

Optimasi Pendistribusian Barang Dengan Menggunakan *Vogel's Approximation Method* dan *Stepping Stone Method*
(Studi Kasus: Pendistribusian Tabung Gas LPG 3 Kg Pada PT. Tri Pribumi Sejati)

Optimization Of Goods Distribution Using Vogel's Approximation Method and Stepping Stone Method
(Case Study: Distribution of 3 Kg LPG Tube at PT. Tri Pribumi Sejati)

Yuli Ratnasari¹, Desi Yuniarti², dan Ika Purnamasari³

^{1,2,3}Laboratorium Statistika Ekonomi dan Bisnis FMIPA Universitas Mulawarman

¹E-mail: Yuliratnasari1902@gmail.com

Abstract

The development of era and technology are getting shopisticated which impacts the increasing of company in service area. Distribution and transportation are important aspects that can affect the success of the company's performance. Vogel's Approximation Method the first solution to solve the transportation problem and also Stepping Stone Method for the optimum solution to get the minimum operational cost. The aim of this research is to see the difference distribution operational cost of LPG gas 3 Kg in PT. Tri Pribumi Sejati before and after applying Vogel's Approximation Method (VAM) and Stepping Stone Method. The result shows that Vogel's Approximation Method (VAM) spent transportation cost Rp 24.353.568,- so it saved the transportation cost for 45,9% and made difference Rp 20.646.432,-. Next, applying Stepping Stone Method optimum solution spent transportation cost Rp 24.031.104,- so it also saved the transportation cost for 46,6% and made difference Rp 20.968.896,- of total cost of PT. Tri Pribumi Sejati Rp 45.000.000,-. To sum up that using Vogel's Approximation Method the first solution and Stepping Stone Method optimum solution are exact method to minimize the distribution operational cost of 3kg gas tube in PT. Tri Pribumi Sejati.

Keywords: Vogel's Approximation Method (VAM), Stepping Stone Method, Transportation Method

Pendahuluan

Dengan berkembangnya zaman dan kemajuan teknologi yang semakin canggih, banyak sekali perusahaan yang berdiri dan bergerak di bidang jasa maupun manufaktur menyebabkan persaingan yang kompetitif. Untuk tetap bertahan dalam kondisi seperti ini, tentunya diperlukan suatu manajemen yang baik. Salah satunya yaitu permasalahan biaya pengiriman (penyaluran) produk atau barang ke konsumen yang mengalami kenaikan akibat kurs rupiah terhadap dollar (Kotler, 1997).

Salah satu aspek penting dalam menjalankan aktivitas dan mempengaruhi keberhasilan sistem pendistribusian adalah model transportasi dan distribusi yang diaplikasikan industri tersebut. Distribusi merupakan suatu proses kegiatan penyaluran suatu barang atau jasa untuk dipakai atau dikonsumsi oleh para konsumen. Didukung dengan meluasnya permintaan konsumen atas produk yang dihasilkan ke berbagai daerah, menjadi masalah transportasi dan distribusi menjadi poin utama dalam pengembangan perusahaan (Kotler, 1997). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan biaya distribusi adalah dengan metode transportasi. Metode transportasi merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengatur distribusi dari sumber-sumber yang menyediakan produk yang sama ke tempat-tempat yang membutuhkan

secara optimal sehingga biaya distribusi yang dikeluarkan adalah minimum. Dalam masalah transportasi, secara umum penyelesaian masalah dilakukan dengan dua tahap, yakni: tahap I dengan penyelesaian awal, di mana metode yang dapat digunakan adalah metode *North West Corner*, *Least Cost*, *Vogel's Approximation Method*. Sedangkan tahap II penyelesaian akhir dengan metode *Stepping Stone* dan *Modified Distribution* (Zulfikarizah, 2004).

Penelitian yang dilakukan oleh Arifin (2014) tentang "Model Transportasi Untuk Masalah Pendistribusian Air Minum (Studi Kasus PDAM Surakarta). Hasil perhitungan total biaya operasional dengan *Vogel's Approximation Method* (VAM) telah optimum atau mendekati optimum, namun belum dilakukan uji optimalitas. Oleh karena itu, perlu dikembangkan dalam penelitian selanjutnya, uji optimalitas dengan metode-metode yang ada seperti *Modified Distribution* (MODI) atau *Stepping Stone*. Penelitian yang dilakukan oleh Saputri, Z.E., Yuki, N.N., & Wasono (2018) tentang "Perbandingan Hasil *Revised Distribution Method* dan Metode *Stepping Stone* dengan Penentuan Nilai Awal Menggunakan Metode *North West Corner* dalam Meminimumkan Biaya Pendistribusian Barang (Studi Kasus: Pendistribusian Tabung Gas LPG 3 Kg pada PT. Tri Pribumi Sejati)".

Langkah awal untuk menyelesaikan masalah transportasi adalah dengan menentukan solusi fisibel awal, salah satunya dengan menggunakan metode *Vogel's Approximation Method* (VAM). Metode *Vogel's Approximation Method* (VAM) ini melakukan alokasi dalam suatu cara yang akan meminimumkan *penalty (opportunity cost)* dalam memilih kotak yang salah untuk suatu alokasi. Setelah solusi awal diperoleh kemudian dilanjutkan dengan uji optimalitas. Langkah ini merupakan langkah penyelesaian untuk solusi minimal dengan menggunakan *Stepping Stone Method*. Dengan demikian manfaat utama dari mempelajari masalah transportasi adalah mengoptimalkan distribusi sumber daya tersebut sehingga mendapat hasil atau biaya yang optimal (Zulfikarizah, 2004).

Liquid Petroleum Gas (LPG) adalah salah satu komoditas sektor migas yang diproduksi oleh PT. Pertamina. LPG pada saat ini merupakan barang yang sudah menjadi kebutuhan bagi banyak masyarakat. Penggunaan tabung gas LPG tidak hanya terbatas pada masyarakat perkotaan saja, namun saat ini sudah sampai ke daerah pedesaan. Tabung gas LPG yang paling banyak digunakan masyarakat adalah yang berukuran 3 kg dan 12 kg. Karena harganya terjangkau dan mudah didapat di daerah pemukiman masyarakat. PT. Tri Pribumi Sejati merupakan salah satu agen tabung gas LPG yang bertugas menyalurkan tabung gas LPG 3 kg kepada masyarakat. Terdapat 5 buah pangkalan yang akan mendistribusikan tabung gas LPG ke 6 toko dengan menggunakan fasilitas kendaraan yang ada (Saputri, dkk, 2018).

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, tujuan utama dari penelitian ini adalah menyelesaikan masalah pendistribusian barang dengan menggunakan *Vogel's Approximation Method* sebagai solusi awal dan *Stepping Stone Method* sebagai solusi optimal untuk mengoptimalkan biaya operasional pendistribusian tabung gas LPG 3 kg di PT. Tri Pribumi Sejati.

Sejarah Riset Operasi

Masalah riset operasi (*operation research*) pertama kali muncul di Inggris selama Perang Dunia II. Inggris mula-mula tertarik menggunakan metode kuantitatif dalam pemakaian radar selama perang. Mereka menamakan pendekatan itu sebagai riset operasi karena mereka menggunakan ilmuwan (*scientist*) untuk meneliti (*research*) masalah-masalah operasional selama perang. Ternyata pendekatan tersebut sangat berhasil dalam memecahkan masalah operasi konvoi, operasi anti kapal selam, strategi pengeboman, dan operasi pertambangan (Siang, 2011).

Definisi Riset Operasi

Riset operasi merupakan aplikasi metode ilmiah terhadap permasalahan yang kompleks dalam mengarahkan dan mengendalikan sistem yang luas mengenai kehidupan manusia, mesin-mesin, material dan uang dalam industri, bisnis, pemerintah dan pertahanan. Pendekatan yang terbaik adalah mengembangkan suatu model ilmiah dari sistem tersebut, pengukuran yang menyeluruh mengenai faktor-faktor seperti kesempatan dan resiko yang dipergunakan untuk meramalkan atau membandingkan hasil keputusan-keputusan strategis atau pengendalian-pengendalian yang bersifat alternatif. Tujuannya adalah membantu manajemen untuk menentukan kebijakan dan tindakannya secara ilmiah (Supranto, 2005).

Program Linier

Program Linier (*Linear programming*) adalah suatu metode analitik paling terkenal yang merupakan suatu bagian kelompok teknik-teknik yang disebut programasi matematik. Sebutan "*Linear*" dalam *Linear Programming* berarti hubungan-hubungan antara faktor-faktor adalah bersifat linier atau konstan, atau fungsi-fungsi matematik yang disajikan dalam model haruslah fungsi-fungsi linier. Hubungan-hubungan linier berarti bila satu faktor berubah maka suatu faktor lain berubah dengan jumlah yang konstan secara proporsional (Handoko, 2000).

Metode Transportasi

Salah satu permasalahan khusus dalam *linear programming* adalah masalah transportasi, untuk menyelesaikan permasalahan ini digunakan metode transportasi. Dikatakan khusus, karena terletak pada karakteristik utama, yaitu bahwa masalah-masalah tersebut cenderung membutuhkan sejumlah pembatas dan variabel yang sangat banyak sehingga dalam penggunaan komputer dalam menyelesaikan metode simpleksnya akan sangat mahal dibandingkan secara manual (Zulfikarizah, 2004).

Ciri-Ciri Khusus Metode Transportasi

Adapun ciri-ciri khusus metode transportasi adalah (Zulfikarizah, 2004):

1. Terdapat sejumlah sumber dan sejumlah tujuan tertentu.
2. Jumlah yang didistribusikan dari setiap sumber dan yang diminta oleh setiap tujuan adalah tertentu.
3. Jumlah yang dikirim atau diangkut dari suatu sumber ke suatu tujuan sesuai dengan permintaan atau kapasitas sumber. Jumlah permintaan dan penawaran seimbang dan apabila jumlah permintaan tidak seimbang dengan penawaran maka harus ditambahkan variabel *dummy*.

4. Biaya transportasi dari suatu sumber ke suatu tujuan adalah tertentu.
5. Jumlah variabel dasar $m+n-1$, dimana m adalah jumlah baris dan n adalah jumlah kolom. Apabila jumlah variabel dasar kurang dari $m+n-1$ yang disebut dengan degenerasi, maka harus ditambahkan variabel dasar dengan nilai nol.

- b_j = jumlah barang yang diminta oleh tujuan j
- m = banyaknya sumber
- n = banyaknya tujuan

Ilustrasi Model Transportasi

Untuk memudahkan pemahaman model transportasi, dapat dilihat pada Gambar 1 yang menjelaskan bahwa terdapat tiga sumber dalam sebuah perusahaan, yaitu $m_1, m_2,$ dan m_3 . Dari ketiga sumber tersebut dapat dikirim ke tujuan $n_1, n_2,$ dan n_3 . Untuk mengetahui seberapa besar masing-masing sumber didistribusikan ke masing-masing tujuan, maka digunakan model transportasi. Dengan menggunakan model transportasi, akan dihasilkan pendistribusian yang akan meminimalisasikan biaya transportasi (Zulfikarizah, 2004).

Model Matematis Metode Transportasi

Apabila Z merupakan biaya distribusi total dan X_{ij} ($i=1,2, \dots, m; j=1,2, \dots, n$) adalah jumlah unit yang didistribusikan dari sumber i ke tujuan j , maka formulasi program linier dari masalah transportasi ditulis sebagai berikut (Taha, 1996):

Meminimumkan:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

Dengan batasan yang mengikuti bentuk standar pada persamaan di atas

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n X_{ij} &= a_i; i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{i=1}^m X_{ij} &= b_j; j = 1, 2, \dots, n \\ x_{ij} &\geq 0 \end{aligned}$$

Dimana:

- Z = total biaya distribusi dari sumber i ke tujuan j
- C_{ij} = biaya transportasi per unit dari sumber i ke tujuan j
- X_{ij} = jumlah barang yang didistribusikan dari sumber i ke tujuan j
- a_i = jumlah barang yang ditawarkan atau kapasitas dari sumber i

Ilustrasi model transportasi diterjemahkan ke dalam tabel model transportasi dengan membedakan antara sumber dengan tujuan. Sumber diletakkan pada baris, sedangkan tujuan diletakkan pada kolom. Jumlah penawaran dari masing-masing sumber diletakkan pada kolom paling akhir dan jumlah masing-masing permintaan diletakkan pada baris paling akhir.

Berdasarkan Gambar 1, Segi empat kecil yang berisi $C_{11}, C_{12}, \dots, C_{mn}$ merupakan biaya pendistribusian dari sumber ke tujuan, sedangkan segi empat besar merupakan jumlah yang akan didistribusikan dari setiap sumber ke setiap tujuan. Berikut dituangkan model transportasi pada Gambar 1, dengan menggunakan tabel akan memudahkan mencari penyelesaian dari setiap permasalahan transportasi (Zulfikarizah, 2004).

Dari/ke		Tujuan						Supply
		1	2	...	j	...	n	
Sumber	1	X_{11} C_{11}	X_{12} C_{12}	...	X_{1j} C_{1j}	...	X_{1n} C_{1n}	a_1
	2	X_{21} C_{21}	X_{22} C_{22}	...	X_{2j} C_{2j}	...	X_{2n} C_{2n}	a_2

	i	X_{i1} C_{i1}	X_{i2} C_{i2}	...	X_{ij} C_{ij}	...	X_{in} C_{in}	a_i

	m	X_{m1} C_{m1}	X_{m2} C_{m2}	...	X_{mj} C_{mj}	...	X_{mn} C_{mn}	b_m
Demand		b_1	b_2	...	b_j	...	b_n	

Gambar 1 Matriks Transportasi

Langkah-Langkah Penyelesaian Masalah Model Transportasi

Dalam menyelesaikan masalah transportasi terdapat dua langkah yang harus dilakukan, yaitu (Zulfikarizah, 2004):

1. Mencari penyelesaian layak pada variabel dasar. Untuk mencari penyelesaian yang layak dapat dipilih salah satu metode yang tersedia. Metode yang dapat digunakan adalah *Northwest Corner* (sudut barat laut), *Least Cost* (biaya terkecil), dan *Vogel's Approximation Method* (VAM).
2. Menguji hasil penyelesaian. Solusi awal yang layak dapat diperoleh dengan menggunakan salah satu metode yang tersedia, akan tetapi penyelesaian yang layak ini belum tentu menjadi penyelesaian yang optimal. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian agar hasil penyelesaian model transportasi optimal yaitu menghasilkan biaya minimal. Pengujian optimalisasi menggunakan dua metode yaitu metode *Stepping Stone* dan metode *Modified Distribution* (MODI).

Approximation Method

Metode *Vogel's Approximation Method* (VAM) memberikan pemecahan awal yang lebih baik dibandingkan dengan metode *North West Corner* dan *Least Cost*, umumnya menghasilkan pemecahan awal yang optimum. Prinsip VAM didasarkan pada konsep biaya penalti. Biaya penalti didefinisikan sebagai selisih antara biaya transportasi terkecil pertama dan biaya terkecil berikutnya pada sel di baris atau kolom (Dimiyati, 1999). Metode VAM memiliki langkah-langkah sebagai berikut (Dimiyati, 1999):

1. Menghitung *opportunity cost* yang didasarkan pada dua biaya terkecil pada setiap baris dan kolom dan mengurangkan keduanya, hasil perhitungannya disebut dengan *penalty cost*.
2. Memilih nilai *penalty cost* terbesar di antara baris dan kolom.
3. Memilih biaya terkecil dari nilai *penalty cost* terbesar dan mendistribusikan sejumlah nilai. Baris atau kolom *penalty* yang sudah terpilih diabaikan untuk langkah selanjutnya.
4. Menyesuaikan jumlah permintaan dan penawaran untuk menunjukkan alokasi yang sudah dilakukan. Menghilangkan semua baris dan kolom di mana permintaan dan penawaran telah dihabiskan.
5. Apabila jumlah penawaran dan permintaan belum sesuai, maka ulang lagi

langkah pertama sampai terisi semua dan memperoleh hasil solusi awal.

Stepping Stone Method

Stepping Stone Method atau metode batu loncatan merupakan solusi masalah transportasi dengan melakukan perbaikan bertingkat dari solusi awal yang telah disusun. Cara ini digunakan untuk mengevaluasi biaya transportasi dengan mengubah rute yang belum terpakai. *Stepping Stone Method* dikemukakan oleh W.W Cooper dan A. Chames dan merupakan cara yang sering dan banyak digunakan untuk mengetahui atau menguji optimal tidaknya suatu permasalahan transportasi. *Stepping Stone Method* sangat berguna untuk penyelesaian dengan perhitungan manual. Untuk menentukan *entering variable* dan *leaving variable*, terlebih dahulu dibuat suatu *loop* tertutup bagi setiap variabel non basis. Setiap sel kosong menunjukkan suatu variabel non basis (Subagyo, 2013).

Profil PT. Tri Pribumi Sejati

PT. Tri Pribumi Sejati merupakan agen LPG bersubsidi 3 kg wilayah Kutai Kartanegara yang berdiri sejak tahun 2009. Gas LPG PERTAMINA dengan brand ELPIJI, merupakan gas hasil produksi dari kilang minyak (Kilang BBM) dan Kilang gas, yang komponen utamanya adalah gas propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}) lebih kurang 99 % dan selebihnya adalah gas pentana (C_5H_{12}) yang dicairkan. ELPIJI lebih berat dari udara dengan berat jenis sekitar 2.01 (dibandingkan dengan udara), tekanan uap Elpiji cair dalam tabung sekitar 5,0–6,2 kg/cm^2 . Perbandingan komposisi, propana (C_3H_8) : butana (C_4H_{10}) = 30 : 70. Zat mercaptan biasanya ditambahkan kepada LPG untuk memberikan bau yang khas, sehingga kebocoran gas dapat dideteksi dengan cepat. LPG PERTAMINA umum dipasarkan di masyarakat dalam kemasan tabung (3 kg, 12 kg, dan 50 kg) (Saputri, Z.E., Yuki, N.N., & Wasono, 2018).

Hasil dan Pembahasan

PT. Tri Pribumi Merupakan Agen Tabung Gas LPG 3 Kg yang mendistribusikan tabung gas LPG 3 kg dalam 5 buah pangkalan dan memenuhi kebutuhan dari ke enam toko. Dalam mendistribusikan tabung gas dari pangkalan (sumber) ke toko (tujuan), PT. Tri Pribumi Sejati menggunakan metode tersendiri. Dalam satu bulan, PT. Tri Pribumi Sejati mendistribusikan sebanyak 6.000 tabung gas ke toko-toko yang dilakukan dua kali dalam seminggu. Terdapat lima buah pangkalan yang akan memenuhi kebutuhan toko-toko yaitu, pangkalan Herawati, LPG Cahaya, LPG Abdul, LPG Rawis dan Lia Gas, sedangkan enam toko yang akan menjadi

tujuan distribusi tabung gas yaitu, Toko Ramli, Toko Sandy, Toko Habibah, Toko Zahra, Toko Mario dan Toko Jumian.

Analisis Statistik Deskriptif

Tahapan pertama dalam penelitian ini yaitu melakukan analisis statistik deskriptif. Adapun hasil analisis statistik deskriptif dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Statistik Deskriptif Biaya Transportasi di PT. Tri Pribumi Sejati

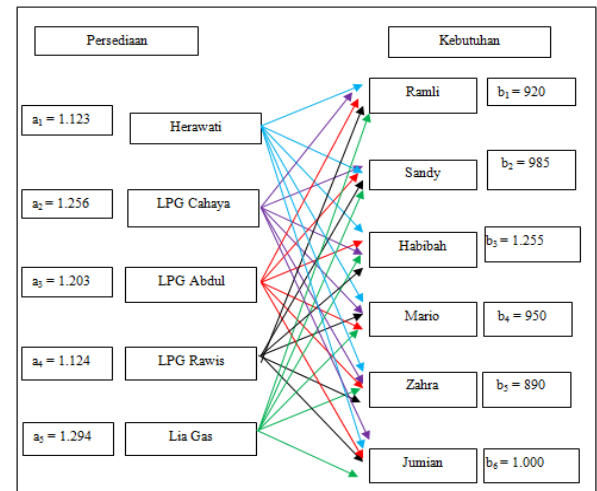
Pangkalan	Biaya Minimum (Rp)	Biaya Maksimum (Rp)	Biaya Rata-Rata (Rp)
Herawati	1.170.000,-	1.950.000,-	1.403.750,-
LPG Cahaya	1.350.000,-	1.837.500,-	1.570.000,-
LPG Abdul	1.237.500,-	1.762.500,-	1.503.750,-
LPG Rawis	1.237.500,-	1.762.500,-	1.405.000,-
Lia Gas	1.387.500,-	2.100.000,-	1.616.000,-

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa biaya transportasi minimum sebesar Rp 1.170.000,- berada di pangkalan Herawati. Sedangkan biaya transportasi maksimum sebesar Rp 1.387.500,- pada pangkalan Lia Gas. Biaya transportasi rata-rata tertinggi terdapat pada pangkalan Lia Gas yaitu sebesar Rp 1.616.000,- dan biaya transportasi rata-rata terendah pada pangkalan Herawati sebesar Rp 1.403.750,-.

Analisis Data

Dalam mendistribusikan Tabung Gas LPG 3 Kg dari pangkalan ke toko-toko, PT Tri Pribumi

Sejati menggunakan metode tersendiri. Masalah tersebut dapat diilustrasikan kedalam suatu model jaringan sebagaimana Gambar 2.



Gambar 2 Model Jaringan Transportasi

- Keterangan warna pada Gambar 2:
- : Pangkalan Herawati
 - : Pangkalan LPG Cahaya
 - : Pangkalan LPG Abdul
 - : Pangkalan LPG Rawis
 - : Pangkalan Lia Gas

Tabel 2 Masalah Transportasi PT. Tri Pribumi Sejati (Dalam Rupiah)

Ke/Dari	Toko Ramli	Toko Sandy	Toko Habibah	Toko Zahra	Toko Mario	Toko Jumian	Persediaan
Pangkalan Herawati	X_{11} 152	X_{12} 934	X_{13} 934	X_{14} 1.738	X_{15} 913	X_{16} 956	1.123
Pangkalan LPG Cahaya	X_{21} 1.756	X_{22} 319	X_{23} 878	X_{24} 1.317	X_{25} 1.038	X_{26} 319	1.256
Pangkalan LPG Abdul	X_{31} 1.330	X_{32} 1.296	X_{33} 102	X_{34} 2.251	X_{35} 443	X_{36} 205	1.203
Pangkalan LPG Rawis	X_{41} 525	X_{42} 1.002	X_{43} 715	X_{44} 1.955	X_{45} 692	X_{46} 739	1.124
Pangkalan Lia Gas	X_{51} 1.438	X_{52} 863	X_{53} 246	X_{54} 2.506	X_{55} 329	X_{56} 246	1.294
Permintaan	920	985	1.255	950	890	1.000	6.000

Tabel 3 Hasil Analisis Vogel's Approximation Method

Dari \ Ke	Toko Ramli	Toko Sandy	Toko Habibah	Toko Zahra	Toko Mario	Toko Jumian	Persediaan
Pangkalan Herawati	152	934	934	1.738	913	956	1.123
Pangkalan LPG Cahaya	1.756	319	878	1.317	1.038	319	1.256
Pangkalan LPG Abdul	1.330	1.296	102	2.251	443	205	1.203
Pangkalan LPG Rawis	525	1.002	715	1.955	692	739	1.124
Pangkalan Lia Gas	1.438	863	246	2.506	329	246	1.294
Permintaan	920	985	1.255	950	890	1.000	6.000

Analisis Vogel's Approximation Method

Metode VAM ini didasarkan atas beda kolom dan beda baris yaitu menentukan perbedaan antara dua biaya termurah dalam satu kolom atau satu baris (Dimiyati, 1999).

Masalah pada Tabel 2 dapat diilustrasikan sebagai suatu model berdasarkan persamaan (1) sebagai berikut :

$$\text{Minimum } Z = 152X_{11} + 934X_{12} + 934X_{13} + \dots + 2.506X_{54} + 329X_{55} + 246X_{56} \tag{2}$$

Keterangan :

- Z = Biaya Transportasi
- X₁₁ = Jumlah tabung gas yang dibawa dari Pangkalan Herawati ke Toko Ramli
- X₁₂ = Jumlah tabung gas yang dibawa dari Pangkalan Herawati ke Toko Sandy
- X₁₃ = Jumlah tabung gas yang dibawa dari Pangkalan Herawati ke Toko Habibah
- ...
- X₅₄ = Jumlah tabung gas yang dibawa dari Pangkalan Lia Gas ke Toko Zahra
- X₅₅ = Jumlah tabung gas yang dibawa dari Pangkalan Lia Gas ke Toko Mario
- X₅₆ = Jumlah tabung gas yang dibawa dari Pangkalan Lia Gas ke Toko Jumian

Batasan:

$$X_{11} + X_{12} + \dots + X_{15} + X_{16} = 1.123 \quad (\text{persediaan pangkalan Herawati})$$

$$X_{21} + X_{22} + \dots + X_{25} + X_{26} = 1.256 \quad (\text{persediaan pangkalan LPG Cahaya})$$

$$X_{31} + X_{32} + \dots + X_{35} + X_{36} = 1.203 \quad (\text{persediaan pangkalan LPG Abdul})$$

$$X_{41} + X_{42} + \dots + X_{45} + X_{46} = 1.124 \quad (\text{persediaan pangkalan LPG Rawis})$$

$$X_{51} + X_{52} + \dots + X_{55} + X_{56} = 1.294 \quad (\text{persediaan pangkalan Lia Gas})$$

$$X_{11} + X_{21} + \dots + X_{41} + X_{51} = 920 \quad (\text{kebutuhan toko Ramli})$$

$$X_{12} + X_{22} + \dots + X_{42} + X_{52} = 985 \quad (\text{kebutuhan toko Sandy})$$

$$X_{13} + X_{23} + \dots + X_{43} + X_{53} = 1.255 \quad (\text{kebutuhan toko Habibah})$$

$$X_{14} + X_{24} + \dots + X_{44} + X_{54} = 950 \quad (\text{kebutuhan toko Zahra})$$

$$X_{15} + X_{25} + \dots + X_{45} + X_{55} = 890 \quad (\text{kebutuhan toko Mario})$$

$$X_{16} + X_{26} + \dots + X_{46} + X_{56} = 1.000 \quad (\text{kebutuhan toko Jumian})$$

Berdasarkan Tabel 3 dapat diperoleh total biaya transportasi keseluruhan dari masalah pengangkutan tabung Gas 3 Kg pada PT. Tri Pribumi Sejati menggunakan Vogel's Approximation Method mencapai:

$$Z = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^6 C_{ij} X_{ij}$$

$$= C_{11}X_{11} + C_{14}X_{14} + C_{22}X_{22} + C_{26}X_{26} + C_{33}X_{33} + C_{44}X_{44} + C_{45}X_{45} + C_{53}X_{53} + C_{55}X_{55} + C_{56}X_{56}$$

$$= (152 \times 920) + (1.738 \times 203) + (319 \times 985) + (319 \times 271) + (102 \times 1.203) + (1.955 \times$$

$$\begin{aligned}
 & 747) + (692 \times 377) + (246 \times 52) + (329 \times \\
 & 513) + (246 \times 729) \\
 = & 139.840 + 352.814 + 314.215 + 86.449 + \\
 & 122.706 + 1.460.385 + 260.884 + 12.792 + \\
 & 168.777 + 179.334 \\
 = & \text{Rp } 3.004.196,-
 \end{aligned}$$

Analisis Dengan Menggunakan Stepping Stone Method

Setelah didapatkan solusi awal kemudian dilanjutkan ke solusi akhir dengan *Stepping Stone Method*. Langkah ini merupakan langkah penyelesaian untuk mendapatkan solusi optimal (Subagyo, 2013).

Tabel 4 Analisis *Stepping Stone Method* Iterasi 1

Sel Non Basis	Loop	Opportunity Cost
C_{12}	$C_{12} - C_{22} + C_{26} - C_{56} + C_{55} - C_{45} + C_{44} - C_{14}$	$934 - 319 + 319 - 246 + 329 - 692 + 1.955 - 1.738 = 524$
C_{13}	$C_{13} - C_{53} + C_{55} - C_{45} + C_{44} - C_{14}$	$934 - 246 + 329 - 692 + 1.955 - 1.738 = 542$
C_{15}	$C_{15} - C_{14} + C_{44} - C_{45}$	$913 - 1.738 + 1.955 - 692 = 438$
C_{16}	$C_{16} - C_{56} + C_{54} - C_{45} + C_{44} - C_{14}$	$956 - 246 + 329 - 692 + 1.955 - 1.738 = 564$
C_{21}	$C_{21} - C_{26} + C_{56} - C_{55} + C_{45} - C_{44} + C_{14} - C_{11}$	$1.756 - 319 + 246 - 329 + 692 - 1.955 + 1.738 - 152 = 240$
C_{23}	$C_{23} - C_{53} + C_{56} - C_{26}$	$878 - 246 + 246 - 319 = 559$
C_{24}	$C_{24} - C_{44} + C_{45} - C_{55} + C_{56} - C_{26}$	$1.317 - 1.955 + 692 - 329 + 246 - 319 = -348$
C_{25}	$C_{25} - C_{26} + C_{56} - C_{55}$	$1.038 - 319 + 246 - 329 = 636$
C_{31}	$C_{31} - C_{33} + C_{53} - C_{55} + C_{45} - C_{44} + C_{14} - C_{11}$	$1.330 - 102 + 246 - 329 + 692 - 1.955 + 1.738 + 152 = 1.468$
C_{32}	$C_{32} - C_{33} + C_{53} - C_{55} + C_{26} - C_{22}$	$1.296 - 102 + 246 - 246 + 319 - 319 = 217$

Tabel 4 Analisis *Stepping Stone Method* Iterasi 1 (Lanjutan)

Sel Non Basis	Loop	Opportunity Cost
C_{34}	$C_{34} - C_{33} + C_{53} - C_{55} + C_{45} - C_{44}$	$2.251 - 102 + 246 - 329 + 629 - 1.955 = 803$
C_{35}	$C_{35} - C_{55} + C_{53} - C_{33}$	$443 - 329 + 246 - 102 = 258$
C_{36}	$C_{36} - C_{56} + C_{53} - C_{33}$	$205 - 246 + 246 - 102 = 103$
C_{41}	$C_{41} - C_{11} + C_{14} - C_{44}$	$525 - 152 + 1.738 - 1.955 = 156$
C_{42}	$C_{42} - C_{22} + C_{26} - C_{56} + C_{55} - C_{45}$	$1.002 - 319 + 319 - 246 + 329 - 692 = 393$
C_{43}	$C_{43} - C_{53} + C_{55} - C_{45}$	$715 - 246 + 329 - 692 = 106$
C_{46}	$C_{46} - C_{56} + C_{55} - C_{45}$	$739 - 246 + 329 - 692 = 130$
C_{51}	$C_{51} - C_{55} + C_{45} - C_{44} + C_{14} - C_{11}$	$1.438 - 329 + 692 - 1.955 + 1.738 - 152 = 1.432$
C_{52}	$C_{52} - C_{56} + C_{26} - C_{22}$	$863 - 246 + 319 - 319 = 617$
C_{54}	$C_{54} - C_{54} + C_{45} - C_{44}$	$2.056 - 329 + 692 - 1.955 = 730$

Karena masih ada nilai *opportunity cost* yang negatif, maka Tabel 4 belum optimal sehingga menghitung kembali nilai *opportunity cost* sampai tidak ada nilai yang negatif. Dapat dilihat bahwa pada sel C_{24} memiliki nilai negatif maka dilakukan perubahan alokasi pada keenam sel yang terlibat. Selanjutnya dilakukan pembuatan jalur tertutup dimana yang dimulai dari sel kosong C_{24} , kemudian pada sel tersebut diberi tanda “+” yang berakhir pada sel C_{26} yang diberi tanda “-“. Dari jalur tersebut dapat dilihat bahwa terdapat tiga sel yang bertanda “-“ dengan nilai 271, 747 dan 513. Maka dipilih nilai terkecil yaitu 271 sebagai nilai yang dimasukkan ke dalam setiap sel sesuai tanda yang dimiliki. Jika nilai tersebut memiliki tanda “+” maka nilai tersebut dijumlahkan dengan 271, sebaliknya jika sel

tersebut memiliki tanda “-“ maka nilai dari sel tersebut dikurangi dengan 271 yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Analisis *Stepping Stone Method* Iterasi 1

Ke/Dari	Toko Ramli	Toko Sandy	Toko Habibah	Toko Zahra	Toko Mario	Toko Jumian	Persediaan
Pangkalan Herawati	920	524	542	203	438	564	1.123
Pangkalan LPG Cahaya	240	985	559	-348	636	271	1.256
Pangkalan LPG Abdul	1.468	217	1.203	803	258	103	1.203
Pangkalan LPG Rawis	156	393	106	747	377	130	1.124
Pangkalan Lia Gas	1.432	617	52	914	513	729	1.294
Pemintaan	920	985	1.255	950	890	1.000	6.000

Tabel 6 Analisis *Stepping Stone Method* Iterasi 2

Sel Non Basis	Loop	Opportunity Cost
C_{12}	$C_{12} - C_{14} + C_{24} - C_{22}$	$934 - 1.738 + 1.317 - 319 = 194$
C_{13}	$C_{13} - C_{14} + C_{44} - C_{45} + C_{55} - C_{53}$	$934 - 1.738 + 1.955 - 692 + 392 - 246 = 542$
C_{15}	$C_{15} - C_{14} + C_{44} - C_{45}$	$913 - 1.738 + 1.955 - 692 = 438$
C_{16}	$C_{16} - C_{56} + C_{54} - C_{45} + C_{44} - C_{14}$	$956 - 246 + 329 - 692 + 1.955 - 1.738 = 564$
C_{21}	$C_{21} - C_{11} + C_{14} - C_{24}$	$1.756 - 152 + 1.738 - 1.317 = 2.025$
C_{23}	$C_{23} - C_{53} + C_{55} - C_{45} + C_{43} - C_{24}$	$878 - 246 + 329 - 692 + 1.955 - 1.317 = 907$
C_{25}	$C_{25} - C_{24} + C_{44} - C_{45}$	$1.038 - 1.317 + 1.955 - 692 = 984$

Tabel 6 Analisis *Stepping Stone Method* Iterasi 2 (Lanjutan)

Sel Non Basis	Loop	Opportunity Cost
C_{26}	$C_{26} - C_{24} + C_{44} - C_{45} + C_{55} - C_{56}$	$1.038 - 1.317 + 1.955 - 692 + 329 - 246 = 348$
C_{31}	$C_{31} - C_{33} + C_{53} - C_{55} + C_{45} - C_{44} + C_{14} - C_{11}$	$1.330 - 102 + 246 - 329 + 692 - 1.955 + 1.738 + 152 = 1.468$
C_{32}	$C_{32} - C_{22} + C_{24} - C_{44} + C_{45} - C_{55} + C_{53} - C_{33}$	$1.296 - 319 + 1.317 - 1.955 + 692 - 329 + 246 - 102 = 846$
C_{34}	$C_{34} - C_{33} + C_{53} - C_{55} + C_{45} - C_{44}$	$2.251 - 102 + 246 - 329 + 629 - 1.955 = 803$
C_{35}	$C_{35} - C_{55} + C_{53} - C_{33}$	$443 - 329 + 246 - 102 = 258$
C_{36}	$C_{36} - C_{56} + C_{53} - C_{33}$	$205 - 246 + 246 - 102 = 103$
C_{41}	$C_{41} - C_{11} + C_{14} - C_{44}$	$525 - 152 + 1.738 - 1.955 = 156$

Tabel 6 Analisis *Stepping Stone Method* Iterasi 2 (Lanjutan)

Sel Non Basis	Loop	Opportunity Cost
C_{54}	$C_{54} - C_{54} + C_{45} - C_{44}$	$2.056 - 329 + 692 - 1.955 = 730$
C_{43}	$C_{43} - C_{53} + C_{55} - C_{45}$	$C_{43} - C_{53} + C_{55} - C_{45}$
C_{46}	$C_{46} - C_{56} + C_{55} - C_{45}$	$739 - 246 + 329 - 692 = 130$

Berdasarkan Tabel 6 tidak ada yang bernilai negatif maka dapat disimpulkan bahwa masalah biaya transportasi sudah optimal dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Analisis *Stepping Stone Method* Iterasi 2

Dari \ Ke	Toko Ramli		Toko Sandy		Toko Habibah		Toko Zahra		Toko Mario		Toko Jumian		Persediaan
Pangkalan Herawati	920	152	524	934	542	934	203	1.738	438	913	564	956	1.123
Pangkalan LPG Cahaya	240	1.756	985	319	559	878	271	1.317	636	1.038	271	319	1.256
Pangkalan LPG Abdul	1.468	1.330	217	1.296	1.203	102	803	2.251	258	443	103	205	1.203
Pangkalan LPG Rawis	156	525	393	1.002	106	715	476	1.955	648	692	130	739	1.124
Pangkalan Lia Gas	1.432	1.438	617	863	52	246	914	2.506	242	329	1000	246	1.294
Pemintaan	920		985		1.255		950		890		1.000		6.000

Dengan demikian berdasarkan Tabel 7, total biaya transportasi keseluruhan dengan menggunakan *Stepping Stone Method* ialah :

$$\begin{aligned}
 Z &= \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^6 C_{ij}X_{ij} \\
 &= C_{11}X_{11} + C_{14}X_{14} + C_{22}X_{22} + C_{24}X_{24} + \\
 &\quad C_{33}X_{33} + C_{44}X_{44} + C_{45}X_{45} + C_{53}X_{53} + \\
 &\quad C_{55}X_{55} + C_{56}X_{56} \\
 &= (152 \times 920) + (1.738 \times 203) + (319 \times 985) + \\
 &\quad (1.317 \times 271) + (102 \times 1.203) + (1.955 \times 476) \\
 &\quad + (692 \times 648) + (246 \times 52) + (329 \times 513) + \\
 &\quad (246 \times 1.000) \\
 &= 139.840 + 352.814 + 314.215 + 356.907 + \\
 &\quad 122.706 + 930.580 + 448.416 + 12.792 + \\
 &\quad 79.618 + 246.000 \\
 &= \text{Rp } 3.003.888,-
 \end{aligned}$$

Jadi diperoleh total biaya transportasi pendistribusian tabung gas LPG 3 Kg PT Tri

Pribumi Sejati dengan menggunakan *Stepping Stone Method* sebesar Rp 3.003.888,-. Sehingga total biaya transportasi dengan delapan kali pengiriman adalah sebesar Rp 24.031.104,-. Dengan demikian dapat menghemat biaya transportasi sebesar 46,6% dengan selisih biaya sebesar Rp 20.968.896,- dari biaya sebelumnya sebesar Rp 45.000.000,-.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan *Vogel's Approximation Method* sebagai solusi awal pada masalah pendistribusian tabung gas LPG 3Kg PT. Tri Pribumi Sejati pada kelima pangkalan keenam toko diperoleh total biaya transportasi sebesar Rp 24.353.568,- sehingga dapat menghemat biaya transportasi sebanyak 45,9 % dengan selisih sebesar Rp 20.664.432 dari total biaya transportasi sebelumnya sebesar Rp 45.000.000,-. Kemudian dilanjutkan dengan menggunakan *Stepping Stone Method* sebagai solusi optimal diperoleh total biaya

transportasi sebesar Rp 24.031.104,- sehingga dapat menghemat biaya transportasi sebanyak 46,6 % dengan selisih sebesar Rp 20.968.896,- dari total biaya sebelumnya sebesar Rp 45.000.000,-.

Daftar Pustaka

- Arifin, A.(2014). Model Transportasi Untuk Masalah Pendistribusian Air Minum (Studi Kasus PDAM Surakarta). *Jurnal Ilmiah Sains Universitas Islam Indonesia*, 7(1), hal. 2-9.
- Dimiyati, A. (1999). *Operation Research: Model-Model Pengambilan Keputusan*. Bandung: PT. Sinar Baru Algesindo Offset.
- Handoko, T. (2000). *Manajemen Personalial dan Sumberdaya Manusia*. Edisi II. Cetakan Keempat Belas. Yogyakarta: BPFE.
- Kotler, Philip. (1997). *Manajemen Pemasaran Analisis Perencanaan, Implementasi dan Pengendalian (Terjemahan Jaka Wasana)*. Jakarta: Salemba Empat.
- Saputri, Z.E., Yuki, N.N., & Wasono. (2018). Perbandingan Hasil *Revised Distribution Method* dan Metode *Stepping Stone* dengan Penentuan Nilai Awal Menggunakan *North West Corner* Dalam Meminimumkan Biaya Pendistribusian Barang (Studi Kasus: Pendistribusian Tabung Gas 3 Kg pada PT. Tri Pribumi Sejati). *Jurnal Ilmiah Sains Universitas Mulawarman*, hal. 2-9.
- Siang, JJ. (2011). *Riset Operasi Dalam Pendekatan Algoritmis*. Yogyakarta: C.V ANDI OFFSET.
- Subagyo, P., Asri, M., Handoko, T.(2013). *Dasar-Dasar Operation Research*. Yogyakarta: BPFE.
- Supranto, J. (2005). *Riset Operasi untuk Pengambilan Keputusan*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Taha, H. (1996). *Riset Operasi Jilid 1*. Jakarta: Bina Rupa Aksara.
- Zulfikarizah, F. (2004). *Operation Research*. Malang: Bayumedia Publishing.