

Analisis dan Model Standard Angkutan Laut: Studi Kasus Muatan Petikemas

Tri Achmadi^{1*}, Mohammad Abdan Hanif¹, Alwi Sina Khaqiqi¹

¹ Departemen Teknik Transportasi Laut Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jl. Raya Kampus ITS Sukolilo 60111 Kota Surabaya

*triachmadi@seatrans.its.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i1.10044>

ABSTRACT

The increase in container rates, which tends to be unstable, has an impact on the price of cargo per unit to increase. The uncertainty of the amount of cargo carried makes the tariffs imposed also unstable. The purpose of this research is to make a standard model of the cost of each unit and the size of the capacity of container transport services based on changes in cargo and distance of shipping routes. In addition, it analyzes the relationship between load factor and frequency on the gross income of a shipping company. The optimization method is used to get the size and cost per unit under certain conditions. The results of the analysis explain that the current tariff is not yet optimal, proven by the current cost equation $y=2E+06x^{(-0,342)}$ ($R^2=0,238$). Then to create a standard model of transportation, the equation for the cost line per container ship freight unit $y=1E+09x^{(-0,759)}$ ($R^2=0,8634$) while SPCB $y=6E+07x^{(-0,59)}$ ($R^2=0,8234$). This study also produces an equation model for the size of the container ship transport capacity $y=3E-05x+57,662$ ($R^2=0,943$) while SPCB $y=2E-05x+94,446$ ($R^2=0,997$). The conclusion is using a sensitivity analysis of the carrying capacity with the current condition of ship operation patterns for the minimum load factor for the Surabaya-Ambon route 76% and Surabaya-Serui 48%. For a 100% load factor condition, it can reduce the cost per unit for the Surabaya-Ambon route by 50% and for the Surabaya-Serui route by 63%.

Keyword: container, cost, optimization, rate, sensitivity

PENDAHULUAN

Saat ini persaingan dibidang transportasi semakin tinggi (Du *et al.*, 2016). Dalam hal ini persiapan strategis dalam menghadapi persaingan harus mengedepankan perencanaan yang matang untuk masa yang akan datang. Industri jasa pengiriman berkontribusi untuk memberikan nilai tambah dari pergerakan barang / komoditas agar dicapai kinerja yang lebih efisien, cepat, dan murah (Zhen *et al.*, 2019). Distribusi adalah proses pemindahan barang dari tempat produksi ke setiap tempat atau daerah yang membutuhkan (Lasserre, 2004). Barang didistribusikan dengan menggunakan jenis kemasan seperti karung sak, drum petikemas.

Pertumbuhan muatan petikemas dapat dilihat pada Gambar 1. Pada grafik tersebut menjelaskan pertumbuhan pengiriman petikemas di Asia (Nguyen *et al.*, 2020), dimana setiap tahunnya selalu mengalami pertumbuhan. Meningkatnya penggunaan petikemas menyebabkan kapal-kapal

petikemas semakin bertambah banyak dan dengan ukuran yang semakin lama semakin besar (Mansouri, 2015). Tahun 2018 penggunaan petikemas meningkat dari 710 juta TEUs menjadi 752 juta TEUs di tahun 2019, di mana Asia memiliki perkembangan paling tinggi yaitu sekitar 60% (Nguyen *et al.*, 2020). Meskipun terjadi peningkatan tren penggunaan petikemas tahun 2012 hingga 2019, dalam pengiriman muatan petikemas belum ada standar penggunaan kapal berdasarkan rentang muatan yang akan yang dikirim (Mustafa *et al.*, 2021). Industri pelayaran memegang peranan penting dalam kegiatan perdagangan antar wilayah (Zhao *et al.*, 2019). Hal tersebut dibuktikan dengan 80% arus barang yang diperdagangkan baik antar negara maupun domestik dikirimkan melalui jalur laut. Diprediksi akan terus meningkat pengiriman dengan petikemas seiring dengan perkembangan perdagangan (Özer *et al.*, 2020). Banyaknya permintaan untuk memenuhi kebutuhan

Cite this as:

Achmadi, T., Hanif, M.A & Khaqiqi, A.S. (2021). Analisis dan Model Standard Angkutan Laut: Studi Kasus Muatan Petikemas *Rekayasa 14 (1)*. 98-105.

doi: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i1.10044>

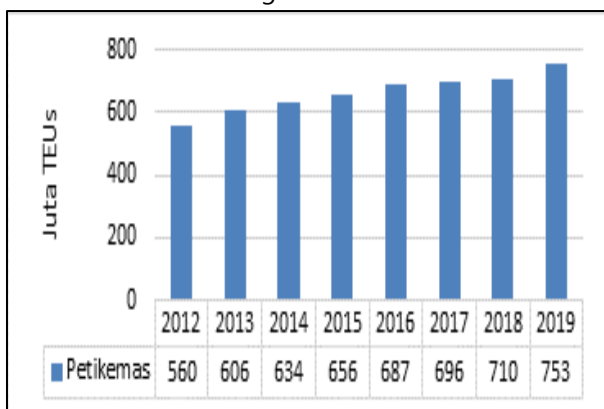
© 2021 Tri Achmadi, Mohammad Abdan Hanif, Alwi Sina Khaqiqi

Article History:

Received: January 24th 2021; **Accepted:** March, 8th 2021

Rekayasa ISSN: 2502-5325 has been Accredited by Ristekdikti (Arjuna) Decree: No. 23/E/KPT/2019 August 8th, 2019 effective until 2023

pengiriman barang antar dunia sehingga mendorong kemajuan industri pelayaran. Sehingga pada akhirnya juga dapat mendorong kemajuan perekonomian suatu negara (Brunel, 2015), karena sebagaimana dijelaskan dalam (Banerjee et al., 2020), sektor transportasi selalu dianggap sebagai salah satu faktor kunci untuk pertumbuhan yang stabil dan membentuk masyarakat yang maju. Saat ini industri pelayaran memiliki risiko tinggi dalam persaingan mengingat pelayaran bersifat global dan terus berkembang secara dinamis.



Gambar 1. Pertumbuhan Pengiriman Petikemas di Asia

Risiko tinggi tersebut merupakan dampak dari permainan pasar di mana para pelaku industri pelayaran saling berkompetisi dengan tidak sehat dalam menentukan tarif angkut untuk muatan dalam bentuk petikemas (Wang, 2015). Dampak dari persaingan tersebut akan dirasakan oleh pihak pengguna jasa. Ketidakpastian jumlah muatan yang diangkut dalam satu kali pengiriman membuat tarif yang diberlakukan tidak stabil. Adanya kenaikan tarif petikemas yang cenderung tidak stabil berimbas pada harga muatan per unit naik. Memiliki sektor transportasi yang efisien dan ekstensif, suatu negara dapat menciptakan iklim investasi bisnis yang lebih baik, meningkatkan daya saing nasional, dan mendorong pembangunan ekonomi (Risso & Carrera, 2012).

Adanya permasalahan tersebut penelitian ini bertujuan untuk memodelkan biaya per unit jasa angkutan laut menggunakan petikemas. Dengan mempertimbangkan naik turunnya pengguna jasa pelayaran yang berdampak pada kapasitas angkut suatu kapal serta jumlah perjalanan yang dapat dilakukan per kapal dalam setahun. Maka dari itu perlu adanya standard biaya per unit jasa angkutan laut untuk mencegah praktik monopoli tarif pada suatu rute secara makro. Dengan adanya standar biaya per unit dengan minimum *load factor* dan rute

pelayaran yang di layani, akan membantu dalam memberlakukan tarif jasa angkutan laut yang berlaku dalam rute pelayaran.

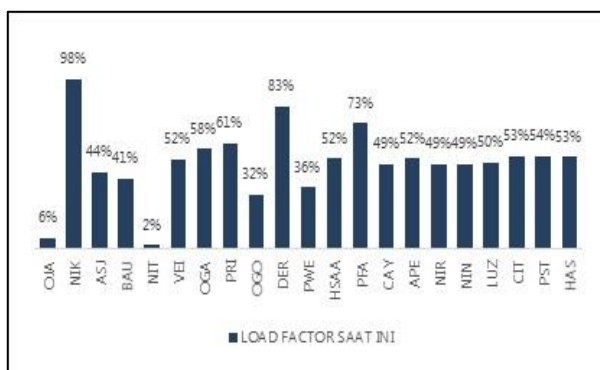
METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data

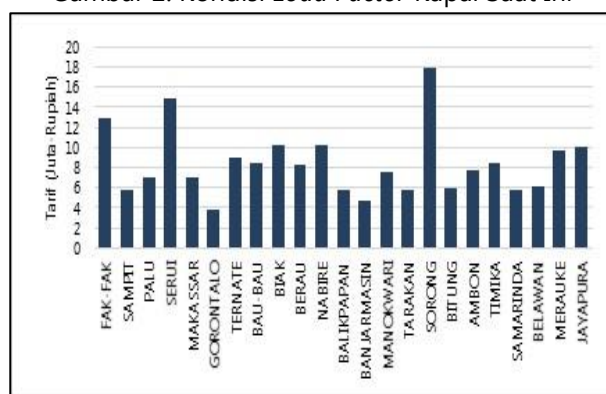
Metode pengumpulan data dalam penelitian menggunakan metode pengumpulan data primer dan sekunder. Pengumpulan data ini dilakukan dengan mengambil data terkait dengan permasalahan dalam penelitian yang di lakukan di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.

Analisis Kondisi Saat ini

Setelah melakukan pengumpulan data kemudian bisa diketahui kondisi saat ini, yang kemudian akan dilakukan pembuatan model angkutan petikemas menggunakan kapal petikemas dan SPCB. Data yang didapatkan diantaranya adalah kondisi *load factor* kapal dan tarif angkutan petikemas saat ini. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Kondisi Load Factor Kapal Saat Ini



Gambar 3. Kondisi Tarif Angkutan Saat Ini

Gambar 2 menjelaskan untuk kondisi *load factor* muatan yang diangkut oleh kapal selama ini yang diambil di tahun 2019. Rata-rata untuk *load factor* kapal petikemas sebesar 50% dari kapasitas angkut kapal yang disediakan. Dengan kondisi seperti ini

maka akan menyebabkan biaya pengiriman yang besar. Gambar 3 menjelaskan untuk besaran tarif pengiriman petikemas dari wilayah asal ke tujuan. Untuk pemberian tarif pengiriman petikemas berbeda-beda antara satu rute dengan rute yang lain, hal ini terjadi karena ada beberapa faktor salah satunya adalah faktor jarak.

Model Optimasi

1. Biaya Tetap

Analisis biaya tetap bertujuan untuk mengetahui biaya yang dikenakan setiap tahun dari investasi kapal. Biaya-biaya tersebut mengandung biaya-biaya seperti harga pembangunan kapal yang memiliki umur ekonomis, biaya asuransi, perawatan dan pajak (Wallinga, 2018).

2. Biaya Variabel

Analisis biaya variabel dihasilkan dari berlalunya sistem pengiriman dalam jumlah yang tidak tetap karena biaya bahan bakar dihitung berdasarkan jumlah trip kapal, kebutuhan air bersih, dan makanan (Ting, S.-C., & Tzeng, 2015). Selain itu biaya variabel yang dihitung adalah biaya operasional pelabuhan yang hanya keluar pada saat melayani proses bongkar muat (Tolofari et.al., 2011).

3. Model Matematis

Setelah mengetahui komponen yang akan dilakukan dalam analisis kemudian di buat model matematis yang kemudian dikerjakan dengan bantuan *software microsoft excel* dengan beberapa variabel yang telah di tentukan. Berikut untuk model matematisnya (*Objective Function*) :

$$\text{Min } Z = TC \dots\dots\dots(1)$$

$$TC = \sum_{i=1}^{40} (CC + OC + VC + CHC) f_i \dots\dots(2)$$

Constraint:

$L_{pp_{min}} \leq L_{pp} \leq L_{pp_{max}}$	$L/T_{min} \leq L/T \leq L/T_{max}$	$e_{0,30^\circ} \geq 0,055 \text{ m.rad}$
$B_{min} \leq B \leq B_{max}$	$B/T_{min} \leq B/T \leq B/T_{max}$	$e_{0,40^\circ} \geq 0,09 \text{ m.rad}$
$H_{min} \leq H \leq H_{max}$	$T/H_{min} \leq T/H \leq T/H_{max}$	$e_{30,40^\circ} \geq 0,03 \text{ m.rad}$
$T_{min} \leq T \leq T_{max}$	$B/H_{min} \leq B/H \leq B/H_{max}$	$e_{30,40^\circ} \geq 0,03 \text{ m.rad}$
$Cb_{min} \leq Cb \leq Cb_{max}$	$L/17_{min} \leq L/17 \leq L/17_{max}$	$H_{max} \text{ pada } \phi_{max} \geq 25^\circ$
$1\% \leq \frac{V}{W} \leq 10\%$	$f_a \geq f_{min}$	$GM_0 \geq 0,15 \text{ m}$

Decision Variable:

Lpp, B, H, T

Keterangan:

Z = Minimum total cost	CC = Biaya kapital	B = Lebar kapal
TC = Biaya total	OC = Biaya operasional	H = Tinggi kapal
f = Variasi penambahan	VC = Biaya pelayaran	T = Sarat kapal
Lpp = Panjang kapal	CHC = Biaya bongkar muat	Cb = Koefisien kapal

Pembuatan model optimasi dilakukan perencanaan ukuran kapal dan biaya total untuk mendapatkan

biaya pengiriman petikemas per unit termurah dan efisien (Priftis et al., 2017).

Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas digunakan untuk menentukan bagaimana nilai-nilai berbeda dari sebuah variabel independen memengaruhi variabel dependen tertentu di bawah asumsi-asumsi yang telah diberikan yang berguna untuk menentukan *load factor* dan penghematan biaya pengiriman petikemas (Ambarini et al., 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Standar Unit Biaya Pengiriman Peti Kemas

Penelitian terkait perhitungan biaya pengiriman peti kemas telah beberapa kali dilakukan, antara penelitian yang berjudul Analisis Perbandingan Antar Moda Pengiriman Kendaraan: Studi Kasus Jakarta-Surabaya (Wicaksana, 2017). Berdasarkan penelitian tersebut didapatkan unit biaya pengiriman kendaraan dari Jakarta-Surabaya dengan menggunakan kapal peti kemas adalah Rp4.132.914 per TEU (Wicaksana, 2017).

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan adalah jenis muatan yang diangkut, jika penelitian yang dilakukan oleh Satya Adi Wicaksana hanya berfokus pada muatan kendaraan yaitu mobil. Sedangkan penelitian yang akan dilakukan ini tidak terikat pada satu jenis muatan, namun hanya terikat pada satu jenis kemasan yaitu petikemas. Didapatkan unit biaya pengiriman peti kemas dari Jakarta ke Surabaya sebesar Rp7.733.776,26 (Dafiyani, 2014). Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan adalah jenis kapal yang digunakan dalam pengiriman peti kemas. Penelitian yang telah dilakukan ini menggunakan jenis kapal Ro-ro, sedangkan untuk penelitian yang akan dilakukan menggunakan kapal peti kemas.

Hal ini tentunya juga mempengaruhi besaran biaya yang harus dikeluarkan. Dari kedua penelitian tersebut, variabel yang mempengaruhi unit biaya pengiriman peti kemas adalah jarak antara asal dan tujuan serta jumlah muatan yang diangkut. Sehingga perlu dilakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui besaran biaya pada masing-masing asal dan tujuan serta unit biaya pada tingkat jumlah muatan yang terangkut. Dampak yang akan terjadi dari biaya pengiriman ini adalah pada pihak pelayaran dan pihak pemilik muatan.

Biaya Kapital

Biaya awal yang dapat dihitung adalah besarnya biaya yang dikeluarkan untuk pengadaan kapal. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, untuk pembangunan kapal dalam proses pengiriman muatan peti kemas dalam penelitian ini dibutuhkan baja (W_{ST}) seberat 354.436 ton. Sedangkan untuk berat peralatan ($W_{E\&O}$) dan berat permesinan (W_{ME}) masing-masing 56.134 ton dan 89 ton. Setelah mengetahui komponen pembangunan kapal, kemudian didapatkan biaya kapaital yang dibutuhkan. Biaya pembangunan kapal dibagi menjadi 4 (empat) kelompok biaya yaitu *Structural Cost* (P_{ST}), *Outfit Cost* ($P_{E\&O}$), *Machinery Cost* (P_{ME}), dan *Non-Weight Cost* (P_{NW}). Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, didapatkan biaya kapital yang dibutuhkan untuk membangun kapal dalam proses pengiriman muatan sebesar Rp 8.103.652.391,27.

Biaya Operasional

Biaya operasional merupakan biaya yang dikeluarkan tiap tahunnya. Untuk perbekalan kru kapal selama kapal beroperasi 330 hari diasumsikan tiap orang menghabiskan Rp. 60.000 per harinya. Biaya operasional kapal terdiri dari gaji ABK, perawatan dan perbaikan kapal, asuransi, perbekalan ABK, serta biaya dokumen dan administrasi. Total biaya operasional kapal yang digunakan dalam analisis ini mencapai Rp2.259.882.492 per tahun.

Biaya Pelayaran

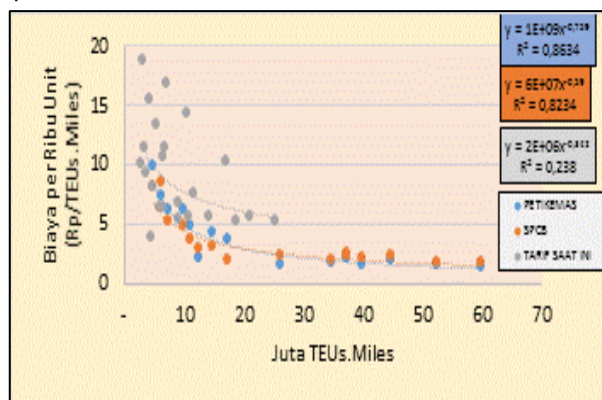
Biaya pelayaran terdiri dari dua komponen biaya yaitu biaya bahan bakar mesin dan biaya pelabuhan. Biaya bahan bakar sangat di pengaruhi oleh kebutuhan mesin yang digunakan. Harga BBM yang digunakan dalam perhitungan yaitu Rp. 13.000,-/liter untuk MFO dan Rp. 9.000,-/liter. Hasil analisis menunjukkan untuk pengeluaran biaya bahan bakar mesin sebesar Rp 4.954.448.315,- per tahun untuk *main engine* dan Rp 690.035.833,- per tahun untuk mesin bantu dan total biaya bahan bakar mesin sebesar Rp 5.644.484.149 per tahun. Biaya pelabuhan yang dikeluarkan dipengaruhi beberapa variabel seperti *gross tonage* kapal, waktu di pelabuhan, gerakan kapal masuk alur dan keluar alur pelayaran. Berdasarkan pada tarif yang telah ditetapkan pada masing-masing pelabuhan, didapatkan biaya pelabuhan yang dibutuhkan dalam satu tahun dalam studi kasus ini mencapai Rp17.479.656.889.

Biaya Bongkar Muat

Biaya bongkar muat merupakan biaya yang melekat pada jumlah muatan yang dilayani. Berdasarkan Peraturan Direksi Pelabuhan Indonesia tahun 2013, tarif bongkar/muat peti kemas ukuran 20ft di Pelindo I sebesar Rp1.350.000. Sedangkan untuk Pelindo II, III, dan IV masing-masing sebesar Rp1.600.000, Rp1.500.000, dan Rp720.000.

Biaya Satuan

Setelah mengetahui jumlah produksi dan biaya yang dikeluarkan untuk melakukan proses kegiatan pengiriman muatan petikemas dengan kapal petikemas dan SPCB kemudian bisa di lakukan optimasi untuk mendapatkan biaya satuan pengiriman petikemas yang dengan minimum biaya satuan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Biaya per Unit Pengiriman Petikemas

Gambar diatas menjelaskan hasil optimasi bahwa biaya satuan yang diberlakukan saat ini belum memenuhi dari pendekatan perhitungan biaya per unit untuk jasa angkutan laut. Dari hasil optimasi menghasilkan persamaan garis berikut ini.

Petikemas $\rightarrow y = 1E + 09x^{-0,759}$ ($R^2 = 0,8634$)

SPCB $\rightarrow y = 6E + 07x^{-0,59}$ ($R^2 = 0,8234$)

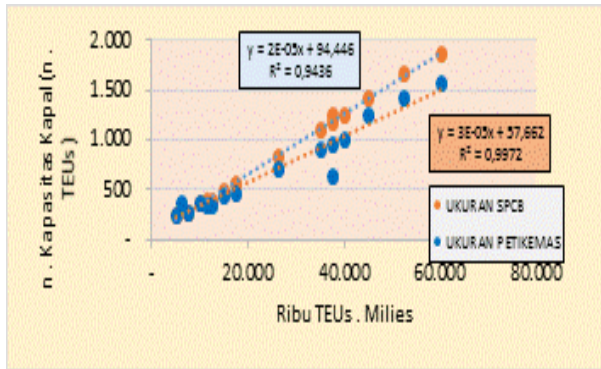
Kondisi saat ini $\rightarrow y = 2E + 06x^{-0,342}$ ($R^2 = 0,238$)

y = Biaya per Unit (Rp/TEUs.Miles)

x = Jarak Tempuh (TEUs. Miles)

Standar Kapasitas Kapal

Model optimasi yang digunakan juga menghasilkan rekomendasi kapasitas ukuran kapal yang digunakan berdasarkan permintaan dan jarak. Berikut grafik hasil kapasitas ukuran kapal terhadap kondisi permintaan per tahun dengan jarak tempuh tertentu. Gambar 6 menjelaskan grafik dan persamaan garis hasil optimasi antara kapasitas ukuran kapal dengan permintaan muatan petikemas dan jarak tempuh. Dari grafik tersebut kemudian didapatkan persamaan sebagai berikut.



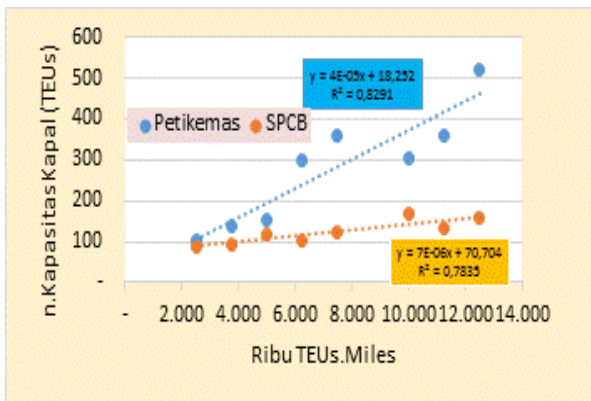
Gambar 5. Grafik Kapasitas Ukuran Kapal **Petikemas** → $y = 3E - 05x + 57,662$ ($R^2 = 0,943$)
SPCB → $y = 2E - 05x + 94,446$ ($R^2 = 0,997$)

y = Ukuran Kapal (TEUs)

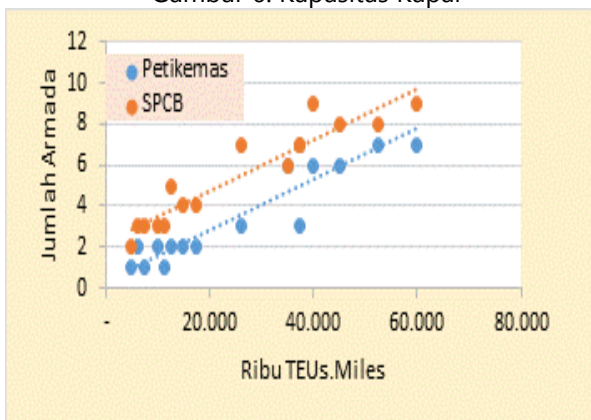
x = Jumlah permintaan per tahun x jarak tempuh (TEUs. Miles)

Hubungan Biaya Satuan dengan Kapasitas Kapal

Hubungan antara persamaan biaya per unit dengan ukuran kapasitas kapal adalah semakin besar jumlah dari permintaan dan jarak maka jumlah armada dan kapasitas kapal yang dibutuhkan juga semakin besar. Berikut merupakan grafik hubungan antara biaya satuan dan kapasitas kapal:



Gambar 6. Kapasitas Kapal



Gambar 7. Jumlah Kebutuhan Armada

Gambar 7 menjelaskan grafik hubungan antara biaya per unit dengan kapasitas kapal yang mengangkut petikemas. Gambar 8 menunjukkan grafik jumlah armada yang dibutuhkan untuk masing-masing jenis angkutan petikemas. Kedua gambar tersebut menunjukkan untuk kapal petikemas dengan kecepatan 10 knot memiliki kebutuhan armada lebih sedikit daripada SPCB dengan kecepatan 8 knot. Maka semakin jauh dan semakin besar permintaan, kapal petikemas lebih dipilih karena memiliki biaya satuan yang lebih sedikit dan dalam jumlah armada yang dibutuhkan juga sedikit.

Analisis Sensitivitas

Pada tahap ini dilakukan pengujian model standard biaya satuan dan kapasitas kapal dengan perubahan *load factor* dan permintaan per tahun terhadap tarif pasar saat ini. *Minimum unit cost* diperoleh dari *total cost* dibagi dengan total muatan yang terangkut. LPP (*Length of Perpendicular*), B (*Breadth*), T (*Draught*), H (*Height*) dipilih sebagai decision variable karena berpengaruh terhadap komponen-komponen lainnya, terutama biaya. Faktor-faktor dibawah ini dipilih sebagai constraint:

- Panjang kapal (LPP) harus bernilai dan tidak boleh lebih dari panjang dermaga pelabuhan yang akan disandari
- Lebar kapal (L) harus bernilai dan tidak boleh melebihi batasan alur pelabuhan yang akan disandari
- Sarat kapal (T) harus bernilai dan lebih kecil dari kedalaman minimum pelabuhan yang akan disandari
- Batasan DWT, jumlah muatan yang disuplai harus lebih besar dari jumlah demand (permintaan)
- Perbandingan ukuran utama kapal harus memenuhi aturan yang ditetapkan *dalam principal naval architecture*; dan tinggi freeboard harus lebih dari satu meter
- Payload harus lebih besar dari berat total permesinan kapal

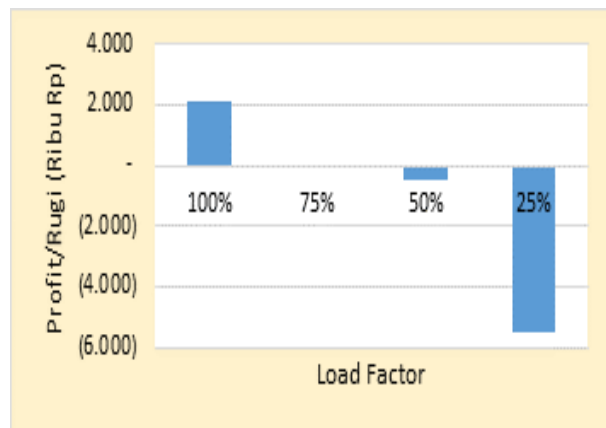
Analisis Solver

Terdapat tiga metode yang digunakan oleh solver yaitu GRG Non Linier, Simplex LP dan Evolutionary. Pada optimasi ini dipilih metode GRG Non Linier agar hasil lebih maksimal. Dari hasil solver kemudian dilakukan analisis sensitivitas menggunakan 3 rute yang berbeda dengan kondisi permintaan dan jarak tempuh yang berbeda juga. Lokasi yang digunakan adalah Ambon. Hasil

pengujian model dengan kondisi jarak 265 nm dan permintaan sebesar 26.812 per tahun dengan tarif Rp. 4.700.000,- sebagai berikut:

- Ukuran kapasitas optimum : 327 TEUs
- Biaya per unit : Rp 9.811 per TEUs. miles
- Biaya per box := CU . jarak tempuh = Rp 2.599.783,- (100%)

Gambar 9 menjelaskan grafik profit atau rugi hasil analisis dan didapatkan minimal *load factor* untuk rute Ambon sebesar 76% per pengiriman agar tidak mengalami kerugian dalam proses pengiriman petikemas.



Gambar 8. Grafik Kondisi Load Factor

Analisis Sensitivitas Pola Operasi – Biaya Satuan

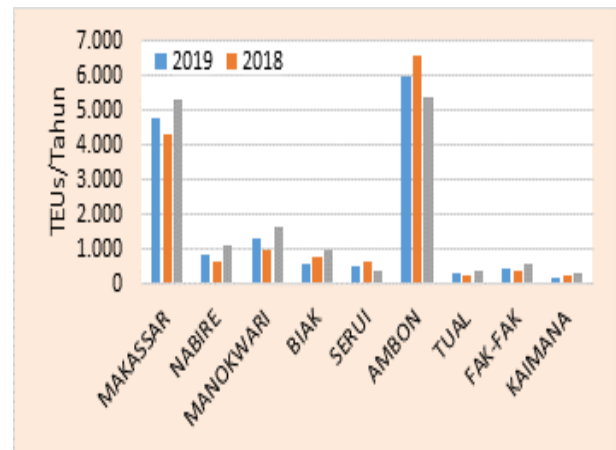
Pada analisis sensitivitas pola operasi untuk menghitung proporsi permintaan masing-masing tujuan dengan cara menggunakan jumlah permintaan semua tujuan kemudian dilakukan proporsi sesuai kondisi permintaan per tahun. Berikut untuk perhitungan proporsi tiap tujuan.

Tabel 1. Proporsi Muatan Tiap Tujuan

Kondisi 1	Proporsi	Permintaan (TEUs/tahun)
Makassar	36%	9.165
Nabire	16%	4.308
Manokwari	25%	6.654
Biak	15%	3.934
Serui	9%	2.498
Total	100%	27.009

Kondisi 2	Proporsi	Permintaan (TEUs/tahun)
Makassar	9.165	36%
Ambon	11.970	45%
Tual	1.536	6%
Fak-fak	2.330	9%
Kaimana	1.363	5%
Total	26.814	100%

Proporsi ini digunakan untuk mendapatkan pembagian masing-masing tujuan saat sekali angkut sesuai dengan ukuran yang dihasilkan oleh solver. Aspek yang ditinjau berikutnya kondisi muatan balik ke Surabaya. Untuk jumlah permintaan muatan balik dapat dilihat pada Gambar 10. Dari perkembangan tiga tahun terakhir untuk muatan balik didapatkan rata-rata kondisi muatan dalam bentuk persentase dari total permintaan per tahun dan per tujuan disajikan pada Tabel 4.



Gambar 9. Permintaan Muatan Balik ke Surabaya Tabel 2. Rata-rata Muatan Balik

Asal	2017	2018	2019	Rata-rata
Makassar	5.288	4.326	4.807	50%
Nabire	1.077	646	861	20%
Manokwari	1.663	998	1.330	20%
Biak	983	786	590	20%
Serui	374	624	499	20%
Ambon	5.386	6.583	5.985	50%
Tual	384	230	307	20%
Fak-fak	582	349	466	20%
Kaimana	340	272	204	20%

Selain muatan balik juga terdapat muatan lanjutan. Dengan mengasumsikan 20% dari permintaan per tahun Surabaya. Dengan muatan lanjutan atau *multiport* terdapat perbedaan dengan perhitungan sebelumnya yaitu pada perhitungan *port time*. Berikut perumusan perhitungan *port time*.

$$Total\ Port\ Time\ (t) = \frac{n_i}{p_i}$$

Dimana: $n_i = u . payload$

Keterangan:

- t = Port time (tahun)
- n = Jumlah muatan terangkut (TEUs/trip)
- p = Produktifitas B/M (TEUS/jam)
- i = Lokasi tujuan

Selain itu pola *multiport* juga memiliki perbedaan pada biaya bongkar muat perumusan sebagai berikut:

$$CHC = n_i \cdot c_{b/m} \cdot f$$

Keterangan:

CHC = Biaya total bongkar muat (Rp/tahun)

$c_{b/m}$ = Biaya bongkar muat (Rp/TEUs)

f = Frekuensi per tahun

Berikut model optimasi *multiport* untuk *objective function* :

$$\text{Min } Z = \frac{\sum_{j=1}^2 TC_j}{D_j \cdot R_j}$$

Total biaya =

$$CC + OC + CHC + (np \cdot \text{port charges}) + BBM$$

Keterangan:

np = Jumlah titik yang disinggahi

j = Kondisi

D = Permintaan (TEUs/tahun)

R = Jarak tempuh (nm)

Dengan kondisi :

- Pola operasi yang dilakukan untuk perhitungan *multiport* dengan rute Surabaya – Makassar – Ambon – Tual – Fak-Fak – Kaimana
- Kondisi jarak 1.697 nm
- Permintaan total 36.377 TEUs per tahun
- Potensi muatan lanjutan sebesar 20% dari muatan Surabaya ke tujuan
- Kondisi muatan balik pada tabel 10

Tabel 3. Proporsi Sekali Pengiriman Kondisi Muatan Balik

	Surabaya	Makassar	Ambon	Tual	Fak-fak	Kaimana
Surabaya	0,0%	35,9%	44,6%	5,7%	8,7%	5,1%
Makassar	17,9%	0,0%	8,9%	1,1%	1,7%	1,0%
Ambon	22,3%	0,0%	0,0%	1,8%	0,2%	0,3%
Tual	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%
Fak-fak	1,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
Kaimana	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tabel 4. Kondisi Load Factor Saat Ini

Load Factor Berangkat				
Makassar	Ambon	Tual	Fak-fak	Kaimana
50%	32%	20%	10%	10%

Load factor kapal berangkat : 35%

Load factor kapal pulang : 44 %

Load factor kapal saat pulang berdasarkan proporsi dari potensi muatan balik rata-rata yaitu :

- Jumlah muatan = 1.031 TEUs
- Min load factor = 32% dari dari kapasitas muat kapal
- Biaya per unit = Rp 2.474 per TEUs.miles

Hasil yang didapatkan yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Biaya per box} &= C_U \cdot \text{jarak tempuh} \\ &= \text{Rp } 2.390.00,- (100\%) \end{aligned}$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis menjelaskan untuk tarif saat ini belum optimum dibuktikan dengan persamaan biaya saat ini $y = 2E+06x^{(-0,342)}$ ($R^2 = 0,238$).
2. Model standard angkutan menghasilkan persamaan garis biaya per unit angkutan kapal petikemas $y = 1E+09x^{(-0,759)}$ ($R^2 = 0,8634$) sedangkan SPCB $y = 6E+07x^{(-0,59)}$ ($R^2 = 0,8234$).
3. Penelitian ini juga menghasilkan model persamaan untuk ukuran kapasitas angkutan kapal petikemas $y = 3E-05x+57,662$ ($R^2=0,943$) sedangkan SPCB $y = 2E-05x+94,446$ ($R^2=0,997$).
4. Hasil analisis sensitivitas kapasitas angkut dengan pola operasi kapal kondisi saat ini untuk minimum *load factor* untuk rute Surabaya-Ambon 54% dan Surabaya-Serui 48%.
5. Untuk pengiriman petikemas dengan kapal petikemas dengan kecepatan 10 knot memiliki kebutuhan armada lebih sedikit daripada SPCB dengan kecepatan 8 knot.
6. Semakin jauh dan semakin besar permintaan pengiriman petikemas, kapal petikemas lebih dipilih karena membutuhkan jumlah armada yang sedikit dan memiliki biaya satuan yang lebih rendah.
7. Untuk kondisi *load factor* 100% maka dapat menurunkan biaya per unit untuk rute Surabaya-Ambon sebesar 50% dan untuk rute Surabaya-Serui sebesar 63%.

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah dapat menghitung model standard angkutan laut dengan komoditi muatan atau jenis kapal yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarini, R., Suwandi, R., & Rahardjo, S. (2019). Evaluasi Masa Konsesi Pada Pembangunan Terminal Petikemas Kalibaru. *Warta Penelitian Perhubungan*, 26(12), 773. <https://doi.org/10.25104/warlit.v26i12.956>
- Banerjee, A., Duflo, E., & Qian, N. (2020). On the road: Access to transportation infrastructure and economic growth in China. *Journal of Development Economics*, 145(January), 2–5. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2020.10244>

- Du, G., Sun, C., & Weng, J. (2016). Liner shipping fleet deployment with sustainable collaborative transportation. *Sustainability (Switzerland)*, 8(2), 2–5. <https://doi.org/10.3390/su8020165>
- Julien Brunel. (2015). Freight transport and economic growth: an empirical explanation of the coupling in the EU using panel data. *Laboratoire d'économie Des Transports*, 2–3.
- Lasserre, F. (2004). Logistics and the Internet: Transportation and location issues are crucial in the logistics chain. *Journal of Transport Geography*, 12(1), 73–84. [https://doi.org/10.1016/S0966-6923\(03\)00027-9](https://doi.org/10.1016/S0966-6923(03)00027-9)
- Mansouri, S. A. (2015). Multi-objective decision support to enhance environmental sustainability in maritime shipping: A review and future directions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 78, 3–18.
- Mustafa, F. S., Khan, R. U., & Mustafa, T. (2021). Technical efficiency comparison of container ports in Asian and Middle East region using DEA. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, 37(1), 12–19.
- Nguyen, P. N., Woo, S. H., Beresford, A., & Pettit, S. (2020). Competition, market concentration, and relative efficiency of major container ports in Southeast Asia. *Journal of Transport Geography*, 83(January), 3–5. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102653>
- Özer, M., Canbay, Ş., & Kirca, M. (2020). The impact of container transport on economic growth in Turkey: An ARDL bounds testing approach. *Research in Transportation Economics*, November 2019, 3–5. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.101002>
- Priftis, A., Papanikolaou, A., & Plessas, T. (2017). Parametric design and multiobjective optimization of containerships. *Journal of Ship Production and Design*, 33(1), 46–59. <https://doi.org/10.5957/JSPD.33.1.150029>
- Risso, W. A., & Carrera, E. J. S. (2012). Inequality and economic growth in China. *Journal of Chinese Economic and Foreign Trade Studies*, 5(2), 80–90. <https://doi.org/10.1108/17544401211233453>
- Ting, S.-C., & Tzeng, G.-H. (2015). Ship scheduling and cost analysis for route planning in liner shipping. *Maritime Economics & Logistics*, 5(4), 378–392.
- Tolofari, S., Button, K., & Pitfield, D. (2011). An econometric analysis of the cost structure of the tanker sector of the shipping industry. *International Journal of Transport Economics/Rivista Internazionale Di Economia Dei Trasporti*, 50(12), 71–84.
- Wallinga, H. T. (2018). Ships and sea-power before the great Persian War: the ancestry of the ancient trireme. *Brill*, 99(1), 101–102.
- Wang, X. (2015). Container Vessel Fleet Expansion Decision-Making Under Certain Conditions. *MSc in Maritime Economics and Logistics*, 3–6.
- Wicaksana, S. A. (2017). Analisis Perbandingan Antar Moda Pengiriman Kendaraan: Studi Kasus Jakarta - Surabaya Analisis Perbandingan Antar Moda Pengiriman Kendaraan: Studi Kasus Jakarta - Surabaya. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Zhao, H., Meng, Q., & Wang, Y. (2019). Exploratory data analysis for the cancellation of slot booking in intercontinental container liner shipping: A case study of Asia to US West Coast Service. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 106(January), 243–263. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.07.009>
- Zhen, L., Hu, Y., Wang, S., Laporte, G., & Wu, Y. (2019). Fleet deployment and demand fulfillment for container shipping liners. *Transportation Research Part B: Methodological*, 120, 15–32. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2018.11.011>