

## **Dampak Kesiapan Peralatan Bongkar Muat Terhadap Efisiensi Biaya Operasional Kapal Tug Boat PT. Gurita Lintas Samudera Cabang Merak**

**Intan Mufti Aziz Barkat<sup>1\*</sup>, Retno Anggoro<sup>2</sup>, Endra Winarni<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> D4 Transportasi Laut / Politeknik Maritim Negeri Indonesia

<sup>2</sup> Politeknik Maritim Negeri Indonesia

<sup>3</sup> Politeknik Maritim Negeri Indonesia

\*e-mail: [Muftiaziz177@gmail.com](mailto:Muftiaziz177@gmail.com)

### **Abstract**

*This study aims to analyze the effect of loading and unloading equipment readiness on the operational cost efficiency of tug boats at PT. Gurita Lintas Samudera, Merak Branch. This study focuses on three main indicators, namely the percentage of optimally functioning equipment, the frequency of equipment damage, and the duration of downtime. Data were obtained from 50 respondents including heavy equipment operators, stevedoring workers, foremen, administrative staff, and operational managers through a Likert-scale questionnaire. Data analysis was carried out using the Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) method with the help of SmartPLS software version 4. The test results show that the three variables provide a positive and significant contribution to increasing operational cost efficiency, with the original sample value and p-value respectively: the percentage of optimally functioning equipment (0.250;  $p = 0.047$ ), the frequency of equipment damage (0.404;  $p = 0.001$ ), and downtime (0.269;  $p = 0.047$ ). The model's coefficient of determination ( $R^2$ ) of 0.745 indicates that 74.5% of the variability in cost efficiency can be explained by this equipment readiness variable. The implications of this study emphasize the importance of optimal equipment condition management, damage reduction, and downtime control as effective strategies for sustainably reducing tugboat operating costs. Recommendations are provided for companies to improve maintenance programs and equipment management systems to support operational continuity and competitiveness in the maritime transportation industry.*

**Keywords:** equipment readiness, operational cost efficiency, damage frequency, downtime, tugboat, PLS-SEM.

### **Abstrak**

*Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kesiapan alat bongkar muat terhadap efisiensi biaya operasional kapal tug boat pada PT. Gurita Lintas Samudera Cabang Merak. Studi ini menitikberatkan pada tiga indikator utama, yaitu persentase alat yang berfungsi secara optimal, frekuensi kerusakan alat, serta durasi waktu downtime. Metode pengumpulan data menggunakan kuesioner. Data diperoleh dari 50 responden yang meliputi operator alat berat, pekerja bongkar muat, mandor, staf administrasi, dan manajer operasional melalui kuesioner berformat skala Likert. Analisis data dilakukan menggunakan metode Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) dengan bantuan perangkat lunak SmartPLS versi 4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketiga variabel tersebut memberikan kontribusi positif dan signifikan terhadap peningkatan efisiensi biaya operasional, dengan nilai original sample dan p-value masing-masing: persentase alat berfungsi optimal (0,250;  $p=0,047$ ), frekuensi kerusakan alat (0,404;  $p=0,001$ ), serta waktu downtime (0,269;  $p=0,047$ ). Koefisien determinasi ( $R^2$ ) model sebesar 0,745 mengindikasikan bahwa 74,5% variabilitas efisiensi biaya dapat dijelaskan oleh variabel kesiapan alat ini. Implikasi penelitian menekankan pentingnya pengelolaan optimal kondisi peralatan, pengurangan kerusakan, dan pengendalian downtime sebagai strategi efektif dalam menekan biaya operasional kapal tug boat secara berkelanjutan. Rekomendasi diberikan kepada perusahaan untuk meningkatkan program pemeliharaan dan sistem manajemen peralatan guna mendukung kelangsungan operasional dan daya saing di industri transportasi laut.*

**Kata kunci:** kesiapan alat bongkar muat, efisiensi biaya operasional, frekuensi kerusakan, waktu downtime, kapal tug boat, PLS-SEM

## PENDAHULUAN

Pelabuhan berperan strategis dalam mendukung kelancaran distribusi barang dan kegiatan logistik di sektor transportasi laut yang sangat vital bagi perekonomian nasional. Kinerja operasional pelabuhan sangat dipengaruhi oleh kesiapan alat bongkar muat yang menjadi faktor utama dalam menjamin kelancaran proses bongkar muat serta pengendalian biaya operasional kapal (Widyawati & Yuliantini, 2022). Ketidaksiapan alat bongkar muat dapat menimbulkan gangguan, keterlambatan, dan penambahan biaya, yang pada akhirnya menurunkan efisiensi pelayanan pelabuhan (Purnomo & Rumambi, 2016).

Kesiapan alat bongkar muat diukur melalui beberapa indikator utama seperti persentase alat yang berfungsi optimal, frekuensi kerusakan alat, serta durasi waktu *downtime*. Ketiga indikator tersebut saling berkaitan dan berkontribusi signifikan terhadap kelancaran proses operasional kapal di pelabuhan (Widyawati & Yuliantini, 2022). Persentase alat yang selalu siap digunakan dengan performa optimal mempercepat proses bongkar muat, sementara seringnya frekuensi kerusakan dan tingginya *downtime* menyebabkan pemborosan waktu dan biaya tambahan (Purnomo & Rumambi, 2016).

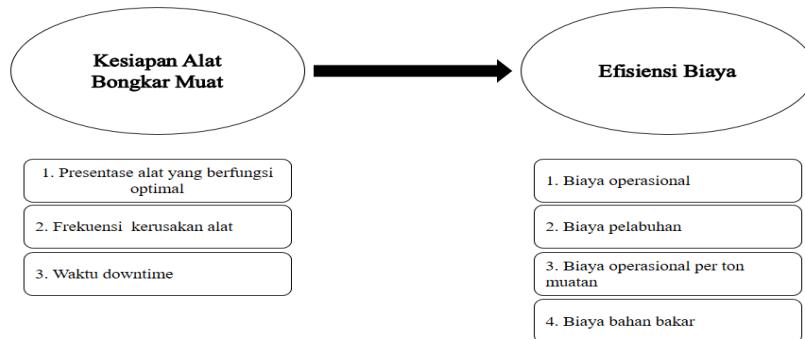
Dalam konteks PT. Gurita Lintas Samudera Cabang Merak, yang mengoperasikan armada kapal *tug boat*, menjaga kesiapan alat bongkar muat adalah tantangan utama demi mempertahankan efisiensi operasional sekaligus mengendalikan biaya yang terkait (Dewa et al., 2021). Pengelolaan alat bongkar muat yang baik dan pengurangan *downtime* terbukti meningkatkan produktivitas di pelabuhan dan menekan biaya operasional secara signifikan (Dewa et al., 2021)(Widyawati & Yuliantini, 2022)

penelitian terdahulu juga menekankan pentingnya pemeliharaan berkala dan pelatihan operator sebagai upaya meningkatkan kesiapan alat (Purnomo & Rumambi, 2016). Penggunaan teknologi *monitoring* serta pelatihan teknisi yang memadai, mampu mengurangi frekuensi dan durasi gangguan pada peralatan. Dengan demikian, efektivitas pengelolaan kesiapan alat merupakan kunci untuk mengoptimalkan kinerja operasional dan menekan biaya pengeluaran yang tidak perlu (Nurmala et al., 2025).

Di sisi lain, efisiensi biaya operasional kapal sendiri merupakan faktor utama dalam daya saing industri pelayaran. Pengelolaan biaya yang efektif mencakup berbagai aspek seperti perawatan mesin, bahan bakar, biaya pelabuhan, dan biaya bongkar muat(Islami et al., 2018)(Mursidi & Sarjito, 2023). Waktu tunggu kapal yang lama akibat kesiapan alat yang buruk dapat menyebabkan biaya *demurrage* dan tambahan biaya pelabuhan yang signifikan, sehingga memberikan beban finansial ekstra bagi perusahaan (Mahsunah et al., 2023)(Hadid & Wibisono, 2022)

Penelitian lain juga menunjukkan bahwa penerapan teknologi pengawasan *real-time* dan peningkatan kompetensi sumber daya manusia berkontribusi besar dalam pencapaian efisiensi biaya operasional secara berkelanjutan (Desy et al., 2022)(Latif & Ali, 2025). Strategi pengelolaan alat yang sistematis bersama dengan pengembangan kapasitas teknisi dan operator menjadi solusi praktis bagi PT. Gurita Lintas Samudera untuk menghadapi tantangan di lapangan.

Namun demikian, studi khusus tentang dampak kesiapan peralatan bongkar muat terhadap efisiensi biaya operasional kapal *tug boat* di PT. Gurita Lintas Samudera Cabang Merak masih sangat terbatas. Faktor tambahan seperti kondisi geografis pelabuhan, metode operasional, dan karakteristik sumber daya manusia juga memberi pengaruh penting selama proses. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk mengisi kesenjangan tersebut dan memberikan rekomendasi strategis berbasiskan fakta empiris yang valid.



Gambar 1. Kerangka Berpikir Penelitian

## METODE

### Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan cara survei dengan pendekatan kuantitatif untuk melihat dampak kesiapan alat bongkar muat terhadap efisiensi biaya operasional kapal *tug boat* di PT. Gurita Lintas Samudera Cabang Merak (Sugiyono, 2023). Variabel independen dalam penelitian ini terdiri dari persentase alat yang berfungsi optimal, frekuensi kerusakan alat, dan durasi waktu *downtime*, sedangkan variabel dependen adalah efisiensi biaya operasional. Jenis penelitian ini bersifat eksplanatori untuk menguji hubungan kausal antar variabel melalui pengujian hipotesis.

### Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan menyebarluaskan kuesioner yang menggunakan *skala Likert* lima poin kepada 50 responden yang meliputi operator alat berat, pekerja bongkar muat, mandor, staf administrasi, dan manajer operasional. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling* agar sampel yang diperoleh sesuai dengan tujuan penelitian (Wajdi et al., 2024). Kuesioner disusun secara sistematis untuk mengukur indikator terkait kesiapan alat hingga efisiensi biaya. Selanjutnya, data yang terkumpul diuji validitas dan reliabilitasnya untuk memastikan keakuratan instrumen penelitian.

### Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan metode *Partial Least Squares Structural Equation Modeling* (PLS-SEM) dengan bantuan perangkat lunak SmartPLS versi 4. Validitas konstruk diuji dengan melihat nilai *outer loading* dan *Average Variance Extracted* (AVE), sementara reliabilitas internal diuji menggunakan *Composite Reliability* dan *Cronbach's* (Janna, 2021). Proses analisis juga meliputi pengujian jalur (*path analysis*) dan pengujian hipotesis untuk mengevaluasi pengaruh variabel independen terhadap efisiensi biaya operasional. Selain itu, nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dianalisis guna mengetahui proporsi variasi efisiensi biaya yang dapat dijelaskan oleh variabel kesiapan alat bongkar muat.

## PEMBAHASAN

### Uji Validitas dan Reliabilitas

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan pengumpulan data melalui kuesioner tertutup berbasis *skala Likert* 1–5, yang disebarluaskan kepada 50 responden terpilih secara *purposive* berdasarkan keragaman karakteristik jenis kelamin, usia, dan jabatan. Dari total responden, mayoritas berjenis kelamin laki-laki sebanyak 32 orang 64%, sementara perempuan berjumlah 18 orang 36%. Sebagian besar responden berada pada rentang usia 30–35 tahun sebanyak 21 orang, diikuti kelompok usia 25–30 tahun 14 orang, 35–40 tahun 11 orang, dan 40–45 tahun 4 orang, tanpa adanya responden yang berusia di atas 45 tahun. Distribusi jabatan responden juga beragam, dengan pekerja bongkar muat sebagai kelompok terbanyak 13

orang, diikuti operator alat berat 11 orang, staf administrasi dan mandor masing-masing 9 orang, serta manajer operasional 8 orang. Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak *SmartPLS 4* untuk menguji pengaruh kesiapan alat bongkar muat yang diukur melalui indikator persentase alat berfungsi optimal, frekuensi kerusakan, dan waktu *downtime* terhadap efisiensi biaya operasional kapal *tug boat*, yang dinilai dari biaya operasional, biaya pelabuhan, biaya per ton muatan, dan biaya bahan bakar. Hasil analisis *Structural Equation Modeling* (SEM) menunjukkan seluruh indikator kesiapan alat bongkar muat berkontribusi positif dan signifikan dalam meningkatkan efisiensi biaya operasional kapal *tug boat*, sehingga menyoroti pentingnya kesiapan alat dalam mendukung proses operasional yang lebih efisien.

#### A. Uji instrumen

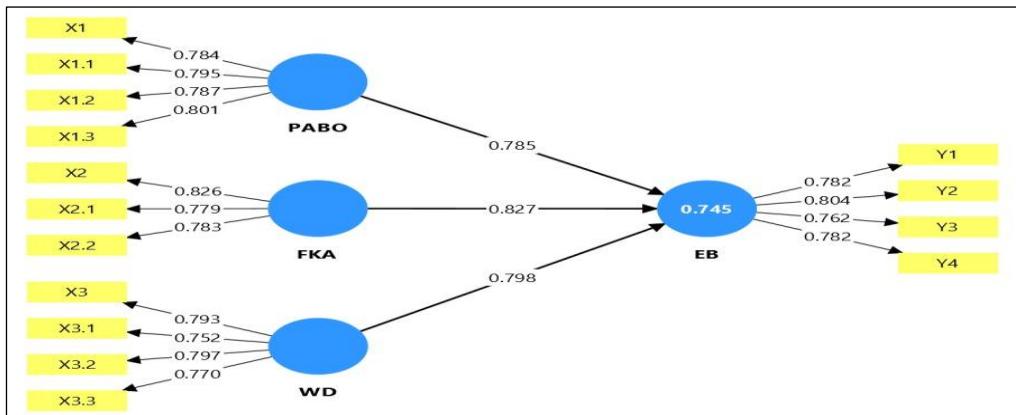
Uji instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji validitas dan reliabilitas yang menggunakan sampel 50 responden guna analisis lebih lanjut. Pengaruh kesiapan alat bongkar muat terhadap biaya operasional kapal *tug boat*.

Tabel 1. statistik

Statistik	Persentase alat yang berfungsi optimal	Frekuensi kerusakan alat	Waktu <i>downtime</i>	Efisiensi biaya
N valid	50	50	50	50
N missing	0	0	0	0
Mean	4,405	4,426667	4,435	4,49
Median	4	4	4	4
Mode	5	5	5	5
Std Deviation	0,610606	0,594682	0,589502	0,584472
Variance	0,372839	0,353647	0,347513	0,341608
Minimum	3	3	3	3
Maximum	5	5	5	5
Sum	881	664	887	898

Tabel yang disajikan menampilkan statistik deskriptif untuk 4 indikator: persentase alat yang berfungsi optimal, frekuensi kerusakan alat, waktu *downtime* dan efisiensi biaya. Dari tabel tersebut, dapat dilihat bahwa setiap variabel memiliki 50 data yang valid tanpa adanya data yang hilang. Nilai rata-rata (mean) untuk persentase alat yang berfungsi optimal adalah 4,405, frekuensi kerusakan alat adalah 4,426667, waktu *downtime* adalah 4,435, dan efisiensi biaya adalah 4,49. Nilai tengah (median) untuk 4 indikator adalah 4 dan 5, yang juga merupakan nilai yang paling sering muncul (mode) dalam distribusi data.

Standar deviasi menunjukkan ukuran penyebaran data di sekitar nilai mean. Nilai standar deviasi untuk persentase alat yang berfungsi optimal adalah 0,610606, frekuensi kerusakan alat adalah 0,594682, waktu *downtime* adalah 0,589502, dan efisiensi biaya adalah 0,584472. Varians, yang merupakan ukuran variasi data, juga disajikan dalam tabel. Nilai varians untuk persentase alat yang berfungsi optimal adalah 0,372839, frekuensi kerusakan alat adalah 0,353647, waktu *downtime* adalah 0,347513, dan efisiensi biaya adalah 0,341608. Tabel juga menampilkan nilai minimum dan maksimum untuk setiap variabel. Nilai minimum untuk persentase alat yang berfungsi optimal, frekuensi kerusakan alat, waktu *downtime*, dan efisiensi biaya adalah 3. Sedangkan nilai maksimum untuk keempat indikator adalah 5.



Gambar 2. Skema model Partial Least Square (PLS)

Untuk menganalisis hasil *Partial Least Squares* (PLS) ini, saya akan memeriksa beberapa aspek utama dari model struktural yang ditampilkan:

- a) Variabel laten:
  - X1: Persentase Alat Yang Berfungsi Optimal
  - X2: Frekuensi Kerusakan Alat
  - X3: Waktu *downtime*
  - Y: Efisiensi biaya
- b) Pengaruh langsung (*path coefficients*):
  - X1-> Y : 0,785
  - X2-> Y: 0,827
  - X3-> Y: 0,798

Model *Partial Least Squares* (PLS) dalam penelitian ini menguji pengaruh tiga variabel independen yaitu persentase alat yang berfungsi optimal, frekuensi kerusakan alat, dan waktu *downtime* terhadap efisiensi biaya operasional kapal *tug boat*. Setiap variabel laten diukur dengan indikator reflektif yang valid dan reliabel, terbukti dari nilai *outer loading* yang semuanya di atas 0,70, menunjukkan hubungan kuat antar indikator dan konstruk. Koefisien jalur (*path coefficients*) masing-masing variabel bebas terhadap efisiensi biaya cukup tinggi, yaitu X1 sebesar 0,785, X2 sebesar 0,827, dan X3 sebesar 0,798. Hal ini mengindikasikan pengaruh langsung yang signifikan dalam model struktural. Dengan demikian, model ini menunjukkan bahwa ketiga aspek kesiapan alat secara signifikan memengaruhi efisiensi biaya operasional secara positif dan dapat diandalkan untuk menjelaskan hubungan yang kompleks antar variabel dalam penelitian ini.

Tahap-tahap dalam analisis *SmartPLS* 4 mengevaluasi model *outer* refektif menggunakan 4 kriteria yaitu menguji validitas dan reliabilitas variabel dengan melihat *Convergent validity*, *Cronbach's Alpha*, *Composite Reliability*, dan *Average Variance Extracted* (AVE) pada masing-masing variabel. Empat kriteria pengujian sebagai berikut:

- a) *Convergent validity*: Indikator dianggap valid apabila nilai koefisien  $>0,70$ . *Factor loadings* pada penelitian ini semua variabel indikatornya sudah memiliki nilai  $>0,70$ . Hal ini berarti indikator dapat dianggap valid.
- b) *Discriminant Validity*: Variabel diakatakan valid apabila *Average Variance Extracted* (AVE) dari masing-masing variabel nilainya  $>0,50$ .
- c) *Composite Reliability*: Variabel dikatakan *reliable* *Composite Reliability* dari masing-masing variabel nilainya  $>0,70$ .
- d) *Cronbach's Alpha*: Variabel dikatakan *reliable* apabila *Cronbach's alpha* dari masing-masing variabel  $>0,70$ .

## B. Uji validitas

### a). Convergent validity

Untuk menguji *convergent validity* digunakan nilai *outer loading* atau *loading factor*. Suatu indikator dinyatakan memenuhi *convergent validity* dalam kategori baik apabila *outer loading*  $> 0,70$ . Berikut adalah nilai *outer loading* dari masing-masing indikator pada variabel penelitian.

Tabel 2. *Outer Loading*

	<b>PABO</b>	<b>FKA</b>	<b>WD</b>	<b>EB</b>
<b>X1</b>	0.784			
<b>X1.1</b>	0.795			
<b>X1.2</b>	0.787			
<b>X1.3</b>	0.801			
<b>X2</b>		0.826		
<b>X2.1</b>		0.779		
<b>X2.2</b>		0.783		
<b>X3</b>			0.793	
<b>X3.1</b>			0.752	
<b>X3.2</b>			0.797	
<b>X3.3</b>			0.770	
<b>Y1</b>				0.782
<b>Y2</b>				0.804
<b>Y3</b>				0.762
<b>Y4</b>				0.782

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 5 seluruh indikator yang digunakan untuk mengukur variabel persentase alat yang berfungsi optimal (PABO), frekuensi kerusakan alat (FKA), waktu *downtime* (WD), dan efisiensi biaya (EB) menunjukkan nilai *outer loading* di atas ambang batas 0,7. Hal ini mengindikasikan validitas konvergen yang memadai serta reliabilitas internal yang baik pada masing-masing konstruk. Rentang nilai *outer loading* yang berada antara 0,752 hingga 0,826 mencerminkan konsistensi indikator dalam merepresentasikan variabel yang diteliti. Dengan demikian, instrumen pengukuran yang digunakan terbukti valid dan reliabel, sehingga mendukung keakuratan dan keandalan hasil analisis penelitian.

### b). Discriminant Validity

*Discriminant Validity* dapat diketahui melalui metode *Average Variance Extracted* (AVE) untuk masing-masing indikator memiliki kriteria  $> 0,5$  agar dikatakan valid.

Tabel 3. *Average variance extracted*

	<b>Average variance extracted (AVE)</b>
<b>PABO</b>	0.627
<b>FKA</b>	0.634
<b>WD</b>	0.606
<b>EB</b>	0.612

Berdasarkan Tabel 6, nilai *Average Variance Extracted* (AVE) untuk variabel PABO, FKA, WD, dan EB masing-masing adalah 0,627, 0,634, 0,606, dan 0,612, yang semuanya berada di atas batas minimal 0,50. Hal ini menunjukkan bahwa setiap variabel mampu

menjelaskan lebih dari separuh varians indikatornya, menandakan validitas konvergen yang memadai. Dengan pencapaian nilai AVE tersebut, variabel-variabel penelitian dapat dianggap valid dalam merepresentasikan konstruk yang diukur, sehingga mendukung keabsahan analisis *Structural Equation Modeling* (SEM) yang digunakan dalam studi ini.

### **C. Uji Reliabilitas**

#### a) *Composite Reliability*

*Composite Reliability* merupakan bagian yang digunakan untuk menguji *reliability* apabila nilai *composite reliability* dari masing-masing variabel nilainya  $> 0,70$ . Berikut ini adalah nilai *composite reliability* dari masing-masing variabel.

Tabel 4. *Composite Reliability*

<i>Composite reliability (rho_c)</i>	
<b>PABO</b>	0.870
<b>FKA</b>	0.839
<b>WD</b>	0.860
<b>EB</b>	0.863

Berdasarkan hasil pada Tabel 7, nilai *Composite Reliability* untuk variabel PABO, FKA, WD, dan EB masing-masing adalah 0,870; 0,839; 0,860; dan 0,863, yang semuanya melebihi batas minimal 0,7. Hal ini menunjukkan bahwa instrumen pengukuran yang digunakan memiliki konsistensi internal yang tinggi dan dapat diandalkan dalam merepresentasikan konstruk variabel masing-masing. Pencapaian nilai *Composite Reliability* yang baik menandakan bahwa alat ukur terbebas dari kesalahan pengukuran yang signifikan serta memiliki kualitas yang memadai. Dengan demikian, reliabilitas yang kuat pada keempat variabel ini memperkuat validitas instrumen penelitian dan memberikan keyakinan pada ketepatan data yang digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam penelitian ini.

#### b) *Cronbach's Alpha*

Uji reliabilitas *composite reliability* diatas dapat diperkuat dengan menggunakan nilai *cronbach's alpha*. Suatu variabel dapat dikatakan reliabel apabila memiliki *Cronbach's Alpha*  $> 0,70$ . Berikut adalah nilai *cronbach's alpha* dari masing-masing variabel.

Tabel 5. *Cronbach's Alpha*

<i>Cronbach's alpha</i>	
<b>PABO</b>	0.802
<b>FKA</b>	0.712
<b>WD</b>	0.783
<b>EB</b>	0.789

Nilai *Cronbach's alpha* yang diperoleh untuk variabel PABO, FKA, WD, dan EB berturut-turut sebesar 0,802; 0,712; 0,783; dan 0,789, semuanya berada di atas ambang batas 0,7 yang menunjukkan tingkat reliabilitas yang memadai dan konsistensi internal yang baik pada instrumen pengukuran. Hasil ini mengindikasikan bahwa setiap konstruk memiliki kestabilan dalam mengukur variabelnya sehingga data yang terkumpul dapat diandalkan untuk analisis selanjutnya. Meskipun nilai *alpha* pada variabel FKA merupakan yang terendah, tetap

memenuhi kriteria keandalan yang dapat diterima. Dengan demikian, instrumen yang digunakan valid serta reliabel, memberikan keyakinan pada ketepatan dan kredibilitas hasil penelitian serta mendukung pengambilan keputusan berdasarkan data tersebut dalam konteks studi ini.

#### Evaluasi Inner Model

Evaluasi model ini dilakukan menggunakan *Coefficient Determination* (R2), uji kebaikan (*Goodness of fit*), dan uji hipotesis (*Direct Effect* dan *Indirect Effect*). Analisis hasil *Partial Least Squares* (PLS) pada gambar 3 menunjukkan model *structural* yang mengevaluasi pengaruh ketiga variable independen terhadap efisiensi biaya.

##### a) *Coefficient Determinant (R2)*

Besarnya *coefficient determination (R-square)* digunakan untuk mengukur seberapa banyak variabel dependen dipengaruhi oleh variabel lainnya. *Chin* menyebutkan hasil R2 sebesar 0,745 ke atas untuk variabel laten dependen dalam model struktural mengidentifikasi pengaruh variabel independen (yang mempengaruhi) terhadap variabel dependen (yang dipengaruhi) termasuk dalam kategori baik. Sedangkan jika hasilnya sebesar 0,33-0,67 maka termasuk kategori sedang dan jika hasilnya sebesar 0,19-0,33 maka termasuk dalam kategori lemah.

Tabel 6. *Coefficient Determinant (R2)*

	<i>R-square</i>	<i>R-square adjusted</i>
<b>EB</b>	0.745	0.728

Nilai *R-Square* sebesar 0,745 pada Tabel 9 mengindikasikan bahwa variabel independen, yakni persentase alat yang berfungsi optimal, frekuensi kerusakan alat, dan waktu *downtime*, secara bersama-sama mampu menjelaskan 74,5% variasi efisiensi biaya operasional. Hal ini menunjukkan bahwa model *regresi* yang digunakan memiliki kemampuan prediksi yang baik dan variabel-variabel tersebut berkontribusi signifikan terhadap efisiensi biaya. Sementara itu, nilai *Adjusted R-Square* sebesar 0,728 memberikan koreksi terhadap kompleksitas model dan ukuran sampel, menunjukkan kestabilan serta keandalan model dalam memprediksi efisiensi biaya pada populasi yang lebih luas. Dengan demikian, model yang dikembangkan dapat dijadikan dasar analisis yang valid dan aplikatif dalam konteks penelitian ini.

##### b) Uji Kebaikan Model (*Goodness Of Fit*)

Penilaian *goodness of fit* diketahui dari nilai *Q-square*. Nilai *Q-Square* memiliki arti sama dengan *coefficient determinant (R-Square)* pada analisis regresi, dimana semakin tinggi *Q\_Square*, maka model dapat dikatakan semakin baik atau semakin fit dengan data. Adapun hasil penghitungan dari *QSquare* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}Q\text{ Square} &= 1 - [(1 - R^2)] \\&= 1 - [(1 - 0,745^2)] \\&= 1 - 0,444975 \\&= 0,555025\end{aligned}$$

Nilai *Q-Square* sebesar 0,555 mengindikasikan bahwa model penelitian ini mampu menjelaskan sekitar 55% variasi dalam data, menunjukkan tingkat kesesuaian model yang baik serta kemampuan prediksi yang memadai. Walaupun terdapat sekitar 45% variasi yang dipengaruhi oleh faktor lain di luar model, hasil ini menegaskan bahwa model tetap relevan dan dapat dipercaya untuk diaplikasikan pada sampel maupun populasi yang lebih luas. Oleh karena itu, temuan ini memberikan dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan serta pengembangan

penelitian selanjutnya, sekaligus memperkuat peran sistem dalam menjelaskan hubungan antar variabel secara efektif dan memberikan insight yang berharga untuk studi berikutnya.

#### **D. Uji Hipotesis**

Penelitian ini mengajukan tiga hipotesis yang membahas hubungan antara indikator persentase alat yang berfungsi optimal dengan efisiensi biaya. Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan, hasil tersebut dapat digunakan untuk menjawab hipotesis penelitian dengan melihat pengaruh tingkat signifikansi antara variabel independen terhadap variabel dependen.

Tabel 7 Hipotesis

	<i>Original sample (O)</i>	<i>Sample mean (M)</i>	<i>Standard deviation (STDEV)</i>	<i>T statistics ( O/STDEV )</i>	<i>P values</i>
<b>PABO -&gt; EB</b>	0.250	0.264	0.126	1.987	0.047
<b>FKA -&gt; EB</b>	0.404	0.398	0.127	3.191	0.001
<b>WD -&gt; EB</b>	0.269	0.266	0.135	1.986	0.047

##### a) Pengujian Hipotesis H1

Hasil pengujian hipotesis H1 menunjukkan bahwa variabel persentase alat yang berfungsi optimal berpengaruh signifikan terhadap variabel efisiensi biaya operasional, dengan nilai koefisien jalur sebesar 0,250. Nilai statistik t sebesar 1,987 melebihi t-tabel 1,676, serta nilai p sebesar 0,047 berada di bawah ambang signifikansi 0,05, yang menegaskan bahwa pengaruh ini valid secara statistik. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan kesiapan alat secara langsung berkontribusi pada peningkatan efisiensi biaya operasional. Oleh karena itu, hasil penelitian ini memperkuat pentingnya pemeliharaan dan pengelolaan alat agar selalu dalam kondisi optimal guna mendukung efektivitas dan efisiensi proses operasional di lingkungan penelitian.

##### b) Pengujian Hipotesis H2

Berdasarkan hasil analisis, variabel frekuensi kerusakan alat menunjukkan pengaruh positif dan signifikan terhadap variabel dependen dengan koefisien jalur sebesar 0,404. Nilai statistik t sebesar 3,191 melebihi nilai kritis 1,676 dan *p-value* 0,001 berada di bawah batas signifikansi 0,05, menegaskan signifikansi statistik pengaruh tersebut. Temuan ini menandakan bahwa peningkatan frekuensi kerusakan alat berdampak signifikan terhadap kinerja sistem yang diteliti, sehingga menuntut penerapan strategi pemeliharaan dan pengelolaan alat yang efektif untuk meminimalkan kerusakan. Dengan demikian, variabel ini dianggap sebagai faktor penting dalam mendukung peningkatan efektivitas operasional dan pengambilan keputusan dalam konteks penelitian.

##### c) Pengujian hipotesis 3

Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel waktu *downtime* memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap variabel dependen dengan koefisien jalur sebesar 0,269. Nilai t statistik sebesar 1,986 melebihi nilai kritis t tabel 1,676, sedangkan *p-value* 0,047 berada di bawah ambang signifikansi 0,05, sehingga menegaskan signifikansi statistik hubungan tersebut. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan waktu *downtime* berdampak nyata terhadap variabel yang diteliti. Dengan demikian, pengelolaan dan pengendalian waktu *downtime* menjadi aspek krusial yang perlu diperhatikan dalam upaya meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, pengurangan waktu *downtime* harus menjadi fokus utama dalam strategi operasional untuk mencapai hasil optimal bagi organisasi.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap dampak kesiapan peralatan bongkar muat terhadap efisiensi biaya operasional kapal *tug boat* di PT. Gurita Lintas Samudera Cabang Merak, dapat disimpulkan bahwa kesiapan alat bongkar muat memiliki kontribusi yang sangat penting dalam meningkatkan efisiensi biaya operasional. Analisis kuantitatif dengan metode PLS-SEM menunjukkan bahwa ketiga indikator utama kesiapan alat yakni persentase alat yang berfungsi optimal, frekuensi kerusakan alat, dan waktu *downtime* secara signifikan mempengaruhi efisiensi biaya, dengan nilai koefisien masing-masing sebesar 0,250 ( $p=0,047$ ), 0,404 ( $p=0,001$ ), dan 0,269 ( $p=0,047$ ). Nilai  $R^2$  sebesar 0,745 mengindikasikan bahwa 74,5% variasi efisiensi biaya dapat dijelaskan dari variabel-variabel ini.

Keandalan instrumen penelitian ini juga terbukti dari seluruh nilai *outer loading* di atas 0,7, *Average Variance Extracted* (AVE) melebihi 0,6, serta nilai *Composite Reliability* dan *Cronbach's Alpha* yang seluruhnya di atas standar minimum 0,7. Temuan ini menunjukkan bahwa perawatan alat yang rutin dan manajemen *downtime* yang sistematis dapat membantu meminimalkan hambatan operasional, mengurangi biaya tambahan akibat kerusakan atau keterlambatan, serta meningkatkan produktivitas pelabuhan.

Secara praktis, hasil penelitian ini merekomendasikan penerapan program pemeliharaan alat yang terjadwal, penggunaan teknologi *monitoring*, serta peningkatan kompetensi tenaga teknisi untuk memastikan kesiapan alat secara optimal. Perusahaan diharapkan lebih fokus pada pengelolaan alat bongkar muat untuk mendukung keberlanjutan efisiensi biaya operasional dan memperkuat daya saing di industri transportasi laut yang kompetitif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Desy, H., Maritim, A., & Banjarmasin, N. (2022). Peran PT. Caraka Tirta Perkasa dalam Pelaksanaan Bongkar Muat Petikemas. *Jurnal Industrui Maritim*, 2(1), 1–11.
- Dewa, A. L., Karningsih, U. D., & Mulatsih, R. (2021). Analisis Pengaruh Peralatan Bongkar Muat, Waktu Tunggu Truck , Kinerja Operator Bongkar Muat, Dan Tenaga Kerja (TKBM) Terhadap Produktivitas Bongkar Muat Batubara Di Pelabuhan Cirebon (Studi Kasus Pada PT. Bira Bumi Persada). *Journal of Business Finance and Economic (JBFE)*, 2(1), 1–8.
- Hadid, M., & Wibisono, P. (2022). Analisis Biaya Operasional Kapal untuk Penentuan Tarif Transportasi Sungai dan Pesisir di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 20(4), 431. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v20i4.13250>
- Islami, N. S. D., Boyke, C., & Zulkarnaen, F. (2018). Analisis Dampak Pembangunan Pelabuhan Terhadap Biaya Transportasi : Studi Kasus Pelabuhan Teluk Prigi di Wilayah Jawa Timur. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 1–6. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.27059>
- Janna, N. M. (2021). Konsep Uji Validitas Dan Reliabilitas Dengan Menggunakan SPSS [Preprint]. Open Science Framework. *Jurnal Konsep Uji Validitas Dan Reliabilitas*, 2(18210047), 1–14. <https://doi.org/10.31219/osf.io/v9j52>
- Latif, D. P., & Ali, H. (2025). Pengaruh Pengambilan Keputusan , Investasi Teknologi Informasi dan Pengembangan SDM terhadap Efisiensi Operasional. *Jurnal Komunikasi Dan Ilmu Sosial*, 3(1), 1–10.
- Mahsunah, J., Putri, C. O., Sholikah, M., Herdawan, D., & Marselia, M. (2023). Analisis Penanganan Penyandaran Kapal untuk Menghindari Container Delay. *Saintara : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Maritim*, 7(2), 24–32. <https://doi.org/10.52475/saintara.v7i2.221>
- Mursidi, & Sarjito, A. (2023). Strategi Implementasi Sistem Manajemen Pemeliharaan Mesin Kapal untuk Meningkatkan Efisiensi Operasional. *Jurnal Manajemen Kapal*, 6(2), 17–23. <https://doi.org/10.30649/japk.v15i2.137>
- Nurmala, E., Laju, I. K., Dahlan, H. R., Muda, I., & Syaputra, M. (2025). Analisis Pencegahan Kecelakaan Kerja saat Bongkar Muat di KM . Tanto Nusantara pada Pelabuhan Tj . Priok

- Analysis of Work Accident Prevention during the Loading and Unloading Process on MV . Tanto Nusantara at Tanjung Priok Port. *Multidisiplin Riset Ilmiah*, 2(1), 11–22.
- Purnomo, R., & Rumambi, F. J. (2016). Pengaruh ship operation kesiapan alat bongkar muat dan pelatihan terhadap produktivitas bongkar muat di PT jakarta international. *Jurnal Magister Manajemen*, 2(1), 29.
- Sugiyono. (2023). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1).  
[http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484\\_Sistem\\_Pembetungan\\_Terpusat\\_Strategi\\_Melestari](http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_Sistem_Pembetungan_Terpusat_Strategi_Melestari)
- Wajdi, F., Seplyana, D., Juliastuti, Rumahlewang, E., Fatchiatuzahro, Halisa, N. N., Rusmalinda, S., Kristiana, R., Niam, M. F., Purwanti, E. W., Melinasari, S., & Kusumaningrum, R. (2024). Metode Penelitian Kuantitatif. In *Jurnal Ilmu Pendidikan* (Vol. 7, Issue 2).  
[https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=YOhOEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA61&ots=c8rYl0YXJS&sig=WDE02kg\\_a8Ji-MH7KL-433O2efY](https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=YOhOEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA61&ots=c8rYl0YXJS&sig=WDE02kg_a8Ji-MH7KL-433O2efY)
- Widyawati, N., & Yuliantini, B. E. (2022). Kesiapan Alat Bongkar Muat, Cuaca Dan WaktuKedatangan Kapal Curah Kering Terhadap Perak, WaitingTime Berth Di Terminal Jamrud Cabang Tanjung. *Jurnal (STIAMAK) "Barunawati" Surabaya*, 2.