

Efisiensi Biaya Pengiriman Bahan Baku Npk Menggunakan *Dump Truck* 25 Ton Dengan Model *Linear Programming* (Studi Kasus: PT. Pupuk Kujang)

Anwar Abdul Jabbar Burhan, Akhsani Nur Amalia

^{1,2)} Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana Purwakarta
Jl. Cikopak No. 53, Sadang Purwakarta, Jawa Barat – Indonesia Telp. (0264) 214952 / 8225153
Email: anwarabdul14@wastukencana.ac.id, akhsani@wastukencana.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji efisiensi biaya logistik menggunakan model *linear programming* berbasis optimasi multi-kendala dengan mempertimbangkan kapasitas angkut dan biaya inventori. PT. Pupuk Kujang menghadapi tingginya frekuensi pengiriman bahan baku NPK yang dikirim dari gudang asal ke gudang transit. Saat ini PT. Pupuk Kujang masih menggunakan metode lama yang hanya mempertimbangkan *dump truck* kapasitas 5 ton yang berdampak pada meningkatnya biaya operasional. Dalam penelitian ini, penentuan kapasitas *dump truck* dilakukan dengan memilih antara 2 jenis kapasitas, yaitu *dump truck* kapasitas 5 ton dengan 25 ton. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan model *linear programming* mampu meningkatkan efisiensi operasional logistik hingga 62%, memperkuat pengambilan keputusan berbasis data dalam manajemen transportasi industri pupuk. Hal ini berpengaruh terhadap rendahnya frekuensi pengiriman bahan baku.

Kata Kunci: Program Linier, Optimasi, Biaya Transportasi, Efisiensi Operasional

ABSTRACT

This study uses a linear programming model based on multi-constraint optimization to examine logistics cost efficiency by considering transportation capacity and inventory costs. PT. Pupuk Kujang faces the high frequency of shipments of NPK raw materials sent from the original warehouse to the transit warehouse. Currently, PT. Pupuk Kujang still uses the old method that only considers dump trucks with a capacity of 5 tons, which increases operational costs. In this study, dump truck capacity was determined by choosing between 2 types of capacity, namely dump trucks with a capacity of 5 tons and 25 tons. These findings show that applying the linear programming model can increase logistics operational efficiency by up to 62%, strengthening data-driven decision-making in the transportation management of the fertilizer industry. This affects the low frequency of raw material delivery.

Keywords: Linear Programming; Optimization; Transportation Cost; Operational Efficiency

Pendahuluan

Transportasi merupakan salah satu aktivitas utama dalam industri manufaktur. Proses transportasi digunakan untuk menunjang kegiatan operasional pabrik terutama dalam mengirimkan bahan baku dan produk jadi dari satu tempat ke tempat lain. [1] mengatakan bahwa dalam dunia industri, transportasi sangat berperan penting. Mulai pada tahap awal produksi, transportasi diperlukan saat mengirimkan bahan baku ke gudang produksi hingga masing – masing bahan baku ditempatkan di lokasi yang sudah ditentukan dan lebih memudahkan pada saat akan dipakai pada proses produksi. Transportasi yang handal adalah transportasi yang mampu meningkatkan produktivitas dengan memastikan kelancaran proses pengiriman barang.

Pemilihan moda transportasi yang sesuai dengan kapasitas produksi, dapat menekan biaya pengiriman. Menurut [2], aktivitas pengiriman dan pengambilan barang yang padat, perusahaan perlu untuk menentukan jenis dan jumlah kendaraan yang akan digunakan salah satunya adalah mempertimbangkan biaya operasional yang dikeluarkan lebih minim dengan mengoptimalkan kapasitas muatan.

Menurut penelitian [3] (dalam Stevenson & Chuong, 2014:183), mendefinisikan bahwa bahan baku merupakan sesuatu bahan atau zat yang digunakan dalam proses produksi dalam membuat suatu produk jadi, bahan baku pasti akan menempel menjadi satu dengan bahan yang lain. Dalam perusahaan yang memproduksi bahan baku dan bahan penolong, mempunyai arti sangat penting karena menjadi bahan dasar terjadinya proses produksi dari awal sampai akhir produksi. Bahan baku mengalami proses untuk menjadi produk yang dapat

memenuhi kebutuhan konsumen [4]. Kegiatan proses produksi yang digunakan untuk pembuatan produk dan bahan sepenuhnya nampak dan berwujud [5]. Dalam setiap proses terdapat kendala pada masing-masing bagian dalam upaya mewujudkan peningkatan kualitas perusahaan [6].

PT. Pupuk Kujang merupakan salah satu anak perusahaan PT. Pupuk Indonesia Holding Company yang berlokasi di Provinsi Jawa Barat, tepatnya di Desa Dawuan Tengah, Kecamatan Cikampek, Kab. Karawang. PT. Pupuk Kujang memiliki peran strategis untuk mendukung ketahanan pangan nasional. Salah satu produk yang diproduksi oleh PT. Pupuk Kujang adalah pupuk NPK. Untuk memproduksi NPK dibutuhkan tiga bahan baku utama yaitu Urea, KCL dan DAP. Ketersediaan ketiga bahan baku tersebut menjadi faktor utama agar produksi dapat berjalan dengan baik. Pengiriman bahan baku NPK di PT. Pupuk Kujang dilakukan menggunakan dump truck kapasitas 5 ton. Hal ini menyebabkan frekuensi pengiriman tinggi, sehingga biaya pengiriman bahan baku NPK ke lantai produksi menjadi tinggi. Masalah utama PT Pupuk Kujang adalah tingginya biaya logistik akibat pemanfaatan dump truck 5 ton. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan pengiriman bahan baku NPK dengan mengganti moda transportasi dan menerapkan model linear programming untuk memperoleh biaya minimum serta jumlah pengiriman optimal.

[7] mengatakan bahwa sistem logistik yang baik sangat dibutuhkan oleh perusahaan untuk mengevaluasi biaya persediaan dan biaya transportasi (biaya pengiriman) karena biaya persediaan dan biaya pengiriman menjadi salah satu masalah yang harus ditindak lanjuti agar dapat diminimalisir. Tabel 1 menunjukkan kondisi eksisting pengiriman bahan baku npk, dimana frekuensi pengiriman bahan baku masih tinggi yang mengakibatkan biaya pengiriman bahan baku menjadi tinggi.

Tabel 1. Pengiriman eksisting bahan baku pupuk npk

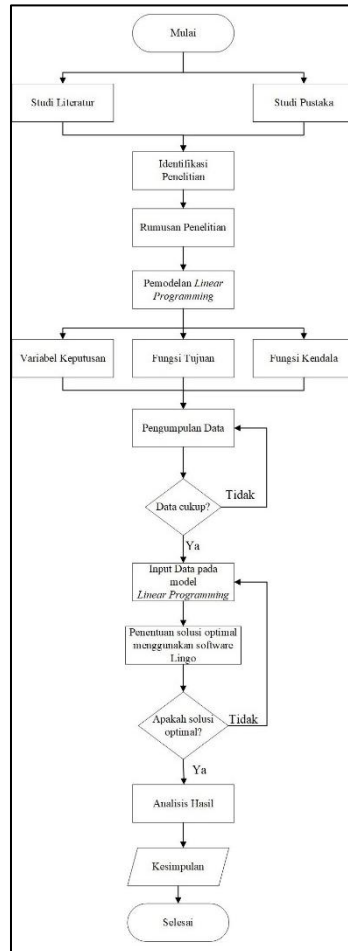
Bulan	Kebutuhan (Ton)			Pengiriman L (kali)			Pengiriman D (kali)			Inventori (ton)		
	Urea	KCL	DAP	Urea	KCL	DAP	Urea	KCL	DAP	Urea	KCL	DAP
Januari	2.448	1.745	2.099	490	349	420	0	0	0	600	600	600
Februari	1.526	1.684	2.110	306	337	422	0	0	0	600	600	600
Maret	1.764	2.297	2.278	353	460	456	0	0	0	600	600	600
April	1.346	1.563	1.625	270	313	325	0	0	0	600	600	600
Mei	830	1.324	1.317	166	265	264	0	0	0	600	600	600
Juni	1.046	1.727	1.662	210	346	333	0	0	0	600	600	600
Juli	1.027	1.301	1.347	206	261	270	0	0	0	600	600	600
Agustus	1.466	1.713	1.628	294	343	326	0	0	0	600	600	600
September	1.468	1.903	1.936	294	381	388	0	0	0	600	600	600
Oktober	714	1.050	1.154	143	210	231	0	0	0	600	600	600
November	1.996	1.778	2.141	400	356	429	0	0	0	600	600	600
Desember	1.472	1.516	1.656	295	304	332	0	0	0	600	600	600

Terdapat penelitian lain yang juga dilakukan untuk meminimumkan biaya pengiriman. Seperti penelitian yang dilakukan oleh [8] menganalisis optimalisasi distribusi logistik dengan kapasitas terbatas dari tempat asal yaitu produk dari 3 pabrik dengan kapasitas tertentu ke empat gudang tujuan agar optimal menggunakan metode transportasi, biaya transportasi dari masing-masing pabrik ke gudang tujuan berbeda dengan biaya awal sebesar Rp 475 dan hasil perhitungan metode transportasi menunjukkan hasil optimal sebesar Rp 435 atau 8,43%. Penelitian [9] meminimalkan biaya transportasi dengan mempertimbangkan biaya pengiriman dan mengoptimalkan keuntungan karena barang yang dikirim sesuai dengan demand dan meminimalisir pengiriman yang berlebih, dengan model transportasi menggunakan metode Least Cost dan metode Modified Distribution (MODI) hasil yang didapatkan biaya pengiriman sebesar Rp 149.000 dari biaya sebelumnya sebesar Rp. 163.000 dengan besar penghematan 8%. [10] masalah transportasi menjadi salah satu masalah mendasar dalam meminimalisir biaya transportasi, dengan menggunakan Mix Integer Linera Programming biaya distribusi dapat diturunkan sebesar 15,29%. Penelitian sebelumnya, hanya fokus pada optimalisasi rute atau biaya transportasi tunggal, tanpa mempertimbangkan simultanitas antara kapasitas angkut, frekuensi pengiriman, dan biaya persediaan. Penelitian ini memperluas kajian tersebut dengan memasukkan faktor inventori dan frekuensi pengiriman ke dalam model linear programming. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk meminimumkan biaya pengiriman bahan baku NPK dengan mempertimbangkan kapasitas dump truck.

Metode Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan metode optimasi. Metode optimasi bermula dengan teorema tentang nilai rata-rata fungsi yang menjadi masalah utama dalam kalkulus. Metode ini berkembang secara praktis dalam upaya menemukan nilai optimal pada selang nilai sebuah fungsi. Matematika optimasi kemudian berkembang menjadi

bidang matematika yang berbeda. [11]. Metode optimasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah model linear programming, Permasalahan dalam pengambilan keputusan yang dihadapi oleh perusahaan adalah masalah optimasi pengalokasian bahan atau sumber daya yang langka dan terbatas. Sumber daya dapat berupa bahan baku, mesin, biaya, waktu dan tenaga kerja yang biasanya berupa meminimumkan biaya dan memaksimalkan keuntungan bagi perusahaan [12]. Menurut [13] penrapan model matematis ini terbukti efektif dalam menurunkan biaya produksi dan biaya distribusi yang berpotensi besar dalam pengambilan keputusan strategis untuk efisiensi biaya disektor industri. Berikut merupakan diagram alir penelitian yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

[14] model adalah representasi eksternal dan eksplisit dari aspek yang dapat dipahami, diubah, dikelola, dan dikendalikan oleh mereka yang ingin menggunakan model untuk melakukannya. Ada 3 hal yang harus diperhatikan dalam menggunakan linear programming untuk memecahkan masalah adalah sebagai berikut:

1. Masalah dapat diidentifikasi dan dapat diselesaikan dengan menggunakan *linear programming*.
2. Masalah yang awalnya tidak terstruktur, dapat dirumuskan dengan model matematis agar menjadi terstruktur.
3. Model diselesaikan dengan acuan teknik matematik yang sudah dibuat.

Berikut adalah ciri-ciri masalah yang dapat diselesaikan dengan model *linear programming*, antara lain:

1. Variable penyusun tidak bernilai negatif.
2. Fungsi objektif dinyatakan sebagai fungsi variabel linier.
3. Kendala dinyatakan sebagai suatu persamaan linier.

Algoritma untuk penyelesaian masalah dengan banyak kendala dan variabel juga dapat dihitung dengan menggunakan pemograman linier. Menurut [15] linear programming mempunyai 3 elemen yaitu sebagai berikut:

1. Fungsi tujuan merupakan fungsi tujuan dari data yang ingin dioptimalkan dalam mencari solusi yang optimal.

$$\text{Maximize } Z = \sum_{i=1}^n C_i X_i \quad (1)$$

2. Fungsi kendala, merupakan persamaan atau pertidaksamaan yang menjadi sebagai pembatas nilai dari variabel.

Subject to

$$a_{ij}X_j \leq b_i, i = 1, 2, 3, 4, \quad (2)$$

3. Variabel keputusan dari solusi yang dicari oleh model dan semuanya memenuhi kendala yang ada.

$$X_j \geq 0, j=1, 2, 3, 4, \dots, n \quad (3)$$

Fungsi tujuan dari penelitian ini adalah meminimasi total biaya pengiriman bahan baku NPK yang terdiri dari biaya angkut, biaya pengiriman, dan biaya simpan, dengan kendala kapasitas kendaraan, kebutuhan bulanan, serta batas minimum inventori. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$\text{Min } C_{N_{it}}N_{it} + C_{L_{it}}L_{it} + C_{D_{it}}D_{it} \quad (4)$$

Subject to

$$I_{it} = I_{it-1} + N_{it} - K_{it} \quad (5)$$

$$N_{it} = 5L_{it} + 25D_{it} \quad (6)$$

$$L_{it} + D_{it} \leq S \quad (7)$$

$$I_{it} \geq SS \quad (8)$$

Keterangan:

C_N = Biaya pengiriman bahan baku

N = Tonase pengiriman bahan baku

C_L = Biaya dump truck kap. 5 ton

L = Kapasitas Dump truck 5 ton

C_D = Biaya dump truck kap. 25 ton

D = Kapasitas Dump truck 25 ton

C_I = Biaya inventori bahan baku Urea

I = Inventori

i = jenis bahan baku (Urea, KCL & DAP)

t = periode bulan (1,, 12)

SS = Safety Stock

S = Jumlah maksimal frekuensi pengiriman

K = Kebutuhan Bahan Baku

Asumsi yang digunakan:

1. Persediaan minimum yangizinkan adalah 600 ton.
2. Pengiriman bahan baku dapat dilakukan menggunakan dump truck kapasitas 5 ton dan 25 ton.

Penentuan solusi optimal diperoleh menggunakan *software* Lingo 20.0 karena kemampuan dalam menyelesaikan model linier *multi-variable* dengan efisiensi tinggi.

Untuk dapat melaksanakan penelitian ini, diperlukan data-data sebagai berikut:

1. Moda Transportasi

Transportasi adalah pemindahan suatu barang dari tempat asal ke tempat yang lain dengan menggunakan sebuah alat yang digerakan oleh manusia. Transportasi merupakan unsur tahapan perkembangan bagi suatu negara. Transportasi bertanggung jawab atas pertumbuhan dan perkembangan didunia industri. Transportasi sangat dibutuhkan didalam dunia indutsri sebagai alat yang digunakan untuk memindahkan bahan baku yang akan dipindahkan ke area proses produksi, dan memindahkan bahan jadi atau finish good ke area pemuatan atau loading area. Menurut [16] Pemilihan moda transportasi menjadi bahan pertimbangan yang penting untuk menunjang pengiriman barang atau produk dari titik awal ke titik tujuan, yaitu dengan pemilihan transportasi dengan menentukan kapasitas angkut yang akan dipakai, dengan pemilihan kapasitas yang lebih besar akan berpengaruh pada frekuensi pengiriman barang dan memperbanyak kuantiti yang dibawa.

Fungsi utama transportasi didunia industri adalah sebagai alat bantu untuk mempermudah aktifitas perusahaan dalam melakukan kegiatan berupa memindahkan barang dari satu tempat ke tempat yang lain agar mempercepat proses pengangkutan barang. Menurut [17] transportasi diklasifikasikan berdasarkan macam, moda dan jenisnya yang ditinjau dari segi barang yang diangkut, segi geografis, dan sudut teknis serta alat angkutnya. Menurut [18] biaya transportasi bisa diminimumkan dengan cara menggunakan MODI yaitu mengatur distribusi ke tempat yang membutuhkan sehingga biaya transportasi lebih optimal.

2. Persediaan

Persediaan merupakan barang yang disimpan untuk mendukung proses operasional yang kegunaannya untuk dipakai atau dijual pada periode yang sudah ditentukan. Penelitian [19] dalam (Sasongko, et al. 2016:224) persediaan barang merupakan barang yang sudah tersedia dalam bentuk barang jadi, bahan baku dan perlengkapan yang dibutuhkan dalam proses produksi atau pemberian jasa. Dalam (Gusdinar, 2016), pengendalian persediaan merupakan aktifitas suatu perusahaan yang dapat menjaga terhadap lancarnya proses produksi dan kebutuhan pembelanjaan perusahaan secara efektif dan efisien dengan menentukan lokasi bahan baku. Penelitian [4] dalam (Sari, D. I. 2018), persediaan merupakan aset yang berharga dan harus dikelola dengan baik oleh perusahaan karena jumlah persediaan mempunyai pengaruh terhadap biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan. Biaya

persediaan akan tinggi jika terjadinya stokout atau persediaan berlebih. Sedangkan menurut penelitian [20] dalam (Ahyadi, 2017), Persediaan adalah barang atau bahan yang disimpan dalam bentuk bahan baku atau barang jadi yang akan digunakan untuk tujuan tertentu, seperti untuk digunakan dalam proses produksi atau perakitan, atau untuk dijual kembali atau dipasarkan.

Hasil Dan Pembahasan

Peneliti melakukan penelitian di PT. Pupuk Kujang pada Bagian Pabrik NPK 2, Dept. Operasi Produksi NPK & Pengantongan. Berikut merupakan data yang dikumpulkan berupa data kebutuhan bahan baku NPK (Urea, KCL & DAP) tahun 2023, biaya kirim, biaya angkut dan biaya persediaan.

1. Kebutuhan Bahan Baku NPK periode 2023

Kebutuhan bahan baku NPK bisa dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan bahan baku npk periode 2023

BULAN	Urea	KCL	DAP
Januari	2.448	1.745	2.099
Februari	1.526	1.684	2.110
Maret	1.764	2.297	2.278
April	1.346	1.563	1.625
Mei	830	1.324	1.317
Juni	1.046	1.727	1.662
Juli	1.027	1.301	1.347
Agustus	1.466	1.713	1.628
September	1.468	1.903	1.936
Oktober	714	1.050	1.154
November	1.996	1.778	2.141
Desember	1.472	1.516	1.656

2. Persediaan Awal

Persediaan awal adalah jumlah barang atau bahan baku yang tersedia di awal periode atau sisa dari periode sebelumnya. Pada tabel 3. memperlihatkan stok persediaan awal pada periode.

Tabel 3. Persediaan awal bahan baku npk periode 2023

Bahan Baku	Ton
Urea	446
KCL	428
DAP	450

3. Biaya Kirim

Biaya pengiriman adalah biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan pada setiap kali pengiriman bahan baku NPK. Kapasitas maksimal keberangkatan dump truck dalam periode satu bulan sebanyak 112 kali per bahan baku. Pada tabel 4 memperlihatkan biaya pengiriman bahan baku NPK per satu kali kirim.

Tabel 4. Biaya kirim

BULAN	Dump Truck 5 ton	Dump Truck 25 ton
Januari	491.408	709.828
Februari	443.853	641.135
Maret	491.408	709.828
April	475.556	686.930
Mei	491.408	709.828
Juni	475.556	686.930
Juli	491.408	709.828
Agustus	491.408	709.828
September	475.556	686.930
Oktober	491.408	709.828

BULAN	Dump Truck 5 ton	Dump Truck 25 ton
November	475.556	686.930
Desember	491.408	709.828

4. Biaya Angkut

Biaya angkut adalah jumlah biaya yang timbul karena adanya proses pemindahan bahan baku ke gudang transit. Pada tabel 5 memperlihatkan biaya angkut bahan baku per ton.

Tabel 5. Biaya angkut

Bahan Baku	Angkut per Ton (Rp)
Urea	2.362
KCL	2.552
DAP	2.233

5. Biaya Persediaan

Biaya persediaan adalah biaya yang timbul karena adanya bahan baku yang disimpan pada gudang transit. Pada tabel 3.5 memperlihatkan biaya simpan per bahan baku.

Tabel 6. Biaya simpan

Bahan Baku	Biaya Simpan per Ton (Rp)
Urea	19.700
KCL	25.621
DAP	50.340

Pengolahan data dimulai dari melakukan pemodelan terhadap persamaan pada Bab 3. Berikut adalah pemodelan yang akan diinput dengan menggunakan software Lingo 20.0:

Min=2362N11+2552N21+2233N31+491408L11+709828D11+491408L21+709828D21+491408L31+709828D31+19700I11+2562I121+50340I31+2362N12+2552N22+2233N32+443853L12+641135D12+49711491L22+641135D22+49711491L32+641135D32+19700I12+2562I122+50340I32+2362N13+2552N23+2233N33+491408L13+709828D13+491408L23+709828D23+491408L33+709828D33+19700I13+2562I123+50340I33+2362N14+2552N24+2233N34+475556L14+686930D14+475556L24+686930D24+475556L34+686930D34+19700I14+2562I124+50340I34+2362N15+2552N25+2233N35+491408L15+709828D15+491408L25+709828D25+491408L35+709828D35+19700I15+2562I125+50340I35+2362N16+2552N26+2233N36+475556L16+686930D16+475556L26+686930D26+475556L36+686930D36+19700I16+2562I126+50340I36+2362N17+2552N27+2233N37+491408L17+709828D17+491408L27+709828D27+491408L37+709828D37+19700I17+2562I127+50340I37+2362N18+2552N28+2233N38+491408L18+709828D18+491408L28+709828D28+491408L38+709828D38+19700I18+2562I128+50340I38+2362N19+2552N29+2233N39+475556L19+686930D19+475556L29+686930D29+475556L39+686930D39+19700I19+2562I129+50340I39+2362N110+2552N210+2233N310+491408L110+709828D110+491408L210+709828D210+491408L310+709828D310+19700I110+2562I1210+50340I310+2362N111+2552N211+2233N311+475556L111+686930D111+475556L211+686930D211+475556L311+686930D311+19700I111+2562I1211+50340I311+2362N112+2552N212+2233N312+491408L112+709828D112+491408L212+709828D212+491408L312+709828D312+19700I112+2562I1212+50340I312;

Subject to

N11-I11=2002;	N32-5L32-25D32=0;	L111+D111+L211+D211+L311+D311<=336;
I11+N12-I12=1526;	N13-5L13-25D13=0;	L112+D112+L212+D212+L312+D312<=336;
I12+N13-I13=1764;	N23-5L23-25D23=0;	I11>=600;
I13+N14-I14=1346;	N33-5L33-25D33=0;	I12>=600;
I14+N15-I15=830;	N14-5L14-25D14=0;	I13>=600;
I15+N16-I16=1046;	N24-5L24-25D24=0;	I14>=600;
I16+N17-I17=1027;	N34-5L34-25D34=0;	I15>=600;
I17+N18-I18=1466;	N15-5L15-25D15=0;	I16>=600;
I18+N19-I19=1468;	N25-5L25-25D25=0;	I17>=600;
I19+N110-I110=714;	N35-5L35-25D35=0;	I18>=600;
I110+N111-I111=1996;	N16-5L16-25D16=0;	I19>=600;
I111+N112-I112=1472;	N26-5L26-25D26=0;	I110>=600;
N21-I21=1317;	N36-5L36-25D36=0;	I111>=600;

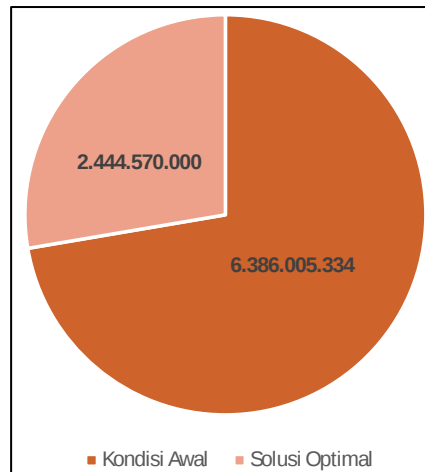
I21+N22-I22=1684;	N17-5L17-25D17=0;	I112>=600;
I22+N23-I23=2297;	N27-5L27-25D27=0;	I21>=600;
I23+N24-I24=1563;	N37-5L37-25D37=0;	I22>=600;
I24+N25-I25=1324;	N18-5L18-25D18=0;	I23>=600;
I25+N26-I26=1727;	N28-5L28-25D28=0;	I24>=600;
I26+N27-I27=1301;	N38-5L38-25D38=0;	I25>=600;
I27+N28-I28=1713;	N19-5L19-25D19=0;	I26>=600;
I28+N29-I29=1903;	N29-5L29-25D29=0;	I27>=600;
I29+N210-I210=1050;	N39-5L39-25D39=0;	I28>=600;
I210+N211-I211=1778;	N110-5L110-25D110=0;	I29>=600;
I211+N212-I212=1516;	N210-5L210-25D210=0;	I210>=600;
N31-I31=1649;	N310-5L310-25D310=0;	I211>=600;
I31+N32-I32=2110;	N111-5L111-25D111=0;	I212>=600;
I32+N33-I33=2278;	N211-5L211-25D211=0;	I31>=600;
I33+N34-I34=1625;	N311-5L311-25D311=0;	I32>=600;
I34+N35-I35=1317;	N112-5L112-25D112=0;	I33>=600;
I35+N36-I36=1662;	N212-5L212-25D212=0;	I34>=600;
I36+N37-I37=1347;	N312-5L312-25D312=0;	I35>=600;
I37+N38-I38=1628;	L11+D11+L21+D21+L31+D31<=336;	I36>=600;
I38+N39-I39=1936;	L12+D12+L22+D22+L32+D32<=336;	I37>=600;
I39+N310-I310=1154;	L13+D13+L23+D23+L33+D33<=336;	I38>=600;
I310+N311-I311=2141;	L14+D14+L24+D24+L34+D34<=336;	I39>=600;
I311+N312-I312=1656;	L15+D15+L25+D25+L35+D35<=336;	I310>=600;
N11-5L11-25D11=0;	L16+D16+L26+D26+L36+D36<=336;	I311>=600;
N21-5L21-25D21=0;	L17+D17+L27+D27+L37+D37<=336;	I312>=600;
N31-5L31-25D31=0;	L18+D18+L28+D28+L38+D38<=336;	END
N12-5L12-25D12=0;	L19+D19+L29+D29+L39+D39<=336;	
N22-5L22-25D22=0;	L110+D110+L210+D210+L310+D310<=336;	

Dari data model matematis diatas, kemudian akan diolah menggunakan software Lingo 20.0, sehingga memperoleh solusi yang optimal, berikut adalah hasil solusi optimal linear programming:

Tabel 7. Solusi Optimal Pengiriman Bahan Baku

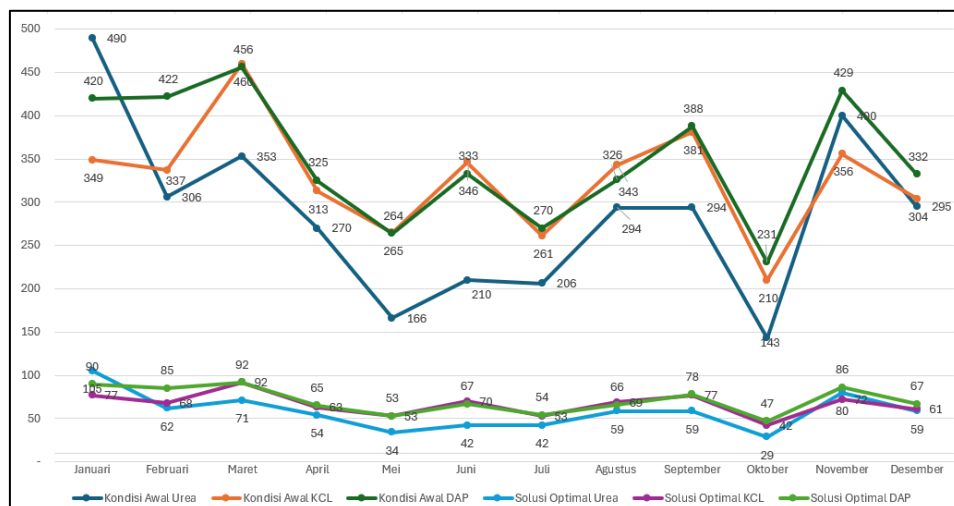
Bulan	Kebutuhan (Ton)			Pengiriman L (kali)			Pengiriman D (kali)			Inventori (ton)		
	Urea	KCL	DAP	Urea	KCL	DAP	Urea	KCL	DAP	Urea	KCL	DAP
Januari	2.602	1.917	2.249	0	0	0	105	77	90	600	600	600
Februari	1.526	1.684	2.110	0	0	0	62	68	85	600	600	600
Maret	1.764	2.297	2.278	0	0	0	71	92	92	600	600	600
April	1.346	1.563	1.625	0	0	0	54	63	65	600	600	600
Mei	830	1.324	1.317	0	0	0	34	53	53	600	600	600
Juni	1.046	1.727	1.662	0	0	0	42	70	67	600	600	600
Juli	1.027	1.301	1.347	0	0	0	42	53	54	600	600	600
Agustus	1.466	1.713	1.628	0	0	0	59	69	66	600	600	600
September	1.468	1.903	1.936	0	0	0	59	77	78	600	600	600
Oktober	714	1.050	1.154	0	0	0	29	42	47	600	600	600
November	1.996	1.778	2.141	0	0	0	80	72	86	600	600	600
Desember	1.472	1.516	1.656	0	0	0	59	61	67	600	600	600

Berdasarkan hasil dari perhitungan optimasi dengan menggunakan software Lingo 2.0, maka besar biaya optimal yang dapat diperoleh PT. Pupuk Kujang yaitu Rp 2.444.570.000. Jika dibandingkan dengan kondisi awal, dimana besar biaya adalah Rp 6.386.005.334 maka efisiensi biaya yang dapat dilakukan adalah sebesar Rp 3.941.435.334 atau sebesar 62%. Perbandingan biaya dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan Biaya Pengiriman Bahan Baku

Penggunaan dump truck 25 ton secara signifikan menurunkan jumlah perjalanan dari rata-rata 350 kali menjadi 70 kali per bulan. Hal ini menurunkan biaya logistik karena distribusi dilakukan dalam volume besar sekaligus, meski dengan peningkatan sedikit pada biaya per perjalanan. Frekuensi pengiriman dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan Frekuensi Pengiriman Bahan Baku

Penghematan ini menunjukkan efektivitas strategi optimalisasi logistik yang diterapkan serta memberikan dampak efisiensi operasional dan peningkatan profitabilitas perusahaan. Penghematan 62% yang diperoleh lebih tinggi dibanding hasil penelitian [8] yang hanya mencapai 8,4% dengan metode transportasi sederhana, menunjukkan efektivitas pendekatan linear programming multi-kendala pada skala industri berat.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menggunakan metode optimasi, diperoleh efisiensi biaya sebesar 62%, dimana frekuensi pengiriman bahan baku mengalami penurunan dari rata-rata 350 kali menjadi 70 kali per bulan. Penerapan dump truck berkapasitas 25 ton terbukti mengurangi frekuensi perjalanan dan total biaya logistik secara signifikan. Manajemen PT. Pupuk Kujang dapat menggunakan hasil ini sebagai dasar pengambilan keputusan investasi armada atau kerja sama logistik dengan pihak ketiga, karena hasil model menunjukkan keuntungan signifikan terhadap efisiensi biaya dan waktu.

Studi selanjutnya disarankan untuk menambahkan aspek untuk melakukan kombinasi metode optimasi lain seperti Mixed Integer Linear Programming (MILP) agar model lebih realistis dan adaptif terhadap dinamika permintaan.

Daftar Pustaka

- [1] N. P. Decy Arwini Dan I. M. Juniastara, “Peran Transportasi Dalam Dunia Industri,” *J. Ilm. Vastuwidya*, Vol. 6, No. 1, Hal. 70–77, 2023, Doi: 10.47532/Jiv.V6i1.794.
- [2] I. A. Mardiko Dan S. Sulistyowati, “Optimasi Kapasitas Armada Dengan Menggunakan Metode Linear Programming,” *Integer J. Inf. Technol.*, Vol. 5, No. 1, Hal. 49–55, 2020, Doi: 10.31284/J.Integer.2020.V5i1.908.
- [3] N. Kusuma Ningrat Dan S. Gunawan, “Pengendalian Persediaan Bahan Baku Untuk Meningkatkan Efisiensi Biaya Persediaan Dengan Menggunakan Metode Eoq (Economic Order Quantity) Di Umkm Kerupuk Nusa Sari Kecamatan Cimaragas Kabupaten Ciamis,” *J. Ind. Galuh*, Vol. 5, No. 1, Hal. 18–28, 2023, Doi: 10.25157/Jig.V5i1.3058.
- [4] A. N. Amalia, “Perencanaan Persediaan Bahan Baku Kedelai Menggunakan Metode Eoq Di Cv. Pqr,” *Profisiensi J. Progr. Stud. Tek. Ind.*, Vol. 11, No. 1, Hal. 068–077, 2023, Doi: 10.33373/Profis.V11i1.5342.
- [5] S. Muryani, “Sistem Informasi Pengolahan Data Pembelian Bahan Baku,” Vol. 2, No. 1, Hal. 110–115, 2020.
- [6] R. W. Kurniawati, D. S. Ningsih, Dan M. Arlinda, “Analisis Biaya Martabak Telur A . M Guna Meningkatkan Umkm Di Desa Tanjung Raya Di Era Digital,” Vol. 3, Hal. 289–298, 2024.
- [7] Nina Marlina, Bella Cantika, Hany Amanda Azahra, Rosyiana Dewi, Dan Thanika Wahyuningsih, “Analisis Biaya Transportasi Dan Biaya Persediaan Pada Pt Solid Global Solution D.K.I Jakarta,” *Masman Master Manaj.*, Vol. 2, No. 3, Hal. 206–220, 2024, Doi: 10.59603/Masman.V2i3.482.
- [8] Cahya Purnomo, Vivid Dekanawati, N. Astriawati, Sumardi, Dan Ganda Syahputra, “Analisis Simulasi Distribusi Logistik Menggunakan Metode Transportasi,” *Saintara J. Ilm. Ilmu-Ilmu Marit.*, Vol. 6, No. 2, 2022, Doi: 10.52475/Saintara.V6i2.161.
- [9] D. Almahdi, R. P. Sari, A. Momon, Dan D. Mahendra, “Optimasi Biaya Pengiriman Dengan Penerapan Metode Least Cost Dan Metode Modified Distribution Di Umkm Home Industry Tahu,” *J. Serambi Eng.*, Vol. Viii, No. 1, Hal. 4846–4854, 2023.
- [10] E. Fatma Dan S. Manurung, “Optimasi Biaya Distribusi Multi-Eselon Untuk Multi-Produk Menggunakan Mix Integer Linier Programming,” *J. Manaj. Transp. Logistik*, Vol. 8, No. 1, Hal. 75, 2021, Doi: 10.54324/J.Mtl.V8i1.418.
- [11] M. Munirah Dan Subanar, “Kajian Terhadap Beberapa Metode Optimasi (Survey Of Optimization Methods),” *Juita*, Vol. V, Hal. 45–50, 2017.
- [12] U. Jatmiko, *Buku Ajar Operational Research*. Pekalongan: Pt Nasya Expanding Management, 2022.
- [13] Y. P. Pamungkas, “Produksi Terintegrasi Pada Perusahaan Semen Di Pt . X,” *Dr. Diss. Inst. Teknol. Sepuluh Nop.*, 2020.
- [14] M. Utley, S. Crowe, Dan C. Pagel, *Improving Quality And Operational Approaches*, Vol. 2912. London: This.Institute, 2022. Doi: 10.1017/9781009236980.
- [15] H. A. Taha, *Operations Research An Introduction*, 10th Ed. Harlow, England: Pearson Education Limited, 2017.
- [16] F. R. Filla, “Pemilihan Moda Transportasi Darat Dalam Mendukung Efektivitas Pengiriman Barang,” *J. Bisnis, Logistik Dan Supply Chain*, Vol. 2, No. 2, Hal. 52–57, 2022, Doi: 10.55122/Blogchain.V2i2.526.
- [17] M. Karim, H. A., Lis Lesmini, S. H., Sunarta, D. A., Sh, M. E., Suparman, A., Si, S., ... & Bus, *Manajemen Transportasi*. Cendikia Mulia Mandiri, 2023.
- [18] W. T. Astuti, “Optimasi Pendistribusian Pakan Ternak Ayam Dengan Menggunakan Least Cost Dan Metode Modified Distribution Di Pt. Mabar Feed Indonesia,” 2020, [Daring]. Tersedia Pada: [Http://Repository.Uinsu.Ac.Id/Id/Eprint/15156%0ahttp://Repository.Uinsu.Ac.Id/15156/1/Widya Tantri Astuti Kirim Perpus.Pdf](http://Repository.Uinsu.Ac.Id/Id/Eprint/15156%0ahttp://Repository.Uinsu.Ac.Id/15156/1/Widya%20Tantri%20Astuti%20Kirim%20Perpus.Pdf)
- [19] A. Sabilla Dan D. Mahendra, “Sistem Informasi Persediaan Barang Dengan Safety Stock,” *J. Inf. Syst. Comput.*, Vol. 2, No. 1, Hal. 32–35, 2022, Doi: 10.34001/Jister.V1i2.265.
- [20] V. Pradana Dan R. Jakaria, “Pengendalian Persediaan Bahan Baku Gula Menggunakan,” *Bina Tek.*, Vol. 16, Hal. 43–48, 2020.