

## OPTIMASI BIAYA DISTRIBUSI BERAS DI PERUM BULOG KANTOR CABANG PEMATANGSIANTAR MENGGUNAKAN METODE TRANSPORTASI

### OPTIMIZATION OF RICE DISTRIBUTION COST AT THE PERUM BULOG BRANCH OFFICE PEMATANGSIANTAR USING THE TRANSPORTATION METHOD

OLYVIA SETIANA SARAGIH<sup>1</sup>, LOLYTA DAMORA SIMBOLON<sup>2</sup>, DEBORA EXAUDI SIRAIT<sup>3</sup>

<sup>123</sup>Program Studi Matematika FMIPA, Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar  
Jl. Sangnawuluh, Siopat suhu, Pematangsiantar.

Email: <sup>1</sup>olyviasaragih@gmail.com, <sup>2</sup>lolyta.simbolon@uhnp.ac.id, <sup>3</sup>debora.sirait@uhnp.ac.id

#### Abstrak

Perum Bulog kantor cabang Pematangsiantar merupakan suatu lembaga pangan di Indonesia yang mengurus tata niaga beras yang berada dibawah naungan BUMN. Perusahaan mendistribusikan CBP (cadangan beras pemerintah) ke beberapa daerah tujuan. Banyaknya jumlah beras yang akan didistribusikan ke berbagai daerah yang berbeda jauh jaraknya tentu membuat perusahaan mengeluarkan biaya distribusi yang besar. Sehingga diperlukan metode yang dapat meminimumkan biaya pendistribusian. Metode transportasi merupakan salah satu model program linear matematika yang dapat diterapkan dalam mengoptimalkan pendistribusian barang dari beberapa sumber ke beberapa daerah dengan tujuan meminimumkan biaya distribusi. Dalam penelitian ini metode yang akan digunakan adalah metode transportasi dengan perhitungan solusi awalnya menggunakan metode *North West Corner*, *Least Cost*, *Vogel's Aproximation Method*. Kemudian diuji keoptimalan hasil solusi awalnya menggunakan metode *Modified Distribution*. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode transportasi alokasi optimal yang didapat adalah dari gudang Nagapita ke Pematangsiantar, Simalungun, dan Samosir masing masing sebesar 126.450, 455.400 dan 106.200 dan dari gudang Balige ke Simalungun, Toba samosir, Humbang hasundutan dan Tapanuli utara masing masing 106.200 Kg, 70.500 Kg, 36.000 Kg, 18.050 Kg. Biaya distribusi yang dikeluarkan perusahaan sebelumnya sebesar Rp.179.442.500 dan sesudah penerapan metode transportasi biaya yang dikeluarkan sebesar Rp.179.336.300. Maka penerapan metode transportasi pada perusahaan dapat menghemat biaya distribusi sebesar Rp.106.200.

**Kata Kunci :** *MetodeTransportasi, Metode North West Corner, Metode Vogel's Aproximation Method, Metode Modified Distribution, Program Linear*

#### Abstract

*Perum Bulog Pematangsiantar branch office is a food institution in Indonesia that is in charge of the rice trading system under the auspices of BUMN. The company distributes CBP (government rice reserves) to several destinations. The large amount of rice that will be distributed to various regions that are far apart will certainly make the company incur large distribution costs. So we need a method that can minimize distribution costs. The transportation method is one of the mathematical linear programming models that can be applied in optimizing the distribution of goods from several sources to several region with the aim of minimizing distribution costs. In this reserch, the method that will be used is the transportation method with the initial solution calculation using the North West Corner, Least Cost, Vogel's Aproximation Method. Then tested the optimization of the initial solution using the Modified Distribution method. After calculating using the transportation method, the optimal allocation obtained is from the Nagapita warehouse to Pematangsiantar, Simalungun, and Samosir respectively 126.450, 455.400 and 106.200 and from the Balige warehouse to Simalungun, Toba Samosir, Humbang Hasundutan and North Tapanuli, respectively 106.200 Kg, 70.500 Kg, 36.000 Kg, 18.050 Kg. The distribution costs incurred by the company previously amounted to Rp.179.442.500 and after the application of the transportation method the costs incurred were Rp. 179.336.300. Then the application of the transportation method to the company could save distribution costs of Rp.106.200.*

**Keyword :** *Transportation Method, North West Corner Method, Vogel's Aproximation Method, Modified Distribution Method, Linear Programming*

## Pendahuluan

Distribusi merupakan suatu kegiatan yang bertujuan untuk menyalurkan barang ataupun produk dari produsen sampai diterima ke setiap konsumen yang memesannya. Banyak permasalahan yang muncul dalam proses pendistribusian yaitu rute pengiriman, banyaknya transportasi yang tersedia/terpakai, pengemasan produk, biaya pengiriman, serta jarak dan waktu yang dibutuhkan. Perum Bulog (perusahaan umum badan urusan logistik) merupakan suatu lembaga pangan di Indonesia yang mengurus tata niaga beras yang berada dibawah naungan BUMN. Adapun fungsi utama Perum Bulog adalah pengkajian dan penyusunan kebijakan nasional di bidang manajemen logistik, pengadaan, pengelolaan persediaan, dan distribusi beras, serta pengendalian harga beras[2]. Perum Bulog Kancab Pematangsiantar mendistribusikan CBP (Cadangan Beras Pemerintah) dengan program penyaluran KPSH (Ketersediaan Pasokan Stabilisasi Harga. Perum Bulog kantor cabang Pematangsiantar memiliki 2 Gudang yang berada di kota Pematangsiantar dan kabupaten Balige dengan 6 tempat tujuan pendistribusian. Perum bulog mendistribusikan beras CBP diberbagai daerah yaitu, kota madya Pematangsiantar, kabupaten simalungun, kabupaten Toba Samosir, kabupaten Samosir, kabupaten Humbang Hasundutan dan Tapanuli Utara. Karena kondisi dan jarak antar daerah tersebut berbeda sehingga dalam pengalokasian beras CBP perusahaan mengeluarkan biaya distribusi yang lumayan besar. Perum Bulog melakukan pengiriman beras berdasarkan jumlah permintaan setiap daerah, yang jumlah pemesanan setiap daerah naik turun di setiap periode. Perusahaan harus dapat menekan biaya distribusi yang dikeluarkan dengan mengalokasikan beras ke setiap daerah sesuai permintaan secara optimal. Dikarenakan perusahaan ini belum menggunakan metode transportasi sehingga biaya distribusi yang dikeluarkan pada pengiriman beras ke daerah tujuan belum efektif dan efisien. Dengan demikian perlu dilakukan analisa tentang sistem pendistribusian CBP yang tepat dari sumber/gudang ke daerah tujuan sehingga pengalokasian permintaan CBP di sejumlah wilayah dapat terpenuhi secara maksimum dan mampu meminimumkan biaya distribusi dengan menerapkan metode transportasi. Metode transportasi adalah metode yang digunakan untuk mengoptimalkan distribusi barang dari beberapa sumber pengirim (asal) untuk sampai ke beberapa tempat tujuan sesuai permintaan/kebutuhan tertentu dengan meminimalkan biaya distribusi[3].Metode transportasi dilakukan dengan 2 cara yaitu mencari solusi awal, dan uji optimal. Pada pencarian solusi awal dapat digunakan 3 metode yaitu metode *North-West Corner* (NWC), metode *Least Cost* (LC), dan *Vogel's Aproximation Method* (VAM). Untuk solusi optimalnya dapat digunakan 2 metode yaitu metode *Stepping stone* (batu loncatan) dan metode *Modified Distribution* (MODI). Dalam penelitian akan digunakan ketiga metode tersebut yaitu *North-West Corner* (NWC), metode *Least Cost* (LC), dan *Vogel's Aproximation Method* (VAM) dalam pencarian solusi awal dan metode *Modified Distribution* (MODI) untuk menguji solusi optimal apakah biaya sudah minimum atau belum. Maka dari pemaparan di atas peneliti tertarik untuk melakukan penelitian berjudul "Optimasi Biaya Distribusi Beras di Perum Bulog Kantor Cabang Pematangsiantar Menggunakan Metode Transportasi".

## Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif karena melibatkan tentang perhitungan angka atau kuantitas dan datanya bersifat kuantitatif yang artinya data berbentuk angka yaitu : jumlah permintaan beras disetiap tujuan, jumlah kapasitas beras yang disitribusikan pada setiap gudang dan biaya distribusinya.

Tempat penelitian : perum bulog kantor cabang pematangsiantar, berlokasi di Jl. Asahan, kec.Siantar. Kab.Simalungun, Sumatera Utara

Waktu penelitian : data yang akan diteliti adalah data distribusi beras pada bulan agustus 2022.

Prosedur penelitian diuraikan dibawah ini

1. Mulai penelitian
2. Identifikasi masalah
3. Studi Literatur
4. Pengumpulan data
5. Membuat model matematika

6. Analisis metode solusi awal , menggunakan metode *North West Corner (NWC)*, *Least Cost (LC)*, *Vogel's Aproximation Method (VAM)*
7. Analisis metode solusi optimal , menggunakan metode *Modified Dtribution*.
8. Menentukan hasil
9. Kesimpulan
10. Selesai

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil Penelitian

Perum Bulog kancab Pematangsiantar mempunyai 2 gudang penyimpanan untuk memenuhi permintaan konsumen dalam kegiatan pendistribusian beras CBP. Data lokasi dan kapasitas persediaan di setiap gudang dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 1.** Kapasitas Persediaan Beras CBP Agustus 2022

No	Gudang	Lokasi	Data Persediaan (Kg)
1	Nagapita	Jl. Medan, Sumber Jaya, Kec. Siantar Martoba, Kota Pematangsiantar, Sumatera Utara	688.050
2	Balige	Jl. Tambun, Sibola Hotangsas, Kec. Balige, Toba, Sumatera Utara	230.750
Jumlah			918.800

(Sumber: Perum Bulog kancab Pematangsiantar)

Data permintaan beras CBP adalah data beras yang didistribusikan oleh Perum Bulog kancab Pematangsiantar dari gudang ke tempat tujuan. data permintaan beras CBP dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2.** Penyaluran Beras CBP Agustus 2022

NO	Gudang	Kabupaten/kota	Jumlah permintaan (Kg)
1	Nagapita	Pematangsiantar	126.450
		Simalungun	561.600
2	Balige	Toba Samosir	70.500
		Samosir	106.200
		Humbang Hasundutan	36.000
		Tapanuli Utara	18.050
Jumlah			918.800

(Sumber: Perum Bulog Pematangsiantar)

Data biaya distribusi merupakan biaya pengiriman ataupun pendistribusian beras CBP (cadangan Beras Pemerintah) dari gudang ke tempat tujuan. Biaya distribusi yang dikeluarkan oleh perum bulog adalah biaya pengiriman dari gudang ketempat tujuan per satu kilogram dapat dilihat pada tabel

**Tabel 3.** Biaya Distribusi dari Gudang ke Tempat Tujuan Agustus 2022

No	Gudang	Wilayah Distribusi	Biaya Transportasi (Rp/Kg)
1	Nagapita	Pematangsiantar	192
		Simalungun	195
		Toba Samosir	196
		Samosir	195
		Humbang Hasundutan	200
		Tapanuli Utara	200
2	Balige	Pematangsiantar	200

	Simalungun	198
	Toba Samosir	197
	Samosir	199
	Humbang Hasundutan	197
	Tapanuli Utara	196

(Sumber: Perum Bulog Pematangsiantar)

Berdasarkan data distribusi yang diperoleh, maka model transportasi dapat digambarkan dalam bentuk tabel berikut.

**Tabel 4.** Model Transportasi

Biaya Transportasi (Rp/Kg)							
Tujuan \ Gudang	P.Siantar	Simalungun	Toba Samosir	Samosir	Humbang hasundutan	Tapanuli Utara	Supply
Nagapita	192 $x_{11}$	195 $x_{12}$	196 $x_{13}$	195 $x_{14}$	200 $x_{15}$	200 $x_{16}$	688.050
Balige	200 $x_{21}$	198 $x_{22}$	197 $x_{23}$	199 $x_{24}$	197 $x_{25}$	196 $x_{26}$	230750
Demmand	126.450	561.600	70.500	106.200	36.000	18.050	918.800

Maka total biaya pendistribusian dapat di formulasikan kedalam bentuk matematis berdasarkan persamaan dibawah yaitu [4]:

Minimumkan :

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij}$$

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij}$$

$$Z = (c_{11})(x_{11}) + (c_{12})(x_{12}) + (c_{13})(x_{13}) + (c_{14})(x_{14}) + (c_{15})(x_{15}) + (c_{16})(x_{16}) + (c_{21})(x_{21}) + (c_{22})(x_{22}) + (c_{23})(x_{23}) + (c_{24})(x_{24}) + (c_{25})(x_{25}) + (c_{26})(x_{26})$$

$$Z = (192)(x_{11}) + (195)(x_{12}) + (196)(x_{13}) + (195)(x_{14}) + (200)(x_{15}) + (200)(x_{16}) + (200)(x_{21}) + (198)(x_{22}) + (197)(x_{23}) + (199)(x_{24}) + (197)(x_{25}) + (196)(x_{26})$$

Dengan batasan berdasarkan persamaan (2) yaitu :

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = a_i$$

$$(x_{11}) + (x_{12}) + (x_{13}) + (x_{14}) + (x_{15}) + (x_{16}) = 688.050$$

$$(x_{21}) + (x_{22}) + (x_{23}) + (x_{24}) + (x_{25}) + (x_{26}) = 230.750$$

Berdasarkan persamaan (3) yaitu :

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = b_j$$

$$x_{11} + x_{21} = 126.450$$

$$x_{12} + x_{22} = 561.600$$

$$x_{13} + x_{23} = 70.500$$

$$x_{14} + x_{24} = 106.200$$

$$x_{15} + x_{25} = 36.000$$

$$x_{16} + x_{26} = 18.050$$

Untuk semua  $x_{ij} \geq 0$ , dengan :

$x_{ij}$  = Jumlah barang yang harus di distribusikan dari sumber  $i$  ke tujuan  $j$

$c_{ij}$  = Biaya angkut per unit barang dari sumber  $i$  ke tujuan  $j$

$a_i$  = Kapasitas persediaan dari sumber  $i$  ;  $i = 1, 2, 3, \dots, m$

$b_j$  = Kapasitas Permintaan/kebutuhan di tujuan  $j$  ;  $j = 1, 2, 3, \dots, n$

Dari model transportasi diatas maka ditentukan penyelesaian solusi awal menggunakan *North West Corner*, *Least Cost*, dan *Vogel's Aproximation Method*. Adapun pengalokasian beras pada tabel transportasi yang sudah terbentuk setelah dilakukan langkah-langkah dalam menentukan solusi awal sebagai berikut :

1) Metode *North West Corner* (NWC)

Metode *North West Corner* (NWC) merupakan metode yang sangat mudah dikerjakan dalam pengalokasian dari sumber ke tujuan dengan mengalokasikan barang dari pojok kiri atas dan sampai berakhir di pojok kanan bawah. Adapun kelemahan dari metode ini adalah tidak memperhitungkan besarnya biaya pengiriman ke masing-masing tujuan sehingga kurang efisien[5].

**Tabel 5.** Hasil penyelesaian solusi awal metode *North West Corner*

Biaya Transportasi (Rp/Kg)							
Tujuan \ Gudang	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$D_5$	$D_6$	$a_i$
$S_1$	192	195	196	195	200	200	688.050
	126.450	561.600					
$S_2$	200	198	197	199	197	196	230.750
			70.500	106.200	36.000	18.050	
$b_j$	126.450	561.600	70.500	106.200	36.000	18.050	918.800

Maka dari tabel transportasi diatas, dapat dihitung total biaya yang diperoleh dari metode *North West Corner* berdasarkan persamaan berikut [4]:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

$$Z = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^6 c_{ij} x_{ij} \text{ (Subambang H, 2016)}$$

$$Z = (c_{11})(x_{11}) + (c_{12})(x_{12}) + (c_{13})(x_{13}) + (c_{14})(x_{14}) + (c_{15})(x_{15}) + (c_{16})(x_{16})$$

$$Z = (192)(126.450) + (195)(561.600) + (197)(70.500) + (199)(106.200) + (197)(36.000) + (196)(18.050)$$

$$Z = 24.278.400 + 109.512.000 + 13.888.500 + 21.133.800 + 7.092.000 + 3.537.800$$

$$Z = \text{Rp.}179.442.500$$

2) Metode *Least Cost* (LC).

Metode *Least cost* (LC) merupakan metode pengalokasian dengan mencari dan mengisi sel yang memiliki biaya pengiriman (ongkos) terkecil terlebih dahulu. Dibandingkan dengan Metode *North West Corner* (NWC) metode *Least Cost* (LC) lebih efisien.

**Tabel 6.** Hasil Penyelesaian solusi awal metode *Least Cost*

Biaya Transportasi (Rp/Kg)							
Tujuan \ Gudang	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$D_5$	$D_6$	$a_i$
$S_1$	192	195	196	195	200	200	688.050
	126.450	561.600					
$S_2$	200	198	197	199	197	196	230.750
			70.500	106.200	36.000	18.050	
$b_j$	126.450	561.600	70.500	106.200	36.000	18.050	918.800

Maka dari tabel transportasi diatas, dapat dihitung total biaya yang diperoleh dari metode *Least Cost* berdasarkan persamaan berikut yaitu:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij}$$

$$Z = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^6 c_{ij}x_{ij}$$

$$Z = (c_{11})(x_{11}) + (c_{12})(x_{12}) + (c_{23})(x_{23}) + (c_{24})(x_{24}) + (c_{25})(x_{25}) + (c_{26})(x_{26})$$

$$Z = (192)(126.450) + (195)(561.600) + (197)(70.500) + (199)(106.200) + (197)(36.000) + (196)(18.050)$$

$$Z = 24.278.400 + 109.512.000 + 13.888.500 + 21.133.800 + 7.092.000 + 3.537.800$$

$$Z = \text{Rp.}179.442.500$$

3) Metode *Vogel's Aproximation Method* (VAM)

Metode *Vogel's Aproximation Method* (VAM) merupakan metode yang terbaik dalam mengatur alokasi dari beberapa sumber ke beberapa tujuan karena hasil yang didapat paling mendekati optimal dibandingkan dengan metode *Least cost* (LC) dan *North West Corner* (NWC). Metode ini mengalokasikan barang dimulai dari sel biaya terendah pada baris/kolom yang terpilih. Kekurangan dari metode ini adalah proses iterasinya yang lebih rumit[1]

**Tabel 7.** Hasil Penyelesaian solusi awal *Vogel's Aproximation Method* (VAM)

Biaya Transportasi (Rp/Kg)							
Tujuan \ Gudang	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>6</sub>	a <sub>i</sub>
S <sub>1</sub>	192 126.450	195 455.400	196 106.200	195 106.200	200 36.000	200 18.050	688.050
S <sub>2</sub>	200 106.200	198 70.500	197 70.500	199 106.200	197 36.000	196 18.050	230.750
b <sub>j</sub>	126.450	561.600	70.500	106.200	36.000	18.050	918.800

Maka dari tabel transportasi diatas, dapat dihitung total biaya yang diperoleh dari metode *Vogel's Aproximation Method* berdasarkan persamaan berikut [4]:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij}$$

$$Z = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^6 c_{ij}x_{ij}$$

$$Z = (c_{11})(x_{11}) + (c_{12})(x_{12}) + (c_{14})(x_{14}) + (c_{22})(x_{22}) + (c_{23})(x_{23}) + (c_{25})(x_{25}) + (c_{26})(x_{26})$$

$$Z = (192)(126.450) + (195)(455.400) + (195)(106.200) + (198)(106.200) + (197)(70.500) + (197)(36.000) + (196)(18.050)$$

$$Z = 24.278.400 + 88.803.000 + 20.709.000 + 21.027.600 + 13.888.500 + 7.092.000 + 3.537.800$$

$$Z = \text{Rp.}179.336.300$$

Setelah diperoleh solusi awal dari ketiga metode diatas yaitu *North West Corner*, *Least Cost*, dan *Vogel's Aproximation Method* maka dilakukan perhitungan solusi optimal menggunakan metode *Modified Distribution*.

1) *North West Corner*, *Least Cost* – *Modified Distribution*

**Tabel 8.** Hasil penyelesaian solusi awal metode NWC dan LC

Biaya Transportasi (Rp/Kg)							
Tujuan	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$D_5$	$D_6$	$a_i$
$S_1$	192	195	196	195	200	200	688.050
	126.450	561.600					
$S_2$	200	198	197	199	197	196	230.750
			70.500	106.200	36.000	18.050	
$b_j$	126.450	561.600	70.500	106.200	36.000	18.050	918.800

Sebelum dilakukan pengujian optimalitas maka banyaknya sel yang terisi harus memenuhi syarat  $(m + n) - 1$ .

Keterangan :  $m$  = Jumlah baris pada tabel transportasi

$n$  = Jumlah kolom pada tabel transportasi

Maka  $(m + n) - 1 = (2 + 6) - 1 = 7$

karena tabel tidak memenuhi syarat atau sel yang terisi kurang dari  $(m + n) - 1$  maka tabel dinyatakan terjadi degenerasi. Dikarenakan jumlah sel yang terisi pada solusi awal diatas berjumlah 6 pengujian optimalitas tetap bisa dilakukan, maka harus ditambahkan variabel *dummy* [4].

**Tabel 9.** Tabel Transportasi awal pebambahan variabel *Dummy*

Biaya Transportasi (Rp/Kg)							
Tujuan	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$D_5$	$D_6$	$a_i$
$S_1$	1	1	1	1	2	20	688.050
	126.450	561.600		0			
$S_2$	2	1	1	1	1	1	230.750
			70.500	106.200	36.000	18.050	
$b_j$	126.450	561.600	70.500	106.200	36.000	18.050	918.800

Pengalokasian variabel *dummy* bersifat acak tetapi tetap memperkirakan arah loncatan. Maka hitung nilai  $u_i$  dan  $v_j$  untuk setiap baris dan kolom dengan menerapkan  $u_i + v_j = c_{ij}$ . Pada perhitungan ini baris pertama selalu bernilai nol dan nilai baris-baris yang lain berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh. Maka nilai-nilai baris dan kolom dapat dicari dengan rumus  $u_i + v_j = c_{ij}$ . Hasil nilai baris dan kolom dapat dilihat pada tabel dibawah :

**Tabel 10.** Tabel Nilai  $U_i$  dan  $V_j$  pada NWC, LC – MODI

Sumber	Tujuan						$a_i$
	$V_1 = 192$	$V_2 = 195$	$V_3 = 193$	$V_4 = 195$	$V_5 = 193$	$V_6 = 192$	
$u_1 = 0$	192	195	196	195	200	200	688.050
	126.450	561.600		0			
$u_2 = 4$	200	198	197	199	197	196	230.750
			70.500	106.200	36.000	18.050	
$b_j$	126.450	561.600	70.500	106.200	36.000	18.050	918.800

Menghitung biaya perbaikan,  $k_{ij}$  untuk setiap sel kosong dengan menggunakan formula  $c_{ij} - u_i - v_j = k_{ij}$ . Maka didapat sebagai berikut :

- $K_{13} = 196 - 0 - 193 = 3$
- $K_{15} = 200 - 0 - 193 = 7$
- $K_{16} = 200 - 0 - 192 = 8$
- $K_{21} = 200 - 4 - 192 = 4$
- $K_{24} = 198 - 4 - 195 = -1$

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dilihat bahwa nilai  $k_{24}$  terdapat nilai negatif yang artinya solusi yang diperoleh belum optimal. Maka Pilih nilai sel  $k_{ij}$  yang memiliki negatif terbesar , didapat bahwa  $k_{24}$  memiliki nilai negatif maka perlu dilakukan perbaikan pada sel tersebut dengan menggambar jalur tertutup.

**Tabel 11. Jalur Tertutup  $k_{24}$**

Sumber	Tujuan						$a_i$
	$V_1 = 192$	$V_2 = 195$	$V_3 = 193$	$V_4 = 195$	$V_5 = 193$	$V_6 = 192$	
$u_1 = 0$	192	195	196	195	200	200	688.050
	126.450	561.600		0			
$u_2 = 4$	200	198	197	199	197	196	230.750
			70.500	106.200	36.000	18.050	
$b_j$	126.450	561.600	70.500	106.200	36.000	18.050	918.800

Hitung Indeks perbaikan dengan menambahkan unit biaya pada tanda plus (+) dan mengurangi unit biaya pada tanda minus (-) dengan sel yang memiliki unit biaya terkecil bernilai negatif (106.200)

$$u_2v_2 = 0 + 106.200 = 106.200$$

$$u_2v_4 = 106.200 - 106.200 = 0$$

$$u_1v_4 = 0 + 106.200 = 106.200$$

$$u_2v_5 = 561.600 - 106.200 = 455.400$$

**Tabel 12. Tabel Perbaikan Sel  $k_{24}$**

Sumber	Tujuan						$a_i$
	$V_1 = 192$	$V_2 = 195$	$V_3 = 193$	$V_4 = 195$	$V_5 = 193$	$V_6 = 192$	
$u_1 = 0$	192	195	196	195	200	200	688.050
	126.450	455.400		106.200			
$u_2 = 4$	200	198	197	199	197	196	230.750
		106.200	70.500	0	36.000	18.050	
$b_j$	126.450	561.600	70.500	106.200	36.000	18.050	918.800

Mencari kembali nilai  $c_{ij} - u_i - v_j = k_{ij}$  pada setiap sel kosong

- $K_{13} = 196 - 0 - 193 = 3$
- $K_{15} = 200 - 0 - 193 = 7$
- $K_{16} = 200 - 0 - 192 = 8$
- $K_{21} = 200 - 4 - 192 = 4$
- $K_{24} = 199 - 4 - 195 = 0$

Karena sudah tidak ada nilai yang bernilai negatif maka solusi ini sudah optimal. Sehingga besarnya biaya distribusi pada solusi optimal yang telah diperoleh adalah:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij}$$



$$Z = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^6 c_{ij}x_{ij}$$

$$Z = (c_{11})(x_{11}) + (c_{12})(x_{12}) + (c_{14})(x_{14}) + (c_{22})(x_{22}) + (c_{23})(x_{23}) + (c_{25})(x_{25}) + (c_{26})(x_{26})$$

$$Z = (192)(126.450) + (195)(455.400) + (195)(106.200) + (198)(106.200) + (197)(70.500) + (197)(36.000) + (196)(18.050)$$

$$Z = \text{Rp.179.336.300}$$

2) *Vogel's Aproximation Method – Modified Distribution*

**Tabel 13.** Hasil penyelesaian solusi awal metode VAM

Biaya Transportasi (Rp/Kg)							
Tujuan	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>6</sub>	a <sub>i</sub>
S <sub>1</sub>	192	195	196	195	200	200	688.050
	126.450	455.400		106.200			
S <sub>2</sub>	200	198	197	199	197	196	230.750
		106.200	70.500		36.000	18.050	
b <sub>j</sub>	126.450	561.600	70.500	106.200	36.000	18.050	918.800

Sebelum dilakukan pengujian optimalitas maka banyaknya sel yang terisi harus memenuhi syarat  $(m + n) - 1$ .

Keterangan :  $m$  = Jumlah baris pada tabel transportasi

$n$  = Jumlah kolom pada tabel transportasi

Maka  $(m + n) - 1 = (2 + 6) - 1 = 7$

Dikarenakan jumlah sel yang terisi pada solusi awal berjumlah 7 maka pengujian optimalitas dapat dilakukan. Maka hitung nilai  $u_i$  dan  $v_j$  untuk setiap baris dan kolom dengan menerapkan  $u_i + v_j = c_{ij}$ . Pada perhitungan ini baris pertama selalu bernilai nol dan nilai baris-baris yang lain berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh. Maka nilai-nilai baris dan kolom dapat dicari dengan rumus  $u_i + v_j = c_{ij}$ . Hasil nilai baris dan kolom dapat dilihat pada tabel dibawah :

**Tabel 14.** Tabel Nilai  $U_i$  dan  $V_j$  pada VAM-MODI

Sumber	Tujuan						a <sub>i</sub>
	V <sub>1</sub> =192	V <sub>2</sub> =195	V <sub>3</sub> =193	V <sub>4</sub> =195	V <sub>5</sub> =194	V <sub>6</sub> =193	
u <sub>1</sub> = 0	192	195	196	195	200	200	688.050
	126.450	455.400		106.200			
u <sub>2</sub> = 3	200	198	197	199	197	196	230.750
		106.200	70.500		36.000	18.050	
b <sub>j</sub>	126.450	561.600	70.500	106.200	36.000	18.050	918.800

Hitung perubahan biaya perbaikan,  $k_{ij}$  untuk setiap sel kosong dengan menggunakan formula  $c_{ij} - u_i - v_j = k_{ij}$ . Maka didapat sebagai berikut :

- $K_{13} = 196 - 0 - 193 = 3$
- $K_{15} = 200 - 0 - 194 = 6$
- $K_{16} = 200 - 0 - 193 = 7$
- $K_{21} = 200 - 3 - 192 = 5$
- $K_{24} = 199 - 3 - 195 = 1$

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dilihat bahwa tidak ada sel  $k_{ij}$  yang bernilai negatif atau semua sel-sel kosong tersebut bernilai positif, artinya Tabel 14 sudah menghasilkan penyelesaian yang optimal dalam permasalahan ini.

Maka total biaya distribusi minimum berdasarkan persamaan dan rincian penyaluran/alokasi produk pada Tabel 14 sebagai berikut :

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij}$$

$$Z = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^6 c_{ij}x_{ij}$$

$$Z = (c_{11})(x_{11}) + (c_{12})(x_{12}) + (c_{14})(x_{14}) + (c_{22})(x_{22}) + (c_{23})(x_{23}) + (c_{25})(x_{25}) + (c_{26})(x_{26})$$

$$Z = (192)(126.450) + (195)(455.400) + (195)(106.200) + (198)(106.200) + (197)(70.500) + (197)(36.000) + (196)(18.050)$$

$$Z = \text{Rp.}179.336.300$$

Tabel 15. Hasil alokasi beras CBP setelah menggunakan metode transportasi

No	Gudang	Tujuan	Jumlah Alokasi
1	Nagapita	Pematangsiantar	126450
		Simalungun	455400
		Samosir	106200
2	Balige	Simalungun	106200
		Tobasa	70500
		Humbang Hasundutan	36000
		Tapaneli Utara	18050
Total			918800

### Pembahasan

Pada metode transportasi dalam perhitungan solusi awal menggunakan ketiga metode tersebut masing-masing metode memiliki kekurangan dan kelebihan, pada metode *North West Corner* pengalokasiannya sangat mudah dan cepat tetapi kurang efisien dalam meminimumkan biaya karena tidak memperhitungkan biaya masing-masing sel. Lalu pada metode *Least Cost* pengalokasiannya sangat sederhana dan lebih efisien dibandingkan *North West Corner* karena mengalokasikan produk ke setiap sel dengan memenuhi sel yang memiliki biaya terendah dahulu, tetapi kadang kala metode *Least Cost* mendapat solusi biaya yang lebih mahal dan jika kotak sel memiliki biaya yang sama tentu menyebabkan iterasi atau kemungkinan pengalokasian yang berbeda sehingga solusinya berbeda pula. Dan pada metode *Vogel's Aproximation Method* pengalokasian pada selnya sedikit lebih rumit karena harus mencari selisih/biaya penalti pada masing-masing kolom dan baris tetapi solusi yang diperoleh merupakan biaya yang paling mendekati optimal dibandingkan metode *North West Corner* dan *Least Cost*. Pengujian metode fisibel awal menggunakan metode *Modified Distribution* untuk metode *North West Corner* dan *Least Cost* dapat dilakukan dengan menambahkan variabel *dummy* pada salah satu sel kosong secara acak.

Setelah dilakukan perhitungan solusi awal maka diperoleh biaya distribusi pada metode *North West Corner* sebesar Rp.179.442.500 dengan perhitungan solusi optimal metode *Modified Distribution* diperoleh biaya optimal sebesar Rp.179.336.300, hasil solusi awal metode *Least Cost* sebesar Rp.179.442.500 dengan perhitungan solusi optimalnya menggunakan metode *Modified Distribution* diperoleh biaya optimal sebesar Rp.179.336.300, dan hasil solusi awal menggunakan metode *Vogel's Aproximation Method* diperoleh biaya distribusi sebesar Rp.179.336.300 dan hasilnya sudah optimal setelah dilakukan pengujian solusi optimal menggunakan metode *Modified Distribution*.

Maka dapat disimpulkan bahwa perusahaan dapat menghemat biaya distribusi beras sebesar Rp.106.200. Pada bulan Agustus 2022 Perum Bulog mengeluarkan dana sebesar Rp.179.442.500, apabila menggunakan metode transportasi Perum Bulog hanya perlu mengeluarkan dana sebesar Rp.179.336.300.

### Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan diketahui bahwa penerapan model transportasi dapat menghemat atau meminimum biaya distribusi beras CBP pada Perum Bulog kantor cabang Pematangsiantar. Alokasi beras pada Perum Bulog kantor cabang pematangsiantar setelah dilakukan perhitungan menggunakan metode transportasi diperoleh bahwa terdapat perubahan alokasi beras dari kegiatan alokasi perusahaan sebelumnya, maka didapat alokasi optimal yang memenuhi seluruh permintaan setiap daerah tujuan secara maksimum yaitu dari gudang Nagapita mendistribusikan beras sebesar 126.450 Kg ke Kota Pematangsiantar, lalu dari gudang Nagapita mendistribusikan beras sebesar 455.400 Kg ke Kabupaten Simalungun, lalu dari gudang Nagapita mendistribusikan beras sebesar 106.200 Kg ke Kabupaten Samosir, lalu dari gudang Balige mendistribusikan beras sebesar 106.200 Kg ke Kabupaten Simalungun, lalu dari gudang Balige Mendistribusikan beras sebesar 70.500 Kg ke Kabupaten Toba Samosir, lalu dari gudang Balige Mendistribusikan beras sebesar 36.000 Kg ke Kabupaten Humbang Hasundutan, lalu dari gudang balige mendistribusikan beras sebesar 18.050 Kg ke Kabupaten Tapanuli Utara. Setelah menerapkan metode transportasi ternyata perusahaan dapat menghemat biaya distribusi dari Rp.179.442.500 untuk distribusi dari gudang ke daerah tujuan, menjadi Rp.179.336.300, sehingga terjadi penurunan atau selisih biaya sebesar Rp.106.200

### Daftar Pustaka

- [1] A, P., 2019. *Buku Ajar Riset Operasi*. 1st ed. Purwokerto: CV IRDH.
- [2] Bulog, P., 2022. *Perum Bulog*. [Online] Available at: <http://www.bulog.co.id/> [Accessed 30 April 2022].
- [3] Dewi R, R.S.S.R., 2021. *Modul Riset Operasional*. 1st ed. Jakarta.
- [4] Siang, J.J., 2014. *Riset Operasi dalam Pendekatan Algoritmis*. 2nd ed. Yogyakarta: CV Andi Offset.
- [5] Subambang H, D.S., 2016. *Riset Operasi*. Medan.