

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Armada Kapal Tunda

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. Jasa Armada Indonesia Tbk pada bulan November 2025, terdapat 11 kapal tunda yang beroperasi dalam wilayah pelabuhan Tanjung Priok, yaitu sebagai berikut:

1. KT. BIMA III



Gambar 4.1 KT. BIMA III
(Sumber : *Marine Traffic*, 2025)

LOA	= 29,28 M
Breadth	= 10,00 M
Depth	= 4,80 M
GT	= 368 T
Main Engine	= 2 x SWD 6 FHD 240
Total Power	= 2400 HP
Bollard Pull	= 28,00 T
Year Build	= 1987

2. KT. BIMA XI



Gambar 4.2 KT. BIMA XI
(Sumber : *Marine Traffic*, 2018)

LOA	= 30,20 M
Breadth	= 10,00 M
Depth	= 5,00 M
GT	= 364 T
Main Engine	= 2 x SWD 6 FHD 240 G
Total Power	= 2400 HP
Bollard Pull	= 27,30 T
Year Build	= 1996

3. KT. JAYAKARTA 3



Gambar 4.3 KT. JAYAKARTA 3
(Sumber : *Marine Traffic*, 2025)

LOA	= 27,26 M
Breadth	= 9,50 M
Depth	= 3,80 M
GT	= 292 T
Main Engine	= 2 x YANMAR 8N21A-SN
Total Power	= 3200 HP
Bollard Pull	= 27,43 T
Year Build	= 2002

4. KT. BIMA 034



Gambar 4.4 KT. BIMA 034
(Sumber : *Marine Traffic*, 2025)

LOA = 23,78 M
Breadth = 9,80 M
Depth = 4,80 M
GT = 291 T
Main Engine = 2 x YANMAR 8N21A-EN
Total Power = 3200 HP
Bollard Pull = 35,35 T
Year Build = 2002

5. KT. BIMA 035



Gambar 4.5 KT. BIMA 035
(Sumber : *Marine Traffic*, 2025)

LOA = 23,78 M
Breadth = 9,80 M
Depth = 4,80 M
GT = 291 T
Main Engine = 2 x YANMAR 8N21A-EN
Total Power = 3200 HP
Bollard Pull = 37,80 T
Year Build = 2003

6. KT. SDS 36



Gambar 4.6 KT. SDS 36
(Sumber : *Marine Traffic*, 2021)

LOA = 21,77 M
Breadth = 7,32 M
Depth = 3,20 M
GT = 133 T
Main Engine = 2 x YANMAR 6LAHM-STE3
Total Power = 1200 HP
Bollard Pull = 4,14 T
Year Build = 2004

7. KT. BATAVIA III – 216



Gambar 4.7 KT. BATAVIA III – 216
(Sumber : *Marine Traffic*, 2018)

LOA = 24,58 M
Breadth = 10,30 M
Depth = 3,80 M
GT = 256 T
Main Engine = 2 x NIIGATA 6L26HLX
Total Power = 3200 HP
Bollard Pull = 21,48 T
Year Build = 2011

8. KT. BATAVIA IV – 216



Gambar 4.8 KT. BATAVIA – 216
(Sumber : *Marine Traffic*, 2021)

LOA = 24,58 M
Breadth = 10,30 M
Depth = 3,80 M
GT = 256 T
Main Engine = 2 x NIIGATA 6L26HLX
Total Power = 3200 HP
Bollard Pull = 38,57 T
Year Build = 2011

9. KT. IPCM ABIMANYU I



Gambar 4.9 KT. IPCM ABIMANYU I
(Sumber : *Marine Traffic*, 2025)

LOA = 29,88 M
Breadth = 11,60 M
Depth = 5,10 M
GT = 453 T
Main Engine = 2 x NIIGATA 6L28HLX
Total Power = 4400 HP
Bollard Pull = 58,00 T
Year Build = 2021

10. KT. IPCM ABIMANYU III



Gambar 4.10 KT. IPCM ABIMANYU III
(Sumber : *Marine Traffic*, 2025)

LOA = 29,88 M
Breadth = 11,60 M
Depth = 5,10 M
GT = 453 T
Main Engine = 2 x NIIGATA 6L28HLX
Total Power = 4400 HP
Bollard Pull = 56,63 T
Year Build = 2021

11. KT. IPCM ABIMANYU V



Gambar 4.11 KT. IPCM ABIMANYU V
(Sumber : *Marine Traffic*, 2025)

LOA = 29,88 M
Breadth = 11,60 M
Depth = 5,10 M
GT = 453 T
Main Engine = 2 x NIIGATA 6L28HLX
Total Power = 4400 HP
Bollard Pull = 57,32 T
Year Build = 2023

4.2. Deskripsi Data Penelitian

Dalam penelitian ini, unit analisis yang digunakan dalam metode *Data Envelopment Analysis* (DEA) adalah *Decision Making Unit* (DMU), di mana setiap kapal tunda yang beroperasi di Pelabuhan Tanjung Priok diperlakukan sebagai satu DMU. Pemilihan kapal tunda sebagai DMU didasarkan pada kesamaan fungsi operasional, yaitu memberikan pelayanan penundaan kapal dalam kegiatan pemanduan dan manuver di area pelabuhan. Dengan pendekatan ini, analisis dapat membandingkan tingkat efisiensi relatif antar kapal tunda berdasarkan kinerja operasionalnya selama periode penelitian.

Penentuan variabel dalam analisis DEA terdiri dari variabel *input* dan *output* yang mencerminkan aktivitas operasional kapal tunda. Berikut data operasional yang akan digunakan dalam analisis DEA:

Tabel 4.1 Data Operasional Kapal Tunda

Nama Kapal Tunda	Variabel Input		Variabel Output
	Jam Operasi Mesin	Konsumsi BBM (Liter)	Jumlah Pelayanan
BIMA III	385,50	37.446	273
BIMA XI	433,83	32.799	302
JAYAKARTA 3	486,42	53.813	356
BIMA 034	262,75	28.301	189
BIMA 035	389,33	43.755	262
SDS 36	256,25	5.463	165
BATAVIA III	472,25	47.245	362
BATAVIA IV	27,92	1.473	17
IPCM ABIMANYU I	454,83	52.655	287
IPCM ABIMANYU III	446,83	84.200	279
IPCM ABIMANYU V	499,33	93.666	285

Pemilihan variabel tersebut bertujuan untuk menggambarkan hubungan antara penggunaan sumber daya dengan tingkat pelayanan yang diberikan oleh masing-masing kapal tunda.

Selain itu, penelitian ini juga menggunakan variabel faktor teknis kapal sebagai variabel independen dalam analisis regresi Tobit pada tahap kedua. Adapun data teknis yang akan digunakan yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data Teknis Kapal Tunda

Nama Kapal Tunda	Usia Kapal (Tahun)	Daya Mesin (HP)	Bollard Pull (Ton)
BIMA III	38	2.400	28,00
BIMA XI	29	2.400	27,30
JAYAKARTA 3	23	3.200	27,43
BIMA 034	23	3.200	35,35
BIMA 035	22	3.200	37,80
SDS 36	21	1.200	4,14
BATAVIA III	14	3.200	21,48
BATAVIA IV	14	3.200	38,57
IPCM ABIMANYU I	4	4.400	58,00
IPCM ABIMANYU III	4	4.400	56,63
IPCM ABIMANYU V	2	4.400	57,32

Variabel-variabel tersebut dipilih karena secara teoritis memiliki pengaruh terhadap kinerja operasional kapal tunda. Usia kapal berkaitan dengan kondisi dan performa teknis, sedangkan daya mesin dan *bollard pull* mencerminkan kemampuan kapal dalam menjalankan fungsi penundaan secara efektif, yang pada akhirnya dapat memengaruhi tingkat efisiensi operasional kapal.

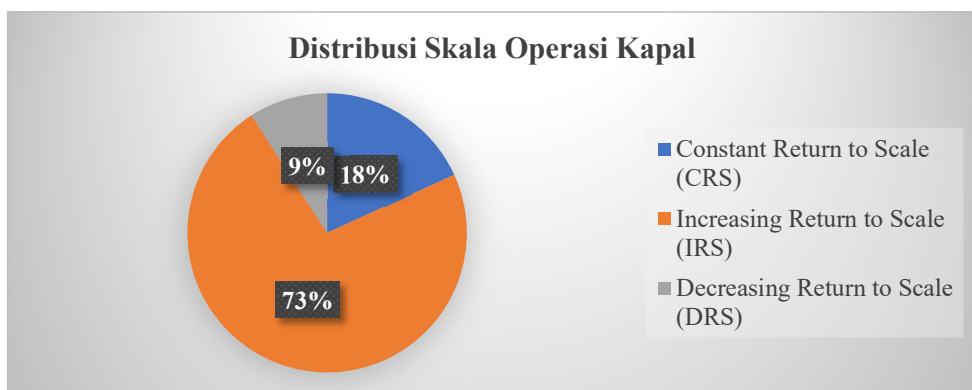
4.3. Hasil Perhitungan Skor Efisiensi

Analisis dilakukan menggunakan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA) dengan *Input-Oriented* menggunakan bantuan perangkat lunak STATA.

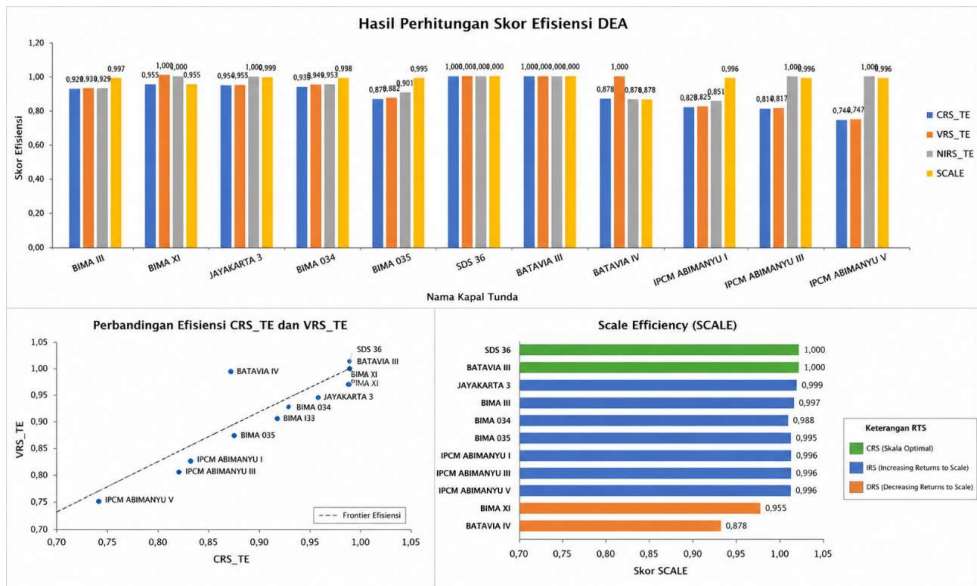
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Skor Efisiensi menggunakan STATA

Nama Kapal Tunda	CRS_TE	VRS_TE	NIRS_TE	SCALE	RTS
BIMA III	0,929	0,931	0,929	0,997	IRS
BIMA XI	0,955	1,000	1,000	0,955	DRS
JAYAKARTA 3	0,954	0,955	1,000	0,999	IRS
BIMA 034	0,938	0,949	0,953	0,988	IRS
BIMA 035	0,877	0,882	0,901	0,995	IRS
SDS 36	1,000	1,000	1,000	1,000	CRS
BATAVIA III	1,000	1,000	1,000	1,000	CRS
BATAVIA IV	0,878	1,000	0,878	0,878	IRS
IPCM ABIMANYU I	0,823	0,825	0,851	0,996	IRS
IPCM ABIMANYU III	0,814	0,817	1,000	0,996	IRS
IPCM ABIMANYU V	0,744	0,747	1,000	0,996	IRS

Hasil perhitungan skor efisiensi pada **Tabel 4.3** menunjukkan tingkat efisiensi relatif dari masing-masing kapal tunda berdasarkan pendekatan *Data Envelopment Analysis* (DEA) dengan asumsi *Constant Return to Scale* (CRS) dan *Variable Return to Scale* (VRS). Variabel CRS_TE (*Technical Efficiency* CRS) menggambarkan efisiensi teknis total tanpa mempertimbangkan skala operasi, mengacu pada persamaan (3.1) – (3.5), sedangkan VRS_TE (*Technical Efficiency* VRS) menunjukkan efisiensi teknis murni yang telah menghilangkan pengaruh skala, mengacu pada persamaan (3.6) – (3.11). Selain itu, NIRS_TE (*Non-Increasing Return to Scale*) digunakan untuk melihat efisiensi dalam kondisi skala yang tidak meningkat, sementara variabel SCALE merupakan rasio antara CRS_TE dan VRS_TE yang mencerminkan efisiensi skala, mengacu pada persamaan (3.12). Variabel RTS (*Return to Scale*) menunjukkan kondisi skala operasi kapal, apakah berada pada *increasing* (IRS), *decreasing* (DRS), atau *constant* (CRS).



Gambar 4.12 Diagram Distribusi Skala Operasi Kapal
(Sumber : Penulis, 2026)



Gambar 4.13 Grafik Hasil Perhitungan Skor Efisiensi
(Sumber : Penulis, 2026)

Berdasarkan hasil tersebut, terdapat beberapa kapal yang mencapai efisiensi sempurna (nilai = 1), seperti SDS 36 dan BATAVIA III yang konsisten memperoleh nilai 1 pada seluruh variabel. Hal ini menunjukkan bahwa kapal-kapal tersebut telah beroperasi secara optimal baik dari sisi teknis maupun skala. Dengan kata lain, tidak terdapat pemborosan input maupun ketidaksesuaian kapasitas operasi. Kondisi RTS pada kedua kapal ini adalah CRS, yang berarti peningkatan *input* akan berbanding lurus dengan peningkatan *output*.

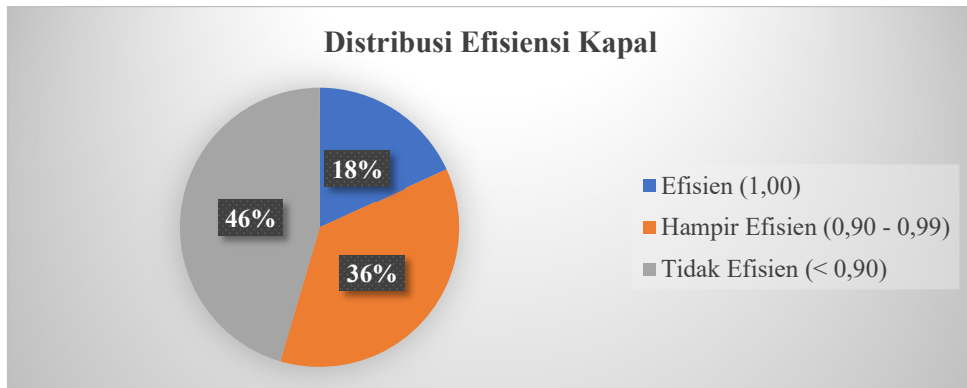
Sebaliknya, beberapa kapal seperti IPCM ABIMANYU V dan IPCM ABIMANYU III menunjukkan nilai efisiensi yang relatif rendah pada CRS_{TE} dan VRS_{TE}. Hal ini mengindikasikan adanya inefisiensi teknis yang disebabkan oleh penggunaan *input* yang belum optimal, seperti konsumsi bahan bakar, tenaga kerja, atau waktu operasi. Meskipun nilai NIRS_{TE} mencapai 1 pada beberapa kapal, hal ini menunjukkan bahwa dalam kondisi pembatasan skala tertentu kapal dapat menjadi efisien, namun dalam kondisi aktual masih terdapat ketidaksesuaian skala operasi.

Hubungan antara variabel CRS_{TE}, VRS_{TE}, dan SCALE memberikan gambaran penting terkait sumber inefisiensi. Jika nilai VRS_{TE} lebih tinggi dibandingkan CRS_{TE}, maka inefisiensi lebih banyak disebabkan oleh faktor skala. Hal ini terlihat pada kapal seperti BIMA XI dan BATAVIA IV, di mana nilai VRS_{TE} mencapai 1 namun CRS_{TE} lebih rendah. Artinya, secara teknis kapal tersebut sudah efisien, tetapi belum beroperasi pada skala yang optimal.

Secara keseluruhan, distribusi nilai efisiensi menunjukkan bahwa sebagian besar kapal berada pada kondisi *Increasing Return to Scale* (IRS), yang berarti masih terdapat peluang untuk meningkatkan *output* dengan menambah *input* secara proporsional. Hal ini menjadi dasar penting dalam pengambilan keputusan operasional, khususnya dalam optimalisasi kapasitas kapal dan pengalokasian sumber daya agar dapat mencapai efisiensi maksimum.

4.4. Distribusi Tingkat Efisiensi Kapal Tunda

Distribusi tingkat efisiensi kapal tunda dapat dianalisis berdasarkan pengelompokan nilai CRS_TE ke dalam beberapa kategori, seperti efisien (= 1), hampir efisien (0,90–0,99), dan tidak efisien (< 0,90). Pengelompokan ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum mengenai sebaran performa armada secara keseluruhan. Dari hasil perhitungan, terlihat bahwa hanya sebagian kecil kapal yang benar-benar efisien secara penuh.



Gambar 4.14 Diagram Distribusi Efisiensi Kapal
(Sumber : Penulis, 2026)

4.5. Kapal Acuan (*Benchmark*)

Dalam metode DEA, kapal yang memiliki nilai efisiensi sempurna (nilai = 1) berperan sebagai *benchmark* atau kapal acuan bagi kapal lainnya. Kapal acuan ini menjadi referensi terbaik dalam hal penggunaan *input* dan pencapaian *output*. Berdasarkan hasil analisis, kapal seperti SDS 36 dan BATAVIA III merupakan unit yang dapat dijadikan acuan karena menunjukkan efisiensi optimal pada seluruh variabel.

Kapal *benchmark* memiliki karakteristik operasional yang seimbang antara kapasitas, penggunaan sumber daya, dan hasil *output*. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat pemborosan dalam penggunaan *input*. Kapal lain yang belum efisien dapat membandingkan kinerjanya dengan kapal acuan ini untuk mengetahui besarnya *gap* efisiensi yang harus diperbaiki.

Sebagai contoh, kapal IPCM ABIMANYU V dengan nilai CRS_TE sebesar 0,744 memiliki *gap* efisiensi sebesar 25,6% dibandingkan kapal *benchmark*. Hal ini berarti kapal tersebut perlu meningkatkan *output* atau mengurangi *input* agar dapat mencapai tingkat efisiensi yang sama dengan kapal acuan.

Secara keseluruhan, keberadaan kapal acuan memberikan arah yang jelas dalam upaya peningkatan efisiensi operasional. Dengan mengadopsi praktik terbaik dari kapal *benchmark*, perusahaan dapat meningkatkan kinerja armada secara bertahap. Oleh karena itu, identifikasi dan pemanfaatan kapal acuan menjadi langkah strategis dalam mencapai efisiensi optimal di sektor operasional kapal tunda.

4.6. Hasil Estimasi Regresi Tobit

Hasil estimasi regresi Tobit digunakan untuk menganalisis pengaruh variabel independen terhadap skor efisiensi DEA yang bersifat terbatas (*censored*) pada rentang 0 hingga 1. Model ini dipilih karena terdapat beberapa nilai efisiensi yang mencapai batas atas (nilai = 1), sehingga metode regresi linear biasa (OLS) tidak lagi sesuai. Dalam

model ini, variabel dependen adalah skor efisiensi DEA (VRS_TE), sedangkan variabel independen meliputi usia kapal, daya mesin, dan *bollard pull*.

Tabel 4.4 Hasil Estimasi Regresi Tobit menggunakan STATA

Limits : Lower = 0 Upper = 1			Number of obs = 11 Uncensored = 7 Left-censored = 0 Right-censored = 4			
Log likelihood = 12,877201			LR chi² (3) = 23,08 Prob > chi² = 0,0000 Pseudo R² = - 8,6402			
Skor DEA	Coefficient	Std. Error	t	P > t 	[95% conf. interval]	
Usia Kapal	- 0,0134554	0,0052032	- 2,59	0,032	- 0,025454	- 0,0014567
Daya Mesin	- 0,0002252	0,0000996	- 2,26	0,054	- 0,000455	0,00000438
Bollard Pull	- 0,0052862	0,0032753	- 1,61	0,145	- 0,012839	0,0022665
_cons	2,135961	0,3932587	5,43	0,001	1,229105	3,042817
var (e.skordea)	0,0012562	0,0006859			0,0003566	0,004425

1. Log Likelihood

Dalam analisis regresi Tobit, salah satu indikator utama yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas model adalah nilai *log likelihood*. *Log likelihood* merupakan ukuran utama dalam metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) yang digunakan pada regresi Tobit. Secara konsep, *likelihood* adalah probabilitas bahwa model yang dibangun mampu menghasilkan data yang diamati. Karena nilai *likelihood* seringkali sangat kecil, maka digunakan transformasi logaritma (*log likelihood*) agar lebih mudah dihitung dan diinterpretasikan. Dalam model Tobit, fungsi *likelihood* disusun dari dua bagian, yaitu probabilitas untuk data yang tidak tersensor (*uncensored*) dan probabilitas kumulatif untuk data yang tersensor (*censored*). Oleh karena itu, *log likelihood* mencerminkan seberapa baik model secara keseluruhan dalam menjelaskan distribusi data yang memiliki batasan tertentu.

Nilai *log likelihood* sebesar 12,877201 menunjukkan tingkat kecocokan model terhadap data yang cukup baik, terutama jika dibandingkan dengan nilai *log likelihood* pada iterasi awal yang lebih rendah. Semakin besar nilai *log likelihood* (mendekati nol dari arah negatif atau semakin positif), maka model semakin baik dalam menjelaskan data. Nilai ini juga menjadi dasar dalam perhitungan statistik lainnya seperti *Likelihood Ratio* (LR) χ^2 dan pseudo R². Dengan demikian, *log likelihood* berperan sebagai fondasi utama dalam evaluasi model Tobit dan menjadi indikator awal kualitas estimasi parameter.

2. Likelihood Ratio (LR) χ^2

Selanjutnya, LR χ^2 digunakan untuk menguji signifikansi model secara keseluruhan. Nilai ini diperoleh dari perbandingan antara *log likelihood* model penuh (*full model*) dengan *log likelihood* model terbatas (*restricted model* atau model tanpa variabel independen). Secara matematis, LR χ^2 dihitung sebagai dua kali selisih

antara *log likelihood* kedua model tersebut. Uji ini mengikuti distribusi χ^2 dengan derajat kebebasan sesuai jumlah variabel independen yang digunakan dalam model.

Nilai LR χ^2 sebesar 23,08 menunjukkan bahwa model dengan variabel independen (usia kapal, daya mesin, dan bollard pull) secara signifikan lebih baik dibandingkan model tanpa variabel tersebut. Artinya, secara simultan variabel-variabel teknis memiliki pengaruh terhadap efisiensi kapal. Nilai ini tidak berdiri sendiri, melainkan harus dilihat bersama dengan Prob > χ^2 untuk menentukan signifikansi statistiknya. Dengan demikian, LR χ^2 menjadi alat penting untuk menilai apakah model layak digunakan dalam analisis lebih lanjut.

3. Prob > χ^2

Prob > χ^2 merupakan nilai probabilitas yang terkait dengan statistik LR χ^2 . Nilai ini menunjukkan peluang bahwa perbedaan antara model penuh dan model terbatas terjadi secara kebetulan. Probabilitas ini dihitung berdasarkan distribusi χ^2 dengan derajat kebebasan tertentu. Dalam analisis statistik, nilai ini digunakan untuk menguji hipotesis nol bahwa seluruh koefisien variabel independen secara simultan sama dengan nol.

Nilai Prob > χ^2 sebesar 0,0000 menunjukkan bahwa probabilitas kesalahan dalam menolak hipotesis nol sangat kecil, sehingga dapat disimpulkan bahwa model secara keseluruhan signifikan. Artinya, setidaknya terdapat satu variabel independen yang berpengaruh terhadap efisiensi. Hubungan antara Prob > χ^2 dan LR χ^2 sangat erat, karena nilai probabilitas ini berasal langsung dari nilai LR χ^2 . Semakin besar LR χ^2 , maka nilai Prob > χ^2 akan semakin kecil, yang menandakan model semakin signifikan.

4. Pseudo R²

Dalam menilai kesesuaian model, ukuran Pseudo R² digunakan untuk menilai koefisien determinasi dalam regresi berbasis *likelihood* seperti Tobit. Berbeda dengan R² pada regresi OLS, pseudo R² tidak mengukur proporsi variasi yang dijelaskan secara langsung, melainkan membandingkan *log likelihood* model penuh dengan *log likelihood* model terbatas. Salah satu bentuk umum pseudo R² adalah McFadden's R², yang dihitung sebagai 1 dikurangi rasio antara *log likelihood* model penuh dan model terbatas.

Nilai pseudo R² yang bernilai -8,6402 dalam hasil regresi Tobit tidak menunjukkan kesalahan perhitungan, melainkan merupakan konsekuensi dari karakteristik data dan sifat perhitungan berbasis *likelihood*. Secara matematis, pseudo R² dihitung dari perbandingan antara *log likelihood* model penuh dengan model terbatas (tanpa variabel independen). Dalam penelitian ini, nilai *log likelihood* model penuh jauh lebih besar dibandingkan model terbatas, sehingga rasio keduanya menghasilkan nilai pseudo R² yang negatif. Kondisi ini umumnya terjadi pada ukuran sampel yang kecil, proporsi data tersensor yang cukup besar, serta variasi nilai efisiensi yang relatif sempit (mendekati 1). Akibatnya, ukuran pseudo R² menjadi tidak stabil dan kurang representatif. Oleh karena itu, dalam konteks ini, evaluasi model lebih tepat didasarkan pada nilai *log likelihood*, LR chi-square, dan tingkat signifikansi variabel, yang menunjukkan bahwa model tetap valid meskipun nilai pseudo R² bernilai negatif.

5. Koefisien Regresi

Koefisien regresi merupakan parameter utama dalam model Tobit yang menunjukkan arah dan besarnya pengaruh variabel independen terhadap variabel

dependen, yaitu skor efisiensi. Secara matematis, koefisien diperoleh melalui metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE), bukan *Ordinary Least Squares* (OLS), karena model Tobit mempertimbangkan adanya data tersensor (*censored*). Estimasi ini dilakukan dengan memaksimalkan fungsi *likelihood* yang menggabungkan probabilitas observasi yang tersensor dan tidak tersensor. Oleh karena itu, nilai koefisien mencerminkan hubungan marginal antara variabel independen dan variabel laten efisiensi, bukan langsung pada nilai observasi yang terlihat.

Koefisien variabel usia kapal sebesar -0,0134554 dengan nilai signifikansi 0,032 menunjukkan bahwa variabel ini berpengaruh negatif dan signifikan terhadap efisiensi. Hal ini berarti setiap peningkatan usia kapal sebesar satu tahun akan menurunkan skor efisiensi sebesar 0,013, dengan asumsi variabel lain tetap. Nilai ini menunjukkan bahwa faktor usia memiliki dampak yang cukup kuat terhadap kinerja operasional kapal tunda.

Variabel daya mesin memiliki koefisien sebesar -0,0002252 dengan tingkat signifikansi 0,054, yang berarti berpengaruh negatif dan signifikan pada tingkat kepercayaan 10%. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan daya mesin justru cenderung menurunkan efisiensi, meskipun pengaruhnya relatif kecil. Sementara itu, variabel *bollard pull* memiliki koefisien sebesar -0,0052862 dengan nilai signifikansi 0,145, sehingga secara statistik tidak berpengaruh signifikan terhadap efisiensi kapal.

6. *Standar Error*

Standar error merupakan ukuran ketidakpastian atau variabilitas dari estimasi koefisien regresi. Nilai ini dihitung berdasarkan varians dari estimator yang diperoleh dari matriks informasi *Fisher* dalam metode MLE. Secara konsep, standar error menunjukkan seberapa jauh nilai koefisien yang diestimasi dapat berbeda jika dilakukan pengambilan sampel ulang. Semakin kecil nilai standar error, maka semakin stabil dan reliabel estimasi koefisien tersebut.

Dalam hasil yang diperoleh, standar error untuk usia kapal (0,0052032) relatif kecil dibandingkan nilai koefisiennya, sehingga estimasi dapat dianggap cukup presisi. Hal serupa juga terjadi pada daya mesin (0,0000996), yang menunjukkan tingkat ketelitian tinggi meskipun koefisiennya kecil. Namun, standar error *bollard pull* (0,0032753) relatif lebih besar dibandingkan koefisiennya, sehingga menyebabkan variabel ini menjadi tidak signifikan. Hubungan antara standar error dan koefisien sangat penting karena akan menentukan nilai statistik uji (*t-statistic*).

7. *t-statistic*

Nilai statistik *t* merupakan hasil pembagian antara koefisien regresi dengan standar error-nya. Secara matematis, $t = \text{coefficient} / \text{std. error}$. Nilai ini digunakan untuk menguji hipotesis apakah suatu koefisien berbeda secara signifikan dari nol. Dalam konteks regresi Tobit, nilai *t* tetap digunakan sebagai indikator signifikansi meskipun estimasi dilakukan dengan MLE. Semakin besar nilai absolut *t*, maka semakin kuat bukti bahwa variabel tersebut berpengaruh terhadap variabel dependen.

Hasil menunjukkan bahwa usia kapal memiliki nilai *t* sebesar -2,59, yang berarti signifikan secara statistik. Daya mesin memiliki nilai *t* sebesar -2,26 yang mendekati signifikan, sedangkan *bollard pull* hanya -1,61 yang menunjukkan pengaruh lemah. Hubungan antara nilai *t* dan standar error sangat jelas, di mana

standar error yang kecil akan meningkatkan nilai t . Oleh karena itu, variabel dengan koefisien besar namun standar error juga besar belum tentu signifikan.

8. *p-value*

Nilai $P > |t|$ atau *p-value* merupakan probabilitas untuk menerima hipotesis nol (bahwa koefisien sama dengan nol). Nilai ini diperoleh dari distribusi t berdasarkan nilai statistik t yang dihitung sebelumnya. *P-value* sangat penting karena menjadi dasar pengambilan keputusan statistik, biasanya dibandingkan dengan tingkat signifikansi seperti 1%, 5%, atau 10%.

Dalam hasil estimasi, usia kapal memiliki *p-value* 0,032 yang berarti signifikan pada tingkat 5%. Daya mesin memiliki *p-value* 0,054 yang signifikan pada tingkat 10%, sedangkan *bollard pull* memiliki *p-value* 0,145 yang tidak signifikan. Hubungan antara *p-value* dan *t-statistic* bersifat terbalik: semakin besar nilai t , maka *p-value* akan semakin kecil. Hal ini memperkuat bahwa usia kapal merupakan variabel yang paling berpengaruh terhadap efisiensi.

9. *Confidence Interval (CI) 95%*

Confidence interval (CI) 95% menunjukkan rentang nilai di mana parameter populasi diperkirakan berada dengan tingkat keyakinan 95%. Interval ini dihitung berdasarkan koefisien $\pm (1,96 \times \text{standar error})$. Dalam regresi Tobit, CI memberikan gambaran ketidakpastian estimasi dan membantu memahami apakah suatu variabel signifikan atau tidak, terutama jika interval tersebut mencakup nol.

Untuk usia kapal, interval berada antara -0,025454 hingga -0,0014567, yang seluruhnya negatif, sehingga memperkuat signifikansi pengaruhnya. Daya mesin memiliki interval yang hampir menyentuh nol, menunjukkan signifikansi yang lemah. Sementara itu, *bollard pull* memiliki interval yang mencakup nol, sehingga tidak signifikan. Hubungan CI dengan *p-value* sangat erat, karena jika CI tidak mencakup nol, maka *p-value* biasanya $< 0,05$.

10. Konstanta

Konstanta ($_cons$) merupakan nilai prediksi variabel dependen ketika seluruh variabel independen bernilai nol. Dalam model Tobit, konstanta merepresentasikan nilai efisiensi laten dasar sebelum dipengaruhi oleh faktor teknis. Estimasi konstanta juga diperoleh melalui metode MLE dan menjadi bagian penting dalam membentuk garis regresi.

Nilai konstanta sebesar 2,135961 menunjukkan bahwa secara teoritis efisiensi dasar berada di atas 1, namun karena model dibatasi pada nilai maksimum 1, maka interpretasi praktisnya adalah bahwa tanpa pengaruh variabel teknis, kapal cenderung efisien. Nilai konstanta yang tinggi ini juga menunjukkan bahwa faktor lain di luar model kemungkinan besar turut memengaruhi efisiensi.

11. *Varians Error*

Varians error ($\text{var}(e.\text{skordea})$) menunjukkan tingkat penyebaran residual atau kesalahan dalam model. Dalam regresi Tobit, varians ini sangat penting karena digunakan dalam fungsi *likelihood* untuk mengestimasi parameter. Nilai ini mencerminkan seberapa besar variasi efisiensi yang tidak dapat dijelaskan oleh variabel independen dalam model.

Nilai varians sebesar 0,0012562 menunjukkan bahwa error dalam model relatif kecil, sehingga model memiliki kemampuan prediksi yang cukup baik. Varians

yang kecil juga berkontribusi pada kecilnya standar error dan meningkatnya nilai *t-statistic*. Dengan demikian, hubungan antara varians error, standar error, dan signifikansi menjadi sangat erat dalam menentukan kualitas model regresi Tobit.

4.7. Interpretasi Hasil Regresi

Interpretasi hasil regresi Tobit menunjukkan bahwa efisiensi operasional kapal tunda dipengaruhi oleh faktor teknis yang berkaitan dengan karakteristik fisik kapal. Variabel usia kapal menjadi faktor yang paling dominan dalam memengaruhi efisiensi, diikuti oleh daya mesin, sementara *bollard pull* tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa efisiensi tidak hanya ditentukan oleh kapasitas teknis, tetapi juga oleh kondisi dan umur operasional kapal.

Pengaruh negatif usia kapal terhadap efisiensi dapat dijelaskan dari sisi teknis dan operasional. Kapal yang lebih tua cenderung mengalami penurunan performa mesin, peningkatan konsumsi bahan bakar, serta frekuensi perawatan yang lebih tinggi. Sebagai contoh, kapal seperti BIMA III dengan usia 38 tahun memiliki skor efisiensi yang lebih rendah dibandingkan kapal yang lebih muda seperti BATAVIA III dengan usia 14 tahun yang mencapai efisiensi sempurna. Hal ini menunjukkan bahwa modernisasi armada menjadi faktor penting dalam meningkatkan efisiensi.

Hasil yang menunjukkan bahwa daya mesin berpengaruh negatif terhadap efisiensi dapat diinterpretasikan bahwa kapal dengan daya mesin besar belum tentu digunakan secara optimal. Dalam beberapa kasus, kapal dengan daya besar seperti IPCM ABIMANYU memiliki kapasitas yang tinggi, namun tidak sepenuhnya dimanfaatkan sesuai kebutuhan operasional, sehingga menimbulkan inefisiensi. Dengan kata lain, terdapat *mismatch* antara kapasitas mesin dan kebutuhan operasional di lapangan.

Tidak signifikannya variabel *bollard pull* menunjukkan bahwa kemampuan tarik kapal tidak secara langsung menentukan efisiensi operasional. Hal ini dapat disebabkan karena *bollard pull* lebih berkaitan dengan kemampuan maksimal kapal, bukan dengan intensitas atau efektivitas penggunaannya. Sebagai contoh, kapal dengan *bollard pull* tinggi tidak selalu digunakan pada operasi berat secara terus-menerus, sehingga kontribusinya terhadap efisiensi menjadi tidak signifikan.

Secara keseluruhan, hasil regresi ini menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi kapal tunda lebih efektif dilakukan melalui pengelolaan usia armada dan optimalisasi penggunaan kapasitas mesin. Strategi seperti peremajaan kapal, penyesuaian spesifikasi kapal dengan kebutuhan operasional, serta peningkatan manajemen penggunaan energi dapat menjadi langkah konkret untuk meningkatkan efisiensi. Dengan demikian, hasil penelitian ini memberikan implikasi penting bagi pengambilan keputusan dalam pengelolaan armada kapal tunda di pelabuhan.

4.8. Analisis Potensi Perbaikan

Analisis potensi perbaikan dalam penelitian ini didasarkan pada hasil pengukuran efisiensi menggunakan *Data Envelopment Analysis* (DEA) serta faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi berdasarkan regresi Tobit. Dari hasil DEA, diketahui bahwa hanya 2 dari 11 kapal ($\pm 18,18\%$) yang mencapai efisiensi sempurna dengan nilai skor 1, yaitu kapal SDS 36 dan BATAVIA III. Sementara itu, sebanyak 5 kapal ($\pm 45,45\%$) berada pada kategori hampir efisien dengan nilai antara 0,90–0,99, dan 4 kapal lainnya ($\pm 36,36\%$) tergolong tidak efisien dengan nilai di bawah 0,90. Nilai efisiensi terendah tercatat pada IPCM ABIMANYU V sebesar 0,744, yang menunjukkan adanya potensi peningkatan efisiensi sebesar 25,6% untuk mencapai frontier efisiensi.

Potensi perbaikan dari hasil DEA dapat diidentifikasi melalui selisih antara skor efisiensi aktual dan nilai optimal (1). Sebagai contoh, kapal IPCM ABIMANYU III dengan skor 0,814 memiliki gap efisiensi sebesar 18,6%, sedangkan IPCM ABIMANYU I dengan skor 0,823 memiliki gap sebesar 17,7%. Kapal BATAVIA IV dan BIMA 035 masing-masing memiliki skor 0,878 dan 0,877, yang berarti masih memiliki potensi peningkatan efisiensi sekitar 12%. Sementara itu, kapal yang berada pada kategori hampir efisien seperti BIMA XI (0,955) dan JAYAKARTA 3 (0,954) hanya membutuhkan peningkatan kecil sekitar 4–5% untuk mencapai efisiensi optimal. Hal ini menunjukkan bahwa strategi perbaikan dapat difokuskan secara bertahap berdasarkan tingkat gap efisiensi masing-masing kapal.

Berdasarkan hasil regresi Tobit, faktor usia kapal memiliki pengaruh negatif dan signifikan terhadap efisiensi dengan koefisien sebesar -0,0134554. Hal ini berarti setiap peningkatan usia kapal sebesar satu tahun akan menurunkan efisiensi sebesar 1,34%. Dengan demikian, kapal dengan usia tinggi seperti BIMA III (38 tahun) memiliki kecenderungan efisiensi yang lebih rendah dibandingkan kapal yang lebih muda seperti BATAVIA III (14 tahun). Oleh karena itu, potensi perbaikan dapat dilakukan melalui program peremajaan armada atau peningkatan kualitas perawatan untuk mengurangi dampak penurunan performa akibat usia.

Variabel daya mesin juga menunjukkan pengaruh negatif terhadap efisiensi dengan koefisien sebesar -0,0002252, yang mengindikasikan bahwa peningkatan daya mesin sebesar 1 unit justru menurunkan efisiensi sebesar 0,0225%. Hal ini menunjukkan adanya kemungkinan *overcapacity* atau ketidaksesuaian antara kapasitas mesin dan kebutuhan operasional. Sebagai contoh, kapal dengan daya mesin besar namun tidak dimanfaatkan secara optimal akan menghasilkan inefisiensi dalam penggunaan bahan bakar dan energi. Sementara itu, variabel *bollard pull* dengan koefisien -0,0052862 tidak signifikan, yang menunjukkan bahwa kapasitas tarik tidak secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi operasional.

Secara keseluruhan, potensi perbaikan efisiensi kapal tunda dapat dilakukan melalui kombinasi pendekatan teknis dan manajerial. Dari sisi DEA, fokus utama adalah mengurangi *gap* efisiensi pada kapal dengan skor rendah melalui optimalisasi penggunaan *input*. Dari sisi Tobit, perbaikan dapat difokuskan pada pengendalian usia armada dan penyesuaian kapasitas mesin dengan kebutuhan operasional. Dengan mengintegrasikan kedua pendekatan ini, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi secara bertahap dan sistematis, sehingga mampu mencapai kinerja operasional yang lebih optimal di seluruh armada kapal tunda.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN