

MEMINIMUMKAN BIAYA TRANSPORTASI DENGAN METODE ALLOCATION TABLE METHOD DAN MODIFIED DISTRIBUTION

Yoga Gilbert Ginting*

Universitas Sumatera Utara, Medan, Sumatera Utara, Indonesia, 20155

Aghni Syahmarani

Universitas Sumatera Utara, Medan, Sumatera Utara, Indonesia, 20155

Parapat Gultom

Universitas Sumatera Utara, Medan, Sumatera Utara, Indonesia, 20155

Sawaluddin

Universitas Sumatera Utara, Medan, Sumatera Utara, Indonesia, 20155

Abstrak. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji metode solusi layak awal *Allocation Table Method* (ATM) dalam meminimumkan biaya transportasi pendistribusian dengan solusi optimal *Modified Distribution*. Untuk mengkaji solusi layak awal *Allocation Table Method*, dalam penelitian ini akan dilakukan percobaan modifikasi pada langkah penyelesaiannya, dengan diberikan sebuah implementasi kasus di sebuah instansi. Hasil penelitian membuktikan bahwa solusi layak awal *Allocation Table Method* dan percobaan modifikasi dengan menggunakan biaya genap minimum, solusi yang dihasilkan optimal dan biaya transportasi lebih minimum.

Kata Kunci: *Allocation Table Method*, Biaya Transportasi, *Modified Distribution*

Abstract. The purpose of this research is to examine the initial feasible solution method of *Allocation Table Method* (ATM) in minimizing the distribution transportation cost with the optimal solution of *Modified Distribution*. To ensure that the *Allocation Table Method* is the exact method to find the initial feasible solution, this research will conduct modification experiments on the solution step, by providing an implementation case at the agency. The results prove that the initial feasible solution of the *Allocation Table Method* and modification experiments with minimum even costs, provide an optimal solution and the minimum transportation costs incurred.

Keywords: *Allocation Table Method*, Transportation Cost, *Modified Distribution*

Sitasi: Ginting, Y.G., Syahmarani, A., Gultom, P., Sawaluddin. 2024. Meminimumkan Biaya Transportasi Dengan Metode Allocation Table Method dan Modified Distribution. *MES (Journal of Mathematics Education and Science)*, 10(1): 151-158.

Submit: 27 Juli 2024	Revise: 27 Agustus 2024	Accepted: 27 Agustus 2024	Publish: 31 Oktober 2024
--------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------

PENDAHULUAN

Masalah transportasi adalah kasus khusus dari pemrograman linier, di mana strateginya adalah memaksimalkan keuntungan dengan meminimalkan biaya pendistribusian produk atau komoditas dari sumber yang berbeda ke tujuan yang berbeda (Abdi & Bahri, 2021). Pada dasarnya, prosedur penyelesaian masalah transportasi terdiri dari beberapa fase yakni perumusan matematika dari masalah transportasi, menemukan solusi layak awal dan mengoptimalkan solusi layak awal (Ahmed *et al.*, 2016).

Allocation Table Method (ATM) merupakan salah satu metode dalam mencari solusi layak awal yang dimana metode ini merupakan metode yang diperkenalkan oleh Ahmed dkk. (Ahmed *et al.*, 2016). Metode ini telah dipelajari sejak awal diperkenalkan dan telah banyak diteliti oleh (Abdi & Bahri, 2021; Novia, 2018; Pratama *et al.*, 2024; Utami & Diwandari, 2019;

*Corresponding Author: yogaginting09@gmail.com

Hermawati, 2022). Sedangkan *Modified Distribution* (MODI) merupakan salah satu metode untuk melakukan uji optimalitas solusi layak awal. Metode ini merupakan pengembangan dualitas dari metode *Stepping Stone*, MODI tidak menggunakan jalur tertutup untuk variable non basis, tetapi nilai C_{ij} ditentukan secara bersama-sama dan jalur tertutup tetap digunakan untuk *entering variable* yang diidentifikasi (Kurnia *et al.*, 2021).

Pada penelitian ini, penulis akan mengkaji metode solusi layak awal *Allocation Table Method* (ATM) dengan melakukan percobaan modifikasi pada langkah penyelesaiannya dengan solusi optimal *Modified Distribution* (MODI) dengan implementasi di Perum Bulog Kantor Cabang Medan pada pengiriman Minyak Goreng Kita dalam meminimumkan biaya transportasinya.

METODE

Salah satu masalah yang sering terjadi di dunia nyata, khususnya dalam industri produksi, adalah masalah transportasi. Semakin besar jaringan industri maka semakin kompleks pula jaringan penjualannya. Masalah transportasi muncul ketika mencoba mengirimkan berbagai barang tertentu dari berbagai sumber ke berbagai tujuan dengan tujuan meminimalkan biaya.

Masalah transportasi memiliki beberapa karakteristik, yaitu (Lasmana, 2021):

1. Ada sejumlah tujuan dan sumber tertentu.
2. Kuantitas barang yang diminta untuk setiap tujuan dan yang didistribusikan dari setiap sumber adalah tertentu.
3. Kuantitas atau jumlah barang yang dikirim dari suatu sumber ke suatu tempat sesuai dengan permintaan atau kapasitas sumber tersebut.
4. Biaya yang diperlukan untuk membawa barang dari satu lokasi ke lokasi lain adalah tertentu.

Masalah transportasi dapat digolongkan menjadi masalah transportasi seimbang dan masalah transportasi tidak seimbang yakni (Iftitah *et al.*, 2020):

1. Jika jumlah pasokan dari semua sumber sama dengan jumlah permintaan dari semua tujuan. Maka masalah tersebut disebut masalah transportasi seimbang. Secara matematis, masalah ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (1)$$

2. Jika jumlah pasokan dari semua sumber tidak sama dengan jumlah permintaan dari semua tujuan. Maka masalah tersebut disebut masalah transportasi tidak seimbang. Secara matematis, masalah ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^m a_i \neq \sum_{j=1}^n b_j \quad (2)$$

Model Matematika Masalah Transportasi

Model transportasi adalah model yang secara khusus menangani distribusi atau pengiriman komoditas, produk, atau barang dari sejumlah sumber (pasokan) yang sesuai dengan sejumlah tujuan (permintaan) untuk meminimalkan biaya transportasi (Ananda & Astuti, 2023).

Secara matematis, model transportasi dapat dirumuskan dalam model matematika yakni:

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

dengan fungsi kendala:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n X_{ij} &= a_i, & i &= 1, 2, \dots, m \text{ (Kendala pasokan)} \\ \sum_{i=1}^m X_{ij} &= b_j, & j &= 1, 2, \dots, n \text{ (Kendala permintaan)} \end{aligned}$$

$$\text{untuk semua } X_{ij} \geq 0 \text{ untuk semua } i \text{ dan } j \quad (3)$$

Allocation Table Method (ATM)

Allocation Table Method (ATM) merupakan salah satu metode dalam optimisasi yang bertujuan untuk menemukan solusi layak awal dari suatu masalah transportasi dan terkadang memberikan solusi yang sama dengan solusi optimal (Pratama *et al.*, 2024). Berikut adalah langkah-langkah *Allocation Table Method* (ATM) yaitu (Ahmed *et al.*, 2016) :

1. Pastikan apakah masalah transportasi seimbang, artinya jumlah persediaan sama dengan jumlah permintaan. Jika tidak seimbang buatlah seimbang dengan memodifikasi tabel dengan penambahan dummy.
2. Pilih biaya ganjil minimum dari semua sel biaya dalam tabel transportasi. Jika tidak ada biaya bernilai ganjil dalam tabel transportasi, bagilah semua sel biaya dengan dua sampai diperoleh paling sedikit satu sel yang memuat biaya ganjil.
3. Apabila masih ada sel biaya ganjil pada tabel transportasi, kurangilah dengan biaya ganjil minimum yang diperoleh pada langkah ketiga. Tabel pada langkah ini dinamakan dengan *Allocation Table* (AT). Setiap sel pada tabel alokasi dinamakan *Allocation Cell Value* (ACV).
4. Mulailah alokasi dari penawaran atau permintaan minimum. Alokasikan penawaran atau permintaan minimum ini pada biaya ganjil minimum yang diperoleh pada langkah ketiga. Jika permintaan terpenuhi, kolom dicoret. Sebaliknya, jika penawaran terpenuhi baris dicoret.
5. Selanjutnya, Pilih *Allocation Cell Value* (ACV) yang mempunyai nilai terkecil selanjutnya, kemudian alokasikan pada sel terpilih tersebut dengan minimal penawaran dan permintaan. Jika terdapat beberapa nilai minimal yang sama, maka pilih sel dengan alokasi minimal yang bisa dipilih dari penawaran dan permintaan. Lebih lanjut, jika kasusnya mempunyai alokasi sama pilih sel dengan biaya termurah. Lebih lanjut, jika sel biaya dan alokasi sama, pilih sel terdekat dengan minimal permintaan atau persediaan kemudian alokasikan.
6. Lakukan iterasi sampai penawaran dan permintaan habis.
7. Pindahkan alokasi yang terbentuk ke tabel transportasi awal.
8. Terakhir, hitung total biaya pada tabel transportasi, yaitu dengan menjumlahkan perkalian antara biaya dan nilai alokasi yang bersesuaian dari tabel transportasi.

Modified Distribution (MODI)

Metode *Modified Distribution* (MODI) mengubah pengalokasian produk dengan menggunakan indeks yang diperhalus berdasarkan nilai tiap baris dan tiap kolom untuk mendapatkan pengalokasian yang optimal. Adapun langkah-langkah penyelesaiannya yakni:

1. Tentukan nilai-nilai U_i untuk setiap baris dan nilai V_j untuk setiap kolom dengan menggunakan hubungan

$$C_{ij} = U_i + V_j \quad (4)$$
 untuk semua variabel basis dan tetapkan nilai nol (0) untuk U_1 .
2. Hitung perubahan biaya C_{ij} untuk setiap variabel non basis dengan menggunakan rumus

$$C_{ij} = c_{ij} - U_i - V_j \quad (5)$$
3. Jika terdapat C_{ij} negatif solusi belum optimal. Pilih variabel dengan nilai C_{ij} negatif terbesar sebagai *entering variable*.
4. Alokasikan barang ke *entering variable* X_{ij} sesuai dengan proses *Stepping Stone*.
5. Ulangi langkah a sampai tidak ada nilai C_{ij} yang negatif.

Studi Kasus Perum Bulog Kantor Cabang Medan

Penelitian ini dilakukan di Perum Bulog Kantor Cabang Medan, Timbang Deli, Medan Amplas, Medan, Sumatera Utara 20149. Adapun jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder atau data kuantitatif. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data kapasitas persediaan Minyak Goreng Kita, data permintaan Minyak Goreng Kita, dan biaya tarif pengiriman Minyak Goreng Kita pada tahun 2023.

Data yang diperoleh dari Perum Bulog Kantor Cabang Medan akan diolah dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membuat tabel transportasi awal dan model matematika.
2. Mencari solusi layak awal dengan metode *Allocation Table Method* (ATM).
3. Melakukan modifikasi solusi layak awal *Allocation Table Method* (ATM). *Allocation Table Method* (ATM) merupakan metode transportasi yang digunakan untuk mencari solusi layak awal dimana dalam tahap penyelesaiannya menggunakan nilai atau biaya ganjil minimum. Akan tetapi dalam hal ini penulis mencoba menggantikannya dengan menggunakan nilai biaya ganjil maksimum, nilai genap minimum, dan nilai genap maksimum.
4. Uji optimalitas dengan *Modified Distribution* (MODI).
5. Menarik kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum menemukan solusi layak dan solusi optimal, permasalahan transportasi yang ada terlebih dahulu dibentuk ke dalam tabel transportasi awal dan model matematika yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Transportasi Awal

Sumber	Tujuan						Supply
	Medan	Binjai	Deli Serdang	Tebing Tinggi	Serdang Bedagai	Langkat	
PBD I	170	210	210	230	230	220	13.767
PBD II	200	200	220	242	220	210	177.760
Demand	93.934	4.680	83.861	1.410	3.948	3.694	191.527

Dari Tabel 1 dapat dirumuskan model matematika sebagai berikut:

Minimumkan:

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

$$Z = 170X_{12} + 210X_{12} + 210X_{13} + 230X_{14} + 230X_{15} + 220X_{16} + 200X_{21} + 200X_{22} + 220X_{23} + 242X_{24} + 220X_{25} + 210X_{26}$$

Dengan Kendala:

$$\sum X_{ij} = a_i$$

$$170X_{12} + 210X_{12} + 210X_{13} + 230X_{14} + 230X_{15} + 220X_{16} = 13.767$$

$$200X_{21} + 200X_{22} + 220X_{23} + 242X_{24} + 220X_{25} + 210X_{26} = 177.760$$

$$\sum X_{ij} = b_i$$

$$170X_{12} + 200X_{21} = 93.934$$

$$210X_{12} + 200X_{22} = 4.680$$

$$210X_{13} + 220X_{23} = 83.861$$

$$230X_{14} + 242X_{24} = 1.410$$

$$230X_{15} + 220X_{24} = 3.948$$

$$220X_{16} + 210X_{26} = 3.694$$

Untuk semua $X_{ij} \geq 0$

dengan:

a_i = Persediaan ke i , $i = 1, 2, \dots, m$

b_j = Permintaan ke j , $j = 1, 2, \dots, n$

X_{ij} = Banyak unit barang dari sumber i ke tujuan j

C_{ij} = Biaya distribusi barang dari sumber i ke tujuan j

Analisa Solusi Awal dengan *Allocation Table Method* (ATM)

Berdasarkan langkah-langkah *Allocation Table Method* (ATM) diperoleh tabel alokasi solusi layak awal *Allocation Table Method* (ATM) berikut pada kasus pendistribusian minyak goreng kita di perum bulog kantor cabang medan berikut.

Tabel 2. Tabel Alokasi Solusi Layak Awal ATM

Sumber	Tujuan						Persediaan (Liter)
	Medan	Binjai	Deli Serdang	Tebing Tinggi	Serdang Bedagai	Langkat	
	170	210	210	230	230	220	
PBD I	13.767						13.767
	200	200	220	242	220	210	
PBD II	80.167	4.680	83.861	1.410	3.948	3.694	177.760
Permintaan (Liter)	93.934	4.680	83.861	1.410	3.948	3.694	191.527

Sehingga diperoleh total biaya transportasi solusi layak awal ATM sebagai berikut.

$$Z_{min} = (170 \times 13.767) + (200 \times 80.167) + (200 \times 4.680) + (220 \times 83.861) + (242 \times 1.410) + (220 \times 3.948) + (210 \times 3.694) = \text{Rp } 39.744.730,00.$$

Percobaan Modifikasi Solusi Layak Awal *Allocation Table Method* (ATM)

Allocation Table Method (ATM) merupakan metode transportasi yang digunakan untuk mencari solusi layak awal dimana dalam tahap penyelesaiannya menggunakan nilai atau biaya ganjil minimum. Akan tetapi dalam hal ini penulis mencoba memodifikasinya dengan menggunakan nilai biaya ganjil maksimum, nilai genap minimum, dan nilai genap maksimum. Dari hasil modifikasi diperoleh alokasi solusi layak awal hasil modifikasi dengan nilai biaya ganjil maksimum, nilai genap minimum, dan nilai genap maksimum yaitu:

Tabel 3 Alokasi Solusi Layak Awal Percobaan Modifikasi Dengan Biaya Ganjil Maksimum

Sumber	Tujuan						Persediaan (Liter)
	Medan	Binjai	Deli Serdang	Tebing Tinggi	Serdang Bedagai	Langkat	
	170	210	210	230	230	220	
PBD I	10.073					3.694	13.767
	200	200	220	242	220	210	
PBD II	83.861	4.680	83.861	1.410	3.948		177.760
Permintaan (Liter)	93.934	4.680	83.861	1.410	3.948	3.694	191.527

Sehingga diperoleh total biaya transportasi solusi layak awal Modifikasi ATM dengan Biaya Ganjil Maksimal sebagai berikut.

$$Z_{min} = (170 \times 10.073) + (220 \times 3.694) + (200 \times 83.861) + (200 \times 4.680) + (220 \times 83.861) + (242 \times 1.410) + (220 \times 3.948) = \text{Rp } 39.892.490,00$$

Tabel 4. Alokasi Solusi Layak Awal Percobaan Modifikasi Dengan Biaya Genap Minimum

Sumber	Tujuan						Persediaan (Liter)
	Medan	Binjai	Deli Serdang	Tebing Tinggi	Serdang Bedagai	Langkat	
	170	210	210	230	230	220	
PBD I	13.767						13.767
	200	200	220	242	220	210	
PBD II	80.167	4.680	83.861	1.410	3.948	3.694	177.760
Permintaan (Liter)	93.934	4.680	83.861	1.410	3.948	3.694	191.527

Sehingga diperoleh total biaya transportasi solusi layak awal Modifikasi ATM dengan Biaya Genap Minimum sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Z_{min} &= (170 \times 13.767) + (200 \times 80.167) + (200 \times 4.680) + (220 \times 83.861) + \\
 &\quad (242 \times 1.410) + (220 \times 3.948) + (210 \times 3.694) \\
 &= \text{Rp } 39.744.730,00
 \end{aligned}$$

Tabel 5. Alokasi Solusi Layak Awal Percobaan Modifikasi Dengan Biaya Genap Maksimum

Sumber	Tujuan						Persediaan (Liter)
	Medan	Binjai	Deli Serdang	Tebing Tinggi	Serdang Bedagai	Langkat	
	170	210	210	230	230	220	
PBD I	1.445	4.680			3.948	3.694	13.767
	200	200	220	242	220	210	
PBD II	92.489		83.861	1.410			177.760
Permintaan (Liter)	93.934	4.680	83.861	1.410	3.948	3.694	191.527

Sehingga diperoleh total biaya transportasi solusi layak awal Modifikasi ATM dengan Biaya Genap Maksimum sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Z_{min} &= (170 \times 1.445) + (210 \times 4.680) + (230 \times 3.948) + (220 \times 3.694) \\
 &\quad (200 + 92.489) + (220 \times 83.861) + (242 \times 1.410) \\
 &= \text{Rp } 40.237.610,00
 \end{aligned}$$

Uji Optimalitas Solusi Layak Awal Dengan Modified Distribution (MODI)

Sebelum pengujian dilakukan, harus dipastikan bahwa tidak ada degenerasi atau redundansi, dengan syarat sel harus ada $m + n - 1$ buah sel basis. Karena solusi layak awal memenuhi syarat $m + n - 1$. Maka uji optimalitas dapat dilakukan, dengan langkah sebagai berikut:

1. Menemukan nilai- nilai U_i untuk semua baris dan nilai V_j untuk semua kolom dengan menerapkan hubungan $c_{ij} = U_i + V_j$ untuk setiap variabel basis dan tetapkan nilainya nol (0) untuk U_1 .
2. Menemukan C_{ij} untuk semua variabel non basis dengan menerapkan rumus $C_{ij} = c_{ij} - U_i - V_j$.
3. Berikut Tabel 6 adalah tabel alokasi dengan solusi optimum *Modified Distribution* (MODI).

Tabel 6. Alokasi Uji Optimalitas MODI

Sumber	Tujuan						Supply
	$V_1 = 170$ Medan	$V_2 = 170$ Binjai	$V_3 = 190$ Deli Serdang	$V_4 = 212$ Tebing Tinggi	$V_5 = 190$ Serdang Bedagai	$V_6 = 180$ Langkat	
PBD I	170	210	210	230	230	220	
$U_1 = 0$	13.767						13.767
PBD II	200	200	220	242	220	210	
$U_2 = 30$	80.167	4.680	83.861	1.410	3.948	3.694	177.760
Demand	93.934	4.680	83.861	1.410	3.948	3.694	191.527

Karena semua nilai $C_{ij} \geq 0$, tidak ada nilai yang negatif, maka dapat dihitung total biaya dengan rumus minimum $Z = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^6 C_{ij} X_{ij}$ sehingga:

$$Z_{min} = (170 \times 13.767) + (200 \times 80.167) + (200 \times 4.680) + (220 \times 83.861) + (242 \times 1.410) + (220 \times 3.948) + (210 \times 3.694) = \text{Rp } 39.744.730,00.$$

Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan penelitian, peneliti mencari solusi untuk mendapatkan biaya transportasi yang minimum agar dapat menghemat biaya total pengiriman Minyak Goreng Kita dari suatu gudang ke berbagai daerah tempat pemasaran. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dalam menyelesaikan masalah transportasi yaitu *Allocation Table Method* (ATM) dan percobaan modifikasi *Allocation Table Method* (ATM) dengan solusi optimal *Modified Distribution* (MODI). Dilihat dari hasil solusi layak awal di atas bahwa metode *Allocation Table Method* (ATM) dan percobaan modifikasi dengan biaya genap minimum memberikan solusi yang sama besar dan juga memberikan hasil yang sama besar dengan solusi optimum *Modified Distribution* (MODI) yaitu sebesar Rp39.744.730,00/ tahun dengan alokasi pendistribusian Minyak Goreng Kita dari gudang ke titik distribusi sebagai berikut:

1. Gudang PBD I ke Medan sebanyak 13.767 liter.
2. Gudang PBD II ke Medan sebanyak 80.167 liter.
3. Gudang PBD II ke Binjai sebanyak 4.680 liter.
4. Gudang PBD II ke Deli Serdang sebanyak 83.861 liter.
5. Gudang PBD II ke Tebing Tinggi sebanyak 1.410 liter.
6. Gudang PBD II ke Serdang Berdagai sebanyak 3.948 liter.
7. Gudang PBD II ke Langkat sebanyak 3.694 liter.

Dilihat dari hasil yang diperoleh bahwa metode ini dapat meminimalisir biaya transportasi.

KESIMPULAN

Penyelesaian masalah transportasi dengan menggunakan metode *Allocation Table Method* (ATM) memberikan solusi layak awal sebesar Rp 39.744.730,00. Sedangkan pada percobaan modifikasi *Allocation Table Method* (ATM) dengan melakukan tiga percobaan modifikasi memberikan nilai solusi layak awal sebagai berikut:

1. Percobaan dengan menggunakan biaya ganjil maksimum menghasilkan solusi layak awal sebesar Rp 39.892.490,00.
2. Percobaan modifikasi dengan biaya genap minimum menghasilkan solusi layak awal sebesar Rp.39.744.730,00,
3. Percobaan modifikasi dengan menggunakan biaya genap maksimum menghasilkan solusi layak awal sebesar Rp.40.237.610,00.

Berdasarkan hasil solusi layak awal yang diperoleh bahwa metode *Allocation Table Method* (ATM) dan percobaan modifikasi dengan genap minimum memberikan solusi yang

sama besar dengan solusi optimal *Modified Distribution* (MODI) yaitu Rp 39.744.730,00. Dimana dengan rincian pendistribusian Minyak Goreng Kita dari gudang ke titik distribusi sebagai berikut.

1. Gudang PBD I ke Medan sebanyak 13.767 liter
2. Gudang PBD II ke Medan sebanyak 80.167 liter
3. Gudang PBD II ke Binjai sebanyak 4.680 liter
4. Gudang PBD II ke Deli Serdang sebanyak 83.861 liter
5. Gudang PBD II ke Tebing Tinggi sebanyak 1.410 liter
6. Gudang PBD II ke Serdang Berdagai sebanyak 3.948 liter
7. Gudang PBD II ke Langkat sebanyak 3.694 liter

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, H., & Bahri, S. (2021). Penyelesaian Masalah Transportasi Menggunakan Allocation Table Method (Atm). *Jurnal Matematika UNAND*, 10(1), 46.
- Ahmed, M. M., Khan, A. R., Uddin, M. S., & Ahmed, F. (2016). A New Approach to Solve Transportation Problems. *Open Journal of Optimization*, 05(01), 22–30. <https://doi.org/10.4236/ojop.2016.51003>
- Ananda, R., & Astuti, Y. P. (2023). Analisis Sensitivitas Biaya Transportasi Optimal Pada Cv Ajp. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 11(3), 383–390.
- D. H. Agustini dan Y. E. Rahmadi, Riset Operasional: Konsep-Konsep Dasar, vol. 1. Jakarta: Rineka Cipta, 2004.
- Ibnas, R. (2015). Implementasi Metode Transportasi Dalam Optimasi Biaya Distribusi Roti Pada PT. Granedia Makassar. *Jurnal Teknosains*, 11(1), 135–148.
- Hermawati, S. (2022). Penerapan origin-max-max method , allocation table method dan russell's approximation method untuk meminimasi biaya distribusi. *Thesis*.
- Iftitah, N., Affandi, P., & Yusuf, A. (2020). *Penyelesaian Model Transportasi Menggunakan Metode ASM*. 14(1), 40–52.
- Kurnia, R., Shafira, W. A., Oktaviani, R., & Fauzi, M. (2021). Penerapan Metode Modified Distribution (MODI) Untuk Optimalisasi Biaya Distribusi Produk Alat Kesehatan. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika Dan Statistika*, 2. <https://doi.org/10.46306/lb.v2i2>
- Lasmana, A. (2021). *Metode Transportasi Pada Program Linear Untuk Pendistribusian Barang*. 20.
- Lestari R, Romadhon T, Fauzi M. Implementasi Model Transportasi Distribusi Produk Vaksin Hepatitis B Menggunakan Metode Least Cost Dan Modified Distribution. *Jurnal Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*. 2021;2(2):180-193.
- Meflinda, A., & Mahyarni. (2011). *Operations Research (Riset Operasi)*. Unri Press.
- Novia, L. I. (2018). *Penerapan Allocation Table Method (ATM) untuk meminimkan Biaya Transportasi Distribusi LPG 3 kg (Sebagai Monograf)*. Universitas Jember.
- Pratama, P. H. A., Helmi, & Yuddi. (2024). *Pentuan Biaya Transportasi Pendistribusian Ikan Nila Menggunakan Allocation Table Method (ATM) (Studi Kasus : Desa kuala Buayan)*. 13(1), 63–70.
- Prasad, A. K., & Singh, D. R. (2020). Modified Least Cost Method for Solving Transportation Problem. *Proceedings on Engineering Sciences*, 2(3), 269–280. <https://doi.org/10.24874/PES02.03.006>
- Utami, W. S., & Diwandari, S. (2019). Implementasi Algoritma Allocation Table Method untuk Optimalisasi Pendistribusian Produk Multi Sources dan Multi Destinations. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATi)*, 52–56.