



APLIKASI METODE MM DALAM MENYELESAIKAN MASALAH DISTRIBUSI KELAPA SAWIT DI PT. AGRO MUKO

Aqshal Najmi Muthia Sari, M. Wakhid Musthofa[✉]

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta Indonesia

Jl. Laksda Adisucipto no. 1, Kab. Sleman, D.I. Yogyakarta, 55281

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Oktober 2021

Disetujui November 2021

Dipublikasikan November 2021

Keywords:

transportation problem, MM method.

Abstrak

Masalah transportasi dibutuhkan dalam dunia industri sebagai sebuah upaya untuk memaksimalkan keuntungan dengan meminimalkan biaya transportasi yang dikeluarkan. Dalam perkembangannya, masalah transportasi tidak sekedar membutuhkan penyelesaian masalah yang hanya berfokus pada hasil yang optimal, akan tetapi juga pada aspek efektivitas metodenya. Artikel ini akan membahas masalah transportasi dengan metode MM sebagai metode baru yang berfokus pada perolehan solusi optimal secara langsung, tanpa harus menentukan solusi awal. Langkah-langkah metode MM ini lebih terfokus pada mencari nilai 0 untuk setiap kotak dalam tabel transportasi yang kemudian dijumlahkan baris dan kolomnya, serta dicari nilai maksimumnya untuk mengalokasikan barang yang akan didistribusikan dengan menghitung nilai minimum antara jumlah barang yang ditawarkan (*supply*) dan jumlah barang yang diminta (*demand*). Dalam penelitian ini metode MM diaplikasikan pada penyelesaian masalah transportasi pengiriman kelapa sawit oleh PT Agro Muko. Hasil perhitungan kemudian akan dibandingkan dengan metode North West Corner dan MODI yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode MM lebih efektif dibandingkan dengan metode North West Corner dan MODI.

Abstract

*Transportation problems are needed in the industrial world as an effort to maximize profits by minimizing the transportation costs. In its development, transportation problems not only focus on solving problems to achieve the optimal results, but also deal with an efficiency aspect of the methods. This paper will address the MM method as a new method that focuses on the acquisition of optimal solutions directly, without having to determine the initial solution. The steps of the MM method are more focused on finding a value of zero for each cell in the transportation table, which is then summed up its rows and columns, and looking for the maximum value to allocate the items to be distributed by calculating the minimum value between the number of items offered (*supply*) and the number of items requested (*demand*). In this study, the MM method was applied to seek the solution of oil palm shipping transportation by PT Agro Muko and compared its result with the Northwest Corner and MODI methods that have been done before. The results showed that the MM method was more effective compared to these two methods.*

How to cite:

Sari, A.N.M, & Musthofa, M.W. 2021. Aplikasi Metode MM dalam Menyelesaikan Masalah Distribusi Kelapa Sawit di Pt. Agro Muko. *UNNES Journal of Mathematics*. 10(2):75-84.

© 2021 Universitas Negeri Semarang

[✉]Alamat korespondensi:

E-mail: penulis@domain.com

p-ISSN 2252-6943

e-ISSN 2460-5859

PENDAHULUAN

Setiap tahun persaingan antar perusahaan dalam hal inovasi jenis dan varian produk, kesesuaian produk, dan apa saja yang dapat meningkatkan daya tarik penjualan semakin ketat. Persaingan yang ketat juga terjadi dalam upaya menjamin produk tetap tersedia dan mudah untuk diperoleh serta tidak terlambat sampai ke tangan konsumen. Oleh karena itu masalah distribusi produk sangatlah penting. Pentingnya masalah distribusi produk ini mengharuskan perusahaan mempunyai strategi yang sesuai, agar supaya biaya transportasi yang dikeluarkan minimum dan memperoleh kenaikan keuntungan. Permasalahan transportasi pada umumnya berkaitan dengan pendistribusian suatu barang yang berasal dari beberapa sumber (*supply*) ke beberapa tujuan (*demand*) dengan tujuan untuk meminimumkan biaya transportasi (Taha 1996, Kasana 2004, Sitinjak 2006, Hiller 2008, Subagyo 2013, Tastrawati 2014).

Masalah transportasi mempunyai beberapa metode penyelesaian dalam menentukan solusi awal seperti metode Aturan Sudut Barat Laut (*Northwest Corner Methods/NWCM*), metode biaya terkecil (*Least Cost Methods*), dan metode *Vogel Approximation*. Demikian pula terdapat beberapa metode dalam menguji keoptimalan solusi awal, seperti metode batu loncatan (*steppingstones*) dan *modified distribution* (*MODI*) (Das 2014, Mollah 2014, Septiana 2017, Nafiah 2018).

Salah satu perusahaan yang mempunyai masalah transportasi adalah PT. Agro Muko. Perusahaan ini bergerak di bidang perkebunan, khususnya dalam hal pengelolaan kelapa sawit yang berlokasi di Kabupaten Mukomuko, Provinsi Bengkulu. Perusahaan ini didirikan mulai tahun 1990 dan mulai dioperasikan pada tahun 1994. Salah satu cara yang dilakukan oleh PT. Agro Muko untuk meningkatkan keuntungan adalah dengan meminimumkan biaya transportasi yang dikeluarkan oleh perusahaan. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan sistem distribusi yang tepat supaya biaya transportasi yang dikeluarkan oleh PT. Agro Muko menjadi minimum.

Masalah meminimalkan biaya transportasi pengiriman buah kelapa sawit dari beberapa perkebunan menuju ke beberapa pabrik pada PT. Agro Muko telah diselesaikan oleh Mustadin (2016) menggunakan metode NWCM. Dengan menggunakan NWCM tersebut diperoleh biaya transportasi yang perlu dikeluarkan oleh PT. Agro Muko adalah Rp 49.039.000. Biaya transportasi ini lebih hemat

Rp 1.863.000 dari biaya transportasi awal sebelum menggunakan NWCM yaitu Rp 50.902.000.

Selanjutnya, Murgani (2019) memperbaiki penyelesaian masalah transportasi PT. Agro Muko tersebut dengan menggunakan kombinasi metode NWC dan metode MODI. Melalui metode ini diperoleh biaya transportasi pengiriman buah kelapa sawit yang lebih hemat yaitu sebesar Rp 48.597.000.

Artikel ini bertujuan untuk mendapatkan langkah mencari solusi yang lebih efektif dari masalah transportasi pengiriman buah kelapa sawit pada PT. Agro Muko. Dalam artikel ini masalah transportasi pengiriman buah kelapa sawit pada PT. Agro Muko akan diselesaikan menggunakan metode MM. Metode MM yang dikenalkan oleh Manamohan Maharana dalam jurnal yang berjudul *A New Approach for Solving Transportation Problem* pada tahun 2017 ini bertujuan untuk memperoleh solusi optimal secara langsung. Keunggulan dari metode ini adalah solusi optimal dapat ditentukan secara langsung, tanpa harus menentukan solusi awalnya terlebih dahulu.

METODE

Metode MM adalah suatu metode baru yang bertujuan untuk memperoleh solusi optimal pada suatu masalah transportasi secara langsung, tanpa harus mencari solusi awalnya terlebih dahulu. Metode ini disebut dengan metode MM karena metode ini pertama kali dikenalkan oleh Manamohan Maharana dalam jurnalnya yang berjudul *A New Approach for Solving Transportation Problem* pada tahun 2017. Manamohan Maharana menjelaskan bahwa metode ini mempunyai hasil yang sama seperti ketika seseorang menyelesaikan masalah transportasi dengan menggunakan metode VAM untuk memperoleh solusi awalnya dan metode MODI untuk memperoleh solusi optimalnya. Adapun langkah-langkah Metode MM untuk menyelesaikan masalah transportasi yaitu (Maharana, 2017):

1. Bentuk matriks transportasi dari masalah transportasi yang diberikan.
2. Tentukan nilai minimum c_{ij} dari masing-masing baris. Kemudian, kurangi nilai c_{ij} yang ada pada setiap baris dengan nilai

minimum tersebut untuk alokasi kotak x_{ij} .

3. Tentukan nilai minimum x_{ij} dari masing-masing kolom. Kemudian, kurangi nilai x_{ij} yang ada pada setiap kolom dari tabel masalah transportasi yang dihasilkan dengan nilai minimum tersebut untuk alokasi kotak x_{ij} .
4. Sekarang minimal ada satu nilai 0 di setiap baris dan kolom pada matriks biaya yang sudah dikurangi. Kemudian tentukan jumlah semua biaya di baris ke- i dan kolom ke- j untuk setiap kotak ke- ij yang terdapat nilai 0. Kemudian, diantara penjumlahan tersebut, pilih nilai maksimum. Kemudian alokasikan $x_{ij} = \min(a_m, b_n)$ pada kotak x_{ij} dan hapus baris atau kolom berdasarkan nilai minimum jumlah penawaran atau permintaan yang dipilih. Jika nilai minimum jumlah penawaran yang dipilih maka yang dihapus adalah baris tersebut. Dan jika nilai minimum jumlah permintaan yang dipilih maka yang dihapus adalah kolom tersebut.
5. Periksa apakah proses matriks yang dihasilkan mempunyai nilai 0 minimal satu pada setiap baris dan kolom. Jika tidak, maka ulangi langkah 2 dan 3. Jika matriks yang dihasilkan mempunyai nilai 0 minimal satu pada setiap baris dan kolom, maka ulangi langkah 4.
6. Lakukan langkah tersebut hingga kotak x_{ij} terlokasi sebanyak $m+n-1$. Jika kotak terlokasi sebanyak $m+n-1$, maka hal itu menunjukkan bahwa jumlah permintaan dan jumlah penawaran sudah terpenuhi.
7. Jika tabel solusi optimal penyelesaian masalah transportasi terlokasi sebanyak $m+n-1$, maka pendekatan dengan metode MM selesai dan iterasi dapat dihentikan. Kemudian, hitung total biaya minimum transportasi dengan menjumlahkan hasil kali dari biaya per produk (c_{ij}) dan jumlah permintaan barang yang dialokasikan (x_{ij}).

PT. Agro Muko adalah perusahaan perkebunan yang berlokasi di Kabupaten Mukomuko, Provinsi Bengkulu yang khusus mengelola kelapa sawit. Dalam rangka melaksimalkan produksi buah kelapa sawit, maka perusahaan ini mengembangkan 3 perkebunan kelapa sawit. Perkebunan tersebut terletak di Talang Petai Estate (TPE), Sei Kiang Estate (SKE), dan Tanah Rekah Estate (TRE). Selain itu, PT. Agro Muko juga mempunyai 4 buah pabrik untuk mengolah buah kelapa sawit yang dihasilkan. Pabrik tersebut terletak di Muko-Muko Estate (MME), Bunga Tanjung Estate (BTE), Air Bikuk Estate (ABKE), dan Air Hitam Estate (AHE). Proses pengiriman buah kelapa sawit dari perkebunan menuju ke pabrik memerlukan biaya transportasi. Berikut disajikan data jumlah buah kelapa sawit yang dihasilkan oleh PT. Agro Muko pada masing-masing kebunnya (dalam ton).

Tabel 1. Hasil Kelapa Sawit

No	Lokasi Kebun	Jumlah Kelapa Sawit
1	TPE	250
2	SKE	150
3	TRE	200

Selanjutnya, buah kelapa sawit yang dihasilkan dari masing-masing kebun tersebut dikirimkan ke 4 pabrik yang dimiliki oleh PT. Agro Muko. Data jumlah pengiriman buah kelapa sawit dari kebun ke pabrik disajikan dalam tabel berikut (dalam ton).

Tabel 2. Pengiriman Kelapa Sawit

Kebun	Tujuan			
	MME	BTE	ABKE	AHE
TPE	80	70	80	20
SKE	20	70	40	20
TRE	20	30	70	80
Total	120	170	190	120

Dalam satu kali pengiriman, armada yang dimiliki PT. Agro Muko mampu mengangkut 7,5-ton buah kelapa sawit. Sehingga jumlah frekuensi pengiriman buah kelapa sawit dari lokasi perkebunan diperoleh dengan membagi jumlah persediaan buah kepala sawit dengan kapasitas angkut. Hasil perhitungan frekuensi pengiriman kelapa sawit disajikan dalam tabel berikut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3. Frekuensi Pengiriman Kelapa Sawit

No	Lokasi Perkebunan	Frekuensi Pengiriman
1	TPE	34
2	SKE	20
3	TRE	27

Sedangkan untuk masing-masing pabrik, jumlah frekuensi pengiriman buah kelapa sawit dari setiap kebun ke lokasi pabrik adalah jumlah pengiriman buah kepala sawit dibagi kapasitas angkut. Hasil perhitungannya disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4. Frekuensi Pengiriman Kelapa Sawit

No	Lokasi Pabrik	Frekuensi Pengiriman
1	MME	16
2	BTE	23
3	ABKE	26
4	AHE	16

Berdasarkan data dari Tabel 1 hingga Tabel 4, dapat dihitung biaya pengiriman buah kelapa sawit dari setiap kebun ke masing-masing pabrik. Data biaya pengiriman tersebut disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 5. Biaya Pengiriman Kelapa Sawit

Kebun	Tujuan			
	MME	BTE	ABKE	AHE
TPE	728.000	680.000	823.000	919.000
SKE	490.000	442.000	585.000	680.000
TRE	357.000	309.000	452.000	547.000

Berdasarkan data tersebut, dapat dibentuk model matematika dari masalah transportasi pada PT. Agro Muko sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Min } Z &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ijm} x_{ij} \\
 &= (c_{11}x_{11}) + (c_{12}x_{12}) + (c_{13}x_{13}) + \\
 &\quad (c_{14}x_{14}) + (c_{21}x_{21}) + (c_{22}x_{22}) + \\
 &\quad (c_{23}x_{23}) + (c_{24}x_{24}) + (c_{31}x_{31}) + \\
 &\quad (c_{32}x_{32}) + (c_{33}x_{33}) + (c_{34}x_{34}) \\
 &= 728x_{11} + 680x_{12} + 823x_{13} + \\
 &\quad 919x_{14} + 490x_{21} + 442x_{22} + \\
 &\quad 585x_{23} + 680x_{24} + 357x_{31} + \\
 &\quad 309x_{32} + 452x_{33} + 547x_{34} \quad (1.1)
 \end{aligned}$$

dengan syarat:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = 250 \quad (1.2)$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = 150 \quad (1.3)$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = 200 \quad (1.4)$$

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} = 120 \quad (1.5)$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} = 170 \quad (1.6)$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} = 190 \quad (1.7)$$

$$x_{14} + x_{24} + x_{34} = 120 \quad (1.8)$$

$$x_{ij} \geq 0, \forall_{ij}$$

dengan,

$$x_{11} = \text{dari TPE ke MME}$$

$$x_{12} = \text{dari TPE ke BTE}$$

$$x_{13} = \text{dari TPE ke ABKE}$$

$$x_{14} = \text{dari TPE ke AHE}$$

$$x_{21} = \text{dari SKE ke MME}$$

$$x_{22} = \text{dari SKE ke BTE}$$

$$x_{23} = \text{dari SKE ke ABKE}$$

$$x_{24} = \text{dari SKE ke AHE}$$

$$x_{31} = \text{dari TRE ke MME}$$

$$x_{32} = \text{dari TRE ke BTE}$$

$$x_{33} = \text{dari TRE ke ABKE}$$

$$x_{34} = \text{dari TRE ke AHE}$$

Selanjutnya akan dicari solusi optimal dari masalah transportasi pada PT. Agro Muko tersebut di atas dengan menggunakan metode MM. Berikut langkah-langkah metode MM untuk mendapatkan solusi optimal:

1. Bentuk matriks transportasi dari masalah transportasi pada PT. Agro Muko.

Tabel 6. Masalah Transportasi Kelapa Sawit (dalam ribuan)

Sumber	Tujuan				Supply
	MME	BTE	ABKE	AHE	
TPE	728	680	823	919	34
SKE	490	442	585	680	20
TRE	357	309	452	547	27
Demand	16	23	26	16	81

2. Tentukan nilai minimum c_{ij} dari masing-masing baris. Kemudian, kurangi nilai c_{ij} yang ada pada setiap baris dengan nilai minimum tersebut untuk alokasi kotak x_{ij}

Tabel 7. Iterasi 1 Metode MM

Sumber	Tujuan				Supply
	MME	BTE	ABKE	AHE	
TPE	0	728	680	823	919
SKE	0	490	442	585	680
TRE	0	357	309	452	547
Demand	16	23	26	16	81

3. Tentukan nilai minimum x_{ij} dari masing-masing kolom. Kemudian, kurangi nilai x_{ij} yang ada pada setiap kolom dari tabel masalah transportasi yang dihasilkan dengan nilai minimum tersebut untuk alokasi kotak x_{ij} .

Tabel 8. Iterasi 2 Metode MM

Sumber	Tujuan				Supply
	MME	BTE	ABKE	AHE	
TPE	0	728	680	823	1
SKE	0	490	442	585	0
TRE	0	357	309	452	0
Demand	16	23	26	16	81

4. Sekarang minimal ada satu nilai 0 di setiap baris dan kolom pada matriks biaya yang sudah dikurangi. Kemudian tentukan jumlah semua biaya di baris ke- i dan kolom ke- j untuk setiap kotak ke- ij yang terdapat nilai 0. Kemudian, diantara penjumlahan tersebut, pilih nilai

maksimum. Kemudian, alokasikan $x_{ij} = \min(a_m, b_n)$ pada kotak x_{ij} dan hapus baris atau kolom berdasarkan nilai minimum jumlah penawaran atau permintaan yang dipilih. Jika nilai minimum jumlah penawaran yang dipilih, maka yang dihapus adalah baris tersebut. Jika nilai minimum jumlah permintaan yang dipilih, maka yang dihapus adalah kolom tersebut.

Jumlah biaya di:

$$(TPE, MME) = 1 \rightarrow \text{maksimum}$$

$$(TPE, BTE) = 1 \rightarrow \text{maksimum}$$

$$(TPE, ABKE) = 1 \rightarrow \text{maksimum}$$

$$(SKE, MME) = 0$$

$$(SKE, BTE) = 0$$

$$(SKE, ABKE) = 0$$

$$(SKE, AHE) = 1 \rightarrow \text{maksimum}$$

$$(TRE, MME) = 0$$

$$(TRE, BTE) = 0$$

$$(TRE, ABKE) = 0$$

$$(TRE, AHE) = 1 \rightarrow \text{maksimum}$$

Berdasarkan jumlah biaya yang maksimum, pilih nilai alokasi yang minimum.

$$x_{11} = \min(34, 16) = 16$$

$$x_{12} = \min(34, 23) = 23$$

$$x_{13} = \min(34, 26) = 26$$

$$x_{24} = \min(20, 16) = 16$$

$$x_{34} = \min(27, 16) = 16$$

Sehingga diperoleh nilai minimum, sebagai berikut:

$$(TPE, MME)$$

$$(SKE, AHE)$$

$$(TRE, AHE)$$

Karena terdapat >1 nilai minimum, maka pilih nilai c_{ij} minimum. Nilai c_{ij} minimum diantara nilai minimum tersebut adalah x_{34} . Kemudian, alokasikan $x_{34} = \min(27, 16) = 16$, diperoleh $x_{34} = 16$ dan kolom AHE dihapus karena nilai minimum merupakan jumlah permintaan.

Tabel 9. Iterasi 3 Metode MM

Sumber	Tujuan			Supply
	MME	BTE	ABKE	
TPE	0	<u>728</u>	<u>680</u>	<u>823</u> 34
SKE	0	<u>490</u>	<u>442</u>	<u>585</u> 20
TRE	0	<u>357</u>	<u>309</u>	<u>452</u> 11
Demand	16	23	26	65

5. Periksa apakah proses matriks yang dihasilkan mempunyai nilai 0 minimal satu pada setiap baris dan kolom. Jika tidak, maka ulangi langkah 2 dan 3. Jika matriks yang dihasilkan mempunyai nilai 0 minimal satu pada setiap baris dan kolom, maka ulangi langkah 4.
Ulang langkah 4 karena matriks transportasi yang dihasilkan mempunyai nilai 0 minimal satu pada setiap baris dan kolom.
6. Sekarang minimal ada satu nilai 0 di setiap baris dan kolom pada matriks biaya yang sudah dikurangi. Kemudian tentukan jumlah semua biaya di baris ke-*i* dan kolom ke-*j* untuk setiap kotak ke-*ij* yang terdapat nilai 0. Kemudian, diantara penjumlahan tersebut, pilih nilai maksimum. Kemudian, alokasikan

$x_{ij} = \min(a_m, b_n)$ pada kotak x_{ij} dan hapus baris atau kolom berdasarkan nilai minimum jumlah penawaran atau permintaan yang dipilih. Jika nilai minimum jumlah penawaran yang dipilih, maka yang dihapus adalah baris tersebut. Jika nilai minimum jumlah permintaan yang dipilih, maka yang dihapus adalah kolom tersebut.

Jumlah biaya di:

$$\begin{aligned}(TPE, MME) &= 0 \\ (TPE, BTE) &= 0 \\ (TPE, ABKE) &= 0 \\ (SKE, MME) &= 0 \\ (SKE, BTE) &= 0 \\ (SKE, ABKE) &= 0 \\ (TRE, MME) &= 0 \\ (TRE, BTE) &= 0 \\ (TRE, ABKE) &= 0\end{aligned}$$

Karena semua jumlah biaya adalah 0, maka pilih nilai alokasi minimum.

$$\begin{aligned}x_{11} &= \min(34, 16) = 16 \\ x_{12} &= \min(34, 23) = 23 \\ x_{13} &= \min(34, 26) = 26 \\ x_{21} &= \min(20, 16) = 16 \\ x_{22} &= \min(20, 23) = 20 \\ x_{23} &= \min(20, 26) = 20 \\ x_{31} &= \min(11, 16) = 11 \\ x_{32} &= \min(11, 23) = 11 \\ x_{33} &= \min(11, 26) = 11\end{aligned}$$

Sehingga diperoleh nilai minimum, sebagai berikut:

(TRE, MME)
(TRE, BTE)
(TRE, ABKE)

Karena terdapat >1 nilai minimum, maka pilih nilai C_{ij} minimum. Nilai C_{ij} minimum diantara nilai minimum tersebut adalah x_{32} . Kemudian, alokasikan $x_{32} = \min(11, 23) = 11$, diperoleh $x_{32} = 11$ dan baris TRE dihapus karena nilai minimum merupakan jumlah penawaran.

Tabel 10. Iterasi 4 Metode MM

Sumber	Tujuan			Supply
	MME	BTE	ABKE	
TPE	0	<u>728</u>	<u>680</u>	<u>823</u> 34
SKE	0	<u>490</u>	<u>442</u>	<u>585</u> 20
Demand	16	12	26	54

7. Periksa apakah proses matriks yang dihasilkan mempunyai nilai 0 minimal satu pada setiap baris dan kolom. Jika tidak, maka ulangi langkah 2 dan 3. Jika matriks yang dihasilkan mempunyai nilai 0 minimal satu pada setiap baris dan kolom, maka ulangi langkah 4.
Ulang langkah 4 karena matriks transportasi yang dihasilkan mempunyai nilai 0 minimal satu pada setiap baris dan kolom.
8. Sekarang minimal ada satu nilai 0 di setiap baris dan kolom pada matriks biaya yang sudah dikurangi. Kemudian tentukan jumlah semua biaya di baris ke-*i* dan kolom ke-*j* untuk setiap kotak ke-*ij* yang terdapat nilai 0. Kemudian, diantara penjumlahan tersebut, pilih nilai maksimum. Kemudian, alokasikan

$x_{ij} = \min(a_m, b_n)$ pada kotak x_{ij} dan hapus baris atau kolom berdasarkan nilai minimum jumlah penawaran atau permintaan yang dipilih. Jika nilai minimum jumlah penawaran yang dipilih, maka yang dihapus adalah baris tersebut. Jika nilai minimum jumlah permintaan yang dipilih, maka yang dihapus adalah kolom tersebut.

Jumlah biaya di:

$$(TPE, MME) = 0$$

$$(TPE, BTE) = 0$$

$$(TPE, ABKE) = 0$$

$$(SKE, MME) = 0$$

$$(SKE, BTE) = 0$$

$$(SKE, ABKE) = 0$$

Karena semua jumlah biaya adalah 0, maka pilih nilai alokasi minimum.

$$x_{11} = \min(34, 16) = 16$$

$$x_{12} = \min(34, 12) = 12$$

$$x_{13} = \min(34, 26) = 26$$

$$x_{21} = \min(20, 16) = 16$$

$$x_{22} = \min(20, 12) = 12$$

$$x_{23} = \min(20, 26) = 20$$

Sehingga diperoleh nilai minimum, sebagai berikut:

$$(TPE, BTE)$$

$$(SKE, BTE)$$

Karena terdapat >1 nilai minimum, maka pilih nilai c_{ij} minimum. Nilai c_{ij} minimum diantara nilai minimum tersebut adalah x_{22} . Kemudian, alokasikan $x_{22} = \min(20, 12) = 12$, diperoleh $x_{22} = 12$ dan kolom BTE dihapus karena nilai minimum merupakan jumlah permintaan.

Tabel 11. Iterasi 5 Metode MM

	Sumber	Tujuan			Supply
		MME	ABKE		
e	TPE	0	728	823	34
r		0	0		
i	SKE	0	490	585	8
k	Demand	16	26		42

sa apakah proses matriks yang dihasilkan mempunyai nilai 0 minimal satu pada setiap baris dan kolom. Jika tidak, maka ulangi langkah 2 dan 3. Jika matriks yang dihasilkan mempunyai nilai 0 minimal satu pada setiap baris dan kolom, maka ulangi langkah 4.

Ulang langkah 4 karena matriks transportasi yang dihasilkan mempunyai nilai 0 minimal satu pada setiap baris dan kolom.

10. Sekarang minimal ada satu nilai 0 di setiap baris dan kolom pada matriks biaya yang sudah dikurangi. Kemudian tentukan jumlah semua biaya di baris ke- i dan kolom ke- j untuk setiap kotak ke- ij yang terdapat nilai 0. Kemudian, diantara penjumlahan tersebut, pilih nilai maksimum. Kemudian, alokasikan $x_{ij} = \min(a_m, b_n)$ pada kotak x_{ij} dan hapus baris atau kolom berdasarkan nilai minimum jumlah penawaran atau permintaan yang dipilih. Jika nilai minimum jumlah penawaran yang dipilih, maka yang dihapus adalah baris tersebut. Jika nilai minimum jumlah permintaan yang dipilih, maka yang dihapus adalah kolom tersebut.

Jumlah biaya di:

$$(TPE, MME) = 0$$

$$(TPE, ABKE) = 0$$

$$(SKE, MME) = 0$$

$$(SKE, ABKE) = 0$$

Karena semua jumlah biaya adalah 0, maka pilih nilai alokasi minimum.

$$x_{11} = \min(34, 16) = 16$$

$$x_{13} = \min(34, 26) = 26$$

$$x_{21} = \min(8, 16) = 8$$

$$x_{23} = \min(8, 26) = 8$$

Sehingga diperoleh nilai minimum, sebagai berikut:

$$(SKE, MME)$$

$$(SKE, ABKE)$$

Karena terdapat >1 nilai minimum, maka pilih nilai c_{ij} minimum. Nilai

c_{ij} minimum diantara nilai minimum

tersebut adalah x_{21} . Kemudian, alokasikan $x_{21} = \min(8, 16) = 8$, diperoleh $x_{21} = 8$ dan baris SKE dihapus karena nilai minimum merupakan jumlah penawaran.

Tabel 12. Iterasi 6 Metode MM

Sumber	Tujuan			Supply
	MME	ABKE		
TPE	0	728	823	34
Demand	8	26		34

11. Periksa apakah proses matriks yang dihasilkan mempunyai nilai 0 minimal satu pada setiap baris dan kolom. Jika tidak, maka ulangi langkah 2 dan 3. Jika matriks yang dihasilkan mempunyai nilai 0 minimal satu pada setiap baris dan kolom, maka ulangi langkah 4. Ulang langkah 4 karena matriks transportasi yang dihasilkan mempunyai nilai 0 minimal satu pada setiap baris dan kolom.
12. Sekarang minimal ada satu nilai 0 di setiap baris dan kolom pada matriks biaya yang sudah dikurangi. Kemudian tentukan jumlah semua biaya di baris ke- i dan kolom ke- j untuk setiap kotak ke- ij yang terdapat nilai 0. Kemudian, diantara penjumlahan tersebut, pilih nilai maksimum. Kemudian, alokasikan $x_{ij} = \min(a_m, b_n)$ pada kotak x_{ij} dan hapus baris atau kolom berdasarkan nilai minimum jumlah penawaran atau permintaan yang dipilih. Jika nilai minimum jumlah penawaran yang dipilih, maka yang dihapus adalah baris tersebut. Jika nilai minimum jumlah permintaan yang dipilih, maka yang dihapus adalah kolom tersebut.

Jumlah biaya di:

$$(TPE, MME) = 0$$

$$(TPE, ABKE) = 0$$

Karena semua jumlah biaya adalah 0, maka pilih nilai alokasi minimum.

$$x_{11} = \min(34, 8) = 8$$

$$x_{13} = \min(34, 26) = 26$$

Sehingga diperoleh (TPE, MME) sebagai nilai minimum. Kemudian, alokasikan $x_{11} = \min(34, 8) = 8$, diperoleh $x_{11} = 8$ dan kolom TPE dihapus karena nilai minimum merupakan jumlah permintaan.

Tabel 13. Iterasi 7 Metode MM

Sumber	Tujuan			Supply
	ABKE			
TPE	0	823		34
Demand	26			34

$(TPE, ABKE)$ dialokasikan, sehingga diperoleh $x_{13} = 26$.

13. Lakukan langkah tersebut hingga kotak x_{ij} teralokasi sebanyak $m+n-1$. Jika kotak teralokasi sebanyak $m+n-1$, maka itu menunjukkan bahwa jumlah permintaan dan penawaran sudah terpenuhi.

Kotak terakhir yang dialokasikan adalah x_{13} , sehingga diperoleh tabel solusi optimal penyelesaian masalah transportasi dengan metode MM sebagai berikut:

Tabel 14. Solusi Optimal dengan Metode MM

Sumber	Tujuan				Supply
	MME	BTE	ABKE	AHE	
TPE	8	728	680	823	919
SKE	8	490	442	585	680
TRE	-	357	309	452	547
Demand	16	23	26	16	81

Berdasarkan tabel tersebut, variabel basis (kotak yang terisi) ada 6, ini menunjukkan bahwa variabel basis sesuai dengan rumus bebas non-degenerate yaitu:

$$m+n-1 = 3+2-1 = 6.$$

Ini menunjukkan bahwa jumlah permintaan dan penawaran sudah terpenuhi.

14. Jika tabel solusi optimal penyelesaian masalah transportasi teralokasi sebanyak $m+n-1$, maka pendekatan dengan metode MM selesai dan iterasi dapat dihentikan. Kemudian, hitung total biaya minimum transportasi

dengan menjumlahkan hasil kali dari biaya per produk (c_{ij}) dan jumlah permintaan barang yang dialokasikan (x_{ij}).

Karena tabel solusi optimal penyelesaian masalah transportasi teralokasi sebanyak $m+n-1$, maka pendekatan dengan metode MM selesai dan iterasi dapat dihentikan. Kemudian, dihitung total biaya minimum transportasi, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Z &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \\
 &= (c_{11}x_{11}) + (c_{12}x_{12}) + (c_{13}x_{13}) \\
 &\quad + (c_{14}x_{14}) + (c_{21}x_{21}) + (c_{22}x_{22}) \\
 &\quad + (c_{23}x_{23}) + (c_{24}x_{24}) + (c_{31}x_{31}) \\
 &\quad + (c_{32}x_{32}) + (c_{33}x_{33}) + (c_{34}x_{34}) \\
 &= (728.000 \times 8) + (680.000 \times 0) \\
 &\quad + (823.000 \times 26) + (919.000 \times 0) \\
 &\quad + (490.000 \times 8) + (442.000 \times 12) \\
 &\quad + (585.000 \times 0) + (680.000 \times 0) \\
 &\quad + (357.000 \times 0) + (309.000 \times 11) \\
 &\quad + (452.000 \times 0) + (547.000 \times 16) \\
 &= 5.824.000 + 0 + 21.398.000 + 0 + \\
 &\quad 3.920.000 + 5.304.000 + 0 + 0 + 0 \\
 &\quad + 3.399.000 + 0 + 8.752.000 \\
 &= 48.597.000
 \end{aligned}$$

Jadi, diperoleh solusi optimal penyelesaian masalah transportasi pada PT. Agro Muko dengan menggunakan metode MM sebesar Rp 48.597.000.

PENUTUP

Solusi optimal penyelesaian masalah transportasi pada PT. Agro Muko dengan menggunakan metode MM adalah sebesar Rp 48.597.000 dan lebih hemat Rp 442.000 dari biaya transportasi yang menggunakan metode NWCM yang digunakan oleh Mustadin untuk meminimumkan biaya transportasi PT. Agro Muko yaitu Rp 49.039.000. Namun, biaya transportasi dengan menggunakan metode MM sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Ramli Murgani yaitu dengan menggunakan metode NWCM dan metode MODI. Meskipun demikian, dari segi efektivitas metode MM lebih efektif daripada metode NWCM dan metode MODI karena mempunyai langkah

penyelesaian yang lebih sedikit. Jadi, PT. Agro Muko mempunyai alternatif rute pengiriman lain dengan daya angkut yang menyesuaikan kapasitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Utpal Kanti. 2014. *Advanced Vogel's Approximation Method (AVAM): A New Approach to Determine Penalty Cost for Better Feasible Solution of Transportation Problem*. International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT). 3(1): 182-187.
- Hiller, F. S dan Lieberman, G. J. 2008. *Introduction to Operation Research (8th Ed.* Yogyakarta: ANDI.
- Kasana, H.S., Krishna Dev Kumar. 2004. *Introductory Operations Research: Theory and Applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, Inc. USA.
- Maharana, M. 2017. *A New Approach for Solving Transportation Problem*. Journal for Research. 03(01): 10-14.
- Mollah, Mesbahuddin Ahmed. 2014. *An Effective Modification to Solve Transportation Problems: A Cost Minimization Approach*. Annals of Pure and Applied Mathematics. 6(2): 199-206
- Murgani, Ramli. 2019. *Optimasi Biaya Pengiriman Buah Kelapa Sawit (Studi Kasus PT. Agro Muko)*. Jurnal Optimasi Teknik Industri. 1(2):35-41.
- Mustadin. 2016. *Optimalisasi Teknik Riset Operasional untuk Penghematan Biaya Transportasi Pengiriman Buah Kelapa Sawit dengan Metode North West Corner (Studi Kasus PT. Agro Muko)*. Jurnal JURSIMA. 4(2): -.
- Nafiah, Imroatun. 2018. *Perbandingan Row Minimum Cost Method, Incessant Allocation Method dan Russells Approximation Method dalam Menyelesaikan Masalah Transportasi*. Skripsi. Matematika. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Septiana, A. R. 2017. *Metode ASM pada Masalah Transportasi Seimbang*. Jurnal Matematika. 20(2):71-78.

Sitinjak, Tumpal J. R. 2006. *Riset Operasi untuk Pengambilan Keputusan Manajerial dengan aplikasi Excel*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Subagyo, Pangestu., Marwan Asri, T. Hani Handoko. 2013. *Dasar-Dasar Operations Research*. Yogyakarta: BPFE.

Taha, Hamdi. A. 1996. *Riset Operasi Jilid Satu*. Jakarta: Binarupa Aksara.

Tastrawati, Ni Ketut Tari. 2015. *Pemrograman Linier: Model Transportasi*. Bukit Jimbaran: Jurusan Matematika FMIPA Universitas UDAYANA.