

# Optimasi Distribusi Semen dengan Menggunakan Metode *Multiplier* di Riau Daratan

Vera Devani<sup>1</sup>, Nurul Amalia<sup>2</sup>, Chlarisya Rahmadani<sup>\*3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Alamat: Jl. H.R Soebrantas No. 155 KM. 15 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru

Email: <sup>1</sup>veradevani@gmail.com, <sup>2</sup>nurulamalia@gmail.com, <sup>3</sup>chlarisjarahmadani@gmail.com

## Abstrak

PT. SP Dumai merupakan perusahaan produsen semen terbesar yang ada di wilayah Riau Daratan. Perusahaan ini mendistribusikan produknya ke beberapa wilayah di Riau Daratan antara lain Kota Dumai, Kota Pekanbaru, Kabupaten Bengkalis dan Kabupaten Rokan Hulu. Pendistribusian produk sangat erat kaitannya dengan model transportasi yang bertujuan untuk penentuan rencana biaya terendah pengiriman produk dari sejumlah sumber ke sejumlah tujuan. Metode *Multiplier* merupakan pengembangan dari Metode *Stepping Stone* yang berguna untuk mendapatkan solusi optimum berdasarkan solusi fisibel basis awal yang telah di dapat. Tujuan dari penelitian ini, menentukan rute pendistribusian semen yang optimal dengan biaya transportasi yang minimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biaya transportasi yang dikeluarkan sebelum dilakukan optimasi adalah sebesar Rp 1.101.114.000 dan biaya optimal setelah dilakukan optimasi menggunakan Metode *Multiplier* adalah sebesar Rp 695.672.000. Sehingga, terjadi penurunan biaya sebesar 36,82%. Rute distribusi SP adalah Dumai-Dumai, Pekanbaru-Dumai, Dumai-Bengkalis, Bengkalis-Bengkalis, Pekanbaru-Rohul.

**Kata kunci:** *Linear Programming, Multiplier, Vogel's Approximation Method (VAM)*

## Abstract

*PT. SP Dumai is the largest cement producer in Riau Mainland region. This company distributes products to several areas in Riau Mainland, including Dumai, Pekanbaru, Bengkalis and Rokan Hulu. Product distribution is closely related to transportation models which aim to determine the lowest cost plan for product delivery from several sources to several destinations. The Multiplier method is a development of the Stepping Stone method which is useful for obtaining the optimum solution based on initial basic feasible solution that has been obtained. The purpose of this research is to determine the optimal routes of cement distribution with minimum transportation costs. The results showed that the transportation costs before the optimization were Rp. 1,101,114,000 and after using the optimization Multiplier method the optimal cost was Rp. 695,672,000. So, the costs was decrease of 36.82%. SP distribution routes are Dumai-Dumai, Pekanbaru-Dumai, Dumai-Bengkalis, Bengkalis-Bengkalis, Pekanbaru-Rohul.*

**Keywords:** *Linear Programming, Multiplier, Vogel's Approximation Method (VAM)*

## 1. Pendahuluan

Perkembangan zaman yang semakin pesat serta kemajuan teknologi yang semakin canggih, menyebabkan banyak terjadinya persaingan kompetitif antara perusahaan yang bergerak di bidang jasa maupun manufaktur. Agar tetap bertahan dalam kondisi persaingan industri, tentu diperlukan suatu manajemen yang baik. Salah satunya yaitu permasalahan biaya pengiriman (penyaluran) produk atau barang ke konsumen.

Program Linier merupakan cara untuk menyelesaikan permasalahan pengalokasian sumber-sumber yang terbatas diantara beberapa aktivitas yang bersaing, dengan cara yang terbaik yang mungkin dilakukan [1]. Model transportasi merupakan suatu metode pemecahan masalah untuk mencari serta menentukan perancangan pengiriman barang (*single commodity*) dari tempat asal ke tempat tujuan, dengan total biaya transportasi yang minimum [2].

Penelitian terdahulu mengenai Perbandingan Metode Solusi Awal dalam Pengoptimalan Biaya Distribusi. Memperlihatkan bahwa Metode *Vogel Approximation Method (VAM)* yang digunakan untuk menganalisis solusi awal dalam memecahkan permasalahan transportasi dapat menghasilkan biaya distribusi yang paling minimum [3].

Penelitian sebelumnya mengenai Optimasi Biaya Distribusi Material dengan Kombinasi Metode *North West Corner (NWC)* dan *Modified Distribution (MODI)* pada Proyek

Pembangunan Jembatan di Sulawesi Utara. Menunjukkan bahwa didapatkan biaya transportasi material yang optimum menggunakan Metode NWC sebagai solusi awal dan Metode MODI sebagai solusi akhir [4].

Penelitian lainnya mengenai *Study of Transportation Problem of Iron and Steel Industry in Turkey Based on Linear Programming, VAM and MODI Methods*. Menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh dengan solusi optimal menggunakan model transportasi VAM dan MODI, total biaya dapat diminimumkan dan jumlah permintaan terpenuhi [5].

PT. SP merupakan perusahaan yang bergerak dalam produksi utamanya yaitu semen. Kegiatan produksi PT. SP untuk daerah Pantai Timur Sumatra (Riau Daratan, Riau Kepulauan dan Sumatera Utara bagian Selatan) dilakukan di pabrik cabang yang terletak di Kota Dumai. Hasil produksi perusahaan akan dipasarkan oleh distributor atau agen pemasaran. Perusahaan akan mengalokasikan produk berdasarkan jumlah permintaan dari tiap daerah tujuan. Jumlah permintaan memiliki periode naik turun dan tidak menentu karena dipengaruhi faktor-faktor seperti kualitas, persaingan pasar, selera konsumen, pendapatan masyarakat dan lain sebagainya. Meskipun daerah pemasaran perusahaan semakin meluas untuk tiap daerah, akan tetapi dengan adanya faktor-faktor tersebut dapat menyebabkan dalam periode tertentu permintaan konsumen mengalami peningkatan dan penurunan. Tabel 1 menunjukkan data awal distribusi semen dari beberapa distributor ke beberapa daerah tujuan:

Tabel 1. Rekapitulasi Data Awal Distribusi Semen

No.	Tanggal Transaksi	Distributor	Kota Tujuan	Jumlah Semen (Zak)
1.		Bengkalis	Kab. Bengkalis	200
2.		Bengkalis	Kab. Bengkalis	200
3.		Bengkalis	Kab. Bengkalis	200
4.		Bengkalis	Kab. Bengkalis	200
5.		Bengkalis	Kab. Bengkalis	200
6.		Bengkalis	Kab. Bengkalis	200
7.		Dumai	Kota Dumai	220
8.		Bengkalis	Kab. Bengkalis	100
9.		Bengkalis	Kab. Bengkalis	100
10.		Bengkalis	Kab. Bengkalis	100
11.		Bengkalis	Kab. Bengkalis	100
12.		Bengkalis	Kab. Bengkalis	100
13.		Bengkalis	Kab. Bengkalis	100
14.		Dumai	Kota Dumai	20
15.		Dumai	Kota Dumai	180
16.	1 Januari	Dumai	Kota Dumai	220
17.		Pekanbaru	Kota Dumai	50
18.		Pekanbaru	Kota Dumai	200
19.		Dumai	Kab. Bengkalis	200
20.		Bengkalis	Kab. Bengkalis	200
21.		Bengkalis	Kab. Bengkalis	200
22.		Bengkalis	Kab. Bengkalis	200
23.		Pekanbaru	Kota Dumai	220
24.		Pekanbaru	Kota Dumai	220
25.		Pekanbaru	Kota Dumai	220
26.		Pekanbaru	Kota Dumai	220
27.		Pekanbaru	Kota Dumai	200
28.		Pekanbaru	Kota Dumai	200
29.		Dumai	Kab. Rokan Hulu	40
30.		Dumai	Kab. Rokan Hulu	100
Total				4.910

Agar dapat memenuhi permintaan daerah tujuan yang meningkat atau menurun setiap saat, perusahaan harus dapat mengalokasikan produk secara optimal ke setiap daerah tujuan pada waktu yang tepat agar dapat mengurangi atau meminimalkan biaya transportasi yang dikeluarkan. Dengan demikian, diperlukan suatu analisis tentang sistem pendistribusian yang tepat dari sumber ke tujuan dengan menggunakan metode alternatif rute yang dilewati untuk menekan biaya pengiriman.

## 2. Metode Penelitian

Data pada penelitian ini adalah data biaya transportasi dari tiap produk dari distributor sampe ke subdistributor, serta data distribusi pada tanggal 1 Januari. PT. SP mendistribusikan semen dari sumber Bengkalis, Dumai, dan Pekanbaru ke tujuan Bengkalis, Dumai, dan Rokan Hulu.

*Linear programming* adalah suatu model matematika yang berguna sebagai bentuk pemecahan masalah pengalokasian sumber daya yang terbatas dalam mencapai tujuan yang optimal. Tujuan pengoptimalan dapat berupa memaksimalkan keuntungan atau meminimumkan biaya [6]. Penyelesaian persoalan *linear programming* sangat dibutuhkan dalam model matematika, yang terdiri dari fungsi tujuan linear dan sistem persamaan linear.

Model transportasi merupakan permasalahan untuk meminimumkan biaya distribusi dengan mencari titik alokasi dari sumber ke tujuan sehingga dapat meminimumkan biaya transportasi [7]. Model transportasi menjadi pemecah permasalahan agar dapat menyelesaikan masalah transportasi, seperti pendistribusian barang atau produk dengan memenuhi permintaan serta biaya transportasi yang dikeluarkan dapat diminimumkan. Model transportasi juga digunakan untuk menyelesaikan beberapa permasalahan mengenai optimasi, yang berhubungan dengan pemilihan rute atau jalur dalam mengalokasikan produk atau barang dengan biaya transportasi minimal.

Bentuk persamaan model transportasi secara umum [7]:

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

Batasan [7]:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = a_i \quad : i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad : j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$c_{ij}$  = Biaya mengirim semen dari asal  $i$  ke destinasi  $j$

$x_{ij}$  = Total semen yang dikirim dari asal  $i$  ke destinasi  $j$

$a_i$  = Kuantitas semen atau daya tampung dari lokasi awal  $i$

$b_j$  = Kuantitas semen dibuat oleh destinasi  $j$

$m$  = Kuantitas sumber

$n$  = Kuantitas tujuan

Langkah-langkah dalam menyelesaikan masalah transportasi, yaitu [1]:

1. Penyelesaian solusi basis awal dengan menggunakan Metode *Vogel Approximation Method* (VAM)

Metode VAM merupakan cara yang terbaik untuk penyelesaian masalah transportasi, karena metode ini merupakan perbaikan dari cara transportasi yang lainnya, dimana Metode VAM ini merupakan cara yang lebih praktis dan cepat. Adapun prosedur penyelesaian VAM ini adalah sebagai berikut:

- a. Hitung besar selisih angka biaya transportasi pada nilai terkecil dengan angka biaya transportasi yang memiliki nilai lebih besar pada peringkat selanjutnya, pada masing-masing baris dan kolom. Seperti peringkat terkecil dengan peringkat selanjutnya: Dari angka 8, 12, 17 dan 6. Angka peringkat terkecil 6, sedangkan peringkat selanjutnya 8, sehingga memiliki selisih  $8 - 6 = 2$ .
- b. Angka selisih pada tahap (a) diletakkan pada setiap ujung masing-masing baris atau ujung puncak kolom.
- c. Angka-angka yang berada di ujung baris atau puncak kolom dipilih yang memiliki selisih paling besar. Angka yang dipilih menunjukkan baris atau kolom yang sel-selnya akan dipilih untuk diisi sesuai dengan kapasitas atau daya tampung.
- d. Prioritaskan sel-sel baris atau kolom yang mempunyai biaya transportasi terkecil untuk mendapatkan alokasi.
- e. Jika baris atau kolom yang sel telah terisi penuh sesuai dengan jumlah kapasitas atau daya tampung, maka baris atau kolom tersebut diberi "tanda" agar tidak mengganggu proses perhitungan selanjutnya. Namun, jika baris atau kolom belum terpenuhi, karena masih lebih kecil dari kapasitas atau daya tampung maka tidak perlu diberi tanda.
- f. Selanjutnya, lakukan setiap langkah secara teliti dimulai dari langkah (a) hingga dengan langkah (e).

2. Penyelesaian solusi optimum dengan menggunakan Metode *Modified Distribution* (MODI) atau faktor pengali (*Multiplier*)

Metode *Multiplier* atau faktor pengali merupakan nama lain dari Metode MODI. Metode ini memiliki model iterasi yang sama dengan Metode *Stepping Stone*, dengan teknik yang dipermudah dalam menghitung indeks. Perbedaan utama terjadi pada cara pengevaluasian variabel nonbasis, atau penentuan penurunan biaya transport per unit untuk setiap variabel. Metode ini dikembangkan berdasarkan teori dualitas. Untuk setiap basis  $i$  dari tabel transformasi dikenal suatu *multiplier*  $u_i$ , dan untuk kolom  $j$  disebut *multiplier*  $v_j$ , sehingga untuk tiap variabel basis  $x_{ij}$  didapat persamaan [1]:

$$u_i + v_j + c_{ij} \tag{4}$$

Dari persamaan di atas kita dapat menghitung berapa pengurangan biaya transportasi per unit untuk setiap variabel non-basis  $x_{ij}$  sebagai berikut [1]:

$$c_{ij} = x_{ij} - u_i - v_j \tag{5}$$

3. Hasil dan Analisa

Dalam proses pengolahan data dilakukan secara langsung dengan menggunakan model transportasi, yang mana dimulai dengan Metode VAM untuk mendapatkan solusi fisibel basis awal. Kemudian setelah solusi fisibel basis awal diketahui dilanjutkan dengan menentukan solusi optimal menggunakan Metode *Multiplier*. Data ini diolah secara manual, berikut adalah langkah-langkah pengolahan data secara manualnya.

Tabel 2. Persediaan Pabrik, Kebutuhan Pasar dan Biaya Angkut Per Unit

Distributor \ Kota Tujuan	Dumai	Bengkalis	Rohul	Persediaan (SAK)
Dumai	900	4500	5500	251.490
Pekanbaru	1000	5500	0	122.290
Bengkalis	0	1500	0	65.650
Kebutuhan (SAK)	219.570	153.210	66.650	439.430

3.1. Solusi Fisibel Basis Awal

Solusi fisibel basis awal diperoleh dengan menggunakan Metode *Vogel's Approximation Method* (VAM). Tabel 3 menunjukkan matriks pengolahan VAM.

Tabel 3. Matriks Pengolahan VAM

Distributor \ Kota Tujuan	Dumai	Bengkalis	Rohul	Penalti Baris	I	II	III
Dumai	(4) 900	(5) 4500	5500	251.490	4500-900 = 3600	4500-900 = 3600	4500-900 = 3600
	98.280	153.210	*				
Pekanbaru	(2) 1000	5500	(1) 0	122.290	1000-0 = 1000	5500-1000 = 4500	-
	55.640 *	*	66.650 *				
Bengkalis	(3) 0	1500	0	65.650	1500-0 = 1500	1500-0 = 1500	1500-0 = 1500
	65.650		*				
	219.570	153.210	66.650				
Penalti Kolom	I 900-0=900	4500-1500 = 3000	5500-0 = 5500				
	II 900-0=900	4500-1500 = 3000	-				
	III 900-0=900	4500-1500 = 3000	-				

Berdasarkan hasil dari matriks VAM diatas, maka dapat diperoleh nilai Z menggunakan persamaan (1) sebesar:

$$\begin{aligned}
 Z &= 66.650 (0) + 55.640 (1000) + 65.650 (0) + 98.280 (900) + 153.210 (4500) \\
 &= 0 + 55.640.000 + 0 + 88.452.000 + 689.445.000 \\
 &= Rp. 833.537.000
 \end{aligned}$$

### 3.2. Solusi Optimum

Solusi optimum dapat diperoleh menggunakan Metode *Multiplier*. Untuk mendapatkan solusi optimal terlebih dahulu harus diketahui nilai *entering* dan *leaving* variabel dari tiap iterasinya. Berikut adalah pengolahan solusi optimum menggunakan Metode *Multiplier*.

Untuk iterasi pertama menentukan *loop* solusi fisibel basis awal. Berikut Tabel 4 memperlihatkan *loop* basis awal:

**Tabel 4. Loop Solusi Fisibel Basis Awal**

Kota Tujuan Distributor	Dumai	Bengkalis	Rohul	Persediaan (SAK)
Dumai	900	4500	5500	251.490
Pekanbaru	1000	5500	0	122.290
Bengkalis	0	1500	0	65.650
Kebutuhan (SAK)	219.570	153.210	66.650	439.430

Diagram loop: (-) 98.280 → 153.210 → (+) and (+) 55.640 ← 66.650 ← (-)

Berdasarkan *loop* tertutup pada di atas, diperoleh matriks pada Tabel 5 sebagai berikut:

**Tabel 5. Matriks Hasil Loop**

Kota Tujuan Distributor	Dumai	Bengkalis	Rohul	Persediaan (SAK)
Dumai	900	4500	5500	251.490
Pekanbaru	1000	5500	0	122.290
Bengkalis	0	1500	0	65.650
Kebutuhan (SAK)	219.570	153.210	66.650	439.430

Selanjutnya hitung nilai variabel untuk iterasi pertama menggunakan persamaan (4) dan (5).

Basis Awal:

$$\begin{aligned} X_{11} : & u_1 + v_1 = C_{11} \\ X_{12} : & u_1 + v_2 = C_{12} \\ X_{13} : & u_1 + v_3 = C_{13} \\ X_{21} : & u_2 + v_1 = C_{21} \\ X_{31} : & u_3 + v_1 = C_{31} \end{aligned}$$

Jika  $u_1 = 0$ , maka harga-harga *Multiplier* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} u_1 + v_1 = 900, \quad v_1 = 900 - 0 & = 900 \\ u_1 + v_2 = 4500, \quad v_2 = 4500 - 0 & = 4500 \\ u_1 + v_3 = 5500, \quad v_3 = 5500 - 0 & = 5500 \\ u_2 + v_1 = 1000, \quad u_2 = 1000 - 900 & = 100 \\ u_3 + v_1 = 0, \quad u_3 = 0 - 900 & = -900 \end{aligned}$$

Menentukan *entering* variabel:

$$\begin{aligned} C_{22} = C_{22} - u_2 - v_2 = 5500 - 100 - 4500 & = 900 \\ C_{23} = C_{23} - u_2 - v_3 = 0 - 100 - 5500 & = -5600 \\ C_{32} = C_{32} - u_3 - v_2 = 1500 - (-900) - 4500 & = -2100 \\ C_{33} = C_{33} - u_3 - v_3 = 0 - (-900) - (5500) & = -4600 \end{aligned}$$

Berdasarkan uraian di atas, dapat diketahui bahwa variabel nonbasis yang menyebabkan terjadinya penurunan biaya terbesar sebagai *entering* variabel yaitu  $x_{23}$  sebanyak 5.600 satuan biaya per unit. Langkah selanjutnya adalah dengan membuat sebuah *loop* yang berawal dan berakhir pada variabel  $x_{23}$ .

Tabel 6. Loop Entering Variabel  $x_{23}$

Kota Tujuan Distributor	Dumai	Bengkalis	Rohul	Persediaan (SAK)
Dumai	900	4500	5500	251.490
	(+) 31.630	153.210	(-) 66.650	
Pekanbaru	1000	5500	0	122.290
	(-) 122.290		(+)	
Bengkalis	0	1500	0	65.650
	65.650			
Kebutuhan (SAK)	219.570	153.210	66.650	439.430

Berdasarkan loop di atas dapat diketahui bahwa *leaving* variabelnya adalah  $x_{13}$  dan  $x_{21}$ , dari dua *leaving* variabel yang tersedia dipilih salah satu yang nilainya paling kecil yakni  $x_{13}$ , sebesar 66.650. Kemudian dengan terpilihnya *leaving* variabel  $x_{13}$ , maka nilai-nilai variabel basis yang di sudut loop bertambah dan berkurang sebanyak 66.650.

Tabel 7. Matriks Hasil Loop Leaving Variabel

Kota Tujuan Distributor	Dumai	Bengkalis	Rohul	Persediaan (SAK)
Dumai	900	4500	5500	251.490
	98.280	153.210		
Pekanbaru	1000	5500	0	122.290
	55.640		66.650	
Bengkalis	0	1500	0	65.650
	65.650			
Kebutuhan (SAK)	219.570	153.210	66.650	439.430

Dengan demikian akan diperoleh nilai Z sebesar :

$$\begin{aligned} Z &= 98.280 (900) + 55.640 (1000) + 65.650 (0) + 66.650 (0) + 153.210 (4500) \\ &= 88.452.000 + 55.640.000 + 0 + 0 + 689.445.000 \\ &= \text{Rp. } 833.537.000 \end{aligned}$$

Pada iterasi kedua yang dilakukan adalah langkah perbaikan. Langkah perbaikan dibuat untuk mengoptimalkan banyaknya penurunan biaya transportasi yang terjadi, dengan menggunakan kembali persamaan (4) dan (5).

Basis Awal:

$$\begin{aligned} X_{11} : & u_1 + v_1 = c_{11} \\ X_{12} : & u_1 + v_2 = c_{12} \\ X_{21} : & u_2 + v_1 = c_{21} \\ X_{23} : & u_2 + v_3 = c_{23} \\ X_{31} : & u_3 + v_1 = c_{31} \end{aligned}$$

Jika  $u_1 = 0$ , maka harga-harga *Multiplier* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} u_1 + v_1 = 900, \quad v_1 &= 900 - 0 &= 900 \\ u_1 + v_2 = 4500, \quad v_2 &= 4500 - 0 &= 4500 \\ u_2 + v_1 = 1000, \quad u_2 &= 1000 - 900 &= 100 \\ u_2 + v_3 = 0, \quad v_3 &= 0 - 100 &= -100 \\ u_3 + v_1 = 0, \quad u_3 &= 0 - 900 &= -900 \end{aligned}$$

Menentukan *entering* variabel:

$$\begin{aligned} C_{13} &= c_{13} - u_1 - v_2 = 5500 - 0 - 4500 = 1000 \\ C_{22} &= c_{22} - u_2 - v_2 = 5500 - 100 - 4500 = 900 \\ C_{32} &= c_{32} - u_3 - v_2 = 1500 - (-900) - 4500 = -2100 \\ C_{33} &= c_{33} - u_3 - v_3 = 0 - (-900) - (-100) = 1000 \end{aligned}$$

Berdasarkan uraian di atas, dapat diketahui bahwa variabel nonbasis yang menyebabkan terjadinya penurunan biaya terbesar sebagai *entering* variabel yaitu  $x_{32}$  sebanyak 2.100 satuan biaya per unit. Langkah selanjutnya adalah dengan membuat sebuah *loop* yang berawal dan berakhir pada variabel  $x_{32}$ .

Tabel 8. *Loop Entering* Variabel  $x_{23}$

Kota Tujuan Distributor	Dumai	Bengkalis	Rohul	Persediaan (SAK)
Dumai	900	4500	5500	251.490
	(+) 98.280	(-) 153.210		
Pekanbaru	1000	5500	0	122.290
	55.640		66.650	
Bengkalis	0	1500	0	65.650
	(-) 66.650	(+)		
Kebutuhan (SAK)	219.570	153.210	66.650	439.430

Berdasarkan *loop* di atas dapat diketahui bahwa *leaving* variabelnya adalah  $x_{12}$  dan  $x_{21}$ , dari dua *leaving* variabel yang tersedia dipilih salah satu yang nilainya paling kecil yakni  $x_{21}$ , sebesar 65.650. Kemudian dengan terpilihnya *leaving* variabel  $x_{21}$ , maka nilai-nilai variabel basis yang di sudut *loop* bertambah dan berkurang sebanyak 65.650.

Tabel 9. Matriks Solusi Optimal

Kota Tujuan Distributor	Dumai	Bengkalis	Rohul	Persediaan (SAK)
Dumai	900	4500	5500	251.490
	163.930	87.560		
Pekanbaru	1000	5500	0	122.290
	55.640		66.650	
Bengkalis	0	1500	0	65.650
		65.650		
Kebutuhan (SAK)	219.570	153.210	66.650	439.430

Berdasarkan Tabel 9 solusi optimal dari model transportasi untuk pengiriman produk Semen di Riau Daratan, biaya transportasi optimalnya sebesar:

$$\begin{aligned}
 Z &= (\text{ dari Dumai } ) (\text{ ke Dumai } ) + (\text{ dari Pekanbaru } ) (\text{ ke Dumai } ) + (\text{ dari Dumai } ) (\text{ ke } \\
 &\text{ Bengkalis } ) + (\text{ dari Bengkalis } ) (\text{ ke Bengkalis } ) + (\text{ dari Pekanbaru } ) (\text{ ke Rohul } ) \\
 Z &= 163.930 (900) + 55.640 (1000) + 87.560 (4500) + 65.650 (1500) + 66.650 (0) \\
 &= 147.537.000 + 55.640.000 + 394.020.000 + 98.475.000 + 0 \\
 &= \text{Rp. } 695.672.000
 \end{aligned}$$

Pada iterasi ketiga yang dilakukan adalah langkah pembuktian, menggunakan persamaan (4) dan (5). Langkah pembuktian dibuat untuk membuktikan bahwa tidak ada lagi penurunan biaya transportasi yang terjadi.

Basis Awal:

$$\begin{aligned}
 X_{11} &: u_1 + v_1 \\
 X_{12} &: u_1 + v_2 \\
 X_{21} &: u_2 + v_1 \\
 X_{23} &: u_2 + v_3 \\
 X_{32} &: u_3 + v_2
 \end{aligned}$$

Jika  $u_1 = 0$ , maka harga-harga *Multiplier* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 u_1 + v_1 &= 900, & v_1 &= 900 - 0 & &= 900 \\
 u_1 + v_2 &= 4500, & v_2 &= 4500 - 0 & &= 4500 \\
 u_2 + v_1 &= 1000, & u_2 &= 1000 - 900 & &= 100 \\
 u_2 + v_3 &= 0, & v_3 &= 0 - 100 & &= -100 \\
 u_3 + v_2 &= 1500, & u_3 &= 1500 - 4500 & &= -3000
 \end{aligned}$$

Menentukan *entering* variabel:

$$C_{13} = C_{13} - u_1 - v_3 = 5500 - 0 - (-100) = 650$$

$$C_{22} = C_{22} - u_2 - v_2 = 5500 - 100 - 4500 = 900$$

$$C_{31} = C_{31} - u_3 - v_1 = 0 - (-3000) - 900 = 2100$$

$$C_{33} = C_{33} - u_3 - v_3 = 0 - (-3000) - (-100) = 3100$$

Berdasarkan uraian tersebut, dapat diketahui bahwa tidak terdapat variabel nonbasis yang menyebabkan terjadinya penurunan biaya transportasi. Dengan demikian, matriks *Multiplier* sudah optimal sampai pada iterasi kedua.

### 3.3. Hasil Pengolahan Menggunakan Software QM for Windows

Berikut adalah pengolahan model transportasi pada pengiriman semen dengan menggunakan software *QM for Windows*:

Objective		Starting method		
<input type="radio"/> Maximize <input checked="" type="radio"/> Minimize		Any starting method		
		Dumai	Bengkalis	Rohul
				SUPPLY
Dumai		900	4500	5500
Pekanbaru		1000	5500	0
Bengkalis		0	1500	0
DEMAND		219570	153210	66650

Gambar 1. Input Data QM

Pada tabel *input data software QM for Windows*, data yang dimasukkan adalah data biaya pengiriman per unit produk. *Demand* adalah banyaknya kebutuhan produk oleh tiap daerah, sedangkan *supply* adalah banyaknya persediaan yang disediakan oleh perusahaan untuk memenuhi kebutuhan dipasaran.

Transportation Shipments			
Optimal cost = \$695672000	Dumai	Bengkalis	Rohul
Dumai	163930	87560	
Pekanbaru	55640		66650
Bengkalis		65650	

Gambar 2. Output Solusi Biaya Optimal

Pada Gambar 2. dapat dilihat bahwa biaya optimal untuk pengiriman semen di Riau Daratan adalah sebesar Rp 695.672.000. Adanya perbedaan biaya transportasi pada kondisi *real* perusahaan dan kondisi setelah adanya solusi optimum cukup signifikan, yaitu dari Rp. 1.101.114.000. Biaya transportasi pada kondisi *real* lebih besar jika dibandingkan dengan biaya yang telah optimal. Sehingga, akan lebih baik jika rute pendistribusian produk semen menggunakan rute (Dumai-Dumai), (Pekanbaru-Dumai), (Dumai-Bengkalis), (Bengkalis-Bengkalis) dan (Pekanbaru-Rohul).

#### 4. Kesimpulan

Biaya transportasi pengiriman semen yang optimal adalah sebesar Rp. 695.672.000, hal ini menunjukkan terjadinya penurunan biaya dari kondisi *real* yaitu Rp. 1.101.114.000. Sehingga, terjadi penurunan biaya transportasi pengiriman produk semen sebesar 36,82%. Rute atau jalur pengiriman semen yang optimal, berdasarkan solusi optimal yang telah diketahui adalah sebagai berikut: Dumai - Dumai, Pekanbaru – Dumai, Dumai – Bengkalis, Bengkalis – Bengkalis, Pekanbaru – Rohul.

#### Referensi

- [1] T. Diniyati, Tjuju, and A. Diniyati, *Operations Research*. Bandung: Sinar Baru Algesindo, 2006.
- [2] S. Prawirosentono, *Riset Operasi dan Ekonomifisika*. Jakarta: Sinar Grafika Offset, 2005.
- [3] L. D. Simbolon, L. O. Tambunan, and F. Yanti, "Perbandingan Metode Solusi Awal dalam Pengoptimalan Biaya Distribusi," *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Nommensen Siantar*, vol. 2, no. 1, pp. 24-31, 2022.
- [4] P. P. G. Soplanit, A. K. T. Dundu, and J. B. Mangare, "Optimasi Biaya Distribusi Material dengan Kombinasi Metode NWC (North West Corner) dan MODI (Modified Distribution) pada Proyek Pembangunan Jembatan di Sulawesi Utara," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 7, no. 12, pp. 1633-1640, 2019.
- [5] R. Askerbeyli, "Study of Transportation Problem of Iron and Steel Industry in Turkey Based on Linear Programming, VAM and MODI Methods," *Communication Series*, vol. 62, no. 1, pp. 79-99, 2020.
- [6] S. Aini, A. J. Fikri, and R. S. Sukandar, "Optimalisasi Keuntungan Produksi Makanan Menggunakan Pemrograman Linier Melalui Metode Simpleks," *Jurnal Bayesian: Jurnal Ilmiah Statistika dan Ekonometrika*, vol. 1, no. 1, pp. 1-16, 2021.
- [7] R. Nurhidayati et al., "Minimasi Biaya Distribusi Makanan Ringan pada UKM Marcuy dengan Metode Stepping Stone, Least Cost, VAM dan MODI," *Studi Ilmu Manajemen dan Organisasi (SIMO)*, vol. 2, no. 2, pp. 167-181, 2021.