

OPTIMALISASI ALIRAN DISTRIBUSI DAN ALOKASI MATERIAL DENGAN METODE *LINEAR PROGRAMMING*

(Studi Kasus : PT. PLN (PERSERO) APJ Distribusi Malang)

OPTIMIZATION OF DISTRIBUTION FLOW AND MATERIAL ALLOCATION WITH LINEAR PROGRAMMING METHOD

(Case Study : PT. PLN (PERSERO) APJ Distribusi Malang)

Mochamad Dedy Akbar¹⁾, Arif Rahman²⁾, Ceria Farela Mada Tantrika³⁾

Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya

Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email : dedyakbar5@gmail.com¹⁾, posku@ub.ac.id²⁾, ceria_fmt@ub.ac.id³⁾

Abstrak

Selama ini, PLN APJ Distribusi Malang mengatur pendistribusian dari 2 warehouse untuk melayani seluruh area distribusi sebanyak 14 rayon tujuandengan memprioritaskan dari salah satu warehouse, tanpa didukung perencanaan alokasi beban berimbang antar warehouse yang lebih efisien. Peningkatan perputaran material pada warehouse, mengakibatkan PLN APJ Distribusi Malang berencana menambahkan 2 warehouse lagi. Pendistribusian dari masing-masing warehouse ke masing-masing rayon tujuandapat direncanakan dengan mengoptimalkan aliran distribusi dan alokasi material berdasarkan pertimbangan kapasitas warehouse dan jarak pengiriman. Penelitian ini mempergunakan pendekatan Linear Programming untuk memecahkan masalah optimalisasi aliran distribusi dan alokasi material pada pendistribusian. Pendekatan Linear Programming yang diformulasikan dengan satu fungsi tujuan untuk minimasi biaya distribusi dan dibatasi beberapa fungsi kendala terkait kapasitas warehouse, permintaan rayon dan kapasitas moda transportasi.

Kata Kunci: Pendistribusian, Aliran Distribusi, Alokasi Material, Minimasi Biaya Distribusi, Linear Programming.

1. Pendahuluan

Dalam melaksanakan proses bisnis jasa pelayanan listrik, PLN memerlukan dukungan material atau komponen-komponen sebagai pengatur dan penyalur listrik. Komponen-komponen tersebut adalah alat PLN sebagai penyedia tenaga listrik guna menyalurkan listrik dari PLN pembangkit untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Komponen-komponen tersebut juga diperlukan untuk pengembangan jaringan sesuai dengan permintaan pelanggan.

Dalam operasionalnya, PLN menggunakan warehouse sebagai tempat untuk menyimpan material atau komponen-komponen pengatur dan penyalur listrik. Warehouse tersebut menjamin keberadaan komponen-komponen pengatur dan penyalur listrik agar pasokan listrik dari PLN stabil atau tidak terganggu.

Selama ini, PLN APJ Distribusi Malang menggunakan 2 warehouse untuk melayani

seluruh area distribusi sebanyak 14 rayon tujuan untuk mengatur pendistribusian dengan memprioritaskan dari salah satu warehouse, tanpa didukung perencanaan alokasi beban berimbang antar warehouse yang lebih efisien. Peningkatan perputaran material pada warehouse, PLN APJ Distribusi Malang berencana menambahkan 2 warehouse lagi. Pendistribusian dari masing-masing warehouse ke masing-masing rayon tujuan dapat direncanakan dengan mengoptimalkan aliran distribusi dan alokasi material berdasarkan pertimbangan kapasitas warehouse dan jarak pengiriman.

Menurut Hiller dan Lieberman (2005) masalah pengoptimalan aliran distribusi material warehouse dapat diselesaikan dengan *Linear Programming*. Dengan menggunakan metode *Linear Programming*, dapat diperoleh solusi aliran distribusi material yang optimal dengan mempertimbangkan faktor kedekatan lokasi dan

biaya-biaya yang harus dikeluarkan. Karena dalam *Linear Programming* dapat mencapai tujuan yang tunggal seperti meminimumkan biaya.

Beberapa penelitian yang pernah ada sebelumnya antara lain :

1. Ella (2009) dalam penelitiannya yang berjudul “*Supply Chain Management pada Proses Manajemen Distribusi dan Transportasi untuk Meminimasi Waktu dan Biaya Pengiriman*” membahas mengenai rute dan moda transportasi yang diterapkan pada PT Holcim Indonesia Tbk dan alternatif perbaikannya untuk meminimasi biaya distribusi. Hasil penelitian yang didapatkan adalah penghematan biaya distribusi sebesar 65,56% untuk total biaya distribusi dan 11,37% untuk lama waktu distribusi.
2. Andriani (2010) dalam penelitiannya yang berjudul “*Penentuan Rute dan Penjadwalan Distribusi dengan Metode Penghematan Clarke-Wright Untuk Meminimasi Biaya Transportasi*” membahas penggunaan metode penghematan *Clarke-Wright* untuk meminimasi biaya transportasi. Biaya awal pendistribusian produk sebesar Rp 95.981.836,00 dapat diturunkan sebesar 14,69% sehingga biaya akhir pendistribusian produk menjadi sebesar Rp 81.883.072,00.
3. Ishadi (2011) dalam penelitiannya yang berjudul “*Penerapan Metode Saving Matrix dalam Penjadwalan dan Penentuan Rute Distribusi Premium di SPBU Kota Malang*” membahas mengenai penerapan metode *saving matrix* untuk memberikan usulan rute distribusi kepada PT Pertamina Depot Malang dan berhasil menurunkan biaya transportasi sebesar 43% selain itu, jarak tempuh juga mampu diturunkan sebesar 17,5% dan lama waktu tempuh dapat dipercepat dengan prosentase penurunan sebesar 17,5%.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah obyek penelitian dan metode yang digunakan. Pada penelitian ini, ditentukan pula alokasi material *warehouse* PT PLN dengan menggunakan *Linear Programming* serta menentukan aliran distribusi dari *warehouse* ke lokasi tujuan material. Selain itu, untuk biaya yang akan diminimasi dalam penelitian ini mencakup biaya distribusi material.

2. Metode Penelitian

2.1 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan dimaksudkan untuk mengetahui permasalahan yang sedang dihadapi oleh perusahaan.

2.2 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk memberikan landasan teori dalam melakukan penelitian. Pada tahap ini dilakukan usaha untuk menggali konsep-konsep maupun teori-teori yang dapat mendukung usaha penelitian.

2.3 Mengidentifikasi Permasalahan

Identifikasi masalah adalah tahap awal pemahaman terhadap suatu permasalahan yang timbul untuk mencari solusi permasalahan tersebut. Pada tahap ini, akan dikaji permasalahan yang ada pada PT. PLN (PERSERO) APJ Distribusi Malang Jawa Timur. Yang menjadi permasalahan pada PT. PLN (PERSERO) APJ Distribusi Malang Jawa Timur saat ini adalah persebaran alokasi material pada *warehouse* PLN APJ Distribusi Malang kurang merata.

2.4 Merumuskan Masalah Penelitian

Dari identifikasi masalah awal dan studi pustaka, selanjutnya dirumuskan masalah yang akan dikaji pada penelitian ini. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana menentukan persebaran alokasi material pada *warehouse* pada PT. PLN (PERSERO) APJ Distribusi Malang.

2.5 Menentukan Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah ditetapkan sebelumnya. Hal ini ditujukan agar mempermudah peneliti untuk menentukan batasan-batasan yang perlu dalam pengolahan dan analisis data selanjutnya. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui persebaran material untuk masing-masing *warehouse* dan menentukan aliran distribusi dengan memanfaatkan semua *warehouse*.

2.6 Pengumpulan Data

Data ataupun informasi yang dikumpulkan harus relevan dengan persoalan yang dibahas yang nantinya akan menjadi *input* pada tahap pengolahan data. Metode pengumpulan data yang

digunakan pada penelitian ini adalah riset lapangan dan riset kepustakaan.

2.7 Pengolahan Data

Langkah-langkah dari pengolahan data adalah sebagai berikut :

- Menghitung biaya total awal aliran distribusi dan alokasi yang nantinya akan dibandingkan dengan biaya total akhir.
- Membuatformulasi model dengan fungsi tujuan minimasi Z dengan fungsi kendala sesuai dengan lokasi material yang berhubungan langsung dengan gudangdari data aliran distribusi dan persebaran lokasi material.
- Menggunakan *solver* untuk mengetahui jumlah biaya aliran distribusi dan alokasi material yang optimal.
- Menghitung biaya total akhir aliran distribusi dan alokasi serta menggambarkan aliran distribusi dan alokasi material dari *warehouse* hingga ke tujuan lokasi material.
- Melakukan Analisa Sensitivitas untuk mengetahui sejauh mana ketahanan formulasi model dengan perubahan nilai-nilai parameter yang akan terjadi.

2.8 Analisis Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan analisis hasil dan pembahasan mengenai aliran distribusi dan alokasi material yang digunakan sebagai usulan kepada perusahaan untuk biaya total yang lebih rendah dari biaya total awal.

2.9 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan menjabarkan tentang penentuan aliran distribusi dan alokasi material *warehouse* yang diusulkan kepada PT. PLN (PERSERO) APJ Distribusi Malang Jawa Timur yang dapat memberikan penurunan biaya. Saran memberikan pengembangan lebih lanjut atas metode yang telah dibuat dari penelitian yang telah dilakukan, sehubungan dengan manajemen *warehouse* dan pendistribusian produk PT. PLN (PERSERO) APJ Distribusi Malang Jawa Timur.

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang dikumpulkan yaitu yang berkaitan dengan kebutuhan menentukan aliran distribusi dan alokasi material dari *warehouse* yang optimal, terdiri dari beberapa data

diantaranya data mengenai sistem pendistribusian dan alokasi produk, data wilayah distribusi, data kapasitas *warehouse*, data jumlah produk, data permintaan produk, data biaya transportasi.

3.1 Sistem Pendistribusian dan Alokasi Material

Material yang tersedia pada *warehouse* PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG hanya mencakup material jaringan tegangan menengah (JTM), gardu tegangan tinggi (GTT), jaringan tegangan rendah (JTR) dan sambungan rumah (SR) dan APP. Dan tujuan distribusi material dari PT. PLN ini hanya sampai rayon-rayon PLN, yang kemudian nantinya rayon-rayon tersebut bertanggung jawab sendiri atas daerah yang menjadi wilayah distribusinya.

Dalam pendistribusian produk PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG memiliki standar operasional prosedur, yaitu dalam satu kali pengangkutan tidak diperkenankan mengangkut lebih dari satu jenis produk. Untuk moda transportasi yang digunakan dalam pendistribusian produk, produk tipe jaringan tegangan menengah (JTM), gardu tegangan tinggi (GTT) jaringan tegangan rendah (JTR) menggunakan truck, dan produk sambungan rumah (SR) dan APP menggunakan pick up.

3.2 Data Kapasitas Warehouse

PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG hanya memanfaatkan *warehouse* area dan *warehouse* aris sebagai *warehouse* utama untuk proses distribusinya. Sedangkan *warehouse* singosari dan *warehouse* bululawang akan digunakan jika kapasitas dari kedua *warehouse* utama sudah tidak mencukupi. Tiap-tiap *warehouse* mempunyai kapasitas yang berbeda terhadap jenis-jenis produk yang tersedia didasarkan bentuk dan ukuran gudang tersebut. Tabel 1 merupakan data kapasitas *warehouse* PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG.

Tabel 1. Kapasitas *warehouse*

No	Nama Warehouse	Tipe Produk			
		JTM	GTT	JTR	SR APP
1.	Area	0	0	0	3450
2.	Aris	132	27	82	1050
3.	Singosari	107	23	15	700
4.	Bululawang	72	0	31	250

3.3 Data Jumlah Produk

Tabel 2 merupakan tipe produk beserta komposisi material minimal sesuai satuan kirim standar ketentuan PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG.

Tabel 2. Tipe Produk dan Komposisi

No	Tipe Produk(Satuan) : Komposisi Material Minimal
1.	JTM (1 sirkuit) : - Kabel (50m) - Ground rod (1 buah) - Line tap connector / Joint sleeve (3 buah) - Isolator pinpost / Stringset (3 buah)
2.	GTT (1 set) : - Trafo (1 buah) - Kabel (10m) - Fuse link (3 buah) - LV Panel (1 buah) - Cut out (3 buah) - Veer contact
3.	JTR (1 sirkuit) : - Kabel (50m) - Stringset (3 buah) - Line tap connector / Joint sleeve (3 buah) - Binding wire (1m)
4.	SR APP (1 set) : - Meter KWH (1 buah) - Kabel (25m) - Connector press (2 buah)

3.4 Data Armada dan Kapasitas

Moda transportasi yang digunakan PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG untuk mendistribusikan produk-produknya adalah truck dan pick up. Tabel 4 merupakan data moda transportasi dan kapasitas angkut PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG

Tabel 3. ModaTransportasi dan Kapasitas Angkut

No	Tipe Produk	Moda	Kapasitas Angkut (Maksimal)
1.	JTM	Truck	3 Sirkuit
2.	GTT	Truck	2Set
3.	JTR	Truck	3 Sirkuit
4.	SR APP	Pick up	120 set

3.5 Data Wilayah Distribusi

PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG memiliki wilayah distribusi mencakup Malang Raya dengan tujuan material hanya pada rayon-rayon atau unit resmi. Tabel 3 merupakan data tujuan distribusi PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG.

Tabel 4. Tujuan Distribusi

No	Nama Rayon
1.	APJ. Malang
2.	UP. Blimbing
3.	UP. Dinoyo
4.	UP. Kebon Agung
5.	UPJ. Singosari
6.	UPJ. Lawang
7.	UPJ. Batu
8.	UPJ. Kepanjen
9.	UPJ. Tumpang
10.	UPJ. Gondanglegi
11.	UPJ. Bululawang
12.	UPJ. Ngantang
13.	UPJ. Sumber Pucung
14.	UPJ. Dampit

3.6 Data Biaya Distribusi

Pada penelitian ini biaya distribusi produk PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG. mencakup dua komponen biaya dalam sekali pengangkutan, yaitu biaya bongkar muat dan biaya kirim. Biaya bongkar muat didapatkan dari HPS (Harga Patokan Standar) PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG yang didasarkan pada tingkat kesulitan dalam proses bongkar muat produk dan berat produk. Tabel 5 merupakan biaya bongkar muat per satuan pada PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG.

Tabel 5. Biaya Bongkar Muat

No	Tipe Produk	Biaya Bongkar Muat / Satuan
1.	JTM	Rp. 40.800,00 / sirkuit
2.	GTT	Rp. 70.800,00 / set
3.	JTR	Rp. 31.500,00 / sirkuit
4.	SR APP	Rp. 450,00 / set

Biaya kirim dalam proses distribusi material PLN adalah biaya bahan bakar dikalikan jarak tempuh.

Tabel 6.Data Jarak Antar *warehouse* dan Rayon PLN

No	Nama Rayon	Nama Warehouse			
		Area	Aris	Singosari	Bululawang
1.	APJ. Malang	0	2	11	12.4
2.	UP. Blimbing	7	7	10	16
3.	UP. Dinoyo	4.5	6.5	11	17
4.	UP. Kebon Agung	6.2	4.2	17	6
5	UPJ. Singosari	11	13	0	22
6.	UPJ. Lawang	18	20	8	29
7.	UPJ. Batu	20	22	23	31
8.	UPJ. Kepanjen	21	19	32	13
9.	UPJ. Tumpang	18	16	26	18
10.	UPJ. Gondanglegi	24	22	35	12
11.	UPJ. Bululawang	12.4	10.4	22	0
12.	UPJ. Ngantang	40	42	43	51
13.	UPJ. Sumber Pucung	36	34	45	27
14.	UPJ. Dampit	37	35	48	25

Dari data jarak pada Tabel 6 dapat diketahui biaya kirim untuk moda truck dan pick up. Biaya bahan bakar truk adalah Rp 750 per Km, sedangkan untuk biaya bahan kendaraan pick up adalah Rp 625 per Km.

3.7 Pengolahan Data

Pengolahan data dimulai dengan mendapatkan biaya total awal, kemudian menentukan formulasi model dengan fungsi tujuan minimasi Z dengan fungsi kendala dan selanjutnya pengolahan data menggunakan metode *Linear Programming* dengan bantuan program komputer LINGO 8.0 *unlimited* version.

3.7.1 Perhitungan Biaya Awal

Biaya anggaran dari PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG yang tersedia dari untuk keperluan biaya kirim berkisar Rp. 4.000.000,00 dan penambahan hanya dimungkinkan maksimal sebesar Rp. 100.000,00. Sedangkan untuk biaya bongkar muat anggaran PLN menyesuaikan dengan jumlah material yang didistribusikan. Perhitungan biaya bongkar muat yang dikeluarkan oleh PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 7. Total Biaya Bongkar Muat

KETERANGAN	Tipe Produk			
	JTM	GTT	JTR	SR APP
Rata-Rata Permintaan Per Bulan	222	32	114	3821
Biaya Bongkar muat	Rp. 40.800	Rp. 70.800	Rp. 31.500	Rp. 450
Biaya Bongkar muat perbulan	Rp. 9.098.400	Rp. 2.265.600	Rp. 3.591.000	Rp. 1.719.450
TOTAL BIAYA BONGKAR MUAT	Rp. 16.674.450,00			

Dari anggaran biaya kirim PLN dan perhitungan biaya bongkar muat maka didapatkan total biaya yang disediakan PLN untuk mendistribusikan material sebesar:

Biaya Distribusi per bulan =
 Biaya Bongkar Muat + Biaya Kirim =
 Rp. 16.674.450,00 + Rp. 4.100.000,00 =
 Rp. 20.774.450

3.7.2 Formulasi Model

Formulasi model harus diketahui terlebih dahulu sebelum data diolah dengan program linier, diawali dengan menentukan variabel keputusan kemudian dilanjutkan dengan menentukan fungsi tujuan dan fungsi kendala untuk menentukan aliran distribusi dan alokasi material dari *warehouse* yang optimal. Tujuan formulasi model dalam penelitian ini adalah untuk meminimasi biaya distribusi. Dalam penelitian ini perhitungan dilakukan per produk, sehingga formulasi model ini digunakan untuk tiap tipe produk.

1. Menentukan Variabel Keputusan

Variabel keputusan adalah variabel-variabel yang mempengaruhi persoalan dalam pengambilan keputusan dan dapat dikendalikan oleh pengambil keputusan. Sehingga variabel keputusan yang terdapat pada penelitian ini adalah jumlah barang yang diangkut dan jumlah aktivitas transportasi yang dilakukan. Jumlah barang yang diangkut disimbolkan dengan (X) dan jumlah aktivitas transportasi yang dilakukan disimbolkan dengan (Y). Kedua variabel keputusan dalam penelitian ini tidak boleh bernilai pecahan atau harus dalam bentuk bilangan bulat (*integer*).

2. Menentukan Fungsi Tujuan

Pada sub bab 3.6 komponen-komponen biaya distribusi pada penelitian ini meliputi biaya bongkar muat dan biaya kirim. Biaya bongkar muat adalah ongkos bongkar muat yang menjadi biaya variabel yang tergantung pada jumlah barang yang diangkut. Sedangkan biaya

pengiriman berasal dari ongkos kirim yang menjadi biaya variabel dan tergantung dari jumlah aktivitas transportasi yang dilakukan.

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya} &= \text{Ongkos bongkar} \\
 \text{Bongkar} &= \text{muat} * \text{Jumlah} \\
 \text{Muat} &= \text{barang yang diangkut} \\
 &= C * X \\
 \text{Biaya} &= \text{Ongkos kirim} * \\
 \text{Kirim} &= \text{Jumlah aktivitas} \\
 &= \text{transportasi yang} \\
 &= \text{dilakukan} \\
 &= D * Y
 \end{aligned}$$

Sehingga fungsi tujuan biaya distribusi untuk tiap tipe produk dari m warehouse ke n rayon terdiri dari biaya bongkar muat tiap produk dari warehouse ke i menuju rayon ke j dikalikan jumlah barang yang diangkut dari warehouse ke i menuju rayon ke j ditambah dengan biaya kirim dari warehouse ke i menuju rayon ke j dikalikan jumlah aktivitas transportasi yang dilakukan dari warehouse ke i menuju rayon ke j . Karena penelitian ini berkaitan dengan biaya, maka fungsi tujuan model ini minimasi. Formulasi model fungsi tujuan penelitian ini ditunjukkan pada persamaan 1.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n CX_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n D_{ij}Y_{ij} \quad (\text{Pers.1})$$

Dimana,

I : Warehouse
 I : Indeks warehouse
 M : Banyaknya warehouse
 J : Rayon
 j : Indeks rayon
 N : Banyaknya rayon
 C : Biaya bongkar muat per tipe produk

X_{ij} : Jumlah barang yang diangkut dari warehouse ke i menuju rayon ke j
 D_{ij} : Biaya kirim material dari warehouse ke i menuju rayon ke j
 Y_{ij} : Jumlah aktivitas transportasi yang dilakukan dari warehouse ke i menuju rayon ke j

3. Menentukan Fungsi Kendala

a) Kendala Kapasitas Warehouse

Kendala kapasitas warehouse adalah kendala yang membatasi variabel keputusan jumlah barang yang diangkut dari warehouse ke i menuju rayon ke j dengan nilai kapasitas

warehouse. Formulasi model kendala kapasitas warehouse penelitian ini dijelaskan pada persamaan 2.

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq s_i \quad (\text{Pers.2})$$

Dimana,

X_{ij} : Jumlah barang yang diangkut dari warehouse ke i menuju rayon ke j
 s_i : Kapasitas warehouse ke i

b) Kendala Permintaan Rayon

Kendala permintaan rayon adalah kendala yang membatasi variabel keputusan jumlah barang yang diangkut dari warehouse ke i menuju rayon ke j dengan nilai permintaan rayon. Formulasi model kendala permintaan rayon penelitian ini dijelaskan pada persamaan 3.

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = d_j \quad (\text{Pers.3})$$

Dimana,

X_{ij} : Jumlah barang yang diangkut dari warehouse ke i menuju rayon ke j
 d_j : Permintaan rayon ke j

c) Kendala Kapasitas Pengangkutan

Kendala kapasitas pengangkutan adalah kendala yang membatasi variabel keputusan jumlah barang yang diangkut dari warehouse ke i menuju rayon ke j dan variabel keputusan jumlah aktivitas transportasi yang dilakukan. Formulasi model kendala kapasitas pengangkutan penelitian ini dijelaskan pada persamaan 4.

$$Y_{ij} \geq \frac{1}{kp} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad (\text{Pers.4})$$

Karena dalam metode *Linear Programming* perumusan batasan tidak diperbolehkan adanya variabel keputusan di sisi kiri, maka perumusan batasan kapasitas pengangkutan menjadi :

$$Y_{ij} - \frac{1}{kp} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} \geq 0 \quad (\text{Pers.5})$$

Dimana,

X_{ij} : Jumlah barang yang diangkut dari *warehouse* ke i menuju rayon ke j

Y_{ij} : Jumlah aktivitas transportasi yang dilakukan dari *warehouse* ke i menuju rayon ke j

kp : Kapasitas pengangkutan

Berdasarkan hasil perumusan yang disajikan dalam persamaan 1 sampai 5, maka dapat diformulasikan model tersebut sebagai berikut:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n CX_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n DijY_{ij}$$

dengan kendala

$$(1) \quad \sum_{j=1}^n X_{ij} \leq si$$

$$(2) \quad \sum_{i=1}^m X_{ij} = dj$$

$$(3) \quad Y_{ij} - \frac{1}{kp} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} \geq 0$$

Dan $X_{ij} \geq 0$, dan *integer*
 $Y_{ij} \geq 0$, dan *integer*

Dimana,

I : *Warehouse*

I : Indeks *warehouse*

M : Banyaknya *warehouse*

J : Rayon

j : Indeks rayon

N : Banyaknya rayon

C : Biaya bongkar muat per tipe produk

X_{ij} : Jumlah barang yang diangkut dari *warehouse* ke i menuju rayon ke j

D_{ij} : Biaya kirim distribusi material dari *warehouse* ke i menuju rayon ke j

Y_{ij} : Jumlah aktivitas transportasi yang dilakukan dari *warehouse* ke i menuju rayon ke j

si : Kapasitas *warehouse* ke i

dj : Permintaan rayon ke j

kp : Kapasitas pengangkutan

3.7.3 Penentuan Aliran Distribusi dan Alokasi Material

Data diolah dan diformulasikan ke dalam model *Linear Programming*. Secara komputerisasi, data diolah dengan bantuan program komputer LINGO, yaitu sebuah program yang dirancang untuk menyelesaikan kasus-kasus pemrograman linier. Dari hasil tersebut, dapat diketahui solusi untuk menentukan aliran distribusi dan alokasi material dari *warehouse* yang optimal. Penyajian data dilakukan secara terpisah untuk tiap-tiap produk sesuai dengan formulasi model. Indeks m menunjukkan Banyaknya *warehouse*, pada penelitian ini m bernilai 4. Indeks n menunjukkan Banyaknya rayon, pada penelitian ini n bernilai 14.

3.7.4 Analisa Sensitivitas

Analisa perubahan parameter dan pengaruhnya terhadap solusi *Linear Programming* disebut *Post Optimality Analysis*. Istilah *post optimality* menunjukkan bahwa analisa ini terjadi setelah diperoleh solusi optimal, dengan mengasumsikan seperangkat nilai parameter yang digunakan dalam model. Nilai parameter yang digunakan pada perhitungan formulasi ini terdiri dari permintaan rayon, kapasitas gudang.

3.8 Pembahasan

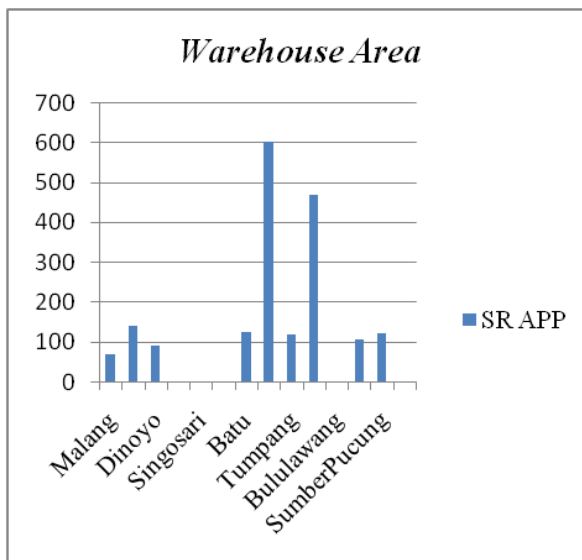
Berdasarkan perhitungan minimasi biaya distribusi dengan metode *Linear Programming* yang diolah dengan bantuan program LINGO, pengoptimalan alokasi material pada *warehouse* dapat mengurangi biaya distribusi material pada PLN. Pengurangan biaya bisa dilakukan perusahaan bila perusahaan memanfaatkan semua *warehouse* yang tersedia dengan pengalokasian material yang tepat. Tabel dibawah ini menunjukkan pengalokasian material pada *warehouse* setelah dilakukan pengoptimalan.

Tabel 8. Kapasitas *Warehouse* setelah Pengoptimalan

No	Nama Warehouse	Tipe Produk			
		JTM	GTT	JTR	SR APP
1.	Area	0	0	0	1833
2.	Aris	121	27	68	1050
3.	Singosari	30	5	15	688
4.	Bululawang	72	0	31	250

Pengoptimalan aliran distribusi dan alokasi material pada *warehouse* juga berdampak pada hubungan distribusi material antara *warehouse* dengan rayon.

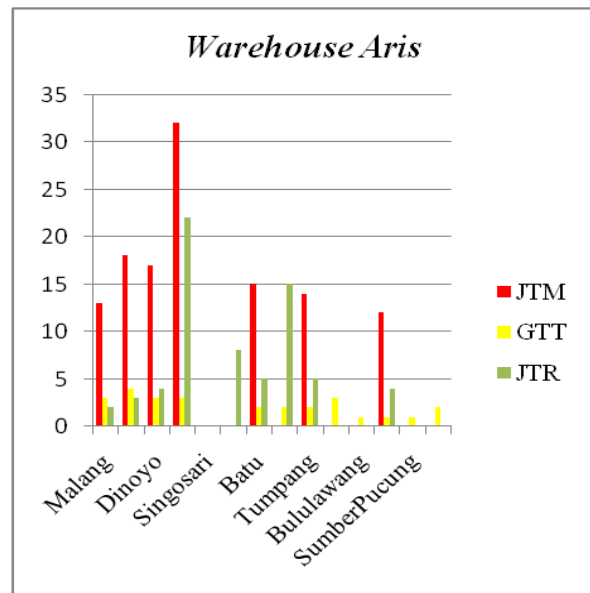
Untuk *Warehouse Area*, hanya mensuplai tipe produk SR APP dengan tujuan Rayon Malang sebanyak 67 set, Rayon Blimbing sebanyak 138 set, Rayon Dinoyo sebanyak 91 set, Rayon Batu sebanyak 124 set, Rayon Kepanjen sebanyak 600 set, Rayon Tumpang sebanyak 119 set, Rayon Gondanglegi sebanyak 469 set, Rayon Ngantang sebanyak 105 set dan Rayon Sumber Pucung sebanyak 120 set.



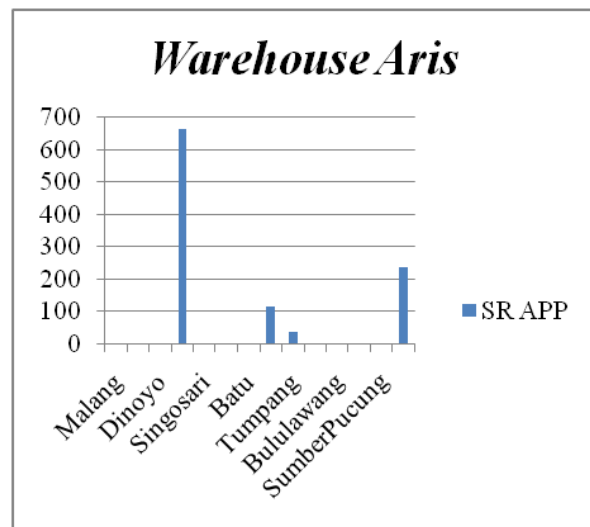
Gambar 1. Persebaran Produk SR APP dari *Warehouse Area*

Untuk *Warehouse Aris*, mensuplai tipe produk JTM, GTT, JTR dan SR APP. Tujuan distribusi *warehouse* Aris adalah Rayon Malang sebanyak 13 sirkuit JTM, 3 set GTT dan 2 sirkuit JTR; Rayon Blimbing sebanyak 18 sirkuit JTM, 4 set GTT dan 3 sirkuit JTR; Rayon Dinoyo sebanyak 17 sirkuit JTM, 3 set GTT dan 4 sirkuit JTR; Rayon Kebon Agung sebanyak 17 sirkuit JTM, 3 set GTT, 4 sirkuit JTR dan 665 set SR APP; Rayon Lawang sebanyak 8 sirkuit JTR; Rayon Batu sebanyak 15 sirkuit JTM, 2 set GTT dan 5 sirkuit JTR; Rayon Kepanjen sebanyak 2 set GTT, 15 sirkuit JTR dan 115 set SR APP; Rayon Tumpang sebanyak 14 sirkuit JTM, 2 set GTT, 5 sirkuit JTR dan 36 set SR APP; Rayon Gondanglegi sebanyak 3 set GTT; Rayon Bululawang sebanyak 1 set GTT; Rayon Ngantang 12 sirkuit JTM, 1 set GTT dan 4 sirkuit

JTR; Rayon Sumber Pucung sebanyak 1 set GTT; dan Rayon Dampit sebanyak 2 set GTT dan 234 set SR APP.

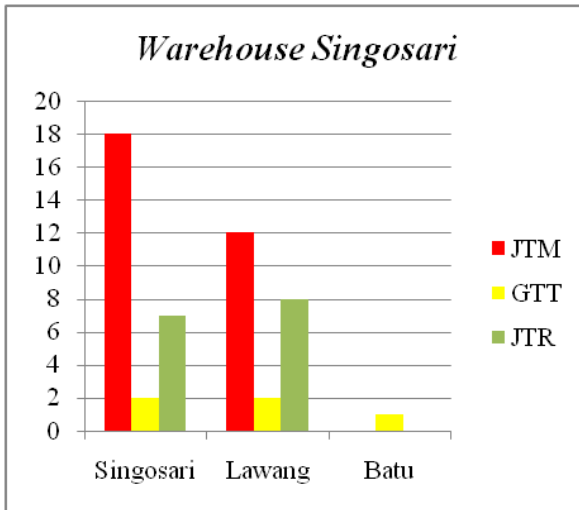


Gambar 2. Persebaran Produk JTM, GTT dan JTR dari *Warehouse Aris*

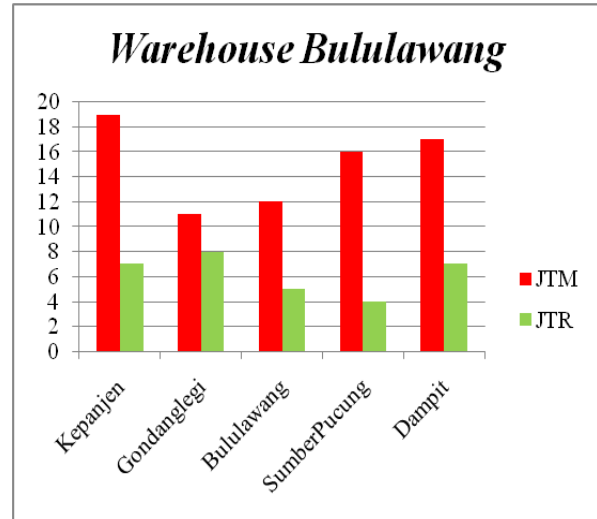


Gambar 3. Persebaran Produk SR APP dari *Warehouse Aris*

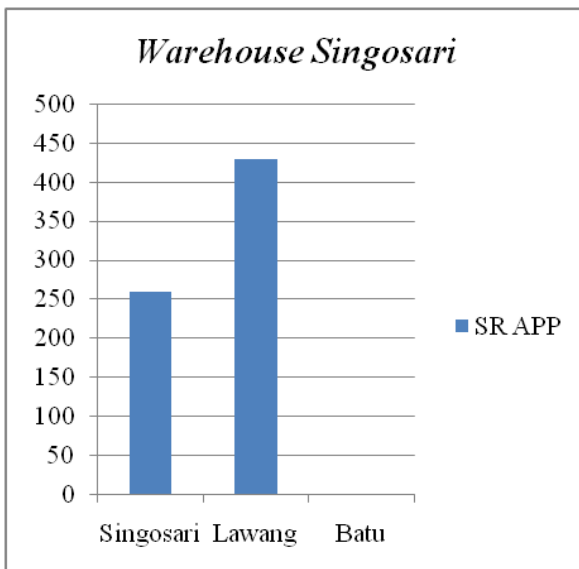
Untuk *warehouse* Singosari, mensuplai tipe produk JTM, GTT, JTR dan SR APP. Tujuan distribusi *warehouse* singosari adalah Rayon Singosari sebanyak 18 sirkuit JTM, 2 set GTT, 7 sirkuit JTR dan 259 set SR APP; Rayon Lawang sebanyak 12 sirkuit JTM, 2 set GTT, 8 sirkuit JTR dan 429 set SR APP; dan Rayon Batu sebanyak 1 set GTT.



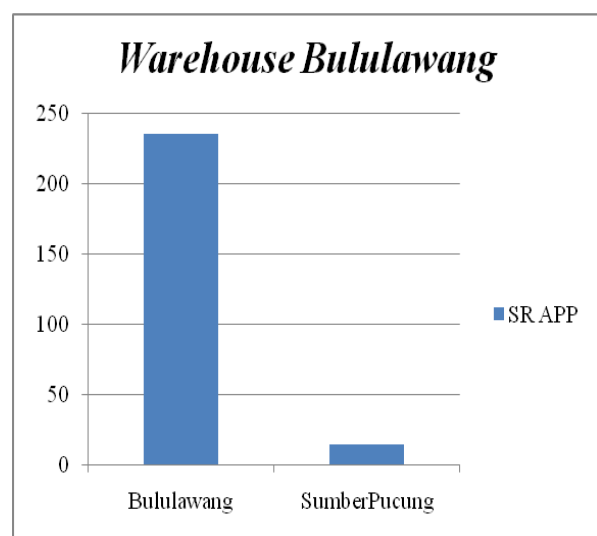
Gambar 4. Persebaran Produk JTM, GTT dan JTR dari Warehouse Singosari



Gambar 6. Persebaran Produk JTM dan JTR dari Warehouse Bululawang



Gambar 5. Persebaran Produk SR APP dari Warehouse Singosari



Gambar 7. Persebaran Produk SR APP dari Warehouse Bululawang

Untuk *warehouse* Bululawang, mensuplai tipe produk JTM, JTR dan SR APP. Tujuan distribusi *warehouse* bululawang adalah Rayon Kepanjen sebanyak 19 sirkuit JTM dan 7 sirkuit JTR; Rayon Gondanglegi sebanyak 11 sirkuit JTM dan 8 sirkuit JTR; Rayon Bululawang sebanyak 12 sirkuit JTM, 5 sirkuit JTR dan 236 set SR APP; Rayon Sumber Pucung sebanyak 16 sirkuit JTM, 4 sirkuit JTR dan 14 set SR APP; dan Rayon Dampit sebanyak 17 sirkuit JTM dan 7 sirkuit JTR.

Total biaya distribusi setelah dilakukan perhitungan adalah Rp. 20.141.433,00. PLN dapat melakukan penghematan biaya sebesar Rp. 633.017,00 atau sekitar 3,04 %.

4. Penutup

Berdasarkan hasil penelitian mengenai optimalisasi aliran distribusi dan alokasi material pada PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG dengan menggunakan metode *Linear Programming*, terdapat beberapa kesimpulan yang bisa diambil, antara lain:

1. Setelah dilakukan perhitungan kapasitas optimal *warehouse* Area adalah 1833 set SR

- APP; *warehouse* Aris adalah 121 sirkuit JTM, 27 set GTT, 68 sirkuit JTR dan 1050 set SR APP; *warehouse* Singosari adalah 30 sirkuit JTM, 5 set GTT, 15 sirkuit JTR dan 688 set SR APP; dan *warehouse* Bululawang 72 sirkuit JTM, 31 sirkuit JTR dan 250 set SR APP.
2. Tujuan distribusi rayon Malang, disuplai dari *warehouse* Area (SR APP) dan dari *warehouse* Aris (JTM, GTT dan JTR).
 Tujuan distribusi rayon Blimbing, disuplai dari *warehouse* Area (SR APP) dan dari *warehouse* Aris (JTM, GTT dan JTR).
 Tujuan distribusi rayon Dinoyo, disuplai dari *warehouse* Area (SR APP) dan dari *warehouse* Aris (JTM, GTT dan JTR).
 Tujuan distribusi rayon Kebon Agung, disuplai dari *warehouse* Aris (JTM, GTT, JTR dan SR APP).
 Tujuan distribusi rayon Singosari, disuplai dari *warehouse* Singosari (JTM, GTT, JTR dan SR APP).
 Tujuan distribusi rayon Lawang, disuplai dari *warehouse* Aris (JTR) dan *warehouse* Singosari (JTM, GTT, JTR dan SR APP).
 Tujuan distribusi rayon Batu, disuplai dari *warehouse* Area (SR APP), dari *warehouse* Aris (JTM, GTT dan JTR) dan *warehouse* Singosari (GTT).
 Tujuan distribusi rayon Kepanjen, disuplai dari *warehouse* Area (SR APP), *warehouse* Aris (GTT, JTR dan SR APP) dan *warehouse* Bululawang (JTM dan JTR).
 Tujuan distribusi rayon Tumpang, disuplai dari *warehouse* Area (SR APP) dan *warehouse* Aris (JTM, GTT dan JTR).
 Tujuan distribusi rayon Gondanglegi, disuplai dari *warehouse* Aris (GTT) dan *warehouse* Bululawang (JTM, JTR dan SR APP).
 Tujuan distribusi rayon Bululawang, disuplai dari *warehouse* Area (SR APP), *warehouse* Aris (GTT, JTR dan SR APP) dan *warehouse* Bululawang (JTM dan JTR).
 Tujuan distribusi rayon Ngantang, disuplai dari *warehouse* Area (SR APP) dan *warehouse* Aris (JTM, GTT dan JTR).
 Tujuan distribusi rayon Sumber Pucung, disuplai dari *warehouse* Area (SR APP), *warehouse* Aris (GTT) dan *warehouse* Bululawang (JTM, JTR dan SR APP).

Tujuan distribusi rayon Dampit, disuplai dari *warehouse* Aris (GTT dan SR APP) dan *warehouse* Bululawang (JTM dan JTR).

3. PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG yang pada awalnya menggunakan dua *warehouse* utama untuk proses distribusinya yaitu *warehouse* area dan *warehouse* aris. Dengan pertimbangan minimasi biaya distribusi dan alokasi material menggunakan metode *Linear Programming*, perusahaan dapat menurunkan biaya jika memanfaatkan dua *warehouse* yang lain yaitu *warehouse* singosari dan *warehouse* bululawang. PLN yang rata-rata per bulan menghabiskan Rp. 20.774.450,00 untuk proses distribusi material, dapat menghemat biaya sebesar Rp. 633.017,00 atau sekitar 3,04%. Jadi perusahaan hanya akan mengeluarkan biaya sebesar Rp. 20.141.433,00 untuk proses distribusi material.

5. Daftar Pustaka

- Bowersox J, Donald (2006), *Manajemen Logistik*, Alih Bahasa Drs. A. Hasymi Ali, Jilid Satu Cetakan Kelima, Jakarta : Bumi Aksara.
- Pujawan, N., (2005), *Supply Chain Management*. Surabaya : Guna Widya.
- Kodrat, David Sukardi, (2009), *Manajemen Distribusi*, Edisi Pertama, Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Hiller, Frederick S., Lieberman, Gerald J., (2005), *Pengantar Riset Operasi*, Alih Bahasa Ellen Gunawan dan Ardi Wirda Mulia, Jilid Satu Edisi Kelima, Jakarta : Erlangga.
- Heizer, Jay., Render, Barry (2006), *Manajemen Operasi*, Alih Bahasa Dwinoegrahwati Setyoningsih. Jilid Satu, Jakarta : Salemba Empat.
- Levana Puspanegara, Ella, Budi Santoso, Purnomo, Sudjono, Hari, (2009), *"Supply Chain Management pada Proses Manajemen Distribusi dan Transportasi untuk Meminimasi Waktu dan Biaya Pengiriman"*, Skripsi Sarjana Tidak Dipublikasikan, Jurusan Studi Teknik Industri, Universitas Brawijaya, Malang

Kartika Sari, Andriani, Astuti, Murti, Sudjono, Hari,(2010), “*Penentuan Rute dan Penjadwalan Disrtribusi dengan Metode Penghematan Clarke-Wright Untuk Meminimasi Biaya Transportasi*”. Skripsi Sarjana Tidak Dipublikasikan, Jurusan Studi Teknik Industri, Universitas Brawijaya, Malang

Nurwidyantoro, Ishadi,Astuti, Murti, Sudjono, Hari, (2011), “*Penerapan Metode Saving Matrix dalam Penjadwalan dan Penentuan Rute Distribusi Premium di SPBU Kota Malang*”,Skripsi Sarjana Tidak Dipublikasikan, Jurusan Studi Teknik Industri, Universitas Brawijaya, Malang