

OPTIMASI BIAYA PENGIRIMAN PRODUK X DENGAN PENERAPAN METODE VOGELS APPROXIMATION METHOD DAN UJI VALIDASI DENGAN METODE MODIFIED DISTRIBUTION

Nauval Aji Satria^{a*} , Wiwik Budiawan^a 

^a Departemen Teknik Industri, Univeritas Diponegoro, Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia. nauvalaji28@gmail.com

ABSTRAK

Model transportasi merupakan penentuan rencana biaya yang optimal untuk suatu proses distribusi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pola pendistribusian produk Produk X pada PT XYZ sehingga biaya untuk proses pendistribusian menjadi lebih optimal dan kebutuhan permintaan produk ke setiap daerah dapat terpenuhi. Dengan menggunakan *Vogel's Approximation Method* (VAM) sebagai penentuan solusi *feasible* awal dan dilanjutkan dengan uji optimalisasi untuk melakukan validasi terhadap solusi *feasible* awal dengan *Modified Distribution Method* (MODI). Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, diperoleh bahwa biaya hasil penerapan model transportasi ini lebih rendah dari biaya distribusi kebijakan perusahaan saat ini. Biaya yang diperoleh dengan cara model transportasi sebesar Rp11.525.000,00 sedangkan biaya distribusi kebijakan perusahaan saat ini berkisar pada angka \pm Rp13.000.000,00 sampai dengan Rp15.000.000. Oleh karena itu, dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan metode model transportasi dapat mengoptimalkan biaya distribusi PT XYZ sebesar Rp2.000.000,00 sampai dengan Rp4.000.000,00.

Keywords: Model Transportasi, Biaya Optimal, Metode *Vogel's Approximation Method*, Metode *Modified Distribution*

Pendahuluan

PT XYZ merupakan salah satu perusahaan telekomunikasi digital di Indonesia yang berdiri pada tanggal 26 Mei 1995. PT XYZ merupakan anak perusahaan dari suatu perusahaan yang termasuk kedalam Badan Usaha Milik Negara (BUMN) dimana kepemilikan sahamnya saat ini dimiliki oleh dua perusahaan dengan persentase sebesar 65% dimiliki oleh perusahaan satu dan sebesar 35% dimiliki oleh perusahaan lainnya yang merupakan perusahaan yang mayoritas sahamnya dimiliki oleh pemerintah Singapura. pada awalnya PT XYZ membuat jaringan dan melakukan pelayanan kepada pelanggannya dari luar Jawa seperti Medan, Batam, dan daerah-daerah lainnya. Kemudian pada tahun 1996, PT XYZ memulai untuk beroperasi di Jakarta dan sukses melayani setiap provinsi yang ada di Indonesia. Saat ini, dalam menjalankan proses bisnisnya, PT XYZ membagi wilayah Indonesia menjadi 4 Area, yaitu Area 1, Area 2, Area 3, dan Area 4. Area 1 meliputi regional Sumbagut (Sumatera bagian utara), Sumbagteng (Sumatera bagian tengah), dan Sumbagsel (Sumatera bagian selatan). Area 2 meliputi regional Jabodetabek dan Jabar. Area 3 meliputi regional Jawa Tengah, Jawa Timur, Yogyakarta, dan Bali. Area 4 meliputi regional Papua, Maluku, Sulawesi, dan Kalimantan [1]. Beberapa aktivitas yang mendukung salah satu proses bisnis yang dilakukan PT XYZ dimulai dari memetakan penomoran Produk X, merencanakan produksi Produk X, hingga mengatur persediaan dan distribusi Produk X keseluruhan regional. Keberhasilan suatu industri salah satunya dapat dilihat dari komponen biaya. Pemanfaatan biaya yang seoptimal mungkin merupakan target untuk memperoleh keuntungan yang maksimal. Dari beberapa aktivitas yang dilakukan oleh PT XYZ, proses pendistribusian Produk X

merupakan salah satu aktivitas yang berkaitan erat dalam hal mengoptimalkan biaya [2]. Perlu adanya strategi yang tepat untuk memberikan solusi yang optimal (Arofah dan Gesthantiara, 2021). Saat ini, kebijakan perusahaan belum menerapkan metode tertentu untuk mengoptimalkan biaya distribusi Produk X. Optimalisasi merupakan suatu proses atau cara untuk mengoptimalkan suatu hal. Mengoptimalkan dapat diartikan sebagai cara untuk menjadikan yang paling tinggi, paling baik, dan paling menguntungkan. [4]. Oleh karena itu, dalam hal distribusi yang berkaitan erat dengan biaya, maka optimalisasi biaya merupakan upaya untuk memperoleh *output* yang lebih baik atau usaha untuk memperoleh biaya pengeluaran yang lebih kecil dan memperoleh keuntungan yang sebesar-besarnya [5].

Dalam melakukan distribusi Produk X PT XYZ Jakarta fokus melakukan distribusi pada Area 2 khususnya regional Jabodetabek. Setiap area, mulai dari Area 1 hingga Area 4 memiliki beberapa *warehouse* dan beberapa FDP (*Forward Distribution Point*). FDP merupakan istilah dari PT XYZ yang mengacu kepada bagian yang lebih sempit lagi seperti *cluster*, kabupaten, atau kecamatan. Nantinya, setiap FDP tersebut akan dipasok oleh *warehouse* regional sesuai dengan kebutuhan mereka. Setiap *warehouse* regional dari Area 1 hingga Area 4 dipasok oleh *Warehouse Special* yang berlokasi di Kota Jakarta. Regional Jabodetabek memiliki tiga *warehouse* yang berlokasi di Jakarta Selatan, Tangerang Kota, dan Kota Bekasi serta 5 FDP (*Forward Distribution Point*) yang berlokasi di Cilincing, Panaragan, Cinere, dan Tigaraksa, dan Jatiasih. Nantinya, melalui proses pendistribusian di *warehouse dan FDP* ini, Produk X dapat menyebar ke seluruh konsumen di regional Jabodetabek. Dalam mendistribusikan produk Produk X dari *warehouse* ke FDP, PT XYZ menggunakan moda transportasi darat seperti mobil van atau elf. Menurut pihak PT XYZ, belum adanya keterlambatan yang tidak dapat ditoleransi dalam pendistribusian Produk X. Ini artinya, dari sisi penggunaan moda transportasi seperti truk atau mobil masih dapat dikatakan baik sampai saat ini.

PT XYZ yang salah satunya bergerak pada produksi dan distribusi produk Produk X harus menjamin ketersediaan produknya ke seluruh pelosok Indonesia atau keempat area yang telah disebutkan sebelumnya dengan produk Produk X yang berkualitas dan pengiriman tepat waktu serta biaya distribusi yang optimal. Saat ini PT XYZ khususnya PT XYZ Jakarta yang fokus melakukan distribusi di regional Jabodetabek masih melakukan proses pengiriman secara acak dari setiap *warehouse* menuju beberapa FDP (*Forward Distribution Point*). Ini artinya, belum adanya pola pendistribusian setiap kali melakukan aktivitas distribusi di PT XYZ Jakarta. Hal ini menyebabkan tingginya biaya distribusi yang dikeluarkan. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan dengan pihak kantor, kisaran harga yang dikeluarkan perusahaan untuk biaya distribusi Produk X saat ini adalah sebesar Rp13.000.000,00 sampai dengan Rp15.000.000,00. Pada kasus distribusi, semakin luas wilayah pemasaran atau distribusi yang dimiliki perusahaan maka masalah yang timbul juga akan semakin banyak [6].

Menghadapi situasi permasalahan seperti itu maka diperlukan perbaikan yang tepat dalam pendistribusian Produk X dari setiap *warehouse* ke beberapa FDP (*Forward Distribution Point*) dengan menentukan jalur distribusi yang dapat memberikan biaya distribusi yang optimal. Dalam penelitian ini, untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, digunakan model transportasi. Model transportasi merupakan suatu metode untuk memecahkan permasalahan distribusi yang menyediakan produk dari suatu sumber menuju ke beberapa tempat yang membutuhkan produk tersebut secara optimal sehingga biaya distribusi yang dikeluarkan dapat optimal [7]. Langkah awal dalam menyelesaikan masalah transportasi adalah menentukan solusi *feasible* awal. Dalam menentukan *solusi feasible awal*, terdapat tiga metode yang dapat digunakan yaitu *Northwest Corner (NWC)*, *Least Cost (LC)*, dan *Vogels Approximation Method (VAM)*. Dari ketiga metode tersebut, metode VAM lebih baik dibandingkan dengan metode NWC dan LC dalam menentukan solusi *feasible* awal [2]. Oleh karena itu, pada

penelitian ini metode VAM akan digunakan dalam menentukan solusi *feasible* awal. Metode *Vogel's Approximation Method* (VAM) merupakan metode yang memiliki kaitan dalam penemuan solusi optimal dengan mempertimbangkan hubungan indeks harga. Metode ini membandingkan dua indeks harga yang paling rendah dalam satu baris maupun satu kolom [2]. Setelah solusi *feasible* awal ditemukan, langkah selanjutnya adalah melakukan validasi solusi *feasible* awal untuk menentukan solusi yang optimal. Validasi solusi *feasible* awal dapat dilakukan dengan metode *stepping stone* atau *Modified Distribution* (MODI). Pada penelitian ini digunakan metode *Modified Distribution* (MODI). Metode ini dipilih dikarenakan merupakan hasil pengembangan dan modifikasi dari metode *stepping stone*. Dalam metode MODI perubahan biaya pada sel ditentukan secara sistematis tanpa adanya identifikasi lintasan sel yang kosong seperti halnya pada metode *stepping stone* [8]. *Modified Distribution* (MODI) merupakan hasil pengembangan dari metode *stepping stone* yang mencocokkan produk dengan indeks berdasarkan nilai dari setiap kolom dan baris untuk pencocokan yang optimal [9].

Metode

Teknik pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan teknik wawancara dan studi pustaka untuk memperoleh data yang diperlukan dalam menyelesaikan penelitian ini.

1. Wawancara

Melakukan diskusi serta tanya jawab dengan para stakeholders *warehouse* PT XYZ untuk memperoleh data dan keterangan yang sesuai dengan tujuan penelitian. Berikut ini merupakan data-data yang diperoleh dari hasil wawancara,

- a. Data jumlah permintaan atau kebutuhan produk Produk X dari setiap lokasi tujuan (FDP).
- b. Data jumlah persediaan produk Produk X dari setiap sumber (*warehouse*).
- c. Data biaya distribusi per satuan produk dari setiap sumber (*warehouse*) menuju setiap lokasi tujuan (FDP).
- d. Biaya distribusi Produk X dengan kebijakan perusahaan saat ini.

2. Studi Pustaka

Studi Pustaka dilakukan untuk memperoleh dan informasi tambahan yang bersumber dari jurnal, buku, serta artikel yang memiliki kaitan dengan topik penelitian, seperti *distribution and inventory management* dan *supply chain management*.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak kantor, diperoleh data-data terkait proses pendistribusian yang telah disebutkan sebelumnya. Berdasarkan data-data yang diperoleh tersebut, permasalahan ini dapat diselesaikan dengan metode-metode pada model transportasi. Terdapat beberapa ciri dari persoalan model transportasi. Ciri-ciri tersebut adalah sebagai berikut [2].

1. Adanya beberapa tujuan dan sumber seperti agen atau *warehouse*.
2. Terdapat jumlah kuantitas barang yang diminta oleh setiap tujuan dan yang didistribusikan oleh setiap sumber.
3. Jumlah barang yang didistribusikan dari suatu sumber menuju tujuan sesuai dengan kapasitas sumber dan permintaan tujuan.
4. Adanya biaya transportasi dari sumber menuju tujuan tertentu.

Berdasarkan ciri-ciri model transportasi di atas, terlihat bahwa terdapat kesamaan dengan data-data yang diperoleh dari pihak perusahaan. Pada data yang diperoleh jika disamakan dengan ciri-ciri di atas, *warehouse* merupakan sumber dan FDP merupakan tujuan atau agen. Berikut ini merupakan tabel untuk model transportasi [10].

Table 1. Tabel Model Transportasi

Tujuan	d_1	d_2	...	d_n	a_i
Sumber					
S_1	$\frac{C_{11}}{x_{11}}$	$\frac{C_{12}}{x_{12}}$...	$\frac{C_{1n}}{x_{1n}}$	a_1
...
S_m	$\frac{C_{m1}}{x_{m1}}$	$\frac{C_{m2}}{x_{m2}}$...	$\frac{C_{mn}}{x_{mn}}$	a_m
b_j	b_1	b_2	...	b_n	

- Keterangan:
- a_i : Persediaan ke i , dimana $i = 1, 2, 3, \dots, m$
 - b_j : Permintaan ke j , dimana $j = 1, 2, 3, \dots, n$
 - C_{ij} : Biaya transportasi setiap unit barang dari sumber i ke tujuan j
 - x_{ij} : Jumlah kuantitas barang yang akan didistribusikan dari sumber i ke tujuan j .

Maka, secara sistematis persoalan transportasi dapat dimodelkan melalui persamaan berikut ini.

a. Fungsi Tujuan

$$\text{Meminimumkan } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \tag{1}$$

b. Fungsi Kendala

$$\sum_{i=1}^m C_{ij} X_{ij} = a_i, \text{ dimana } i = 1, 2, 3, \dots, m \tag{2}$$

$$\sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} = b_j, \text{ dimana } j = 1, 2, 3, \dots, n \tag{3}$$

Langkah awal dalam menyelesaikan masalah transportasi adalah menentukan solusi *feasible* awal. Dalam menentukan *solusi feasible awal*, terdapat tiga metode yang dapat digunakan yaitu *Northwest Corner (NWC)*, *Least Cost (LC)*, dan *Vogels Approximation Method (VAM)*. Dari ketiga metode tersebut, metode VAM lebih baik dibandingkan dengan metode NWC dan LC dalam menentukan solusi *feasible* awal [2]. Oleh karena itu, pada penelitian ini metode VAM akan digunakan dalam menentukan solusi *feasible* awal. Metode *Vogel's Approximation Method (VAM)* merupakan metode yang memiliki kaitan dalam penemuan solusi optimal dengan mempertimbangkan hubungan indeks harga. Metode ini membandingkan dua indeks harga yang paling rendah dalam satu baris maupun satu kolom [2]. Berikut ini merupakan beberapa langkah yang digunakan untuk mencari solusi *feasible* awal dengan metode *Vogel's Approximation Method (VAM)* [2].

1. Menentukan besarnya *penalty* untuk setiap baris maupun kolom dengan melakukan pengurangan biaya antara unit terkecil pada baris dan kolom dari unit biaya yang paling kecil

2. Mengidentifikasi dan memilih baris atau kolom yang memiliki *penalty* terbesar. Kemudian, alokasikan sebanyak mungkin pada sel dengan biaya yang terkecil dengan tetap menyesuaikan permintaan dan persediaan yang ada. Jika ditemukan kasus dimana baris dan kolom memiliki nilai *penalty* yang sama, maka cukup memilih salah satu diantaranya.
3. Hentikan iterasi jika memenuhi syarat-syarat berikut ini.
 - a. Sel tersisa yang dipilih pada satu baris atau kolom memiliki permintaan atau persediaan sejumlah nol.
 - b. Tersisa satu baris atau kolom yang memiliki permintaan atau persediaan non negatif. Selanjutnya, tentukan variable basis yang memiliki biaya yang paling kecil.
 - c. Jika pada setiap baris dan kolom ada yang belum terpilih dan memiliki sisa permintaan atau persediaan, maka tentukan variable basis pada biaya yang paling kecil.
 - d. Jika tidak, maka ulangi langkah pertama.

Setelah solusi *feasible* awal ditemukan, langkah selanjutnya adalah melakukan validasi solusi *feasible* awal untuk menentukan solusi yang optimal. Validasi solusi *feasible* awal dapat dilakukan dengan metode *stepping stone* atau *Modified Distribution* (MODI). Pada penelitian ini digunakan metode *Modified Distribution* (MODI). Metode ini dipilih dikarenakan merupakan hasil pengembangan dan modifikasi dari metode *stepping stone*. Dalam metode MODI perubahan biaya pada sel ditentukan secara sistematis tanpa adanya identifikasi lintasan sel yang kosong seperti halnya pada metode *stepping stone* [8]. *Modified Distribution* (MODI) merupakan hasil pengembangan dari metode *stepping stone* yang mencocokkan produk dengan indeks berdasarkan nilai dari setiap kolom dan baris untuk pencocokan yang optimal [9]. Berikut ini merupakan langkah dalam menentukan solusi *feasible* awal dengan menggunakan metode *Modified Distribution* (MODI) [2].

1. Melakukan perhitungan U_i untuk setiap baris dan V_j untuk setiap kolom berdasarkan biaya pada variabel basis dimana syarat jumlah variabel basis sama dengan $i+j-1$ dimana i adalah baris dan j adalah kolom.
2. Melakukan perhitungan K_{ij} yang merupakan nilai perubahan biaya dalam setiap variabel non basis menggunakan formulasi rumus $C_{ij} - (U_i + V_j)$.
3. Analisis setiap nilai K_{ij} yang sudah diperoleh dan pilih variabel non basis dengan nilai K_{ij} paling negatif yang nantinya akan memberikan penurunan biaya paling besar. Setelah itu, alokasikan sesuai jalur *stepping stone* pada sel yang terpilih.
4. Ulangi Langkah-langkah di atas sampai nilai K_{ij} tidak ada yang negatif atau bernilai nol.

Pada penelitian ini, penggunaan metode *Vogel's Approximation Method* sebagai penentu solusi *feasible* awal dan metode *Modified Distribution* (MODI) sebagai validasi solusi *feasible* awal hanya sebatas menggunakan informasi-informasi atau data yang diperoleh dengan pihak perusahaan. Data-data yang diperoleh tersebut, yaitu jumlah dan lokasi *warehouse*, jumlah dan lokasi FDP (*Forward Distribution Point*), jumlah persediaan *warehouse*, jumlah permintaan (kebutuhan) FDP, dan biaya distribusi. Ini artinya, penggunaan metode tersebut tidak memperhatikan dan menggunakan data-data selain yang disebutkan tersebut.

Hasil dan Diskusi

Pengumpulan Data

Optimalisasi biaya pengiriman dengan menggunakan metode VAM-MODI, diawali dengan melakukan pengumpulan data-data yang dibutuhkan. Berikut ini merupakan data jumlah permintaan atau kebutuhan produk Produk X dari FDP, persediaan produk Produk X dari setiap *warehouse*, biaya distribusi per satuan box dari setiap sumber (*warehouse*) menuju setiap lokasi tujuan (FDP), dan biaya distribusi dengan kebijakan perusahaan saat ini.

Setiap FDP memiliki jumlah permintaan atau kebutuhan Produk X dalam satuan box. Berikut data jumlah permintaan atau kebutuhan produk Produk X dari setiap lokasi tujuan (FDP) di bulan Januari 2024.

Table 2. Jumlah Permintaan Atau Kebutuhan Produk Produk X Setiap FDP

No	FDP	Kota	Kebutuhan	Satuan
1	FDP 1	Cilincing	282	Box
2	FDP 2	Panaragan	430	Box
3	FDP 3	Cinere	314	Box
4	FDP 4	Tigaraksa	136	Box
5	FDP 5	Jatiasih	258	Box
Total			1420	Box

Adapun jumlah persediaan *box* Produk X setiap *warehouse* yang siap dikirimkan ke setiap daerah FDP. Berikut merupakan data jumlah persediaan produk Produk X dari setiap *warehouse* di bulan Januari 2024.

Table 3. Jumlah Persediaan Produk Produk X Setiap Warehouse

No	Warehouse	Kota	Jenis Kelas	%Setiap Kelas	Jumlah Persediaan	Total Persediaan	Satuan
1	WH 1	Jakarta Selatan	Kelas 1	35%	228	650	Box
			Kelas 2	25%	163		
			Kelas 3	20%	130		
			Kelas 4	15%	97		
			Kelas 5	5%	32		
2	WH 2	Kota Tangerang	Kelas 1	35%	119	342	Box
			Kelas 2	25%	85		
			Kelas 3	20%	68		
			Kelas 4	15%	51		
			Kelas 5	5%	17		
3	WH 3	Kota Bekasi	Kelas 1	35%	149	428	Box
			Kelas 2	25%	107		
			Kelas 3	20%	85		
			Kelas 4	15%	64		
			Kelas 5	5%	21		
Total						1.420	Box

Setiap pengiriman *Box* Produk X dari setiap *warehouse* ke setiap FDP memiliki biaya distribusi yang berbeda-beda. Berikut merupakan salah satu data biaya distribusi per satuan box dari setiap sumber (*warehouse*) menuju setiap lokasi tujuan (FDP) di bulan Januari 2024.

Table 4. Biaya Distribusi Pengiriman Produk X

No	Warehouse	FDP Tujuan	Total Biaya (per Box)
1	WH 1	FDP 1	Rp8.000
		FDP 2	Rp8.500
		FDP 3	Rp8.000
		FDP 4	Rp9.500
		FDP 5	Rp8.500
2	WH 2	FDP 1	Rp8.500
		FDP 2	Rp9.000
		FDP 3	Rp9.000
		FDP 4	Rp8.000
		FDP 5	Rp9.500
3	WH 3	FDP 1	Rp7.000
		FDP 2	Rp8.500
		FDP 3	Rp9.500
		FDP 4	Rp10.500
		FDP 5	Rp8.500

Berdasarkan data yang sudah diperoleh maka dapat dibuat formulasi dalam bentuk model matematis. Berikut ini merupakan formulasi data kedalam bentuk model matematis.

a. Fungsi Tujuan

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

Dimana,

$$Z = 8000X_{11} + 8500X_{12} + 8000X_{13} + 9500X_{14} + 8500X_{15} + 8500X_{21} + 9000X_{22} + 9000X_{23} + 8000X_{24} + 9500X_{25} + 7000X_{31} + 8500X_{32} + 9500 + 10500X_{34} + 8500X_{35}$$

b. Fungsi Kendala

- Persediaan:

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} = 650$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} = 342$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} = 428$$

- Permintaan:

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} = 282$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} = 430$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} = 314$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} = 136$$

$$X_{15} + X_{25} + X_{35} = 258$$

Analisis Keseimbangan Model Transportasi

Suatu persoalan transportasi dapat dikatakan balanced program atau seimbang jika kuantitas persediaan dari sumber-sumber tertentu sama dengan kuantitas permintaan dari beberapa tujuan

tertentu . Berikut merupakan analisis keseimbangan model transportasi pada pengiriman produk Produk X PT XYZ.

Table 5. Analisis Keseimbangan Model Transportasi

Tujuan Sumber	FDP 1	FDP 2	FDP 3	FDP 4	FDP 5	Supply
WH 1						650
WH 2						342
WH 3						428
<i>Demand</i>	282	430	314	136	258	1.420

Berdasarkan tabel di atas total jumlah *supply* dan *demand* adalah sama yaitu sebesar 1.420 box. Ini artinya sudah tercapainya keseimbangan antara persediaan dan permintaan. Dalam kasus persoalan transportasi yang tidak seimbang perlu adanya sedikit modifikasi pada metode solusi transportasi yang digunakan yaitu dengan menambahkan kolom atau baris *dummy* agar dapat menyeimbangkan persediaan dan permintaan. Maka, dalam kasus ini tidak perlu adanya penambahan kolom atau baris *dummy* untuk menyeimbangkan persediaan dan permintaan tersebut.

Biaya distribusi kebijakan perusahaan dibutuhkan sebagai pembanding dengan biaya distribusi yang diperoleh dengan menggunakan metode model transportasi untuk menunjukkan apakah biaya distribusi dengan model transportasi merupakan hasil yang optimal atau tidak. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan dengan pihak kantor, diperoleh kisaran biaya distribusi yang dikeluarkan untuk mengirimkan Produk X dari setiap *warehouse* menuju setiap FDP (*Forward Distribution Point*). Kisaran harga yang dikeluarkan perusahaan untuk biaya distribusi Produk X saat ini adalah sebesar Rp13.000.000,00 sampai dengan Rp15.000.000,00. Perusahaan tidak memberikan biaya distribusi secara detail karena biaya ini merupakan data *confidential*.

Pengolahan Data

Metode *Vogel's Approximation Method* (VAM) merupakan metode yang memiliki kaitan dalam penemuan solusi optimal dengan mempertimbangkan hubungan indeks harga. Metode ini membandingkan dua indeks harga yang paling rendah dalam satu baris maupun satu kolom [2]. Berikut merupakan hasil perhitungan *Vogel's Approximation Method* (VAM).

Table 6. Hasil Perhitungan *Vogel's Approximation Method* (VAM)

Tujuan Sumber	FDP 1	FDP 2	FDP 3	FDP 4	FDP 5	Supply
WH 1	<u>8000</u> 224	<u>8500</u> 314	<u>8000</u> 112	<u>9500</u>	<u>8500</u>	650
WH 2	<u>8500</u> 206	<u>9000</u>	<u>9000</u> 136	<u>8000</u>	<u>9500</u>	342
WH 3	282 <u>7000</u>	<u>8500</u>	<u>9500</u>	<u>10500</u> 146	<u>8500</u>	428
<i>Demand</i>	282	430	314	136	258	

Setelah diperoleh solusi *feasible* awal, maka dilakukan uji validasi atau optimalisasi yang diawali dengan melakukan perhitungan U dan V berdasarkan biaya pada variable basis dimana syarat jumlah variabel basis sama dengan $i+j-1$ dengan ini adalah baris dan j adalah kolom. Pada kasus ini jumlah baris sebanyak 3 dan jumlah kolom sebanyak 5 dengan jumlah baris atau kolom yang mendapat alokasi sebanyak 7 sehingga $3+5-1 = 7$, yaitu $7 = 7$. Berikut merupakan hasil perhitungan uji validasi dengan metode *Modified Distribution* (MODI).

Table 7. Hasil Perhitungan Modified Distribution (MODI)

Tujuan Sumber	FDP 1	FDP 2	FDP 3	FDP 4	FDP 5	Supply
WH 1	8000	8500	8000	9500	8500	650
		224	314		112	
WH 2	8500	9000	9000	8000	9500	342
		206		136		
WH 3	7000	8500	9500	10500	8500	428
	282				146	
<i>Demand</i>	282	430	314	136	258	

Adapun perhitungan nilai u dan v dari setiap baris dan kolom adalah sebagai berikut:

Rumus:

$$C_{ij} = U_i + V_j$$

Perhitungan:

$u_1 = diasumsikan\ bernilai\ 0$

$$C_{31} = U_3 + V_1 \rightarrow V_1 = C_{31} - U_3 = 7000 - 0 = 7000$$

$$C_{12} = U_1 + V_2 \rightarrow V_2 = C_{12} - U_1 = 8500 - 0 = 8500$$

$$C_{22} = U_2 + V_2 \rightarrow U_2 = C_{22} - V_2 = 9000 - 8500 = 500$$

$$C_{13} = U_1 + V_3 \rightarrow V_3 = C_{13} - U_1 = 8000 - 0 = 8000$$

$$C_{24} = U_2 + V_4 \rightarrow V_4 = C_{24} - U_2 = 8000 - 500 = 7500$$

$$C_{15} = U_1 + V_5 \rightarrow V_5 = C_{15} - U_1 = 8500 - 0 = 8500$$

$$C_{35} = U_3 + V_5 \rightarrow U_3 = C_{35} - V_5 = 8500 - 8500 = 0$$

Setelah diperoleh nilai U dan V, maka selanjutnya dilakukan evaluasi variabel non basis.

Rumus:

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

Perhitungan:

$$X_{11} = C_{11} - (U_1 + V_1) = 8000 - (0 + 7000) = 1000$$

$$X_{21} = C_{21} - (U_2 + V_1) = 8500 - (500 + 7000) = 1000$$

$$X_{32} = C_{32} - (U_3 + V_2) = 8500 - (0 + 8500) = 0$$

$$X_{23} = C_{23} - (U_2 + V_3) = 9000 - (500 + 8000) = 500$$

$$X_{33} = C_{33} - (U_3 + V_3) = 9500 - (0 + 8000) = 1500$$

$$X_{14} = C_{14} - (U_1 + V_4) = 9500 - (0 + 7500) = 2000$$

$$X_{34} = C_{34} - (U_3 + V_4) = 10500 - (0 + 7500) = 3000$$

$$X_{25} = C_{25} - (U_2 + V_5) = 9500 - (500 + 8500) = 500$$

Berdasarkan perhitungan uji optimalisasi menggunakan metode *Modified Distribution* (MODI) di atas, tidak ada hasil evaluasi variabel non basis yang bernilai negatif. Ini artinya, pola distribusi sudah

optimal. Berikut ini merupakan total biaya distribusi yang dikeluarkan dengan menggunakan pola distribusi yang sudah optimal.

Rumus:

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

Perhitungan

$$Z = (282 \times 7000) + (224 \times 8500) + (206 \times 9000) + (314 \times 8000) + (136 \times 8000) + (112 \times 8500) + (146 \times 8500)$$

$$Z = Rp11.525.000$$

Pengolahan Data Software

Untuk memastikan perhitungan manual yang dilakukan sudah sesuai, maka dilakukan juga perhitungan menggunakan software. Software yang digunakan dalam perhitungan ini adalah POMQMv5.

Objective	Starting method	Note
<input type="radio"/> Maximize <input checked="" type="radio"/> Minimize	Vogel's Approximation Method	Multiple optimal

Transportation Results	Destination 1	Destination 2	Destination 3	Destination 4	Destination 5
solution value = \$11525000					
Source 1		224	314		112
Source 2			206	136	
Source 3	282				146

Gambar 5. 1 Output Software POMQM Distribusi Produk X

Berdasarkan *output software* POMQMv5 di atas, total biaya distribusi yang dikeluarkan untuk pendistribusian produk Produk X adalah sebesar Rp11.525.000. Ini artinya, hasil perhitungan manual sudah sesuai dengan *output software*.

Analisis Perbandingan Biaya Distribusi

Perbandingan biaya distribusi dilakukan untuk melihat apakah biaya distribusi hasil perhitungan model transportasi lebih optimal jika dibandingkan kebijakan perusahaan atau tidak. Berikut merupakan tabel perbandingan biaya distribusi antara kebijakan perusahaan dengan penerapan metode model transportasi.

Table 8. Perbandingan Biaya Distribusi

	Biaya Distribusi
Kebijakan Perusahaan Saat Ini	± Rp13.000.000,00 s/d. Rp15.000.000,00
Penerapan Model Transportasi	Rp11.525.000,00

Berdasarkan tabel perbandingan di atas, terlihat bahwa biaya distribusi yang dikeluarkan setelah penerapan model transportasi dapat dioptimalkan sebesar ±Rp2.000.000,00 s/d. Rp4.000.000,00.

Kesimpulan

Metode model transportasi yang digunakan untuk Optimasi biaya distribusi Produk X PT XYZ adalah *Vogel's Approximation Method* (VAM) yang kemudian divalidasi dengan menggunakan metode

Modified Distribution (MODI). Dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan dengan menggunakan model transportasi diperoleh total biaya distribusi yang harus dikeluarkan sebesar Rp11.525.000,00. Ini artinya, biaya distribusi yang dikeluarkan dapat dioptimalkan dari sebelumnya dimana kisaran salah satu biaya distribusi yang dikeluarkan pada bulan Januari 2024 jika menggunakan kebijakan perusahaan saat ini adalah sebesar Rp13.000.000,00 sampai dengan Rp15.000.000,00.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Bapak Wiwik Budiawan, S.T., M.T., Ph.D., *General Manager, Manager*, dan karyawan PT XYZ, serta teman-teman Teknik Industri yang telah membantu dan berkontribusi dalam keberlangsungan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] N. Varhan, S. Listyorini, and A. E. Prihatini, "Pengaruh Promosi Dan Brand Equity Terhadap Keputusan Penggunaan Layanan Prabayar PT XYZ (Studi Kasus Pada Pelanggan Prabayar PT XYZ Semarang)," pp. 1–23, 2016.
- [2] W. Alfianti, R. Kurnia, R. Oktaviani, and M. Fauzi, "Penerapan Metode Modified Distribution (Modi) Untuk Optimalisasi Biaya Distribusi Produk Alat Kesehatan," *J. Lebesgue J. Ilm. Pendidik. Mat. Mat. dan Stat.*, vol. 2, no. 2, pp. 166–179, 2021, doi: 10.46306/lb.v2i2.66.
- [3] I. Arofah and N. N. Gesthantiara, "Optimasi Biaya Distribusi Barang dengan Menggunakan Model Transportasi," *JMT J. Mat. dan Terap.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–9, 2021, doi: 10.21009/jmt.3.1.1.
- [4] D. Ratnasari, "Optimalisasi Peran Koperasi Wanita Dalam Meningkatkan Kesejahteraan Anggota (Studi Pada Koperasi Wanita Potre Koneng Kabupaten Sumenep)," *J. Adm. Publik Mhs. Univ. Brawijaya*, vol. 1, no. 3, pp. 51–60, 2013.
- [5] A. Simangunsong, "Pengangkutan Kayu Menggunakan Metode Stepping Stone Pada Pt . Tpl Tobasa," *J. Mantik Penusa*, vol. 2, no. 2, pp. 185–190, 2018.
- [6] I. Balqis, "5143-12497-2-Pb," vol. 3, no. 1, pp. 8–13, 2022.
- [7] N. L. Azizah, "Aplikasi Metode Transportasi Dalam Optimalisasi Biaya Distribusi Beras Sejahtera Pada Perum Bulog Sub-Divre Sidoarjo," *J. Ilm. Soulmath J. Edukasi Pendidik. Mat.*, vol. 6, no. 1, pp. 15–23, 2018, doi: 10.25139/sm.v6i1.781.
- [8] A. R. Fadylla, "Optimization of Distribution Costs with a Transportation Model in UMKM," vol. 05, no. 199, 2023.
- [9] R. I. Rosihan *et al.*, "Optimasi Biaya Transportasi Rantai Roda Tipe-428 dengan Metode Stepping Stone dan Modified Distribution," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 7, no. 2, pp. 2621–1262, 2022.
- [10] D. Sartika, "Pengoptimalan Biaya Distribusi Menggunakan Vogel's Approximation Method Dan Tiga Metode Modifikasi Dari Vogel's Approximation Method (Studi Kasus: Mata Air Sikumbang Kampar)," 2020.