

Optimasi Biaya Transportasi Pengiriman Air Minum Kemasan Menggunakan Metode *Northwest Corner*, *Vogels Approximation* dan *Stepping Stone*

Intan Ayu Rahmasari*, Yani Ramdani, Farid H Badruzzaman

Prodi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*Intan.ayu.rahmasari@gmail.com, Yaniramdani66@gmail.com, Hirjifarid@gmail.com

Abstract. This research was conducted at PD. X is one of the companies that distributes bottled drinking water products in the city of Bandung and its surroundings and does not yet have a permanent transportation cost optimization calculation technique that can result in high distribution costs. These problems can be formulated in the transportation model. The method used to determine the initial feasible solution is *Northwest Corner* and *Vogels Approximation*, while determining the optimum solution using *Stepping Stone*. The results of the initial feasible solution calculation show that the number of iterations using the two methods is the same, namely eight iterations. The difference between these two methods is the transportation cost of Rp. 696,000 for the *Northwest Corner* method and Rp. 611,400 for the *Vogels Approximation* method. The results of the calculation of the optimal solution show that there are differences in the number of iterations. For the *Northwest Corner* and *Northwest Corner* methods, the number of iterations is seven, while the *Vogels Approximation* and *Northwest Corner* methods have two iterations. The optimal solution of the two methods obtained the same transportation costs of Rp. 600,400. Thus the *Vogels Approximation* and *Northwest Corner* methods are more analytically efficient.

Keywords: *Optimization, Northwest Corner Method, Vogels Approximation Method, Stepping Stone Method.*

Abstrak. Penelitian ini dilaksanakan pada PD. X yaitu salah satu perusahaan yang mendistribusikan produk air minum dalam kemasan di daerah kota Bandung dan sekitarnya dan belum memiliki teknik perhitungan pengoptimalan biaya transportasi yang permanen sehingga dapat mengakibatkan biaya distribusi yang cukup tinggi. Persoalan tersebut dapat diformulasikan dalam model transportasi. Metode yang digunakan untuk penentuan solusi fesibel awal adalah *Northwest Corner* dan *Vogels Approximation*, sedangkan penentuan solusi optimum menggunakan *Stepping stone*. Hasil perhitungan solusi fesibel awal menunjukkan bahwa jumlah iterasi menggunakan kedua metode tersebut sama yaitu sebanyak delapan iterasi. Perbedaan dari kedua metode ini terdapat pada biaya transportasi sebesar Rp. 696.000 untuk metode *Northwest Corner* dan sebesar Rp. 611.400 untuk metode *Vogels Approximation*. Hasil perhitungan solusi optimal menunjukkan adanya perbedaan jumlah iterasi. Untuk metode *Northwest Corner* dan *Northwest Corner* jumlah iterasi yaitu tujuh, sedangkan metode *Vogels Approximation* dan *Northwest Corner* jumlah iterasi yaitu dua. Adapun solusi optimal dari kedua metode tersebut diperoleh biaya transportasi yang sama sebesar Rp. 600.400. Dengan demikian metode *Vogels Approximation* dan *Northwest Corner* lebih efisien secara analitik.

Kata Kunci: *Optimasi, Metode Northwest Corner, Metode Vogels Approximation, Metode Stepping Stone.*

A. Pendahuluan

Pendistribusian adalah suatu proses penyaluran barang atau jasa dari produsen kepada konsumen dan pemakai yang memiliki peran penting dalam kegiatan produksi dan konsumsi [1]. Masalah yang sering dihadapi terkait pendistribusian yaitu mengoptimalkan biaya transportasi, waktu tempuh, banyaknya kendaraan yang dioperasikan dan sumber daya yang tersedia [2].

Metode transportasi merupakan bagian dari “*operation research*” dan model khusus dari permasalahan pemrograman linear yang pada umumnya berhubungan dengan distribusi barang dari sumber (*supply*) dengan penawaran terbatas menuju tujuan (*demand*) dengan biaya tertentu pada biaya transportasi minimum [3, 4].

Penelitian ini dilaksanakan pada PD. X yang merupakan salah satu perusahaan bidang perdagangan. Dalam usahanya PD. X mendistribusikan beberapa produk Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) ke berbagai daerah di Kota Bandung. Permasalahan yang dihadapi oleh PD. X yaitu tidak adanya suatu teknik perhitungan secara khusus dalam pengoptimalan biaya transportasi pendistribusian air minum kemasan agar memperoleh biaya yang serendah. Sehingga diperlukan beberapa teknik perhitungan matematika sebagai bahan pertimbangan yang baik agar keuntungan yang diperoleh mendapatkan hasil maksimum. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meminimumkan biaya distribusi adalah dengan menggunakan metode transportasi.

Penyelesaian dalam metode transportasi memiliki dua langkah, yaitu mencari solusi fisibel awal dan solusi optimal. Metode yang digunakan untuk solusi fisibel awal adalah *Northwest Corner* dan *Vogels Approximation*. Selanjutnya menentukan solusi optimasi menggunakan metode *Stepping Stone* [5].

Metode *Northwest Corner* merupakan metode yang paling sederhana untuk mencari solusi fisibel awal yang pengalokasiannya dimulai dari pojok kiri atas [6]. Sedangkan metode *Vogels Approximation* merupakan suatu metode yang pengalokaisannya dimulai dengan menentukan nilai selisih biaya terendah untuk setiap baris dan kolom [7]. Perhitungan pengalokasian dengan menggunakan metode *Northwest Corner* tidak mempertimbangkan biaya distribusi per unit sehingga penyelesaiannya tidak efisien dibanding *Vogels Approximation* [8]. Pengalokasian barang dari sumber ke tempat tujuan pada metode *Vogels Approximation* dapat menghasilkan penyelesaian masalah yang mendekati hasil optimum dibandingkan dengan metode *Northwest Corner* karena pada perhitungannya mempertimbangkan biaya alokasi perunit barang [9].

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut: “Apakah terdapat perbedaan antara solusi fisibel awal biaya pendistribusian air minum kemasan dengan menggunakan metode *Northwest Corner* dan metode *Vogels Approximation* di PD. X?”, “Bagaimana hasil solusi optimal metode *Northwest Corner* dan metode *Vogels Approximation* dengan menggunakan metode *Stepping Stone* pada biaya distribusi air minum dalam kemasan di PD. X?”. Selanjutnya, tujuan dalam penelitian ini diuraikan dalam pokok-pokok sbb.

1. Mengetahui perbedaan antara solusi fisibel awal biaya pendistribusian air minum kemasan dengan menggunakan metode *Northwest Corner* dan metode *Vogels Approximation* di PD. X.
2. Mengetahui hasil solusi optimal metode *Northwest Corner* dan metode *Vogels Approximation* dengan menggunakan metode *Stepping Stone* pada biaya distribusi air minum dalam kemasan di PD. X.

B. Metodologi Penelitian

Optimasi

Optimasi produksi sangat dibutuhkan perusahaan dalam rangka mengoptimalkan sumber daya yang ada agar suatu produksi dapat menghasilkan produk dengan kuantitas dan kualitas yang diharapkan, sehingga perusahaan dapat mencapai tujuannya [10]. Optimasi dalam meminimumkan biaya transportasi berarti mengefisienkan atau mengoptimalkan biaya yang dikeluarkan untuk mendistribusikan barang dari sumber menuju tujuan [11].

Transportasi

Transportasi dapat didefinisikan sebagai suatu usaha dan kegiatan mengangkut atau membawa produk dari suatu tempat ke tempat lainnya. Model transportasi adalah suatu model yang digunakan untuk mengatur distribusi suatu produk (barang-barang) dari sumber yang menyediakan ke tempat-tempat tujuan secara optimal. Model transportasi merupakan salah satu tipe khusus dalam persoalan program linear [12].

Permasalahan yang dapat diselesaikan dengan metode transportasi adalah mengalokasikan barang dari suatu tempat ke tempat lainnya secara optimal dengan mempertimbangkan seperti biaya minimal [13, 14]. Berikut merupakan umum untuk permasalahan transportasi.

Fungsi tujuan:

$$\text{Minimum } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

Fungsi batasan:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = a_i \quad ; i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (\text{batasan penawaran})$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = b_j \quad ; j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (\text{batasan permintaan})$$

$$x_{ij} \geq 0 \text{ untuk seluruh } i \text{ dan } j$$

Keterangan:

c_{ij} = Biaya transportasi perunit barang dari sumber i ke tujuan j

x_{ij} = Jumlah barang yang akan dikirim dari sumber i ke tujuan j

a_i = Jumlah barang yang tersedia di sumber i

b_j = Jumlah barang yang dibutuhkan di tujuan j

n = Jumlah tempat tujuan j

m = Jumlah tempat sumber i

Langkah pertama untuk menyelesaikan metode transportasi adalah dengan menentukan solusi fesesibel awal. Setelah menentukan dan mendapatkan solusi fesesibel awal, langkah selanjutnya mencari solusi optimal.

Northwest Corner

Sesuai dengan namanya yaitu metode *Northwest Corner*, maka mengisi tabel awal transportasi dimulai dari pojok barat laut (kiri atas). Pengalokasian pada metode ini kurang efisien, karena pada perhitungan yang tidak mempertimbangkan biaya distribusi per unit melainkan hanya berdasarkan kriteria sudut kiri atas dan sudut kanan bawah yang merupakan sel basis dan merupakan metode terpanjang dalam mencari solusi optimum [15]. Langkah-langkah penyelesaian metode *Northwest Corner* adalah [16]:

1. Pengisian sel atau pengalokasian dimulai dari pojok kiri atas (pojok barat laut) pada tabel.
2. Alokasikan dengan jumlah maksimum sesuai dengan yang tersedia di *supply* atau sesuaikan dengan jumlah *demand*.
3. Apabila masih ada persediaan tetapi telah memenuhi permintaan, maka alokasikan sisa tersebut ke sel sebelah kanan sehingga persediaan telah dialokasikan semuanya.
4. Apabila persediaan telah dialokasikan semuanya dari sumber pertama, maka pengalokasian pindah ke sumber kedua.
5. Proses pengalokasian dilanjutkan dengan cara yang sama sampai semua persediaan dialokasikan tanpa sisa.

Vogels Approximation

Penyelesaian kasus dengan metode *Vogels Approximation* alokasi dimulai dengan mencari selisih antara biaya terendah pertama dan kedua dari setiap baris dan kolom pada tabel transportasinya [17]. *Vogels Approximation* dapat memberikan pemecahan solusi awal yang lebih baik dibandingkan dengan metode Northwest Corner, karena metode ini memperhitungkan biaya transportasi per unit yang diperoleh dari hasil pengurangan dua bagian biaya terkecil dari sel yang berbeda [9]. Langkah-langkah metode *Vogels Approximation* adalah sebagai berikut [16]:

1. Mencari dua biaya terendah dari setiap baris dan kolom, kemudian selisihkan dua biaya

tersebut.

2. Memilih selisih biaya terbesar pada baris atau kolom sebelumnya. Apabila terdapat selisih terbesar yang sama, maka dapat dipilih salah satunya.
3. Alokasikan produk sebanyak-banyaknya dengan menyesuaikan *supply* dan *demand* di sel yang memiliki biaya terendah pada baris dan kolom.
4. Baris dan kolom yang telah diisi penuh tidak dapat diikutsertakan kembali dalam proses perhitungan pencarian selisih biaya berikutnya.
5. Melakukan langkah satu sampai semua produk dialokasikan sesuai dengan *supply* dan *demand*.

Stepping Stone

Metode ini merupakan salah satu cara untuk mengetahui atau menguji optimal tidaknya pada tahap awal. Pengerjaan pada metode ini sederhana karena mengevaluasi sel kosong untuk indeks perubahan biaya, namun membutuhkan ketelitian dalam menentukan hasil perhitungan dari biaya sel kosong dan dalam menentukan jalur terpendek untuk tiap sel kosong [7]. Tahapan penyelesaian metode *Stepping Stone* sebagai berikut [16]:

1. Memilih salah satu sel yang kosong untuk dilakukan tes.
2. Mencari jalur terdekat secara vertikal atau horizontal dari sel kosong tersebut, lalu kembali ke sel kosong tadi dengan cara melewati sel yang sudah teralokasi dengan jumlah unit produk. Beri tanda putaran searah jarum jam atau sebaliknya.
3. Tanda tambah (+) dan kurang (-) muncul bergantian pada setiap sudut sel pada jalur terdekat, dimulai tanda tambah (+) pada sel kosong tersebut.
4. Menjumlahkan unit biaya dalam pada setiap sel dengan tanda tambah sebagai tanda penambahan biaya, kemudian tanda kurang sebagai penurunan biaya dari penjumlahan setiap dalam setiap sel.
5. Mengulangi tahapan satu sampai empat untuk sel kosong lainnya, dan bandingkan hasil evaluasi sel kosong tersebut. Pilih nilai evaluasi yang paling negatif (artinya penurunan biaya yang paling besar), bila tidak ada nilai negatif pada evaluasi sel kosong berarti pemecahan sudah optimal.
6. Jika pada tahapan lima masih terdapat nilai negatif maka lakukan perubahan jalur pada sel kosong yang terpilih, kemudian lakukan kembali tahapan tiga sampai lima hingga tidak ada nilai negatif pada evaluasi sel kosong.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan di sebuah PD yang menawarkan berbagai jenis air minum kemasan yang memiliki gudang dengan kapasitas penyimpanan yang berbeda seperti data pada tabel 3.1. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder pada bulan September 2020. Berikut merupakan data yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3.1 Jumlah Penawaran (Kapasitas Gudang)

Gudang	Kapasitas (dus)
Gudang 1	550
Gudang 2	700
Gudang 3	850
Total	2100

Tabel 3.2 Permintaan Konsumen

Nama Toko	Jumlah Permintaan (dus)
Toko K	220
Toko T	310
Toko AC	430
Toko H	300
Toko A	350
Toko TN	490
Total	2100

Tabel 3.3 Biaya Transportasi dalam Bentuk Tabel Transportasi

No	Gudang	Konsumen					
		Toko K	Toko T	Toko AC	Toko H	Toko A	Toko TN
1.	Gudang 1	200	450	250	100	100	400
2.	Gudang 2	200	500	300	250	150	300
3.	Gudang 3	250	540	550	400	250	450

Bedasarkan data yang diperoleh pada tabel di atas maka dapat diformulasikan ke dalam rumus transportasi sebagai berikut:

Meminimumkan:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij}$$

$$Z = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^6 c_{ij}x_{ij}$$

$$Z = c_{11}x_{11} + c_{12}x_{12} + c_{13}x_{13} + c_{14}x_{14} + c_{15}x_{15} + c_{16}x_{16} + c_{21}x_{21} + c_{22}x_{22} + c_{23}x_{23} + c_{24}x_{24} + c_{25}x_{25} + c_{26}x_{26} + c_{31}x_{31} + c_{32}x_{32} + c_{33}x_{33} + c_{34}x_{34} + c_{35}x_{35} + c_{36}x_{36}$$

$$Z = 200x_{11} + 450x_{12} + 250x_{13} + 100x_{14} + 100x_{15} + 400x_{16} + 200x_{21} + 500x_{22} + 300x_{23} + 250x_{24} + 150x_{25} + 300x_{26} + 250x_{31} + 540x_{32} + 550x_{33} + 400x_{34} + 250x_{35} + 450x_{36}$$

Dengan kendala:

$$\sum_{j=1}^6 x_{ij} = a_i, i = 1, 2, 3 \dots$$

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} = 550$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} = 700$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} + x_{36} = 850$$

$$\sum_{i=1}^3 x_{ij} = b_j, j = 1, 2, 3 \dots$$

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} = 220$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} = 310$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} = 430$$

$$x_{14} + x_{24} + x_{34} = 300$$

$$x_{15} + x_{25} + x_{35} = 350$$

$$x_{16} + x_{26} + x_{36} = 490$$

Penentuan solusi awal pada penelitian ini menggunakan metode *Northwest Corner-Stepping Stone* dan metode *Vogels Approximation-Stepping Stone*.

Northwest Corner-Stepping

Sesuai dengan namanya yaitu *Northwest Corner* maka penyelesaian dilakukan dengan memilih alokasi atau sel pojok kiri atas. Tahap pertama dalam penyelesaian masalah ini yaitu membuat tabel transportasi seperti berikut.

Tabel 3.4 Tabel Awal Transportasi

Tujuan Sumber	Konsumen						a_i
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
S_1	200	450	250	100	100	400	550
S_2	200	500	300	250	150	300	700
S_3	250	540	550	400	250	450	850
b_j	220	310	430	300	350	490	2100

Berdasarkan tabel 3.4 dapat diketahui bahwa x_{11} berada di pojok kiri atas, sehingga alokasi barang yang pertama yaitu ke x_{11} sebanyak 220 dus. Tahap kedua dan ketiga yaitu mengalokasikan kembali barang pada kolom selanjutnya atau x_{12} dan x_{13} yang jumlah permintaan belum terpenuhi. Jika jumlah persediaan pada S_1 sudah habis terpenuhi maka selanjutnya yaitu memenuhi persediaan kolom S_2 dan S_2 dengan cara mengalokasikan barang hingga seluruh persediaan gudang dan permintaan konsumen sudah terpenuhi. Berdasarkan hasil perhitungan maka dapat diketahui bahwa jumlah iterasi yang digunakan pada permasalahan ini yaitu sebanyak delapan iterasi dengan total biaya sebesar Rp. 696.000. Berikut merupakan tabel iterasi akhir pada metode *Northwest Corner*.

Tabel 3.5 Tahap Kedelapan Metode NWC

Tujuan Sumber	Konsumen						a_i
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
S_1	200 220	450 310	250 20	100 -	100 -	400 -	550
S_2	200 -	500 -	300 410	250 290	150 -	300 -	700
S_3	250 -	540 -	550 -	400 10	250 350	450 490	850
b_j	220	310	430	300	350	490	2100

Setelah melakukan perhitungan metode *Northwest Corner* selanjutnya dilakukan penentuan nilai optimal dengan menggunakan metode *Stepping Stone*. Dengan menggunakan tabel 3.5, langkah pertama untuk uji pengoptimalan menggunakan metode *Stepping Stone* pada metode *Northwest Corner* yaitu memilih sel kosong yang akan di evaluasi dan kemudian mencari jalur tertutup melalui sel-sel yang terisi dengan gerakan horizontal dan vertikal, kemudian beri tanda putaran searah jarum jam atau sebaliknya. Beri tanda tambah (+) dan kurang (-) secara bergantian pada setiap sudut sel dari jalur terdekat, pemberian tanda dimulai dengan tanda tambah (+) pada sel kosong yang akan di evaluasi. Jumlahkan unit biaya dalam sel sesuai tanda tambah dan kurang, hingga memperoleh perubahan biaya.

Tabel 3.6 Iterasi 1 Uji Pengoptimalan NWC

Variabel Nonbasis	Jalur Tertutup	Perubahan Biaya
x_{14}	$x_{14} - x_{13} + x_{23} - x_{24}$	-100
x_{15}	$x_{15} - x_{13} + x_{23} - x_{24}$ $+ x_{34} - x_{35}$	150
x_{16}	$x_{16} - x_{13} + x_{23} - x_{24}$ $+ x_{34} - x_{36}$	150
x_{21}	$x_{21} - x_{11} + x_{13} - x_{23}$	-50
x_{22}	$x_{22} - x_{12} + x_{13} - x_{23}$	0
x_{25}	$x_{25} - x_{24} + x_{34} - x_{35}$	50
x_{26}	$x_{26} - x_{24} + x_{34} - x_{36}$	0
x_{31}	$x_{31} - x_{11} + x_{13} - x_{23}$ $+ x_{24} - x_{34}$	-150
x_{32}	$x_{32} - x_{12} + x_{13} - x_{23}$ $+ x_{24} - x_{34}$	-110
x_{33}	$x_{33} - x_{23} + x_{24} - x_{34}$	100

Tabel 3.7 Perbaikan Alokasi NWC Iterasi 1

Tujuan Sumber	Konsumen						a_i
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
S_1	- 200 220	450 310	+ 250 20	100	100	400	550
S_2	200	500	- 300 410	+ 250 290	150	300	700
S_3	+ 250 10	540	550	- 400 350	250	450 490	850
b_i	220	310	430	300	350	490	2100

Tabel 3.8 Hasil Perbaikan Alokasi NWC Iterasi 1

Tujuan Sumber	Konsumen						a_i
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
S_1	200 210	450 310	250 30	100	100	400	550
S_2	200	500	300 400	250 300	150	300	700
S_3	250 10	540	550	400	250 350	450 490	850
b_i	220	310	430	300	350	490	2100

Bedasarkan tabel diatas, terdapat sel yang memiliki perubahan biaya negatif tertinggi yaitu sel x_{31} . sebesar -150. Pilih sel tersebut untuk melakukan evaluasi perubahan biaya dengan cara mengalokasikan sejumlah barang terkecil dari sel bertanda kurang dan tambahkan terhadap sel bertanda tambah, seperti pada tabel 3.7. Lakukan langkah yang sama seperti tahapan sebelumnya dengan tujuan untuk mengetahui apakah terdapat nilai perubahan biaya negatif atau tidak. Jika tidak ada sel yang memiliki perubahan biaya bernilai negatif maka telah memperoleh uji pengoptimalan yang minimum. Sehingga dengan menggunakan metode *Stepping Stone* dengan solusi fesibel awal metode *Northwest Corner* terdapat tujuh iterasi dengan total biaya transportasi sebesar Rp. 600.400. berikut merupakan tabel iterasi terakhir.

Tabel 3.9 Hasil Perbaikan Alokasi NWC Iterasi 6

Tujuan Sumber	Konsumen						a_i
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
S_1	200	450	250	100	100	400	550
	-	-	250	300	-	-	
S_2	200	500	300	250	150	300	700
	-	-	180	-	30	490	
S_3	250	540	550	400	250	450	850
	220	310	-	-	320	-	
b_j	220	310	430	300	350	490	2100

Vogels Approximation-Stepping Stone.

Sama seperti metode *Northwest Corner* pada metode *Vogels Approximation* hal pertama yang dilakukan yaitu membuat tabel awal transportasi dapat dilihat pada tabel 3.4, kemudian tentukan selisih setiap baris dan kolom dengan cara memilih biaya transportasi terkecil dalam baris maupun kolom. Setelah nilai selisih diperoleh, langkah selanjutnya yaitu mengalokasikan barang pada biaya transportasi terendah. Dapat dilihat pada tabel 3.10.

Tabel 3.10 Tahap Kesatu Metode VAM

Tujuan Sumber	Konsumen						a_i	Selisih Baris
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6		
S_1	200	450	250	100	100	400	550	0
	-	-	-	300	-	-		
S_2	200	500	300	250	150	300	700	50
	-	-	-	-	-	-		
S_3	250	540	550	400	250	450	850	0
	-	-	-	-	-	-		
b_j	220	310	430	300	350	490	2100	
Selisih kolom	0	50	50	150	50	100		

Setelah alokasi dilakukan, hitung kembali selisih setiap baris dan kolom seperti pada tahapan sebelumnya kemudian alokasikan barang di kolom biaya transportasi terendah. Jika terdapat selisih baris atau kolom yang sama, maka pilih salah satu. Baris dan kolom yang persediaan atau permintaannya telah terpenuhi maka tidak terhitung lagi. Lakukan dengan cara yang sama hingga persediaan dan permintaan terpenuhi atau dengan kata lain semua kolom terisi. Berdasarkan hasil perhitungan maka dapat diketahui bahwa jumlah iterasi yang digunakan pada metode ini yaitu sebanyak delapan iterasi dengan total biaya sebesar Rp. 611.400. Berikut merupakan tabel iterasi akhir.

Tabel 3.11 Tahap Kedelapan Metode VAM

Tujuan Sumber	Konsumen						a_i
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
S_1	200	450	250	100	100	400	550
	-	-	-	300	250	-	
S_2	200	500	300	250	150	300	700
	-	-	430	-	-	270	
S_3	250	540	550	400	250	450	850
	220	310	-	-	100	220	
b_j	220	310	430	300	350	490	2100

Sama dengan halnya metode *Northwest Corner*, metode *Vogels Approximation* perlu dilakukan uji pengoptimalan dengan menggunakan metode *Stepping Stone*. Hal ini dilakukan

untuk mengetahui biaya minimum distribusi dengan menggunakan metode *Vogels Approximation* dan *Stepping Stone*. Langkah pertama yaitu memilih sel kosong pada tabel 3.11, kemudian lakukan evaluasi sel kosong hingga tidak ada perubahan biaya bernilai negatif. Berdasarkan hasil perhitungan maka terdapat dua iterasi dengan total biaya transportasi sebesar Rp. 600.400.

Tabel 3.12 Hasil Perbaikan Alokasi VAM Iterasi 1

Tujuan Sumber	Konsumen						a_i
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
S_1	200	450	250	100	100	400	550
			220	300	30		
S_2	200	500	300	250	150	300	700
			210			490	
S_3	250	540	550	400	250	450	850
	220	310			320		
b_i	220	310	430	300	350	490	2100

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Metode *Northwest Corner* dan *Vogels Approximation* digunakan untuk menentukan solusi fesibel awal. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa jumlah iterasi atau tahapan baik menggunakan metode *Northwest Corner* maupun metode *Vogels Approximation* adalah sebanyak delapan iterasi. Perbedaan dari kedua metode ini dapat dilihat dari hasil perhitungan. Metode *Vogels Approximation* mendapatkan hasil lebih murah dibandingkan dengan metode *Northwest Corner* yaitu sebesar Rp. 611.400, sedangkan dengan menggunakan metode *Northwest Corner* biaya transportasi sebesar Rp. 696.000. Berdasarkan hasil tersebut terdapat selisih sebesar Rp. 84.600, oleh karena itu metode *Vogels Approximation* lebih efisien dalam penentuan solusi fesibel awal dalam masalah distribusi air minum kemasan di PD. X.
2. Penentuan nilai optimal dilakukan dengan menggunakan metode *Stepping Stone* untuk menentukan solusi optimal dari solusi fesibel awal. Berdasarkan jumlah iterasi metode *Northwest Corner-Stepping Stone* dan *Vogels Approximation-Stepping Stone* terdapat perbedaan. Metode *Northwest Corner* dan metode *Stepping Stone* memerlukan tujuh iterasi, sedangkan metode *Vogels Approximation* dan *Northwest Corner* hanya memerlukan dua iterasi. Berdasarkan hasil nilai optimal yang diperoleh baik dengan menggunakan metode *Northwest Corner-Stepping Stone* maupun metode *Vogels Approximation-Stepping Stone* yaitu sebesar Rp. 600.400. Sehingga dapat disimpulkan untuk masalah distribusi air minum dalam kemasan di PD. X solusi fesibel awal metode *Vogels Approximation-Stepping Stone* lebih efisien secara analitik dari pada metode *Northwest Corner-Stepping Stone*.

Daftar Pustaka

- [1] S. E. Purba, "Analisis Beberapa Metode Transportasi Dalam Optimalisasi Biaya Distribusi," [Skripsi], Medan: Universitas Sumatera Utara, 2018.
- [2] D. P. Sari, "Optimasi Masalah Transportasi dengan Menggunakan Metode Potensial pada Sistem Distribusi PT. XYZ," Sainia Matematika, vol. 1(5), pp. 406-418, 2013.
- [3] E. Bastian, "Penerapan Model Transportasi Dalam Pendistribusian BBM Di Provinsi Sulawesi Selatan," [Skripsi], Makasar: Universitas Hasanuddin, 2017.
- [4] N. K. T. Tastrawati, Pemrograman Linier: Model Transportasi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, 2015.
- [5] S. M. Yusanti, W. S. Dihadjo dan S. Shoffa, "Analisis Perbandingan Barang Menggunakan

- Metode Northwest Corner dan Least Cost (Studi kasus: PT. Coca Cola Amatil Indonesia Surabaya),” *MUST:Journal of Mathematics Education, Science and Technology*, vol. 2, no. 1, pp. 1-10, 2017.
- [6] T. Apriani, “Penerapan Model Transportasi Distribusi Pada Perusahaan Roti Dengan Menggunakan Metode Pendekatan Vogel, Metode Pendekatan Russel Dan Metode Nwc (Sudut Barat Laut) Studi Kasus : Pt. Gardenia,” [Skripsi]. Makasar: Universitas Negeri Alauddin Makassar, 2016.
 - [7] N. Syafitri, “Penerapan Northwest Corner Method, Vogel’s Approximation Method Dan Stepping Stone Method Dalam Meminimumkan Biaya Transportasi Pt. Mutiara Mukti Farma,” [Skripsi], Medan: Universitas Sumatera Utara, 2019.
 - [8] A. Erika, “Perbandingan Metode Least Cost-Stepping Stone Dan Metode Vam-Modi Pada Pengoptimalan Biaya Distribusi Barang (Studi Kasus: Pt. Mega Eltra Cabang Medan),” [Skripsi], Medan: Universitas Sumatera Utara, 2019.
 - [9] N. L. Fatimah, “Implementasi Pengoptimalan Biaya Transportasi dengan North West Corner Method (NWCN) dan Stepping Stone Method (SSM) untuk Distribusi Raskin pada Perum Bulog Sub Divre Semarang,” *Edu Komputika Journal*, p. 2(1), 2015.
 - [10] M. Rahmawati, “Optimasi Biaya Transportasi Pengiriman Barang Pada PT. TIKI Dengan Menggunakan Metode Basis Tree,” [Skripsi], Bandung: Universitas Islam Bandung, 2021.
 - [11] T. T. Dimiyati dan A. Dimiyati, *Operations Research:Model-*, Bandung: Sinar Baru, 1992.
 - [12] Aminudin, *Prinsip-Prinsip Riset Operasi*, Jakarta: Erlangga, 2005.
 - [13] F. Zulfikarijah, *Operation Research*, Malang: Bayumedia Publishing., 2004.
 - [14] S. Silaen, *Riset Operasi*, Bogor: In Media, 2018.
 - [15] H. Idri, *Hadis Ekonomi-Ekonomi dalam Perspektif Hadis Nabi*, Jakarta: Prenada Media Group, 2016.
 - [16] S. W. Budi Gunawan, “Analisis Perbandingan Biaya Transportasi Pengiriman Barang Antara Metode Fifo Dengan Stepping Stone Dan Vogel,” *Journal Of Industrial Engineering & Management Systems*, Vol. 3, No. 2, 2010.
 - [17] M. A. Septiana, “Optimasi Biaya Pengiriman Kelapa Menggunakan Model Transportasi Metode Stepping Stone,” *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 5, no. 2, 2020.