

SIMULASI TARIF KAPAL PENUMPANG PALING MINIMAL DENGAN OPTIMALISASI RUTE MENGGUNAKAN METODE *NORTH WEST CORNER* DAN *STEPPING STONE*

Delila Eka Tiana

Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: delilatiana@mhs.unesa.ac.id.

Purwo Mahardi., S.T., M.Sc.

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: purwomahardi@unesa.ac.id

Abstrak

Jumlah permintaan terhadap angkutan laut semakin meningkat seiring dengan berkembangnya pendistribusian barang dan jasa. Hal tersebut memicu berbagai permasalahan terkait pendistribusian seperti masalah penentuan rute, jarak yang belum optimal, biaya perjalanan yang mahal, waktu tempuh yang lama, jumlah kendaraan yang beroperasi dan sumber daya lain yang berkaitan. Salah satu usaha dalam menyelesaikan permasalahan transportasi tersebut yaitu menggunakan *North West Corner Method* (NWCM). NWCM merupakan metode transportasi distribusi dalam mengatasi permasalahan pengoptimalan distribusi yang kemudian dioptimalkan dengan metode *Stepping Stone Method* (SSM) sebagai metode akhir sehingga tarif kapal cenderung lebih optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil simulasi rute yang efektif dengan tarif penumpang kapal yang lebih hemat.

Teknik analisis data dalam penentuan tarif penumpang paling minimal dilakukan dengan 2 proses yaitu perhitungan secara manual dan simulasi menggunakan *Software POM-QM V.3*. Data awal yang diperlukan yaitu rute, jumlah kapal, kapasitas pelabuhan dan tarif penumpang awal. Rute terdiri dari 4 pelabuhan awal dan 10 pelabuhan akhir. Pelabuhan awal diantaranya yaitu Pelabuhan Tanjung Priok, Pelabuhan Tanjung Perak, Pelabuhan Ambon dan Pelabuhan Bau-Bau. Sedangkan tujuan akhir yaitu Pelabuhan Tanjung Priok, Pelabuhan Tanjung Perak, Pelabuhan Makassar, Pelabuhan Bau-Bau, Pelabuhan Ambon, Pelabuhan Banda Naira, Pelabuhan Tual, Pelabuhan Dobo, Pelabuhan Kaimana dan Pelabuhan Fak-Fak.

Data diolah dengan menggunakan tabel matriks 4x10 dengan tarif kapal mula sebesar Rp. 16.348.000 (PT. PELNI, 2019). Perhitungan manual menggunakan NWCM didapatkan hasil sebesar Rp. 23.303.300 dan SSM sebesar Rp. 25.585.900, sedangkan dengan menggunakan *software POM-QM V.3.0* didapatkan hasil sebesar Rp. 11.928.000 yang mana menghemat biaya 27.03% untuk periode 1 bulan perjalanan.

Kata kunci: *North West Corner Method* (NWCM), *Stepping Stone Method* (SSM), rute kapal, tarif penumpang kapal.

Abstract

The amount of demand for sea transportation is increasing along with the development of the distribution of goods and services. It triggers various problems related to distribution, such as the problem in determining routes, sub-optimal distances, expensive travel costs, long travel times, the number of operated vehicles and other related resources. One of the efforts to solve the transportation problem is using the North West Corner Method (NWCM). NWCM is a distribution transportation method in overcoming the distribution optimization problem which is then optimized with the Stepping Stone Method (SSM) as the final method so that ship rates tend to be more optimal. This study aims to obtain the results of an effective route simulation with a more efficient passenger fare on ships. The data analysis technique in determining passenger fares is carried out at least by 2 processes, namely manual calculation and simulation using POM-QM V.3 Software. The initial data required are routes, number of ships, port capacity and initial passenger rates. The route consists of 4 initial ports and 10 final ports. The initial ports include Tanjung Priok Port, Tanjung Perak Port, Ambon Port and Bau-Bau Port. While the final ports are Tanjung Priok Port, Tanjung

Perak Port, Makassar Port, Bau-Bau Port, Ambon Port, Banda Naira Port, Tual Port, Dobo Port, Kaimana Port and Fak-Fak Port. The data were processed using a 4x10 matrix table with an initial ship fare of Rp. 16,348,000 (PT. PELNI, 2019). Manual calculation using NWCM results in the amount of Rp. 23,303,300 and SSM of Rp. 25,585,900, while using the POM-QM V.3.0 software the results were Rp. 11,928,000 which is 27.03% cost savings for the 1 month period of travel.

Keywords: *North West Corner Method (NWCM), Stepping Stone Method (SSM), ship's routes, passenger fare ships.*

PENDAHULUAN

Negara Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia memiliki 17.499 pulau. Luas total wilayah Indonesia adalah 7,81 juta km² yang terdiri dari 2,01 juta km² daratan, 3,25 juta km² lautan, dan 2,55 juta km² Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) (Roza, 2017).

Hal ini yang menyebabkan perhubungan dan transportasi laut di Indonesia sangat berpengaruh besar mengingat jarak tempuh diperlukan sarana pengangkutan yang memadai (Indrawasih, 2018). Sarana pengangkutan laut ini harus dikelola, dirawat, dan diawasi pelaksanaannya secara rutin mengingat pentingnya sarana pengangkutan laut pada sistem jaringan transportasi laut di Indonesia yang pertumbuhan permintaannya yang meningkat (Rayyan, 2017).

Pertumbuhan permintaan angkutan penumpang laut berpengaruh terhadap pendistribusian barang atau jasa. Dalam pendistribusian barang dan jasa terdapat berbagai permasalahan transportasi (Siang, 2011: 74). Masalah yang sering dihadapi terkait distribusi adalah penentuan rute yang dapat mengoptimalkan jarak tempuh, biaya perjalanan, waktu tempuh, jumlah kendaraan yang dioperasikan dan sumber daya lain yang tersedia (Trisnani, 2017).

Permasalahan transportasi merupakan permasalahan yang kompleks yang dikembangkan untuk memecahkan masalah-masalah yang berhubungan dengan transportasi dan pendistribusian produk dari berbagai sumber ke berbagai tujuan untuk meminimumkan tarif angkutan dengan menggunakan metode transportasi (Haryono, 2015).

Permasalahan yang ingin dipecahkan oleh model transportasi adalah penentuan distribusi barang yang diharapkan dapat meminimumkan biaya distribusi (Siswanto,

2007: 265). Oleh karena itu metode ini tepat untuk menentukan tarif angkutan yang optimal dalam masalah transportasi.

North West Corner Method (NWCM) merupakan salah satu metode transportasi distribusi yang bisa mengatasi permasalahan pengoptimalan distribusi. Namun kelemahan NWCM adalah tidak mempertimbangkan biaya pengiriman pada sel yang bersangkutan (Siang, 2011: 180). Adanya kekurangan pada NWCM, maka dioptimalkan lagi dengan *Stepping Stone Method (SSM)* sebagai metode akhir agar tarif kapal cenderung lebih optimal.

Pentingnya proses pendistribusian yang tepat, maka menarik bagi peneliti untuk melakukan evaluasi terhadap rute kapal penumpang pada PT. Pelayaran Nasional Indonesia (PELNI) untuk mencari solusi agar biaya rute kapal menjadi lebih efektif dengan tarif yang lebih kecil.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian mengenai hal ini, salah satu penelitian tersebut adalah penelitian skripsi yang dilakukan oleh Adriano (2016) menjelaskan bahwa penelitian tersebut memiliki beberapa kekurangan seperti tidak dilakukan perhitungan akhir untuk mengetahui hasil optimalisasi paling efektif seperti menggunakan metode transportasi *Stepping Stone* maupun MODI (*Modified Distribution Method*). Oleh karena itu, penulis mencoba melakukan perhitungan model transportasi optimal dengan 2 (dua) tahap yaitu tahap awal menggunakan metode *North West Corner* dan tahap akhir menggunakan metode *Stepping Stone*.

Model transportasi dilakukan dengan perhitungan manual untuk mendapatkan tarif kapal paling minimal dan dibandingkan dengan menggunakan proses perhitungan dibantu dengan menggunakan *Software POM-QM V.3*.

Berdasarkan pemaparan latar belakang tersebut, maka yang menjadi permasalahan dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana simulasi tarif kapal dengan metode *North West Corner Method* (NWCM) dan *Stepping Stone Method* (SSM)?
2. Apakah simulasi tarif kapal dengan metode *North West Corner Method* (NWCM) dan *Stepping Stone Method* (SSM) dapat menghemat tarif penumpang?

Tujuan penelitian yang ingin dicapai literatur ini adalah:

1. Untuk mengetahui simulasi tarif kapal menggunakan metode *North West Corner Method* (NWCM) dan *Stepping Stone Method* (SSM)
2. Untuk mendapatkan hasil simulasi yang efektif dan menghemat tarif penumpang. Manfaat yang akan dibahas pada literatur ini adalah sebagai berikut:
 1. Menambah wawasan tentang metode transportasi pada riset operasi.
 2. Proses perhitungan tarif penumpang akan lebih cepat dan efisien.
 3. Memberikan kemudahan bagi perusahaan menerapkan tarif kapal dengan menggunakan *software POM-QM for Windows V.3*

Batasan-batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian hanya difokuskan pada tarif kapal penumpang.
2. Fokus pendistribusian kapal penumpang pada jaringan pelabuhan PT. Pelabuhan Indonesia (PELINDO) III yaitu 4 pelabuhan awal dan 10 pelabuhan akhir.
3. Rute kapal mulai dari Pelabuhan Tanjung Priok sampai dengan Pelabuhan Fak-Fak.
4. Data yang digunakan meliputi tarif kapal, data jumlah kapal penumpang PT. Pelayaran Nasional Indonesia (PELNI) dan kapasitas pelabuhan pada jaringan pelabuhan PT. Pelabuhan Indonesia (PELINDO) III.
5. Hasil identifikasi berupa hasil persentase penghematan tarif kapal setelah optimasi..
6. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software POM-QM for Windows 3* dan

menggunakan metode *North West Corner Method* (NWCM) dan *Stepping Stone Method* (SSM).

KAJIAN PUSTAKA

1. Pelabuhan

Pelabuhan merupakan bandar yang dilengkapi dengan fasilitas pelayanan penumpang dan segala kelengkapannya berupa muatan seperti dermaga dan tambatan (Triadmodjo, 2008: 3).

2. Rute Pelayaran

Rute pelayaran merupakan jarak dan arah yang harus ditempuh dari suatu pelabuhan ke pelabuhan lain dengan mempertimbangkan aspek kepelabuhanan, kenavigasian, perkapalan, keamanan dan keselamatannya (Hakim, 2016).

3. Riset Operasi

Riset operasi merupakan metode ilmiah yang digunakan dalam berbagai permasalahan (waktu, tenaga, dan lain-lain) untuk mendapatkan hasil yang optimal (Siang, 2011: 1).

Menurut Haryono (2012: 11) bahwa metode transportasi merupakan salah satu teknik manajemen dalam mendistribusikan jasa maupun barang yang bertujuan untuk minimasi biaya transportasi dari suatu tempat ke tempat lain. Model transportasi dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Matriks Model Transportasi

	T1	T2	.....	Tj	S
A1	c_{11} x_{11}	c_{12} x_{12}	.....	c_{1j} x_{1j}	S_1
A2	c_{21} x_{21}	c_{22} x_{22}	.....	c_{2j} x_{2j}	S_2
:	:	:	:	:
Ai	c_{i1} x_{i1}	c_{i2} x_{i2}	.....	c_{ij} x_{ij}	S_i
d	d_1	d_2		d_j	

Keterangan :

- Ai = Daerah asal sejumlah i
- Si = *Supply*, Ketersediaan barang yang diangkut dari daerah asal
- Tj = Tempat tujuan sejumlah j
- dj = Permintaan (*demand*) barang di sejumlah j tujuan
- xij = Jumlah barang yang akan diangkut dari Ai ke Tj
- cij = Besarnya *transport* dari satu unit \ barang dari Ai ke Tj

Biaya *Transport* = $c_{ij} \cdot x_{ij}$

Jumlah permintaan = Jumlah Persediaan

1. *North West Corner Method*

North West Corner adalah model transportasi pada riset operasi yang dikerjakan dengan cara mengisi tabel awal transportasi dari sisi barat laut (kiri atas) dengan terus menerus sehingga semua nilai sumber habis (Siang, 2011: 176).

2. *Stepping Stone Method (SSM)*

Menurut Siswanto (2007: 291) bahwa metode *Stepping Stone* dilakukan dengan cara menguji optimalitas tabel awal dengan cara perhitungan Cij sel-sel kosong yang dilewati oleh jalur *Stepping Stone*.

Menurut Syaifuddin (2011: 87) bahwa penggunaan aplikasi *Quantitative Method* digunakan untuk menyelesaikan permasalahan transportasi. Dalam aplikasi *Quantitative Method* terdapat beberapa *options* sebagai berikut:

1. *Transportation Shipments*
2. *Marginal Costs*
3. *Final Solution Table*
4. *Iterations, Shipments with Costs*
5. *Shipping List*

Masing-masing pada menu *window* tersebut dipilih untuk mendapatkan nilai dari solusi akhir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Adriano (2016) untuk menentukan rute digunakan 5 kapal yang kapasitasnya berbeda sebagai rute awal dan 3 pelabuhan berbeda sebagai tujuan akhir. Analisis dilakukan dengan perhitungan solusi awal *Least Cost*, *North West Corner* dan *Vogel's Approximation*. Kelemahan penelitian ini yaitu tidak dilakukan analisis perhitungan solusi akhir dengan menggunakan metode *Stepping Stone* atau *MODI (Modified Distribution Method)* sehingga hasil belum optimal.

Menurut Rahayu dkk (2018) untuk menganalisis biaya transportasi logistik paling optimal dilakukan dengan cara perhitungan manual menggunakan metode *North West Corner* dan hasilnya dibandingkan dengan menggunakan aplikasi *Estiquent*. Kelemahan penelitian ini yaitu tidak dilakukan analisis perhitungan dengan

menggunakan solusi akhir metode *Stepping Stone* atau *MODI (Modified Distribution Method)* sehingga hasil belum optimal.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Saputri dkk (2019) bahwa untuk menganalisis pendistribusian tabung gas LPG 3 kg untuk mengetahui terpenuhinya kebutuhan toko dilakukan dengan menggunakan metode *RDI (Revised Distribution Method)*. Hasil analisis perhitungan *RDI* tersebut dibandingkan dengan metode yang menggunakan solusi awal yaitu metode *North West Corner* dan metode *Stepping Stone*.

Berdasarkan penelitian Simangunsong (2018) bahwa metode *North West Corner* dan *Stepping Stone* digunakan untuk menentukan biaya transportasi perusahaan paling optimal.

Data-data yang dibutuhkan diantaranya yaitu data *truck*, bahan baku, dan biaya pengangkutan dengan jumlah matriks 3 x 3. Kelemahan penelitian ini yaitu tidak dilakukan input data menggunakan *software* untuk membandingkan hasil perhitungan yang paling optimal.

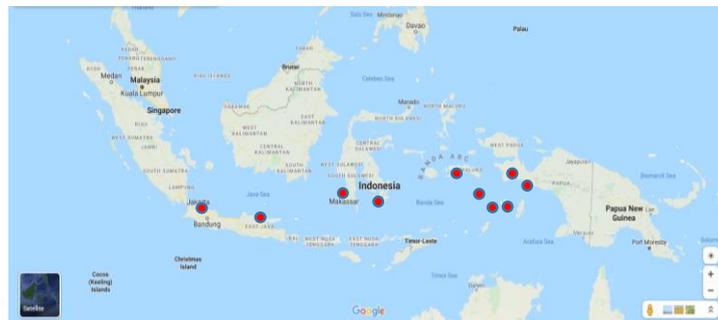
Sedangkan dalam penelitian ini penulis mengembangkan beberapa destinasi yang akan dilalui kapal penumpang yang berada pada naungan PELINDO III yaitu berjumlah 4 pelabuhan awal dan 10 pelabuhan akhir yang dituju. Pelabuhan awal dilambangkan dengan P1, P2, P3, P4. Pelabuhan akhir dilambangkan dengan PAK1, PAK2, PAK3, PAK4, PAK5, PAK6, PAK7, PAK8, PAK9, dan PAK10. *Supply* sebagai jumlah kapal dilambangkan dengan JK, sedangkan *demand* sebagai kapasitas kapal dilambangkan dengan KP sehingga matriks yang digunakan 4 x 10. Keseluruhan penjelasan jumlah matriks tercantum dalam Tabel 2.

Sistem pendistribusian kapal penumpang dilakukan dalam rentang waktu 1 bulan untuk mengetahui tarif kapal untuk memenuhi matriks yang dibutuhkan.

Berikut uraian rute kapal penumpang sebagai tujuan awal yaitu Jakarta, Surabaya, Ambon, Bau-Bau, sedangkan yang dituju

yaitu Jakarta – Surabaya – Makassar – Bau –
 Bau – Ambon – Banda – Naira – Tual – Dobo

– Kaimana – Fak - Fak. Rute kapal terdapat
 pada Gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Peta Objek Penelitian
 (Sumber: Google Maps)

Dengan perhitungan manual menggunakan metode awal *North West Corner* dan metode *Stepping Stone* dan dibandingkan dengan menggunakan *software POM-QM Windows 3* dapat menghasilkan hasil perhitungan yang lebih optimal.

a. North West Corner

Proses perhitungan manual menggunakan metode *North West Corner*:

1) Membuat model tabel transportasi.

Untuk membuat matriks pada tabel transportasi dibutuhkan data tarif kapal penumpang sebagai acuan tarif awal yang akan dibandingkan dengan hasil perhitungan yang lah diolah. Tarif kapal penumpang disajikan pada Tabel 2. Jumlah tarif kapal sebesar Rp. 16.348.000.

Tabel 2. Tarif Kapal KM. Nggapulu

Pelabuhan Awal	Pelabuhan Tujuan	Tarif		Tarif EKO-E
		EKS1-A	EKS2-B	
T. Perak	T. Priok	Rp 240.000	Rp 240.000	Rp 240.000
Ambon	T. Priok	Rp 631.000	Rp 631.000	Rp 631.000
Bau-Bau	T. Priok	Rp 429.000	Rp 429.000	Rp 429.000
T. Priok	T. Perak	Rp 235.000	Rp 235.000	Rp 235.000
Ambon	T. Perak	Rp 521.000	Rp 521.000	Rp 521.000
Bau-Bau	T. Perak	Rp 368.000	Rp 368.000	Rp 368.000
T. Priok	Makassar	Rp 432.000	Rp 432.000	Rp 432.000
T. Perak	Makassar	Rp 272.000	Rp 272.000	Rp 272.000
Ambon	Makassar	Rp 396.000	Rp 396.000	Rp 396.000
Bau-Bau	Makassar	Rp 154.000	Rp 154.000	Rp 154.000
T. Priok	Bau-Bau	Rp 436.000	Rp 436.000	Rp 436.000
T. Perak	Bau-Bau	Rp 380.000	Rp 380.000	Rp 380.000
Ambon	Bau-Bau	Rp 314.000	Rp 314.000	Rp 314.000
T. Perak	Ambon	Rp 526.000	Rp 526.000	Rp 526.000
T. Priok	Ambon	Rp 631.000	Rp 631.000	Rp 631.000
Bau-Bau	Ambon	Rp 307.000	Rp 307.000	Rp 307.000
T. Perak	Banda Neira	Rp 536.000	Rp 536.000	Rp 536.000
T. Priok	Banda Neira	Rp 642.000	Rp 642.000	Rp 642.000
Ambon	Banda Naira	Rp 105.000	Rp 105.000	Rp 105.000
Bau-Bau	Banda Naira	Rp 324.000	Rp 324.000	Rp 324.000
T. Perak	Tual	Rp 547.000	Rp 547.000	Rp 547.000
T. Priok	Tual	Rp 663.000	Rp 663.000	Rp 663.000

Tabel 2. Tarif Kapal KM. Nggapulu

Pelabuhan Awal	Pelabuhan Tujuan	Tarif EKS1-A	Tarif EKS2-B	Tarif EKO-E
Ambon	Tual	Rp 273.000	Rp 273.000	Rp 273.000
Bau-Bau	Tual	Rp 423.000	Rp 423.000	Rp 423.000
T. Perak	Dobo	Rp 581.000	Rp 581.000	Rp 581.000
T. Priok	Dobo	Rp 696.000	Rp 696.000	Rp 696.000
Ambon	Dobo	Rp 372.000	Rp 372.000	Rp 372.000
Bau-Bau	Dobo	Rp 431.000	Rp 431.000	Rp 431.000
T. Perak	Kaimana	Rp 626.000	Rp 626.000	Rp 626.000
T. Priok	Kaimana	Rp 741.000	Rp 741.000	Rp 741.000
Ambon	Kaimana	Rp 326.000	Rp 326.000	Rp 326.000
Bau-Bau	Kaimana	Rp 454.000	Rp 454.000	Rp 454.000
T. Perak	Fak-Fak	Rp 681.000	Rp 681.000	Rp 681.000
T. Priok	Fak-Fak	Rp 797.000	Rp 797.000	Rp 797.000
Ambon	Fak-Fak	Rp 404.000	Rp 404.000	Rp 404.000
Bau-Bau	Fak-Fak	Rp 454.000	Rp 454.000	Rp 454.000
Jumlah		Rp 16.348.000	Rp 16.348.000	Rp 16.348.000

Menurut intruksi yang disampaikan pemerintah melalui Dirjen Perhubungan Laut Kementerian Perhubungan, bahwa per 1 April 2020 semua layanan kapal Pelni disetarakan menjadi kelas ekonomi. Termasuk penggunaan fasilitas yang sebelum hanya bisa diakses kelas tertentu, pada peraturan tersebut semua kelas dianggap sama. Kecuali beberapa kapal yang masih digunakan untuk aktivitas bisnis seperti KM Kelud, KM Tidar, dan KM Tatamailau

masih terbagi beberapa kelas tertentu (PT. PELNI, 2020).

Pada penelitian ini peneliti menggunakan KM Nggapulu yang mana tarif penumpang digunakan dalam pengisian matriks penelitian pada setiap kelas penumpang dianggap sama. Pada matriks diperlukan 10 kolom untuk data permintaan dan 4 baris. Berdasarkan Tabel 3. diperoleh total *demand* sebesar 85 dan total *supply* sebesar 105 dengan selisih sebesar 20.

Tabel 3. Proses 1 NWC Model Transportasi.

BIAYA											J K
PELABUHAN											
P	PAK1	PAK2	PAK3	PAK4	PAK5	PAK6	PAK7	PAK8	PAK9	PAK10	
P1	-	235	432	436	631	642	663	696	741	797	16
P2	240	-	303	398	526	536	583	610	626	681	22
P3	631	521	396	314	-	105	273	295	326	450	31
P4	429	535	177	-	307	324	385	420	454	454	36
K											105
P	8	13	20	12	9	6	6	7	4	5	85

2) Menambahkan kolom *dummy*

Menambahkan nilai selisih sebagai kolom *dummy* sebesar 20 agar hasil *demand* dan *supply* menjadi seimbang. Jumlah kolom berubah menjadi 11 baris dan jumlah baris

tetap 9 seperti pada Tabel 4. Penambahan kolom *dummy* dalam metode *North West Corner* hanya sebagai penyeimbang, tidak berpengaruh terhadap hasil karena tarif kapal pada kolom *dummy* bernilai nol (0)

Tabel 4. Proses 2 NWC dengan Menambah Kolom *Dummy*

BIAYA PELABUHAN											DUMMY	JUMLAH KAPAL
PEL	PAK1	PAK2	PAK3	PAK4	PAK5	PAK6	PAK7	PAK8	PAK9	PAK10		
PA	0	235	432	436	631	642	663	696	741	797	0	16
	8	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
PB	240	0	303	398	526	536	583	610	626	681	0	22
	0	9	4	4	4	1	0	0	0	0	0	
PC	631	521	396	314	0	105	273	295	326	450	0	31
	0	0	6	4	3	2	2	2	2	2	8	
PD	429	534	177	0	307	324	385	420	454	454	0	36
	0	0	6	4	2	3	4	5	2	3	9	
KAPS												
PEL	8	13	20	12	9	6	6	7	4	5	15	105

3) Menghitung dan mengalokasikan nilai awal sel dari ujung kiri atas. Tarif kapal digunakan dalam rentang waktu 1 bulan jadwal pengangkutan penumpang. Setelah jumlah *supply* dan *demand* seimbang, maka dilakukan proses perhitungan metode NWC pada tabel 6.

a. $Sel\ PAK1 - P1(X_{11}) = S_1 > d_1$
 $= 16 > 8$

(d_1 terpenuhi) = 8

b. $Sel\ PAK2 - P1(X_{12}) = S_1 - X_{11}$
 $= 16 - 8$
 $= 8$ (sisa S_1)
 $= S_1 > d_2$
 $= 16 > 13$

(d_2 terpenuhi) = 13

c. $Sel\ PAK3 - P1(X_{13}) = S_1 - X_{12}$
 $= 13 - 4$

(d_3 belum terpenuhi) = 9

3) Mengecek kelayakan:

1) Jumlah sel terisi = 13 basis

2) Jumlah baris (m) = 4

3) Jumlah kolom (n) = 10

Solusi awal tersebut *feasible* (layak)

karena jumlah sel terisi:

$$= m + n - 1 = 4 + 10 - 1 = 13$$

Total cost tabel 3.

$$\begin{aligned} & ((0 \times 8) + (235 \times 4) + (0 \times 9) + (521 \times \\ & 0) + (535 \times 0) + (432 \times 4) + (303 \times \\ & 4) + (396 \times 6) + (177 \times 6) + (398 \times \\ & 4) + (314 \times 4) + (0 \times 4) + (526 \times 4) + \\ & (0 \times 3) + (307 \times 2) + (536 \times 1) + \\ & (105 \times 2) + (324 \times 3) + (273 \times 2) + \\ & (385 \times 4) + (295 \times 2) + (420 \times 5) + (326 \times \\ & 2) + (454 \times 2) + (450 \times 2) + (454 \times 3)) \end{aligned}$$

$$= 23.202,3$$

Total cost perhitungan solusi awal North West Coner sebesar Rp. 23.303.300,- Hal ini selaras dengan penelitian Rahayu (2018) bahwa pada penerapan metode North West Corner digunakan sebagai solusi awal dalam meminimalkan tarif kapal.

b. Stepping Stone Method

Optimalisasi dilakukan melalui evaluasi nilai *opportunity cost* atau perubahan ongkos dari sel kosong (*non basis*). Matriks transportasi disebut optimal jika *opportunity cost* dari sel sel kosong tidak ada yang negatif.

- 1) Menentukan *opportunity cost* dari sel kosong pada tabel 6 melalui siklus/loop yang melibatkan sel basis (sel terisi) pada sudut-sudut siklus/loop.

Tabel 5. *Opportunity Cost* 1

Sel Kosong	Loop	Opportunity Cost
PB1	PB1-PB3-PC3-PC1	240-303+396-631 = -298
PA2	PA2-PA3+PB3-PB2	235-432+303-0 = 106
PA1	PA1-PA3+PB3-PB1	0-432+303-240 = -369
PC5	PC5-PC6+PD6-PD5	0-105+324-307 = -88
PB3	PB3-PB5-PC5-PC3	303-526+0-396 = -619
PB5	PB5-PB6-PC6-PC5	526-536+105-0 = 95
PA3	PA3-PA4+PB4-PB3	432-436+398-303 = 527
PB6	PB6-PB7+PC7-PC6	536-583+273-105 = 121
PC3	PC3-PC4+PD4-PD3	396-314+0-177 = -95

Karena masih ada nilai *opportunity cost* yang negatif, maka Tabel 6 belum optimal dan dilakukan perubahan distribusi. Hasil dari perubahan alokasi dinyatakan pada Tabel 7.

Tabel 6. Tabel Awal Matriks

BIAYA PELABUHAN											DUMMY	JUMLAH KAPAL
PEL	PAK1	PAK2	PAK3	PAK4	PAK5	PAK6	PAK7	PAK8	PAK9	PAK10		
PA	0	235	432	436	631	642	663	696	741	797	0	16
	0	13	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
PB	240	0	303	398	526	536	583	610	626	681	0	22
	8	0	6	5	2	1	0	0	0	0	0	
PC	631	521	396	314	0	105	273	295	326	450	0	31
	0	0	5	7	0	2	3	4	2	2	6	
PD	429	534	177	0	307	324	385	420	454	454	0	36
	0	0	6	0	7	3	3	3	2	3	9	
KAPS												
PEL	8	13	20	12	9	6	6	7	4	5	15	105

2) Mengecek Kelayakan:

- Jumlah sel terisi = 13 basis
- Jumlah baris (m) = 4
- Jumlah kolom (n) = 10

Solusi awal tersebut *feasible* (layak) karena jumlah sel terisi :

$$= m + n - 1 = 4 + 10 - 1 = 13$$

3) Total cost tabel 5 = Rp. 27.143.000,-

4) Mengecek hasil optimalisasi Tabel 7

Tabel 7. Hasil Trial and Error Alokasi 1

BIAYA PELABUHAN											DUMMY	JUMLAH KAPAL
PEL	PAK1	PAK2	PAK3	PAK4	PAK5	PAK6	PAK7	PAK8	PAK9	PAK10		
PA	0	235	432	436	631	642	663	696	741	797	0	16
	0	13	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
PB	240	0	303	398	526	536	583	610	626	681	0	22
	4	0	8	6	3	1	0	0	0	0	0	
PC	631	521	396	314	0	105	273	295	326	450	0	31
	4	0	4	6	0	2	3	2	2	2	6	
PD	429	534	177	0	307	324	385	420	454	454	0	36
	0	0	5	0	6	3	3	5	2	3	9	
KAPS												
PEL	8	13	20	12	9	6	6	7	4	5	15	105

Tabel 8. Opportunity Cost 2

Sel Kosong	Loop	Opportunity Cost
PA2	PA2-PA3+PB3-PB2	235-432+303-0 = 106
PC5	PC5-PC6+PD6-PD5	0-105+324-307 = -88
PB5	PB5-PB6+PC6-PC5	526-536+105-0 = 95
PA3	PA3-PA4+PB4-PB3	432-436+398-303 = 527
PB6	PB6-PB7+PC7-PC6	536-583+273-105 = 121
PC3	PC3-PC4+PD4-PD3	396-314+0-177 = -95
PB4	PB4-PB5+PC5-PC4	398-526+0-314 = -442
PB1	PB1-PB7+PC7-PC1	240-0+273-631 = -118
PC4	PC4-PC6+PD6-PD4	314-105+324-0 = 533

Berdasarkan perhitungan Tabel 8. terdapat nilai *opportunity cost* yang bernilai negatif, maka hasil pada Tabel 7 belum optimal dan dilakukan perubahan distribusi. Hal ini selaras dengan penelitian Zainuddin (2011) bahwa untuk mengetahui solusi optimal tersebut tercapai, maka nilai *opportunity cost* yang dihitung harus lebih besar atau sama dengan nol. Jika belum memenuhi nilai tersebut maka harus dihitung kembali.

5) Mengecek kelayakan:

- Jumlah sel terisi = 13 basis

b) Jumlah baris (m) = 4

c) Jumlah kolom (n) = 10

Solusi awal tersebut *feasible* (layak) karena jumlah sel terisi:

$$= m + n - 1 = 4 + 10 - 1 = 13$$

6) Total cost tabel 9 = Rp. 25.585.900,-

7) Cek Optimalisasi Tabel 9

Tabel 10 Opportunity Cost 2

Sel Kosong	Loop	Opportunity Cost
PA2	PA2-PA3+PB3-PB2	235-432+303-0 = 106
PB5	PB5-PB6+PC6-PC5	526-536+105-0 = 95
PA3	PA3-PA4+PB4-PB3	432-436+398-303 = 527
PB6	PB6-PB7+PC7-PC6	536-583+273-105 = 121
PC4	PC4-PC6+PD6-PD4	314-105+324-0 = 533
PB8	PB8-PB9+PC9-PC8	610-626+326-295 = 15
PB9	PB9-PB10+PC10-PC9	626-681+450-326 = 69
PC1	PC1-PC9+PD9-PD1	631-326+454-429 = 330
PB1	PB1-PB2+PC2-PC1	240-0+521-631 = 130

Karena tidak ada nilai *opportunity cost* yang negatif, maka Tabel 9 sudah optimal dengan total cost Rp. 25.585.900,-. Hal ini selaras dengan penelitian Padillah (2018) bahwa proses perhitungan dengan menggunakan *Stepping Stone* dapat meminimumkan tarif kapal.

Tabel 9. Hasil *Trial and Error* Alokasi 2

BIAYA PELABUHAN											DUMMN	JUMLAH KAPAL
PEL	PAK1	PAK2	PAK3	PAK4	PAK5	PAK6	PAK7	PAK8	PAK9	PAK10		
PA	0	235	432	436	631	642	663	696	741	797	0	16
	0	13	2	0	1	0	0	0	0	0	0	
PB	240	0	303	398	526	536	583	610	626	681	0	22
	8	0	7	6	2	1	0	1	0	1	0	
PC	631	521	396	314	0	105	273	295	326	450	0	31
	0	0	5	6	0	2	3	2	2	1	6	
PD	429	534	177	0	307	324	385	420	454	454	0	36
	0	0	6	0	7	3	3	4	2	3	9	
KAPS												
PEL	8	13	20	12	9	6	6	7	4	5	15	105

Penyelesaian dengan cara perhitungan manual dengan uji optimalitas dan menggunakan POM-QM *for windows* tanpa uji optimalitas menghasilkan hasil yang berbeda. Hal ini selaras dengan penelitian Manurung (2019) bahwa *software* QM dilengkapi dengan penyelesaian analitik yang menghasilkan solusi optimal tanpa dilakukan uji metode. *software* QM memudahkan

menyelesaikan kasus transportasi dengan jumlah variabel dan matriks yang relatif besar. Sehingga *software* QM dapat diterapkan pada penelitian penulis mengingat banyaknya jumlah rute yang digunakan dalam matriks. Berdasarkan Tabel 11. dijelaskan bahwa input data dilakukan melalui *software* POM-QM

Tabel 11. Tabel Matriks POM-QM

POM for Windows - E:\SEMESTER 7\SKRIPSI\LITERATUR\LOOP1.tra - [Data Table]

File Edit View Module Format Tools Window Help

Starting method: Northwest Corner Method

Instruction: Enter the name for this source. Almost any character is permissible.

SIMULASI TARIF KAPAL PENUMPANG PALING MINIMAL DENGAN OPTIMALISASI RUTE

	T. PRIOK	T. PERAK	MAKASSAR	BAU-BAU	AMBON	BANDA NAIRA	TUAL	DOBO	KAIMANA	FAK-FAK	Dummy
T. PRIOK	0,00	235,00	432,00	436,00	631,00	642,00	663,00	696,00	741,00	797,00	16,00
T. PERAK	240,00	9,00	303,00	398,00	526,00	536,00	583,00	610,00	626,00	681,00	22,00
AMBON	631,00	521,00	396,00	314,00	0,00	105,00	273,00	295,00	326,00	450,00	31,00
BAU-BAU	429,00	535,00	177,00	0,00	307,00	324,00	385,00	420,00	454,00	454,00	36,00
KAPASITAS PELABUHAN	8,00	13,00	20,00	12,00	9,00	6,00	6,00	7,00	4,00	5,00	105,00

Data tersebut diproses sehingga menghasilkan solusi permasalahan transportasi sesuai dengan Tabel 12. yang mana perhitungan dengan menggunakan metode *North West Corner* untuk solusi awal

dan uji metode *Stepping Stone* untuk menentukan uji optimal solusi akhir perusahaan dapat menghemat tarif kapal sebesar Rp. 11.928.000.

Tabel 12. *Transportation Shipments*

Transportation Shipments

SIMULASI TARIF KAPAL PENUMPANG PALING MINIMAL DENGAN OPTIMALISASI RUTE Solution

Optimal cost = \$11928,00

	T. PRIOK	T. PERAK	MAKASSAR	BAU-BAU	AMBON	BANDA NAIRA	TUAL	DOBO	KAIMANA	FAK-FAK	Dummy
T. PRIOK	8,00										8,00
T. PERAK		13,00	2,00								7,00
AMBON					9,00	6,00	5,00	7,00	4,00		
BAU-BAU			18,00	12,00			1,00				5,00

Berdasarkan Tabel 12. *Final Solution Table* berisi nilai alokasi dari daerah asal (sumber) ke daerah tujuan (*destination*) dan

nilai *marginal cost*. Berdasarkan gambar, besarnya jumlah nilai alokasi ditunjukkan oleh angka yang tidak berada dalam kurung

(warna hitam) sedangkan *marginal cost* ditunjukkan oleh angka dalam kurung (warna ungu). *Marginal cost* merupakan tambahan biaya yang terjadi apabila telah menyelesaikan perhitungan namun tidak sesuai dengan *tabel solution* (Suarjana, 2016).

Proses perhitungan *software* memerlukan 8 iterasi untuk mencapai solusi optimal. Iterasi merupakan hasil perhitungan manual yang diperoleh untuk mencapai solusi optimal (Hanani, 2009). Sehingga tarif kapal hasil input *software* POM-QM terjadi penurunan dan kenaikan seperti Tabel 13. sebagai berikut:

Tabel 13. *Final Solution Table*

SIMULASI TARIF KAPAL PENUMPANG PALING MINIMAL DENGAN OPTIMALISASI RUTE Solution											
	T. PRIOK	T. PERAK	MAKASSAR	BAU-BAU	AMBON	BANDA NAIRA	TUAL	DOBO	KAIMANA	FAK-FAK	Dummy
T. PRIOK	8,00	[226,00]	[129,00]	[310,00]	[393,00]	[299,00]	[152,00]	163,00]	[177,00]	[217,00]	8,00
T. PERAK	[240,00]	13,00	2,00	[272,00]	[288,00]	[193,00]	[72,00]	[77,00]	[62,00]	[101,00]	7,00
AMBON	[869,00]	[750,00]	[331,00]	[426,00]	9,00	6,00	5,00	7,00	4,00	[108,00]	238,00]
BAU-BAU	[555,00]	[652,00]	18,00	12,00	[195,00]	[107,00]	1,00	[13,00]	[16,00]	5,00	126,00]

Berdasarkan Tabel 14. Didapatkan tarif awal dan tarif hasil optimasi pada rute kapal

Pelabuhan Tanjung Priok sampai Pelabuhan Fak-Fak sebagai berikut

Tabel 14. Tarif Awal dan Tarif Hasil Optimasi

TARIF KAPAL (RP)											
KET	PLBHN	T.PRIOK	T. PERAK	MAKASSAR	BAU-BAU	AMBON	B. NAIRA	TUAL	DOBO	KAIMANA	FAK-FAK
AWAL	T. PRIOK	-	Rp235.000	Rp432.000	Rp436.000	Rp631.000	Rp642.000	Rp663.000	Rp696.000	Rp741.000	Rp797.000
OPTIMASI			Rp226.000	Rp129.000	Rp310.000	Rp393.000	Rp299.000	Rp152.000	Rp163.000	Rp177.000	Rp217.000
AWAL	T.PERAK	Rp240.000	-	Rp303.143	Rp398.250	Rp526.000	Rp536.000	Rp583.333	Rp610.000	Rp626.000	Rp681.000
OPTIMASI		Rp240.000		Rp303.000	Rp272.000	Rp288.000	Rp193.000	Rp720.000	Rp770.000	Rp620.000	Rp101.000
AWAL	AMBON	Rp631.000	Rp521.000	Rp396.000	Rp314.000	-	Rp105.000	Rp273.000	Rp295.000	Rp326.000	Rp449.500
OPTIMASI		Rp869.000	Rp750.000	Rp331.000	Rp426.000		Rp105.000	Rp273.000	Rp295.000	Rp326.000	Rp108.000
AWAL	BAU-BAU	Rp429.000	Rp534.600	Rp177.429	-	Rp307.000	Rp324.000	Rp385.000	Rp419.833	Rp454.000	Rp454.000
OPTIMASI		Rp555.000	Rp652.000	Rp177.000		Rp195.000	Rp107.000	Rp385.000	Rp130.000	Rp160.000	Rp454.000

Berdasarkan Tabel 15. didapatkan hasil rekapitulasi bahwa terdapat perbedaan hasil yang signifikan pada perhitungan manual dan simulasi menggunakan *software* dikarenakan pada perhitungan manual terdapat iterasi sebanyak 2 kali proses perhitungan *trial and error*, sedangkan pada

simulasi *software* terdapat iterasi sebanyak 8 kali proses perhitungan *trial and error*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perhitungan menggunakan *Software* POM-QM pada metode transportasi *North West Corner* dan *Stepping Stone* dapat menghemat hingga 27.03% dari total tarif kapal awal.

Tabel 15. Rekapitulasi Hasil Perhitungan

Keterangan	Hasil
Tarif Awal	Rp. 16.348.000
Perhitungan Manual (<i>North West Corner</i>)	Rp. 23.303.300
Perhitungan Manual (<i>Stepping Stone</i>)	Rp. 25.585.900
<i>Software</i> POM QM (NWC dan SSM)	Rp. 11.928.000
Persentase Penghematan	27.03%

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan dari pengamatan dan analisa maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan jumlah tarif kapal KM. Nggapulu pada rute Pelabuhan Tanjung Perak hingga Pelabuhan Fak-Fak didapatkan hasil tarif kapal sebesar Rp. 16.348.000. Berdasarkan perhitungan manual didapatkan hasil metode *NWC* didapatkan hasil sebesar Rp. 23.303.300 dan metode *Stepping Stone* sebesar Rp. 25.585.900, sedangkan pada *software* POM-QM V.3.0 didapatkan hasil sebesar Rp. 11.928.000.
2. Dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan *software* POM-QM V.3.0 dan total tarif penumpang sebelumnya dapat menghemat tarif sebesar 27,03% untuk periode 1 bulan.

Saran

Berdasarkan dari pengamatan dan analisa saran yang diberikan oleh penulis adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan analisis lebih lanjut dengan penambahan rute untuk mengetahui alternatif rute yang lebih efektif dan ekonomis.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan metode transportasi lain, seperti metode MODI (*Modified Distribution*) dan metode VAM (*Vogel's Approximation Method*).

DAFTAR PUSTAKA

- Adriano, Bowie. 2016. *Algoritma Transportasi untuk Optimalisasi Pendistribusian Semen Bulk melalui Kapal pada PT. Semen Indonesia ali (Persero) Tbk*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Hakim, Luthfi. 2016. *Penentuan Rute Pelayaran Terbaik untuk Mendukung Program Tol Laut NKRI*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Haryono, Yulia. 2015. *Penyelesaian Masalah Model Transportasi dengan Menggunakan Metode Simpleks Transportasi*. Padang: STKIP PGRI Sumatera Barat.
- Padillah, Cici dkk. 2018. *Optimasi Distribusi Roti Menggunakan Model Stepping Stone*. Kisaran: STMIK Royal.
- Rahayu, Woro Isti dkk. 2018. *Aplikasi Estiquent Untuk Estimasi Biaya Transportasi Logistik di PT. Sukarasa Menggunakan Algoritma North West Corner*. Bandung: Politeknik Pos Indonesia.
- Saputri, Zulaiha Eka dkk. 2019. *Perbandingan Hasil Revised Distribution Method dan Metode Stepping Stone dengan Penentuan Nilai Awal Menggunakan Metode North West Corner dalam Meminimumkan Biaya Pendistribusian Barang*. Samarinda: Universitas Mulawarman.
- Siang, Jong Jek. 2011. *Riset Operasi dalam Pendekatan Algoritmis*. Yogyakarta: Andi.
- Simangunsong, Agustina. 2018. *Analisis Optimalisasi Biaya Transportasi Pengangkutan Kayu Menggunakan Metode Stepping Stone Pada PT. Tpl Tobasa*. Medan: STMIK Pelita Nusantara.
- Siregar, Muchtaruddin. 2012. *Beberapa Masalah Ekonomi dan Menejemen Pengangkutan*. Jakarta: Universitas Halu Oleo.
- Siswanto. 2007. *Operations Research*. Jakarta: Erlangga.
- Suarjana, Ketut. 2016. *Penggunaan Aplikasi Pom (Production And Operations Management) For Windows 3 dalam Manajemen Pelayanan Kesehatan*. Bali: Universitas Udayana.
- Syaifuddin, Dedy Takdir, 2011. *Riset Operasi (Aplikasi Quantitative Analysis For Management)*. Malang: CV. Citra.
- Trisnani, 2017. *Analisa Perbandingan Metode VAM dan MODI dalam Pengiriman Barang pada Pt. Mitra Maya Indonesia*. Medan: STMIK Budi Darma.
- Zulfikarijah. 2006. *Riset Operasi*. Malang: Bayu Media.