



Tantangan dan Solusi dalam Transfortasi Tak Seimbang Menuju Efisiensi Logistik

Pesta Gultom ^{1*}, Fery Wahyudi ², Almunawar Almunawar ³, Firdan Hidayat ⁴, Okta Feryanus Tarigan ⁵

¹⁻⁵ STIE Eka Prasetya, Indonesia

Email : pesta65.gultom@gmail.com ^{1*}, ferywhydi@gmail.com ², almunawar843@gmail.com ³,
firdandayat86@gmail.com ⁴, oktasudarmantila@gmail.com ⁵

Abstract: *Unbalanced transportation is one of the main challenges in logistics that can affect efficiency and operational costs. The imbalance between supply and demand can cause high transportation costs, delays in delivery, and decreased product quality. Therefore, it is necessary to analyze and develop solutions to overcome the challenges of unbalanced transportation and improve logistics efficiency. This study aims to identify the challenges and solutions of unbalanced transportation towards logistics efficiency. This study is expected to contribute to the development of unbalanced transportation solutions and improve logistics efficiency.*

keywords: *Challenges, logistics efficiency, Solutions*

Abstrak: *Transportasi tak seimbang merupakan salah satu tantangan utama dalam logistik yang dapat mempengaruhi efisiensi dan biaya operasional. Ketidakseimbangan antara pasokan dan permintaan dapat menyebabkan biaya transportasi yang tinggi, keterlambatan pengiriman, dan penurunan kualitas produk. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis dan pengembangan solusi untuk mengatasi tantangan transportasi tak seimbang dan meningkatkan efisiensi logistik. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tantangan dan solusi transportasi tak seimbang menuju efisiensi logistik. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan solusi transportasi tak seimbang dan meningkatkan efisiensi logistik.*

Kata kunci: *efisiensi logistik, Solusi, Tantangan*

1. PENDAHULUAN

Transportasi memegang peran vital dalam sistem logistik modern, menjadi penghubung utama dalam aliran barang dari produsen ke konsumen. Dalam praktiknya, transportasi tidak hanya tentang memindahkan barang dari satu titik ke titik lainnya, tetapi juga tentang bagaimana mengoptimalkan penggunaan sumber daya agar proses tersebut berlangsung secara cepat, aman, dan ekonomis. Sayangnya, banyak sistem transportasi di berbagai negara, termasuk di Indonesia, masih menghadapi persoalan ketidakseimbangan baik dalam hal volume muatan antar rute, pemanfaatan moda transportasi, hingga keterbatasan infrastruktur yang memadai.

Transportasi juga merupakan salah satu pilar utama dalam rantai logistik yang menentukan kelancaran distribusi barang dari produsen ke konsumen. Namun, dalam praktiknya, banyak sistem transportasi menghadapi kondisi ketidakseimbangan baik dari segi rute, muatan, maupun penggunaan moda transportasi yang menyebabkan inefisiensi operasional dan meningkatnya biaya logistik. Ketidakseimbangan ini tidak hanya

memperlambat waktu pengiriman, tetapi juga berdampak pada kualitas layanan dan daya saing bisnis secara keseluruhan.

Ketidakseimbangan dalam transportasi dapat terjadi karena berbagai faktor, seperti perbedaan permintaan antar wilayah, ketidakseimbangan arus barang antara daerah produksi dan konsumsi, keterbatasan ketersediaan armada, hingga regulasi yang kurang adaptif terhadap perubahan kebutuhan logistik. Situasi ini mengakibatkan tingginya biaya pengiriman, penggunaan bahan bakar yang tidak efisien, meningkatnya emisi karbon, serta waktu distribusi yang lebih lama. Dalam konteks bisnis, semua ini berdampak langsung pada daya saing perusahaan, terutama di era perdagangan bebas dan ekonomi digital yang menuntut kecepatan dan efisiensi tinggi.

Masalah transportasi merupakan masalah pendistribusian barang dari beberapa sumber (persediaan atau *supply*) ke beberapa tujuan (Permintaan atau *demand*) dengan tujuan untuk meminimumkan biaya transportasi atau memaksimalkan keuntungan. Pendistribusian barang harus diatur sedemikian rupa sehingga kebutuhan akan permintaan barang tetap terpenuhi berdasarkan persediaan yang ada. Tujuan utama masalah transportasi adalah menentukan banyaknya barang yang akan diangkut dari beberapa sumber ke beberapa tujuan sehingga meminimumkan total biaya transportasi. (Setiani et al., 2023)

Terdapat beberapa metode pendahulu yang dapat digunakan untuk mencari biaya minimum masalah transportasi, yaitu metode North West Corner (NWC), Least Cost (LC), Vogel's Approximation Method (VAM), dan Stepping Stone (batu lontakan). Namun metode-metode tersebut diperlukan dua langkah dalam mencari solusi optimum masalah transportasi. Langkah pertama mencari solusi layak awal, yaitu menggunakan metode NWC, LC, dan VAM. Langkah selanjutnya solusi optimum dicari dengan menggunakan metode lanjutan yaitu metode STEPPING STONE. Oleh karena itu, metode-metode pendahulu tersebut sering disebut sebagai metode tidak langsung. (Hal et al., 2022).

2. MASALAH TRANSPORTASI

Masalah Transportasi timbul ketika seseorang mencoba menentukan cara pengiriman (pendistribusian) suatu jenis barang dari beberapa sumber (lokasi penawaran) ke beberapa tujuan (lokasi permintaan). Untuk itu perusahaan harus mampu mengatur biaya operasional yaitu biaya yang digunakan antara pengeluaran dan pemasukan perusahaan. Semakin besar rentang antara pemasukan dan pengeluaran, maka semakin besar pula keuntungan yang diperoleh dengan harapan pemasukan lebih besar dari pengeluaran. Tujuan utama transportasi adalah menentukan banyaknya barang yang optimal yang akan diangkut dari beberapa sumber

(persediaan) ke beberapa tujuan (permintaan) sehingga meminimumkan total biaya pendistribusian. Karakteristik permasalahan transportasi yaitu terdapat sejumlah sumber dan sejumlah tujuan tertentu. Komoditas atau produk yang didistribusikan dari sumber dan diminta oleh tujuan besarnya sesuai permintaan atau kapasitas sumber. Biaya pengiriman setiap unit satuan komoditas dari sumber ke tujuan besarnya tertentu. Masalah transportasi juga dapat digunakan untuk perencanaan produksi. Gambaran umum masalah transportasi dapat dilihat pada Tabel 1. (Setiani et al., 2023).

Tabel 1. Gambaran Umum Masalah Transportasi

		Tujuan (D_i)				Persediaan (a_i)
		D_1	D_2	...	D_n	
Sumber (S_i)	S_1	c_{11} x_{11}	c_{12} x_{12}	...	c_{1n} x_{1n}	a_1
	S_2	c_{21} x_{21}	c_{22}	...	c_{2n} x_{2n}	a_2
	\vdots	\vdots
	S_m	c_{m1} x_{m1}	c_{m2} x_{m2}	...	c_{mn} x_{mn}	a_m
Permintaan (b_j)		b_1	b_2	...	b_n	

Sumber : (Setiani et al., 2023)

Keterangan :

S_i = sumber ke i , dengan $i = 1, 2, \dots, m$

D_j = tujuan ke j , dengan $j = 1, 2, \dots, n$

a_i = kapasitas persediaan pada sumber ke i , dengan $i = 1, 2, \dots, m$

b_j = kapasitas permintaan pada tujuan ke j , dengan $j = 1, 2, \dots, n$

Z = nilai yang dioptimalkan (maksimum atau minimum)

c_{ij} = biaya transportasi barang dari sumber i ke tujuan j , dengan $i = 1, 2, \dots, m ; j = 1, 2, \dots, n$

Tabel 2. Masalah Transportasi

Sumber \ Tujuan	$T1$		$T2$...	Tn		Persediaan a_i
$S1$	x_{11}	C_{11}	x_{12}	C_{12}	...	x_{1n}	C_{1n}	a_1
$S2$	x_{21}	C_{21}	x_{22}	C_{22}	...	x_{2n}	C_{2n}	a_2

...
S_m	x_{m1}	C_{m1}	x_{m2}	C_{m2}	...
					x_{mn}
					C_{mn}
					a_m
Permintaan b_j	b_1	b_2	...	b_n	m
					$\sum_{i=1}^n a_i$
					$\sum_{j=1}^m b_j$

Masalah ketidakseimbangan transportasi terjadi Ketika jumlah persediaan yang tersedia tidak sebanding dengan jumlah permintaan, yang dapat berarti ada kelebihan atau kekurangan persediaan. Dalam konteks ini, masalah transportasi diklasifikasikan sebagai tidak seimbang. Untuk menyeimbangkan setiap masalah transportasi yang tidak seimbang, kolom atau baris *dummy* perlu ditambahkan. *Dummy* merupakan variabel tambahan yang dimasukkan ke dalam tabel untuk menyamakan jumlah persediaan dan permintaan tanpa mempengaruhi biaya. Ada dua kemungkinan yang terjadi pada persoalan transportasi tidak seimbang. (Setiani et al., 2023). Ada 2 kemungkinan yang terjadi pada permasalahan transportasi tidak seimbang yaitu :

1. Bila *supply* lebih besar daripada *demand* $a_i > b_j$, persoalan ini diselesaikan dengan cara menetapkan dummy pada tujuan (kolom) untuk menyerap kelebihan demand
2. Bila *supply* lebih kecil daripada *demand* $a_i < b_j$, persoalan ini diselesaikan dengan cara menetapkan cara menetapkan *dummy* pada sumber (baris) untuk men-supply kekurangan *demand*.

Dummy tujuan pada kolom maupun dummy sumber pada baris tabel transportasi pada dasarnya adalah buatan (tidak riil). Dengan demikian, biaya distribusi pada kolom dummy dan baris dummy adalah nol. Hal ini dapat dipahami karena pada kenyataan tidak terjadi pengiriman dari sumber dummy dan tidak terjadi pengiriman ke tujuan *dummy*. (Gultom & Erica, 2022)

Metode Penyelesaian Masalah Transportasi

Terdapat dua tahapan dalam penyelesaian masalah transportasi, yaitu:

1. Solusi awal yang terdiri dari:
 - a. Metode sudut barat laut (north west corner rules/NWCR)
 - b. Biaya terendah (least cost), dan
 - c. Vogel Approximation (VAM)

2. Solusi optimal, yang terdiri dari:

- a. Metode batu loncatan (stepping stone)

Metode Transportasi Menggunakan Solusi Awal

Metode North–West Corner

Metode Sudut Barat Laut (North West Corner Method) adalah sebuah metode untuk menyusun tabel awal dengan cara mengalokasikan distribusi mulai dari sel yang terletak pada sudut kiri atas. Itulah sebabnya dinamakan Metode Barat Laut. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Membuat tabel transportasi
- b. Pengalokasian pertama dimulai pada sudut kiri atas pojok barat laut tabel dan dialokasikan sebanyak mungkin pada tabel tanpa menyimpang dari kendala penawaran atau permintaan (artinya...
- c. Ini akan menghabiskan penawaran pada sumber 1 dan/atau permintaan pada tujuan 1. Akibatnya, tak ada lagi barang yang dapat dialokasikan ke kolom atau baris yang telah dihabiskan dan kemudian baris atau kolom itu tidak ada pengalokasian lagi.
- d. Alokasikan sebanyak mungkin ke kotak di dekatnya pada baris atau kolom yang masih memungkinkan. Jika kolom maupun baris telah dihabiskan, pindahlah secara diagonal ke kotak berikutnya.
- e. Lanjutkan dengan cara yang sama sampai semua penawaran telah dihabiskan dan keperluan permintaan telah dipenuhi.

Metode Biaya Terendah (Least Cost Method)

Metode Biaya Terendah adalah metode yang membuat alokasi berdasarkan pada biaya yang terendah/terkecil. LC biasa digunakan sebagai langkah awal dari metode transportasi.

Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Membuat tabel transportasi
- b. Mengidentifikasi sel dengan biaya yang paling rendah. Jika pada sel terdapat biaya yang sama, pilih salah satu.
- c. Alokasikan unit sebanyak mungkin untuk sel tersebut tanpa melebihi pasokan atau permintaan. Kemudian coret kolom atau baris yang tidak mungkin ditambahkan lagi.
- d. Teruskan pengalokasian pada sel dengan biaya yang paling rendah dari sisa.
- e. Ulangi langkah ke 2 dan 3 sampai semua unit habis dialokasikan.

Vogel Approximation Method (VAM)

Metode Vogel atau Vogel's Approximation Method (VAM) biasanya memberikan pemecahan awal yang lebih baik dari metode awal lainnya. Pada kenyataannya VAM memberikan hasil pemecahan awal yang lebih optimum atau mendekati optimum dalam mengalokasikan sumber daya dari beberapa sumber ke beberapa tujuan (daerah pemasaran).

Langkah-langkahnya sebagai berikut:

- a. Membuat tabel transportasi
- b. Cari dua biaya terendah dari masing-masing baris dan kolom
- c. Pilih selisih biaya terbesar pada baris/kolom tersebut (apabila terdapat selisih terbesar yang sama, maka dapat dipilih salah satunya)
- d. Alokasikan produk sebanyak-banyaknya (d disesuaikan dengan kapasitas dan permintaan) di sel yang memiliki biaya transport yang terendah pada baris/kolom yang memiliki selisih terbesar tersebut
- e. Baris atau kolom yang sudah digunakan tidak dapat digunakan kembali.
- f. Ulangi langkah b sampai semua produk dialokasikan sesuai dengan kapasitas dan permintaan.

Kelebihan metode VAM :

- a. Metode yang lebih mudah dan lebih cepat untuk mengatur alokasi biaya transportasi dari beberapa sumber ke daerah tujuan
- b. Hasil analisa dari metode ini sudah sangat optimal atau mendekati optimal

Kelemahan Metode VAM :

- a. Proses iterasi lebih rumit.
- b. Pada metode VAM (Vogel's Approximation Method) adalah setelah semua produk telah dialokasikan, harus menguji sel bukan basis-nya apakah sudah memiliki nilai = 0. Hal tersebut dilakukan untuk menjamin bahwa total biaya benar-benar minimum.

Metode Batu Loncatan (Stepping Stone)

Metode Stepping Stone adalah metode untuk mendapatkan solusi optimal dari masalah transportasi (biaya minimum), metode ini bersifat trial and error, yaitu dengan mencoba-coba memindahkan sel yang ada isinya (stone) ke sel yang kosong (water). Tujuan pemindahan ini adalah harus mengurangi biaya, untuk itu harus dipilih sedemikian rupa sel-sel kosong yang biaya transportasinya kecil dan memungkinkan dilakukan pemindahan. Metode Stepping Stone diawali dengan menggunakan metode langkah awal North West Corner (NWC), Least Cost, atau Vogel Approximation Method (VAM). Langkah-langkah penyelesaian dengan metode stepping stone:

- Tentukan langkah awal yang akan digunakan. Dapat menggunakan langkah awal North West Corner (NWC), Least Cost, atau Vogel Approximation Method (VAM).
- Hitung nilai setiap kotak kosong
- Nilai untuk setiap kotak kosong bernilai positif (+)
- Perhitungan kotak kosong dimulai dari +, -, +, -, +, ... Harus diawali dengan + dan diakhiri dengan
- Dalam menghitung kotak kosong, pastikan Anda dapat kembali ke kotak kosong
- Setelah menghitung nilai dari semua kotak kosong, pilih kotak kosong yang memiliki nilai minus (-) paling besar
- Pilih dan pindahkan nilai terkecil yang bersebelahan dengan kotak kosong

Lakukan kembali langkah (a) sampai (g) hingga tidak ada nilai minus (-)

Penyelesaian Masalah Transportasi Tidak Seimbang

Pt. fofa mempunyai 3 pabrik jagung di medan,binjai,belawan.dengan kapasitas produksi tiap bulan masing masing 100 tn,70 ton,60 ton.,dan mempunyai 3 Gudang penjualan aceh,berastagi,siantar,Dengan kebutuhan tiap bulan masing masing 50 ton ,110 ton,40 ton.Biaya angkut per ton (dalam ribuan) dari pabrik ke daerah Gudang seperti pada table di bawah ini :

Pabrik	aceh	berastagi	siantar	Penawaran (aj)
medan	20	5	8	100
binjai	15	20	10	70
belawan	25	10	19	60
Permintaan (bj)	50	110	40	200≠230

Tentukan alokasi jagung dari pabrik ke daerah pemasaran dan berapa biaya transportasinya.

Solusi Awal

Metode North–West Corner

- Sebanyak mungkin dialokasikan ke X_{11} .
 X_{11} : minimum di antara [50, 100], berarti $X_{11} = 50$. Ini menghabiskan penawaran pabrik 1 dan akibatnya, pada langkah selanjutnya baris 1 dihilangkan.
- Karena $X_{11} = 50$, maka permintaan pada tujuan 1 belum terpenuhi sebanyak 50. Kotak di dekatnya, X_{12} , dialokasikan sebanyak mungkin sesuai dengan $X_{12} = \min [100, 110, 50] = 50$ Ini menghilangkan kolom 1 pada langkah selanjutnya.

- c. Kemudian $X_{22} = \min [70 - 60, 110] = 60$, yang menghilangkan baris 2.
- d. $X_{23} = \min [40 - 10, 70] = 10$.
- e. $X_{33} = \min [60 - 40, 30] = 30$.

Pabrik/tujuan	Aceh		Berastagi		Siantar		Dummy		Penawaran
Medan	50	20	50	5		8		0	100
Binjai		15	60	20	10	10		0	70
Belawan		25		10	30	19	30	0	60
Permintaan	50		110		40		30		230

Untuk alokasi ini, biaya transport adalah :

$$Z = (20 \times 50) + (5 \times 50) + (20 \times 60) + (10 \times 10) + (19 \times 30) + (0 \times 30) = 3.120$$

Ingat bahwa ini hanya solusi awal, belum optimal.

Metode Biaya Terendah (Least Cost Method)

- a. Alokasi pertama kali dilakukan pada biaya (ongkos) terkecil, yaitu 0.- dialokasikan jagung sebesar 30 ton diperoleh dari min (30,100-30)
- b. Biaya (ongkos) terkecil kedua yaitu Rp. 5, dialokasikan jagung sebesar 70 ton diperoleh dari min (70,100-110)
- c. Biaya (ongkos) terkecil ketiga yaitu Rp. 10, dialokasikan jagung sebesar 40 ton diperoleh dari min (40,70-40)
- d. Biaya (ongkos) terkecil keempat yaitu Rp. 10, dialokasikan pupuk sebesar 40 ton, diperoleh dari min (40, 60-110)
- e. Biaya (ongkos) terkecil kelima yaitu Rp. 15, alokasikan pupuk sebesar 30 ton, diperoleh dari min (30,70-50)
- c. Biaya (ongkos) terkecil kelima yaitu Rp. 25, alokasikan pupuk sebesar 20 ton, diperoleh dari min (20,60-50)

Pabrik/tujuan	Aceh		Berastagi		Siantar		Dummy		Penawaran
Medan		20	70	5		8	30	0	100
Binjai	30	15		20	40	10		0	70
Belawan	20	25	40	10		19		0	60
Permintaan	50		110		40		30		230

Untuk alokasi ini, biaya transport adalah :

$$Z = (70 \times 5) + (30 \times 0) + (30 \times 15) + (40 \times 10) + (20 \times 25) + (40 \times 10) \\ = 2.100$$

Ingat bahwa ini hanya solusi awal, belum optimal.

Vogel Approximation Method (VAM)

- Tentukan selisih ongkos terbesar dari baris ke baris, lalu alokasikan pupuk ke dalam sel yang memiliki ongkos terendah. Dalam kasus sel selisih terbesar yaitu 10 diperoleh dari $(C32 - C42) = (10 - 0)$. Karena X42 memiliki ongkos terendah yaitu 0, maka dialokasikan pupuk ke sel X42 sebesar $\min(70, 30) = 30$
- Tentukan selisih ongkos terbesar kedua dari baris ke baris, lalu alokasikan pupuk ke dalam sel yang memiliki ongkos terendah. Ke dalam sel X23 dialokasikan pupuk sebesar $\min(60, 110) = 60$
- Tentukan selisih ongkos terbesar kedua dari kolom ke kolom, lalu alokasikan pupuk ke dalam sel yang memiliki ongkos terendah. Ke dalam sel X21 dialokasikan pupuk sebesar $\min(100, 110) = 50$
- Tentukan selisih ongkos terbesar ketiga dari baris ke baris, lalu alokasikan pupuk ke dalam sel yang memiliki ongkos terendah. Ke dalam sel X31 dialokasikan pupuk sebesar $\min(100, 40) = 40$
- Tentukan selisih ongkos terbesar kedua dari kolom ke kolom, lalu alokasikan pupuk ke dalam sel yang memiliki ongkos terendah. Ke dalam sel X11 dialokasikan pupuk sebesar $\min(100, 50) = 10$
- Tentukan selisih ongkos terbesar kedua dari kolom ke kolom, lalu alokasikan pupuk ke dalam sel yang memiliki ongkos terendah, karena X32 yang memiliki ongkos terendah sudah terisi, untuk memenuhi jumlah permintaan dan menyalurkan jumlah kapasitas maka pupuk di alokasikan ke sel X12 sebesar $\min(70, 50) = 40$

Pabrik/tujuan	Aceh		Berastagi		Siantar		Dummy		Penawaran
Medan	10	20	50	5	40	8		0	100
Binjai	40	15		20		10	30	0	70
Belawan		25	60	10		19		0	60
Permintaan	50		110		40		30		230

Untuk alokasi ini, biaya transport adalah :

$$Z = (20 \times 10) + (5 \times 50) + (8 \times 40) + (15 \times 40) + (0 \times 30) + (10 \times 60) = 1.970$$

Ingat bahwa ini hanya solusi awal, belum optimal.

Metode Batu Loncatan (Stepping Stone)

Langkah 1. Dengan menggunakan solusi awal yang telah dikerjakan di atas (sudut barat laut) dilakukan pengujian menggunakan solusi optimal dengan menggunakan metode batu loncatan untuk memastikan apakah biaya transportasi tersebut telah minimum. Sebelum dilakukan pengujian solusi optimal, harus dipastikan tidak terdapat degenerasi dan redundansi, artinya sel yang terisi harus memenuhi syarat $b+k-1$ (di mana b = baris, dan k = kolom). Pada contoh kasus tidak terjadi degenerasi maupun redundansi karena jumlah sel yang terisi adalah 5 dan memenuhi persyaratan ($3+3-1 = 5$), maka dapat dilakukan pengujian menggunakan solusi optimal.

Langkah 2. Menentukan jalur tertutup dari sel kosong, setelah itu menentukan perubahan biaya dari sel tertutup tersebut.

Pabrik/tujuan	Aceh	Berastagi	Siantar	Dummy	Penawaran	
Medan	50	50	8	0	100	
Binjai	15	60	10	0	70	
Belawan	25	10	30	19	30	60
Permintaan	50	110	40	30	230	

1. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{13}

$$X_{13} - X_{12} - X_{22} - X_{23} - X_{13}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{13}

$$C_{13} = 8 - 5 + 20 - 10 = 13$$

2. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{14}

$$X_{14} - X_{12} - X_{22} - X_{23} - X_{33} - X_{34} - X_{14}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{14}

$$C_{14} = 0 - 5 + 20 - 10 + 19 - 0 = 24$$

3. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{21}

$$X_{21} - X_{22} - X_{12} - X_{11} - X_{21}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{21}

$$C_{21} = 15 - 20 + 5 - 20 = -20$$

4. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{24}

$$X_{24} - X_{23} - X_{33} - X_{34} - X_{24}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{24}

$$C_{24} = 0 - 10 + 19 - 10 = 9$$

5. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{31}

$$X_{31} - X_{33} - X_{23} - X_{22} - X_{12} - X_{11} - X_{31}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{31}

$$C_{31} = 25 - 19 + 10 - 20 + 5 - 20 = -19$$

6. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{32}

$$X_{32} - X_{33} - X_{23} - X_{22} - X_{32}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{32}

$$C_{32} = 10 - 19 + 10 - 20 = -19$$

Karena perubahan masih ada yang bernilai negative, maka eksekusi di lanjutkan.

Langkah 3. Menentukan perubahan alokasi baru dan masukkan dalam tabel

Jalur X_{21} mempunyai perubahan biaya yang bernegative lebih besar

$$+ \quad - \quad + \quad - \quad +$$

$$X_{21}: X_{21} - X_{22} - X_{12} - X_{11} - X_{21}$$

$$1. X_{21} = \min(X_{22}, X_{11}) = 60, 50 = 50$$

$$2. X_{11} = X_{11} - X_{21} = 50 - 50 = 0$$

$$3. X_{12} = X_{12} + X_{21} = 50 + 50 = 100$$

Langkah 4. Masukkan perubahan nilai sel baru kedalam tabel

Pabrik/tujuan	Aceh	Berastagi	Siantar	Dummy	Penawaran			
Medan	20	100	5	8	0	100		
Binjai	50	15	10	20	10	10	0	70
Belawan	25	10	30	19	30	0	60	
Permintaan	50	110	40	30	230			

Langkah 5. Tentukan kembali jalur tertutup dari sel yang kosong dan tentukan perubahan biaya.

Sel kosong dan perubahan biaya

1. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{11}

$$X_{11} - X_{12} - X_{22} - X_{21} - X_{11}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{11}

$$C_{11} = 20 - 5 + 20 - 15 = 20$$

2. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{13}

$$X_{13} - X_{23} - X_{22} - X_{12} - X_{13}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{13}

$$C_{13} = 8 - 10 + 20 - 5 = 13$$

3. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{14}

$$X_{14} - X_{12} - X_{22} - X_{23} - X_{33} - X_{34} - X_{14}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{14}

$$C_{14} = 0 - 5 + 20 - 10 + 19 - 0 = 24$$

4. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{24}

$$X_{24} - X_{23} - X_{33} - X_{34} - X_{24}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{24}

$$C_{24} = 0 - 10 + 19 - 0 = 9$$

5. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{31}

$$X_{31} - X_{33} - X_{23} - X_{21} - X_{31}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{31}

$$C_{31} = 25 - 19 + 10 - 15 = 1$$

6. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{32}

$$X_{32} - X_{33} - X_{23} - X_{22} - X_{32}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{32}

$$C_{32} = 10 - 19 + 10 - 20 = -19$$

Karena perubahan masih ada yang bernilai negative, maka eksekusi di lanjutkan.

Langkah 6. Menentukan perubahan alokasi baru dan masukkan dalam tabel

Jalur X_{32} mempunyai perubahan biaya yang bernegative lebih besar

$$+ \quad - \quad + \quad - \quad +$$

$$X_{32}: X_{33} - X_{23} - X_{22} - X_{32}$$

$$1. X_{32} = \min (X_{33}, X_{22}) = 30, 10 = 10$$

$$2. X_{22} = X_{22} - X_{32} = 10 - 10 = 0$$

$$3. X_{23} = X_{23} + X_{32} = 10 + 10 = 20$$

Langkah 7. Masukkan perubahan nilai sel baru kedalam tabel

Pabrik/tujuan	Aceh	Berastagi	Siantar	Dummy	Penawaran
Medan	20	100	5	8	0
	15			10	

Binjai	50		20	20		0	70	
Belawan		25	10	10	20	19	30	60
Permintaan	50		110		40		30	230

Langkah 8. Tentukan kembali jalur tertutup dari sel yang kosong dan tentukan perubahan biaya.

Sel kosong dan perubahan biaya

1. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{11}

$$X_{11} - X_{12} - X_{32} - X_{33} - X_{23} - X_{21} - X_{11}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{11}

$$C_{11} = 20 - 5 + 10 - 19 + 10 - 15 = 1$$

2. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{13}

$$X_{13} - X_{12} - X_{32} - X_{33} - X_{13}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{13}

$$C_{13} = 8 - 5 + 10 - 19 = -6$$

3. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{14}

$$X_{14} - X_{12} - X_{32} - X_{34} - X_{14}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{14}

$$C_{14} = 0 - 5 + 10 - 0 = 5$$

4. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{22}

$$X_{22} - X_{23} - X_{33} - X_{32} - X_{22}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{22}

$$C_{22} = 20 - 10 + 19 - 10 = 19$$

5. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{24}

$$X_{24} - X_{34} - X_{33} - X_{23} - X_{24}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{24}

$$C_{24} = 0 - 10 + 19 - 0 = 9$$

6. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{31}

$$X_{31} - X_{33} - X_{23} - X_{21} - X_{31}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{31}

$$C_{31} = 25 - 19 + 10 - 15 = 1$$

Karena perubahan masih ada yang bernilai negative, maka eksekusi di lanjutkan.

Langlah 9. Menentukan perubahan alokasi baru dan masukkan dalam tabel

Jalur X_{13} mempunyai perubahan biaya yang bernegative lebih besar

+ - + - +

X_{13} : $X_{12}-X_{32}-X_{33}-X_{13}$

1. $X_{13} = \min (X_{12}, X_{33}) = 100, 20 = 20$
2. $X_{33} = X_{33} - X_{13} = 20 - 20 = 0$
3. $X_{32} = X_{32} + X_{13} = 10 + 20 = 30$

Langkah 10. Masukkan perubahan nilai sel baru kedalam tabel

Pabrik/tujuan	Aceh	Berastagi	Siantar	Dummy	Penawaran		
Medan	20	80	5	20	8	0	100
Binjai	50	15	20	20	10	0	70
Belawan	25	30	10	19	30	0	60
Permintaan	50	110	40	30	230		

Langkah 11. Tentukan kembali jalur tertutup dari sel yang kosong dan tentukan perubahan biaya.

Sel kosong dan perubahan biaya

1. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{11}

$$X_{11} - X_{13} - X_{23} - X_{21} - X_{11}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{11}

$$C_{11} = 20 - 8 + 10 - 15 = 7$$

2. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{14}

$$X_{14} - X_{12} - X_{32} - X_{34} - X_{14}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{14}

$$C_{14} = 0 - 5 + 10 - 0 = 5$$

3. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{22}

$$X_{22} - X_{23} - X_{13} - X_{12} - X_{22}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{22}

$$C_{22} = 20 - 10 + 8 - 5 = 13$$

4. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{24}

$$X_{24} - X_{23} - X_{13} - X_{12} - X_{32} - X_{24}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{24}

$$C_{24} = 0 - 10 + 8 - 5 - 10 - 0 = 3$$

5. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{31}

$$X_{31} - X_{23} - X_{12} - X_{13} - X_{23} - X_{21} - X_{31}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{31}

$$C_{31} = 25 - 10 + 5 - 8 + 10 - 15 = 7$$

6. Pergerakan batu loncatan (jalur tertutup) dari sel yang kosong X_{33}

$$X_{33} - X_{13} - X_{12} - X_{32} - X_{33}$$

Jalur kosong untuk perubahan biaya C_{33}

$$C_{33} = 19 - 8 + 5 - 10 = 6$$

Karena perubahan biaya semua sudah positif maka proses eksekusi telah selesai.

Alokasi jagung dari pabrik ke daerah penjualan menurut metode sudut barat laut (north west corner) yang diuji dengan metode batu loncatan (stepping stone) adalah :

Dari	Ke	Jumlah/ton	Ongkos/ton	Biaya
Medan	Berastagi	80	5000	400.000
Medan	Siantar	20	8000	160.000
Binjai	Aceh	50	15000	750.000
Binjai	Siantar	20	10000	200.000
Belawan	Berastagi	30	10000	300.000
Total Biaya				1.810.00

3 KESIMPULAN

Metode North–West Corner Metode Sudut Barat Laut (North West Corner Method) adalah sebuah metode untuk menyusun tabel awal dengan cara mengalokasikan distribusi mulai dari sel yang terletak pada sudut kiri atas. Itulah sebabnya dinamakan Metode Barat Laut. merupakan metode untuk mendapatkan solusi awal. Sama dengan, Metode Biaya Terendah (Least Cost Method), Vogel Approximation Method (VAM). Sedangkan metode stepping stone solusi sudah optimal seperti yang sudah di jelaskan diatas.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh bahwa solusi optimal pendistribusian jagung dari Gudang ke tempat pemasaran berastagi mengalokasikan sebanyak 80 ton ke tujuan berastagi, sedangkan dari medan ke siantar 20 ton dengan ongkos 8000, lalu dari binjai ke aceh sebanyak 50 ton, dan binjai ke siantar 20 ton, belawan ke berastagi 30 ton dengan total biaya 1.810.00 Metode juga masih sederhana dan mudah dipahami.

DAFTAR PUSTAKA

- Gultom, P., & Erica, D. (2022). *PENGANTAR RISET OPERASI*.
- Hal, J., Muhtarulloh, F., & Maulidina, A. (2022). *Jurnal Sains Matematika dan Statistika Metode Sirisha-Viola Untuk Menemukan Solusi Optimal Masalah Transportasi*. 8(1), 19–26.
- Setiani, I. A., Helmi, & Pasaribu, M. (2023). *Optimasi Transportasi Seimbang Dan Tak Seimbang Menggunakan Metode Modifikasi ASM*. 12(5), 443–452.
- Siswanto, J. (2007). *Pengantar Riset Operasi*. Jakarta: Erlangga.
- Nasution, M. N. (2005). *Riset Operasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wicaksono, R. A., & Sulistyowati, A. (2021). *Optimasi Distribusi Barang Menggunakan Metode North West Corner dan Stepping Stone*. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 10(2), 55–64.
- Aziz, M., & Surya, E. (2020). *Penyelesaian Masalah Transportasi Menggunakan Metode MODI dan VAM*. *Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 11(1), 23–31.
- Putri, A. Y., & Lestari, A. D. (2019). *Implementasi Metode Vogel's Approximation Method dan MODI dalam Penentuan Biaya Minimum Distribusi*. *Jurnal Gaussian*, 8(3), 487–496.
- Pratiwi, H. D., & Pambudi, H. (2021). *Analisis Optimasi Transportasi Menggunakan Metode Least Cost dan MODI*. *Jurnal Matematika UNESA*, 9(2), 110–118.
- Hidayat, A., & Rahmawati, I. (2022). *Optimasi Biaya Distribusi Menggunakan Metode Stepping Stone dan MODI*. *Jurnal Matematika Terapan dan Komputasi*, 5(1), 34–42.