

Masalah Transportasi menggunakan Kombinasi Distribusi Normal dengan Root Mean Square (RMS) untuk Solusi Layak Awal dan Sirisha-Viola Method (SVM) untuk Solusi Optimal

Miftahus Sa'adah^{1, a)} dan Pardi Affandi^{2, b)}

^{1,2} Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat

^{a)} 2211011320020@mhs.ulm.ac.id

^{b)} p_affandi@mhs.ulm.ac.id

Abstrak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan solusi logistik terbaik untuk berbagai tujuan dengan biaya minimal. Pengembangan algoritma solusi awal yang layak (IBFS) baru adalah langkah pertama menuju penemuan solusi optimal. metode baru untuk solusi awal yang layak yang mengurangi jumlah iterasi dan menghasilkan solusi terbaik untuk masalah pengangkutan pada tahap awal. Tinjauan literatur mencakup berbagai metode IBFS. IBFS baru ditemukan dengan menggunakan teknik statistik seperti distribusi normal dan teknik akar rata-rata kuadrat.

Sebuah masalah transportasi diubah menjadi distribusi normal, dan penalti ditentukan dengan metode akar rata-rata kuadrat. Nilai distribusi normal dapat dihitung dengan *Excel Solver*. Pada langkah kedua, metode langkah demi langkah digunakan untuk menemukan solusi optimal. Perhitungan numerik digunakan untuk menghitung hasil penelitian dan dibandingkan dengan metode Sirisha-Viola dalam penentuan solusi optimal yang layak.

Kata Kunci: Masalah Transportasi, Distribusi Normal, Root Mean Square (RMS), Sirisha-Viola Method (SVM), Solusi Optimal

1. PENDAHULUAN

Masalah transportasi (TP) pertama kali muncul oleh matematikawan Prancis Gaspard Monge pada tahun 1781. Melalui masalah transportasi, masalah praktis seperti tugas yang diberikan kepada karyawan, jadwal penjadwalan pabrik aliran, dan jalur kendaraan dapat dilengkapi [1]. Masalah transportasi memiliki fungsi tujuan mencari biaya paling minimum. Dengan kata lain, masalah transportasi adalah contoh khusus dari program linier yang bertujuan untuk mencari biaya transportasi yang optimal untuk menguntungkan bisnis suatu perusahaan [2].

Pada aplikasi di kehidupan nyata terdapat beberapa metode sebelumnya yang telah diimplementasikan dan dapat digunakan untuk mencari biaya minimum masalah transportasi, seperti; North West Corner (NWC), Least Cost (LC), Metode Approximation Vogel (VAM), dan Modified Distribution (MODI). Namun, metode-metode ini membutuhkan dua langkah untuk menemukan solusi terbaik untuk masalah sarana transportasi. Metode awal disebut metode tidak langsung karena mereka pertama-tama mencari solusi yang layak, seperti metode NWC, LC, dan VAM. Setelah itu, metode lanjutan, metode MODI, digunakan untuk menemukan solusi optimal [3].

Seiring dengan hal tersebut dari perkembangan ilmu dan pengetahuan, ditemukan metode-metode yang tidak perlu mencari solusi layak awal, akan tetapi langsung dapat mencari solusi optimum. Oleh karena itu, metode-metode baru yang ditemukan disebut metode langsung. Beberapa Penelitian terkait sebelumnya mengenai penyelesaian masalah transportasi menggunakan metode langsung yang telah dikemukakan, diantaranya adalah menurut penelitian A.

Quddoos, S. Javaid dan M. M. Khalid diperoleh informasi bahwa metode ASM (Abdul, Shaleh, Maliki) dan metode revisi ASM dapat digunakan untuk mencari solusi optimal tanpa harus mencari solusi fisibel awal pada masalah transportasi seimbang dan tidak seimbang dengan tujuan meminimumkan biaya dan memaksimalkan keuntungan [1].

Salah satu bentuk upaya efisiensi dalam studi ini, peneliti mengusulkan pendekatan baru untuk menemukan solusi dasar awal yang layak secara statistik untuk konversi masalah transportasi dan penalti, yang memberikan hasil lebih baik daripada pendekatan klasik dan yang sudah ada. dengan pengembangan algoritma solusi awal yang layak (IBFS) baru adalah langkah pertama menuju penemuan solusi optimal. IBFS baru ditemukan dengan menggunakan teknik statistik seperti distribusi normal dan teknik akar rata-rata kuadrat. Sebuah masalah transportasi diubah menjadi distribusi normal, dan penalti ditentukan dengan metode akar rata-rata kuadrat. Nilai distribusi normal dapat dihitung dengan *Excel Solver* [1]. Kemudian, muncul juga penelitian lebih modern terkait metode Sirisha-Viola yang merupakan salah satu metode langsung karena dapat menghasilkan nilai optimal untuk menyelesaikan masalah transportasi. Namun demikian, masih ada risiko terutama pada kasus dengan distribusi biaya yang tidak seragam atau sel bertarget nol yang dapat mempersulit pemilihan alokasi terbaik.

Untuk mengatasi kelemahan tersebut, penelitian ini mengusulkan pendekatan hibrida: membentuk solusi awal layak (IBFS) menggunakan teknik statistik, transformasi biaya ke bentuk distribusi normal dan penentuan penalti menggunakan akar rata-rata kuadrat (RMS) sebagai prioritas alokasi. Lalu, solusi tersebut disempurnakan dengan Sirisha-Viola yang dirancang khusus untuk menangani sel bernilai nol dan memilih *loop pivot* yang meminimalkan peningkatan biaya.

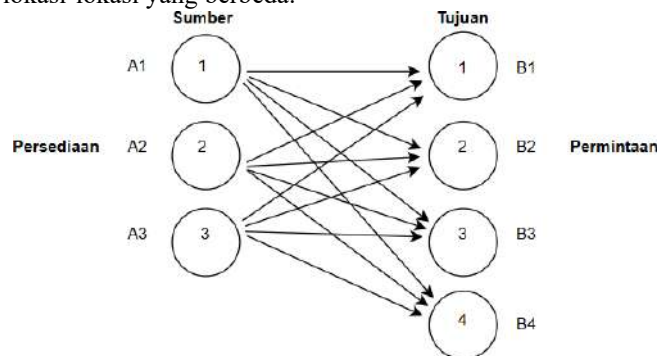
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Masalah Transportasi

Patel dan Bhathawala mengatakan masalah transportasi adalah masalah pemrograman linier yang berkaitan dengan menentukan rencana distribusi optimal untuk barang. Dalam kasus ini, barang didistribusikan dari berbagai sumber ke berbagai tujuan dengan kapasitas tertentu dan dengan prinsip biaya minimum. Tujuan utama yang berkaitan dengan masalah transportasi adalah menemukan cara terbaik untuk menghitung biaya distribusi barang dari sumber ke tujuan [2].

2.2 Model Transportasi

Model Transportasi adalah strategi untuk memaksimalkan alokasi sumber daya yang mengirimkan barang-barang identik ke lokasi-lokasi yang membutuhkannya dengan harga yang paling ekonomis. Barang-barang tersebut harus didistribusikan sedemikian rupa sehingga biaya alokasi bervariasi dari satu sumber atau dari beberapa sumber ke lokasi-lokasi yang berbeda.



Skema di mana suatu komoditas akan dipindahkan dari beberapa sumber ke beberapa tujuan terkait dengan model transportasi. Tujuan tantangan ini adalah untuk menentukan berapa banyak produk yang perlu dikirim dari setiap sumber ke setiap tujuan guna mengurangi biaya pengiriman secara keseluruhan sambil memastikan bahwa batasan pasokan dan permintaan terpenuhi. Menurut model transportasi, jumlah unit komoditas yang

dikirim melalui rute tertentu menentukan biaya pengiriman unit-unit tersebut. Pengiriman barang atau jasa dari beberapa sumber (Persediaan) ke beberapa tujuan (Permintaan) dengan tujuan mengurangi biaya transportasi disebut sebagai tantangan transportasi [10].

Berikut adalah karakteristik khusus persoalan transportasi adalah:

- Terdapat sejumlah sumber dan sejumlah tujuan tertentu.
- Kuantitas komoditi atau barang yang akan di distribusikan dari setiap sumber dan yang diminta oleh setiap tujuan, besarnya tertentu.
- Komoditas yang dikirim atau yang diangkut dari suatu sumber ke suatu tujuan besarnya sesuai dengan permintaan atau kapasitas sumber.
- Ongkos pengangkutan komoditas dari suatu sumber ke suatu tujuan, besarnya tertentu.

Berikut adalah model umum transportasi:

1. Fungsi Tujuan

Minimumkan/Maksimumkan

$$Z = C_{11}X_{11} + C_{12}X_{12} + C_{13}X_{13} + \dots + C_{1n}X_{1n} + C_{21}X_{21} + C_{22}X_{22} + C_{23}X_{23} + \dots + C_{2n}X_{2n} + \dots + C_{m1}X_{m1} + \dots + C_{mn}X_{mn} \quad (1)$$

2. Fungsi Kendala

Persediaan:

$$\begin{array}{ccccccc} X_{11} + & X_{12} + & \dots + & X_{1n} & = & a_1 \\ X_{21} + & X_{22} + & \dots + & X_{2n} & = & a_2 \\ \vdots & & \ddots & \vdots & & \\ X_{m1} + & X_{m2} + & \dots + & X_{mn} & = & b_n \end{array}$$

Permintaan:

$$\begin{array}{ccccccc} X_{11} + & X_{21} + & \dots + & X_{m1} & = & b_1 \\ X_{12} + & X_{22} + & \dots + & X_{m2} & = & b_2 \\ \vdots & & \ddots & \vdots & & \\ X_{1n} + & X_{2n} + & \dots + & X_{mn} & = & b_n \end{array}$$

2.3 Distribusi Normal

Dalam probabilitas dan statistika, distribusi normal maupun gaussian adalah sebuah distribusi probabilitas yang kontinu untuk variabel acak bernilai riil. Sebuah distribusi normal kontinu mengandung:

- Fungsi Kepadatan Probabilitas (PDF)
- Fungsi Distribusi Kumulatif (CDF)

Dalam penelitiannya, peneliti menggunakan CDF untuk menyelesaikan IBFS di transportasi. Biaya per unit suatu barang dalam masalah transportasi akan menjadi biaya acak bernilai riil yang mandiri. Rumus umum untuk fungsi distribusi kumulatif (CDF) dalam distribusi normal ditunjukkan dalam persamaan berikut.

$$\int_{-\infty}^x e^{-(t-\mu)^2/2\sigma^2} / \sigma\sqrt{2\pi} dt \quad (2)$$

Parameter μ disini adalah untuk distribusi kumulatif, sementara itu parameter σ disini untuk standar deviasi dengan $e = 2,71$, $\lambda = 1.618$.

Dalam Sheet Excel, formula untuk CDF dari distribusi Normal adalah
= NORMDIST(X, mean, standar deviasi, True)

(3)

Dimana, X adalah total per unit sebuah komoditas dalam masalah transportasi.

$$\mu = \sum_{i=1}^n x_i / n \qquad \sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / n}$$

1. Fungsi benar menyatakan fungsi distribusi kumulatif.
2. Fungsi salah menyatakan fungsi distribusi probabilitas.

2.4 Root Mean Square

Rata-rata aritmetika dari sekumpulan bilangan kuadrat dikenal sebagai akar-akar kuadrat (RMS), kadang-kadang disebut sebagai akar kuadrat dari rata-rata kuadrat. Ini adalah istilah lain untuk rata-rata kuadrat.

$$RMS = (\sqrt{(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2) / n})$$

(4)

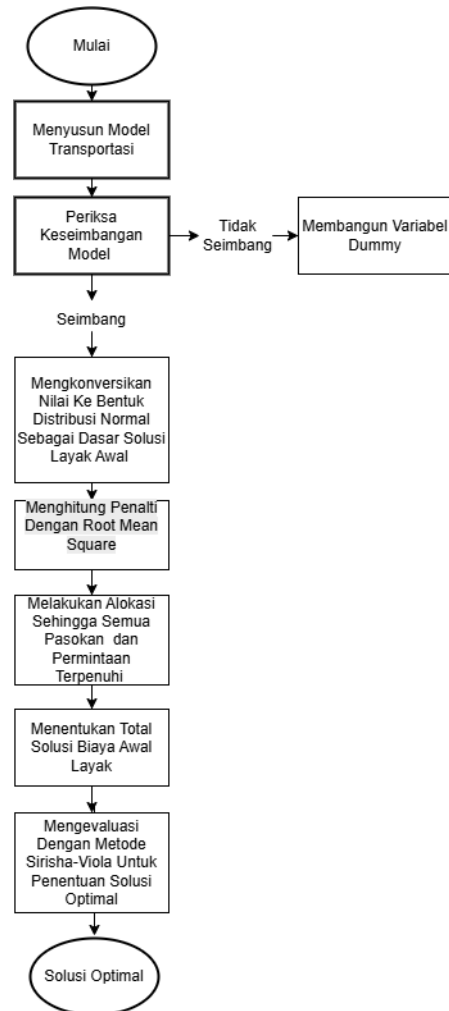
2.5 Metode Sirisha-Viola

Metode baru ditemukan seiring dengan perkembangan zaman. Salah satunya adalah metode Sirisha-Viola, yang termasuk dalam metode langsung karena dapat menghasilkan nilai optimal dalam menyelesaikan masalah transportasi. Langkah-langkah penyelesaian menggunakan metode Sirisha-Viola sebagai berikut:

1. Membuat tabel transportasi dari masalah transportasi yang diberi. Jika masalah tak seimbang maka tambahkan baris/kolom dummy.
2. Menukar baris $ke - i$ genap dan baris $ke - i$ ganjil yang berdekatan bersesuaian dengan persediaan.
3. Menukar kolom $ke - j$ genap dan kolom $ke - j$ ganjil yang berdekatan bersesuaian dengan permintaan.
4. Reduksi entri biaya:
 - a. Jika baris (kolom) dummy ditambahkan maka kurangi setiap entri biaya dengan entri terkecil setiap baris (kolom).
 - b. Mengganti entri biaya dummy dengan hasil pengurangan terbesar baris (kolom).
 - c. kembali lakukan pengurangan setiap entri biaya pada baris dan kolom sehingga setiap baris dan kolom memiliki minimal satu entri biaya bernilai nol.
5. Memilih satu entri biaya bernilai 0 pada setiap baris dan mengalokasikan semaksimal mungkin dari persediaan atau permintaan dengan cara $X_{ij} = \min(a_i, b_j)$. Jika terdapat lebih dari satu entri biaya bernilai 0 maka dapat ditetapkan ke salah satu entri biaya bernilai 0 dengan $a_i + b_j / 2$ terkecil dan disilangkan ke sisi lain pada baris berikutnya.
6. Jika masih terdapat persediaan yang belum teralokasikan dan permintaan yang belum terpenuhi, maka alokasikan $X_{ij} = \min(a_i, b_j)$ mulai dari kiri bawah C_{ij} bernilai terkecil pada tabel transportasi. Lakukan sampai persediaan teralokasi dan permintaan terpenuhi seluruhnya.
7. Memasukkan kembali nilai biaya awal menggunakan tabel yang telah diseimbangkan dari langkah keempat.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



3.2 Jenis Penelitian dan Prosedur Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini bersifat studi literatur, yaitu peneliti mengumpulkan bahan atau materi yang berkaitan dengan tujuan penelitian, kemudian memahami dan mempelajari konsep bahan atau materi tersebut dan mengaplikasikannya untuk melakukan penelitian. Menggunakan pendekatan kuantitatif melalui pemodelan matematis dengan data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini dari jurnal yang menganalisis permasalahan transportasi pada kasus 3 Produsen dengan 4 tujuan pasar. Diperoleh dari studi kasus dalam sebuah jurnal berjudul “A STATISTICAL TECHNIQUE: NORMAL DISTRIBUTION AND INVERSE ROOT MEAN SQUARE FOR SOLVING TRANSPORTATION PROBLEM” [1].

3.2.1 Penyusunan Model Transportasi

Langkah awal penelitian dimulai dengan mengidentifikasi komponen utama dalam sistem distribusi. Data yang dikumpulkan meliputi:

1. Sumber (Supply): Kapasitas ketersediaan barang di setiap titik asal.
 2. Tujuan (Demand): Jumlah permintaan barang di setiap titik tujuan.
 3. Biaya Transportasi: Biaya satuan C_{ij} untuk mengirimkan barang dari sumber ke tujuan. Data tersebut kemudian disusun ke dalam matriks transportasi awal.
 4. Pemeriksaan Keseimbangan Model
- Sebelum dilakukan perhitungan alokasi, dilakukan validasi keseimbangan model dengan membandingkan total pasokan dan total permintaan:

- a) **Kondisi Seimbang:** Jika $\sum a_i = \sum b_j$ adalah sebuah transportasi seimbang, maka proses dilanjutkan langsung ke tahap konversi distribusi normal.
- b) **Kondisi Tidak Seimbang:** Jika $\sum a_i \neq \sum b_j$ adalah sebuah transportasi tidak seimbang, maka dilakukan penambahan **Variabel Dummy**.
 - Variabel *dummy* (baik berupa baris atau kolom) ditambahkan sebesar selisih antara pasokan dan permintaan.
 - Biaya transportasi untuk variabel *dummy* diasumsikan bernilai nol (0).

3.2.2 Penentuan Solusi Layak Awal (Initial Basic Feasible Solution)

Penelitian ini menggunakan pendekatan unik dalam menentukan solusi awal, yaitu dengan menggabungkan konsep statistik dan perhitungan penalti:

1. Konversi Nilai ke Distribusi Normal

Nilai biaya transportasi dalam matriks dikonversikan ke dalam bentuk distribusi normal standar. Hal ini bertujuan untuk menstandarisasi variasi biaya sebagai dasar penentuan prioritas solusi.

Fungsi distribusi kumulatif distribusi Normal adalah = NORMDIST (x, μ, σ , TRUE) dalam lembar Excel.

- a) Biaya per unit komoditas diwakili oleh x
- b) Nilai biaya seluruh baris diwakili oleh rata-rata (μ) dan simpangan baku (σ)
- c) Fungsi distribusi kumulatif diwakili oleh benar dalam distribusi normal

2. Perhitungan Penalti dengan Root Mean Square (RMS):

Berbeda dengan metode konvensional, penentuan prioritas alokasi (penalti) dilakukan dengan menghitung nilai Root Mean Square (RMS) pada setiap baris dan kolom. Rumus RMS digunakan untuk mengidentifikasi jalur distribusi yang paling krusial untuk diproses terlebih dahulu.

- a) Alokasi Pasokan dan Permintaan
Berdasarkan nilai penalti RMS yang diperoleh, dilakukan alokasi unit barang dari sumber ke tujuan hingga seluruh kapasitas pasokan habis dan permintaan terpenuhi.
- b) Perhitungan Total Biaya Awal
Setelah alokasi selesai (matriks terisi penuh), dilakukan perhitungan total biaya transportasi untuk mendapatkan Solusi Layak Awal.

3.2.3 Pengujian Optimalitas dan Evaluasi Akhir

Solusi layak awal yang diperoleh pada tahap sebelumnya belum tentu merupakan solusi dengan biaya terendah. Oleh karena itu, dilakukan tahap evaluasi:

1. Evaluasi dengan Metode Sirisha-Viola:

Solusi awal diuji menggunakan Metode Sirisha-Viola. Metode ini menganalisis sel-sel kosong (variabel nonbasis) untuk melihat adanya peluang penghematan biaya (opportunity cost).

2. Penentuan Solusi Optimal:

Jika hasil evaluasi Sirisha-Viola menunjukkan adanya kemungkinan perbaikan, dilakukan realokasi. Proses ini berulang hingga tidak ada lagi penurunan biaya yang dapat dilakukan. Hasil akhir dari proses ini ditetapkan sebagai Solusi Optimal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan IBFS dengan Distribusi Normal dan Root Mean Square (RMS)

Pada bagian ini, algoritma yang diusulkan dijelaskan untuk membangun solusi awal yang layak.

Langkah 1. Pilih tabel transportasi.

Pada kasus ini, masalah transportasi seimbang sehingga tidak diperlukan dalam menambahkan kolom *dummy* untuk menyeimbangkannya.

Dari \ Ke	B_1	B_2	B_3	B_4	$Supply$
A_1	4	19	22	11	100
A_2	1	9	14	14	30
A_3	6	6	16	14	70
$Demand$	40	20	60	80	200

Langkah 2. Konversikan matriks transportasi menjadi nilai distribusi kumulatif biaya menggunakan persamaan 3.

Dari \ Ke	B_1	B_2	B_3	B_4	$Supply$
A_1	0.077	0.761	0.872	0.334	100
A_2	0.054	0.462	0.801	0.801	30
A_3	0.161	0.161	0.886	0.778	70
$Demand$	40	20	60	80	200

Langkah 3. Selanjutnya, untuk tabel distribusi kumulatif, hitung penalti menggunakan persamaan 4 untuk setiap baris dan kolom.

Dari \ Ke	B_1	B_2	B_3	B_4	$Supply$	$IRMS*1$
A_1	0.077	0.761	0.872	0.334	100	1.656
A_2	0.054	0.462	0.801	0.801	30	1.633
A_3	0.161	0.161	0.886	0.778	70	1.665
$Demand$	40	20	60	80	200	
$IRMS*1$	9.289	1.914	1.399	1.486		

Langkah 4. Tentukan kolom dan baris mana yang memiliki nilai IRMS tertinggi.

Langkah 5. Pilih nilai sel biaya terendah pada baris atau kolom tersebut. Alokasikan sebanyak mungkin unit biaya ke sel baris atau kolom tersebut.

Langkah 6. Setelah mengalokasikan nilai pasokan dan permintaan, hapus baris atau kolom yang telah terpenuhi.

Langkah 7. Jika dua kolom atau baris terpenuhi secara bersamaan, hanya salah satunya yang dicoret, sedangkan yang lain diberi permintaan atau pasokan nol.

Langkah 8. Ulangi langkah 3, 4, 5, 6, 7 hingga nilai pasokan dan permintaan terpenuhi.

Langkah 9. Akhirnya, kita memperoleh solusi untuk solusi dasar awal yang layak

Dari \ Ke	B₁	B₂	B₃	B₄	Supply
A₁	0.077 _[10]	0.761	0.872 _[10]	0.334 _[80]	100
A₂	0.054 _[30]	0.462	0.801	0.801	30
A₃	0.161	0.161 _[20]	0.886 _[50]	0.778	70
Demand	40	20	60	80	

$$\begin{aligned}
 Z_{min} &= (0.077 \times 10) + 0 + (0.872 \times 10) + (0.334 \times 80) + (0.054 \times 30) + 0 + 0 + 0 + 0 + \\
 & (0.161 \times 20) + (0.886 \times 50) + 0 \\
 &= 85,35
 \end{aligned}$$

Langkah 10. Mengevaluasi dengan metode modifikasi Sirisha-Viola untuk menentukan solusi optimal.

4.2 Perhitungan Masalah Transportasi Menggunakan Metode Sirisha-Viola untuk Solusi Optimal

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder dari jurnal yang menganalisis permasalahan transportasi pada kasus 3 Produsen dengan 4 tujuan pasar.

Langkah 1. Pastikan jumlah total penawaran sama dengan jumlah total permintaan. Dalam kasus ini adalah masalah seimbang dengan jumlah persediaan = permintaan (Supply = Demand).

Dari \ Ke	B₁	B₂	B₃	B₄	Supply
A₁	0.077	0.761	0.872	0.334	100
A₂	0.054	0.462	0.801	0.801	30
A₃	0.161	0.161	0.886	0.778	70
Demand	40	20	60	80	300

Dimana:

A₁ = Produsen 1

A₂ = Produsen 2

A₃ = Produsen 3

B₁ = Pasar 1

B₂ = Pasar 2

B₃ = Pasar 3

B₄ = Pasar 4

Langkah 2. Lakukan pertukaran pada baris ganjil dan genap beserta perlengkapannya. Penukaran baris ganjil dilakukan dengan menukar baris A₁ dengan baris A₃, sedangkan pertukaran pada baris genap A₂ tetap.

Dari \ Ke	B_1	B_2	B_3	B_4	<i>Supply</i>
A_3	0.161	0.161	0.886	0.778	70
A_2	0.054	0.462	0.801	0.801	30
A_1	0.077	0.761	0.872	0.334	100
<i>Demand</i>	40	20	60	80	200

Langkah 3. Lakukan pertukaran pada kolom ganjil dan genap bersamaan dengan permintaan. Pertukaran kolom ganjil dilakukan dengan menukar kolom B_1 dengan kolom B_3 . Setelah itu, pertukaran kolom genap dilakukan dengan menukar kolom B_2 dengan kolom B_4 , seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Dari \ Ke	B_3	B_4	B_1	B_2	<i>Supply</i>
A_3	0.886	0.778	0.161	0.161	70
A_2	0.801	0.801	0.054	0.462	30
A_1	0.872	0.334	0.077	0.761	100
<i>Demand</i>	60	80	40	20	

Langkah 4. Setelah hasil penukaran baris dan kolom maka dilakukan reduksi baris (Row Opportunity Cost (ROC)). Artinya, mengidentifikasi elemen terkecil dan melakukan pengurangan (Pinalti) pada entri di setiap baris dengan elemen terkecil tersebut.

Baris A_3 : Nilai = [0.886, 0.778, 0.161, 0.161]

- Elemen terkecil = **0.161**.
- Pengurangan (ROC) = $C_{ij} - \text{row_min}$:

$$ROC_{11} = 0.886 - 0.161 = 0.725$$

$$ROC_{12} = 0.778 - 0.161 = 0.617$$

$$ROC_{13} = 0.161 - 0.161 = 0.000$$

$$ROC_{14} = 0.161 - 0.161 = 0.000$$

Baris A_2 : Nilai = [0.801, 0.801, 0.054, 0.462]

- Elemen terkecil = **0.054**.
- Pengurangan:

$$ROC_{21} = 0.801 - 0.054 = 0.747$$

$$ROC_{22} = 0.801 - 0.054 = 0.747$$

$$ROC_{23} = 0.054 - 0.054 = 0.000$$

$$ROC_{24} = 0.462 - 0.054 = 0.408$$

Baris A_1 : Nilai = [0.872, 0.334, 0.077, 0.761]

- Elemen terkecil = **0.077**.
- Pengurangan:

$$ROC_{31} = 0.872 - 0.077 = 0.795$$

$$ROC_{32} = 0.334 - 0.077 = 0.257$$

$$ROC_{33} = 0.077 - 0.077 = 0.000$$

$$ROC_{34} = 0.761 - 0.077 = 0.684$$

Langkah 5. Temukan elemen terkecil dan lakukan pengurangan di setiap kolom (Column Opportunity Cost (COC)).

Kolom minimum:

- **B3:** $\min(0.725, 0.747, 0.795) = \mathbf{0.725}$
- **B4:** $\min(0.617, 0.747, 0.257) = \mathbf{0.257}$
- **B1:** $\min(0.000, 0.000, 0.000) = \mathbf{0.000}$
- **B2:** $\min(0.000, 0.408, 0.684) = \mathbf{0.000}$

Pengurangan kolom:

B3:

- $0.725 - 0.725 = 0.000$
- $0.747 - 0.725 = 0.022$
- $0.795 - 0.725 = 0.070$

B4:

- $0.617 - 0.257 = 0.360$
- $0.747 - 0.257 = 0.490$
- $0.257 - 0.257 = 0.000$

B1 dan B2: Tidak berubah ($\min = 0.000$)

Langkah 6. Alokasi dilakukan dengan memilih satu angka nol pada baris terakhir, melihat nilai permintaan minimum, lalu membandingkannya dengan nilai penawaran yang sesuai. Alokasikan permintaan atau penawaran dengan nilai yang lebih minimum. Dengan demikian, matriks reduksi sesuai dengan jumlah permintaan atau penawaran yang dialokasikan.

Langkah 7. Untuk hasil tabel persediaan dan permintaan yang sudah dialokasikan.

Tujuan(j) Sumber(i)	B ₃	B ₄	B ₁	B ₂	Persediaan (a _i)
A ₃	0.077 20	0.761 0	0.872 0	0.334 80	100
A ₂	0.054 20	0.462 0	0.801 10	0.801 0	30
A ₁	0.161 0	0.161 20	0.886 50	0.778 0	70
Permintaan (b _j)	40	20	60	80	$\sum a_i / \sum b_j$

Langkah 8. Hitung biaya transportasi yang dihasilkan dari alokasi yang sudah ditentukan sebagai solusi optimal:

$$\begin{aligned}
 Z_{min} &= (0.077 \times 20) + 0 + 0 + (0.334 \times 80) + (0.054 \times 20) + 0 + (0.801 \times 10) + 0 + 0 + (0.161 \times 20) \\
 &\quad + (0.886 \times 50) + 0 \\
 &= 84,87
 \end{aligned}$$

Kesimpulan dalam penyelesaian masalah transportasi pada kasus 3 Produsen dengan 4 Pasar tujuan menggunakan metode Sirisha – Viola mendapat hasil yang optimal dengan nilai 84, 87. Solusi awal yang dihasilkan sudah optimal karena perhitungan variabel non basis menghasilkan nilai 0 dan positif. Dikarenakan variabel non basis bernilai positif yang artinya metode Sirisha-Viola memberikan penghematan yang lebih besar tanpa perlu perbaikan tabel.

REFERENSI

- [1] M. Amreen and B. Venkateswarlu, “a Statistical Technique: Normal Distribution and Inverse Root Mean Square for Solving Transportation Problem,” *J. Appl. Math. Informatics*, vol. 42, no. 5, pp. 1195–1210, 2024, doi: 10.14317/jami.2024.1195.
- [2] F. Muhtarulloh, A. Maulidina, and A. F. Huda, “Solution Optimal Transportation Problems Using the Sirisha Viola Modification Method Python assisted programming,” *JINAV J. Inf. Vis.*, vol. 4, no. 1, pp. 117–125, 2023, doi: 10.35877/454ri.jinav1660.
- [3] F. Muhtarulloh and A. Maulidina, “Metode Sirisha-Viola Untuk Menemukan Solusi Optimal Masalah Transportasi,” *J. Sains Mat. dan Stat.*, vol. 8, no. 1, p. 19, 2022, doi: 10.24014/jsms.v8i1.15499.
- [4] Nurainun, S. B. Siregar, P. P. Harahap, E. P. Sinaga, and T. M. Siregar, “Jurnal Pendidikan Ilmiah Transformatif INDONESIA,” *J. Pendidik. Ilm. Transform.*, vol. 7, no. 12, pp. 8–16, 2023.
- [5] J. Elisabeth Sesaria Dewi Simorangkir, B. Prihandono, and N. Kusumastuti INTISARI, “Perbandingan Solusi Masalah Transportasi Menggunakan Metode Modified ASM, Improved Zero Point dan Sirisha-Viola,” *Bul. Ilm. Math. Stat. dan Ter.*, vol. 13, no. 2, pp. 249–258, 2024.
- [6] R. Aulia and P. Affandi, “Analisis Komparatif Vogel ’ s Approximation Method dan Modified Vogel ’ s Approximation Method dalam Optimalisasi Transportasi,” vol. 3, pp. 1–8, 2025.
- [7] Irvana Arofah and Nianty Nandasari Gesthantiara, “Optimasi Biaya Distribusi Barang dengan Menggunakan Model Transportasi,” *JMT J. Mat. dan Terap.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–9, 2021, doi: 10.21009/jmt.3.1.1.
- [8] I, “Nurul Ifitah , 1 Pardi Affandi , 1 Akhmad Yusuf,” *penyelesaian Model transportasi menggunakan Metod. ASM*, vol. 14, no. 1, pp. 40–52, 2020.
- [9] P. Affandi, *Buku Ajar Riset Operasi*. 2019.
- [10] S. Basriati, M.Sc, E.- Safitri, and A.- Octariana, “Pendistribusian Penjualan Beras Menggunakan Best Candidate Method Dan Modi,” *J. Sains Mat. dan Stat.*, vol. 7, no. 2, pp. 27–37, 2021, doi: 10.24014/jsms.v7i2.13364.