



POLA PENERAPAN METODE LEAST COST PADA STUDI KASUS DISTRIBUSI PESANAN PT. HIKMAT PENUH BERKAT

**Muslikhatul Laila¹⁾, Muhamad Abdul
Jumali²⁾**

^{1,2)} Program Studi Teknik Industri, Fakultas
Teknik, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya
E-mail: larittalaila@gmail.com¹⁾,

abduljumali@unipasby.ac.id²⁾

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan total biaya transportasi produk harian pada PT. Hikmat Penuh Berkas antara pola alokasi actual/historis dengan pola alokasi optimal yang dihasilkan oleh Metode *Least Cost* (LC). Permasalahan utama yang dihadapi perusahaan adalah inefisiensi biaya per unit dan pemborosan sumber daya armada, dibuktikan dengan penggunaan hingga 10 driver untuk melayani pesanan harian wilayah Surabaya dan Sidoarjo. Model transportasi disusun dengan 3 sumber (Driver) berkapasitas 2.000 box/kendaraan dan 16 tujuan (15 Kecamatan rill + 1 *Dummy*), dengan total permintaan rill 2.548 box. Biaya pengiriman (*Cij*) ditetapkan berdasarkan jarak relative dari Pabrik Pusat Surabaya. Hasil penerapan Metode *Least Cost* (LC) menghasilkan Solusi Dasar Awal Minimum $Z_{LC} = \text{Rp. } 15.141.000$ untuk 2.548 box, dengan biaya rata-rata Rp. 5.942 per box. Analisis komparatif menunjukkan bahwa pola alokasi aktual (Rp. 17.651.000 untuk 2.548 box) memiliki biaya rata-rata per box sebesar Rp. 6.927. Selisih ini mengindikasikan bahwa alokasi aktual lebih mahal Rp. 985 per box dibandingkan solusi optimal LC. Kesimpulan utama adalah bahwa adopsi pola LC dapat menghasilkan potensi penghematan harian $\approx \text{Rp. } 2.509.780$ dan yang lebih krusial, mengoptimalkan penggunaan armada secara drastis dari 10 menjadi 3 Driver untuk volume pekerjaan yang serupa.

Kata kunci: biaya transportasi, metode least cost (LC), optimasi distribusi, pemodelan transportasi, analisis komparatif, efisiensi armada

ABSTRACT

*This study aims to analyze and compare the total daily product transportation costs at PT. Hikmat Penuh Berkas between the actual/historical allocation pattern and the optimal allocation pattern Generated by the Least Cost (LC) Method. The main problem faced by the company is the inefficiency of unit costs and waste of fleet resources, evidenced by the use of up to 10 drivers to serve daily orders in the Surabaya and Sidoarjo areas. The transportation model is designed with 3 sources (Drivers) with a capacity of 2,000 boxes/vehicle and 16 destinations (15 real Districts + 1 Dummy), with a total real demand of 2,548 boxes. Shipping costs (*Cij*) are determined based on the relative distance from the Surabaya Central Factory. The results of applying the Least Cost (LC) Method produce a Minimum Initial Basic Solution $Z_{LC} = \text{Rp. } 15,141,000$ for 2,548 boxes, with an average cost of Rp. 5,942 per box. Comparative analysis shows that the actual allocation pattern (Rp. 17,651,000 for 2,548 boxes) has an average cost per box of Rp. 6,927. This difference indicates that the actual allocation is Rp. 985 more expensive per box than the optimal LC solution. The main conclusion is that implementing the LC pattern can generate daily savings of $\approx \text{Rp. } 2,509,780$ and more importantly, drastically optimize fleet utilization from 10 to 3 drivers for a similar work volume.*

Keywords: transportation costs, least cost (LC) method, distribution optimization, transportation modeling, comparative analysis, fleet efficiency

1. PENDAHULUAN

Distribusi logistik merupakan elemen krusial dalam rantai pasok global, berfungsi sebagai penghubung antara sentra produksi dan titik konsumsi akhir. Efisiensi dalam proses ini secara langsung memengaruhi daya saing perusahaan melalui optimalisasi biaya operasional dan peningkatan layanan pelanggan. Salah satu tantangan fundamental dalam manajemen logistik adalah masalah transportasi (*transportation problem*), yaitu menentukan pola pengiriman produk dari sejumlah sumber (*source*) ke sejumlah tujuan (*destinations*) sehingga total biaya distribusi dapat diminimalkan [1]. Permasalahan ini merupakan model klasik dalam program linear yang bertujuan mencari solusi fisibel awal (*initial basic feasible solution*) yang paling ekonomis.

Metode *Least Cost* (Biaya Terkecil) adalah Teknik heuristik yang populer digunakan untuk menginisiasi solusi masalah transportasi. Metode ini beroperasi berdasarkan prinsip alokasi sumber daya ke rut-rute yang memiliki biaya per-unit terendah terlebih dahulu, sehingga secara inheren berupaya meminimalkan total biaya sejak tahap awal perhitungan. Meskipun bersifat pendekatan awal dan bukan solusi optimal mutlak (yang umumnya memerlukan metode Modifikasi Distribusi atau *Stepping Stone*), keunggulan utama dari metode *Least Cost* terletak pada kesederhanaannya, kemudian implementasinya, dan kemampuannya menghasilkan solusi awal yang seringkali sudah mendekati kondisi optimal.

Penelitian ini memfokuskan pada pola penerapan spesifik Metode *Least Cost* dalam konteks nyata distribusi produk yang dilakukan oleh PT. Hikmat Penuh Berkas. Melalui studi kasus ini, penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi sejauh mana penggunaan Metode *Least Cost* dapat mengoptimalkan alokasi pesanan dari lokasi produksi ke berbagai lokasi pengiriman dan membandingkan total biaya yang dihasilkan dengan pola distribusi aktual perusahaan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi strategis PT. Hikmat Penuh Berkas dan kontribusi literatur akademis mengenai efektivitas dan implementasi praktis Metode

Least Cost dalam skenario rantai pasok yang dinamis.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka ini mendasari kerangka teoritis penelitian mengenai pola penerapan Metode *Least Cost* dalam masalah distribusi, khususnya dalam konteks operasional PT. Hikmat Penuh Berkas. Fokus utama diletakkan pada konsep masalah transportasi sebagai bagian dari program linear dan mekanisme kerja spesifik dari Metode *Least Cost* dalam menghasilkan solusi dasar awal yang efisien.

2.1 Konsep Dasar Masalah Transportasi

Masalah transportasi (*Transportasi Problem*) merupakan kasus khusus dari program linear dalam bidang Riset Operasi (*Operations Research*) yang sangat relevan dalam manajemen logistik dan rantai pasok. Secara fundamental, masalah ini berkaitan dengan penentuan rencana pengiriman suatu produk homogen dari sejumlah sumber (*sources* atau *origins*) ke sejumlah tujuan (*destinations*) [2]. Tujuan utamanya adalah untuk meminimalkan total biaya pendistribusian sembari memastikan bahwa semua kendala pasokan (*supply*) dari sumber dan persyaratan permintaan (*demand*) dari tujuan terpenuhi secara penuh.

Untuk dapat diselesaikan menggunakan algoritma transportasi, model harus memenuhi kondisi keseimbangan (*balanced*), di mana total kapasitas pasokannya dari semua sumber harus sama dengan total permintaan dari semua tujuan ($\sum_{si} = \sum_{dj}$). Apabila kondisi ini tidak terpenuhi (*unbalanced*), diperlukan penambahan variabel semu (*dummy*) baik baris sumber maupun kolom tujuan dengan biaya pengiriman nol untuk mencapai keseimbangan model.

2.2 Metode Solusi Dasar Awal

Penyelesaian masalah transportasi dilakukan dalam dua fase yaitu penentuan Solusi Dasar Awal yang layak (*Initial Basic Feasible Solution-IBFS*) dan pengujian serta perbaikan solusi hingga mencapai kondisi optimal (*optimal solution*) [3]. Terdapat beberapa metode heuristik yang digunakan untuk mendapatkan solusi dasar awal, termasuk Metode Sudut Barat Laut (*North West Corner/NWC*), Metode Aproksimasi Vogel

(*Vogel's Approximation Method/VAM*), dan Metode Biaya Terkecil (*Least Cost Method/LC*).

2.3 Metode *Least Cost* (Biaya Terkecil)

Metode *Least Cost* adalah prosedur yang paling intuitif dalam mencari IBFS karena secara eksplisit memprioritaskan faktor biaya dalam proses alokasi [4]. Prinsip kerja metode ini didasarkan pada alokasi persediaan barang dimulai dari sela tau kotak yang memiliki biaya distribusi per unit terkecil (*least unit cost*) di seluruh tabel transportasi. Tujuan utama dari transportasi adalah meminimalkan total biaya distribusi (Z) dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Minimalkan } Z = \sum_{i=1}^m C_{ij} \cdot X_{ij} \quad (1)$$

Keterangan:

- i = indeks sumber (misalnya, depot atau Gudang)
- j = indeks tujuan (misalnya, lokasi kirim atau kota)
- C_{ij} = biaya pengiriman perunit dari sumber i ke tujuan j
- X_{ij} = jumlah unit produk yang dialokasikan (dikirim) dari i ke j

Formula dari Metode *Least Cost* juga memiliki beberapa kendala diantaranya:

1. Kendala pasokan (S_i), total produk yang dikirim dari setiap sumber i tidak boleh melebihi kapasitas pasokan sumber tersebut.

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq S_i, \text{ untuk setiap } i \quad (2)$$

2. Kendala permintaan (D_j), total produk yang diterima di setiap tujuan j harus memenuhi permintaan tujuan tersebut.

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = D_j, \text{ untuk setiap } j \quad (3)$$

3. Kendala non-Negatif,

$$X_{ij} \geq 0, \text{ untuk semua } i, j \quad (4)$$

Langkah-langkah utama dalam Metode *Least Cost* adalah sebagai berikut [5] :

- a. Identifikasi biaya minimum: memilih sel (i, j) dengan biaya transportasi C_{ij} terkecil di seluruh matriks.

- b. Alokasi maksimal: mengalokasikan unit barang sebanyak mungkin ke sel tersebut, yang nilainya merupakan minimum antara kapasitas pasokan (S_i) dan permintaan (d_j).
- c. Eliminasi: menghapus baris atau kolom atau keduanya yang telah terpenuhi seluruhnya dari pertimbangan alokasi lebih lanjut.
- d. Iterasi: mengulang baris atau kolom atau keduanya yang telah terpenuhi seluruhnya dari pertimbangan alokasi lebih lanjut.

Metode *Least Cost* cenderung menghasilkan solusi awal yang lebih efisien dan memiliki total biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan metode NWC, karena orientasinya pada biaya minimum secara langsung [6]. Meskipun demikian, solusi yang dihasilkan Metode *Least Cost* masih merupakan solusi awal dan perlu diuji optimalitasnya menggunakan algoritma lanjutan seperti Metode Modifikasi Distribusi (MOD) atau Metode *Stepping Stone* untuk memastikan tidak ada alokasi yang lebih murah yang dapat ditemukan.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dirancang untuk menganalisis dan mengoptimalkan pola distribusi pesanan yang diterapkan oleh PT. Hikmat Penuh Berkas melalui pendekatan kuantitatif dengan menggunakan Model Transportasi (*Transportation Model*) dan Metode *Least Cost*.

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif kuantitatif dengan pendekatan study kasus (*case study*). Pendekatan kuantitatif dipilih karena tujuan utama penelitian adalah melakukan perhitungan matematis untuk membandingkan total biaya distribusi aktual perusahaan dengan total biaya minimum yang dihasilkan oleh model optimasi. Studi kasus difokuskan pada operasi distribusi spesifik PT. Hikmat Penuh Berkas.

3.2 Sumber dan Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang bersifat kuantitatif, yaitu:

1. Data Pasokan (Sumber)

Kapasitas harian atau per periode dari pabrik lokasi titik awal produk sebelum didistribusikan.

2. Data Permintaan (Tujuan)

Total jumlah pesanan dalam satuan (box) yang diminta oleh masing-masing wilayah tujuan

3. Data Biaya Transportasi (C_{ij})

Biaya pengiriman per-alamat tujuan dari satu titik alamat menuju kealamat berikutnya sesuai rute terbaik. Biaya ini diukur berdasarkan biaya tetap per rute/tujuan.

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui 3 tahapan utama yang berurutan yaitu:

1. Tahap 1: Permodelan Transportasi (Formulasi Masalah)

- Identifikasi sumber dan tujuan, yaitu menetapkan sumber (i) sebagai pusat pengiriman dan tujuan (j) sebagai wilayah atau *cluster* pengiriman
- Penyusunan matriks biaya, yaitu membangun matriks biaya (C_{ij}) yang berisi biaya per unit pengiriman dari setiap sumber ke setiap tujuan.
- Verifikasi keseimbangan model, yaitu memastikan model transportasi dalam kondisi seimbang (*balanced*), dimana total pasokan ($\sum S_i$) harus sama dengan total permintaan ($\sum D_j$). Jika tidak seimbang, ditambahkan baris atau kolom *dummy*.

2. Tahap 2: Penerapan Model *Least Cost* (LC).

- Metode LC diterapkan untuk memperoleh solusi dasar awal yang layak (*Initial Basic Feasible Solution-IBFS*) yang menghasilkan biaya transportasi minimum sementara.
- Seleksi sel prioritas, yaitu memilih sel (i^* , j^*) yang memiliki biaya $C_{i^*j^*}$ paling kecil di seluruh matriks
- Alokasi, yaitu menghitung jumlah alokasi unit ($X_{i^*j^*}$) menggunakan rumus:

$$X_{i^*j^*} = \min(S_{i^*}, D_{j^*}) \quad (5)$$

- Iterasi dan eliminasi, yaitu melakukan pembaharuan pasokan dan permintaan,

kemudian mengeliminasi baris atau kolom yang sudah terpenuhi secara penuh, dan mengulangi langkah 1 dan 2 hingga semua unit teralokasi.

- Perhitungan biaya awal, yaitu menghitung biaya transportasi minimum awal (Z_{LC}) dengan biayanya (C_{ij}) dan menjumlahkan hasilnya.

$$Z_{LC} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} \cdot X_{ij} \quad (6)$$

3. Tahap 3: Uji Optimalitas dan Analisis

Untuk memastikan bahwa solusi yang diperoleh dari Metode LC benar-benar merupakan biaya terendah (optimal), dilakukan uji lanjutan.

- Uji optimalitas, yaitu menggunakan Metode *Stepping Stone* untuk menguji solusi Z_{LC} . Uji ini bertujuan mencari sel kosong (*unoccupied cell*) yang memiliki potensi untuk mengurangi total biaya ($C_{ij} - U_i - V_j < 0$).
- Optimasi, yaitu jika ditemukan solusi yang belum optimal (potensi pengurangan biaya positif), dilakukan perbaikan alokasi melalui *loop* tertutup (MODI) hingga seluruh sel kosong memiliki nilai non-negatif. Hasil akhir dari tahap ini adalah biaya optimal (Z_{OPT}). Analisis komparatif, yaitu membandingkan total biaya aktual distribusi PT. Hikmat Penuh Berkat (*Zaktual*) dengan biaya optimal yang dihasilkan (Z_{OPT}) untuk menentukan potensi efisiensi biaya yang dapat dicapai.

3.4 Alat Analisis

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- Aplikasi Spreadsheet (Ms. Excel), digunakan untuk pengolahan dan penyajian data mentah, perhitungan matriks transportasi, serta perhitungan Metode *Least Cost* secara manual.
- Perangkat Lunak Riset Operasional yaitu menggunakan POM QM Windows untuk memverifikasi hasil perhitungan manual dan memastikan akurasi solusi optimal.



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil dari analisis distribusi pesanan PT. Hikmat Penuh Berkas melalui permodelan *Transportation Problem*. Pembahasan difokuskan pada perbandingan biaya distribusi aktual perusahaan dengan biaya optimal yang dihasilkan oleh penerapan Metode *Least Cost* (LC) yang diikuti dengan uji optimalitas. Dalam studi kasus ini, titik rute awal dimulai dari satu lokasi pabrik terpusat di Surabaya yang menggabungkan tidak hanya optimalisasi transportasi (Minimasi Biaya) tetapi juga kendala waktu (Jendela Waktu Pengiriman). Berikut adalah tahap-tahap dalam melakukan penelitian yaitu :

4.1 Data Input dan Formulasi Model

Berdasarkan data data daftar pengiriman pesanan PT. Hikmat Penuh Berkas yang dilakukan pada tanggal 14 November 2025, model transportasi diformulasikan sebagai berikut:

1. Data Permintaan (*D_j*)

Diketahui data permintaan dari modelisasi rute berdasarkan jendela waktu yaitu sebagai berikut :

Table 1. Data permintaan rute pengiriman pesanan sesuai jam kirim

Jam Kirim	Kecamatan (Tujuan j)	Jumlah Permintaan (<i>D_j</i>)(Box)	Biaya Cij
06.00	Gubeng, Sidoarjo Pusat	307	6,9
07.00	Gubeng, Tambaksari, Sukolilo, Pakal, Sidoarjo Pusat	815	6, 6, 8, 10, 9
08.00	Gubeng, Semampir, Tambaksari	255	6, 8, 6
09.00	Tenggiling, Gubeng, Sawahan, Sukodono, Wonoayu	437	7, 6, 5, 9, 10
10.00	Genteng	60	5
13.00	Genteng	70	5
14.00	Mulyorejo, Jambangan, Gedangan	190	7,7,9
16.00	Mulyorejo, Genteng, Jambangan	309	7, 5, 7
17.00	Dukuh Pakis	105	8

Tujuan dengan alamat yang sama pada jam berbeda dianggap sebagai pesanan terpisah yang harus dipenuhi sesuai waktu. Untuk memaksimalkan driver (mencari jumlah rute minimum yang logis), kita kelompokkan pesanan menjadi rute harian yang *feasible* (memungkinkan untuk diselesaikan dalam 1 hari kerja, mengingat pabrik di Surabaya) dan harus menentukan jumlah driver yang diperlukan. Berikut tabel pembagian rute pengiriman dengan membagi menjadi 3 rute yaitu sebagai berikut:

Table 2. Pembagian rute pengiriman dengan menggunakan 3 driver

Rute	Tujuan	Jam Kirim	Total Box
Rute 1: Sidoarjo	Sidoarjo Pusat	06.00 , 07.00	137
	Sukodono	09.00	85
	Wonoayu	09.00	70
	Gedangan	14.00	85
Rute 2: Surabaya Tengah/Timur	Genteng	10.00, 13.00, 16.00	230
	Gubeng	06.00, 07.00, 08.00, 09.00	705
	Tambaksari	07.00, 08.00	100
	Sukolilo	07.00	380
	Tenggiling	09.00	75
	Sawahan	09.00	107
	Mulyorejo	14.00, 16.00	164
	Jambangan	14.00, 16.00	150
	Dukuh Pakis	17.00	105
	Semampir	08.00	110
Rute 3: Surabaya Selatan/Barat	Pakal	07.00	45

Rute 1 wilayah Sidoarjo adalah wilayah yang diprediksikan dengan biaya tinggi dan pengiriman harus tepat waktu dimulai pada pukul 06.00 kemudian bergerak ke wilayah Sidoarjo lain. Rute 2 yaitu Surabaya TengahTimur mengelompokkan semua tujuan biaya 5 dan 6 yang padat di awal hari untuk memaksimalkan kapasitas di wilayah pusat kota. Kemudian rute 3 yaitu Surabaya Selatan/Barat mengelompokkan tujuan biaya 7 dan 8 serta tujuan terjauh. Perlu dimulai lebih awal di Pakal



untuk bisa mencapai tujuan akhir Dukuh Pakis setelah melayani rute selatan.

Kesimpulannya dengan memecah pesanan berdasarkan kendala waktu dan geografis, minimal 3 driver harus dimaksimalkan untuk menutupi semua tujuan rill. Adapun susunan rute yang dimulai dari Pabrik di Surabaya, mengikuti urutan jam kirim dan meminimalkan jarak non-produktif yaitu sebagai berikut:

Table 3. Susunan rute dari Pabrik Pusat mengikuti urutan jam kirim

Rute	Jam Kirim	Tujuan	Jumlah Box
Rute 1- Driver A	06.00	Pabrik → Sidoarjo Pusat	57
	07.00	Sidoarjo Pusat	80
	09.00	Sukodono	85
	09.00	Wonoayu	70
	14.00	Gedangan	85
Rute 2- Driver B	06.00	Pabrik → Gubeng	250
	07.00	Gubeng	250
	07.00	Tambaksari	60
	07.00	Sukolilo	380
	08.00	Gubeng	105
	08.00	Semampir	110
	09.00	Gubeng	25
	09.00	Tambaksari	40
	07.00	Pabrik → Pakal	45
	09.00	Tenggilis Mejoyo	75
Rute 3- Driver C	09.00	Gubeng (Jika tidak tercover driver B)	75
	09.00	Sawahan	107
	10.00	Genteng	60
	13.00	Genteng	60
	14.00	Mulyorejo	55
	14.00	Jambangan	50
	16.00	Mulyorejo	109
	16.00	Genteng	100
	16.00	Jambangan	100
	17.00	Dukuh Pakis	105

2. Data Sumber dan Asumsi Keseimbangan (S_i)

PT. Hikmat Penuh Berkat menggunakan sumber fisik terpusat pada satu pabrik saja dan distribusi pesanan dilakukan oleh 3 driver dengan kapasitas maksimal tiap mobil boxnya adalah 2.000 box sehingga kita modelkan sumber sebagai kapasitas produksi harian pabrik (S_1). Distribusi yang dilakukan oleh driver akan

memengaruhi biaya dan bukan sumber (S_i) dalam model ini.

Tiga driver yang tersedia kini menjadi sumber distribusi dalam model transportasi di mana kapasitas pasokan setiap sumber adalah kapasitas kendaraan yang dikendarai. Berikut adalah tabel data sumbernya:

Table 4. Data sumber distribusi dalam mode transportasi dengan kapasitas masing-masing kendaraan

Sumber (i)	Keterangan	Kapasitas (S_i) (Box)
S1	Driver 1 (Mobil 1)	2.000
S2	Driver 2 (Mobil 2)	2.000
S3	Driver 3 (Mobil 3)	2.000
Total Pasokan ($\sum S_i$)		6.000 box

Total kapasitas armada 6.000 box menunjukkan melebihi permintaan rill yaitu 2.548 box, menunjukkan adanya fleksibilitas besar dalam pengalokasian pesanan dan memastikan tidak ada *shortage*. Model berada dalam kondisi tidak seimbang, sehingga kita harus menambahkan tujuan semu (*dummy*) T16 atau tujuan ke 16 dari total 15 tujuan untuk menyerap kelebihan kapasitas ini. Perhitungan tersebut dapat formulakan sebagai berikut :

Tujuan (D_j) Box) →	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	S_i
S1 (Driver 1) - 2000	6	8	5	7	7	8	5	8	6	7	10	9	9	9	10	0	2000
S2 (Driver 2) - 2000	6	8	5	7	7	8	5	8	6	7	10	9	9	9	10	0	2000
S3 (Driver 3) - 2000	6	8	5	7	7	8	5	8	6	7	10	9	9	9	10	0	2000
D_j	705	380	230	164	150	105	107	110	100	75	45	137	85	85	70	3452	$\sum=6000$

$$\text{Permintaan Dummy } (D_{\text{dummy}}) = \sum S_i - \sum D_j \quad (7)$$

$$D_{16} = 6.000 \text{ box} - 2.548 \text{ box} = 3.452 \text{ box}$$

Gambar 1. Susunan matriks biaya

Untuk mencapai keseimbangan, model transportasi harus memiliki tujuan semu (*Dummy Destination*) yang menyerap kelebihan pasokan ini.

- T16 (Tujuan *Dummy*) : Permintaan $D_{16} = 3.452 \text{ box}$
- Biaya $C_{i,16}$: Biaya pengiriman ke tujuan *dummy* adalah 0 (Nol) Rupiah, karena



kelebihan ini adalah stock yang tersisa di pabrik.

3. Matriks Keseimbangan Akhir.

Berikut adalah tabel matriks keseimbangan sebelum ditambahkan data *dummy* dan setelah ditambahkan data *dummy*.

Table 5. Matriks keseimbangan akhir

Parameter	Total Pasokan	Total Permintaan	Status Keseimbangan
Sebelum <i>Dummy</i>	6.000 box	2.548 box	Tidak seimbang (Kelebihan Pasokan)
Setelah <i>Dummy</i>	6.000 box	2.548 + 3.452 = 6.000 box	Seimbang ($\sum Si = \sum Dj$)

- $S1 \rightarrow T16$ (Dummy): $X_{1,16} = 2.000$ (S1 habis)
 - $S2 \rightarrow T16$ (Dummy): $X_{2,16} = 1.747$ ($3.747 - 2.000 = 1.747$. S2 tersisa $2.000 - 1.747 = 253$)
 - $S3 \rightarrow T16$ (Dummy): $X_{3,16} = 0$ (S3 masih utuh 2.000)
- Status pasokan tersisa: S1 (0), S2 (253), S3 (2.000)

2. Alokasi Rill (Biaya $C_{ij} > 0$)

4. Penyusunan Matriks Biaya (C_{ij})

Karena tiga driver (S1, S2, S3) mengambil barang dari Pabrik Pusat yang sama di Surabaya, biaya pengiriman ke setiap tujuan (j) harusnya sama untuk semua sumber (i) berikut formula perhitungannya:

$$C_{ij} = C_{2j} = C_{3j} = C_j \quad (8)$$

Ini menunjukkan matriks biaya (3x16) akan memiliki nilai biaya yang sama untuk setiap kolom. Seperti biaya ke Genteng (T3) adalah Rp. 5.000 baik itu dilayani oleh Driver 1, Driver 2, maupun Driver 3. Matriks biaya yang sudah disusun sebelumnya akan kita digunakan untuk setiap baris (Driver). Berikut adalah tabel matriks biaya dan pasokan (3x16) :

4.2 Penerapan Model *Least Cost* (LC)

Metode LC dimulai dari biaya terkecil ($C_{ij}=0$) dan berkelanjutan ke biaya tertinggi, mengalokasikan unit sebanyak mungkin ($X_j = \min(S_i, D_j)$)

1. Prioritas Alokasi Dummy (Biaya $C_{1j}=0$).

Total permintaan dummy adalah 3.747 box. Kita alokasikan 3.747 box ini ke kolom T16 dari sumber manapun yang memiliki kapasitas. Untuk kesederhanaan, kita alokasikan sepenuhnya ke S1, S2, dan S3 secara berurutan.



Kita lanjutkan dengan alokasi pada biaya rill terendah ($C_{ij}=5$).

Urutan	Sel (i, j)	Biaya (C_{ij})	Permintaan D_j	Kapasitas S_i Tersedia	Alokasi X_{ij}	S_i Sisa	D_j Sisa
1	S3→T3 (Genteng)	5	230	2000	230	1770	0
2	S3→T7 (Sawahan)	5	107	1770	107	1663	0
3	S3→T1 (Gubeng)	6	705	1663	705	958	0
4	S3→T9 (Tambaksari)	6	100	958	100	858	0
5	S3→T4 (Mulyorejo)	7	164	858	164	694	0
6	S3→T5 (Jambangan)	7	150	694	150	544	0
7	S3→T10 (Tenggiling)	7	75	544	75	469	0
8	S2→T2 (Sukolilo)	8	380	253	253	0	380-253 =127
9	S3→T2 (Sukolilo)	8	127	469	127	342	0
10	S3→T6 (Dukuh Pakis)	8	105	342	105	237	0
11	S3→T8 (Semampir)	8	110	237	110	127	0
12	S3→T12 (Sidoarjo Pusat)	9	137	127	127	0	137-127 =10
13	S2→T12 (Sidoarjo Pusat)	9	10	0	0	0	10

Gambar 2. Alokasi biaya rill

3. Total Biaya *Least Cost* (Z_{LC})

Biaya total dihitung dari semua alokasi rill ($C_{ij} > 0$) :

Table 6. Total biaya least cost (LC)

Sumber	Tujuan	Alokasi X_{ij} (Box)	Biaya C_{ij} (Rp. '000)	Total Biaya (Rp. '000)
S2	T2(Sukolilo)	253	8	2.024
S3	T3(Genteng)	230	5	1.150
S3	T7(Sawahan)	107	5	535
S3	T1(Gubeng)	705	6	4.230
S3	T9(Tambaksari)	100	6	600
S3	T4(Mulyorejo)	164	7	1.148
S3	T5(Jambangan)	150	7	1.050
S3	T10(Tenggiling)	75	7	525
S3	T2(Sukolilo)	127	8	1.016
S3	T6(Dukuh Pakis)	105	8	840
S3	T8(Semampir)	110	8	880
S3	T12(Sidoarjo Pusat)	127	9	1.143
Total Z_{LC}		2.548 Box		Rp. 15.141.000

Solusi dasar awal minimum yang diperoleh adalah Rp. 15.141.000. Pola ini menunjukkan bahwa:

- Driver 3 (S3) adalah yang paling efisien, ditugaskan untuk mengurus sebagian besar pesanan (11 dan 12 alokasi rill), termasuk tujuan dengan biaya terendah (Rp. 5,6,7).
- Driver 1 (S1) hanya menangani stock sisa (Dummy) karena kapasitasnya teralokasi pada biaya 0 terlebih dahulu.
- Driver 2 (S2) hanya membantu alokasi 253 box ke sukolilo
- Total biaya ini lebih tinggi daripada solusi 1 sumber, tetapi lebih realistis karena memecah pekerjaan ke 3 unit kapasitas.

4. Analisa Menggunakan POM QM Windows
Penggunaan perangkat lunak POM-QM Windows akan sangat mempermudah dan mempercepat proses penyelesaian model transportasi yang besar yaitu 3 sumber dengan 16 tujuan, serta menjamin akurasi hasil optimal. Selain itu juga dapat dilakukan perbandingan hasil perhitungan manual dengan menggunakan excel. Berikut adalah hasil penyelesaian masalah transportasi PT. Hikmat Penuh Berkat menggunakan POM-QM Windows.



From	To	Shipment	Cost per unit	Shipment cost
Driver 1 (S1)	T16 Dummy	2000	0	0
Driver 2 (S2)	T1 Gubeng	211	6	1266
Driver 2 (S2)	T3 Genteng	230	5	1150
Driver 2 (S2)	T7 Sawahan	107	5	535
Driver 2 (S2)	T16 Dummy	1452	0	0
Driver 3 (S3)	T1 Gubeng	494	6	2964
Driver 3 (S3)	T2 Sukolilo	380	8	3040
Driver 3 (S3)	T4 Mulyorejo	164	7	1148
Driver 3 (S3)	T5 Jambangan	150	7	1050
Driver 3 (S3)	T6 Dukuh Pakis	105	8	840
Driver 3 (S3)	T8 Semampir	110	8	880
Driver 3 (S3)	T9 Tambaksari	100	6	600
Driver 3 (S3)	T10 Temonilis	75	7	525
Driver 3 (S3)	T14 Sukodono	85	9	765
Driver 3 (S3)	T15 Wonoayu	70	10	700
Driver 3 (S3)	T13 Gedangan	85	9	765

Gambar 3. Hasil penyelesaian transportasi menggunakan POM-QM Windows

Hasil olah data ini adalah solusi optimal dari Model Transportasi 3 sumber atau driver dan 16 tujuan yang bertujuan untuk meminimalkan biaya distribusi harian.

Total biaya transportasi minimum dihitung dari penjumlahan kolom *Shipment cost* (X_{ij} . C_{ij}) :

Table 7. Total biaya optimal menggunakan POM-QM Windows

Sumber	Shipment Cost (Rp. '000)
Driver 2 (S2)	1.685
Driver 3 (S3)	13.921
Driver 1 (S1)	0
Total Biaya Optimal	Rp. 15.606.000
($Z_{OPTIMAL}$)	

Biaya transportasi minimum yang harus dikeluarkan perusahaan untuk mengirimkan seluruh permintaan rill 2.548 box adalah Rp. 15.606.000.

Hasil analisa alokasi optimal per driver (*Shipmenst*) menunjukkan bagaimana 3 driver secara optimal membagi tugas pengiriman (alokasi X_{ij}), memprioritaskan rute termurah (C_{ij}).

Table 8. Hasil analisa alokasi optimal per driver (Shipments)

Alokasi Driver 1 (S1)	Alokasi Driver 2 (S2)	Alokasi Driver 3 (S3)
Alokasi Rill : 0 box	Tujuan Rill: T3 (Genteng) : 230 box ($C_{ij} = 5$)	Tujuan Rill : mengirim 13 tujuan

T7 (Sawahan) :

107 box ($C_{ij} = 5$)

Alokasi Dummy (T16) : 2.000 box	Alokasi Dummy (T16) : 1.452 box ($C_{ij} = 0$)	Alokasi Dummy (T16) : 0 box
---------------------------------	--	-----------------------------

Secara operasional, POM-QM menentukan bahwa driver 1 tidak perlu melakukan pengiriman rill sama sekali, dan seluruh kapasitas kendaraannya 2.000 box digunakan untuk menyerap stock yang tersisa di pabrik.

Driver 2 fokus pada tujuan biaya terendah Rp. 5.000 dan sebagian besar sisa kapasitas *Dummy*. Secara total driver 2 mengirimkan 337 box rill dan menyimpan 1.452 box. Total kapasitas terpakai S2 adalah 1.789 box.

Driver 3 menanggung beban pengiriman terbesar dan terpanjang karena driver 2 dan S1 telah mencapai Batasan optimal. Driver 3 mengirimkan sisa semua tujuan rill lainnya. Total box rill yang dikirimkan S3 adalah 1.916 box.

Hasil POM-QM Windows ini memberikan solusi biaya terendah, tetapi menimbulkan implikasi logistik yang tidak realistis. Secara matematis, seluruh permintaan rill 2.548 box hanya memerlukan 2 driver untuk pengiriman, ini menegaskan potensi besar untuk mengurangi armada dari 10 menjadi 2-3 driver. Selain itu rute tidak *feasible*, solusi ini mengabaikan kendala jam kirim dan geografis. Misalnya, driver 3 harus memulai di Gubeng (06.00) dan segera melayani Sukolilo (07.00) lalu Semampir (08.00), Sidoarjo (06.00 & 07.00) dan berakhir di Wonoayu (09.00). Rute ini mustahil dilakukan dalam satu perjalanan dan melanggar urutan jam permintaan.

4.3 Analisis Komparatif Biaya Distribusi

Analisis komparatif ini membandingkan biaya distribusi sebelum optimal (Z_{AKTUAL}) menggunakan 10 driver (A-J) dengan biaya distribusi setelah optimasi ($Z_{LC} =$ Rp. 15.141.000) menggunakan model 3 Driver yang dimaksimalkan

1. Perhitungan Biaya Distribusi Aktual (Z_{AKTUAL})

Kami menghitung total biaya alokasi untuk semua pesanan yang tercantum dalam data yaitu 2.548 box yang teralokasi, menggunakan



Matriks Biaya (C_{ij}) yang disepakati berdasarkan Pabrik di Surabaya.

Table 9. Perhitungan biaya distribusi aktual

Driver	Tujuan (j)	C_{ij} (Rp. '000)	X_{ij} (Box)	Total Biaya (Rp. '000)
A	Tenggilis	7	75	525
	Mejoyo (T10)			
B	Sidoarjo (T12)	9	57	513
B	Sidoarjo (T12)	9	80	720
C	Gubeng (T1)	6	250	1.500
C	Gubeng (T1)	6	250	1.500
C	Tambaksari(T9)	6	60	360
C	Gubeng (T1)	6	150	630
C	Gubeng (T1)	6	25	150
C	Gubeng (T1)	6	75	450
C	Tambaksari(T9)	6	40	240
C	Pakal (T11)	10	45	450
E	Sukolilo(T2)	8	380	3.040
F	Semampir (T8)	8	110	880
F	Sawahan (T7)	5	107	535
G	Sukodono	9	85	765
	(T13)			
G	Wonoayu (T15)	10	70	700
H	Gedangan	9	85	765
	(T14/			
I	Genteng (T3)	5	60	300
I	Genteng (T3)	5	60	300
I	Mulyorejo (T4)	7	55	385
I	Jambangan	7	50	350
	(T5)			
I	Mulyorejo (T4)	7	109	763
I	Genteng (T3)	5	100	500
J	Jambangan	7	100	700
	(T5)			
J	Dukuh Pakis	8	105	840
Total Biaya Aktual (Z_{AKTUAL})		2.548 Box	Rp. 17.651.000	

2. Komparasi dan Potensi Efisiensi

Kita bandingkan hasil alokasi 10 Driver dengan solusi 3 Driver yang memenuhi 2.548 box permintaan rill detail ada pada tabel berikut ini:

Table 10. Komparasi dan potensi efisiensi

Parameter	Biaya Optimal LC (Z_{LC}) – Model 3 sumber)	Biaya actual/Hist oris (Z_{AKTUAL} – Model 10 Driver)	Selisih/Efisiensi
Unit	2.548 Box	2.548 Box	
Terkirim			
Total Biaya	Rp.	Rp.	
Rata-Rata	15.141.000	17.651.000	
Biaya Rata-Rata per	Rp.	Rp. 6.927	Rp. 985/Box
Box	5.942/Box		
Jumlah Driver	3 Driver	10 Driver	Pengurangan 7 Driver

3. Analisis Biaya per Unit (Efisiensi Biaya)

Solusi *Least Cost* (LC) terbukti secara konsisten lebih efisien dalam memilih rute.

- Biaya rata-rata per box pada alokasi actual adalah Rp. 6.927
- Biaya rata-rata per box pada solusi optimal LC adalah Rp. 5.942

Dengan mengadopsi pola optimal PT. Hikmat Penuh Berkas memiliki potensi penghematan sebesar Rp. 985 untuk setiap box yang dikirim. Jika volume pengiriman adalah 2.548 box, potensi penghematan harian yang signifikan adalah:

Potensi Penghematan Harian $\approx 2.548 \text{ box} \times \text{Rp. } 985/\text{box} = \text{Rp. } 2.509.780$ (9)

4. Analisis Efisiensi Sumber Daya

Pola alokasi actual menunjukkan bahwa pesanan didistribusikan ke 10 Driver, seringkali dengan rute yang tumpang tindih (misalnya, Driver C, I, dan J semuanya melayani Gubeng/Genteng/Jambangan).

Model *Least Cost* (LC) membuktikan bahwa hanya 3 Driver yang dimaksimalkan sudah cukup untuk mengurus volume pesanan yang serupa. Dengan menerapkan pola rute LC (yang mengelompokkan pesanan berdasarkan biaya terendah), perusahaan berpotensi: Mengurangi jumlah driver: mengoptimalkan pengguna armada dari 10 menjadi 3 driver untuk pekerjaan ini.

Mengurangi rute: mengurangi jumlah perjalanan pulang-pergi yang tidak efisien yang

dilakukan oleh 10 kendaraan yang pada akhirnya menghemat biaya operasional, BBM, dan pemeliharaan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis komparatif dan perhitungan optimasi biaya transportasi produk PT. Hikmat Penuh Berkas menggunakan Metode *Least Cost* (LC), beberapa poin penting dapat disimpulkan:

1. Model transportasi yang paling relevan untuk kasus ini adalah model 3 sumber (Driver) berkapasitas 2.000 box dan 16 tujuan (15 rill + 1 *Dummy*), yang mencerminkan kendala kapasitas armada harian perusahaan.
2. Metode *Least Cost* menghasilkan biaya transportasi dasar awal minimum (Z_{LC}) sebesar Rp. 15.141.000 untuk total permintaan rill 2.548 box. Biaya rata-rata per unit yang dihasilkan oleh pola optimal ini adalah Rp. 5.942 per box
3. Pola alokasi actual/historis perusahaan, yang menggunakan 10 driver untuk mengalokasikan 2.548 box menghasilkan total biaya sebesar Rp. 17.651.000 dengan rata-rata per box Rp. 6.927 per box
4. Analisis komparatif menunjukkan bahwa pola alokasi optimal LC menghasilkan penghemat biaya sebesar Rp. 985 per box dibandingkan pola actual. Secara keseluruhan, PT. Hikmat Penuh Berkas memiliki potensi penghemat biaya distribusi harian yang signifikan, diperkirakan mencapai $\approx$ Rp. 2.509.780
5. Temuan krusial penelitian ini adalah bahwa pola alokasi LC secara matematis hanya membutuhkan 3 Driver yang dimaksimalkan untuk mengurus volume pekerjaan yang serupa. Hal ini menunjukkan adanya pemborosan sumber daya armada hingga 7 driver dalam pola distribusi historis yang harus segera dioptimalkan.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, berikut adalah saran-saran praktis yang dapat direkomendasikan dari hasil penelitian yaitu:

1. Perusahaan disarankan untuk segera mengimplementasikan pola alokasi yang dihasilkan oleh Metode *Least Cost*, dengan mengelompokkan pesanan berdasarkan rute biaya terendah (*Cij*) dan memaksimalkan kapasitas ketiga kendaraan yang dimiliki.
2. Perusahaan perlu meninjau ulang kebutuhan harian driver dan kendaraan, serta mempertimbangkan untuk mengurangi jumlah driver yang bertugas pada hari tersebut dari 10 menjadi 3 driver (S1, S2, S3) yang efisien dengan menetapkan rute yang telah dioptimasi.
3. Untuk mengatasi kendala Jam Kirim dan wilayah yang kompleks, penelitian lebih lanjut disarankan untuk menggunakan perangkat lunak optimasi rute (*Vehicle Routing Problem with Time Windows/VRPTW*). Model ini akan mengintegrasikan *Cij* dengan Batasan waktu tempuh rill dan jendela waktu pengiriman untuk menghasilkan rute yang optimal sekaligus *feasible* di lapangan.
4. Perusahaan harus melakukan pencatatan biaya operasional rill (BBM, gaji driver, pemeliharaan) per kilometer atau per ritase secara detail. Data rill ini akan menggantikan asumsi biaya relatif (*Cij*) dan meningkatkan akurasi serta validitas model optimasi di masa mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah memberikan kontribusi signifikan terhadap pelaksanaan dan penyelesaian penelitian ini. Terima kasih disampaikan kepada Universitas PGRI Adi Buana Surabaya atas dukungannya, PT. Hikmat Penuh Berkas khususnya tim manajemen dan Divisi Logistik atas izin akses dan penyedia data operasional distribusi harian yang krusial, termasuk data alokasi armada dan permintaan pelanggan. Data ini menjadi pondasi utama dalam analisis komparatif dan validasi model optimasi ini. Serta bapak Muhammad Abdul Jumali, ST., MT selaku dosen pembimbing atas bimbingan yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Jumali, “OPTIMIZATION TO MINIMIZING DISTANCE CARS OF FIRE EXPORTER IN INDUSTRIAL REGION SIER SURABAYA,” *Tibuana*, vol. 1, no. 1, pp. 61–68, 2018.
- [2] S. Fajrillah and M. Kom, *OPERASI RISET*. Takaza Innovatix Labs, 2025.
- [3] A. Muswar, “PENGEMBANGAN INCESSANT ALLOCATION METHOD–PRIORITY VALUE UNTUK Mencari INITIAL BASIC FEASIBLE SOLUTION PADA TRANSPORTATION PROBLEM.” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2020.
- [4] A. R. Sukma, “OPTIMASI BIAYA TRANSPORTASI BIJIH NIKEL LATERIT MENGGUNAKAN METODE LEAST COST DAN MODIFIED DISTRIBUTION= OPTIMATION OF LATERITE NICKEL ORE TRANSPORTATION COST USING LEAST COST AND MODIFIED DISTRIBUTION METHOD.” Universitas Hasanuddin, 2023.
- [5] R. Nurhidayati, I. Falani, A. M. A. Ruchianto, M. Naufal, T. N. Azizah, and V. N. Praniasty, “Minimasi Biaya Distribusi Makanan Ringan pada UKM Marcuy dengan Metode Stepping Stone, Least Coast, VAM dan MODI,” *Stud. Ilmu Manaj. dan Organ.*, vol. 2, no. 2, pp. 167–181, 2021.
- [6] R. I. SADEWA, B. Nugrahadi, and Y. Primasanti, “Optimasi Distribusi Biaya Transportasi pada PT Saprotan Utama Nusantara Menggunakan Model Transportasi.” Universitas Sahid Surakarta, 2024.