Penyelesaian Masalah Transportasi Menggunakan Metode RCWMCAM dan Metode MODI

Solving Transportation Problem Using RCWMCAM and MODI Method

Aqilah Kamalia[1], Robertus Heri Soelistyo[2]
[1,2] Department of Mathematics, Diponegoro University, Semarang, Indonesia
E-mail: [1]aqilakamalia@gmail.com, [2]soelistyoutomo@gmail.com

Abstrak

Masalah transportasi merupakan bagian dari program linier yang berkaitan dengan meminimalkan biaya pendistribusian barang dari sejumlah sumber ke sejumlah tujuan dengan keterbatasaan persediaan dan permintaan. Penyelesaian masalah transportasi disebut dengan solusi fisibel awal dan solusi optimal. Solusi fisibel awal yang diperoleh akan berpengaruh terhadap solusi optimal sehingga penting untuk menentukan metode yang dipakai dalam menentukan solusi fisibel awal. Metode RCWMCAM merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan solusi fisibel awal dengan mempertimbangkan perhitungan baris dan kolom baik biaya penalti dan biaya minimum. Metode MODI merupakan metode yang digunakan untuk menentukan solusi optimal masalah transportasi. Artikel ini membahas tentang penyelesaian masalah trasnportasi menggunakan Metode RCWMCAM dan Metode MODI. Pengaplikasian Metode RCWMCAM pada artikel ini memperoleh solusi fisibel awal yang sama dengan solusi optimal sehingga solusi fisibel awal yang dipeorleh dikatakan telah optimal.

Kata kunci: Masalah Transportasi, Solusi Fisibel Awal, Solusi Optimal, RCWMCAM

Abstract

Transportation problems are part of a linear program that deals with minimizing the cost of distributing goods from a number of sources to a number of destinations with limited supply and demand. The resolution of transport problems is called the initial basic fissible solution and the optimal solution. The initial basic feasible solution obtained will affect the optimal solution so it is important to determine the method used in determining the initial basic feasible solution. The RCWMCAM method is a method used to obtain an initial basic feasible solution by considering the calculation of rows and columns of both penalty costs and minimum costs. The MODI method is a method used to determine the optimal solution of transportation problems. This article discusses solving the problem of transportation using the RCWMCAM Method and the MODI Method. The application of the RCWMCAM Method in this article obtains the same initial basic feasible solution as the optimal solution so that the initial basic feasible solution that is ordered is said to have been optimal.

Keywords: Transportation Problems, Initial Basic Feasible Solution, Optimal Solution, RCWMCAM

1. PENDAHULUAN

Masalah transportasi merupakan masalah pendistribusian suatu barang dari beberapa sumber ke beberapa tujuan dengan masing-masing biaya distribusi dan keterbatasan persediaan dan permintaan [1]. Masalah trasnportasi merupakan masalah khusus dari pemrograman linier. Dikatakan khusus karena setiap variable berada pada dua batasan dan koefisien kendala pada masalah transportasi terbatas pada positif 1 [2]. Tujuan masalah transportasi adalah meminimumkan biaya transportasi atau memaksimalkan keuntungan. Pendistribusian barang harus diatur seoptimal mungkin sehingga permintaan akan barang terpenuhi berdasarkan persediaan yang ada [3].

Pada masalah transportasi, diperlukan dua tahap untuk mendapatkan biaya transportasi seminimum mungkin. Tahap pertama yaitu mendapatkan solusi fisibel awal menggunakan metode IBFS *(Initial Basic Feasible Solution)* yang tersedia seperti LCM *(Least Cost Method),* NCWM *(North West Cost Method)*, VAM *(Vogel's Approximation Method), Four Different Proposed Mean,* dan lain sebagainya. Tahap kedua yaitu menentukan solusi optimal dari solusi fisibel awal yang diperoleh sebelumnya menggunakan Metode *Stepping Stone* dan MODI.

Hasil dari solusi fisibel awal dapat sama atau mendekati dari solusi optimal. Semakin baik solusi fisibel awal yang diperoleh dapat mengurangi jumlah iterasi dalam memperoleh solusi optimal [4] sehingga penting menentukan metodde IBFS yang efisien. Beberapa metode IBFS yang telah dikaji diantaranya JHM *(Juman Hoque Method)* [5], Metode BCE *(Balqis Chastine Erma)* [6], KSAM *(Kargul-Sahin Approximation Method)* [7], RCWMCAM *(Row Column Weigthted Minimum Cost Allocation Method)* [8].

Peneliti M. Mathirajan, Sujan Reddy, dan M. Vimala Rani memperkenalkan RCWMCAM sebagai metode IBFS baru untuk menentukan solusi fisibel awal masalah transportasi. Pendistribusian barang menggunakan RCWMCAM ditentukan dengan memilih nilai WMCA *(Weighted Minimum Cost Allocation)* terbesar. Nilai WMCA diperoleh dengan mempertimbangkan perhitungan setiap baris dan kolom baik biaya penalty dan biaya minimum.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Model Masalah Transportasi

Masalah transportasi dapat dimodelkan secara sistematis dengan membentuk fungsi tujuan masalah transportasi. Fungsi tujuan tersebut menunjukkan biaya transportasi minimum dengan suatu produk *x* yang akan dikirim dari sumber *i=1,2,...m* ke tujuan *j=1,2,..n* dengan biaya angkut per unit sebesar c_{ij}, maka jumlah produk sebesar x_{ij} dikirimkan dari pusat sumber S_i ke pusat tujuan D_j [3]. Model masalah transportasi dapat ditulis sebagai berikut [15] :

Meminimalkan :

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

Dengan kendala :

Batasan persediaan :

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \le S_i ; i = 1,2,...,m \tag{2}$$

Batasan permintaan :

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} \ge D_j ; j = 1,2,...,n \tag{3}$$

$$x_{ij} \ge 0, \forall i, j$$

Masalah transportasi dikatakan seimbang apabila total persediaan sama dengan total permintaan, yaitu $\sum_{i=1}^{m} S_i = \sum_{j=1}^{n} D_j$ [13] . Jika tidak, maka masalah transportasi dikatakan tidak seimbang. Tabel 1 menujukkan masalah transportasi yang direpresentasikan dalam bentuk matriks *m x n :*

Tabel 1. Tabel masalah transportasi

	Tujuan 1	Tujuan 2		Tujuan n	
Sumber 1	c_{11} x_{11}	c_{12} x_{12}	…	c_{1n} x_{1n}	S_1
Sumber 2	c_{21} x_{21}	c_{22} x_{22}	…	c_{2n} x_{2n}	S_2
	.	.		.	
	.	.		.	
	.	.		.	
Sumber m	c_{m1} x_{m1}	c_{m2} x_{m2}	…	c_{mn} x_{mn}	S_m
	D_1	D_2		D_n	

Berikut diberikan definisi terkait solusi fisibel awal dan solusi optimal.

Definisi 1. [9] Himpunan non negatif variabel keputusan $X = \{x_{ij} \geq 0 | i = 1,2,..,m; j = 1,2,..,n\}$ yang memenuhi kendala pada masalah transportasi disebut solusi fisibel.

Definisi 2. [9] Solusi fisibel dikatakan solusi optimal, jika solusi fisibel $x_{ij}{}^* \in X$ mengoptimalkan total biaya transportasi $\left(\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij}{}^* \leq \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} x_{ij}; \forall x_{ij} \in X \right)$.

Untuk menjamin masalah transportasi memiliki solusi fisibel maka masalah transportasi harus seimbang, seperti diberikan Teorema 1.

Teorema 1. [3] Masalah transportasi memiliki solusi fisibel jika dan hanya jika jumlah persediaan sama dengan jumlah permintaan atau $\sum_{i=1}^{m} S_i = \sum_{j=1}^{n} D_j$.

Bukti :

$(\Rightarrow)$ Diketahui masalah transportasi memiliki solusi fisibel yaitu

$$X = \{x_{ij} \geq 0 | i = 1,2,...,m; j = 1,2,...,n\}$$

Maka solusi tersebut memenuhi

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = S_i, i = 1,2,...,m; \sum_{i=1}^{m} x_{ij} = D_j, j = 1,2,...,m$$

$$x_{ij} \geq 0, i = 1,2,...,m; j = 1,2,...,n$$

Sehingga diperoleh $\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} x_{ij} = \sum_{i=1}^{m} S_i$ dan $\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} x_{ij} = \sum_{j=1}^{n} D_j$

Jadi, $\sum_{i=1}^{m} S_i = \sum_{j=1}^{n} D_j$

$(\Leftarrow)$ Diketahui jumlah persediaan dan jumlah permintaan masalah transportasi besarnya sama yaitu $\sum_{i=1}^{m} S_i = \sum_{j=1}^{n} D_j$.

Misalkan $x_{ij} = \lambda_i D_j \geq 0$ dengan λ_i merupakan faktor proposional untuk sumber ke$-i$ dan semua persediaan harus terdistribusikan karena $x_{ij} = \lambda_i D_j$ dengan $\lambda_i = \frac{S_i}{\sum_{j=1}^{n} D_j}$ dan $\sum_{i=1}^{m} S_i = \sum_{j=1}^{n} D_j$

maka $x_{ij} = \lambda_i D_j = \frac{S_i}{\sum_{j=1}^{n} D_j} D_j$ sehingga diperoleh $\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = \lambda_i \sum_{j=1}^{n} D_j = \frac{S_i}{\sum_{j=1}^{n} D_j} \sum_{j=1}^{n} D_j = S_i, i = 1,2,...,m$ dan

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = D_j \sum_{i=1}^{m} \lambda_i = D_j \sum_{i=1}^{m} \frac{S_i}{\sum_{j=1}^{n} D_j} = D_j \frac{\sum_{i=1}^{m} S_i}{\sum_{j=1}^{n} D_j} = D_j, i = 1,2,...,m; j = 1,2,...,n$$

Jadi, terdapat $x_{ij} \geq 0$ dimana $i = 1,2,..,m; j = 1,2,..,n$ yang merupakan solusi fisibel masalah transportasi. ■

2.2 RCWMCAM

Metode RCWMCAM *(Row Column Weigthted Minimum Cost Allocation Method)* merupakan metode untuk menentukan solusi fisibel awal masalah transportasi [11]. Metode ini menitikberatkan pada perhitungan baris dan kolom baik biaya penalti dan biaya minimum. Pengaplikasian Metode RCWMCAM menggunakan TCM *(Transportation Cost Matrix)* atau table biaya masalah transportasi. Metode RCWMCAM dapat diaplikasikan pada masalah transportasi kasus seimbang dan tidak seimbang. Berikut ini langkah-langkah Metode RCWMCAM [12].

Langkah 1. Memastikan masalah transportasi merupakan masalah transportasi seimbang. Jika masalah transportasi tidak seimbang, maka perlu diseimbangkan dengan menambahkan *dummy* pada kolom permintaan (jika total persediaan > total permintaan) atau *dummy* pada baris persediaan (jika total persediaan < total permintaan) dengan biaya transportasi bernilai 0.
dengan $i = 1,2,...,m$ dan $j = 1,2,...,n$

Langkah 2. Memilih *Minimum Cost* untuk setiap baris dan kolom pada tabel masalah transportasi.

Langkah 3. Menentukan *feasible quantity. Feasible quantity* adalah kemungkinan jumlah unit/barang yang dapat dialokasikan pada setiap baris dan kolom dengan mempertimbangkan permintaan dan persediaan berdasarkan FLC *(First Least Cost)* pada masing-masing baris dan kolom.

Langkah 4. Menghitung MCA *(Minimum Cost Allocation)* untuk setiap baris dan kolom. MCA diperoleh dengan cara mengalikan *minimum cost* dengan *feasible quantity*.

$$\text{MCA} = \min\left(c_{ij}\right) \times \textit{feasible quantity} \quad (4)$$

Langkah 5. Menghitung biaya penalti untuk setiap baris dan kolom dengan mengurangi biaya transportasi terkecil kedua atau *Second Least Cost* (SLC) pada baris *i* dan kolom *j* dengan biaya terkecil pertama atau *First Least Cost* (FLC) pada baris dan kolom yang sama. Rumus biaya penalti dapat menggunakan persamaan berikut

$$\text{biaya penalti} = SLC - FLC \tag{5}$$

Langkah 6. Menghitung *Weighted Minimum Cost Allocation* (WMCA) untuk setiap baris dan kolom dengan mengalikan biaya penalti dan MCA.

$$\text{WMCA} = \text{MCA} \times \text{biaya penalti} \tag{6}$$

Langkah 7. Memilih baris atau kolom dengan nilai WMCA terbesar.

Langkah 8. Mengalokasikan *feasible quantity* dengan FLC pada baris atau kolom dengan nilai WMCA terbesar.

Langkah 9. Mengulangi langkah 2 sampai dengan langkah 8 sampai semua permintaan terpenuhi. Jika semua permintaan telah terpenuhi, maka dilanjutkan menghitung *Total Cost* (TC) atau total biaya.

2.3 Metode MODI

Metode MODI *(Modified Method)* merupakan metode untuk menentukan solusi optimal masalah transportasi. Metode MODI memiliki langkah-langkah yang hampir sama dengan *Stepping Stone*. Perbedaan dari kedua metode tersebut terletak pada cara perhitungan variabel *non*-basis pada tabel masalah transportasi untuk mengurangi total biaya masalah transportasi. Pada Metode MODI, variabel *non*-basis yang memiliki nilai negatif *opportunity cost* terbesar dipilih untuk pengalokasian ulang. Langkah-langkah penyelesaian Metode MODI adalah sebagai berikut [10].

Langkah 1. Menentukan solusi fisibel dengan metode *North West Corner Method, Least Cost Method, Vogel's Approximation Method*, dan lain sebagainya.

Langkah 2. Menentukan variabel basis dan variabel *non*-basis

Langkah 3. Menghitung nilai variabel ganda, u_i dan v_j dengan rumus

$$u_i + v_j = c_{ij} \tag{7}$$

Dengan langkah awal memberi nilai 0 pada $u_1 \left(u_1 = 0\right)$

dimana,

c_{ij} = biaya transportasi pada sel i, j

u_i = indeks baris$-i$

v_j = indeks kolom$-j$

Langkah 4. Menghitung *opportunity cost* dari variabel non basis dengan rumus berikut

$$d_{ij} = c_{ij} - \left(u_i + v_j\right) \tag{8}$$

dengan d_{ij} = *opportunity cost*

Langkah 5. Memastikan nilai *opportunity cost* (d_{ij}).

Jika $\forall d_{ij} \geq 0$, maka solusi fisibel yang diperoleh merupakan solusi optimal.

Jika $\exists d_{ij} < 0$, maka solusi fisibel yang diperoleh buka solusi optimal dan diperlukan evaluasi atau perbaikan alokasi.

Langkah 6. Memilih variabel *non*-basis dengan nilai negatif *opportunity cost* (d_{ij}) terkecil.

Langkah 7. Mencari jalur terdekat untuk sel yang memiliki variabel *non*-basis yang dipilih.

Langkah 8. Memberi tanda positif (+) dan tanda negatif (-) secara bergantian pada tiap sudut sel dari jalur terdekat. Pemberian tanda dimulai dengan tanda positif (+) pada sel kosong.

Langkah 9. Menentukan maksimum unit yang akan dialokasikan pada sel yang dipilih. Biaya terkecil diantara sel yang bertanda negatif (-) pada jalur terdekat menunjukkan jumlah alokasi pada sel kosong yang akan masuk ke dalam pemecahan. Jumlah ini ditambahkan pada seluruh sel yang bertanda positif (+) dan dikurangkan pada sel yang bertanda negatif (-).

Langkah 10. Mengulangi langkah 3 sampai nilai *opportunity cost* (d_{ij}) bernilai positif atau 0. Jika $\forall d_{ij} = c_{ij} - (u_i + v_j) \geq 0$, maka iterasi selesai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Diberikan contoh penyelesaian masalah transportasi kasus minimum seimbang menggunakan Metode RCWMCAM untuk menentukan solusi fisibel awal dan Metode MODI untuk menentukan solusi optimal. Penentuan solusi fisibel awal masalah transportasi menggunakan Metode RCWMCAM sebagai berikut

Tabel 2. Tabel biaya transportasi

Sumber	Tujuan (dalam ribu rupiah)				Persediaan
	K1	K2	K3	K4	
P1	20	16	18	18	15
P2	19	15	17	26	10
P3	17	16	21	22	20
Permintaan	15	13	5	12	45\45

Tabel 3. Iterasi 1

Sumber	Tujuan (dalam ribu rupiah)				Persediaan	*Min Cost*	*FQ*	MCA	biaya penalti	WMCA
	K1	K2	K3	K4						
P1	20	16	18	18	15	16	13	208	2	416
P2	19	15	17	26	10	15	10	150	2	300
P3	17	16	21	22	20	16	13	208	1	208
Permintaan	15	13	5	12						
Min Cost	17	15	17	18						
FQ	15	10	5	12						
MCA	255	150	85	216						
biaya penalti	2	1	1	4						
WMCA	510	150	85	864						

Tabel 4. Hasil iterasi 1

Sumber	Tujuan (dalam ribu rupiah)				Persediaan
	K1	K2	K3	K4	
P1				12	3
P2					10
P3					20
Permintaan	15	13	5	0	

Tabel 5. Iterasi 2

Sumber	Tujuan (dalam ribu rupiah)				Persediaan	*Min Cost*	*FQ*	MCA	biaya penalti	WMCA
	K1	K2	K3	K4						
P1	20	16	18		3	16	3	48	2	96
P2	19	15	17		10	15	10	150	2	300
P3	17	16	21		20	16	13	208	1	208
Permintaan	15	13	5							
Min Cost	17	15	17							
FQ	15	10	5							
MCA	255	150	85							
biaya penalti	2	1	1							
WMCA	510	150	85							

Tabel 6. Hasil iterasi 2

Sumber	Tujuan (dalam ribu rupiah)				Persediaan
	K1	K2	K3	K4	
P1				12	3
P2					10
P3	15				5
Permintaan	0	13	5	0	

Tabel 7. Iterasi 3

Sumber	Tujuan (dalam ribu rupiah)				Persediaan	*Min Cost*	*FQ*	MCA	biaya penalti	WMCA
	K1	K2	K3	K4						
P1		16	18		3	16	3	48	2	96
P2		15	17		10	15	10	150	2	300
P3		16	21		5	16	5	80	5	400
Permintaan		13	5							
Min Cost		15	17							
FQ		10	5							
MCA		150	85							
biaya penalti		1	1							
WMCA		150	85							

Tabel 8. Hasil iterasi 3

Sumber	Tujuan (dalam ribu rupiah)				Persediaan
	K1	K2	K3	K4	
P1				12	3
P2					10
P3	15	5			0
Permintaan	0	8	5	0	

Tabel 9. Iterasi 4

Sumber	Tujuan (dalam ribu rupiah)				Persediaan	*Min Cost*	*FQ*	MCA	biaya penalti	WMCA
	K1	K2	K3	K4						
P1		16	18		3	16	3	48	2	96
P2		15	17		10	15	8	120	2	240
P3										
Permintaan		8	5							
Min Cost		15	17							
FQ		8	5							
MCA		120	85							
biaya penalti		1	1							
WMCA		120	85							

Tabel 10. Hasil iterasi 4

Sumber	Tujuan (dalam ribu rupiah)				Persediaan
	K1	K2	K3	K4	
P1				12	3
P2		8			2
P3	15	5			0
Permintaan	0	0	5	0	

Tabel 11. Iterasi 5

Sumber	Tujuan (dalam ribu rupiah)				Persediaan	*Min Cost*	*FQ*	MCA	biaya penalti	WMCA
	K1	K2	K3	K4						
P1			18		3	18	3	54	18	972
P2			17		2	17	2	34	17	578
P3										
Permintaan			5							
Min Cost			17							
FQ			2							
MCA			34							
biaya penalti			1							
WMCA			34							

Tabel 12. Hasil iterasi 5

Sumber	Tujuan (dalam ribu rupiah)				Persediaan
	K1	K2	K3	K4	
P1			3	12	0
P2		8			2
P3	15	5			0
Permintaan	0	0	2	0	

Tabel 13. Iterasi 6

Sumber	Tujuan (dalam ribu rupiah)				Persediaan	*Min Cost*	*FQ*	MCA	biaya penalti	WMCA
	K1	K2	K3	K4						
P1										
P2			17		2	17	2	34	17	578
P3										
Permintaan										
Min Cost			17							
FQ			2							
MCA			34							
biaya penalti			17							
WMCA			578							

Tabel 14. Hasil iterasi 6

Sumber	Tujuan (dalam ribu rupiah)				Persediaan
	K1	K2	K3	K4	
P1			3	12	0
P2		8	2		0
P3	15	5			0
Permintaan	0	0	0	0	

Tabel 15. Solusi fisibel dengan RCWMCAM

Sumber	Tujuan (dalam ribu rupiah)				Persediaan
	K1	K2	K3	K4	
P1	20 x_{11}	16 x_{12}	18 **3**	18 **12**	15
P2	19 x_{21}	15 **8**	17 **2**	26 x_{24}	10
P3	17 **15**	16 **5**	21 x_{33}	22 x_{34}	20
Permintaan	15	13	5	12	45\45

Berdasarkan penyelesaian menggunakan RCWMCAM solusi fisibel yang diperoleh yaitu $x_{11} = 0,\ x_{12} = 0,$ $x_{13} = 3,\ x_{14} = 12,\ x_{21} = 0,\ x_{22} = 8,\ x_{23} = 2,\ x_{24} = 0,\ x_{31} = 15, x_{32} = 5, x_{33} = 0, x_{34} = 0$ dengan total biaya sebagai berikut

$$Z = \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{4} c_{ij}x_{ij}$$

$$Z = 20(x_{11}) + 16(x_{12}) + 18(x_{13}) + 18(x_{14}) + 19(x_{21}) + 15(x_{22}) + 17(x_{23}) + 26(x_{24}) + 17(x_{31}) + 16(x_{32}) + 21(x_{33}) + 22(x_{34})$$

$$Z = 20(0) + 16(0) + 18(3) + 18(12) + 19(0) + 15(8) + 17(2) + 26(0) + 17(15) + 16(5) + 21(0) + 22(0)$$

$$Z = 759 \text{ (dalam ribu rupiah)}$$

Setelah solusi fisibel awal dan total biaaya diperoleh menggunakan Metode RCWMCAM, langkah selanjutnya adalah menentukan solusi optimal menggunakan Metode MODI. Berikut penentuan solusi optimal pada masalah transportasi [14]

Langkah 1. Solusi fisibel dengan RCWMCAM dapat dilihat pada Tabel 15.

Langkah 2. Menentukan varibel basis dan variabel non basis

Variabel basis = $x_{13}, x_{14}, x_{22}, x_{23}, x_{31}, x_{32}$

Variabel non basis = $x_{11}, x_{12}, x_{21}, x_{24}, x_{33}, x_{34}$

Langkah 3. Menghitung nilai variabel ganda u_i dan v_j

dengan $u_1 = 0$

$c_{13} = u_1 + v_3 \rightarrow 18 = 0 + v_3 \rightarrow v_3 = 18$

$c_{14} = u_1 + v_4 \rightarrow 18 = 0 + v_4 \rightarrow v_4 = 18$

$c_{23} = u_2 + v_3 \rightarrow 17 = u_2 + 18 \rightarrow u_2 = -1$

$c_{22} = u_2 + v_2 \rightarrow 15 = -1 + v_2 \rightarrow v_2 = 16$

$c_{32} = u_3 + v_2 \rightarrow 16 = u_3 + 16 \rightarrow u_3 = 0$

$c_{31} = u_3 + v_1 \rightarrow 17 = 0 + v_1 \rightarrow v_1 = 17$

Langkah 5. Menghitung *opportunity cost* dari variabel non basis dengan rumus $d_{ij} = c_{ij} - (u_i + v_j) \rightarrow d_{ij} = c_{ij} - u_i - v_j$

$d_{11} = c_{11} - u_1 - v_1 \rightarrow d_{11} = 20 - 0 - 17 = 3$

$d_{12} = c_{12} - u_1 - v_2 \rightarrow d_{12} = 16 - 0 - 16 = 0$

$d_{21} = c_{21} - u_2 - v_1 \rightarrow d_{21} = 19 - (-1) - 17 = 1$

$d_{24} = c_{24} - u_2 - v_4 \rightarrow d_{24} = 26 - (-1) - 18 = 9$

$d_{33} = c_{33} - u_3 - v_3 \rightarrow d_{33} = 21 - 0 - 18 = 3$

$d_{34} = c_{34} - u_3 - v_4 \rightarrow d_{34} = 22 - 0 - 18 = 4$

Langkah 6. Memastikan nilai *opportunity cost.* Tidak ada nilai *opportunity cost* negatif sehingga tidak perlu merubah tabel transportasi. Pada Tabel 15 diperoleh nilai $x_{11} = 0,\ x_{12} = 0,\ x_{13} = 3,\ x_{14} = 12,\ x_{21} = 0,\ x_{22} = 8,\ x_{23} = 2,\ x_{24} = 0,$ $x_{31} = 15, x_{32} = 5, x_{33} = 0, x_{34} = 0.$

Pada Langkah 6, diperoleh nilai *opportunity cost* lebih besar sama dengan 0 sehingga tidak perlu melakukan perubahan atau iterasi tambahan dari solusi fisibel awal yang didapat. Pada permasalahan ini solusi fisibel awal yang diperoleh merupakan solusi optimal dengan biaya total distribusi sebesar Rp759.000,-.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Metode RCWMCAM merupakan metode IBFS untuk mendapatkan solusi fisibel awal. Pendistribusian unit pada metode ini ditentukan dengan memilih nilai *weighted minimum cost allocation* terbesar dan perhitungan yang dilakukan mempertimbangkan baris dan kolom baik biaya penalti dan biaya minimum. Solusi fisibel awal yang diperoleh pada masalah transportasi ini termasuk sebagai solusi optimal dengan total biaya distribusi Rp759.000,-. Dikarenakan solusi fisibel awal berpengaruh pada solusi optimal yang didapat sehingga Metode RCWMCAM dapat dipertimbangkan sebagai metode IBFS untuk menentukan solusi fisibel awal masalah transportasi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Z. A. M. S. Juman and N. G. S. A. Nawarathne, "An efficient alternative approach to solve a transportation problem," *Ceylon J. Sci.*, vol. 48, no. 1, pp. 19–29, Mar. 2019, doi: 10.4038/cjs.v48i1.7584.

[2] P. R. Murthy, *Operations Research (Second Edition)*. 2007.

[3] A. R. Septiana, L. Ratnasari, and Solikhin, "Metode ASM Pada Masalah Transportasi Seimbang," *Matematika*, pp. 71–78, 2017.

[4] M. M. Ahmed, A. R. Khan, F. Ahmed, and M. S. Uddin, "Incessant Allocation Method for Solving Transportation Problems," *Am. J. Oper. Res.*, vol. 06, no. 03, pp. 236–244, 2016, doi: 10.4236/ajor.2016.63024.

[5] Z. A. M. S. Juman and M. A. Hoque, "An efficient heuristic to obtain a better initial

feasible solution to the transportation problem," *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 34, pp. 813–826, Jun. 2015, doi: 10.1016/j.asoc.2015.05.009.

[6] B. Amaliah, C. Fatichah, and E. Suryani, "A new heuristic method of finding the initial basic feasible solution to solve the transportation problem," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, 2020, doi: 10.1016/j.jksuci.2020.07.007.

[7] K. Karagul and Y. Sahin, "A novel approximation method to obtain initial basic feasible solution of transportation problem," *J. King Saud Univ. - Eng. Sci.*, vol. 32, no. 3, pp. 211–218, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.jksues.2019.03.003.

[8] M. Mathirajan, S. Reddy, and M. V. Rani, "An experimental study of newly proposed initial basic feasible solution methods for a transportation problem," *OPSEARCH*, 2021, doi: 10.1007/s12597-021-00533-5.

[9] H. A. Taha, *Operations Research An Introduction*, 10th ed. Pearson Education, 2017.

[10] S. Sasikala, S. Akiri, and P. Subbara, "Solution of Transportation Problem with South-East Corner Method, North-East Corner Method and Comparison with Existing Method," *OALib*, vol. 06, no. 04, pp. 1–12, 2019, doi: 10.4236/oalib.1105377.

[11] A. Rahman Khan, A. Vilcu, N. Sultana, and S. S. Ahmed, "Determination of Initial Basic Feasible Solution of A Transportation Problem: A TOCM-SUM Approach," 2015

[12] F. Xie, M. M. Butt, Z. Li, and L. Zhu, "An upper bound on the minimal total cost of the transportation problem with varying demands and supplies," *Omega (United Kingdom)*, vol. 68, pp. 105–118, Apr. 2017, doi: 10.1016/j.omega.2016.06.007.

[13] N. Seethalakshmy, A., Srinivasan, "A Direct Method to Obtain an Optimal Solution in the Transportation Problem," *Int. J. Adv. Res.*, vol. 4, no. 10, 2016.

[14] M. Sathyavathy and M. Shalini, "Solving transportation problem with four different proposed mean method and comparison with existing methods for optimum solution," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1362, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1362/1/012088

[15] M. S. Uddin, C. Kibria, and A. R. Khan, "Improved Least Cost Method to Obtain a Better IBFS to the Transportation Problem," *J. Appl. Math. Bioinforma.*, vol. 6, no. 1, 2016, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/306179689