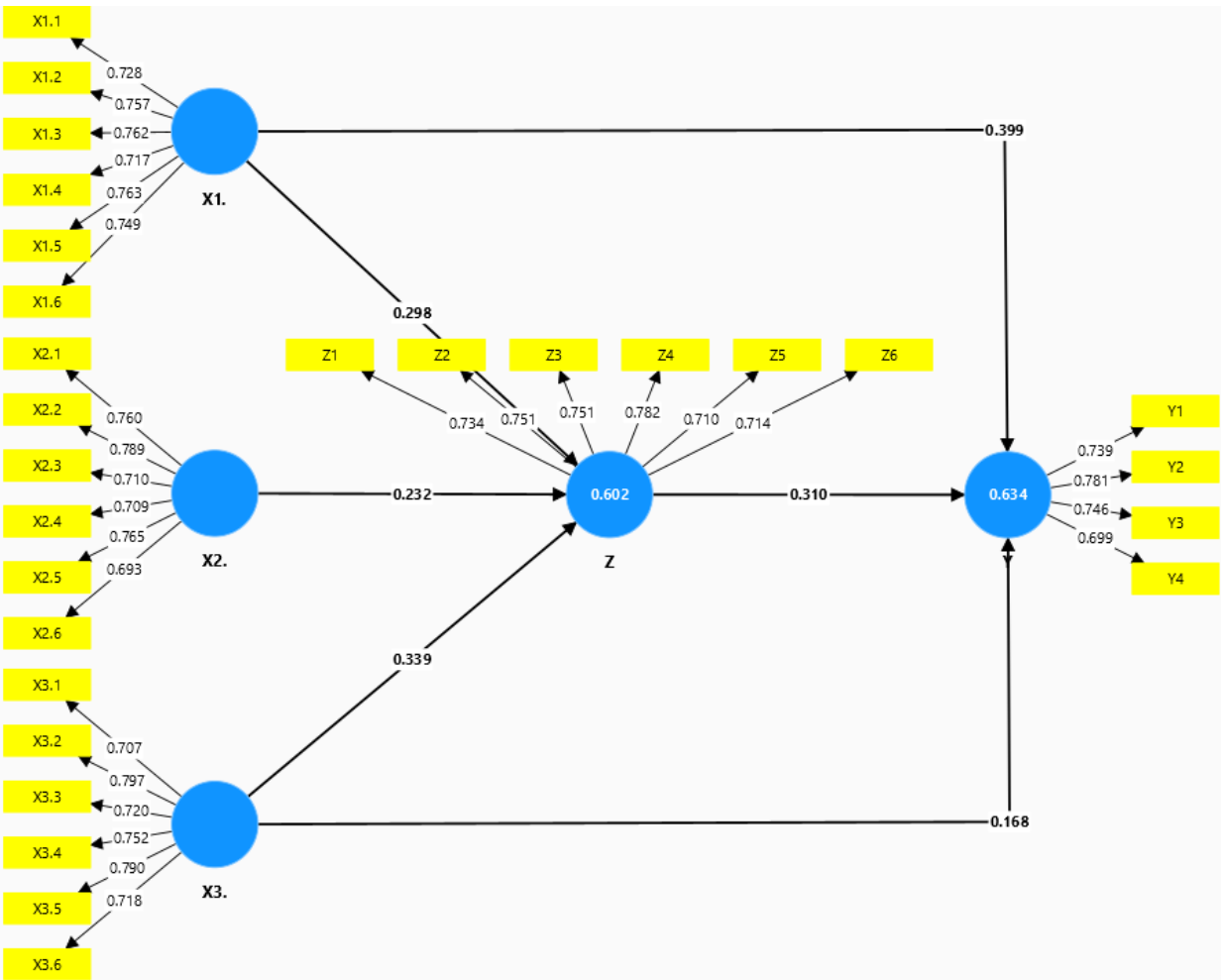
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Data**

Data yang dikumpulkan dianalisis menggunakan teknik *Partial Least Square* (PLS), yang dilakukan dalam dua langkah utama. Langkah pertama adalah mengevaluasi validitas dan reliabilitas indikator dari model pengukuran atau konstruk. Dalam penilaian validitas, terdapat dua jenis validitas yang harus dievaluasi, yaitu validitas konvergen dan validitas diskriminan. Validitas konvergen terpenuhi jika nilai *loading factor* indikator lebih dari 0,70 dan nilai *Average Variance*

Extracted (AVE) melebihi 0,50. Untuk validitas diskriminan, kriteria yang digunakan adalah nilai *Heterotrait-Monotrait Ratio* (HTMT) yang harus kurang dari 0,9, seperti yang disarankan oleh SmartPLS. Selanjutnya, reliabilitas indikator konstruk dievaluasi menggunakan dua metrik utama, yaitu *Cronbach's Alpha* dan *Composite Reliability* ( $\rho_c$ ). Indikator konstruk dianggap reliabel jika nilai *Cronbach's Alpha* dan *Composite Reliability* melebihi 0,70.

Setelah model pengukuran memenuhi kriteria validitas dan reliabilitas, langkah berikutnya adalah evaluasi model internal atau *Inner model*, yang menilai hubungan antar konstruk. Model internal dinilai berdasarkan nilai *R Square* dengan kriteria: 0,25 menunjukkan model lemah, 0,50 menunjukkan model sedang, dan 0,75 menunjukkan model kuat. *Goodness of Fit* model ditentukan dengan nilai SRMR (*Standardized Root Mean Square Residual*) di bawah 0,10 untuk menunjukkan kecocokan model. Selain itu, ukuran efek (*Effect Size*), *F Square*, ditentukan dengan kategori: 0,02 (kecil), 0,15 (sedang), dan 0,35 (besar). Koefisien jalur (*Path Coefficients*) dianalisis berdasarkan *p-value*, di mana *p-value* < 0,05 menunjukkan pengaruh signifikan, sedangkan *p-value* > 0,05 menunjukkan tidak signifikan. Untuk efek tidak langsung (*Specific Indirect Effect*), *p-value* < 0,05 menunjukkan adanya mediasi, sedangkan *p-value* > 0,05 menunjukkan tidak ada mediasi.



**Gambar 2. Diagram Hubungan Variabel Penelitian**

Gambar diagram tersebut menunjukkan hubungan antara variabel *independent*, yaitu IoT, Cloud ERP, dan *Green Operation Management* terhadap *variable* dependen, yaitu Kinerja Operasional Berkelanjutan, dan Efisiensi Operasional sebagai variabel *intervening*. Pada diagram tersebut menjelaskan seberapa besar pengaruh antar variabel yang digunakan dalam penelitian.

**1. Validitas Konvergen:**

Pada uji *outer* model tahap pengujian pertama adalah nilai validitas konvergen. Hasil validitas konvergen dapat diukur dari pembuktian skor variabel dengan skor indikator, sebagai berikut:

**Tabel 1. Validitas Konvergen**

	X1	X2	X3	Y	Z
X1.1	0.728				
X1.2	0.757				
X1.3	0.762				
X1.4	0.717				
X1.5	0.763				
X1.6	0.749				
X2.1		0.755			
X2.2		0.774			
X2.3		0.709			
X2.4		0.719			
X2.5		0.764			
X2.6		0.709			
X3.1			0.707		
X3.2			0.797		
X3.3			0.720		
X3.4			0.752		
X3.5			0.790		
X3.6			0.719		
Y1				0.744	
Y2				0.776	
Y3				0.744	
Y4				0.701	
Z1					0.734
Z2					0.751
Z3					0.751
Z4					0.782
Z5					0.710
Z6					0.714

Tabel di atas menunjukkan bahwa hasil perhitungan variabel *independent*, dependen, dan *intervening* lebih dari 0,7. Maka hasil penelitian

pada seluruh variabel memiliki validitas konvergen yang memenuhi standar atau dapat diterima.

Adapun pengujian *Average Variance Extracted (AVE)*, menunjukkan bahwa besarnya varian indikator dikandung variabel latennya, nilai AVE melebihi 0,5 menunjukkan kecukupan validitas, Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil sebagai berikut:

**Tabel 2. Average Variance Extracted (AVE)**

	<i>Average Variance Extracted (AVE)</i>
<b>X1</b>	0.557
<b>X2</b>	0.546
<b>X3</b>	0.560
<b>Y</b>	0.551
<b>Z</b>	0.549

Hasil perhitungan pada tabel menunjukkan seluruh variabel penelitian memiliki nilai AVE lebih dari 0,5. Maka hasil penelitian pada semua variabel dan faktor laten memiliki validitas yang baik.

#### **Validitas Diskriminan**

Penelitian berikutnya pengujian menggunakan nilai *Heterotrait-Monotrait Ratio (HTMT)*. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan hasil sebagai berikut:

**Tabel 3. Validitas Diskriminan**

	<b>X1.</b>	<b>X2.</b>	<b>X3.</b>	<b>Y</b>
<b>X1.</b>				
<b>X2.</b>	0.730			
<b>X3.</b>	0.902	0.816		
<b>Y</b>	0.948	0.812	0.878	
<b>Z</b>	0.828	0.757	0.852	0.899

Tabel di atas menunjukkan bahwa hasil perhitungan nilai diskriminan dengan parameter nilai HTMT terdapat dua variabel yang memiliki nilai diatas 0,9.

## **2. Uji Reliabilitas**

Penelitian berikutnya pengujian menggunakan uji reliabilitas melalui *Cronbach Alpha* dengan memastikan nilai *Composite Reliability* melebihi 0,7 disebut memenuhi dalam mengukur variabel, kemudian didapatkan hasil sebagai berikut:

**Tabel 4. Uji Reliabilitas**

	<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>Composite Reliability</i>
<b>X1.</b>	0.841	0.883

<b>X2.</b>	0.834	0.878
<b>X3.</b>	0.842	0.884
<b>Y</b>	0.728	0.830
<b>Z</b>	0.835	0.879

Tabel di atas menunjukkan hasil penelitian bahwa konstruk masing-masing variabel memiliki nilai *Cronbach Alpha* dan *Composite Reliability* yang nilainya lebih besar dari 0,7. Maka hasil penelitian seluruh variabel dinyatakan reliabel

### 3. Evaluasi *Inner Model*

- Pengujian Model Struktural Pengaruh Langsung

Pada pengujian model struktural pengaruh langsung untuk mengetahui seberapa besar nilai pengaruh antara variabel independen, variabel *intervening* dan variabel dependen, baik pengaruh secara positif ataupun negatif. Nilai ukur dinyatakan berpengaruh positif sebesar  $> 0$ . Hasil perhitungan sebagai berikut:

**Tabel 5. Evaluasi Model Internal Pengaruh Langsung**

Pengaruh Variabel	Original Sample	Keterangan
IoT(X1) → Efisiensi Operasional (Z)	0.079	Positif
Cloud ERP (X2) → Efisiensi Operasional (Z)	0.059	Positif
Green Operation Management (X3) → Efisiensi Operasional (Z)	0.09	Positif
Efisiensi Operasional (Z) → Kinerja Operasional Berkelanjutan (Y)	0.263	Positif

Hasil pengujian *Inner model* secara langsung menunjukkan bahwa:

1. IoT berpengaruh positif terhadap Efisiensi Operasional dengan nilai pengaruh langsung sebesar 0.299.
2. *Cloud ERP* berpengaruh positif terhadap Efisiensi Operasional dengan nilai pengaruh langsung sebesar 0.166.
3. *Green Operation Management* berpengaruh positif terhadap Efisiensi Operasional dengan nilai pengaruh langsung sebesar 0.099.

4. Efisiensi Operasional berpengaruh positif terhadap Kinerja Operasional Berkelanjutan dengan nilai pengaruh langsung sebesar 0.263.

- Pengujian Model Struktural Pengaruh Tidak Langsung

Pada pengujian struktural tidak langsung untuk mengetahui seberapa besar nilai pengaruh antar variabel multi jalur. Variabel akan dinyatakan berpengaruh positif dengan nilai > 0. Didapatkan hasil sebagai berikut:

**Tabel 6. Evaluasi Model Internal Pengaruh Tidak Langsung**

Pengaruh Variabel	Original sample	Keterangan
Green Operation Management (X3) → Efisiensi Operasional (Z) → Kinerja Operasional Berkelanjutan (Y)	0.090	Positif
IoT(X1) → Efisiensi Operasional (Z) → Kinerja Operasional Berkelanjutan (Y)	0.079	Positif
Cloud ERP (X2) → Efisiensi Operasional (Z) Kinerja → Operasional Berkelanjutan (Y)	0.059	Positif

Didapatkan hasil dengan uraian sebagai berikut:

1. IoT terhadap Kinerja Operasional Berkelanjutan melalui Efisiensi Operasional memiliki pengaruh positif dengan nilai pengaruh tidak langsung sebesar 0,059.
2. Cloud ERP terhadap Kinerja Operasional Berkelanjutan melalui Efisiensi Operasional memiliki pengaruh positif dengan nilai pengaruh tidak langsung sebesar 0,079.
3. Green Operation Management terhadap Kinerja Operasional Berkelanjutan melalui Efisiensi Operasional memiliki pengaruh positif dengan nilai pengaruh tidak langsung sebesar 0,090.

**4. Pengujian R-Square**

**Tabel 7. Uji R-Square**

	R-Square	Keterangan
Y	0.647	sedang
Z	0.601	sedang

Pengujian R-Square bertujuan menilai seberapa pengaruh variabel independen dan variabel *intervening* terhadap variabel dependen. Dapat diukur dengan kategori nilai 0,25 menunjukkan model lemah, 0,50

menunjukkan model sedang, dan 0,75 menunjukkan model kuat. Hasil perhitungan menunjukkan hasil bahwa pengujian menggunakan R-Square pada variabel IoT (X1), Cloud ERP (X2), dan Green Operation Management (X3) mempengaruhi variabel Efisiensi Operasional dengan nilai 0,647 yang memasuki kategori “sedang”. Sedangkan nilai R-Square pada variabel IoT, Cloud ERP, dan Green Operation Management dan Efisiensi Operasional mempengaruhi variabel Operasional Berkelanjutan dengan nilai 0,601 yang memasuki kategori “sedang”.

**5. Goodness of Fit Model**

**Tabel 8. Uji Goodness of Fit Model**

	Saturated model
SRMR	0.073

Dari pengujian Goodness of Fit Model didapatkan hasil nilai sebesar 0.073 yang menunjukkan bahwa model yang digunakan cocok dengan data penelitian yang ada.

**6. Pengujian F-Square**

F-Square bertujuan menggambarkan kontribusi absolut dari variabel independen dan variabel *intervening* terhadap variabel dependen. Dapat diukur dengan kategori nilai 0,02 (kecil), 0,15 (sedang), dan 0,35 (besar). Hasil perhitungan sebagai berikut:

**Tabel 9. Uji F-Square**

	F-Square					Keterangan				
	X1.	X2.	X3.	Y	Z	X1.	X2.	X3.	Y	Z
X1.				0.156	0.091				sedang	kecil
X2.				0.038	0.065				kecil	kecil
X3.				0.009	0.101				kecil	kecil
Y										
Z				0.078					kecil	

Tabel di atas menunjukkan hasil bahwa pengujian menggunakan F-Square dari variabel masing-masing dengan uraian sebagai berikut:

1. IoT terhadap Kinerja Operasional Berkelanjutan memasuki kategori nilai sedang 0,156. IoT terhadap Efisiensi Operasional memasuki kategori nilai kecil 0,091.
2. Cloud ERP terhadap Kinerja Operasional Berkelanjutan memasuki kategori nilai kecil 0,038. Cloud ERP terhadap Efisiensi Operasional memasuki kategori nilai kecil 0,065
3. Green Operation Management terhadap Kinerja Operasional Berkelanjutan memasuki kategori nilai kecil 0,009. Green Operation

*Management* terhadap Efisiensi Operasional memasuki kategori nilai kecil 0,101.

4. Efisiensi Operasional terhadap Kinerja Operasional Berkelanjutan memasuki kategori nilai kecil 0,078.

7. Uji Signifikansi

Pengujian signifikansi bertujuan pengaruh besar pada variabel independen dan variabel *intervening* terhadap variabel dependen. Nilai signifikansi dapat diukur berdasarkan *p-value*, di mana *p-value* < 0,05 menunjukkan pengaruh signifikan, sedangkan *p-value* > 0,05 menunjukkan tidak signifikan. Untuk efek tidak langsung (*Specific Indirect Effect*), *p-value* < 0,05 menunjukkan adanya mediasi, sedangkan *p-value* > 0,05 menunjukkan tidak ada mediasi. Dari pengujian ini, didapatkan hasil berikut:

**Tabel 10. Uji Signifikansi**

	P-Value	Keterangan
X1 → Z	0.299	tidak signifikan
X2 → Z	0.225	tidak signifikan
X3 → Z	0.343	tidak signifikan
X1 → Z → Y	0.079	tidak ada mediasi
X2 → Z → Y	0.059	tidak ada mediasi
X3 → Z → Y	0.090	tidak ada mediasi
Z → Y	0.263	tidak signifikan

Berdasarkan tabel di atas, dapat diuraikan sebagai berikut:

1. IoT (X1) terhadap Efisiensi Operasional (Z) memiliki P-Value 0.299, berpengaruh tidak signifikan.
2. Cloud ERP (X1) terhadap Efisiensi Operasional (Z) memiliki nilai P-Value 0,225, berpengaruh tidak signifikan.
3. Green Operation Management (X1) terhadap Efisiensi Operasional (Z) memiliki nilai P-Value 0,343, berpengaruh tidak signifikan.
4. IoT (X2) terhadap Efisiensi Operasional (Z) melalui Kinerja Operasional Berkelanjutan (Y) memiliki nilai 0.079, menandakan bahwa tidak adanya mediasi.
5. Cloud ERP (X1) terhadap Efisiensi Operasional (Z) melalui Kinerja Operasional Berkelanjutan (Y) memiliki nilai 0.059, menandakan bahwa tidak adanya mediasi.
6. Green Operation Management (X1) terhadap Efisiensi Operasional (Y) melalui Kinerja Operasional Berkelanjutan (Y) memiliki nilai 0.090, menandakan bahwa tidak adanya mediasi.
7. Efisiensi Operasional (Z) terhadap Kinerja Operasional Berkelanjutan (Y) memiliki nilai 0.263, tidak signifikan

## KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini mengungkapkan bahwa penerapan Sistem Manajemen Layanan Berbasis IoT, *Cloud ERP*, dan *Green Operation Management* di Terminal Teluk Lamong memiliki dampak positif terhadap efisiensi operasional, meskipun pengaruh tersebut tidak signifikan secara statistik. Efisiensi operasional berfungsi sebagai variabel mediasi dalam hubungan antara ketiga variabel independen dan kinerja operasional berkelanjutan. Hasil analisis menunjukkan bahwa meskipun teknologi dan praktik ramah lingkungan dapat meningkatkan efisiensi, tantangan dalam implementasi dan integrasi masih perlu diatasi untuk mencapai kinerja operasional yang optimal dan berkelanjutan.

Demi meningkatkan kinerja operasional berkelanjutan, disarankan agar Terminal Teluk Lamong melakukan evaluasi dan pengembangan lebih lanjut terhadap penerapan teknologi IoT dan *Cloud ERP*, serta praktik *Green Operation Management*. Pelatihan dan peningkatan kapasitas bagi karyawan dalam penggunaan teknologi ini sangat penting untuk memaksimalkan manfaat yang dapat diperoleh. Selain itu, kolaborasi yang lebih erat dengan *stakeholders*, termasuk pemerintah dan industri terkait, perlu ditingkatkan untuk menciptakan sinergi dalam penerapan praktik ramah lingkungan dan teknologi yang inovatif, sehingga dapat mendukung keberlanjutan operasional di masa depan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afum, E., Agyabeng-Mensah, Y., Sun, Z., Frimpong, B., Kusi, L. Y., & Acquah, I. S. K. (2020). Exploring the link between green manufacturing, operational competitiveness, firm reputation and sustainable performance dimensions: a mediated approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(7), 1417–1438. <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2020-0036>
- Almeida, F. (2023). Challenges in the Digital Transformation of Ports. *Businesses*, 3(4), 548–568. <https://doi.org/10.3390/businesses3040034>
- Bag, S., Wood, L. C., Xu, L., Dhamija, P., & Kayikci, Y. (2020). Big data analytics as an operational excellence approach to enhance sustainable supply chain performance. *Resources, Conservation and Recycling*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104559>
- Basana, S. R., Tarigan, Z. J. H., Suprpto, W., & Andreani, F. (2021). The effects of internet of things, strategic green purchasing and green operation on green employee behavior: Evidence from hotel industry. *Management Science Letters*, 11(8), 2233–2242. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2021.4.006>
- Gupta, S., Meissonier, R., Drave, V. A., & Roubaud, D. (2020). Examining the impact of *Cloud ERP* on sustainable performance: A dynamic capability view. *International Journal of Information Management*, 51. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.10.013>

- Haddara, M., Gøthesen, S., & Langseth, M. (2021). Challenges of *Cloud-ERP* Adoptions in SMEs. *Procedia Computer Science*, 196, 973–981. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.099>
- Hansen, H. F., Haddara, M., & Langseth, M. (2023). Investigating ERP system customization: A focus on *cloud-ERP*. *Procedia Computer Science*, 219, 915–923. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.367>
- Kang, D., & Kim, S. (2017). Conceptual model development of sustainability practices: The case of port operations for collaboration and governance. *Sustainability (Switzerland)*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/su9122333>
- Kumar, D., Singh, R. K., Mishra, R., & Daim, T. U. (2023). Roadmap for integrating blockchain with Internet of Things (IoT) for sustainable and secured operations in logistics and supply chains: Decision making framework with case illustration. *Technological Forecasting and Social Change*, 196. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122837>
- Latt, N. Z. (2024). Mitigating the Risk of Ship Accidents with an Integrated Approach to Maritime Safety Management. *Maritime Park Journal of Maritime Technology and Society*, 8–15. <https://doi.org/10.62012/mp.v3i2.35385>
- Li, K. X., Li, M., Zhu, Y., Yuen, K. F., Tong, H., & Zhou, H. (2023). Smart port: A bibliometric review and future research directions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2023.103098>
- Lim, S., Pettit, S., Abouarghoub, W., Beresford, A., Abouarghoub, W., & Beresford, A. (2019). Port Sustainability Performance: A Systematic Literature Review Port Sustainability and Performance: A Systematic Literature Review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 72, 47–64.
- Martelli, M., Viridis, A., Gotta, A., Cassara, P., & DI Summa, M. (2021). An Outlook on the Future Marine Traffic Management System for Autonomous Ships. *IEEE Access*, 9, 157316–157328. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3130741>
- Memon, M. A., Ramayah, T., Cheah, J. H., Ting, H., Chuah, F., & Cham, T. H. (2021). PLS-SEM Statistical Programs: A Review. *Journal of Applied Structural Equation Modeling*, 5(1), i–xiv. [https://doi.org/10.47263/JASEM.5\(1\)06](https://doi.org/10.47263/JASEM.5(1)06)
- Nguyen, H. P., Nguyen, P. Q. P., Nguyen, D. K. P., Bui, V. D., & Nguyen, D. T. (2023). Application of IoT Technologies in Seaport Management. *INTERNATIONAL JOURNAL ON INFORMATICS VISUALIZATION*, 7(1). [www.joiv.org/index.php/joiv](http://www.joiv.org/index.php/joiv)
- Niu, H., Zhao, X., Luo, Z., Gong, Y., & Zhang, X. (2022a). Green credit and enterprise green operation: Based on the perspective of enterprise green transformation. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 13). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1041798>

- Niu, H., Zhao, X., Luo, Z., Gong, Y., & Zhang, X. (2022b). Green credit and enterprise green operation: Based on the perspective of enterprise green transformation. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 13). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1041798>
- Nusraningrum, D., Mekar, T. M., Endri, E., & Ahmad, F. S. (2023). Does implementing *Green Operation Management* affect the Sustainability of port operations in Labuan Bajo? *Uncertain Supply Chain Management*, 11(4), 1417–1426. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2023.8.005>
- Puig, M., Azarkamand, S., Wooldridge, C., Selén, V., & Darbra, R. M. (2022). Insights on the environmental management system of the European port sector. *Science of the Total Environment*, 806. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150550>
- Purwanto, A., & Sudargini, Y. (2021). *Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) Analysis for Social and Management Research: A Literature Review*. *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, 2(4). <https://doi.org/10.7777/jiemar.v2i4>
- Santoso, R. W., Siagian, H., Tarigan, Z. J. H., & Jie, F. (2022). Assessing the Benefit of Adopting ERP Technology and Practicing Green Supply Chain Management toward Operational Performance: An Evidence from Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/su14094944>
- Sislian, L., & Jaegler, A. (2020). ERP implementation effects on sustainable maritime balanced scorecard: evidence from major European ports. *Supply Chain Forum*, 21(4), 237–245. <https://doi.org/10.1080/16258312.2020.1754116>
- Tampubolon, B. M., Herawati, S., & Sibarani, M. H. M. (2024). Sustainability Perceptions and Practices in Port Operations: A Qualitative Study Among Transportation Professionals. *Jurnal Abdidas*, 5(3), 174–184. <https://doi.org/10.31004/abdidas.v5i3.928>
- Tarigan, Z. J. H., Siagian, H., & Jie, F. (2021). Impact of enhanced enterprise resource planning (Erp) on firm performance through green supply chain management. *Sustainability (Switzerland)*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/su13084358>
- Thomas, A., Ma, S., Ur Rehman, A., & Usmani, Y. S. (2023). Green Operation Strategies in Healthcare for Enhanced Quality of Life. *Healthcare (Switzerland)*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/healthcare11010037>
- Yau, K. L. A., Peng, S., Qadir, J., Low, Y. C., & Ling, M. H. (2020). Towards Smart Port Infrastructures: Enhancing Port Activities Using Information and Communications Technology. *IEEE Access*, 8, 83387–83404. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2990961>
- Yin, Y., Wang, H., & Deng, X. (2024). Real-time logistics transport emission monitoring- Integrating artificial intelligence and internet of things. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 136. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104426>

Zhou, L., & Suh, W. (2024). A Comprehensive Study on Static and Dynamic Operational Efficiency in Major Korean Container Terminals Amid the Smart Port Development Context. *Sustainability (Switzerland)* , 16(13).  
<https://doi.org/10.3390/su16135288>