

ANALISIS PERANCANGAN JARINGAN DISTRIBUSI PADA SEBUAH PERUSAHAAN FARMASI

Nova Indah Saragih¹ dan Anita Juraida²

¹) Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi No.1, Kota Bandung, Jawa Barat 40257
Email: novaindah@telkomuniversity.ac.id

²) Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Widyatama
Jl. Cikutra No.204A, Kota Bandung, Jawa Barat 40125
Email: anita.juraida@widyatama.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk melanjutkan penelitian sebelumnya dalam menganalisis solusi rancangan jaringan distribusi yang dihasilkan oleh penelitian tersebut. Kelemahan dari penelitian sebelumnya adalah solusi yang dihasilkan oleh algoritma transportasi yang digunakan belum dibandingkan dengan solusi optimal. Oleh karena itu solusi yang dihasilkan oleh algoritma transportasi yang digunakan belum diketahui kualitasnya. Masalah transportasi berkaitan dengan pendistribusian komoditas dari kelompok pusat pasokan, yang disebut sumber, ke kelompok pusat penerima, yang disebut tujuan, sedemikian rupa sehingga meminimalkan total ongkos distribusi. Penelitian ini memformulasikan masalah transportasi ke dalam model program linier dan menyelesaikannya dengan menggunakan LINGO 12.0. Penelitian ini berhasil memperbaiki penelitian sebelumnya dengan menghasilkan kualitas solusi optimal dan ongkos distribusi total yang benar yaitu Rp13.355.604.000. Selain itu, penelitian ini juga menunjukkan pentingnya penggunaan kedua metode, baik itu algoritma transportasi dan model program linier pada masalah transportasi untuk memverifikasi hasil dan meminimasi kesalahan.

Kata kunci: algoritma transportasi, jaringan distribusi, masalah transportasi, model program linier, optimisasi, solusi optimal.

Abstract

The objective of this paper is to continue previous study to analyze solution of distribution network design resulted by the study. The weakness of previous study is that the solution resulted by transportation algorithm used has not been compared to the optimal solution. Therefore, the quality of the solution resulted by the transportation algorithm used is not yet known. The transportation problem related to the distribution of commodities from the supply centre group, called the sources, to the central receiving group, called the destinations, in such a way that the total distribution cost is minimized. This paper formulates the transportation problem into a linear programming model and solves it using LINGO 12.0. This paper has successfully improved the previous study by resulting the optimal solution and corrected the total distribution cost of Rp13,355,604,000. In addition, this papers also shows the importance of using both methods, transportation algorithms and linear programming model on the transportation problem to verify the results and minimize the errors.

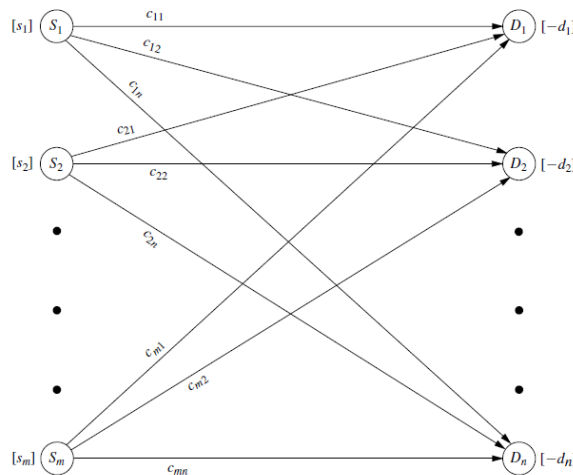
Keywords: transportation algorithms, distribution network, transportation problem, linear programming model, optimization, optimal solution.

PENDAHULUAN

Penelitian ini melanjutkan Hasanah et al. (2020) untuk menganalisis kualitas solusi yang dihasilkan oleh penelitian tersebut. Hasanah et al. (2020) merancang jaringan distribusi sebuah perusahaan farmasi yang terdiri dari lima sumber dan sembilan tujuan. Hasanah et al. (2020) merancang jaringan distribusi dengan menggunakan metode *Northwest-corner Method* untuk menentukan solusi basis layak dan kemudian menggunakan metode *Stepping Stone* untuk memperbaiki solusi yang dihasilkan oleh *Northwest-corner Method*. Kelemahan dari penelitian tersebut adalah solusi yang dihasilkan oleh algoritma transportasi yang digunakan belum dibandingkan dengan solusi optimal. Oleh karena itu solusi yang dihasilkan oleh algoritma transportasi tersebut belum diketahui kualitasnya.

Penelitian ini selanjutnya bertujuan untuk memperbaiki kelemahan Hasanah et al. (2020) dengan menganalisis solusi rancangan jaringan distribusi yang dihasilkan oleh penelitian tersebut. Rancangan jaringan distribusi pada Hasanah et al. (2020) termasuk ke dalam masalah transportasi. Masalah transportasi berkaitan dengan pendistribusian komoditas dari kelompok pusat pasokan, yang disebut sumber, ke kelompok pusat penerima, yang disebut tujuan, sedemikian rupa sehingga meminimalkan total ongkos distribusi (Hillier & Lieberman, 2001). Ilustrasi masalah transportasi dapat dilihat pada Gambar 1.

Menurut Taha (2007), masalah transportasi dapat diselesaikan dengan dua cara, yaitu dengan menggunakan algoritma transportasi dan dengan membuat model program linier (*linear programming model*) untuk masalah transportasi. Algoritma transportasi dimulai dengan menentukan solusi layak basis awal. Solusi layak basis awal dapat ditentukan menggunakan *Northwest-corner Method*, *Least-cost Method*, dan *Vogel Approximation Method*. Selanjutnya *Simplex Method* digunakan untuk memperoleh solusi optimal. *Simplex Method* yang digunakan dalam masalah transportasi disebut dengan *Transportation Simplex Method* oleh (Hillier & Lieberman, 2001), *Method of Multipliers* oleh (Taha, 2007), dan *Stepping Stone Method* oleh (Charnes & Cooper, 1954).



Gambar 1. Representasi Jaringan Untuk Masalah Transportasi (Hillier & Lieberman, 2001)

Langkah-langkah dalam setiap metode transportasi berbeda-beda. *Northwest-corner Method* merupakan metode yang sangat sederhana, sehingga mudah dan cepat dalam pengoperasiannya, namun solusi yang didapat kurang maksimal karena tidak memperhitungkan faktor biaya (Septiana et al., 2020)(Hasibuan, 2017). Menurut Ali & Mustapha (2013) dan Mishra (2017), langkah- Langkah-langkah Pada *Northwest-corner Method* adalah:

1. Memasukkan awal nilai pada bagian ujung kiri paling atas tabel. Besarnya nilai merupakan nilai terkecil diantara *supply* yang ada dan *demand* yang harus dipenuhi, atau dapat ditulis $X_{11} = \min(A_1, B_1)$. Kemudian menghilangkan baris atau kolom (A_1, B_1) untuk menunjukkan bahwa tidak ada nilai kembali yang dapat dimasukkan ke dalam kolom baris atau kolom tersebut.
2. Mengalokasikan nilai semaksimal mungkin pada baris atau kolom terdekat yang belum dicoret.
3. Mengulang langkah ke-2 hingga semua *supply* habis terdistribusi dan semua *demand* pun terpenuhi.

Selain *Northwest-corner Method*, terdapat metode yang berkonsentrasi pada rute dengan biaya terkecil yaitu *Least-cost Method*. Hal ini menunjukkan bahwa metode *Least-cost Method* lebih efektif dan efisien dibandingkan *Northwest-corner Method* (Hasibuan, 2017). Adapun langkah-langkah pada *Least-cost Method* adalah (Imbang et al., 2018)(Uddin et al., 2016):

1. Menemukan biaya transportasi terkecil, kemudian mengalokasikan semaksimal mungkin *supply* atau *demand* pada baris atau kolom tersebut. Baris atau kolom yang sudah dilakukan pengalokasian ini dicoret sehingga tidak disertakan kembali dalam pemilihan.
2. Memilih biaya transportasi terkecil berikutnya serta mengalokasikan kembali semaksimal mungkin *supply* atau *demand* pada baris atau kolom tersebut.
3. Mengulang langkah sebelumnya hingga semua *supply* dan *demand* teralokasikan.

Selanjutnya terdapat metode hasil pengembangan *Least-cost Method*, yaitu *Vogel Approximation Method* (Mishra, 2017). Menurut Uddin et al. (2016), langkah-langkah pada metode ini adalah:

1. Mencari nilai penalti, yaitu perbedaan dari dua biaya terkecil pada baris dan kolom dalam tabel transportasi. Lalu nilai penalti tersebut diletakkan di bawah kolom dan sebelah kanan baris *supply* dan *demand*.
2. Memilih nilai penalti tertinggi. Jika terdapat nilai *penalty* yang sama, maka dipilih salah satu secara random.
3. Mengalokasikan besar *supply* atau *demand* pada sel biaya terendah di baris atau kolom dengan nilai penalti tertinggi. Kemudian menghilangkan baris atau kolom jika *supply* atau *demand* nya sudah terpenuhi.
4. Mengulang langkah ke 1 hingga ke 3 pada baris dan kolom lainnya yang belum teralokasi. Langkah ini dilakukan hingga seluruh *supply* dan *demand* teralokasi.

Terdapat beberapa metode untuk mendapatkan solusi yang optimum, misalnya *Stepping Stone Method* dan *Modified Distribution Method*. *Stepping Stone Method* menentukan solusi dengan merubah alokasi *supply* dan *demand* secara *trial* dan *error*. Adapun prosedur dalam *Stepping Stone Method* adalah (Hakim, 2019)(Ary & Syarifuddin, 2011)(Hermansyah & Helmi, 2016):

1. Menentukan solusi awal yang layak dengan menggunakan metode *Northwest-corner Method*, *Least-cost Method* atau *Vogel Approximation Method*.
2. Memilih satu sel kosong untuk dilakukan pengujian *Stepping Stone*.
3. Menentukan jalur tertutup secara horizontal dan vertical secara bergantian.
4. Memberikan tanda positif (+) dan negatif (-) secara bergantian pada hasil jalur tertutup.
5. Menjumlahkan nilai pada hasil jalur tertutup sesuai dengan tanda yang telah didapat. Bila terdapat hasil yang negative, maka hasil yang didapat belum optimal, sehingga diharuskan membuat tabel kembali.
6. Mengulang langkah 2-5 hingga hasil jalur tertutup bernilai positif, sehingga dapat dikatakan bahwa solusi telah optimum.

Kemudian terdapat *Modified Distribution Method* yang memungkinkan dapat menemukan solusi optimum tanpa perlu merlu menentukan jalur tertutup seperti *Stepping Stone Method*. Adapun langkah-langkah pada metode ini adalah (Hakim, 2019)(Hermansyah, Helmi, 2016):

1. Menemukan solusi awal yang *feasible* dengan menggunakan metode *Northwest-corner Method*, *Least-cost Method* atau *Vogel Approximation Method*.
2. Menentukan *dual variable* yaitu nilai U_i dan V_j pada setiap baris dan kolom. Adapun persamaan yang digunakan adalah $U_i + V_j = C_{ij}$, serta nilai U_i adalah nol.
3. Menghitung perubahan biaya dengan persamaan $C_{ij} - (U_i + V_j)$.
4. Memeriksa nilai perubahan biaya, jika bernilai positif atau nol, maka solusi telah optimal. Jika terdapat nilai yang negatif, maka solusi belum optimal.
5. Memilih perubahan biaya dengan nilai negatif terbesar sebagai variable yang akan disertakan pada pemilihan solusi selanjutnya.
6. Memasukkan nilai ke *variable* masuk sesuai dengan proses *Stepping Stone Method*.
7. Mengulangi seluruh prosedur hingga diperoleh solusi optimal.

TINJAUAN PUSTAKA

Terdapat sejumlah penelitian yang telah mengaplikasikan masalah transportasi di Indonesia dalam rentang 10 tahun terakhir. Di antaranya adalah penelitian Pranati et al. (2018) yang mengaplikasikan masalah transportasi pada distribusi keramik di PT. Indah Bangunan. Metode yang digunakan oleh Pranati et al. (2018) dalah *Vogel Approximation Method* dan *Stepping Stone Method*. Selanjutnya terdapat penelitian yang dilakukan oleh Simangunsong (2018) yang mengaplikasikan masalah transportasi pada distribusi kayu di PT. TPL Tobasa menggunakan *Northwest-corner Method* dan *Stepping Stone Method*. Kemudian penelitian Basriati & Cahyani (2017) mengaplikasikan masalah transportasi pada distribusi gas LPG di PT. Melayu Bumi Lestari menggunakan metode ASM (Abdul, Shaleh, Maliki), RDI (*Revised Distribution Method*), dan MODI (*Modified Distribution Method*).

Penelitian Haryono (2015) mengaplikasikan masalah transportasi pada distribusi BBM di PT Pertamina wilayah Medan dan Pematang Siantar. Metode yang digunakan oleh Haryono (2015) adalah *Vogel Approximation Method*, *Method of Multipliers*, dan *Stepping Stone Method*. Penelitian Septiana et al. (2020) mengaplikasikan masalah transportasi pada distribusi kelapa menggunakan metode *Northwest-corner Method* dan *Stepping Stone Method*. Penelitian Syam et al. (2020) mengaplikasikan masalah transportasi pada distribusi beras miskin di Kota Makassar menggunakan *Vogel Approximation Method* dan *Stepping Stone Method*.

Selanjutnya terdapat pula penelitian oleh Arifin (2014) yang mengaplikasikan masalah transportasi pada distribusi air minum pada PDAM Surakarta menggunakan *Vogel Approximation Method*. Penelitian Arifin (2014) hanya sampai pada solusi layak basis awal. Penelitian Ardini & Lutfiyana (2018) mengaplikasikan masalah transportasi pada distribusi barang di PT Trimuda Nuansa Citra Jakarta menggunakan *Northwest-corner Method*, *Least-cost Method*, dan *Vogel Approximation Method*. Penelitian Ardini & Lutfiyana (2018) juga mengembangkan aplikasi yaitu *POM-QM For Windows 5* untuk implementasi pada sistem nyata. Namun, solusi yang dihasilkan oleh Ardini & Lutfiyana (2018) masih berupa solusi layak basis awal.

Penelitian Ardhyani (2017) mengaplikasikan masalah transportasi pada distribusi pakan ternak menggunakan *Northwest-corner Method*, *Least-cost Method*, *Vogel Approximation Method*, *Stepping Stone Method*, dan *Modified Distribution Method*. Penelitian Ardhyani (2017) selanjutnya melakukan analisis terhadap solusi yang dihasilkan oleh setiap metode tersebut. Kemudian penelitian Nugraha & Sari (2019) mengaplikasikan

masalah transportasi pada distribusi roti menggunakan *Russell's Approximation Method*, *Vogel Approximation Method*, *Northwest-corner Method*, dan *Stepping Stone Method*. Analisis juga dilakukan oleh Nugraha & Sari (2019) terhadap solusi yang dihasilkan oleh metode-metode yang digunakan.

Penelitian Ali et al. (2013) mengaplikasikan masalah transportasi pada distribusi material pada proyek konstruksi di Senduk, Tinoor, dan Ratahan menggunakan *Least-cost Method* dan *Stepping Stone Method*. Penelitian Primadiarta et al. (2017) mengaplikasikan masalah transportasi untuk distribusi produk *chlorine* di Surabaya menggunakan *Vogel Approximation Method* dan *Modified Distribution Method*.

Penelitian Irwan et al. (2017) mengaplikasikan masalah transportasi pada distribusi sayur hidroponik pada sebuah usaha kecil dan menengah yang bertempat di Kelurahan Tanjung Riau, Sei Temiang, Kecamatan Sekupang. Penelitian Irwan et al. (2017) menggunakan *Least-cost Method* dan selanjutnya mengembangkan model program linier yang dipecahkan dengan metode grafis. Penelitian Safari et al. (2020) mengaplikasikan masalah transportasi pada distribusi beras menggunakan *Northwest-corner Method*. Penelitian Safari et al. (2020) juga menyelesaikan masalah transportasi tersebut menggunakan LINGO, namun tanpa memberikan model program liniernya.

Ringkasan penelitian-penelitian sebelumnya beserta metode yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penelitian-Penelitian Terdahulu

Penelitian	Metode	
	Algoritma Transportasi	Model Program Linier
(Ali et al., 2013)	√	
(Arifin, 2014)	√	
(Haryono, 2015)	√	
(Basriati & Cahyani, 2017)	√	
(Ardhyani, 2017)	√	
(Irwan et al., 2017)		√
(Primadiarta et al., 2017)	√	
(Pranati et al., 2018)	√	
(Simangunsong, 2018)	√	
(Ardini & Lutfiyana, 2018)	√	
(Syam et al., 2020)	√	
(Nugraha & Sari, 2019)	√	
(Septiana et al., 2020)	√	
(Hasanah et al., 2020)	√	
(Safari et al., 2020)		√

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa dari 15 penelitian yang dikaji, 13 penelitian menggunakan algoritma transportasi dan dua penelitian menggunakan model program linier. Tabel 1 menunjukkan bahwa penelitian yang menggunakan model program linier masih sangat terbatas jumlahnya. Penelitian ini selanjutnya menggunakan model program linier untuk menyelesaikan masalah transportasi dan memecahkannya dengan LINGO 12.0. Dibandingkan dengan penelitian-penelitian yang menggunakan model program linier, sebagai kebaruannya, penelitian ini memberikan perbandingan kualitas solusi yang dihasilkan menggunakan algoritma transportasi dengan model program linier.

METODE PENELITIAN

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, penelitian ini menggunakan model program linier untuk menyelesaikan masalah transportasi pada penelitian Hasanah et al. (2020). Model program linier yang digunakan dalam penelitian ini diadaptasi dari Hillier & Lieberman (2001). Berikut adalah model program liniernya.

Himpunan Indeks

I himpunan sumber
 J himpunan tujuan

Indeks

i indeks sumber
 j indeks tujuan

Parameter dan Notasi

c_{ij} ongkos distribusi antara sumber i ke tujuan j (Rp/unit) ($\forall i \in I, \forall j \in J$)
 s_i pasokan sumber i (unit) ($\forall i \in I$)
 d_j permintaan tujuan j (unit) ($\forall j \in J$)
 OT ongkos distribusi total (Rp)

Variabel Keputusan

x_{ij} jumlah barang yang didistribusikan dari sumber i ke tujuan j (Unit) ($\forall i \in I, \forall j \in J$)

Model Program Linier

Fungsi tujuan

$$\min OT = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Pembatas

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = s_i, \forall i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = d_j, \forall j \in J \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0, \forall i \in I, \forall j \in J \quad (4)$$

Persamaan (1) adalah fungsi tujuan yang merupakan ongkos distribusi total. Pembatas (2) menjamin bahwa jumlah barang yang didistribusikan dari sebuah sumber ke tujuan tidak melebihi kapasitas sumber. Pembatas (3) menjamin bahwa permintaan tujuan terpenuhi. Pembatas (4) adalah pembatas untuk variabel keputusan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data

Data Ongkos Distribusi

Data pada penelitian ini diperoleh dari penelitian Hasanah et al. (2020). Data ongkos distribusi dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Data Ongkos Distribusi Bagian 1 (Dalam Ribuan Rupiah Per Unit)

	Bogor	Cirebon	Kuningan	Jember
Bandung	798	867	702	2.511
Bekasi	518	842	896	2.475
Jakarta	512	874	929	2.517

Tabel 2. Data Ongkos Distribusi Bagian 1 (Dalam Ribuan Rupiah Per Unit) (Lanjutan)

	Bogor	Cirebon	Kuningan	Jember
Semarang	144	905	918	1.548
Yogyakarta	171	1.171	1.182	1.494

Tabel 3. Data Ongkos Distribusi Bagian 2 (Dalam Ribuan Rupiah Per Unit)

	Surabaya	Tangerang	Bandung	Bekasi	Jakarta
Bandung	2.124	782	428	684	724
Bekasi	2.100	505	684	445	434
Jakarta	2.131	467	724	434	397
Semara-ng	1.108	1.427	1.372	1.329	1.376
Yogya-karta	1.108	1.693	1.631	1.595	1.637

Data Pasokan

Data pasokan sumber diberikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pasokan Sumber

No.	Sumber	Pasokan (Unit)
1	Bandung	5.230
2	Bekasi	4.350
3	Jakarta	6.450
4	Semarang	2.000
5	Yogyakarta	1.800

Data Permintaan

Data permintaan tujuan diberikan pada Tabel 5.

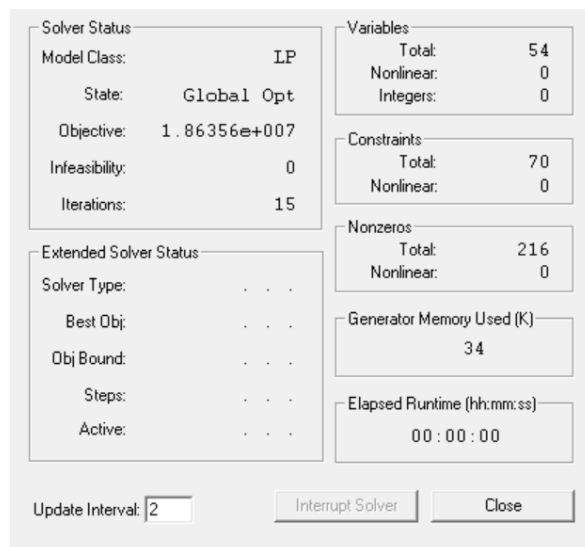
Tabel 5. Data Permintaan Tujuan

No.	Tujuan	Permintaan (Unit)
1	Bogor	1.142
2	Cirebon	2.397
3	Kuningan	608
4	Jember	1.979
5	Surabaya	2.567
6	Tangerang	2.865
7	Bandung	3.000
8	Bekasi	2.800
9	Jakarta	3.000

Hasil

Pencarian solusi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode optimal dengan menggunakan LINGO 12.0. Model program linier dijalankan pada spesifikasi sistem operasi Windows 7 (64-bit), prosesor Intel(R) Core (TM) i7 CPU @ 2.3GHz, dan memori 16.00 GB (RAM).

Status solusi yang dihasilkan adalah optimal global dengan waktu komputasi 0 detik, yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Status LINGO 12.0

Jumlah barang yang didistribusikan dari setiap sumber ke setiap tujuan diberikan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

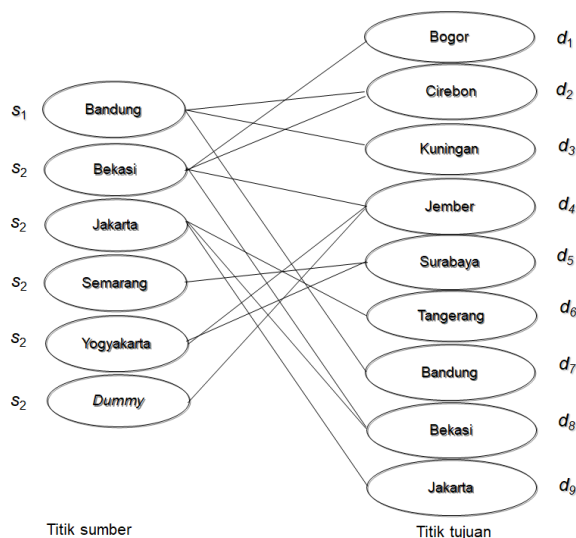
Tabel 6. Jumlah barang yang didistribusikan bagian 1 (Unit)

	Bogor	Cirebon	Kuningan	Jember
Bandung		1.622	608	
Bekasi	1.142	775		218
Jakarta				
Semarang				
Yogyakarta				1.233
Dummy				528

Tabel 7. Jumlah barang yang didistribusikan bagian 2 (Unit)

	Surabaya	Tangerang	Bandung	Bekasi	Jakarta
Ban-dung			3.000		
Bekasi				2.215	
Jakarta		2.865		585	3.000
Semara-ng	2.000				
Yogya-karta	567				
Dummy					

Ilustrasi solusi dari penerapan masalah transportasi diberikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi Solusi Penerapan Masalah Transportasi Pada Perusahaan Farmasi

Pembahasan

Penelitian yang dilakukan oleh Hasanah et al. (2020) menghasilkan solusi yang sama dengan penelitian ini. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa kualitas solusi pada Hasanah et al. (2020) adalah solusi optimal (Tabel 8). Namun, dalam hal ongkos distribusi total, penelitian Hasanah et al. (2020) menghasilkan ongkos distribusi total yang justru lebih kecil. Ongkos distribusi total yang dihasilkan oleh Hasanah et al. (2020) adalah Rp13.341.654.000, sedangkan penelitian ini menghasilkan ongkos distribusi total Rp13.355.604.000. Terdapat perbedaan Rp13.950.000.

Pada Tabel 8 diberikan perhitungan manual ongkos distribusi total untuk solusi yang dihasilkan oleh Hasanah et al. (2020) dan penelitian ini.

Tabel 8. Perhitungan Manual Ongkos Distribusi

Ongkos distribusi	Penelitian Hasanah et al. (2020)		Penelitian Ini	
	Solusi	Jumlah ongkos distribusi	Solusi	Jumlah ongkos distribusi
867	1.622	1.406.274	1.622	1.406.274
702	608	426.816	608	426.816
428	3.000	1.284.000	3.000	1.284.000
518	1.142	591.556	1.142	591.556
842	775	652.550	775	652.550
2.475	218	539.550	218	539.550
445	2.215	985.675	2.215	985.675
467	2.865	1.337.955	2.865	1.337.955
434	585	253.890	585	253.890
397	3.000	1.191.000	3.000	1.191.000
1.108	2.000	2.216.000	2.000	2.216.000
1.494	1.233	1.842.102	1.233	1.842.102
1.108	567	628.236	567	628.236
0	528	-	528	-
Ongkos distribusi total		13.355.604		13.355.604

Solusi diberikan dalam satuan unit, ongkos distribusi diberikan dalam satuan ribuan rupiah per unit, dan ongkos distribusi total diberikan dalam satuan ribuan rupiah.

Dari Tabel 8 dapat diketahui bahwa ongkos distribusi total adalah Rp13.355.604.000, sesuai dengan yang dihasilkan oleh penelitian ini. Oleh karena itu, penelitian ini menunjukkan pentingnya penggunaan kedua metode, baik itu algoritma transportasi dan model program linier (Tabel 1) pada masalah transportasi untuk memverifikasi hasil dan meminimasi kesalahan.

PENUTUP

Penelitian ini menerapkan masalah transportasi pada sebuah perusahaan farmasi untuk merancang jaringan distribusinya dengan memformulasikan masalah transportasi ke dalam model program linier. Model program linier diselesaikan dengan menggunakan LINGO 12.0. Penelitian ini telah berhasil memperbaiki penelitian sebelumnya dengan menghasilkan kualitas solusi optimal dan ongkos distribusi total yang benar yaitu Rp13.355.604.000. Selain itu, penelitian ini juga menunjukkan pentingnya penggunaan kedua metode, baik itu algoritma transportasi dan model program linier pada masalah transportasi untuk memverifikasi hasil dan meminimasi kesalahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional atas Hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun 2020 (Nomor: 012/SP4/LP2M-UTAMA/VI/2020).

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Haji, N. P., Tarore, H., Walangitan, D. R. O., & Sibi, M. (2013). Aplikasi Metode Stepping-Stone Untuk Optimasi Perencanaan Biaya Pada Suatu Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pemeliharaan Ruas Jalan di Senduk, Tinoor, dan Ratahan). *Jurnal Sipil Statik*, 1(8), 571–578.
- Ali, U., & Mustapha, A. (2013). Comparison of Transportation Algorithms Using Data from Katsina State Transport Authority, Katsina State, Nigeria. *Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences*, 21(3), 207–214. <https://doi.org/10.4314/njbas.v21i3.6>
- Ardhyani, I. W. (2017). MENGOPTIMALKAN BIAYA DISTRIBUSI PAKAN TERNAK DENGAN MENGGUNAKAN METODE TRANSPORTASI (Studi Kasus di PT. X Krian). *Teknika: Engineering and Sains Journal*, 1(2), 95–100. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1116483>
- Ardini, A., & Lutfiyana, N. (2018). Metode Transportasi Untuk Mengoptimalkan Biaya Pengiriman Barang Pada PT Trimuda Nuansa Citra Jakarta. *Information System for Educators and Professionals*, 3(1), 55–66.
- Arifin, A. (2014). MODEL TRANSPORTASI UNTUK MASALAH PENDISTRIBUSIAN AIR MINUM (STUDI KASUS PDAM SURAKARTA). *TEKNOMATIKA*, 7(1), 1–10.
- Ary, M., & Syarifuddin, D. (2011). COMPARISON THE TRANSPORTATION PROBLEM SOLUTION BETWEEN NORTHWEST-CORNER METHOD AND STEPPINGSTONE METHOD WITH BASIS TREE APPROACH. *International Seminar on Scientific Issues and Trends*, 35–42.
- Basriati, S., & Cahyani, D. (2017). Penyelesaian Model Transportasi Menggunakan Metode ASM, RDI dan MODI (Studi Kasus: PT. Melayu Bumi Lestari). *Jurnal Sains Matematika Dan Statistika*, 3(2), 67–73.
- Charnes, A., & Cooper, W. W. (1954). The Stepping Stone Method of Explaining Linear Programming Calculations in Transportation Problems. *Management Science*. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1.1.49>
- Hakim, A. (2019). Solving Transportation Problem using Vogel's Approximation

- Method, Stepping Stone Method & Modified Distribution Method. In *Operation Research* (pp. 1–38).
- Haryono, Y. (2015). Penyelesaian Masalah Model Transportasi Dengan Menggunakan Metode Simpleks Transportasi. *Lemma*, 1(2), 71–77.
- Hasanah, T. U., Utami, P., & Fauzi, M. (2020). Pengoptimalan Biaya Transportasi dengan Metoda North West Corner (NWC) dan Stepping Stone (SS) untuk Distribusi Produk Farmasi. *Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 6(1), 34–39.
- Hasibuan, N. A. (2017). Russel Approximation Method And Vogel's Approximation Method In Solving Transport Problem. *International Journal of Informatics and Computer Science (The IJICS)*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30865/ijics.v1i1.454>
- Hermansyah, Helmi, E. W. R. (2016). PERBANDINGAN METODE STEPPING STONE DAN MODIFIED DISTRIBUTION DENGAN SOLUSI AWAL METODE LEAST COST UNTUK MEMINIMUMKAN BIAYA DISTRIBUSI (Studi Kasus Produsen Mulya Telur Pontianak). *Bimaster*, 5(3), 249–256.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2001). *Introduction To Operations Research* (Seventh). McGraw-Hill.
- Imbang, P. ., Pratisis, P. A. ., & Walangitan, D. R. . (2018). Optimasi biaya distribusi material dengan Metode North West Corner studi kasus Pembangunan gedung laboratorium fakultas. *Jurnal Sipil Statik*, 6(10), 847–852.
- Irwan, H., Methalina, V., & Yuniral. (2017). OPTIMASI PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN METODE TRANSPORTASI – LEAST COST. *PROFISIENSI*, 5(1), 22–32.
- Mishra, S. (2017). Solving Transportation Problem by Various Methods and Their Comparison. *International Journal of Mathematics Trends and Technology*, 44(4), 270–275. <https://doi.org/10.14445/22315373/ijmtt-v44p538>
- Nugraha, E., & Sari, R. M. (2019). Efektivitas Biaya Pengiriman Pada Perusahaan Roti Dengan Menggunakan Metode Transportasi. *Competitive*, 14(2), 21–26.
- Pranati, N. M. A., Jaya, A. I., & Sahari, A. (2018). OPTIMALISASI BIAYA TRANSPORTASI PENDISTRIBUSIAN KERAMIK MENGGUNAKAN MODEL TRANSPORTASI METODE STEPPING STONE (STUDI KASUS: PT. INDAH BANGUNAN). *JURNAL ILMIAH MATEMATIKA DAN TERAPAN*, 15(1), 48–57. <https://doi.org/10.22487/2540766x.2018.v15.i1.10198>
- Primadiarta, A. S., Narto, & Achmadi, F. (2017). OPTIMASI DISTRIBUSI PRODUK DENGAN METODE TRANSPORTASI BERDASARKAN PERMINTAAN PRODUK DI PT. XYZ SURABAYA. *Prosiding SNST Ke-8 Tahun 2017*, 128–133.
- Safari, L. M., Ceffi, M. S., & Suprpto, M. (2020). Optimasi Biaya Pengiriman Beras Menggunakan Model Transportasi Metode North West Corner (Nwc) Dan Software Lingo. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, 6(3), 184–189. <http://journal.widyatama.ac.id/index.php/jitter/article/view/402/335>
- Septiana, M. A., Hidayattulloh, R., Machmudin, J., & Anggraeni, N. F. (2020). OPTIMASI BIAYA PENGIRIMAN KELAPA MENGGUNAKAN MODEL TRANSPORTASI METODE STEPPING STONE. *JURNAL REKAYASA SISTEM INDUSTRI*, 5(2), 111–115. <https://doi.org/10.33884/jrsi.v5i2.1909>
- Simangunsong, A. (2018). Pengangkutan Kayu Menggunakan Metode Stepping Stone Pada Pt . Tpl Tobasa. *Jurnal Mantik Penusa Vol. 2, No. 2 Desember 2018, Pp. 185-190*, 2(2), 185–190.
- Syam, R., Sukarna, S., & Asyhari, M. N. A. (2020). Model Transportasi dan Terapannya dalam Optimalisasi Biaya Distribusi Beras Miskin di Kota Makassar oleh Perum Bulog

- Sub Divre Makassar Tahun 2016. *Journal of Mathematics, Computations, and Statistics*, 2(2), 126. <https://doi.org/10.35580/jmathcos.v2i2.12575>
- Taha, H. A. (2007). *Operations Research* (Eighth). Pearson Prentice Hall.
- Uddin, M. S., Khan, A. R., Kibria, C. G., & Raeva, I. (2016). Improved Least Cost Method to Obtain a Better IBFS to the Transportation Problem. *Journal of Applied Mathematics & Bioinformatics*, 6(2), 1–20.