

**OPTIMASI PENDISTRIBUSIAN PRODUK AQUA DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *LEAST COST* DAN METODE *MODIFIED DISTRIBUTION* (STUDI
KASUS DI PT. TIRTA SIBAYAKINDO)**

Banni Sembiring¹, Abil Mansyur²

¹ Mahasiswa Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Medan
e-mail: banni_sembiring@yahoo.com

² Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Medan

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan di PT. Tirta Sibayakindo yang merupakan produsen dan distributor minuman ringan terkemuka di Indonesia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penerapan metode Least Cost dan Modified Distribution dalam pengoptimalan biaya transportasi distribusi pada PT. Tirta Sibayakindo. Metode analisa yang digunakan adalah dengan menggunakan model Least Cost untuk memperoleh solusi awal, kemudian menggunakan model MODI untuk memperoleh solusi akhir. Data yang diperoleh dari PT. Tirta Sibayakindo dianalisis dengan menggunakan implementasi Least Cost. Biaya pendistribusian PT. Tirta Sibayakindo dengan perhitungan biasa adalah Rp 165.535.000 sedangkan dengan menggunakan Metode Least Cost adalah Rp 100.200.000. Jadi dengan menggunakan metode Least Cost, PT. Tirta Sibayakindo dapat menghemat biaya sebesar Rp 65.335.000,-. Dari hasil penelitian dan perhitungan diperoleh hasil bahwa penerapan model transportasi distribusi dengan menggunakan model Least Cost dan MODI mampu mengoptimalkan biaya distribusi pada PT. Tirta Sibayakindo.

Kata kunci : *Least Cost, MODI*

ABSTRACT

This research was conducted at PT. Tirta Sibayakindo which is a manufacturer and distributor of leading soft drink in Indonesia. The purpose of this study was to determine the application method and the Modified Least Cost Distribution in the optimization of transport costs in the distribution of PT. Tirta Sibayakindo. The analytical methods used by using Least Cost models for obtaining an initial solution, then use the model to obtain a final solution MODI. Data obtained from PT. Tirta Sibayakindo analyzed using Least Cost implementation. Distribution fees PT. Tirta Sibayakindo with the usual calculation is Rp 165.535 million, while using the method of Least Cost is USD 100.2 million. So by using Least Cost, PT. Tirta Sibayakindo can save the cost of Rp 65.335 million,-. From the research and calculations showed that the application of transport models of distribution by using Least Cost models and MODI is able to optimize distribution costs at PT. Tirta Sibayakindo.

Keywords: *Least Cost, MODI*

PENDAHULUAN

Masalah transportasi merupakan kelas khusus Pemrograman Linear. Masalah yang berkaitan dengan distribusi komoditas tunggal dari berbagai sumber pasokan ke berbagai tujuan permintaan dalam cara sedemikian rupa sehingga

biaya transportasi total diminimalkan (Deshmukh, 2012).

Secara umum arti transportasi adalah adanya perpindahan barang dari satu tempat ke tempat lain dan dari beberapa tempat ke beberapa tempat lain. Tempat

atau tempat-tempat asal barang disebut juga dengan istilah sumber atau sumber-sumber (*resources*). Sedangkan tempat atau tempat-tempat tujuan disebut *destination*. Hal ini merupakan bagian dari kehidupan nyata manusia untuk memindahkan barang dari tempat satu ke tempat lain sesuai dengan kebutuhannya. Misalnya, di suatu tempat asal barang mempunyai jumlah produk yang berlebihan sehingga perlu ditransportasikan ke tempat lain yang memerlukannya (Prawirosentono, 2005).

Tabel 1. Tabel Transportasi

Ke Dari	Medan	Pekanbaru	Banda Aceh	Batam	Kapasitas
Berastagi	C ₁₁ X ₁₁	C ₁₂ X ₁₂	C ₁₃ X ₁₃	C ₁₄ X ₁₄	S ₁
Padang	C ₂₁ X ₂₁	C ₂₂ X ₂₂	C ₂₃ X ₂₃	C ₂₄ X ₂₄	S ₂
Langkat	C ₃₁ X ₃₁	C ₃₂ X ₃₂	C ₃₃ X ₃₃	C ₃₄ X ₃₄	S ₃
Permintaan	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	$\sum P = \sum S$

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan adalah “study kasus” pada PT. Tirta Sibayakindo. Pengumpulan data dalam melakukan penelitian, penulis menggunakan teknik pengumpulan data sebagai berikut:

1. Riset lapangan (*Field Research*) yaitu suatu metode penelitian yang dilakukan secara langsung untuk mencari data yang dibutuhkan untuk bahan penulisan.
2. Riset Kepustakaan (*Library Research*) yaitu suatu metode pengumpulan data dengan cara melakukan penggalan literatur, karya ilmiah, dan sebagainya.

Prosedur Penelitian

Langkah-langkah (prosedur) yang akan dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data dari perusahaan. Seperti berikut:
Daerah asal/Sumber = *Warehouse*; $i = 3$
Daerah tujuan = *Distribution Center*; $j = 4$
Kapasitas produk setiap sumber dan setiap daerah tujuan.
Biaya angkut per kotak dari sumber ke tujuan.
2. Selanjutnya membuat tabel transportasi sebagai berikut:

Dimana:

$C_{11} - C_{34}$ = biaya transportasi per box
 $X_{11} - X_{34}$ = jumlah barang yang diangkut dari sumber ke tujuan

3. Dengan tabel transportasi di atas selanjutnya, mengolah dengan metode *Least Cost*, dengan langkah sebagai berikut:
 - a. Bentuk tabel inisial (pertama) dari transportasi dengan memasukkan data yang sudah diperoleh dari persoalan yang ada, seperti pada pengisian kotak-kotak kecil dengan biaya transportasi, total komoditas dimasukkan pada supply dan demand, dan seterusnya.
 - b. Pilih biaya atau nilai kecil pada kotak-kotak kecil dari kotak tabel transportasi. Bila terdapat kesamaan pada nilai kotak kecil maka pilih total komoditas terbanyak dari supply dan demand dengan memperhatikan kondisi muatan komoditas transportasi yang seimbang.
 - c. Setelah biaya atau nilai kecil pada kotak kecil tabel transportasi dipilih maka isi nilai komoditas pada kotak transportasi yang didalamnya terdapat kotak kecil tersebut.
Pengisian kotak ini dilakukan dengan mempertimbangkan total komoditas supply dan demand.
 - d. Bila kotak transportasi sudah terisi dengan komoditas yang memadai maka kemudian dilakukan pencoretan baris atau kolom yang melalui kotak tabel transportasi sesuai keseimbangan

- supply dan demand dengan menggunakan garis lurus.
- e. Kembali pada langkah kedua dengan memilih biaya atau nilai terkecil pada kotak-kotak transportasi yang tersisa dimana garis lurus pada garis atau kolom belum ada (Kakiay, 2008).
 4. Melakukan pengujian optimalitas dengan metode MODI, prosesnya sebagai berikut:

Metode MODI dapat diringkas dalam langkah-langkah berikut:

- a. Tentukan nilai-nilai U_i untuk setiap baris dan nilai-nilai V_j untuk setiap kolom dengan menggunakan hubungan $c_{ij} = U_i + V_j$ untuk semua variabel basis dan tetapkan nilai nol untuk U_1 .
- b. Hitung perubahan biaya C_{ij} untuk setiap variabel nonbasis dengan menggunakan $C_{ij} = c_{ij} - U_i - V_j$.
- c. Jika terdapat nilai C_{ij} negatif, solusi belum optimal. Pilih variabel X_{ij} dengan nilai C_{ij} negatif terbesar sebagai *entering variable*.
- d. Alokasikan barang ke *entering variable* X_{ij} sesuai proses *stepping stone*. Kembali ke langkah (a) (Mulyono, 2002).
5. Menarik kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Pemecahan Awal

Untuk mendapatkan pemecahan awal dari persoalan transportasi, ada empat jenis metode yang dapat dilakukan yaitu: dengan aturan Sudut Barat Laut (*North West Corner Rule*) dan prosedur yang lainnya adalah Metode Biaya Terendah (*Least Cost Rule*), *Vogell Approximation Method* (VAM), dan *Russel's Approximation Method* (RAM). Penentuan pemecahan awal yang digunakan pada persoalan transportasi ini adalah dengan metode biaya terendah (*Least Cost*) (Siswanto, 2007).

Metode Biaya Terendah (*Least Cost Rule*)

Pada umumnya model transportasi yang berlaku tidak dimulai dengan pertimbangan biaya yang baik. Untuk itu akan diberikan dua metode yang cukup baik untuk memulai mendapatkan pembiayaan transportasi yang minimum.

Penguraian yang sistematis dapat ditunjukkan dengan suatu prosedur yang dapat menguraikan metode least square yang lebih umum yang langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Bentuk tabel inisial dari transportasi dengan memasukkan data yang sudah diperoleh dari persoalan yang ada, seperti pada pengisian kotak-kotak kecil dengan biaya transportasi, total komoditas dimasukkan pada supply dan demand, dan seterusnya.
- b. Pilih biaya atau nilai kecil pada kotak-kotak kecil dari kotak tabel transportasi. Bila terdapat kesamaan pada nilai kotak kecil maka pilih total komoditas terbanyak dari supply dan demand dengan memperhatikan kondisi muatan komoditas transportasi yang seimbang.
- c. Setelah biaya atau nilai kecil pada kotak kecil tabel transportasi dipilih maka isi nilai komoditas pada kotak transportasi yang didalamnya terdapat kotak kecil tersebut. Pengisian kotak ini dilakukan dengan mempertimbangkan total komoditas supply dan demand.
- d. Bila kotak transportasi sudah terisi dengan komoditas yang memadai maka kemudian dilakukan pencoretan baris atau kolom yang melalui kotak tabel transportasi sesuai keseimbangan supply dan demand dengan menggunakan garis lurus.
- e. Kembali pada langkah kedua dengan memilih biaya atau nilai terkecil pada kotak-kotak transportasi yang tersisa dimana garis lurus pada garis atau kolom belum ada.

Prosedur ini selesai secara lengkap bila hanya ada satu baris atau kolom yang

tersisa sehingga hasilnya dapat ditentukan dengan baik.

Prosedur metode *Least Cost* ini dapat dipergunakan pada setiap model transportasi dengan mempertimbangkan optimalisasi dan kelayakan penyelesaian (Kakiy, 2008).

Pengujian Optimalitas

Bila pemecahan awal sudah didapat, maka langkah selanjutnya adalah menentukan apakah pemecahan itu sudah merupakan yang terbaik (biayanya termurah) atau belum.

Ada dua macam metode pengujian tabel awal yang tersedia di dalam algoritma transportasi, yaitu:

1. *Stepping Stone*
2. *Modified distribution* (MODI) (Siswanto, 2007).

Pengujian optimalitas yang digunakan adalah metode *Modified Distribution* (MODI).

Modified Distribution Method (MODI)

Metode modifikasi distribusi atau singkatan dari metode MODI, sangat mirip dengan metode stepping-stone kecuali bahwa MODI lebih efisien dalam menghitung indeks perbaikan sel kosong (Aminudin, 2005).

Tetapi di dalam metode MODI indeks perbaikan dapat dihitung tanpa harus mencari jalur-jalur terpendek. Metode MODI hanya membutuhkan jalur terpendek. Jalur ini dipilih sesudah sel kosong dengan indeks perbaikan tertinggi setelah ditemukan (Aminudin, 2005). MODI atau *Modified Distribution* menguji optimalitas tabel dengan cara menghitung *opportunity cost* pada sel-sel yang tidak terkena alokasi distribusi. *Opportunity cost* adalah biaya yang harus kita tanggung bila satu alternatif keputusan dipilih. Dalam hal ini, bila sel-sel kosong tersebut ternyata memiliki *opportunity cost* positif maka menurut metode ini dikatakan bahwa tabel

belum optimal berhubung masih ada alternatif distribusi yang akan memberikan biaya total distribusi lebih rendah. Jadi menurut metode MODI, tabel akan dikatakan optimal bila dan hanya bila *opportunity cost* sel-sel kosong adalah negatif atau nol. Bila,

U_i : angka kunci pada setiap baris i

V_j : angka kunci pada setiap kolom j

C_{ij} : biaya distribusi yang nyata pada sel ij

O_{ij} : *opportunity cost* pada sel ij

Di mana $O_{ij} = 0$ untuk seluruh sel yang telah memperoleh alokasi distribusi. Maka untuk sel berlaku:

$$O_{ij} = (U_i + V_j) - C_{ij}$$

Dalam hal ini, persamaan di atas digunakan untuk:

1. Menentukan nilai U_i dan V_j untuk seluruh baris dan kolom dengan pedoman $O_{ij} = 0$ untuk seluruh sel-sel yang terisi.
2. Menentukan *opportunity cost* O_{ij} pada seluruh sel-sel kosong.

Bila dijumpai paling sedikit satu sel kosong yang memiliki *opportunity cost* positif atau $O_{ij} > 0$ maka dikatakan bahwa tabel belum optimal sehingga harus direvisi. Dengan kata lain, tabel dikatakan telah optimal bila dan hanya bila:

$$Opportunity Cost \leq 0$$

$$U_i + V_j \leq 0$$

$$U_i + V_j \leq C_{ij} \text{ (Siswanto, 2007)}$$

PEMBAHASAN

➤ *Warehouse* dan Kapasitas produk PT. Tirta Sibayakindo mempunyai beberapa *Warehouse* yang terletak di berbagai kota di Indonesia dengan kapasitas masing-masing, di antaranya:

- Berastagi = 12.000 box
- Padang = 13.000 box
- Langkat = 11.000 box

➤ *Distribution Center* (DC) dan permintaan kebutuhan produk

Seperti halnya *Warehouse*, PT. Tirta Sibayakindo juga mempunyai beberapa DC yang tersebar di berbagai kota dengan permintaan terbatas, di antaranya:

- Medan = 4100 box
- Pekanbaru = 3900 box
- Banda Aceh = 4000 box
- Batam = 3700 box

Tabel 2. biaya transportasi per tronton

Warehouse	Distribution Center (DC)	Biaya Angkut (Rp/Tronton)
Berastagi	Medan	Rp 1.680.000;
	Pekanbaru	Rp 15.960.000;
	Banda Aceh	Rp 13.160.000;
	Batam	Rp 22.960.000;
Padang	Medan	Rp 16.940.000;
	Pekanbaru	Rp 5.040.000;
	Banda Aceh	Rp 27.440.000;
	Batam	Rp 28.210.000;
Langkat	Medan	Rp 1.820.000;
	Pekanbaru	Rp 16.380.000;
	Banda Aceh	Rp 11.340.000;
	Batam	Rp 18.480.000;

Pada Tabel 2 dapat dilihat biaya transportasi per tronton. Karena isi setiap tronton berjumlah 1.400 box maka biaya transportasi per box adalah:

- Berastagi – Medan = $1.680.000/1400 = 1.200$ per box
- Berastagi – Pekanbaru = $15.960.000/1400 = 11.400$ per box
- Berastagi – Banda Aceh = $13.160.000/1400 = 9.400$ per box
- Berastagi – Batam = $22.960.000/1400 = 16.400$ per box

- Padang – Medan = $16.940.000/1400 = 12.100$ per box
- Padang – Pekanbaru = $5.040.000/1400 = 3.600$ per box
- Padang – Banda Aceh = $27.440.000/1400 = 19.600$ per box
- Padang – Batam = $28.210.000/1400 = 20.150$ per box
- Langkat – Medan = $1.820.000/1400 = 1.300$ per box
- Langkat – Pekanbaru = $16.380.000/1400 = 11.700$ per box
- Langkat – Banda Aceh = $11.340.000/1400 = 8.100$ per box
- Langkat – Batam = $18.480.000/1400 = 13.200$ per box

Tabel 3. biaya transportasi per box

Sumber	Tujuan			
	Medan	P.Baru	B.Aceh	Batam
B.tagi	1.200	11.400	9.400	16.400
Padang	12.100	3.600	19.600	20.150
Langkat	1.300	11.700	8.100	13.200

Biaya transportasi perbox dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 4. Data Perusahaan Sebelum Pengerjaan Data

Warehouse	DC	Alokasi	Total Warehouse
B.tagi	Medan	1400	12.000
	P.baru	1400	
	B.aceh	1400	
	Batam	1200	
Padang	Medan	1400	13.000
	P.baru	1200	
	B.aceh	1200	
	Batam	1300	
Langkat	Medan	1300	11.000
	P.baru	1300	
	B.aceh	1400	
	Batam	1200	

Selanjutnya data perusahaan sebelum dilakukan pengerjaan data dengan

menggunakan metode transportasi dapat dilihat pada Tabel 4 diatas.

Sehingga perhitungan untuk data perusahaan sebelum dilakukan pengerjaan data dengan menggunakan metode pendekatan *Least Cost* adalah sebagai berikut:

$$Z = 1200(1400) + 11400(1400) + 9400(1400) + 16400(1200) + 12100(1400) + 3600(1200) + 19600(1200) + 20150(1300) + 1300(1300) + 11700(1300) + 8100(1400) + 13200(1200)$$

$$Z = 1.680.000 + 15.960.000 + 13.160.000 + 19.680.000 + 16.940.000 + 4.320.000 + 23.520.000 + 26.195.000 + 1.690.000 + 15.210.000 + 11.340.000 + 15.840.000$$

$$Z = 165.535.000$$

Dengan demikian dari perhitungan data perusahaan sebelum dikerjakan dengan pengolahan menggunakan metode pendekatan *Least Cost* adalah sebesar Rp 165.535.000.

Pembentukan Model Matematis

Model awal yang dapat di bentuk adalah sebagai berikut:

Minimumkan

$$Z = 1.200X_{11} + 11.400X_{12} + 9.400X_{13} + 16.400X_{14} + 12.100X_{21} + 3.600X_{22} + 19.600X_{23} + 20.150X_{24} + 1.300X_{31} + 11.700X_{32} + 8.100X_{33} + 13.200X_{34}$$

Dengan kendala:

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} = 12.000$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} = 13.000$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} = 11.000$$

(Kendala Suplai)

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} = 4.100$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} = 3.900$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} = 4.000$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} = 3.700$$

(Kendala Permintaan) dan $X_{ij} \geq 0$

Model masalah transportasi ini dapat diubah menjadi tabel awal seperti berikut:

Tabel 5. Tabel Awal Model Transportasi

Sumber	Tujuan				Kapasitas Sumber
	Medan	Pekanbaru	Banda Aceh	Batam	
Berastagi	1200	11400	9400	16400	12.000
Padang	12100	3600	19600	20150	13.000
Langkat	1300	11700	8100	13200	11.000
Permintaan	4.100	3.900	4.000	3.700	36.000 15.700

Dari tabel awal pada Tabel 5 diketahui bahwa jumlah kapasitas sumber melebihi jumlah permintaan, dalam menyelesaikan masalah ini diperlukan adanya suatu variabel *Dummy* yang menjadi “tujuan semu”. Pada tabel ditambahkan kolom yang seolah-olah menerima sejumlah *suplai* produk, dan ongkos angkutan pada tiap sel dari kolom tersebut bernilai nol dan model pun menjadi seimbang. Maka bentuk tabel yang di seimbangkan adalah:

Tabel 6. Tabel Awal Yang Diseimbangkan

Sumber	Tujuan					Kapasitas Sumber
	Medan	Pekanbaru	Banda Aceh	Batam	Dummy	
Berastagi	1200	11400	9400	16400	0	12.000
Padang	12100	3600	19600	20150	0	13.000
Langkat	1300	11700	8100	13200	0	11.000
Permintaan	4.100	3.900	4.000	3.700	20.300	36.000

Berdasarkan tabel awal yang di seimbangkan Tabel 6 di atas, maka model matematika dari persoalan masalah transportasi ini dapat diperbaiki menjadi seperti berikut:

Minimumkan

$$Z = 1200X_{11} + 11400X_{12} + 9400X_{13} + 16400X_{14} + 0X_{15} + 12100X_{21} + 3600X_{22} + 19600X_{23} + 20150X_{24} + 0X_{25} + 1300X_{31} + 11700X_{32} + 8100X_{33} + 13200X_{34} + 0X_{35}$$

Dengan kendala:

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} = 12.000$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} = 13.000$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} = 11.000$$

(Kendala Suplai)

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} = 4.100$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} = 3.900$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} = 4.000$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} = 3.700$$

$$X_{15} + X_{25} + X_{35} = 20.300$$

(Kendala Permintaan) dan $X_{ij} \geq 0$

Solusi

Dari tabel transportasi sebelumnya, jelas bahwa permintaan sama dengan kapasitas. Jika permintaan dan kapasitas telah sama, maka permasalahan transportasi tersebut dapat diselesaikan dengan metode pendekatan *Least Cost*.

Analisis dengan menggunakan model *Least Cost* (solusi awal)

Tabel hasil akhir alokasi untuk masalah transportasi dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini :

Tabel 7. Tabel Hasil Akhir Alokasi

Ke \ Dari	Medan	Pekanbaru	Banda Aceh	Batam	Dummy	Kapasitas
Berastagi	1200 4.100	11400 600	9400	16400	0 7.300	12.000
Padang	12100	3600	19600	20150	0 13.000	13.000
Langkat	1300	11700 3.300	8100 4.000	13200 3.700	0	11.000
Permintaan	4.100	3.900	4.000	3.700	20.300	36.000

Dari Tabel 7 dapat diperoleh perhitungan biaya minimal dengan menggunakan metode pendekatan *Least Cost* adalah sebagai berikut:

Dengan demikian, besarnya biaya transportasi dari solusi awal yang telah didapatkan adalah:

- a. Berastagi–Medan $1200 \times 4100 = 4.920.000$
- b. Berastagi – Pekanbaru $11400 \times 600 = 6.840.000$
- c. Berastagi – Dummy $0 \times 7300 = 0$
- d. Padang – Dummy $0 \times 13000 = 0$
- e. Langkat – Pekanbaru $11700 \times 3300 = 38.610.000$
- f. Langkat – Banda Aceh $8100 \times 4000 = 32.400.000$
- g. Langkat – Batam $13200 \times 3700 = 48.840.000$

Total = 131.610.000

Jadi, total biaya transportasi untuk mendistribusikan produk dari *Warehouse* ke DC pada solusi awal sebesar Rp 131.610.000,-

Analisis dengan menggunakan model MODI (solusi akhir)

Tabel 8. Solusi Akhir Dengan MODI

Ke/Dari	Medan	Pekanbaru	Banda Aceh	Batam	Dummy	Kapasitas	U_i
Berastagi	1200	11400	9400	16400	0	12.000	0
	4.100	600			7.300		
Padang	12100	3600	19600	20150	0	13.000	0
					13.000		
Langkat	1300	11700	8100	13200	0	11.000	300
		3.300	4.000	3.700			
Permintaan	4.100	3.900	4.000	3.700	20.300	36.000	
V_j	1200	11400	7800	12900	0		

Tabel 8 menunjukkan solusi akhir dengan MODI. Dari Tabel 8 tersebut, Opportunity Cost seluruh sel kosong dapat di tentukan sebagai berikut:

- Berastagi – Banda Aceh $O_{13} = U_1 + V_3 - C_{13} = - 1600$
- Berastagi – Batam $O_{14} = U_1 + V_4 - C_{14} = - 3500$
- Padang – Medan $O_{21} = U_2 + V_1 - C_{21} = - 10900$
- Padang – Pekanbaru $O_{22} = U_2 + V_2 - C_{22} = 7800$ (belum optimal)
- Padang – Banda Aceh $O_{23} = U_2 + V_3 - C_{23} = - 11800$
- Padang – Batam $O_{24} = U_2 + V_4 - C_{24} = - 7250$
- Langkat – Medan $O_{31} = U_3 + V_1 - C_{31} = 200$ (belum optimal)
- Langkat – Dummy $O_{35} = U_3 + V_5 - C_{35} = 300$ (belum optimal)

Ternyata sel 22, 31 dan 35 mempunyai *opportunity cost* masing-masing +7800, +200 dan +300. Ini berarti bahwa alternatif alokasi distribusi belum optimal dan harus di revisi kembali.

Analisis kedua dengan MODI

Tabel 9. Opportunity solusi akhir setelah di revisi dengan MODI

Ke/Dari	Medan	Pekanbaru	Banda Aceh	Batam	Dummy	Kapasitas	U_i
Berastagi	1200	11400	9400	16400	0	12.000	0
	4.100				7.900		
Padang	12100	3600	19600	20150	0	13.000	0
		3.900			9.100		
Langkat	1300	11700	8100	13200	0	11.000	0
			4.000	3.700	3.300		
Permintaan	4.100	3.900	4.000	3.700	20.300	36.000	
V_j	1200	3600	8100	13200	0		

Tabel 9 menunjukkan opportunity solusi akhir setelah direvisi dengan MODI. Selanjutnya Opportunity Cost seluruh sel kosong ditentukan sebagai berikut:

- Berastagi – Pekanbaru $O_{12} = U_1 + V_2 - C_{12} = - 7800$
- Berastagi – Banda Aceh $O_{13} = U_1 + V_3 - C_{13} = - 1300$
- Berastagi – Batam $O_{14} = U_1 + V_4 - C_{14} = - 3200$
- Padang – Medan $O_{21} = U_2 + V_1 - C_{21} = - 10900$
- Padang – Banda Aceh $O_{23} = U_2 + V_3 - C_{23} = - 11500$
- Padang – Batam $O_{24} = U_2 + V_4 - C_{24} = - 6950$
- Langkat – Medan $O_{31} = U_3 + V_1 - C_{31} = - 100$
- Langkat – Pekanbaru $O_{32} = U_3 + V_2 - C_{32} = - 8100$

Karena tidak ada lagi nilai yang positif, berarti solusi ini sudah optimal. Dengan demikian, besarnya biaya transportasi dari solusi akhir yang telah didapatkan adalah:

- Berastagi – Medan $1200 \times 4100 = 4.920.000$
- Berastagi – Dummy $0 \times 7900 = 0$

- c. Padang – Pekanbaru $3600 \times 3900 = 14.040.000$
- d. Padang – Dummy $0 \times 9100 = 0$
- e. Langkat – Banda Aceh $8100 \times 4000 = 32.400.000$
- f. Langkat – Batam $13200 \times 3700 = 48.840.000$
- g. Langkat – Dummy $0 \times 3300 = 0$
- Total = 100.200.000**

Jadi, total biaya transportasi untuk mendistribusikan produk PT. Tirta Sibayakindo dari *Warehouse* ke *Distribution Center* pada solusi akhir sebesar Rp 100.200.000,-.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan pada bab-bab sebelumnya yang menjelaskan mengenai analisis penerapan model transportasi dengan *Least Cost* dan MODI, maka penulis menyimpulkan bahwa:

- a. Dari hasil perhitungan yang diperoleh menunjukkan bahwa biaya transportasi distribusi yang optimal adalah sebesar Rp 100.200.000,-.
- b. Dari hasil perhitungan yang diperoleh, besarnya pendistribusian produk dari *Warehouse* ke *Distribution Center* adalah:
 - Berastagi ke Medan sebanyak 4.100 box
 - Padang ke Pekanbaru sebanyak 3.900 box
 - Langkat ke Banda Aceh sebanyak 4.000 box
 - Langkat ke Batam sebanyak 3.700 box
- c. Proses pendistribusian produk yang tidak perlu dilakukan adalah:
 - Berastagi ke Pekanbaru
 - Berastagi ke Banda Aceh
 - Berastagi ke Batam
 - Padang ke Medan
 - Padang ke Banda Aceh
 - Padang ke Batam
 - Langkat ke Medan
 - Langkat ke Pekanbaru

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan proses distribusi dengan

menggunakan *Least Cost* dan MODI ternyata dapat menghemat/meminimumkan biaya transportasi dari Rp 165.535.000,- untuk distribusi dari *Warehouse* ke *Distribution Center* menjadi Rp 100.200.000,- serta dapat meningkatkan laba/pendapatan perusahaan sebesar Rp 65.335.000,-.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aminudin. 2005. *Prinsip-prinsip Riset Operasi*. Jakarta: Erlangga.
- [2] Deshmukh, N.M. 2012. *An Innovative Method For Solving Transportation Problem*. International Journal of Physics and Mathematical Sciences. ISSN: 2277-2111 An Online International Journal Available at, <http://www.cibtech.org/jpms.htm> 2012 Vol. 2 (3) July-September, pp.86-91/Deshmukh. Tanggal akses 30 September 2013.
- [3] Dumairy. 2000. *Matematika Terapan untuk Bisnis dan Ekonomi*. Yogyakarta: BPFY- Yogyakarta.
- [4] Hlayel, Abdallah. A., dan Mohammad A. Alia. 2012. *Solving transportation problems Using the best candidates method*. Computer Science & Engineering: An International Journal (CSEIJ), Vol. 2, No. 5, October 2012. Department of Computer Information Systems, Faculty of Science and Information Technology, Al-Zaytoonah University of Jordan. Diakses: 05 Oktober 2013.
- [5] Kakiay, Thomas J. 2008. *Pemrograman Linier*. Yogyakarta: CV. ANDI OFFSET.
- [6] Miptahudin. 2010. *Analisis Perbandingan Pengiriman Barang Menggunakan Metode Transportasi*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- [7] Mulyono, Sri. 2002. *Riset Operasi*. Klaten: Lembaga Penerbit Fak. Ekonomi UI.

- [8] Prawirosentono, Suryadi. 2005. *Riset Operasi dan Ekonofisika*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- [9] Sari, Deasy Permata. 2010. *Pada UD Sari Bumi Raya Menggunakan Model Transportasi dan Metode Least Cost*. Semarang: Universitas Dian Nuswantoro.
- [10] Siswanto. 2007. *Operations Research*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [11] Subagyo, Pangestu. Dkk. 2005. *Dasar-Dasar Operations Research* Edisi kedua. Yogyakarta: BPFY-Yogyakarta.
- [12] Supranto, J. 1983. *Linear Programming* Edisi kedua. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- [13] Syahputra, Edi. 2012. *Program linier*. Medan: FMIPA Unimed.
- [14] Zulfikarijah, Fien. 2004. *Operation Research*. Malang: Bayumedia Publishing.