



## Analisis Angkutan *Crude Palm Oil* Multi Trip Dengan Kapal Tongkang

Vindy Audiba Karchely\*, Arif Fadillah, Shanty Manullang

Program Studi Teknik Perkapalan, Universitas Darma Persada  
Jalan Taman Malaka Selatan, Pondok Kelapa, Jakarta 13450, Indonesia

Diterima 5 Juli 2020, diperiksa 22 September 2020, disetujui 29 Desember 2020

### Abstrak

*Crude palm oil* (CPO) merupakan salah satu komoditas ekspor andalan Indonesia. Prospek pasar CPO masih cukup cerah dimasa yang akan datang, untuk pasar domestik maupun ekspor. Indonesia menjadi penghasil CPO terbesar di dunia dan untuk membutuhkan optimalisasikan armada angkutan CPO. Pada penelitian ini menggunakan 7 tongkang dengan muatan 3 armada bermuatan 5000 metrik ton (MT) dan 4 armada bermuatan 3500 MT, dimana sistem tarik menggunakan kapal tunda, yang tersedia sebanyak 7 kapal tug. Transportasi angkutan CPO ini memiliki multi alur pelayaran dimana CPO akan di supply ke titik pelabuhan Surabaya sebanyak 92.000 MT dan di pelabuhan Jakarta sebanyak 52.000 MT dari titik muat (Pelabuhan singgah) di Samarinda, Palembang, Bonemanjing, Rengat, Dumai. Seluruh rute akan dioptimalisasikan untuk mendapatkan rute terbaik dan biaya yang minimum dengan menggunakan metode *simplex* dan linier program. Total biaya *Required Freight Rate* (RFR) dari 7 tongkang mencapai Rp. 274.003.209.166. Hasil menunjukkan bahwa dengan menggunakan rute terbaik dan menggunakan 6 tongkang, kapasitas supply CPO meningkat menjadi 38 Ton. Dengan biaya RFR sebesar Rp. 253.058.332.728 biaya dapat diminimalisir hingga 20 miliar rupiah. Dari hasil penelitian memperlihatkan transportasi menggunakan tongkang dengan sistem tarik oleh kapal tunda masih dapat menjadi pilihan transportasi yang efisien dan efektif. Kata kunci: Kapal Tongkang, *Crude palm oil*, Program Linier, Metode *Simplex*.

### Abstract

*Analysis of Multi-Trip Crude Palm Oil Shipment by Towed Barge*; *Crude palm oil* (CPO) is one of Indonesia's mainstay exports commodity. The prospect of the CPO market still bright in the future, both domestically and exports. *Crude palm oil* (CPO) is one of Indonesia's mainstay exports. The prospect of the CPO market looks bright in the future, both domestically and in exports. Indonesia is the largest CPO producer in the world therefore the CPO transportation fleet must be optimized. In this study, seven barges with a cargo where 3 fleets with 5000 MT and 4 fleets with 3500 MT, where the tug system uses tugboats, which are available as many as 7 tugboats. This transportation of CPO transportation has multiple channels where CPO will be supplied to Surabaya port for 92,000 MT, and at Jakarta ports as much as 52,000 MT from loading points in Samarinda, Palembang, Bonemanjing, Rengat, Dumai. All routes will be optimized to get the best route and minimum costs using *simplex* method and linear programming. The total cost of the *Required Freight Rate* (RFR) of 7 barges reaches Rp. 274.003.209.166. The results show that using the best route and utilize only 6 barges CPO supply capacity increases by 38 tons. With an RFR cost only Rp 253,058.332.728 can minimize costs up to 20 billion rupiah. The result showed that transportation using barge with a pull system by tugboat still become efficient and effective transport choice.

Keywords: Towed Barge, *Crude Palm Oil*, Linear Programming, *Simplex Method*.

### 1. Pendahuluan

Pada proses rantai pasok yang meliputi fungsi komoditas, sarana, maupun jaringan distribusi memiliki peranan yang sangat penting (Atikah & Sutopo, 2014). Distribusi transportasi CPO dari berbagai literatur dapat menggunakan kereta barang (Pramana, 2016) dan kapal tunda atau *Tug Boat* (Yuliani, 2012). Pada pola distribusi antar pulau, peranan transportasi laut menggunakan tongkang yang ditarik *tug boat* merupakan pilihan utama.

*Tug Boat* memiliki peran yang sangat penting untuk menarik tongkang (Damanik, et al., 2016), yang menjadi tantangan pada penelitian adalah rute pelayaran menggunakan multi alur yang mengangkut komoditas dari satu pelabuhan ke beberapa pelabuhan yang berbeda atau konsep *multi-port* (Yunianto, et al., 2019), oleh karena itu pada penelitian ini akan dicari alur mana yang lebih efisien dan efektif dalam pengangkutan CPO, ditinjau dengan alur pelayaran apakah memungkinkan untuk menjadi alur pelayaran yang terbaik dengan memperhatikan keselamatan

\* Corresponding author 813-1793-9140  
E-mail: [vindy.audiba@haritaminerall.com](mailto:vindy.audiba@haritaminerall.com)

pelayaran dan efektifitas pelayaran (Hakim, 2016), untuk diberi *schedule* yang maksimal yang akan membuat biaya transportasi minimum, dilihat dari beberapa kemungkinan dari segi dimensi kapal, waktu bongkar muat, rute, dan kapasitas.

Pada proses transportasi CPO ini, kapal tunda atau *Tug Boat* memiliki peran yang sangat penting untuk menarik tongkang. Hal ini juga terkait dengan jumlah pasokan CPO yang dikirim dalam 1 tahun, pada penelitian ini data yang digunakan menggunakan kapal tunda tipe *twin screw tug* (Prasetyo, et al., 2020), dengan tongkang yang dimiliki oleh PT X berjumlah 7 kapal tongkang dan 7 kapal tunda dengan dimensi dan *Main Engine* yang digunakan berbeda. Dengan demikian permasalahan penelitian yang diteliti adalah konsep angkutan *crude palm oil* yang optimal, dengan biaya yang minimum, serta rute pelayaran yang efektif dan efisien. Adapun lokasi tujuh titik transportasi CPO yang diteliti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Transportasi CPO

## 2. Metode

Pada penelitian ini, untuk menentukan sistem transportasi yang efisien akan digunakan metode untuk menghitung biaya transportasi dapat diselesaikan dengan *Required freight Rates* (RFR) (Kumalasari & Achmadi, 2017; Yuniato, Nur, Ardhi, & Adhitya, 2019), merupakan biaya yang dikeluarkan dalam suatu proyek transportasi untuk memindahkan sejumlah barang atau penumpang dari tempat asal ketempat tujuan. Nilai RFR banyak di tentukan oleh produksi jasa transportasi. Kriteria RFR dapat digunakan untuk menilai kelayakan tarif yang berlaku sebagai dasar penentuan tarif yang akan ditawarkan kepada pihak pemakai jasa angkutan. Metode untuk mendapatkan nilai yang optimal yaitu dengan Program Linear yang diselesaikan dengan metode *Simplex* (Rumahorbo & Mansyur, 2016), dan optimasi penentuan rute yang diterjemahkan dalam *problem linear programming*. Perhitungan optimasi akan dihitung dengan variabel kapasitas muatan, alur pelayaran, dan *schedule trip*.

Pemecahan masalah program linier dapat dilakukan dengan berbagai teknik, antara lain secara aljabar, grafik dan metode *Simplex* (Rosita, 2019). Pemilihan metode *Simplex* karena metode ini yang secara sistematis menyelesaikan pemrograman linear dimulai dari suatu penyelesaian basis yang fisibel ke penyelesaian dasar fisibel lainnya, yang dilakukan berulang-ulang (iteratif) sehingga tercapai suatu penyelesaian yang optimum menggunakan aplikasi pemrograman (Kusrini, 2006).

Masalah transportasi dengan batasan dapat diterjemahkan dalam *problem linear programming* dan diselesaikan dengan metode *simplex* untuk mendapatkan biaya transportasi minimum jaringan (Rumahorbo & Mansyur, 2016). Bentuk dasar problem linier yang akan diselesaikan melalui fungsi obyektif (*Objective function*).

$$\text{Max/min } f(X) = \sum C_i X_i \quad (1)$$

Dimana  $C_i$  merupakan fungsi tujuan atau sasaran, dan  $X_i$  adalah Perubahan variabel yang ada. Batasan dalam bentuk matriks terlihat pada persamaan (2)-(4).

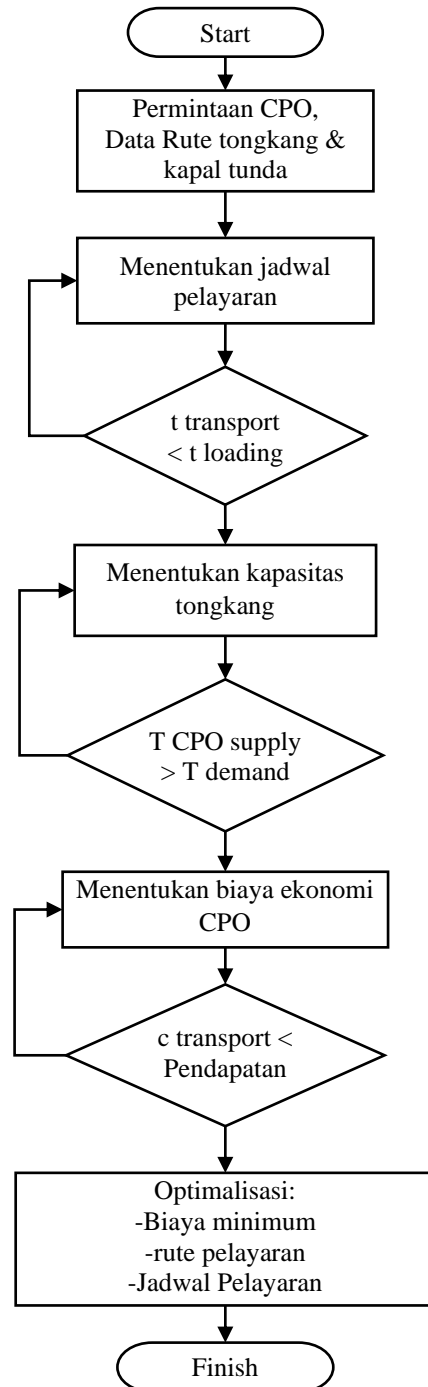
$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1n} X_n = b_1, \dots \quad (2)$$

$$a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2n} X_n = b_2, \dots \quad (3)$$

$$a_{m1} X_1 + a_{m2} X_2 + \dots + a_{mn} X_n = b_m, \dots \quad (4)$$

### Diagram Alur Pikir

Alur berfikir penyelesaian masalah untuk penelitian yang dilakukan secara iteratif menggunakan *Flow Chart* merupakan bagan yang menunjukkan alur kerja atau apa yang sedang dikerjakan dalam bagan secara keseluruhan dan menjelaskan urutan dari prosedur-prosedur yang ada didalam bagan. *Flow Chart* atau diagram alir digunakan untuk mendesain dan mendokumentasi proses atau program sederhana. Dalam penyelesaian masalah metode *simplex* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

### **Linear Programing**

Metode Pemrograman linier pertama kali diperkenalkan oleh statistisi dari Amerika Serikat yang bernama George Dantzig. Pemrograman Linier (PL) merupakan metode matematis dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk mencapai suatu tujuan seperti memaksimalkan keuntungan dan meminimumkan biaya (Hardiman, et al., 2020).

### **3. Hasil dan Pembahasan**

Analisa perhitungan ekonomi ini menggunakan program linier untuk mendapatkan biaya minimal, dan merupakan tahap dimana akan diketahuinya tingkat efisiensi dan nilai ekonomi pada transportasi *crude palm oil*. Data lengkap untuk ukuran tongkang sebanyak tujuh buah untuk transportasi angkutan CPO dari PT X pada Tabel 1. Sedangkan data lengkap untuk ukuran kapal tunda atau *Tug Boat* PT X yang akan digunakan dalam penelitian ini memiliki ukuran pada Tabel 2.

Tabel 1. Spesifikasi Kapal Tongkang

No	Barge	Length		Breadth (m)	Draft (m)	Tank Capacity m3	Cargo Pump
		Feet	(m)				
1	BG I	240	74,30	21,95	4,5	5798,02	256 M3/HR/at 9 Bar head/1780 RPM
2	BG II	240	74,30	21,95	4,5	5798,02	257 M3/HR/at 9 Bar head/1780 RPM
3	BG III	240	74,30	21,95	4,5	5798,02	258 M3/HR/at 9 Bar head/1780 RPM
4	BG IV	240	74,97	21,54	4,5	4131,62	256 M3/HR/at 9 Bar head/1780 RPM
5	BG V	210	71,98	21,54	4,2	4131,62	256 M3/HR/at 9 Bar head/1780 RPM
6	BG VI	210	71,98	21,54	4,2	4131,62	256 M3/HR/at 9 Bar head/1780 RPM
7	BG VII	210	71,98	21,54	4,2	4131,62	256 M3/HR/at 9 Bar head/1780 RPM

Tabel 2. Spesifikasi kapal Tugboat

No	Length (m)	Breadth (m)	Draft (m)	Main Engine	Auxiliary Engine
1	26,04	8,60	3,8	2 x 759 KW x 1,406 RPM	2 x 77 KW x 1,500 RPM
2	26,04	8,60	3,8	2 x 759 KW x 1,406 RPM	2 x 77 KW x 1,500 RPM
3	26,04	8,60	3,8	2 x 759 KW x 1,406 RPM	2 x 77 KW x 1,500 RPM
4	26,00	8,60	3,6	2 x 510 KW x 1,400 RPM	2 x 50 KW x 1,500 RPM
5	26,00	8,60	3,6	2 x 510 KW x 1,400 RPM	2 x 50 KW x 1,500 RPM
6	26,00	8,60	3,6	2 x 510 KW x 1,400 RPM	2 x 50 KW x 1,500 RPM
7	26,00	8,60	3,6	2 x 510 KW x 1,400 RPM	2 x 50 KW x 1,500 RPM

Dengan analisis Optimalisasi *Trip Schedule*, Fungsi Kendala Program Linier adalah X dalam Muatan (Ton) dan Y dalam Jarak (Mil), dengan rute Jakarta - Rengat - Surabaya =  $5000X + 1326Y = 2.286.878.440$ . Rute Jkt - Rengat - Sby =  $5000 \text{ Ton muatan} + 1326 \text{ mil} = \text{Total Biaya Muatan dan BBM}$ . Selanjutnya fungsi Batasan/kendala secara detail pada Tabel 3.

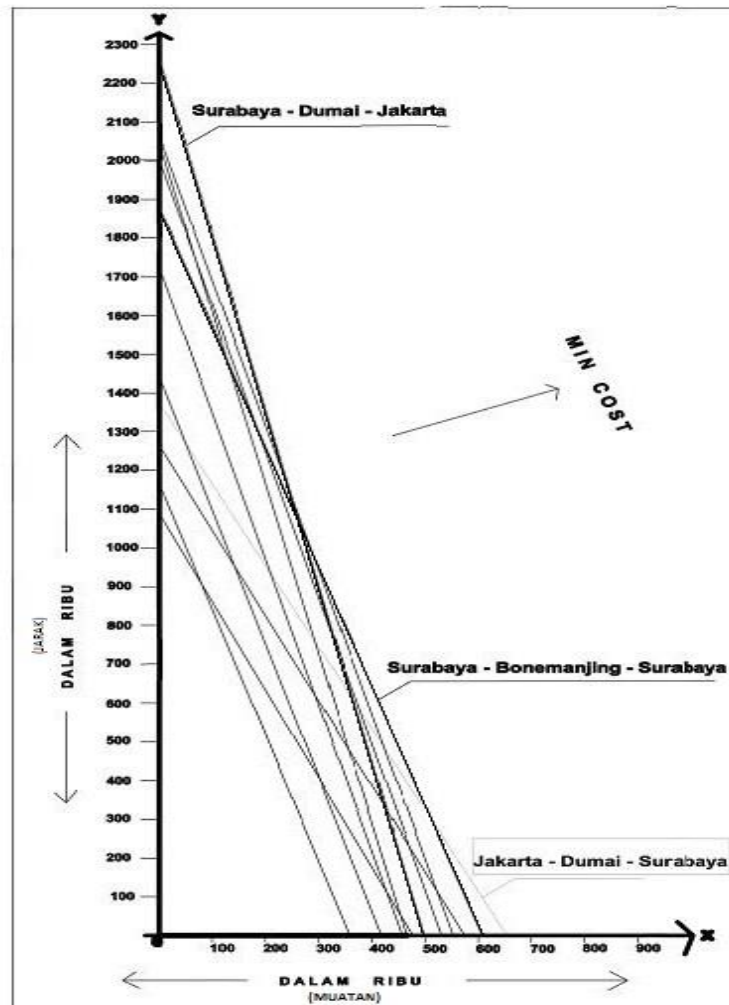
Tabel 3. Fungsi Kendala

Rute	Fungsi Kendala	Biaya Muatan (Rp)
Jkt - Rengat - Sby	$5000X + 1326Y$	2.286.878.440
Sby - Dumai - Sby	$5000X + 1326Y$	2.655.364.303
Sby - Rengat - Sby	$3500X + 1589Y$	2.011.043.680
Jkt - Rengat - Jkt	$3500X + 1534Y$	1.670.850.700
Jkt - Palembang - Jkt	$3500X + 1080Y$	1.259.634.984
Sby - Palembang - Jkt	$3500X + 1017Y$	1.466.974.302
Sby - Dumai - Jkt	$5000X + 1101Y$	2.494.038.644
Sby - Bonemanjing - Jkt	$3500X + 867Y$	1.598.213.434
Sby - Bonemanjing - Sby	$3500X + 1131Y$	2.127.231.719
Sby - Samarinda - Sby	$5000X + 1140Y$	2.330.963.108
Jkt - Dumai - Jkt	$5000X + 1341Y$	2.764.817.514
Jkt - Dumai - Sby	$3500X + 1665Y$	2.289.288.644

Selanjutnya pada fungsi optimum  $f(x,y) = ax + by$  diperoleh hasil maksimum biaya Angkut dan biaya BBM adalah:  $12030500000X + 12924799472Y$ . Tabel 4 menunjukkan titik X dan Y pada fungsi kendala.

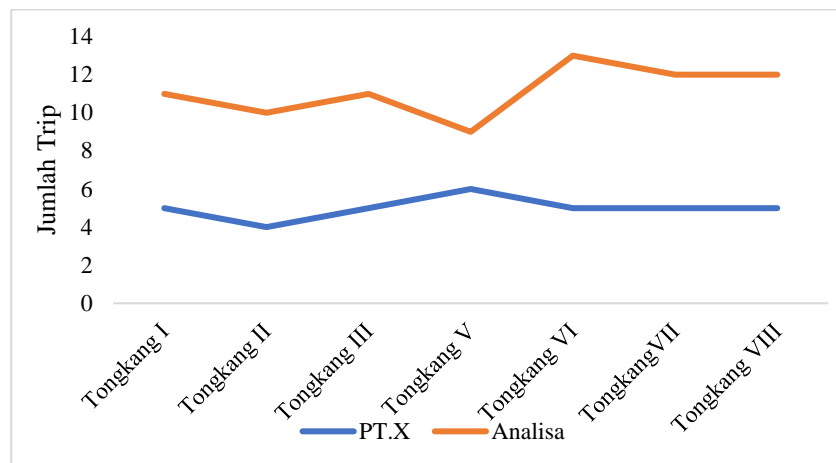
Tabel 4 Fungsi Kendala dengan Titik X dan Y

FUNGSI KENDALA	Nilai Y Jika X = 0	Nilai X Jika Y = 0
Jakarta - Rengat - Surabaya	1.724.644	457.376
Surabaya - Dumai - Surabaya	2.002.537	531.073
Surabaya - Rengat - Surabaya	1.265.603	574.584
Jakarta - Rengat - Jakarta	1.089.212	477.386
Jakarta - Palembang - Jakarta	1.166.329	359.896
Surabaya - Palembang - Jakarta	1.442.453	419.136
Surabaya - Dumai - Jakarta	2.265.249	498.808
Surabaya - Bonemanjing - Jakarta	1.843.383	456.632
Surabaya - Bonemanjing - Surabaya	1.880.841	607.780
Surabaya - Samarinda - Surabaya	2.044.704	466.193
Jakarta - Dumai - Jakarta	2.061.758	552.964
Jakarta - Dumai - Surabaya	1.374.948	654.082



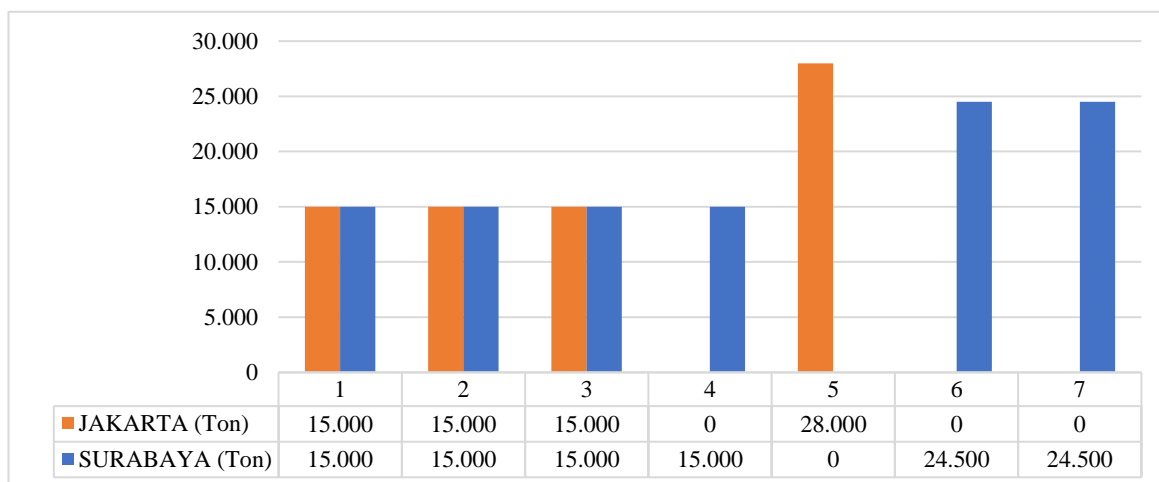
Gambar 3. Rute dengan biaya minimum

Grafik dari hasil nilai titik (x,y) dalam mencari nilai minimum ditampilkan dalam Gambar 3. Untuk hasil nilai yang minimum adalah luas daerah yang perpotongan di luas daerah atas. Dari perhitungan grafik diatas didapat rute angkutan Jakarta – Dumai – Surabaya mendapatkan perhitungan dengan biaya yang minimal, dengan kapasitas 5000 MT dan jarak pelayaran 1665 mil, dengan biaya Rp. 2.289.288.644 per trip.



Gambar 4. Trip Schedule PT.X dan Analisa

Hasil iterasi untuk mendapatkan supply yang optimal dari masing-masing daerah penghasil CPO ditampilkan pada Gambar 4, dimana data hasil analisa yang berasal dari data supply setelah dioptimalkan dengan memaksimalkan trip schedule setelah mendapatkan rute terbaik. Terlihat jumlah trip rata-rata setiap tongkang meningkat 2 kali lipat.



Gambar 5. Supply CPO. Hasil Analisa

Gambar 5 Hasil Supply CPO yang dapat diperoleh adalah 182.000 Ton untuk dua titik daerah penghasil CPO, dimana *demand* dari CPO sebanyak 144 Ton, dan optimasi hasil analisa menjadi 182 Ton. Selisih dari hasil analisa dan *demand* lebih banyak 38 Ton. Dengan Biaya yang dapat dihemat sebesar 20 miliar untuk biaya ekonomi dan penggunaan hanya 6 kapal tongkang & kapal tunda untuk operasional.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil analisis, transportasi menggunakan tongkang dengan sistem tarik oleh kapal tunda masih menjadi pilihan transportasi yang efisien dan efektif, dimana dari hasil optimalisasi biaya ekonomi angkutan CPO masih dapat diminimalisir hingga 20 miliar, dengan melakukan evaluasi rute dan penggunaan 6 tongkang operasional, untuk kapasitas supply bertambah 38 Ton, disebabkan rute pelayaran terbaik dengan memaksimalkan trip schedule.

Untuk mendapatkan hasil yang sangat optimal pada penelitian ini, baik pada ekonomi transportasi dan penentuan rute terbaik adalah dengan memperbaiki rute dan schedule transportasi yang akan digunakan, karena semakin baik rute yang dipilih maka akan diperoleh pula angkutan *crude palm oil* yang semakin maksimal dan semakin tinggi volume *crude palm oil* yang diperoleh akan semakin ekonomis biaya ekonomi angkutan yang akan dikeluarkan.

#### Pernyataan

##### Kontribusi penulis

Semua penulis memberikan kontribusi yang setara sebagai kontributor utama makalah ini. Semua penulis membaca dan menyetujui makalah akhir.

**Pernyataan pendanaan**

Penelitian ini tidak menerima hibah khusus dari lembaga pendanaan di sektor publik, komersial, atau nirlaba.

**Konflik kepentingan**

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

**Informasi tambahan**

Tidak ada informasi tambahan yang tersedia untuk makalah ini.

**Daftar Pustaka**

- Atikah, N., & Sutopo, W. (2014). Simulasi Model Dinamik Pengangkutan Crude Palm Oil (Cpo) Di Pt. XYZ Untuk Meminimalkan Biaya Transportasi Pengadaan Bahan. *Jurnal Teknik Industri*, 125-134.
- Damanik, L., Mulyatno, I., & Adietya, B. (2016). Kajian Teknik Kekuatan Konstruksi Kapal Tugboat 2 X 800 Hp Dengan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 113-122.
- Google Inc. (2020, 01 21). *google maps*. Diambil kembali dari google web site: <https://www.google.com/maps>
- Hakim, L. (2016). Penentuan Rute Pelayaran Terbaik Untuk Mendukung Program Tol Laut NKRI (Studi Kasus: Rute Pelayaran Pelabuhan Belawan Menuju Pelabuhan Tanjung Priok). *Jurnal Pendidikan Geografi*, 160-168.
- Hardiman, Fauzi, M., & Suprayogi, I. (2020). Optimasi Biaya Pemeliharaan. *Selodang Mayang*, 201-208.
- Kumalasari, S., & Achmadi, T. (2017). Model Analisis Kapasitas Pasar Pelayaran Petikemas: Studi Kasus Rute Surabaya-Sampit. *Jurnal Wave*, 45-52.
- Kusrini. (2006). Aplikasi Untuk Menyelesaikan Program Linier Dengan Menggunakan Metode Simpleks. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2006* (hal. 21-26). Yogyakarta: UII.
- Pramana, Y. (2016). *Analisis Kepuasan Pengguna Jasa Transportasi Kereta Api dalam Proses Distribusi CPO di Sumatera Utara (Studi Kasus: PT Kereta Api Divre I Sumatera Utara)*. Medan: Universitas Medan Area.
- Prasetyo, N., Budiarto, U., & Chrismianto, D. (2020). Analisa Perbandingan Engine Propeller Matching Antara Single Screw Propeller Dan Twin Screw Propeller Pada Kapal Tanker 6500 DWT. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 405-413.
- Rosita, S. (2019). Penguraian Kesamaan Pada Metode Simpleks Dalam Penyelesaian Pemograman Linier. *MENARA Ilmu*, 110-116.
- Rumahorbo, R., & Mansyur, A. (2016). Konsistensi metode simpleks dalam menentukan nilai optimum. *KARISMATIKA*, 36-46.
- Yuliani, A. (2012). Pola Distribusi CPO Di Provinsi Jambi. *Warta Penelitian Perhubungan*, 346-358.
- Yunianto, I., Nur, H., Ardhi, E., & Adhitya, B. (2019). Optimalisasi Model Jaringan Rute Multiport Tol Laut di Negara Kepulauan: Studi Kasus Evaluasi Rute di Maluku dan Papua Bagian Selatan. *Jurnal Penelitian Transportasi Laut*, 83-95.

