

Optimasi Pendistribusian Barang Menggunakan Metode *Stepping Stone* dan Metode *Modified Distribution* (MODI)

Herlawati^{1,*}

¹ Sistem Informasi; STMIK BINA INSANI; Jl. Siliwangi No 6 Rawa Panjang Bekasi Timur 17114 Indonesia. Telp. (021) 824 36 886 / (021) 824 36 996. Fax. (021) 824 009 24; e-mail : herlawati@binainsani.ac.id

* Korespondensi: e-mail: herlawati@binainsani.ac.id

Diterima: 16 Nopember 2016; Review: 23 Nopember 2016; Disetujui: 30 Nopember 2016

Cara sitasi: Herlawati. 2016. Optimasi Pendistribusian Barang Menggunakan Metode *Stepping Stone* dan Metode *Modified Distribution* (MODI). *Information System For Educators And Professionals*. 1 (1): 103 - 113

Abstrak: Sebuah perusahaan menginginkan biaya transportasi minimum ketika akan mendistribusikan barangnya dari suatu sumber ke suatu tujuan. Hal tersebut juga harus mempertimbangkan kapasitas barang dari sebuah perusahaan (sumber) dan permintaan barang dari tempat pemasaran (tujuan). Dalam penelitian ini menggunakan metode solusi awal yaitu metode sudut barat laut dan metode biaya terendah untuk perhitungannya, sedangkan untuk solusi optimalnya menggunakan metode batu loncatan dan metode *modified distribution* (MODI). Hasil dari penelitian ini diperoleh dengan menggunakan kedua metode tersebut diperoleh total biaya minimum yang sama, artinya jika kita menggunakan solusi awal metode sudut barat laut dan solusi optimalnya metode *stepping stone* hasil total biaya transportasi yang diperoleh akan sama dengan hasil total biaya transportasi yang dihitung menggunakan solusi awal metode biaya terendah dan solusi optimalnya metode *modified distribution*.

Kata kunci: modified distribution, optimasi, stepping stone, transportasi

Abstract: A company wants the minimum transportation cost will distribute the goods from a source to a destination. It should also consider the capacity of goods from a company (source) and the demand for goods from the market place (destination). In this study using an initial solution is a method northwest corner and the lowest cost method of calculation, while for the optimal solution using the modified method springboard and distribution (MODI). The results of this study were obtained using both methods are obtained total cost of minimum the same, meaning that if we use the initial solution method northwest corner and the solutions optimal method of stepping stone for the total cost of transportation obtained will be equal to the total transport costs are calculated using the solution early lowest cost method and optimal solution modified method of distribution.

Keywords: modified distribution, optimization, stepping stone, transportation

1. Pendahuluan

Pada umumnya masalah pendistribusian barang berhubungan dengan pemilihan rute dalam jaringan distribusi suatu produk tunggal dari beberapa sumber, dengan penawaran terbatas, menuju beberapa tujuan, dengan permintaan tertentu, pada biaya transport minimum. Karena hanya ada satu macam barang, suatu tempat tujuan dapat memenuhi permintaannya dari satu atau lebih sumber. Asumsi dasar model ini adalah bahwa biaya transport pada suatu rute tertentu proporsional dengan banyaknya unit yang dikirimkan. Unit yang dikirimkan sangat tergantung pada jenis produk yang diangkut. Yang penting, satuan penawaran dan permintaan akan barang yang diangkut harus konsisten. Dalam menggunakan metode transportasi pihak

manajemen mencari rute distribusi yang akan mengoptimalkan tujuan tertentu. Misalnya tujuan meminimumkan total biaya transportasi, memaksimalkan laba, atau meminimumkan waktu yang digunakan.

Menurut Aribowo (2008: 76) menjelaskan bahwa penelitiannya merupakan penelitian lanjutan dari penulis yang sama dengan judul Pengembangan Sarana Pembelajaran Berbantuan Komputer Untuk Teori Optimalisasi Biaya Transportasi. Sarana pembelajaran berbantuan komputer tersebut berwujud sebuah aplikasi perangkat lunak (*software*). Aplikasi ini dibangun untuk mensimulasikan materi perkuliahan riset operasi, khususnya tentang optimalisasi biaya transportasi sehingga menjadi salah satu alternatif sarana belajar bagi mahasiswa. Aplikasi ini bersifat dinamis, artinya mampu menerima masukan data yang ditentukan sendiri oleh pengguna dan pemecahan permasalahan transportasi bisa ditampilkan secara langkah demi langkah. Aplikasi hasil penelitian ini merupakan penyempurnaan dari hasil penelitian sebelumnya. Pada penelitian sebelumnya aplikasi hanya mempresentasikan proses perhitungan pada tahap 1 proses optimalisasi yaitu menggunakan metode yaitu *Vogel's Aproximation Method*, *Minimum Cost Value*, dan *North West Corner*. Pada penelitian kedua ini telah diterapkan metode lanjutan teknik optimalisasi biaya transportasi yaitu teknik *Stepping Stone*, sehingga menjadi semakin optimal. Aplikasi terdiri atas tiga bagian, yaitu bagian pengisian data lokasi *supply* dan lokasi *demand*, pengisian nilai *supply* dan *demand* di setiap lokasi *supply* dan lokasi *demand*, serta pengisian data biaya transportasi. Data yang telah diisikan akan diolah dengan teknik awal optimalisasi biaya transportasi yaitu salah satu metode *Vogel's Aproximation Method*, *Minimum Cost Value*, atau *North West Corner*. Optimalisasi lanjutan dengan metode *Stepping Stone*. Informasi yang dihasilkan dari setiap metode adalah jumlah unit yang harus dikirimkan dari setiap lokasi *supply* ke lokasi *demand* tertentu sehingga meminimalkan biaya transportasi.

Menurut Nelwan dkk (2013: 45) menjelaskan bahwa model optimasi merupakan salah satu model analisis sistem yang diindentikkan dengan operation research. Model transportasi berkaitan dengan penentuan rencana biaya terendah untuk mengirimkan satu barang dari sejumlah sumber (misalnya, pabrik) ke sejumlah tujuan (misalnya, gudang). Prinsip kerja metode least cost ialah pemberian prioritas pengalokasian yang mempunyai ongkos satuan terkecil (biaya per unit terkecil). Metode MODI (*Modified Distribution*) merupakan metode penyelesaian kasus transportasi yang di kembangkan dari metode stepping stone. Tujuan penelitian ini, menentukan distribusi air yang optimal dengan biaya distribusi yang minimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biaya operasional yang dikeluarkan sebelum dilakukan minimalisasi yaitu Rp. 603.364.240 dan biaya operasional yang dikeluarkan setelah diminimalisasi menggunakan metode least cost yaitu Rp. 588.814.656.

Menurut Simbolon dkk (2014: 299) menjelaskan bahwa metode transportasi adalah suatu metode yang dapat digunakan untuk menentukan pengalokasian barang yang paling efektif dari suatu sumber ke suatu tujuan tertentu dengan biaya yang seminimal mungkin. Penelitian ini dilakukan pada Perum BULOG Sub Divre Medan yang merupakan lembaga pelaksana program beras miskin (RASKIN) untuk beberapa kabupaten dan kota di Sumatera Utara. RASKIN adalah suatu program pendistribusian beras kepada masyarakat miskin dengan tujuan untuk meningkatkan ketahanan pangan yang dimulai dari skala rumah tangga. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah metode transportasi dapat memberi penghematan atau efisiensi biaya distribusi RASKIN. Metode yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari Metode Pendekatan Vogel (VAM) untuk menganalisa solusi fisibel awal; *Modified Distribution* (MODI) untuk menganalisa solusi optimum. Dari perhitungan dengan metode transportasi diperoleh biaya optimum yang lebih rendah dari perhitungan perusahaan, di mana biaya yang diperoleh dengan metode transportasi sebesar Rp.954.800.485,30 sedangkan biaya dari perhitungan perusahaan sebesar Rp.958.073.750,40. Dengan demikian penggunaan metode transportasi dapat menghemat biaya distribusi RASKIN sebesar Rp.3.273.265,10.

Menurut Ali dkk (2013: 571) Pengadaan material dalam rangka pelaksanaan suatu proyek lebih dipengaruhi oleh komponen biaya dan waktu dibanding dengan komponen mutunya. Efisiensi Biaya suatu proyek dalam hal pengadaan material, sangat dipengaruhi oleh perencanaan transportasi yang dilakukan. Hal ini disebabkan biaya kegiatan pendistribusian material ke lokasi proyek berhubungan langsung dengan transportasi yang sudah direncanakan. Optimasi adalah suatu usaha untuk menentukan solusi yang terbaik dari sejumlah alternatif dengan berbagai kendala yang ada pada suatu model. Optimasi biaya dalam menyelesaikan suatu permasalahan merupakan solusi terbaik yang dapat dilakukan untuk

memperoleh biaya termurah. Tujuan evaluasi ini adalah menentukan ada tidaknya rencana pengiriman yang lebih baik. Salah satu metode untuk menyelesaikan suatu model transportasi adalah metode *Stepping-stone*. Untuk menunjukkan penggunaan metode *Stepping-Stone* dapat digunakan dalam perencanaan biaya optimum pada proses pendistribusian bahan maka diaplikasikan pada tiga proyek pekerjaan jalan yaitu: Proyek Pemeliharaan Jalan Senduk, Kabupaten Minahasa Selatan; Proyek Pengaspalan Jalan Tinoor, Kabupaten Minahasa Induk, dan Proyek Pemeliharaan Jalan Pangu, Kabupaten Minahasa Tenggara. Dengan menggunakan Metode *Stepping-Stone*, maka didapat biaya optimum untuk proses distribusi material khususnya kerikil dengan total biaya sebesar Rp. 498.562.675,00. Biaya optimum diperoleh dari perencanaan distribusi material sebagai berikut: Untuk proyek ruas jalan Senduk, jumlah kebutuhan split 1-2 cm yaitu sebesar 319 m³ dan semuanya diambil dari Sumber Material Tateli. Untuk proyek ruas jalan Tinoor, jumlah kebutuhan split 1-2 cm yaitu sebesar 1275 m³ dan suplai diambil dari Sumber Material Kema sebesar 694 m³ dan Sumber Material Tateli sebesar 581 m³. Untuk proyek ruas jalan Pangu, jumlah kebutuhan split 1-2 cm yaitu sebesar 425 m³ dan suplai diambil dari Sumber Material Kema sebesar 156 m³ dan Sumber Material Kinilow sebesar 269 m³.

Dari penelitian-penelitian tersebut maka penulis tertarik untuk mengetahui pokok permasalahan dalam penelitian ini yaitu bagaimana mengatur proses distribusi barang apabila ada beberapa lokasi sumber barang dan beberapa lokasi tujuan atau lokasi pemasaran yang berbeda dan membutuhkan bahan barang yang sama, yang akan menghasilkan biaya yang paling optimum dengan metode solusi optimal Metode *Stepping Stone* dan Metode *Modified Distribution (MODI)*.

Menurut Aminudin (2005: 64) suatu model transportasi dikatakan seimbang (*balanced program*) apabila total jumlah antara penawaran (*supply*) dan permintaan (*demand*) sama, secara matematis, ditulis:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

Model transportasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Minimumkan } Z = \sum_{i=1}^m X_{ij} \sum C_{ij} X_{ij}$$

dengan batasan: $\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq a_i, i = 1, 2, 3, \dots, m$ (batasan penawaran)

dengan batasan: $\sum_{i=1}^m X_{ij} \leq b_j, j = 1, 2, 3, \dots, n$ (batasan permintaan)

$X_{ij} \geq 0$

Model transportasi merupakan perluasan dari persoalan program linier, dalam model transportasi dibahas mengenai penentuan rencana biaya minimum (*minimum cost*) untuk transportasi (pengangkutan) dari sejumlah lokasi sumber (*sources*) seperti ke sejumlah lokasi tujuan (*destinations*).

Pada dasarnya masalah transportasi merupakan masalah program linier yang dapat diselesaikan dengan metode simpleks. Karena metode simpleks menimbulkan penyelesaian yang lebih sulit, maka penyelesaian masalah transportasi akan lebih mudah dengan menggunakan Metode *Stepping Stone*, Metode sudut barat laut, Metode biaya terendah dan metode MODI (*Modified Distribution*).

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan data sekunder yang dituangkan dalam contoh soal studi kasus. Agar suatu masalah transportasi dapat dibuat model transportasi dan tabel transportasinya, maka masalah transportasi tersebut harus memiliki data mengenai tingkat *supply* atau kapasitas setiap lokasi sumber, tingkat *demand* setiap lokasi tujuan, dan biaya

transportasi per unit komoditas dari setiap lokasi sumber ke lokasi tujuan. Karena hanya terdiri dari satu komoditi (*single commodity*), maka suatu lokasi tujuan dapat memenuhi permintaannya dari satu lokasi sumber. Tujuan dari model transportasi adalah merencanakan pengiriman dari sumber-sumber ke tujuan sedemikian rupa untuk meminimumkan total biaya transportasi, dengan kendala-kendala sebagai berikut: 1). Setiap permintaan tujuan terpenuhi, 2). Sumber tidak mungkin mengirim komoditas lebih besar dari kapasitasnya.

Bentuk umum dari Tabel Transportasi sebagai berikut:

Tabel 1. Tabel Transportasi

Sumber	Tujuan	Tujuan (pemasaran)					Kapasitas (Supply)		
		1	2	...	n				
Sumber (pabrik)	1	X_{11}	C_{11}	X_{12}	C_{12}	...	X_{1n}	C_{1n}	a_1
	2	X_{21}	C_{21}	X_{22}	C_{22}	...	X_{2n}	C_{2n}	a_2

	m	X_{m1}	C_{m1}	X_{m2}	C_{m2}	...	X_{mn}	C_{mn}	A_m
Permintaan (Demand)		b_1		B_2				B_n	

Sumber: Aminudin (2015: 65)

Menurut Wijaya (2012: 5) metode transportasi terdapat dua pendekatan yaitu solusi awal dan solusi optimal. Terdapat dua solusi dalam metode transportasi yaitu:

1). Solusi awal, yang terdiri dari metode: a). Sudut barat laut (*north west corner rule*), b). Biaya terendah (*least cost*), c). *Vogel approximation* (VAM).

2). Solusi Optimal, yang terdiri dari metode: a). Batu loncatan (*stepping stone*), b). *Modified Distribution* (MODI).

Tahapan-tahapan dalam metode transportasi solusi awal menurut Wijaya (2012: 119 – 120) yaitu 1). **Metode Sudut Barat Laut (North West Corner Rules)**, langkah-langkahnya sebagai berikut: a). Membuat tabel transportasi, b). Dimulai dari sel pada sudut kiri atas yang diisi dengan angka sebanyak-banyaknya yang disesuaikan dengan kapasitas dan permintaan (pilih yang paling kecil), c). Lakukan langkah yang sama pada langkah b) untuk mengisi sel-sel lain yang disesuaikan dengan kapasitas dan permintaan sampai seluruh kapasitas dan permintaan terpenuhi. 2). **Metode Biaya Terendah (Least Cost)**, langkah-langkahnya sebagai berikut: a). Membuat tabel transportasi, b). Dimulai dari mengisi sel pada biaya terendah dengan angka sebanyak-banyaknya yang disesuaikan dengan kapasitas dan permintaan (pilih yang paling kecil), c). Lakukan langkah yang sama pada langkah b) untuk mengisi sel-sel lain yang disesuaikan dengan kapasitas dan permintaan sampai seluruh kapasitas dan permintaan terpenuhi.

Tahapan-tahapan dalam metode transportasi solusi optimal menurut Wijaya (2012: 121 – 122) yaitu 1). **Metode Batu Loncatan (Stepping Stone Rule)**, langkah-langkahnya sebagai berikut: a). Mencari sel kosong, b). Melakukan loncatan pada sel yang terisi, keterangan: a. Loncatan dapat dilakukan secara vertikal/horizontal, b. Dalam satu loncatan tidak boleh dilakukan lebih dari satu kali loncatan pada baris/kolom yang sama tersebut, c. Loncatan dapat dilakukan melewati sel lain selama sel tersebut terisi, d. Setelah loncatan pada baris langkah selanjutnya loncatan pada kolom dan sebaliknya e. Jumlah loncatan bersifat genap (dapat berjumlah sel 4, 6, 8, dan seterusnya), f. Perhatikan sel yang terisi pada loncatan berikutnya untuk memastikan proses tidak terhambat. c). Lakukan penghitungan biaya pada sel yang kosong tersebut dimulai dari sel yang kosong, d). Perhitungan dilakukan dengan cara menghitung biaya, sel yang kosong diberi tanda positif selanjutnya negatif, positif, negatif, dan seterusnya, e). Apabila semua telah bernilai positif berarti solusi awal yang telah dikerjakan sebelumnya telah menghasilkan biaya transportasi minimum, tetapi apabila masih terdapat nilai negatif, maka dicari nilai negatif terbesar (penghematan terbesar), f). Apabila terdapat tanda negatif, alokasikan produk dengan melihat proses d, akan tetapi yang dilihat adalah isi dari sel tersebut. Tambahkan dan kurangkan dengan isi sel negatif terkecil pada seluruh sel, g). Lakukan langkah yang sama dengan mengulang dari langkah b sampai hasil perhitungan biaya tidak ada yang bernilai negatif. 2). **Metode Modified Distribution (MODI)**, langkah-langkahnya

sebagai berikut: a). Membuat tabel transportasi, b). Menghitung nilai indeks pada masing-masing baris dan kolom, dengan menggunakan rumus $R_i + K_j = C_{ij}$, dimana R_i merupakan nilai indeks pada baris i , K_j merupakan nilai indeks pada kolom j dan C_{ij} adalah biaya transportasi dari sumber i ke tujuan j . Pemberian nilai indeks ini harus berdasarkan pada sel yang telah terisi atau digunakan. Sebagai alat bantu untuk memulai pencarian nilai indeks, maka nilai baris pertama (R_1) ditetapkan sama dengan nol, b). Nilai indeks seluruh baris dan kolom diperoleh menggunakan rumus: $R_i + K_j = C_{ij}$, c). Mencari sel-sel yang kosong atau sel yang belum terisi, d). Menghitung besarnya nilai pada sel-sel kosong tersebut menggunakan rumus $l_{ij} = C_{ij} - R_i - K_j$, e). Apabila nilai sel-sel kosong tersebut keseluruhannya bernilai positif berarti proses tersebut telah menghasilkan biaya transportasi minimum, f). Apabila masih terdapat nilai negatif berarti masih terdapat penghematan biaya, maka dilakukan proses eksekusi terhadap sel yang memiliki angka negatif (pilih negatif terbesar apabila terdapat lebih dari satu nilai negatif), g). Proses pengalokasian dilakukan menggunakan pendekatan yang serupa dengan metode batu loncatan (stepping stone), h). Lakukan langkah dari awal (langkah a) untuk memastikan semua nilai sel (l_{ij}) kosong tidak ada yang bernilai negatif.

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam pembahasan ini akan dijelaskan sebuah contoh studi kasus tentang biaya transportasi dalam sebuah perusahaan dengan solusi awal yang digunakan Metode Sudut Barat Laut (*North West Corner Rules*) dan Metode Biaya terkecil (*Least Cost Rules*) sedangkan solusi optimal menggunakan Metode *Stepping Stone* dan Metode *Modified Distribution (MODI)*.

Suatu perusahaan memiliki tiga pabrik yang berlokasi di tiga kota yang berbeda dengan kapasitas produksi per bulan adalah : Pabrik A di Jakarta = 150, Pabrik B di Bekasi = 175, dan Pabrik C di Tangerang = 275. Perusahaan tersebut juga mempunyai tiga tempat pemasaran (disimpan dalam gudang terlebih dahulu) hasil produksinya yang berlokasi di tiga kota yang berbeda dengan jumlah permintaan per bulan adalah : Gudang I di Cirebon = 200, Gudang II di Bandung = 100, dan Gudang III di Sukabumi = 30. Diketahui biaya transportasi dari setiap pabrik ke setiap tempat pemasaran adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Biaya Transportasi dari setiap pabrik ke setiap tempat pemasaran

	Gudang I	Gudang II	Gudang III
Pabrik A	6	8	10
Pabrik B	7	11	11
Pabrik C	7	5	12

Sumber: Hasil Penelitian (2016)

Untuk penyelesaiannya maka harus diperiksa dulu apakah Total Demand (TD) dengan Total Supply (TS) sama atau tidak. Jika $TD = TS$, maka dikatakan Tabel Transportasi seimbang (equilibrium), jadi tidak perlu ada kolom dummy (tujuan dummy) maupun baris dummy (sumber dummy). Jika $TD > TS$, maka perlu diseimbangkan dengan menambahkan baris dummy (sumber dummy). Jika $TD < TS$ atau $TS > TD$, maka perlu diseimbangkan dengan menambahkan kolom dummy atau tujuan dummy. Dalam soal ini $TD = 600$ dan $TS = 600$, jadi tidak perlu ada kolom maupun baris dummy.

Langkah selanjutnya membuat tabel transportasi awal sebagai berikut:

Tabel 3. Tabel Transportasi Awal

Sumber	Tujuan	Tujuan (pemasaran)			Kapasitas (Supply)
		Cirebon	Bandung	Sukabumi	
Sumber (pabrik)	Jakarta	6	8	10	150
	Bekasi	7	11	11	175
	Tangerang	7	5	12	275
Permintaan (Demand)		200	100	300	600

Sumber: Hasil Penelitian (2016)

Setelah langkah tersebut dilakukan maka dilakukan penentuan pemecahan optimal (solusi optimal) menggunakan Metode Batu Loncatan (*Stepping Stone Rule*) dan Metode MODI (*Modified Distribution Method*).

A. Metode Batu Loncatan (*Stepping Stone Rule*)

Pada tahap ini digunakan solusi awal dengan metode Sudut Barat Laut (*North West Corner Rule*) karena solusi optimal yang digunakan yaitu metode batu loncatan untuk memastikan apakah biaya transportasi tersebut telah minimum.

Sebelum dilakukan pengujian menggunakan solusi optimal tersebut, harus dipastikan tidak terdapat degenerasi dan redundansi.

Degenerasi dan redundansi maksudnya tidak terpenuhinya syarat pengujian bahwa sel yang terisi harus memenuhi syarat: $m+n-1$ (m = baris, n = kolom).

Pada degenerasi sel yang terisi kurang dari persyaratan yang ditentukan, sedangkan redundansi sel yang terisi melebihi dari persyaratan yang ditentukan.

Pada kasus ini tidak terjadi degenerasi maupun redundansi, Karena jumlah sel yang terisi adalah 5 dan memenuhi syarat ($3+3-1 = 5$). Dengan demikian dilakukan pengujian menggunakan solusi optimal.

Tabel 4. Tabel Transportasi dengan metode Sudut Barat Laut (*North West Corner Rule*)

Sumber	Tujuan	Tujuan (pemasaran)						Kapasitas (Supply)
		Cirebon		Bandung		Sukabumi		
Sumber (pabrik)	Jakarta	150	6	X	8	X	10	150
	Bekasi	50	7	100	11	25	11	175
	Tangerang	X	7	X	5	275	12	275
Permintaan (Demand)		200		100		300		600

Sumber: Hasil Penelitian (2016)

Langkah selanjutnya melakukan pemecahan solusi optimal dengan menggunakan Tabel 4. sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut:

Sel-sel yang kosong:

Jakarta - Bandung = $8 - 6 + 7 - 11 = -2$ (masih bernilai negatif)

Jakarta - Sukabumi = $10 - 6 + 7 - 11 = 0$

Tangerang - Cirebon = $7 - 12 + 11 - 7 = -1$ (masih bernilai negatif)

Tangerang - Bandung = $5 - 12 + 11 - 11 = -7$ (masih bernilai negatif)

Dari perhitungan tersebut terlihat masih terdapat beberapa nilai negatif, untuk pemecahan selanjutnya dipilih nilai negatif terbesar yaitu (-7). Maka dipilihlah Tangerang - Bandung karena masih bernilai negatif terbesar kemudian dilakukan pergeseran sebagai berikut:

100	25	Menjadi	X	125
(-) 100	(+) 100			
X	275		100	175
(+) 100	(-) 100			

Sehingga tabel berubah menjadi:

Tabel 5. Tabel Transportasi dengan Metode Batu Loncatan (*Stepping Stone Rule*) tahap 1.

Sumber	Tujuan	Tujuan (pemasaran)						Kapasitas (Supply)
		Cirebon		Bandung		Sukabumi		
Sumber (pabrik)	Jakarta	150	6	X	8	X	10	150
	Bekasi	50	7	X	11	125	11	175
	Tangerang	X	7	100	5	175	12	275
Permintaan (Demand)		200		100		300		600

Sumber: Hasil Penelitian (2016)

Dari Tabel 5. Diperoleh pemecahan optimal untuk sel-sel yang kosong sebagai berikut:

$Jakarta - Bandung = 8 - 6 + 7 - 11 + 12 - 5 = 5$
 $Jakarta - Sukabumi = 10 - 6 + 7 - 11 = 0$
 $Bekasi - Bandung = 11 - 11 + 12 - 5 = 7$
 $Tangerang - Cirebon = 7 - 12 + 11 - 7 = -1$ (masih bernilai negatif)

Dari perhitungan tersebut terlihat masih terdapat nilai negatif, untuk pemecahan selanjutnya dipilih nilai negatif yaitu (-1). Maka dipilihlah Tangerang – Cirebon karena masih bernilai negatif kemudian dilakukan pergeseran sebagai berikut:

50 (-) 50	125 (+) 50	Menjadi	X	175
X (+) 50	175 (-) 50		50	125

Sehingga tabel berubah menjadi:

Tabel 6. Tabel Transportasi dengan Metode Batu Loncatan (*Stepping Stone Rule*) tahap 2.

Sumber	Tujuan	Tujuan (pemasaran)						Kapasitas (Supply)
		Cirebon		Bandung		Sukabumi		
Sumber (pabrik)	Jakarta	150	6	X	8	X	10	150
	Bekasi	X	7	X	11	175	11	175
	Tangerang	50	7	100	5	125	12	275
Permintaan (Demand)		200		100		300		600

Sumber: Hasil Penelitian (2016)

Dari Tabel 6. Diperoleh pemecahan optimal untuk sel-sel yang kosong sebagai berikut:

$Jakarta - Bandung = 8 - 6 + 7 - 5 = 4$
 $Jakarta - Sukabumi = 10 - 6 + 7 - 12 = -1$ (masih bernilai negatif)
 $Bekasi - Cirebon = 7 - 11 + 12 - 7 = 1$
 $Bekasi - Bandung = 11 - 11 + 12 - 5 = 7$

Dari perhitungan tersebut terlihat masih terdapat nilai negatif, untuk pemecahan selanjutnya dipilih nilai negatif yaitu (-1). Maka dipilihlah Jakarta – Sukabumi karena masih bernilai negatif kemudian dilakukan pergeseran sebagai berikut:

150 (-) 120	X (+) 120	Menjadi	25	125
50 (+) 120	125 (-) 125		175	X

Sehingga tabel berubah menjadi:

Tabel 7. Tabel Transportasi dengan Metode Batu Loncatan (*Stepping Stone Rule*) tahap 3.

Sumber	Tujuan	Tujuan (pemasaran)						Kapasitas (Supply)
		Cirebon		Bandung		Sukabumi		
Sumber (pabrik)	Jakarta	25	6	X	8	125	10	150
	Bekasi	X	7	X	11	175	11	175
	Tangerang	175	7	100	5	X	12	275
Permintaan (Demand)		200		100		300		600

Sumber: Hasil Penelitian (2016)

Dari Tabel 7. Diperoleh pemecahan optimal untuk sel-sel yang kosong sebagai berikut:

$$\text{Jakarta - Bandung} = 8 - 6 + 7 - 5 = 4$$

$$\text{Bekasi - Cirebon} = 7 - 11 + 10 - 6 = 0$$

$$\text{Bekasi - Bandung} = 11 - 5 + 7 - 6 + 10 - 11 = 6$$

$$\text{Tangerang - Sukabumi} = 12 - 10 + 6 - 7 = 1$$

Karena dari hasil perhitungan tidak ditemukan nilai negatif (penghematan biaya), maka proses eksekusi telah selesai. Alokasi produk dari pabrik ke daerah pemasaran menurut metode sudut barat laut (*north west corner rule*) yang diuji dengan metode batu loncatan (*stepping stone rule*) dan biaya transportasinya adalah: (dalam ribuan rupiah).

Tabel 8. Tabel Biaya Transportasi dengan Metode Batu Loncatan (*Stepping Stone Rule*).

Dari	Ke	Jumlah	Biaya per unit	Biaya (Rp)
Jakarta	Cirebon	25	6	150
Jakarta	Sukabumi	125	10	1250
Bekasi	Sukabumi	175	11	1925
Tangerang	Cirebon	175	7	1225
Tangerang	Bandung	100	5	500
Total Biaya				5050

Sumber: Hasil Penelitian (2016)

Dari tabel 8 terlihat bahwa total biaya transportasi diperoleh sebesar Rp. 5.050.000.

B. Metode Modified Distribution (MODI)

Pada tahap ini digunakan solusi awal dengan Metode Biaya Terendah (*Least Cost*) karena solusi optimal yang digunakan yaitu metode MODI untuk memastikan apakah biaya transportasi tersebut telah minimum.

Sebelum dilakukan pengujian menggunakan solusi optimal tersebut, harus dipastikan tidak terdapat degenerasi dan redundansi.

Degenerasi dan redundansi maksudnya tidak terpenuhinya syarat pengujian bahwa sel yang terisi harus memenuhi syarat: $m+n-1$ (m = baris, n = kolom).

Pada degenerasi sel yang terisi kurang dari persyaratan yang ditentukan, sedangkan redundansi sel yang terisi melebihi dari persyaratan yang ditentukan.

Pada kasus ini tidak terjadi degenerasi maupun redundansi, Karena jumlah sel yang terisi adalah 5 dan memenuhi syarat ($3+3-1 = 5$). Dengan demikian dilakukan pengujian menggunakan solusi optimal.

Tabel 9. Tabel Transportasi dengan metode Biaya Terendah (*Least Cost Rule*)

Sumber	Tujuan	Tujuan (pemasaran)			Kapasitas (Supply)			
		Cirebon	Bandung	Sukabumi				
Sumber (pabrik)	Jakarta	150	6	X	8	X	10	150
	Bekasi	50	7	X	11	125	11	175
	Tangerang	X	7	100	5	175	12	275
Permintaan (Demand)		200		100		300		600

Sumber: Hasil Penelitian (2016)

Langkah selanjutnya melakukan pemecahan solusi optimal dengan menggunakan Tabel 9. sehingga diperoleh perhitungan sebagai berikut:

Proses pengisian nilai indeks pada masing-masing baris dan kolom sebagai berikut

- Pengisian nilai indeks pertama kali dilakukan pada baris pertama dalam hal ini baris Jakarta dengan nilai 0, pengisian berikutnya menggunakan rumus: $R_i + K_j = C_{ij}$
- Mengisi nilai indeks Cirebon 6 diperoleh dari $\rightarrow R_1 + K_1 = 0 + K_1 = 6 \rightarrow K_1 = 6 - 0 \rightarrow K_1 = 6$.
- Mengisi nilai indeks Bekasi dengan bantuan kolom Cirebon 1 diperoleh dari $\rightarrow R_2 + K_1 = R_2 + 6 = 7 \rightarrow R_2 = 7 - 6 \rightarrow R_2 = 1$.
- Mengisi nilai indeks Sukabumi 10 diperoleh dari $\rightarrow R_2 + K_3 = 1 + K_3 = 11 \rightarrow K_3 = 11 - 1 \rightarrow K_3 = 10$.

- e. Mengisi nilai indeks Tangerang 2 diperoleh dari $\rightarrow R_3 + K_3 = R_3 + 10 = 12 \rightarrow R_3 = 12 - 10 \rightarrow R_3 = 2$.
- f. Mengisi nilai indeks Bandung dengan bantuan baris Tangerang 3 diperoleh dari $\rightarrow R_3 + K_2 = 2 + K_2 = 5 \rightarrow K_2 = 5 - 2 \rightarrow K_2 = 3$.

Langkah selanjutnya nilai-nilai indeks tersebut dimasukkan ke dalam tabel 10 untuk dilakukan perhitungan pemecahan optimal dengan Metode MODI.

Tabel 10. Tabel Transportasi dengan Metode *Modified Distribution* (MODI) tahap 1.

Sumber	Tujuan	Tujuan (pemasaran)						Kapasitas (Supply)
		Cirebon = 6		Bandung = 3		Sukabumi = 10		
Sumber (pabrik)	Jakarta = 0	150	6	X	8	X	10	150
	Bekasi = 1	50	7	X	11	125	11	175
	Tangerang = 2	X	7	100	5	175	12	275
Permintaan (Demand)		200		100		300		600

Sumber: Hasil Penelitian (2016)

Tahap berikutnya dengan menggunakan Tabel 10 dilakukan perhitungan nilai pada sel-sel yang kosong dengan menggunakan rumus:

$$I_{ij} = C_{ij} - R_i - K_j$$

diperoleh data sebagai berikut:

Jakarta - Bandung = $8 - 0 - 3 = 5$

Jakarta - Sukabumi = $10 - 0 - 10 = 0$

Bekasi - Bandung = $11 - 1 - 3 = 7$

Tangerang - Cirebon = $7 - 2 - 6 = -1$ (masih bernilai negatif)

Dari perhitungan tersebut terlihat masih terdapat nilai negatif, untuk pemecahan selanjutnya dipilih nilai negatif yaitu (- 1). Maka dipilihlah Tangerang - Cirebon karena masih bernilai negatif kemudian dilakukan pergeseran sebagai berikut:

50	125	Menjadi	X	175
(-) 50	(+) 50			
X	175		50	125
(+) 50	(-) 50			

Sehingga tabel berubah menjadi:

Tabel 11. Tabel Transportasi dengan Metode *Modified Distribution* (MODI) tahap 2.

Sumber	Tujuan	Tujuan (pemasaran)						Kapasitas (Supply)
		Cirebon = 6		Bandung = 4		Sukabumi = 11		
Sumber (pabrik)	Jakarta = 0	150	6	X	8	X	10	150
	Bekasi = 0	X	7	X	11	175	11	175
	Tangerang = 1	50	7	100	5	125	12	275
Permintaan (Demand)		200		100		300		600

Sumber: Hasil Penelitian (2016)

Langkah selanjutnya menghitung nilai-nilai indeks dan dimasukkan ke dalam tabel 11 untuk dilakukan perhitungan pemecahan optimal dengan Metode MODI.

Proses pengisian nilai indeks pada masing-masing baris dan kolom sebagai berikut:

- a. Pengisian nilai indeks pertama kali dilakukan pada baris pertama dalam hal ini baris Jakarta dengan nilai 0, pengisian berikutnya menggunakan rumus: $R_i + K_j = C_{ij}$
- b. Mengisi nilai indeks Cirebon 6 diperoleh dari $\rightarrow R_1 + K_1 = 0 + K_1 = 6 \rightarrow K_1 = 6 - 0 \rightarrow K_1 = 6$.
- c. Mengisi nilai indeks Tangerang dengan bantuan kolom Cirebon 1 diperoleh dari $\rightarrow R_3 + K_1 = R_3 + 6 = 7 \rightarrow R_2 = 7 - 6 \rightarrow R_2 = 1$.

- d. Mengisi nilai indeks Bandung dengan bantuan baris Tangerang 4 diperoleh dari $\rightarrow R_3 + K_2 = 1 + K_2 = 5 \rightarrow K_2 = 5 - 1 \rightarrow K_2 = 4$.
- e. Mengisi nilai indeks Sukabumi dengan baris Tangerang 11 diperoleh dari $\rightarrow R_3 + K_3 = 1 + K_3 = 12 \rightarrow K_3 = 12 - 1 \rightarrow K_3 = 11$.
- f. Mengisi nilai indeks Bekasi dengan bantuan kolom Sukabumi 0 diperoleh dari $\rightarrow R_2 + K_3 = R_2 + 11 = 11 \rightarrow R_2 = 11 - 11 \rightarrow R_2 = 0$.

Tahap berikutnya dengan menggunakan Tabel 11 dilakukan perhitungan nilai pada sel-sel yang kosong dengan menggunakan rumus:

$$l_{ij} = C_{ij} - R_i - K_j$$

diperoleh data sebagai berikut:

$$\text{Jakarta - Bandung} = 8 - 0 - 4 = 4$$

$$\text{Jakarta - Sukabumi} = 10 - 0 - 11 = -1 \text{ (masih bernilai negatif)}$$

$$\text{Bekasi - Cirebon} = 7 - 0 - 6 = 1$$

$$\text{Bekasi - Bandung} = 11 - 0 - 4 = 7$$

Dari perhitungan tersebut terlihat masih terdapat nilai negatif, untuk pemecahan selanjutnya dipilih nilai negatif yaitu (-1). Maka dipilihlah Jakarta - Sukabumi karena masih bernilai negatif kemudian dilakukan pergeseran sebagai berikut:

150 (-) 125	X (+) 125	Menjadi	25	125
50 (+) 125	125 (-) 125		175	X

Sehingga tabel berubah menjadi:

Tabel 12. Tabel Transportasi dengan Metode *Modified Distribution* (MODI) tahap 3.

Sumber	Tujuan	Tujuan (pemasaran)					Kapasitas (Supply)	
		Cirebon = 6	Bandung = 4	Sukabumi = 10				
Sumber (pabrik)	Jakarta = 0	25	6	X	8	125	10	150
	Bekasi = 1	X	7	X	11	175	11	175
	Tangerang = 1	175	7	100	5	X	12	275
Permintaan (Demand)		200		100		300		600

Sumber: Hasil Penelitian (2016)

Langkah selanjutnya menghitung nilai-nilai indeks dan dimasukkan ke dalam tabel 12 untuk dilakukan perhitungan pemecahan optimal dengan Metode MODI.

Proses pengisian nilai indeks pada masing-masing baris dan kolom sebagai berikut:

- Pengisian nilai indeks pertama kali dilakukan pada baris pertama dalam hal ini baris Jakarta dengan nilai 0, pengisian berikutnya menggunakan rumus: $R_i + K_j = C_{ij}$
- Mengisi nilai indeks Cirebon 6 diperoleh dari $\rightarrow R_1 + K_1 = 0 + K_1 = 6 \rightarrow K_1 = 6 - 0 \rightarrow K_1 = 6$.
- Mengisi nilai indeks Sukabumi 10 diperoleh dari $\rightarrow R_1 + K_3 = 0 + K_3 = 10 \rightarrow K_3 = 10 - 0 \rightarrow K_3 = 10$.
- Mengisi nilai indeks Tangerang dengan bantuan kolom Cirebon 1 diperoleh dari $\rightarrow R_3 + K_1 = R_3 + 6 = 7 \rightarrow R_3 = 7 - 6 \rightarrow R_3 = 1$.
- Mengisi nilai indeks Bandung dengan baris Tangerang 4 diperoleh dari $\rightarrow R_3 + K_2 = 1 + K_2 = 5 \rightarrow K_2 = 5 - 1 \rightarrow K_2 = 4$.
- Mengisi nilai indeks Bekasi dengan bantuan kolom Sukabumi 0 diperoleh dari $\rightarrow R_2 + K_3 = R_2 + 10 = 11 \rightarrow R_2 = 11 - 10 \rightarrow R_2 = 1$.

Tahap berikutnya dengan menggunakan Tabel 12 dilakukan perhitungan nilai pada sel-sel yang kosong dengan menggunakan rumus:

$$l_{ij} = C_{ij} - R_i - K_j$$

diperoleh data sebagai berikut:

Jakarta - Bandung = $8 - 0 - 4 = 4$
 Bekasi - Cirebon = $7 - 1 - 6 = 0$
 Bekasi - Bandung = $11 - 1 - 4 = 6$
 Tangerang - Sukabumi = $12 - 1 - 10 = 1$

Karena dari hasil perhitungan tidak ditemukan nilai negatif (penghematan biaya) , maka proses eksekusi telah selesai. Alokasi produk dari pabrik ke daerah pemasaran menurut metode Biaya terendah yang diuji dengan metode MODI dan biaya transportasinya adalah: (dalam ribuan rupiah).

Tabel 13. Tabel Biaya Transportasi dengan Metode *Modified Distribution* (MODI)

Dari	Ke	Jumlah	Biaya per unit	Biaya (Rp)
Jakarta	Cirebon	25	6	150
Jakarta	Sukabumi	125	10	1250
Bekasi	Sukabumi	175	11	1925
Tangerang	Cirebon	175	7	1225
Tangerang	Bandung	100	5	500
Total Biaya				5050

Sumber: Hasil Penelitian (2016)

Dari tabel 13 terlihat bahwa total biaya transportasi diperoleh sebesar Rp. 5.050.000.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dengan contoh studi kasus maka dapat disimpulkan Tabel transportasi merupakan model yang dapat membantu kita untuk memahami persoalan transportasi dengan tepat. Pemecahan optimal dengan Metode Batu Loncatan (*Stepping Stone Rule*) menggunakan solusi awal Metode Sudut Barat Laut (*North West Corner Rule*) menghasilkan total biaya transportasi yang sama jika dilakukan pemecahan optimal dengan Metode *Modified Distribution* (MODI) menggunakan solusi awal Metode Biaya Terendah (*Least Cost Rule*).

Referensi

- Aminudin. 2005. Prinsip-prinsip Riset Operasi. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Aribowo AS. 2008. Visualisasi Teori Optimalisasi Biaya Transportasi Untuk Pembelajaran Riset Operasi. Seminar Nasional Informatika 2008 (semnasIF 2008). UPN "Veteran" Yogyakarta. 24 Mei 2008. ISSN: 1979-2328. Hal: 76 – 83.
- Ali NPH, Tarore H, Walangitan DRO, Sibi M. 2013. Aplikasi Metode Stepping-Stone Untuk Optimasi Perencanaan Biaya Pada Suatu Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek pemeliharaan Ruas Jalan Di Senduk, Tinoor, Dan Ratahan). Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.8, Juli 2013 (571-578) ISSN: 2337-6732. Hal: 571 – 578.
- Nelwan C, Kekenusa JS, Langi Y. 2013. Optimasi Pendistribusian Air Dengan Menggunakan Metode Least Cost Dan Metode Modified Distribution. (Studi Kasus: PDAM Kabupaten Minahasa Utara). Jurnal Ilmiah Sains Vol. 13 No. 1, April 2013. Hal: 45 – 51.
- Simbolon Ld, Situmorang M, Napitupulu N. Aplikasi Metode Transportasi Dalam Optimasi Biaya Distribusi Beras Miskin (Raskin) Pada Perum Bulog Sub Divre Medan. ISSN: 2337-9197. Saintia Matematika Vol. 02, No. 03 (2014), pp. 299–311.
- Wijaya A. 2012. Pengantar Riset Operasi. Edisi 2. Jakarta: Mitra Wacana media.