

OPTIMISASI TRANSPORTASI PADA LINGKUNGAN KABUR DENGAN PENERAPAN *NORTH WEST CORNER* DAN *FUZZY MODIFIED DISTRIBUTION*

Gilbert Pauly Hamonangan Tambunan

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

Muhammad Romi Syahputra

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

Abstrak. Pendistribusian komoditi pertanian ke industri pengolahan memerlukan biaya yang cukup besar. Hal tersebut disebabkan oleh alokasi yang tidak optimal. Pengalokasian yang optimal harus memperhatikan perbedaan biaya distribusi transportasi di setiap daerah tujuan. Desa Pamah memiliki komoditas jagung-jagung yang diproduksi pada musim panen. Di setiap musim panen, hasil panen tersebut dijual kepada 5 pengepul. Dari pengepul tersebut dipasarkan ke 12 industri pengolah jagung. Dalam melakukan pengoptimalan alokasi dan meminimumkan biaya distribusi, diselesaikan dengan pendekatan fuzzy dan metode North West Corner untuk mendapatkan solusi awal, serta metode Fuzzy Modified Distribution untuk mendapatkan solusi optimal. Hasil penelitian ini menghasilkan distribusi pengiriman dari 5 pengepul ke 12 industri pengolah jagung dengan total biaya minimum sebesar Rp 1.410.507.435,00.

Kata Kunci: Distribusi, Metode North West Corner, Metode Fuzzy Modified Distribution, Transportasi.

Abstract. Distribution of agricultural commodities to processing industries requires quite large costs. This is caused by suboptimal allocation. Optimal allocation must take into account differences in transportation distribution costs in each destination area. Pamah Village has a corn commodity, corn which is produced during the harvest season. In each harvest season, the harvest is sold to 5 collectors. From these collectors, it is marketed to 12 corn processing industries. In optimizing allocation and minimizing distribution costs, it is completed using a fuzzy approach and the North West Corner method to get an initial solution, as well as the Fuzzy Modified Distribution method to get an optimal solution. The results of this research resulted in distribution of deliveries from 5 collectors to 12 corn processing industries with a minimum total cost of Rp 1,410,507,435.00.

Keywords: Distribution, North West Corner Method, Fuzzy Modified Distribution Method, Transportation.

Sitasi: Tambunan, G.P.H., Gultom, P., Sawaluddin., Syahputra, M. R. 2024. Optimisasi Transportasi Pada Lingkungan Kabur Dengan Penerapan North West Corner dan Fuzzy Modified Distribution Method. MES (Journal of Mathematics Education and Science), 10(1): 166-173.

Submit: 05 Agustus 2024	Revise: 28 Agustus 2024	Accepted: 12 September 2024	Publish: 31 Oktober 2024
-----------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------

PENDAHULUAN

Transportasi merupakan suatu elemen yang tidak bisa terpisahkan dari program linier yang menyelesaikan masalah transportasi dengan memiliki tujuan untuk meminimalkan biaya, jarak tempuh, dan lain-lain guna mencapai manfaat yang sebesar-besarnya. Transportasi

memiliki permasalahan sehingga pada umumnya melibatkan penyaluran produk dari berbagai daerah asal ke daerah tujuan. Penelitian (Ibna *et al.*, 2019) bahwa distribusi merupakan faktor yang sangat penting yang memengaruhi di sektor penjualan perusahaan. Distribusi adalah mekanisme dalam penyampaian barang dan komoditas dari daerah asal ke daerah tujuan. Untuk perlakuan distribusi barang tersebut, harus memiliki sejumlah kapasitas produk dari setiap sumber yang mau didistribusikan dan sejumlah kapasitas suatu kebutuhan produk yang diambil dari daerah tujuan.

Penelitian mengenai distribusi produk (Hernawati & Laili, 2015) menunjukkan bahwa perusahaan membutuhkan alat transportasi dan biaya transportasi. Pendistribusian dapat terlaksana secara maksimal, efektif, dan efisien, maka harus tersedia transportasi. Perusahaan menggunakan model transportasi taktis atau strategis untuk mendapatkan keuntungan di bidang distribusi karena lebih mudah kalkulasi pengeluaran melalui biaya transportasi.

Pada penelitian terdahulu yang sudah dilakukan, seperti penelitian dilakukan oleh (Andriani & Cipta, 2023), metode transportasi memiliki berbagai metode yang bisa diselesaikan untuk masalah transportasi, seperti melakukan tahap mencari penyelesaian awal dan optimal. Penyelesaian awal menggunakan beberapa cara atau metode, yaitu *North West Corner*, *Vogel's Approximation*, dan *Least Cost*. Solusi optimal sering dibutuhkan di berbagai metode, yaitu *Modified Distribution* dan *Stepping Stone*.

Penelitian (Jufri & Yusuf, 2017), menyatakan bahwa di dalam pengolahan data, pasti ada suatu data yang mengalami keadaan tidak pasti, seperti keadaan pada jumlah persediaan, jumlah permintaan, dan biaya transportasi. Ketidakpastian timbul karena tingkat persediaan, permintaan, dan biaya pengangkutan produk sampai tujuan tidak selalu disebutkan secara pasti dan dapat berubah seiring berjalannya waktu. Masalah transportasi harus bertujuan untuk bisa menentukan tingkat persediaan, permintaan, dan ongkos transportasi dengan lebih akurat.

Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki sumber daya alam yang sangat banyak dan menyebar di berbagai daerah. Indonesia memiliki sumber daya yang menjadi faktor dalam meningkatkan ekonomi untuk masyarakat petani, yaitu sumber daya pertanian. Sumber daya pertanian yang banyak diproduksi adalah jagung. Jagung adalah salah satu tanaman sereal yang banyak ditemukan di berbagai daerah dan termasuk tanaman penting di kalangan masyarakat. Tanaman jagung bisa dijadikan sebagai bahan pangan pokok untuk pengganti beras guna mencapai diversifikasi pangan.

Jagung merupakan hasil bumi yang banyak diproduksi dan dijadikan sebagai tanaman tetap atau dengan kata lain, tanpa rotasi di daerah dataran tinggi. Salah satu provinsi yang memiliki dataran tinggi guna memproduksi tanaman jagung adalah Sumatera Utara. Provinsi Sumatera Utara memiliki daerah dengan mayoritas masyarakat dengan bercocok tanam tanaman jagung, yaitu Desa Pamah, Kecamatan Tanah Pinem, Kabupaten Dairi.

Pengepul jagung di Desa Pamah, Kecamatan Tanah Pinem, Kabupaten Dairi harus memerhatikan semua aspek dalam penjualan, salah satunya adalah biaya distribusi sehingga bisa mendapatkan hasil yang diinginkan dari penjualan hasil panen jagung dari musim panen. Pengepul jagung memerlukan biaya yang besar untuk melakukan pendistribusian semua hasil panen ke setiap tujuan.

Dari permasalahannya yang memiliki unsur tidak pasti, maka permasalahan transportasi bisa dikerjakan dan dibuat solusi dengan menggunakan bilangan *fuzzy*. Masalah transportasi pada *fuzzy* dapat dipelajari dengan menggunakan metode *North West Corner* dan *Fuzzy Modified Distribution* untuk mencari penyelesaian optimal.

METODE

Penelitian ini yang dibuat, terdapat jenis-jenis data yang berguna dalam proses pengerjaan penelitian. Jenis data yang digunakan di penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder diperoleh secara tidak langsung melalui tinjauan pustaka atau melalui kutipan oleh

peneliti untuk keperluan penelitian yang diambil dari buku, laporan, dokumen, serta informasi dari sumber.

Penggunaan data sekunder tersebut, memungkinkan penggunaan data sekunder dalam penelitian yang diperoleh memungkinkan penerapan metode *North West Corner* dan *Fuzzy Modified Distribution* dalam menyajikan data dalam melakukan optimisasi distribusi barang.

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Pamah, Kecamatan Tanah Pinem, Kabupaten Dairi. Desa Pamah terdiri atas Dusun Lau Gunung I, Lau Gunung II, Lau Petundal, Pamah I, dan Pamah II. Penelitian ini yang dibuat, terdapat jenis-jenis data yang berguna dalam proses pengerjaan penelitian. Jenis data yang digunakan di penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder diperoleh secara tidak langsung melalui tinjauan pustaka atau melalui kutipan oleh peneliti untuk keperluan penelitian yang diambil dari buku, laporan, dokumen, serta informasi dari sumber.

Tahapan penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengumpulan data distribusi jagung untuk musim panen Juni-Agustus 2022.
2. Menentukan atribut himpunan, sistem *fuzzy*, fungsi keanggotaan *fuzzy*. Fungsi keanggotaan yang digunakan adalah fungsi keanggotaan segitiga dan trapesium.
3. Setelah ditentukan fungsi keanggotaannya, dilakukan pengolahan data dengan menggunakan metode *North West Corner*. Berikut adalah langkah-langkah dengan menggunakan metode *North West Corner*:
 - a. Menginisiasi alokasi dengan menetapkan nilai awal pada sel yang berada di sudut kiri atas tabel. Nilai tersebut ditentukan berdasarkan batasan *supply* dan *demand* yang ada.
 - b. Melakukan alokasi nilai maksimum pada sel X_{11} dengan melakukan pertimbangan untuk batasan *supply* dan *demand*.
Contoh: $X_{11} = \min(S_1, d_1)$ dengan S_1 adalah persediaan dari sumber pertama dan d_1 adalah permintaan pada tujuan pertama.
 - c. Nilai maksimum dialokasikan pada sel yang bersebelahan dengan X_{11} , dengan mempertimbangkan kondisi yang sama.
 - d. Ulangi langkah 2 sampai semua kendala terpenuhi.
4. Solusi awal dari metode *North West Corner* belum minimum, maka dilanjutkan untuk mencari solusi optimal dengan menggunakan metode *Fuzzy Modified Distribution*. Berikut adalah langkah-langkah dengan menggunakan metode *Fuzzy Modified Distribution*:
 - a. Menentukan solusi awal layak. Untuk menentukannya, solusi awal layak digunakan dengan metode *North West Corner*. Metode *North West Corner* adalah suatu metode transportasi yang paling mudah dilakukan, tetapi hasilnya belum tentu optimal (Imbang *et al.*, 2018). Untuk itu, digunakan metode *Fuzzy Modified Distribution* yang berfungsi untuk menguji optimalisasi solusi yang didapat.
 - b. Melakukan perhitungan pada sel yang terisi dengan rumus $\tilde{U}_i + \tilde{V}_j = \tilde{C}_{ij}$.
 - c. Mencari nilai atau *index* perbaikan setiap sel kosong dengan rumus $\tilde{E}_{ij} = \tilde{C}_{ij} - (\tilde{U}_i + \tilde{V}_j)$ pada sel yang kosong (sel yang tidak ada total jagung).
 - d. Melakukan pengulangan langkah a sampai c sehingga sampai tidak ada nilai E yang negatif.
 - e. Jika masih ada nilai E yang negatif, langkah tersebut diulang lagi seterusnya sampai nilai E yang didapat adalah tidak ada yang negatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menyelesaikan permasalahan tersebut, harus menentukan semesta pembicaraan, domain, fungsi keanggotaan, *robust ranking*, penerapan metode *North West Corner* dan *Fuzzy Modified Distribution*. Semesta Pembicaraan merupakan keseluruhan nilai yang bisa dilakukan

pengoperasian pada variabel *fuzzy*. Nilai semesta pembicaraan bisa dihasilkan dengan hasil bilangan positif atau negatif.

Semesta pembicaraan pada data persediaan yang digunakan diperoleh dari nilai rata-rata dan standar deviasi dari seluruh data persediaan yang ada di dalam setiap Gudang. Semesta pembicaraan pada data permintaan yang digunakan diperoleh dari nilai batas bawah, titik tengah, dan batas atas dari seluruh data permintaan yang ada dalam setiap tujuan.

Domain merupakan seluruh nilai yang diperkenankan pada semesta pembicaraan dan dapat digunakan dalam himpunan *fuzzy*. *Domain* himpunan *fuzzy* digunakan untuk bisa mendefinisikan jumlah jagung di setiap industri pengolah. *Domain* yang didefinisikan adalah domain daerah asal/pengepul dan domain daerah tujuan/industri pengolah.

Fungsi keanggotaan terdiri atas fungsi keanggotaan data persediaan dan permintaan. Fungsi keanggotaan data persediaan digunakan adalah fungsi keanggotaan segitiga (*triangular*). Fungsi keanggotaan data permintaan digunakan adalah fungsi keanggotaan trapesium (*trapezoidal*).

Setelah ditentukan fungsi keanggotaan pada fungsi persediaan dan permintaan, maka dilanjutkan untuk menyelesaikan masalah transportasi yang tidak seimbang dengan menggunakan teknik *robust ranking* sehingga bisa mengubah bilangan *fuzzy* ke bilangan tegas. Berikut adalah transformasi data persediaan dengan menggunakan teknik *robust ranking*:

1. Persediaan Gudang Tenahken Sitepu

$$a = 96.913 \quad b = 233.522 \quad c = 370.131$$

$$\int_0^1 \frac{1}{2} \{ (233.522 - 96.913)\alpha + 96.913, 370.131 - (370.131 - 233.522)\alpha \} \\ = 233.522$$

2. Persediaan Gudang Kuinget Ginting

$$a = -6.835 \quad b = 139.648 \quad c = 286.130$$

$$\int_0^1 \frac{1}{2} \{ (139.648 + 6.835)\alpha - 6.835, 286.130 - (286.130 - 139.648)\alpha \} = 139.648$$

3. Persediaan Gudang Eddy Ginting

$$a = 164.517 \quad b = 274.400 \quad c = 384.283$$

$$\int_0^1 \frac{1}{2} \{ (274.400 - 164.517)\alpha + 164.517, 384.283 - (384.283 - 274.400)\alpha \} \\ = 274.400$$

4. Persediaan Gudang Westra Sembiring

$$a = 69.242 \quad b = 175.333 \quad c = 281.425$$

$$\int_0^1 \frac{1}{2} \{ (175.333 - 69.242)\alpha + 69.242, 281.425 - (281.425 - 175.333)\alpha \} \\ = 175.083$$

5. Persediaan Gudang Bantu Sembiring

$$a = 78.756 \quad b = 205.963 \quad c = 333.171$$

$$\int_0^1 \frac{1}{2} \{ (205.963 - 78.756)\alpha + 78.756, 333.171 - (333.171 - 205.963)\alpha \} \\ = 205.713$$

Berikut adalah transformasi data permintaan dengan menggunakan teknik *robust ranking*:

1. Permintaan Tujuan PT Japfa Comfeed Deli Serdang

$$a = 59.700 \quad b = 96.300 \quad c = 132.900 \quad d = 169.500$$

- $$\int_0^1 \frac{1}{2} \{(96.300 - 59.700)\alpha + 59.700, 169.500 - (169.500 - 132.900)\alpha\}$$
$$= 114.600$$
2. Permintaan Tujuan PT Feedmill Indonesia
 $a = 61.500$ $b = 85.333$ $c = 109.167$ $d = 133.000$
- $$\int_0^1 \frac{1}{2} \{(85.333 - 61.500)\alpha + 61.500, 133.000 - (133.000 - 109.167)\alpha\} = 97.250$$
3. Permintaan Tujuan PT Japfa Comfeed Riau
 $a = 75.000$ $b = 84.700$ $c = 94.400$ $d = 104.100$
- $$\int_0^1 \frac{1}{2} \{(84.700 - 75.000)\alpha + 75.000, 104.100 - (104.100 - 94.400)\alpha\} = 89.550$$
4. Permintaan Tujuan PT New Hope Medan
 $a = 44.500$ $b = 57.000$ $c = 69.500$ $d = 82.000$
- $$\int_0^1 \frac{1}{2} \{(57.000 - 44.500)\alpha + 44.500, 82.000 - (82.000 - 69.500)\alpha\} = 63.250$$
5. Permintaan Tujuan CV Cinta Tani
 $a = 25.000$ $b = 41.900$ $c = 58.800$ $d = 75.700$
- $$\int_0^1 \frac{1}{2} \{(41.900 - 25.000)\alpha + 25.000, 75.700 - (75.700 - 58.800)\alpha\} = 50.350$$
6. Permintaan Tujuan PT Japfa Comfeed Padang Pariaman
 $a = 84.100$ $b = 97.067$ $c = 110.033$ $d = 123.000$
- $$\int_0^1 \frac{1}{2} \{(97.067 - 84.100)\alpha + 84.100, 123.000 - (123.000 - 110.033)\alpha\}$$
$$= 103.550$$
7. Permintaan Tujuan UD Yolanda
 $a = 79.600$ $b = 80.800$ $c = 82.000$ $d = 83.200$
- $$\int_0^1 \frac{1}{2} \{(80.800 - 79.600)\alpha + 79.600, 83.200 - (83.200 - 82.000)\alpha\} = 81.400$$
8. Permintaan Tujuan UD Garuda Ternak
 $a = 12.250$ $b = 39.033$ $c = 65.817$ $d = 92.600$
- $$\int_0^1 \frac{1}{2} \{(39.033 - 12.250)\alpha + 12.250, 92.600 - (92.600 - 65.817)\alpha\} = 52.425$$
9. Permintaan Tujuan PT Chaeroen Pokphan Indonesia Tbk
 $a = 34.500$ $b = 73.167$ $c = 111.833$ $d = 150.500$
- $$\int_0^1 \frac{1}{2} \{(73.167 - 34.500)\alpha + 34.500, 150.500 - (150.500 - 111.833)\alpha\} = 92.500$$
10. Permintaan Tujuan PT Mabbar Feed Indonesia
 $a = 30.500$ $b = 71.000$ $c = 111.500$ $d = 152.000$
- $$\int_0^1 \frac{1}{2} \{(71.000 - 30.500)\alpha + 30.500, 152.000 - (152.000 - 111.500)\alpha\} = 91.250$$
11. Permintaan Tujuan PT Golden Daru Utama
 $a = 58.300$ $b = 74.700$ $c = 91.100$ $d = 107.500$
- $$\int_0^1 \frac{1}{2} \{(74.700 - 58.300)\alpha + 58.300, 107.500 - (107.500 - 91.100)\alpha\} = 82.900$$
12. Permintaan Tujuan PT. Multiphala Agrinusa

$$a = 51.930 \quad b = 72.420 \quad c = 92.910 \quad d = 113.400$$

$$\int_0^1 \frac{1}{2} \{ (72.420 - 51.930)\alpha + 51.930, 113.400 - (113.400 - 92.910)\alpha \} = 82.665$$

Selanjutnya, dilanjutkan dengan penerapan metode *North West Corner* yang dijadikan sebagai solusi awal dan pengerjaan metode tersebut dimulai dari sudut kiri atas.

Solusi awal dengan menggunakan metode *North West Corner* diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z_{\text{Tenahken Sitepu}} &= (230 \times 114.600) + (225 \times 97.250) + (180 \times 21.672) \\ &= 52.140.210 \end{aligned}$$

$$Z_{\text{Kuinget Ginting}} = (950 \times 89.550) + (255 \times 50.098) = 97.847.490$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{Eddy Ginting}} &= (155 \times 81.400) + (230 \times 92.500) + (235 \times 91.250) \\ &+ (960 \times 9.250) = 64.215.750 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{Westra Sembiring}} &= (255 \times 13.152) + (180 \times 28.678) + (965 \times 103.550) \\ &+ (150 \times 29.703) = 112.897.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{Bantu Sembiring}} &= (110 \times 22.722) + (930 \times 82.900) + (965 \times 73.415) \\ &= 150.441.895 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{Total}} &= 52.140.210 + 97.847.490 + 64.215.750 + 112.897.000 \\ &+ 150.441.895 \end{aligned}$$

$$= 477.542.345/\text{bulan} \text{ atau } 1.432.627.035/3 \text{ bulan}$$

Berdasarkan perhitungan yang diperoleh, biaya pendistribusian jagung menggunakan metode *North West Corner* adalah sebesar Rp 477.542.345,00/bulan. Jadi, biaya pendistribusian jagung per musim panen adalah sebesar Rp 1.432.627.035.

Kemudian, dilanjutkan dengan penerapan metode *Fuzzy Modified Distribution* yang dijadikan sebagai solusi optimum yang sebelumnya sudah dicari solusi awalnya. Solusi optimum dengan menggunakan metode *Fuzzy Modified Distribution* diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z_{\text{Tenahken Sitepu}} &= (230 \times 101.607) + (180 \times 50.350) + (950 \times 81.565) \\ &= 109.919.360 \end{aligned}$$

$$Z_{\text{Kuinget Ginting}} = (220 \times 97.250) + (970 \times 42.398) = 62.521.060$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{Eddy Ginting}} &= (940 \times 89.550) + (230 \times 92.500) + (235 \times 91.250) \\ &+ (960 \times 1100) = 127.951.750 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{Westra Sembiring}} &= (225 \times 12.993) + (965 \times 61.152) + (115 \times 81.400) \\ &+ (920 \times 19.538) = 89.271.065 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{Bantu Sembiring}} &= (250 \times 63.250) + (110 \times 52.425) + (930 \times 63.362) \\ &= 80.505.910 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{Total}} &= 109.919.360 + 62.521.060 + 127.951.750 + 89.271.065 \\ &+ 80.505.910 = 470.169.145/\text{bulan} \text{ atau } 1.410.507.435/3 \text{ bulan} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, biaya transportasi untuk pengalokasian jagung dengan metode *North West Corner* yang dilanjutkan dengan metode *Fuzzy Modified Distribution* menghasilkan penyelesaian optimal yaitu Rp 470.169.145/bulan. Jadi, biaya pendistribusian jagung per musim panen adalah sebesar Rp 1.410.507.435.

Dengan adanya hasil tersebut, didapat penghematan biaya sebesar Rp 92.593.015 dari biaya sebelum pengalokasian menggunakan metode *Fuzzy Modified Distribution*, yaitu Rp 1.503.100.450. Oleh karena itu, biaya pendistribusian jagung sudah menghasilkan solusi yang optimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, diperoleh kesimpulan bahwa perhitungan biaya distribusi jagung dengan menggunakan metode penyelesaian awal dengan metode *North West Corner* diperoleh biaya awalnya sebesar Rp 1.432.627.035 dan dilanjutkan dengan menggunakan metode *Fuzzy Modified Distribution* sehingga diperoleh biaya optimalnya sebesar Rp 1.410.507.435. Untuk itu, diperoleh penghematan biaya sebesar Rp 92.593.015 dari biaya sebelum pengalokasian menggunakan metode *Fuzzy Modified Distribution*, yaitu Rp 1.503.100.450.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, P. (2019). *Buku Ajar Riset Operasi*. www.irdhcenter.com
- Andriani, P., & Cipta, H. (2023). Optimasi Biaya Distribusi Kusen Pintu Menggunakan Model Transportasi Northwest Corner Method, Russel Approximation Method, dan Stepping Stone. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 7(1), 58–65. <https://doi.org/10.30865/mib.v7i1.5224>
- Astuti. (2011). Operations Research (Riset Operasi). In *Buku Riset Operasi* (Vol. 1).
- Basriati, S., Safitri, E., & Riafani, R. (2019). Penyelesaian Biaya Fuzzy dalam Sistem Transportasi Fuzzy (Studi Kasus: CV. Anak Daro). *Jurnal Sains Matematika Dan Statistika*, 5(1), 99–106.
- Defy, M. (2017). *Perbandingan Metode Modified Zero Suffix dengan Modified Distribution (MODI) untuk Menyelesaikan Masalah Transportasi Fuzzy*. Universitas Negeri Jakarta.
- Dhanasekar, S., Hariharan, S., & Sekar, P. (2017). Fuzzy Hungarian MODI Algorithm to Solve Fully Fuzzy Transportation Problems. *International Journal of Fuzzy Systems*, 19(5), 1479–1491. <https://doi.org/10.1007/s40815-016-0251-4>
- Dimasuharto, N., & Subagyo, A. (2021). Optimization of Distribution Cost of 3 Kg Gas Cylinder at Pt. Gemilang Putra Sejati Using The North West Corner, Least Cost, and Vogel Approximation Method. *Business and Accounting Research (IJEBAR) Peer Reviewed-International Journal*, 5. <https://jurnal.stie-aas.ac.id/index.php/IJEBAR>
- Ginting, E. A. (2023). *Analisis Sensitivitas Pada Optimasi Biaya Distribusi Jagung Menggunakan Metode Vogel's Approximation dan Metode Modified Distribution*. Universitas Sumatera Utara.
- Hernawati, T., & Laili, I. (2015). Pendistribusian Produk dengan VOGEL'S Approximation Method (VAM) dan Modified Distribution Method (MODI). *Jurnal Konsep Bisnis Dan Manajemen*, 1(2), 59–69.
- Ibnas, R., Alwi, W., & Taufik, A. (2019). Penerapan Metode Modified Distribution (MODI) Dalam Meminimalisasi Biaya Transportasi Pengiriman Barang Di PT. Tirta Makmur Perkasa. *MSA*, 5(1), 5–10.
- Imbang, P., Pratas, P., & Walangitan, D. (2018). Optimasi Biaya Distribusi Material dengan Metode NWC (North West Corner) (Studi Kasus : Pembangunan Gedung Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi). *Jurnal Sipil Statik*, 6(10), 847–852.
- Irawan, M., & Herviana. (2018). Implementasi Logika Fuzzy Dalam Menentukan Jurusan Bagi Siswa Baru Sekolah Menengah Kejuruan (Smk) Negeri 1 Air Putih. *Jurnal Teknologi Informasi*, 2(2), 129–137.
- Jufri, A., Yusuf, A., & Thresye. (2017). Optimasi Masalah Transportasi Fuzzy Menggunakan Metode Fuzzy Modified Distribution untuk Memprediksi Biaya Angkutan Total dan Alokasi Barang (Pakan Ternak) (Studi Kasus : CV. Mentari Nusantara Feedmill). *Jurnal Matematika Murni Dan Terapan 'Epsilon'*, 11(1), 38–47.
- Pratiwi, E. L., Irawanto, B., & Surarso, B. (2016). *Masalah Transportasi Fuzzy Bilangan Trapezoidal dengan Metode Zero Point*.

- Pulansari, F. (2022). Optimasi Biaya Distribusi Perusahaan Pestisida Dengan Kombinasi Metode Transportasi North West Corner Method Dan Modified Distribution Method Berbasis POM-QM. *Seminar Nasional Teknik Industri Waluyo Jatmiko*, 198–204.
- Pulansari, F., & Nugraha, I. (2022). Optimasi Biaya Distribusi Perusahaan Pestisida dengan Kombinasi Metode Transportasi North West Corner Method dan Modified Distribution Method Berbasis POM-QM. *Seminar Nasional Teknik Industri Waluyo Jatmiko*, 1(1), 198–204.
- Ramadhani, S., Sinulingga, U., & Nababan, E. (2018). Kajian Tentang Metode Zero Suffix Menggunakan Teknik Robust Ranking Pada Masalah Transportasi Dengan Variabel Fuzzy. *Talenta Conference Series: Science and Technology (ST)*, 1(1), 16–23. <https://doi.org/10.32734/st.v1i1.184>
- Rozaq, D. (2019). Pengaruh Moda Transportasi Terhadap Perekonomian Masyarakat Secara Spasial Di Gunung Gambir, Kecamatan SumberBaru, Kabupaten Jember. *Jurnal Geografi Gea*, 19(2), 88–92.
- Samuel, A. E., Raja, P., & Thota, S. (2020). A New Technique for Solving Unbalanced Intuitionistic Fuzzy Transportation Problems. *Applied Mathematics and Information Sciences*, 14(3), 459–465. <https://doi.org/10.18576/AMIS/140313>
- Singh, S. K., & Yadav, S. P. (2016a). A New Approach For Solving Intuitionistic Fuzzy Transportation Problem Of Type-2. *Annals of Operations Research*, 243(1–2), 349–363. <https://doi.org/10.1007/s10479-014-1724-1>
- Singh, S. K., & Yadav, S. P. (2016b). A Novel Approach For Solving Fully Intuitionistic Fuzzy Transportation Problem. In *Int. J. Operational Research* (Vol. 26, Issue 4).
- Syam, R., Ihsan, H., & Mukhtar, M. (2021). Optimasi Pendistribusian Air dengan Metode North West Corner dan Metode Modified Distribution di PDAM Wae Manurung Kabupaten Bone. *Journal of Mathematics, Computations, and Statistics*, 4(2), 102–113. <http://www.ojs.unm.ac.id/jmathcos>
- Tarigan, M. (2023). *Penyelesaian Persoalan Optimasi Transportasi Fuzzy Menggunakan Improved Vogel Approximation Method*.
- Thota, S., & Raja, P. (2020). New Method for Finding an Optimal Solution of Generalized Fuzzy Transportation Problems. *Asian Journal of Mathematical Sciences*, 4(2), 19–24. <https://ssrn.com/abstract=3>