



Penerapan Metode Transportasi dan Transshipment Menggunakan Linear Programming dalam Efisiensi Biaya Distribusi Barang

Fikri Husin Batubara, Rina Widyasari*

Fakultas Sains Dan Teknologi, Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Indonesia

Email: ¹fikrihusinbatubara2000@gmail.com, ^{2*}rina_widyasari@uinsu.ac.id

Email Penulis Korespondensi: rina_widyasari@uinsu.ac.id

Abstrak—Jasa pengiriman barang atau jasa ekspedisi kini semakin diminati setiap harinya oleh kalangan masyarakat Indonesia. Salah satu jasa pengiriman yang diminati adalah perusahaan PT. Tiki Jalur Nugraha Ekakurir (JNE), pengiriman barang tidak lepas dari peran penting saluran distribusi, sehingga masalah yang timbul dalam pendistribusian barang di PT. JNE adalah biaya pengiriman barang yang sangat mahal, yang menyebabkan perusahaan akan mengeluarkan biaya yang besar serta mengalami kerugian apabila masalah distribusi ini tidak dituntaskan. Model transportasi digunakan untuk menyelesaikan masalah distribusi yang dialami PT. JNE dengan menerapkan metode north west corner, least cost, vogel's approximation dan russel's approximation sebagai solusi pembandingan penyelesaian masalah. Kemudian metode yang efisien akan dibuktikan dengan metode linear programming dengan bantuan software LINDO dan uji sensitivitas untuk membuktikan kebenaran model transportasi. Dengan penyelesaian model ini akan bertujuan untuk mengefisienkan biaya distribusi barang di PT. JNE, dari hasil penelitian distribusi barang yang paling efisien dengan model transportasi adalah metode vogel's approximation dengan total biaya Rp. 1018.500.

Kata Kunci: Distribusi Barang; Linear Programming; Model Transportasi; PT. JNE; Uji Sensitivitas

Abstract—Goods delivery services or expedition services are now increasingly in demand by people in Indonesia every day. One of the most popular shipping services is the company PT. Tiki Jalur Nugraha Ekakurir (JNE), delivery of goods cannot be separated from the important role of the distribution channel, so that problems that arise in the distribution of goods at PT. JNE are the very expensive cost of shipping goods, which causes the company to incur large costs and suffer losses if the problem occurs. This distribution is not complete. The transportation model is used to solve distribution problems experienced by PT. JNE by applying the north west corner, least cost, vogel's approximation and russell's approximation methods as a comparison solution for problem solving. Then the efficient method will be proven by the linear programming method with the help of LINDO software and a sensitivity test to prove the correctness of the transportation model. With the completion of this model, the aim is to streamline the cost of distribution of goods at PT. JNE, from the results of the research on the distribution of goods that is most efficient with the transportation model, namely the vogel's approximation method with a total cost of Rp. 1.018.500.

Keyword: Goods Distribution; Linear Programming; Transportation Models; PT. JNE; Sensitivity Test

1. PENDAHULUAN

Jasa pengiriman barang atau jasa ekspedisi kini semakin diminati setiap harinya oleh kalangan masyarakat di Indonesia, terutama pada zaman yang canggih ini. Kemajuan teknologi di era globalisasi cenderung membuat masyarakat menyukai segala sesuatu yang mudah dan praktis. Di Indonesia terdapat banyak perusahaan jasa pengirim yang dipercaya memiliki kualitas mumpuni dengan berbagai bentuk layanan jasa pengiriman yang memudahkan pelanggan untuk memilih jasa yang sesuai dengan kebutuhan. Salah satu jasa pengiriman yang diminati adalah perusahaan PT. Tiki Jalur Nugraha Ekakurir yang disebut JNE. Layanan yang ditawarkan JNE antara lain JNE express, super speed, ongkos kirim ekonomis (OKE), dan lain-lain. Pengguna jasa JNE mengalami peningkatan yang cukup baik, hal ini ditunjukkan JNE dianugrahi berbagai penghargaan di tahun 2016-2020, seperti Indonesia Original Brand, Indonesian Customer Satisfaction Award 2016 For Logistic Sector. Tentunya dengan berbagai banyak penghargaan yang diterima JNE tidak lepas dari peran penting saluran distribusi. Distribusi adalah proses penyaluran barang dari pengirim kepada penerima. Sehingga dibutuhkan suatu kendali dalam proses pendistribusian tersebut [1].

Umumnya perusahaan yang bergerak di bidang pendistribusian barang, perusahaan akan transit satu kali di gudang. Distribusi diartikan sebagai suatu kegiatan yang digunakan untuk pengiriman sebuah barang dari sumber ke tujuan sehingga produk tersebut sampai kepada konsumen, yang akhirnya konsumen itu sendiri tidak perlu tahu cara pengangkutan dan proses pengiriman barang yang sudah dibelinya [2]. Dapat dikatakan bahwa proses pendistribusian tidak dilakukan secara langsung tetapi harus melalui transit terlebih dahulu. Hal ini tentu menambah beban biaya distribusi, sehingga perusahaan merasa dirugikan. Maka dapat disimpulkan bahwa masalah transportasi terjadi karena semua barang yang diangkut harus melalui transit terlebih dahulu [3]. Masalah-masalah yang ada dalam pengelolaan distribusi dialami oleh PT. Tiki Jalur Nugraha Ekakurir. Berdasarkan wawancara dengan manager kantor pusat JNE Padang Lawas, Sumatera Utara mengatakan bahwa masalah-masalah yang timbul dalam pendistribusian barang adalah keterlambatan pengiriman karena jalur yang digunakan tidak efisien dan biaya pengiriman yang mahal disebabkan oleh disparitas biaya karena ketidakseimbangan alur distribusi barang dari sumber ke tujuan, yang menyebabkan perusahaan akan mengeluarkan biaya yang besar. Hal ini tentu merugikan untuk perusahaan dan konsumen sendiri apabila masalah distribusi ini tidak dituntaskan. Oleh karena itu digunakan penyelesaian dengan metode untuk mengatasi masalah-masalah tersebut. Pemecahan masalah digunakan model transportasi untuk menyelesaikan masalah distribusi barang yang dialami PT. JNE



dengan menerapkan metode north west corner, least cost, vogel's approximation dan russel's approximation sebagai solusi pembandingan penyelesaian masalah. Kemudian penyelesaian metode yang paling efisien akan dibuktikan dengan metode linear programming dengan bantuan software LINDO dan uji sensitivitas untuk membuktikan kebenaran penyelesaian model transportasi yang dilakukan. Metode linear programming adalah suatu Teknik matematika dalam menentukan pemecahan masalah yang bertujuan untuk memaksimalkan atau meminimumkan sesuatu yang dibatasi oleh batasan-batasan tertentu [4][5]. Berdasarkan hal tersebut PT. JNE harus menerapkan metode yang cocok untuk menyelesaikan masalah distribusi dengan model metode transportasi agar tidak merasa dirugikan dan memiliki biaya distribusi yang efisien.

Pada tahun sebelumnya penelitian mengenai masalah distribusi ini telah dilakukan oleh Muhammad, et all., (2020) yang menyatakan bahwa pengoptimalan pengiriman beras subsidi keagen-agen di desa tujuannya dengan menggunakan metode transshipment, PT. XYZ hanya melalui distributor 3 dan distributor 4. Dengan total beras yang dikirim distributor 3 sebanyak 2.610 kg dan distributor 4 sebanyak 26.100 kg. Hasil optimal biaya pengiriman yang didapatkan adalah sebesar Rp. 18.317.000 [6]. Selanjutnya terdapat penelitian yang dilakukan oleh Rahman (2021) mengatakan bahwa program network (NET) ini digunakan untuk memecahkan masalah jaringan (Network), yakni digunakan untuk mencari jalur terpendek dari suatu jaringan [7]. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Gumilar (2020) tentang biaya distribusi beras subsidi dengan model transshipment dan menyimpulkan bahwa hasil untuk pengoptimalan pengiriman beras subsidi keagen-agen di desa tujuan, menggunakan metode transshipment [8].

Berdasarkan penelitian sebelumnya PT. JNE harus mampu membuat langkah yang cocok untuk mengefisienkan biaya pengiriman distribusi barangnya, Langkah yang digunakan saat ini masih dengan cara yang biasa (manual), sehingga dapat mengakibatkan pengeluaran biaya yang sangat besar terutama pada system layanan distribusi. Model transportasi dan transshipment ini dapat mengefisienkan biaya distribusi barang dengan berbagai metode, software dan uji yang digunakan.

Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengefisienkan biaya distribusi barang dengan menerapkan metode transportasi dan transshipment menggunakan linear Programming di PT. Tiki Jalur Nugraha Ekakurir (JNE). Dalam penelitian ini akan dibahas mengenai tahap penyelesaian model transportasi dengan penyelesaian metode north west corner, least cost, vogel's approximation dan russel's approximation, sebagai solusi pembandingan penyelesaian masalah. Kemudian metode yang efisien akan dibuktikan dengan metode linear programming dengan bantuan software LINDO dan uji sensitivitas untuk membuktikan kebenaran penyelesaian model transportasi.

Untuk menghindari terjadinya salah penafsiran pada penelitian ini maka batasan masalah adalah data yang digunakan adalah data dari PT. Tiki Jalur Nugraha Ekakurir (JNE), yang meliputi data jumlah barang, data biaya kapasitas pelayanan, dan data biaya distribusi/pengiriman barang. Focus penelitian ini adalah efisiensi biaya distribusi barang dengan penerapan model transportasi dan transshipment. Metode yang digunakan dalam penerapan model transportasi adalah metode north west corner, least cost, vogel's approximation dan russel's approximation.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

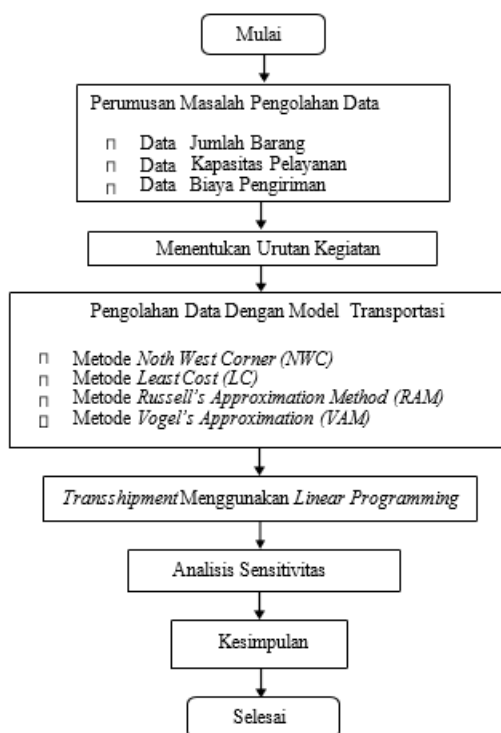
Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Padang Lawas tepatnya di kantor pusat JNE, JL. Ki Hajar Dewantara, Paddang Luar, Kecamatan Barumon, Kabupaten Padang lawas, Sumatera Utara, 22763. Yang dilaksanakan pada bulan Desember 2022 sampai dengan selesai.

2.2 Jenis Dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yaitu data yang berasal dari informasi secara langsung dari pihak perusahaan ataupun pihak yang terkait dalam penelitian seperti interview dan pengamatan langsung oleh peneliti. Data sekunder yaitu data yang tidak diperoleh langsung dari sumbernya dan sudah tersedia dalam bentuk jadi yang telah di publikasikan seperti dokumen dan arsip-arsip perusahaan [9]. Sedangkan sumber data dari penelitian ini melalui internal perusahaan untuk mengetahui biaya transportasi, lokasi wilayah kerja perusahaan serta bantuan dari gogle map untuk mengetahui wilayah distribusi barang pengiriman [10].

2.3 Tahapan Penelitian

Penelitian Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif yaitu suatu bentuk penelitian yang berdasarkan data yang dikumpulkan selama penelitian secara sistematis mengenai fakta-fakta dan sifat-sifat dari objek yang diteliti dengan menghubungkan antar variabel yang terlibat didalamnya, setelah itu diinterpretasikan berdasarkan teori-teori dan literatur yang berhubungan dengan biaya distribusi [11].



Gambar 1. Gambaran Tahapan penelitian

a. Observasi Penelitian

Observasi ini dilakukan dengan cara mengadakan pengamatan atau peninjauan secara langsung pada objek penelitian yakni pada perusahaan PT. Tiki Jalur Nugraha Ekakurir (JNE) tepatnya dikantor pusat JNE, Jl. Ki Hajar Dewantara, Padang Luar, Kecamatan Barumun, Kabupaten Padang Lawas, Sumatera Utara.

b. Interview

Interview merupakan suatu cara untuk mendapatkan data atau informasi dengan tanya jawab secara langsung mengenai tujuan pendistribusian, biaya transportasi distribusi dan alat transportasi distribusi yang digunakan pada orang yang mengetahui tentang objek yang diteliti. Dalam hal ini adalah dengan pihak manejer personalia kantor cabang JNE, Jl. Ki Hajar Dewantara, Padang Luar, Kecamatan Barumun, Kabupaten Padang Lawas, Sumatera Utara.

c. Dokumentasi

Dokumentasi adalah bentuk penelitian yang dilakukan dengan mengumpulkan dokumen atau arsip-arsip perusahaan yang berhubungan dengan masalah transportasi dan distribusi barang di JNE.

d. Variabel Penelitian

Variabel yang diteliti dalam penelitian ini adalah jumlah barang yang akan di distribusikan, dimana jumlah barang yang dimaksud merupakan jumlah barang yang dikirim dari suatu sumber ke suatu tujuan. Setiap jumlah barang yang dikirim sangat mempengaruhi biaya pengiriman suatu barang. Kemudian biaya kapasitas pelayanan barang tersebut oleh masing-masing sumber ke setiap tujuan. Dan variabel ketiga adalah biaya pengiriman.

2.4 Teknik Analisis Data

a. Menguji Model transportasi dengan Model Transshipment

Model transshipment dapat dianalisis dengan menggunakan pendekatan linear programming (metode transportasi) yang merupakan analisis optimalisasi atas alokasi biaya dan jalur distribusi yang optimal. Minimum[12]

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Cij, Xij \tag{1}$$

b. Menguji Kriteria Optimal

Kriteria optimal dalam permasalahan linear programming merupakan suatu hasil hitung atas fungsi tujuan (minimalisasi) dan fungsi kendala yang ada. Dimana jumlah barang yang dikirim (X_{ij}), maka daerah yang mendapat jumlah barang lebih banyak dari daerah yang lain maka daerah itu merupakan jalur yang optimal untuk dilalui.

c. Menguji Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas merupakan analisis yang dilakukan untuk mengetahui akibat dari perubahan parameter distribusi terhadap perubahan kinerja system distribusi dalam menghasilkan keuntungan.



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum

Penelitian ini akan dilakukan di Kabupaten Padang Lawas tepatnya dikantor pusat JNE, Jl. Ki Hajar Dewantara, Padang Luar, Kecamatan Barumun, Kabupaten Padang Lawas, Sumatera Utara, 22763. Dimana JNE di Kabupaten Padang Lawas memiliki suatu kantor pusat dan 8 kantor cabng. Berikut adalah 8 kantor cabng JNE di Kabupaten Padang Lawas, Sumatera Utara:

Tabel 1. Kantor Cabang di Kabupaten Padang Lawas

No	Kantor Cabang JNE Kabupaten padang Lawas	Lambang
1.	Sungai Korang	A
2.	Sosa	B
3.	Sosa Timur	C
4.	Sibuhuan	D
5.	Aeknabara	E
6.	Huristak	F
7.	Trans Aliaga	G
8.	Trans Pir	H

Rute pendistribusian barang dari sumber ke tujuan sebelum dilakukan penelitian adalah sebagai berikut:

Rute : [Pusat → Sibuhuan → Sosa → Sosa Timur → Sungai Korang → Aeknabara → Huristak → Trans Aliaga → Trans Pir → Pusat].

Armada yang dimiliki distributor adalah 12 armada dengan rincian 1 mobil pickup, lebar 2m, tinggi 1,56m, dengan kapasitas daya tambung 800 kg. 1 mobil ekonomi, lebar 1,33m, tinggi 0,9m, dengan kapasitas 200kg. dan 10 motor yang di modifikasi dengan keranjang tempat barang, lebar 50cm, tinggi 90cm, dengan kapasitas setiap motor 150kg. pengiriman barang dilakukan 3 kali dalam satu minggu, dengan total biaya satu kali pengiriman Rp. 1.082.500. Kapasitas biaya pelayanan yang bisa tampung untuk setiap jenis pelayanan juga berbeda, berikut adalah daftar kapasitas jenis pelayanan untuk setiap layanan:

Tabel 2. Kapasitas Untuk Setiap Pelayanan/ Kg

No	Layanan	Kapasitas/Kg
1	YES	20.000
2	REG	22.000
3	OKE	24.000

Layanan yang diberikan oleh JNE di Kabupaten Padang Lawas, Sumatera Utara dalam pengiriman barang memiliki 3 jenis layanan pengiriman. Yaitu Yakin Esok Sampai (YES) dengan syarat layanan pengiriman 24 jam dan jaminan uang Kembali jika barang tidak terkirim, kemudian yang ke-2 Reguler (REG) dengan syarat layanan tanpa jaminan uang Kembali jika barang tidak terkirim, dan yang ke-3 Ongkos Kirim Ekonomis (OKE) dengan syarat layanan harga murah tanpa jaminan uang Kembali jika barang tidak terkirim. Berikut jumlah barang yang terkirim dari kantor pusat JNE ke kantor cabang:

Tabel 3. Jumlah Barang Yang Dikirim Dari Kantor Pusat Ke Kantor Cabang

Layanan Lokasi	Layanan			Total
	YES	REG	OKE	
Sungai Korang	10 kg	20 kg	15 kg	45 kg
Sosa	12 kg	18 kg	17 kg	47 kg
Sosa Timur	15 kg	21 kg	20 kg	56 kg
Sibuhuan	18 kg	28 kg	25 kg	71 kg
Aeknabara	14 kg	22 kg	18 kg	54 kg
Huristak	16 kg	19 kg	12 kg	47 kg
Trans Aliaga	15 kg	20 kg	10 kg	45 kg
Trabs Pir	11 kg	18 kg	15 kg	44 kg
Total	111 kg	166 kg	132 kg	409 kg

Sedangkan biaya pengiriman barang/kg ke setiap kantor cabang juga berbeda, berikut adalah daftar biaya pengiriman barang/kg untuk setiap kantor cabang.

Tabel 4. Biaya Pengiriman Untuk Setiap Pengiriman/Kg

No.	Lokasi kantor cabang	Biaya/kg
1	Sungai Korang	8.250



No.	Lokasi kantor cabang	Biaya/kg
2	Sosa	10.000
3	Sosa Timur	6.500
4	Sibuhuan	8.250
5	Aeknabara	11.000
6	Huristak	5.500
7	Trans Aliaga	9.750
8	Trans Pir	6.750

Sehingga tabel bentuk metode transportasi dibuat seperti gambar di bawah ini :

Tabel 5. Bentuk Metode Transportasi

Layanan \ Lokasi	A	B	C	D	E	F	G	H	Kapasitas
YES	10	12	15	18	14	16	15	11	20.000
REG	20	18	21	28	22	19	20	18	22.000
OKE	15	17	20	25	18	12	10	15	24.000
Harga	8.250	10.000	6.500	8.250	11.000	5.500	9.750	6.750	66.000

Berdasarkan tabel diatas dapat di informasi ke dalam Model Transportasi yaitu:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij}, X_{ij} \tag{2}$$

$$Z = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^8 C_{ij}, X_{ij} \tag{3}$$

Sehingga total distribusi barang yaitu:

Minimum

$$Z = 10x_1 + 12x_2 + 15x_3 + 18x_4 + 14x_5 + 16x_6 + 15x_7 + 11x_8 + 20x_9 + 18x_{10} + 21x_{11} + 28x_{12} + 22x_{13} + 19x_{14} + 20x_{15} + 18x_{16} + 15x_{17} + 17x_{18} + 20x_{19} + 25x_{20} + 18x_{21} + 12x_{22} + 10x_{23} + 15x_{24}$$

Dengan Kendala

$$\sum_{j=1}^8 X_{ij} = a_i$$

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} + X_{18} = 20.000$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} + X_{27} + X_{28} = 22.000$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} + X_{37} + X_{38} = 24.000$$

$$\sum_{i=1}^3 X_{ij} = b_j$$

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} = 8.250$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} = 10.000$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} = 6.500$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} = 8.250$$

$$X_{15} + X_{25} + X_{35} = 11.000$$

$$X_{16} + X_{26} + X_{36} = 5.500$$

$$X_{17} + X_{27} + X_{37} = 9.750$$

$$X_{18} + X_{28} + X_{38} = 6.750$$

$X_{ij} \geq 0$ untuk semua i dan j

Keterangan:

X_{ij} = jumlah barang yang akan dikirim dari dari sumber i ke j

C_{ij} = biaya angkut barang dari sumber i ke j

a_i = jumlah persediaan barang dari sumber i

b_j = jumlah permintaan barang ke tujuan j

3.2 Bentuk Model Transportasi

Adapun untuk menentukan solusi penyelesaian pembandingan digunakan 4 metode yaitu metode ke-1 North West Corner (NWC) atau metode sudut barat laut adalah sebuah metode untuk Menyusun tabel awal dengan cara mengalokasikan distribusi mulai dari sel yang terletak pada sudut kiri atas [13]. Kemudian metode yang ke-2 Least Cost (LC) atau metode biaya terkecil yang memuat alokasi distribusi berdasarkan pada biaya yang terendah [14]. Metode yang ke-3 Vogel's Approximation (VAM), dan metode yang ke-4 Russell's approximation (RAM). Berikut hasil perhitungan setiap metode yang di sajikan dalam tabel dibawah ini:



a. Metode North West Corner (NWC)

Untuk mengetahui hasil total biaya transportasi minimum dari kantor pusat JNE ke kantor cabang diperlukan solusi awal dengan metode North West Corner (NWC) sebagai solusi awal. Dimana dari mulai ujung kiri atas dengan jumlah biaya untuk setiap layanan YES (Kapasitas) adalah 20.000 dan biaya untuk alokasi A (Harga) yaitu 8.250 sehingga jumlah biaya yang di alokasikan pada kolom pertama yaitu 8.250 (sejumlah Harga). Karna baris pertama sudah memenuhi jumlah Harga maka dilanjutkan dengan mengisi baris pertama kolom kedua sebesar 10.000 sehingga tidak memenuhi jumlah Kapasitas dan sesuai kapasitas Harga. Alokasikan sebanyak mungkin dengan memperhatikan jumlah Kapasitas dan jumlah Harga. Untuk penyelesaian dengan North West Corner (NWC) dapat dilihat seperti tabel dibawah ini:

Tabel 6. Metode North West Corner (NWC)

Lokasi Layanan	A	B	C	D	E	F	G	H	Kapasitas
YES	10 8.250	12 10.000	15 1.750	18	14	16	15	11	20.000
REG	20	18	4.750	8.250	9.000	19	20	18	22.000
OKE	15	17	20	25	18	12	10	15	24.000
Harga	8.250	10.000	6.500	8.250	2.000	5.500	9.750	6.750	66.000

Karena semua kebutuhan baris dan kolom sudah terpenuhi maka biaya minimum distribusi dari kantor pusat ke kantor cabang dapat dihitung dengan rumus berikut:

Minimum :

$$Z = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^8 C_{ij}, X_{ij} \tag{4}$$

$$Z = 10C_{11} + 12C_{12} + 15C_{13} + 21C_{23} + 28C_{24} + 22C_{25} + 18C_{35} + 12C_{36} + 10C_{37} + 15C_{38}$$

$$Z = 10(8.250) + 12(10.000) + 15(1.750) + 21(4.750) + 28(8.250) + 22(9.000) + 18(2.000) + 12(5.500) + 10(9.750) + 15(6.750)$$

$$Z = 82.500 + 120.000 + 26.250 + 99.750 + 231.000 + 198.000 + 36.000 + 66.000 + 97.500 + 101.250$$

$$Z = 1.058.250$$

b. Metode Least Cost (LC)

Untuk solusi awal kedua digunakan metode least cost (LC) dimana identifikasi sel dilakukan dengan angka yang paling rendah. Dimulai dari baris pertama kolom pertama yaitu 10 dengan jumlah yang dialokasikan sejumlah 8.250. Ulangi hingga semua unit dialokasikan. Berikut adalah tabel penyelesaian dengan metode least cost (LC).

Tabel 7. Metode Least Cost (LC)

Lokasi Layanan	A	B	C	D	E	F	G	H	Kapasitas
YES	10 8.250	12 5.000	15	18	14	16	15	11 6.750	20.000
REG	20	18	21 6.500	8.250	7.250	19	20	18	22.000
OKE	15	17 5.000	20	25	18 3.750	12 5.500	10 9.750	15	24.000
Harga	8.250	10.000	6.500	8.250	11.000	5.500	9.750	6.750	66.000

Karena semua kebutuhan baris dan kolom sudah terpenuhi maka biaya minimum distribusi dari kantor pusat ke kantor cabang dapat dihitung dengan rumus berikut:

Minimum :

$$Z = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^8 C_{ij}, X_{ij} \tag{5}$$

$$Z = 10C_{11} + 12C_{12} + 11C_{18} + 21C_{23} + 28C_{24} + 22C_{25} + 17C_{31} + 18C_{35} + 12C_{36} + 10C_{37}$$

$$Z = 10(8.250) + 12(5.000) + 11(6.500) + 21(6.500) + 28(8.250) + 22(7.250) + 17(5.000) + 18(3.750) + 12(5.500) + 10(9.750)$$

$$Z = 82.500 + 60.000 + 71.500 + 136.500 + 231.000 + 159.500 + 85.000 + 67.500 + 82.500 + 97.500$$

$$Z = 1.073.500$$



c. Metode Least Cost (LC)

Untuk solusi awal kedua digunakan metode least cost (LC) dimana identifikasi sel dilakukan dengan angka yang paling rendah. Dimulai dari baris pertama kolom pertama yaitu 10 dengan jumlah yang dialokasikan sejumlah 8.250. Ulangi hingga semua unit dialokasikan. Berikut adalah tabel penyelesaian dengan metode least cost (LC).

Tabel 8. Metode least cost (LC)

Lokasi \ Layanan	A	B	C	D	E	F	G	H	Kapasitas
YES	10 8.250	12 5.000	15	18	14	16	15	11 6.750	20.000
REG	20	18	21 6.500	28 8.250	22 7.250	19	20	18	22.000
OKE	15	17 5.000	20	25	18 3.750	12 5.500	10 9.750	15	24.000
Harga	8.250	10.000	6.500	8.250	11.000	5.500	9.750	6.750	66.000

Karena semua kebutuhan baris dan kolom sudah terpenuhi maka biaya minimum distribusi dari kantor pusat ke kantor cabang dapat dihitung dengan rumus berikut:

Minimum :

$$Z = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^8 C_{ij}, X_{ij} \tag{6}$$

$$Z = 10C_{11} + 12C_{12} + 11C_{18} + 21C_{23} + 28C_{24} + 22C_{25} + 17C_{31} + 18C_{35} + 12C_{36} + 10C_{37}$$

$$Z = 10(8.250) + 12(5.000) + 11(6.500) + 21(6.500) + 28(8.250) + 22(7.250) + 17(5.000) + 18(3.750) + 12(5.500) + 10(9.750)$$

$$Z = 82.500 + 60.000 + 71.500 + 136.500 + 231.000 + 159.500 + 85.000 + 67.500 + 82.500 + 97.500$$

$$Z = 1.073.500$$

d. Metode Vogel's Approximation (VAM)

Untuk solusi awal ketiga digunakan Metode Vogel's Approximation (VAM) dimana harus dicari selisih antara dua biaya terkecil di masing-masing kolom baris, lalu tentukan alokasi dengan angka selisih terbesar [15][16]. Ulangi langkah-langkah diatas hingga baris dan kolom dimana Kapasitas dan Harga telah habis. Berikut penyelesaian dengan tabel Metode Vogel's Approximation (VAM).

Tabel 9. Metode Vogel's Approximation (VAM)

Lokasi \ Layanan	A	B	C	D	E	F	G	H	Kapasitas
YES	10 8.250	12	15 3.500	18 8.250	14	16	15	11	20.000
REG	20	18 10.000	21 3.000	28	22 2.250	19	20	18 6.750	22.000
OKE	15	17	20	25	18 8.750	12 5.500	10 9.750	15	24.000
Harga	8.250	10.000	6.500	8.250	11.000	5.500	9.750	6.750	66.000

Karena semua kebutuhan baris dan kolom sudah terpenuhi maka biaya minimum distribusi dari kantor pusat ke kantor cabang dapat dihitung dengan rumus berikut:

Minimum :

$$Z = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^8 C_{ij}, X_{ij} \tag{7}$$

$$Z = 10C_{11} + 15C_{13} + 18C_{14} + 18C_{22} + 21C_{23} + 22C_{25} + 18C_{28} + 18C_{35} + 12C_{36} + 10C_{37}$$

$$Z = 10(8.250) + 15(3.500) + 18(8.250) + 18(10.000) + 21(3.000) + 22(2.250) + 18(6.750) + 18(8.750) + 12(5.500) + 10(9.750)$$

$$Z = 82.500 + 52.500 + 148.500 + 180.000 + 63.000 + 49.500 + 121.500 + 157.500 + 66.000 + 97.500$$

$$Z = 1.018.500$$

e. Metode Russell's approximation (RAM)

Untuk solusi awal keempat yaitu metode Russell's Approximation (RAM). Metode ini harus ditentukan terlebih dahulu nilai terbesar untuk setiap kolom dan baris lalu dihitung biaya distribusi dengan rumus $\Delta C_{ij} = C_{ij} - u_i - v_j$. Setelah itu dapat dialokasikan nilainya dengan negative terbesar [17]. Pada metode ini nilai negative terbesar adalah -35 dimana terletak di baris ketiga kolom ke 7. Berikut merupakan tabel penyelesaian dengan metode Russell's Approximation (RAM).



Tabel 10. Metode Russell's Approximation (RAM)

Lokasi Layanan	A	B	C	D	E	F	G	H	Kapasitas
YES	10	12	15	18	14	16	15	11	20.000
			5.000	8.250				6.750	
REG	20	18	21	28	22	19	20	18	22.000
		10.000	1.500		10.500				
OKE	15	17	20	25	18	12	10	15	24.000
	8.250				500	5.500	9.750		
Harga	8.250	10.000	6.500	8.250	11.000	5.500	9.750	6.750	66.000

Karena semua kebutuhan baris dan kolom sudah terpenuhi maka biaya minimum distribusi dari kantor pusat ke kantor cabang dapat dihitung dengan rumus berikut:

Minimum :

$$Z = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^8 C_{ij} X_{ij} \tag{8}$$

$$Z = 15C_{13} + 18C_{14} + 11C_{18} + 18C_{22} + 21C_{23} + 22C_{25} + 15C_{31} + 18C_{35} + 12C_{36} + 10C_{37}$$

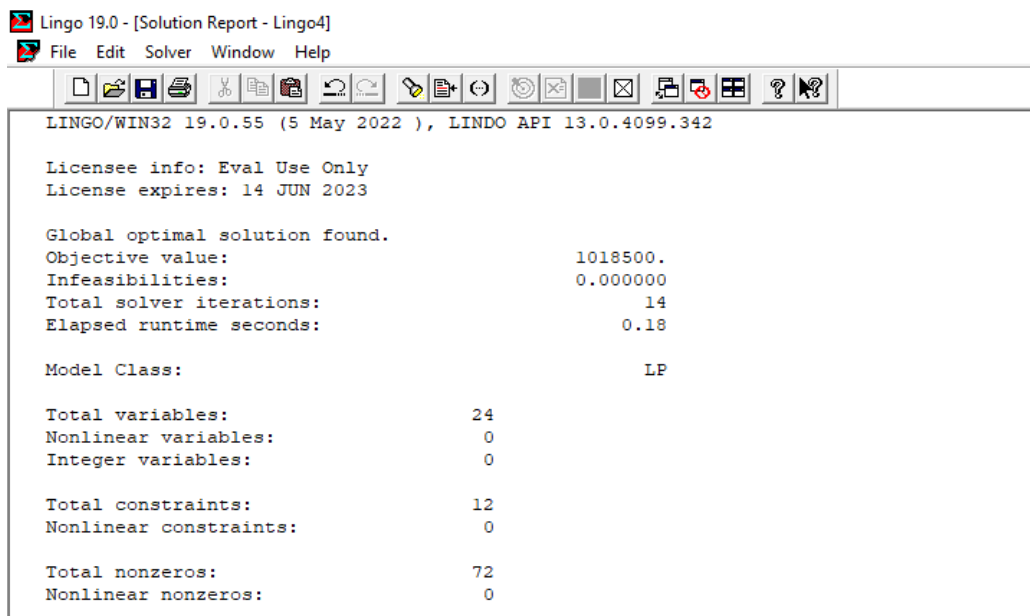
$$Z = 15(5.000) + 18(8.250) + 11(6.750) + 18(10.000) + 21(1.500) + 22(10.500) + 15(8.250) + 18(500) + 12(5.500) + 10(9.750)$$

$$Z = 75.000 + 148.500 + 74.250 + 180.000 + 31.500 + 231.000 + 123.750 + 9000 + 66.000 + 97.500$$

$$Z = 1.036.500$$

3.3 Metode Linear Programming

Metode Linear Programming merupakan metode memecahkan masalah efisiensi maksimum dan minimum menggunakan persamaan dan pertidaksamaan linear dalam mencari solusi optimal [18]. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan Software Lingo dimana bentuk model transportasi dimasukkan kedalam software. Hasil pengolahan software lingo didapatkan seperti berikut:



Gambar 2. Hasil Software Lingo

Hasil pengolahan data tersebut di atas dengan menggunakan Software Lingo dapat diartikan sebagai efisiensi biaya objective value sebesar 1.018.500 dimana iterasinya sebanyak 14.

3.4 Uji Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas merupakan analisis yang dilakukan untuk mengetahui akibat dari perubahan parameter distribusi terhadap perubahan kinerja sistem distribusi dalam menghasilkan keuntungan. Persamaan untuk analisis sensitivitas dapat dilihat sebagai berikut.

$$Z = 10x_1 + 12x_2 + 15x_3 + 18x_4 + 14x_5 + 16x_6 + 15x_7 + 11x_8 + 20x_9 + 18x_{10} + 21x_{11} + 28x_{12} + 22x_{13} + 19x_{14} + 20x_{15} + 18x_{16} + 15x_{17} + 17x_{18} + 20x_{19} + 25x_{20} + 18x_{21} + 12x_{22} + 10x_{23} + 15x_{24}$$

Dengan Kendala dan Tujuan:



$$\begin{aligned} X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 &= 20.000 \\ X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} &= 22.000 \\ X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} + X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} &= 24.000 \\ X_1 + X_9 + X_{17} &= 8.250 \\ X_2 + X_{10} + X_{18} &= 10.000 \\ X_3 + X_{11} + X_{19} &= 6.500 \\ X_4 + X_{12} + X_{20} &= 8.250 \\ X_5 + X_{13} + X_{21} &= 11.000 \\ X_6 + X_{14} + X_{22} &= 5.500 \\ X_7 + X_{15} + X_{23} &= 9.750 \\ X_8 + X_{16} + X_{24} &= 6.750 \end{aligned}$$

Bentuk Kronik dari kendala adalah:

$$\begin{aligned} X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + d_1 &= 20.000 \\ X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + d_2 &= 22.000 \\ X_{17} + X_{18} + X_{19} + X_{20} + X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + d_3 &= 24.000 \\ X_1 + X_9 + X_{17} + d_4 &= 8.250 \\ X_2 + X_{10} + X_{18} + d_5 &= 10.000 \\ X_3 + X_{11} + X_{19} + d_6 &= 6.500 \\ X_4 + X_{12} + X_{20} + d_7 &= 8.250 \\ X_5 + X_{13} + X_{21} + d_8 &= 11.000 \\ X_6 + X_{14} + X_{22} + d_9 &= 5.500 \\ X_7 + X_{15} + X_{23} + d_{10} &= 9.750 \\ X_8 + X_{16} + X_{24} + d_{11} &= 6.750 \end{aligned}$$

Untuk menyelesaikan analisis sensitivitas digunakan software lingo untuk mempermudah dalam hitungannya. Berikut hasil dari perhitungan analisis sensitivitas dengan bantuan software lingo.

```

Lingo 19.0 - [Solution Report - Lingo1]
File Edit Solver Window Help

LINGO/WIN32 19.0.55 (5 May 2022 ), LINDO API 13.0.4099.342

Licensee info: Eval Use Only
License expires: 14 JUN 2023

Global optimal solution found.
Objective value:                1018.500
Infeasibilities:                0.000000
Total solver iterations:        10
Elapsed runtime seconds:        2.04

Model Class:                    LP

Total variables:                24
Nonlinear variables:            0
Integer variables:              0

Total constraints:              12
Nonlinear constraints:          0

Total nonzeros:                72
Nonlinear nonzeros:            0

```

Gambar 3. Hasil Output Analisis Sensitivitas

Hasil pengolahan data tersebut di atas dengan menggunakan Software Lingo dapat diartikan sebagai efisiensi biaya objective value sebesar 1.018.500 dimana iterasinya sebanyak 10.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa dari empat metode yang telah diteliti dapat dilihat bahwa biaya transportasi dengan menggunakan metode Vogel's Approximation dan linier programming dengan bantuan software lingo menghasilkan biaya yang sama yaitu sebesar Rp.1.018.500. dengan rute pendistribusian: pusat → trans aliaga → huristik → sibuhuan → sungai korang → aeknabara → trans pir → sosa → sosa timur → pusat. Sebelumnya perusahaan PT. Tiki Jalur Nugraha Ekakurir (JNE) harus mengeluarkan biaya transportasi sebesar Rp 1.082.500, maka Vogel's Approximation sebagai solusi optimal lebih efisien untuk permasalahan ini karena perusahaan mengalami penurunan biaya transportasi sebesar Rp. 64.000 setiap kali kirim. Adapun pembedanya dengan bantuan software lingo dalam menentukan biaya transportasi lebih mudah dalam pengolahan datanya, hasilnya juga lebih akurat. Hal ini sesuai dengan tujuan penelitian ini yaitu mengefisienkan biaya distribusi



barang dengan menerapkan model transportasi dan transshipment menggunakan linear programming di PT. Tiki Jalur Nugraha Ekakurir (JNE).

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada seluruh dosen UIN Sumatera Utara, Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Matematika, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan ilmu kepada penulis. Orang Tua penulis Ayah Harun Sohar Batubara dan Ibu Nur Masiah Sikumbang yang telah mendidik dan tanpa henti berdoa untuk anaknya tercinta. Abang penulis Arif Rinaldi Batubara dan Riswan Kholil Batubara, S.E, kakak penulis Afni Sakinah Batubara S.Pd, adik penulis Naimah Batubara dan Nabilah Batubara yang telah memberikan semangat selama perkuliahan di UIN Sumatera Utara Medan. Teman-teman seperjuangan di jurusan Program Studi Matematika khususnya kelas Matematika 2 Stambuk 2019, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sumatera Utara Medan, atas semua dukungan, semangat serta kerja samanya.

REFERENCES

- [1] Ardhyani, W. I. (2017). Mengoptimalkan Biaya Distribusi Pakan Ternak Dengan Menggunakan Metode Transportasi (Studi Kasus Di PT. X Krian). *Teknika: Engineering and Sains Journal*, 1.2.
- [2] Rohyana, C. (2021). Pengaruh Biaya Distribusi Terhadap Peningkatan Volume Penjualan Jasa Barang Di Jne Kuningan Land Journal, 2.1, 95-106.
- [3] Widya. (2017). Mengoptimalkan Biaya Distribusi Pakan Ternak dengan Menggunakan Metode Transportasi (Studi Kasus di PT. X Krian). *Engineering and Sains Journal*, 1(2): 95-100.
- [4] Sari, N. P., Nasir, M., dan Andriyan, R. (2019). Evaluasi Kepuasan Penggunaan Aplikasi Paytren Menggunakan Metode End User Computing Satisfaction. In *Bina Darma Conference on Computer Science (BDCCS) volume 1*, pages 112-122.
- [5] Setiawan, D., Amadah, S. N. W., & Ardianti, D.S. (2020). Very Lange Scale Vehicle Routing: New Problems Algoritmhts, and Results. *Computers & Operations Research*, 32(5), 1165-1179.
- [6] Muhamad, G.N. (2021). Optimalisasi Biaya Distribusi Beras Subsidi Dengan Model Transshipment. *Journal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 6.1, 40
- [7] Rahman. F. L., Rahman, N. L., Ronggowaluyo, H. S., dan Telukjambe Timur Kabupaten Karawang. (2021). Optimalisasi Biaya Dan Jarak Distribusi Pada Depot Air JAVAQUA Menggunakan Metode Transportasi dan Metode Network. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 7.4, 502.
- [8] Gumilar, M. N. (2020). Optimalisasi Biaya Distribusi Beras Subsidi Dengan Model Transshipment. *Journal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 6.1, 40
- [9] Arikunto, S. (2019). *Metode Penelitian Kualitatif*. Jakarta: Bumi Aksara.
- [10] Sugiono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&B*. Bandung: Alfabeta.
- [11] Mulyono, S. (2017). *Riset Operasi*. Jakarta: Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- [12] Hillier, F. S., dan Lieberman. G. J. (2020). *Introduction To Operation Researc Ninth Edition*. New York: Mc Graw-Hill Company.
- [13] Siswanto, H. B. (2018). *Pengantar Manajemen*. Jakarta: Bumi Aksara.
- [14] Heizer, R. B. (2019). *Operations Manajemen*. Jakarta: Selemba Empat.
- [15] Dewi, Ni Putu., Tastrawati, Ni Ketut., & Sari, Kartika. (2019). Russel Approximation method dan Improped Vogel's Approximation Method dalam penyelesaian Masalah Transpotasi. *E-Jurnal Matematika*. 8(3): 184-193.
- [16] Hermanto, Niko., dan Hermalina, Ani., & Sutina, Entin. (2017). Vogel's Approximation Method dalam Optimalisasi Biaya Transportasi Pengiriman Koran pada PT. Arah Medialog Pembangunan. *Jurnal Telnik Komputer*. 3(1): 30-36.
- [17] Risna, Kartika. Dkk. (2019). Optimasi Biaya Distribu dengan Metode Transportasi (Studi Kasus the X Indah Sustanaibale Competitive Advantage-9 (Sca-9) Febunsoed), 186-206.
- [18] Kempf, S., Srama, R., Grun, E., Mocker, A., Postberg, F., Hillier, J. K., & Altobelli, N. (2019). Linear High Resolution Dust Mass Spectrometer For A Mission To The Gallilean Satellites. *Planetary and Space Science*, 65(1): 10-20.