

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab IV akan dijelaskan tentang analisis data dan juga pembahasan dari hasil analisis tersebut, sehingga nantinya dapat memberikan usulan perbaikan berdasarkan hasil analisis permasalahan.

4.1 Tinjauan Umum Perusahaan

Pada sub bab ini menjelaskan secara umum tentang PT. PLN (PERSERO) yang meliputi proses bisnis PLN dan struktur organisasi PLN.

4.1.1 Proses Bisnis PLN

PT. PLN (PERSERO) merupakan salah satu perusahaan BUMN yang bergerak di bidang jasa pelayanan penyedia listrik. Sebagai perusahaan besar penyedia jasa sebagaimana umumnya, PLN mempunyai banyak proses bisnis yang tentunya berkaitan dengan kelistrikan. 2 dari proses bisnis PT. PLN yang memegang peranan penting adalah PLN P3B yang berfungsi “membuat” pusat energi listrik dan juga PLN Distribusi yang merupakan unit bisnis utama PT. PLN (PERSERO). PLN Distribusi dapat dikatakan unit bisnis utama dikarenakan PLN Distribusi-lah yang langsung berhadapan dengan pelanggan secara langsung.

Pelanggan dalam hal ini terbagi atas beberapa yaitu : konsumen sosial, rumah tangga, bisnis, industri dan penerangan jalan umum (PJU). Sedangkan pusat listrik terdiri dari PLTA (Pusat Listrik Tenaga Air), PLTM (Pusat Listrik Tenaga Minihidro), PLTD (Pusat Listrik Tenaga Diesel), PLTG (Pusat Listrik Tenaga Gas), PLTGU (Pusat Listrik Tenaga Gas Uap), PLTU (Pusat Listrik Tenaga Uap), PLTP (Pusat Listrik Tenaga Panas Bumi), PLTN (Pusat Listrik Tenaga Nuklir) , PLTB (Pusat Listrik Tenaga Bayu), PLTS (Pusat Listrik Tenaga Surya) dan Pusat Listrik Tenaga Gelombang Laut.

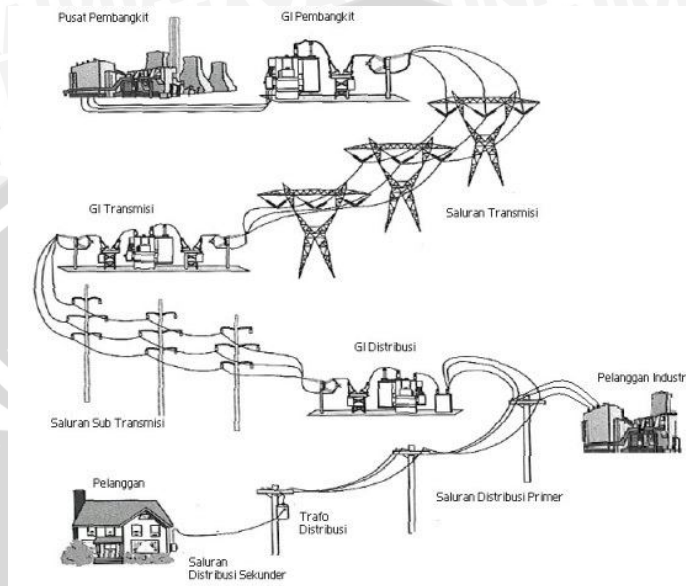
Tenaga listrik awalnya dibangkitkan dari pusat-pusat listrik yang pada umumnya terletak jauh dari pusat bebannya, yang kemudian tenaga listrik yang dihasilkan dari pusat listrik, tegangannya dinaikkan oleh Trafo Step Up yang ada

di setiap pusat listrik dan/atau gardu induk untuk menaikkan tegangan menjadi tegangan tinggi 70 kV dan 150 kV atau tegangan ekstra tinggi 500 kV karena tegangan generator yang dihasilkan setiap pusat listrik relatif rendah (6 kV – 24 kV). Setelah tegangan dinaikkan maka kemudian disalurkan melalui transmisi Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dan/atau Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET). Saluran transmisi ada juga yang berupa kabel tanah. Karena saluran udara harganya jauh lebih murah dibandingkan dengan kabel tanah, maka saluran transmisi dominan akan saluran udara.

Kerugian saluran transmisi menggunakan kabel udara adalah adanya gangguan petir, kena pohon dan lain-lain. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui saluran transmisi, maka sampailah tenaga listrik di Gardu Induk (GI) untuk diturunkan tegangannya melalui transformator penurun tegangan menjadi tegangan menengah atau yang juga disebut tegangan distribusi primer. Tegangan distribusi primer yang digunakan pada saat ini adalah tegangan 20 kV. Jaringan setelah keluar dari GI disebut jaringan distribusi, sedangkan jaringan antara Pusat Listrik dengan GI disebut jaringan transmisi.

Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer, maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah dengan tegangan kerja 380/220 Volt, kemudian disalurkan melalui Jaringan Tegangan Rendah untuk selanjutnya disalurkan ke rumah-rumah pelanggan (konsumen) melalui Sambungan Rumah. Dalam prakteknya, karena luasnya jaringan distribusi, sehingga diperlukan banyak transformator distribusi, maka Gardu Distribusi seringkali disederhanakan menjadi transformator tiang. Pelanggan yang mempunyai daya tersambung besar tidak dapat disambung melalui Jaringan Tegangan Rendah, melainkan disambung langsung pada Jaringan Tegangan Menengah, bahkan ada pula yang disambung pada jaringan Transmisi Tegangan Tinggi, tergantung besarnya daya tersambung. Setelah tenaga listrik melalui Jaringan Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah, maka tenaga listrik selanjutnya melalui alat pembatas daya dan KWH meter.

Dari uraian diatas, dapat dimengerti bahwa besar kecilnya konsumsi tenaga listrik ditentukan sepenuhnya oleh para pelanggan, yaitu tergantung bagaimana para pelanggan akan menggunakan alat-alat listriknya, yang harus diikuti besarnya suplai tenaga listrik dari pusat-pusat listrik.



Gambar 4.1 Proses Bisnis PLN
Sumber: <http://www.pln.co.id/?p=137>

Dalam pelaksanaan atau operasionalnya, terkadang antar APJ / PLN Distribusi saling berkordinasi terkait masalah-masalah maintenance, spare part, dan juga keperluan logistik yang akan digunakan untuk operasional PLN sehari-hari.

4.1.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi di PT. PLN (Persero) Area Pelayanan Jaringan (APJ) Malang Kota dijelaskan pada Lampiran 1.

4.2 Pengumpulan Data

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.

4.2.1 Sistem Pendistribusian dan Alokasi Material

PT. PLN (PERSERO) merupakan perusahaan jasa yang bertugas untuk mendistribusikan listrik ke para pelanggannya. Dalam prosesnya, PLN mempunyai rencana kerja operasional yaitu pemeliharaan jaringan dan pengembangan wilayah kerja. Rencana kerja operasional pemeliharaan jaringan bertujuan untuk mengevaluasi kebutuhan material dalam hal menjaga pasokan listrik. Sedangkan untuk rencana kerja pengembangan wilayah kerja, PLN berkewajiban menyediakan material sesuai dengan perkembangan delta pelanggan.

Untuk menjalankan rencana kerja tersebut, divisi perencanaan dan evaluasi membuat perencanaan kebutuhan total selama satu tahun dan kemudian melakukan evaluasi secara berkala. Dari perencanaan tersebut kemudian dilakukan pengajuan atau usulan kepada pihak manajemen untuk diadakan penjadwalan pembelian material. Material-material yang harus ada tersebut kemudian dijadikan stok pada *warehouse*. Untuk sistem *warehouse*, PLN menganut paduan sistem *just in time* dan *stock limit*. Sistem *just in time* adalah sebuah sistem yang mengharuskan material harus cepat didistribusikan dan digunakan. Sedangkan *stock limit* adalah sebuah sistem yang berarti harus tetap ada material yang tersedia yang berfungsi ketika ada *force major*.

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.

4.2.2 Data Jumlah Produk

Seperti yang sudah dijelaskan pada subbab 4.2.1 tentang cakupan material yang tersedia pada PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG. Tabel 4.1 merupakan tipe produk beserta komposisi material minimal sesuai satuan kirim standar ditetapkan PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG.

Tabel 4.1 Data Satuan Produk

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)

Sumber : Data Internal PT.PLN

Dari Tabel 4.1 didapatkan data detail produk pada *warehouse* PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG beserta tipe dan gambar produknya sebagaimana tersaji pada Lampiran 2.

4.2.3 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. *Warehouse* Area

diperuntukkan untuk produk SR APP karena mempunyai ukuran gudang yang kecil dan tertutup. Warehouse Aris dan warehouse Singosari dapat menampung semua tipe produk karena mempunyai ukuran yang besar dan terdapat area terbuka dan tertutup. Warehouse Bululawang dapat menampung semua tipe produk kecuali produk GTT karena bertipe warehouse terbuka. Tabel 4.2 merupakan data kapasitas warehouse PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG.

Tabel 4.2 Data Kapasitas Warehouse

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

Sumber : Data Internal PT.PLN

4.2.4 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 4.3 merupakan data wilayah distribusi PT. PLN.

Tabel 4.3 Data Wilayah Distribusi

No	Nama Rayon	Alamat
1.	APJ. Malang ($j = 1$)	Jl. Jend. Basuki Rachmad 100 Malang
2.	UP. Blimbing ($j = 2$)	Jl. Raya mangliawan No. 3 Malang
3.	UP. Dinoyo ($j = 3$)	Jl. MT. Haryono 189, Dinoyo Malang
4.	UP. Kebon Agung ($j = 4$)	Jl. Satsui Tubun, Malang
5.	UPJ. Singosari ($j = 5$)	Jl. Kertanegara 64, Malang
6.	UPJ. Lawang ($j = 6$)	Jl. Diponegoro 10, Lawang Malang
7.	UPJ. Batu ($j = 7$)	Jl. Trunojoyo 14a, Singosari Malang
8.	UPJ. Kepanjen ($j = 8$)	Jl. Panji 2, Kepanjen Malang
9.	UPJ. Tumpang ($j = 9$)	Jl. Tulus Ayu, Tumpang Malang
10.	UPJ. Gondanglegi ($j = 10$)	Jl. Panglima Diponegoro 16, Gondanglegi Malang
11.	UPJ. Bululawang ($j = 11$)	Jl. Stasiun 11, Bululawang Malang
12.	UPJ. Ngantang ($j = 12$)	Jl. Raya Ngantang 4, Ngantang Malang
13.	UPJ. Sumber Pucung ($j = 13$)	Jl. Jend. Basuki Rachmad 9, Sumber Pucung Malang
14.	UPJ. Dampit ($j = 14$)	Jl. Gunung Jati 11, Dampit Malang

Sumber : Data Internal PT.PLN

4.2.5 Data Permintaan Produk

Tabel 4.4 adalah data rata-rata permintaan produk per bulan selama tahun 2012 yang selanjutnya digunakan dalam proses perhitungan untuk menentukan aliran distribusi dan alokasi material dari *warehouse* yang optimal. Tabel 4.4 adalah data permintaan rata-rata per bulan selama tahun 2012.

Tabel 4.4 Data Rata-Rata Permintaan Produk per bulan Tahun 2012

No	Nama Rayon (j)	Tipe Produk			
		JTM	GTT	JTR	SR APP
1.	APJ. Malang	13	3	2	67
2.	UP. Blimbing	18	4	3	138
3.	UP. Dinoyo	17	3	4	91
4.	UP. Kebon Agung	32	3	22	665
5.	UPJ. Singosari	18	2	7	259
6.	UPJ. Lawang	12	2	16	429
7.	UPJ. Batu	15	3	5	124
8.	UPJ. Kepanjen	19	2	22	715
9.	UPJ. Tumpang	14	2	5	155
10.	UPJ. Gondanglegi	11	3	8	469
11.	UPJ. Bululawang	12	1	5	236
12.	UPJ. Ngantang	12	1	4	105
13.	UPJ. Sumber Pucung	17	1	4	134
14.	UPJ. Dampit	13	2	7	234
TOTAL		223	32	114	3821

4.2.6 Data Armada dan Kapasitas

Moda transportasi yang digunakan PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG untuk mendistribusikan produk-produknya adalah truck dan pick up. Kapasitas moda yang tersedia dalam proses distribusi produk PT. PLN (PERSERO) APJ MALANG tersaji dalam Tabel 4.5

Tabel 4.5 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

Sumber : Data Internal PT.PLN

4.2.7 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 4.6 menyajikan biaya bongkar muat per satuan tipe produk.

Tabel 4.6 Biaya Bongkar Muat

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

Sumber : Data Internal PT. PLN

Biaya kirim dalam proses distribusi material PLN adalah biaya bahan bakar dikalikan jarak tempuh. Tabel 4.7 adalah data jarak antar *warehouse* dan rayon PLN.

Tabel 4.7 Data Jarak Antar *Warehouse* dan Rayon PLN

No	Nama Rayon (j)	Nama Warehouse (i)			
		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 Tabel 4.8 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. Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 menyajikan data biaya kirim moda truck dan pick up.

Tabel 4.8 Biaya Kirim Moda Truck (satuan Rp.)

No	Nama Rayon (j)	Nama Warehouse (i)			
		Area	Aris	Singosari	Bululawang
1.	APJ. Malang	0	3.000	16.500	18.600
2.	UP. Blimbing	10.500	10.500	15.000	24.000
3.	UP. Dinoyo	6.750	9.750	16.500	25.500
4.	UP. Kebon Agung	9.300	6.300	25.500	9.000
5.	UPJ. Singosari	16.500	19.500	0	33.000
6.	UPJ. Lawang	27.000	30.000	12.000	43.500
7.	UPJ. Batu	30.000	33.000	34.500	46.500
8.	UPJ. Kepanjen	31.500	28.500	48.000	19.500
9.	UPJ. Tumpang	27.000	24.000	39.000	27.000
10.	UPJ. Gondanglegi	36.000	33.000	52.500	18.000
11.	UPJ. Bululawang	18.600	15.600	33.000	0
12.	UPJ. Ngantang	60.000	63.000	64.500	76.500
13.	UPJ. Sumber Pucung	54.000	51.000	67.500	40.500
14.	UPJ. Dampit	55.500	52.500	72.000	37.500

Tabel 4.9 Biaya Kirim Moda Pick up (satuan Rp)

No	Nama Rayon (j)	Nama Warehouse (i)			
		Area	Aris	Singosari	Bululawang
1.	APJ. Malang	0	2.580	14.190	15.996
2.	UP. Blimbing	9.030	9.030	12.900	20.640
3.	UP. Dinoyo	5.805	8.385	14.190	21.930
4.	UP. Kebon Agung	7.998	5.418	21.930	7.740
5.	UPJ. Singosari	14.190	16.770	0	28.380
6.	UPJ. Lawang	23.220	25.800	10.320	37.410
7.	UPJ. Batu	25.800	28.380	29.670	39.990
8.	UPJ. Kepanjen	27.090	24.510	41.280	16.770
9.	UPJ. Tumpang	23.220	20.640	33.540	23.220
10.	UPJ. Gondanglegi	30.960	28.380	45.150	15.480
11.	UPJ. Bululawang	15.996	13.416	28.380	0
12.	UPJ. Ngantang	51.600	54.180	55.470	65.790
13.	UPJ. Sumber Pucung	46.440	43.860	58.050	34.830
14.	UPJ. Dampit	47.730	45.150	61.920	32.250

4.3 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.

4.3.1 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 4.10

Tabel 4.10 Perhitungan 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 di sediakan PLN untuk mendistribusikan material sebesar:

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Distribusi per bulan} &= \text{Biaya Bongkar Muat} + \text{Biaya Kirim} \\
 &= \text{Rp. 16.674.450,00} + \text{Rp. 4.100.000,00} \\
 &= \text{Rp. 20.774.450}
 \end{aligned}$$

4.3.2 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.

4.3.2.1 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*).

4.3.2.2 Menentukan Fungsi Tujuan

Pada sub bab 4.2.7 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.

$$\begin{aligned}\text{Biaya Bongkar Muat} &= \text{Ongkos bongkar muat} * \text{Jumlah barang yang diangkut} \\ &= C * X\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Kirim} &= \text{Ongkos kirim} * \text{Jumlah aktivitas transportasi yang dilakukan} \\ &= D * Y\end{aligned}$$

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 4.1

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n CX_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n D_{ij}Y_{ij} \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

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

4.3.2.3 Menentukan Fungsi Kendala

1. 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*. Jumlah barang yang diangkut dari *warehouse* ke i menuju rayon ke j sedemikian hingga n rayon yang dilayani oleh *warehouse* ke i tidak lebih atau sama dengan dari nilai kapasitas s pada *warehouse* ke i . Formulasi model kendala kapasitas *warehouse* penelitian ini dijelaskan pada persamaan 4.2

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq s_i \quad \begin{array}{l} \text{untuk } i = 1, 2, \dots, m \\ \text{untuk } j = 1, 2, \dots, n \end{array} \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

Dimana,

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

s_i : Kapasitas *warehouse* ke i

2. 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. Jumlah barang yang diangkut dari m *warehouse* ditujukan untuk memenuhi banyaknya permintaan dengan nilai d pada rayon ke j . Formulasi model kendala permintaan rayon penelitian ini dijelaskan pada persamaan 4.3

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = d_j \quad \begin{array}{l} \text{untuk } i = 1, 2, \dots, m \\ \text{untuk } j = 1, 2, \dots, n \end{array} \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

Dimana,

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

d_j : Permintaan rayon ke j

3. 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. Sehingga jumlah barang yang diangkut dari m *warehouse* ke n rayon dibagi dengan kapasitas pengangkutan maksimal dengan nilai kp menghasilkan variabel keputusan jumlah aktivitas transportasi yang dilakukan dari *warehouse* ke i menuju rayon ke j . Variabel keputusan jumlah aktivitas transportasi yang dilakukan dari *warehouse* ke i menuju rayon ke j harus bernilai bulat atau *integer*. Apabila hasil bagi terdapat pecahan, maka harus dilakukan pembulatan keatas. Tanda “lebih dari” ditujukan agar semua barang bisa diangkut. Formulasi model kendala kapasitas pengangkutan penelitian ini dijelaskan pada persamaan 4.4

$$Y_{ij} \geq \frac{1}{kp} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad \begin{array}{l} \text{untuk } i = 1, 2, \dots, m \\ \text{untuk } j = 1, 2, \dots, n \end{array} \quad \dots\dots\dots (4.4)$$

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

$$Y_{ij} - \frac{1}{kp} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} \geq 0 \quad \begin{array}{l} \text{untuk } i = 1, 2, \dots, m \\ \text{untuk } j = 1, 2, \dots, n \end{array} \quad \dots\dots\dots (4.5)$$

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 (4.1) sampai (4.5), maka dapat diformulasikan model tersebut sebagai berikut:

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

dengan kendala

(1)

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq S_i \quad \begin{array}{l} \text{untuk } i = 1, 2, \dots, m \\ \text{untuk } j = 1, 2, \dots, n \end{array}$$

(2)

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = d_j \quad \begin{array}{l} \text{untuk } i = 1, 2, \dots, m \\ \text{untuk } j = 1, 2, \dots, n \end{array}$$

(3)

$$Y_{ij} - \frac{1}{kp} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} \geq 0 \quad \begin{array}{l} \text{untuk } i = 1, 2, \dots, m \\ \text{untuk } j = 1, 2, \dots, n \end{array}$$

Dan

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

$$Y_{ij} \geq 0, \text{ dan integer} \quad (\text{untuk semua } i \text{ dan } j)$$

..... (4.6)

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

S_i : Kapasitas warehouse ke i

d_j : Permintaan rayon ke j

kp : Kapasitas pengangkutan

Formulasi model penelitian ini secara keseluruhan dengan memasukkan nilai-nilai variabel yang diketahui tersaji pada Lampiran 3 sampai Lampiran 6.

4.3.3 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.

4.3.3.1 Produk JTM

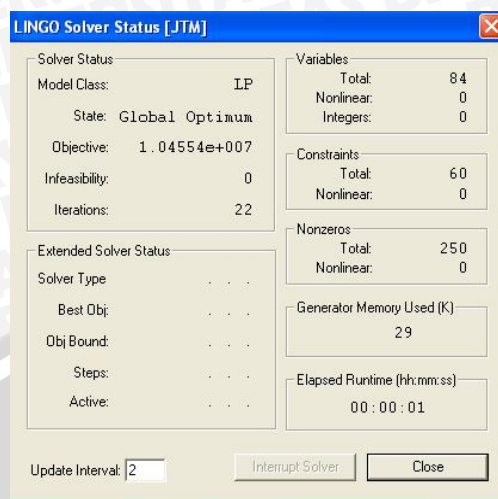
Penyelesaian permasalahan penelitian aliran distribusi dan alokasi material dari *warehouse* yang optimal untuk produk JTM ini diolah dengan bantuan program komputer LINGO. *Source code* dan hasil pengolahan dapat diketahui pada Lampiran 7. Formulasi model yang digunakan sesuai dengan persamaan 4.6.

Pada fungsi tujuan terdapat koefisien C dan koefisien D . Nilai C menyatakan jasa bongkar muat untuk tiap produk JTM. Sesuai Tabel 4.6 biaya bongkar muat untuk produk JTM adalah Rp. 40.800,00/sirkuit. Nilai D menyatakan biaya kirim distribusi material, sehingga biaya kirim distribusi material dari *warehouse* ke i menuju rayon ke j dilambangkan dengan D_{ij} . Dalam pengiriman produknya, pengiriman produk JTM menggunakan moda truck, sehingga untuk nilai D_{ij} yang digunakan, adalah nilai pada Tabel 4.8.

Untuk kendala (1) yaitu batasan kapasitas gudang, dalam batasan kapasitas gudang terdapat variabel nilai kapasitas gudang. Nilai kapasitas gudang dinyatakan dengan S_i yang menyatakan nilai kapasitas s pada *warehouse* ke i . Untuk nilai S_i pada produk JTM, ditunjukkan pada Tabel 4.2 kolom tipe produk JTM.

Untuk kendala (2) yaitu batasan permintaan rayon, dalam batasan permintaan rayon terdapat variabel nilai permintaan rayon. Nilai permintaan rayon dinyatakan dengan d_j yang menyatakan nilai permintaan d pada rayon ke j . Untuk nilai d_j pada produk JTM, ditunjukkan pada Tabel 4.4 kolom tipe produk JTM.

Untuk kendala (3) yaitu batasan kapasitas pengangkutan, dalam batasan kapasitas pengangkutan terdapat variabel kapasitas pengangkutan. Nilai kapasitas pengangkutan dinyatakan dengan kp yang menyatakan nilai kapasitas pengangkutan maksimal. Untuk nilai kp pada produk JTM, sesuai pada Tabel 4.5, tipe produk JTM yang diangkut adalah maksimal 3 sirkuit dalam sekali pengangkutan.



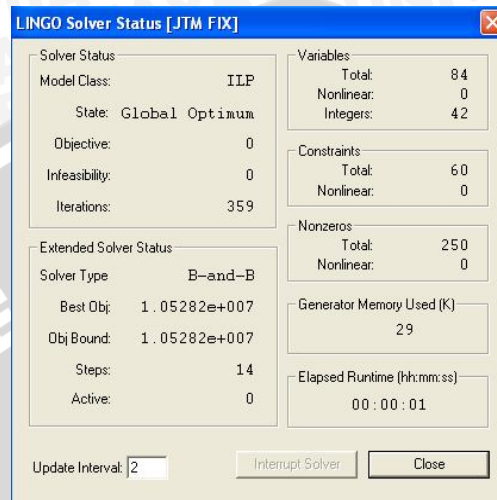
Gambar 4.2 Solver Status Produk JTM

Dalam hasil pengolahan, didapatkan total biaya distribusi untuk produk JTM senilai Rp. 10.455.350,00. Pada Tabel 4.11 disajikan hasil untuk pemenuhan produk JTM dari *warehouse* menuju rayon:

Tabel 4.11 Perhitungan Biaya Distribusi Produk JTM

Nama Rayon (j)	Nama Warehouse (i)								Biaya (Rp)
	Area		Aris		Singosari		Bululawang		
	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	$C_{ij}X_{ij} + D_{ij}Y_{ij}$
Malang	0	0	13	4.3	0	0	0	0	Rp.543.400,00
Blimbing	0	0	18	6	0	0	0	0	Rp.797.400,00
Dinoyo	0	0	17	5.6	0	0	0	0	Rp.748.850,00
KebonAgung	0	0	32	10.6	0	0	0	0	Rp.1.372.800,00
Singosari	0	0	0	0	18	6	0	0	Rp.734.400,00
Lawang	0	0	0	0	12	4	0	0	Rp.537.600,00
Batu	0	0	15	5	0	0	0	0	Rp.777.000,00
Kepanjen	0	0	0	0	0	0	19	6.3	Rp.898.700,00
Tumpang	0	0	14	4.6	0	0	0	0	Rp.683.200,00
Gondanglegi	0	0	0	0	0	0	11	3.6	Rp.514.800,00
Bululawang	0	0	0	0	0	0	12	4	Rp.489.600,00
Ngantang	0	0	12	4	0	0	0	0	Rp.741.600,00
SumberPucung	0	0	0	0	0	0	17	5.6	Rp.923.100,00
Dampit	0	0	0	0	0	0	13	4.3	Rp.692.900,00
Total Biaya									Rp.10.455.350,00

Karena hasil variabel keputusan jumlah aktivitas transportasi terdapat nilai yang tidak bulat, maka dilakukan penyelesaian kembali agar variabel keputusan jumlah aktivitas transportasi menjadi bulat dengan mensyaratkan nilai *integer* pada *source code*. Hasil perhitungan disajikan pada Lampiran 8.



Gambar 4.3 Solver Status Produk JTM setelah *integer*

Pada Tabel 4.12 disajikan hasil optimal untuk pemenuhan produk JTM dari *warehouse* menuju rayon setelah variabel keputusan jumlah aktivitas transportasi disyaratkan *integer*:

Tabel 4.12 Perhitungan Biaya Distribusi Produk JTM setelah *integer*

Nama Rayon (j)	Nama Warehouse (i)								Biaya (Rp)
	Area		Aris		Singosari		Bululawang		
	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	$C_{ij}X_{ij} + D_{ij}Y_{ij}$
Malang	0	0	13	5	0	0	0	0	Rp 545.400,00
Blimbing	0	0	18	6	0	0	0	0	Rp 797.400,00
Dinoyo	0	0	17	6	0	0	0	0	Rp 752.100,00
KebonAgung	0	0	32	11	0	0	0	0	Rp 1.374.900,00
Singosari	0	0	0	0	18	6	0	0	Rp 734.400,00
Lawang	0	0	0	0	12	4	0	0	Rp 537.600,00
Batu	0	0	15	5	0	0	0	0	Rp 777.000,00
Kepanjen	0	0	0	0	0	0	19	7	Rp 911.700,00
Tumpang	0	0	14	5	0	0	0	0	Rp 691.200,00
Gondanglegi	0	0	0	0	0	0	11	4	Rp 520.800,00
Bululawang	0	0	0	0	0	0	12	4	Rp 489.600,00
Ngantang	0	0	12	4	0	0	0	0	Rp 741.600,00
Sumber Pucung	0	0	0	0	0	0	17	6	Rp 936.600,00
Dampit	0	0	0	0	0	0	13	5	Rp 717.900,00
Total Biaya									Rp 10.528.200,00

Total biaya setelah mensyaratkan nilai *integer* pada variabel keputusan jumlah aktivitas transportasi untuk produk JTM menjadi Rp. 10.528.200,00. *Warehouse* Aris, *warehouse* Singosari dan *warehouse* Bululawang merupakan *warehouse* yang menyediakan produk JTM.

4.3.3.2 Produk GTT

Pemodelan dari perumusan permasalahan untuk produk GTT sama dengan perumusan permasalahan untuk produk JTM, yaitu permasalahan aliran distribusi dan alokasi material dari *warehouse* yang optimal. Penyelesaian permasalahan dilakukan dengan bantuan program komputer LINGO. *Source code* dan hasil pengolahan dapat diketahui pada Lampiran 9.

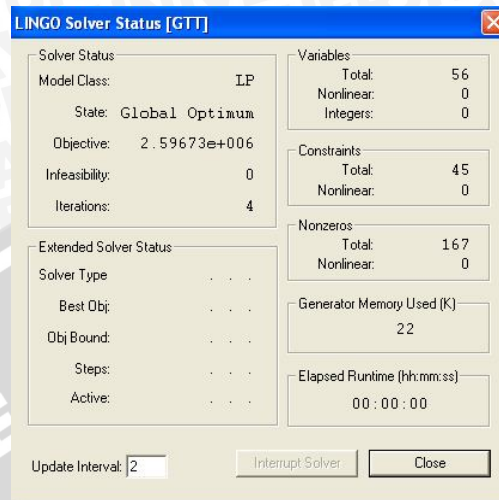
Pada fungsi tujuan terdapat koefisien C dan koefisien D . Nilai C menyatakan jasa bongkar muat untuk tiap produk GTT. Sesuai Tabel 4.6 biaya bongkar muat untuk produk GTT adalah Rp. 70.800,00/sirkuit. Nilai D menyatakan biaya kirim distribusi material, sehingga biaya kirim distribusi material dari *warehouse* ke i menuju rayon ke j dilambangkan dengan D_{ij} . Dalam pengiriman produknya, pengiriman produk GTT menggunakan moda truck, sehingga untuk nilai D_{ij} yang digunakan, adalah nilai pada Tabel 4.8.

Untuk kendala (1) yaitu batasan kapasitas gudang, dalam batasan kapasitas gudang terdapat variabel nilai kapasitas gudang. Nilai kapasitas gudang dinyatakan dengan S_i yang menyatakan nilai kapasitas s pada *warehouse* ke i . Untuk nilai S_i pada produk GTT, ditunjukkan pada Tabel 4.2 kolom tipe produk GTT.

Untuk kendala (2) yaitu batasan permintaan rayon, dalam batasan permintaan rayon terdapat variabel nilai permintaan rayon. Nilai permintaan rayon dinyatakan dengan d_j yang menyatakan nilai permintaan d pada rayon ke j . Untuk nilai d_j pada produk GTT, ditunjukkan pada Tabel 4.4 kolom tipe produk GTT.

Untuk kendala (3) yaitu batasan kapasitas pengangkutan, dalam batasan kapasitas pengangkutan terdapat variabel kapasitas pengangkutan. Nilai kapasitas pengangkutan dinyatakan dengan kp yang menyatakan nilai kapasitas pengangkutan maksimal. Untuk nilai kp pada produk GTT, sesuai pada Tabel

4.5, tipe produk GTT yang diangkut adalah maksimal 2 set dalam sekali pengangkutan.



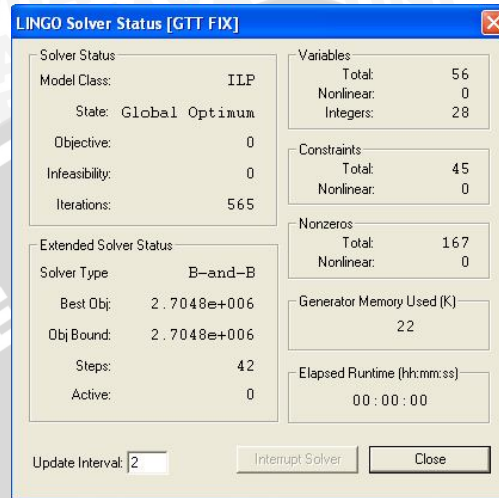
Gambar 4.4 Solver Status Produk GTT

Dalam hasil pengolahan, didapatkan total biaya distribusi untuk produk GTT senilai Rp. 2.596.725,00. Pada Tabel 4.13 disajikan hasil untuk pemenuhan produk GTT dari warehouse menuju rayon:

Tabel 4.13 Perhitungan Biaya Distribusi Produk GTT

Nama Rayon (j)	Nama Warehouse (i)								Biaya (Rp)
	Area		Aris		Singosari		Bululawang		
	Xij	Yij	Xij	Yij	Xij	Yij	Xij	Yij	
Malang	0	0	3	1.5	0	0	0	0	Rp. 216.900,00
Blimbing	0	0	4	2	0	0	0	0	Rp. 304.200,00
Dinoyo	0	0	3	1.5	0	0	0	0	Rp. 227.025,00
KebonAgung	0	0	3	1.5	0	0	0	0	Rp. 221.850,00
Singosari	0	0	0	0	2	1	0	0	Rp. 141.600,00
Lawang	0	0	0	0	2	1	0	0	Rp. 153.600,00
Batu	0	0	2	1	1	0.5	0	0	Rp. 262.650,00
Kepanjen	0	0	2	1	0	0	0	0	Rp. 170.100,00
Tumpang	0	0	2	1	0	0	0	0	Rp. 165.600,00
Gondanglegi	0	0	3	2	0	0	0	0	Rp. 278.400,00
Bululawang	0	0	1	0.5	0	0	0	0	Rp.78.600,00
Ngantang	0	0	1	0.5	0	0	0	0	Rp.102.300,00
SumberPucung	0	0	1	0.5	0	0	0	0	Rp. 96.300,00
Dampit	0	0	2	1	0	0	0	0	Rp.194.100,00
Total Biaya									Rp.2.596.725,00

Karena hasil variabel keputusan jumlah aktivitas transportasi terdapat nilai yang tidak bulat, maka dilakukan penyelesaian kembali agar variabel keputusan jumlah aktivitas transportasi menjadi bulat dengan mensyaratkan nilai *integer* pada *source code*. Hasil perhitungan disajikan pada Lampiran 10.



Gambar 4.5 Solver Status Produk GTT setelah *integer*

Pada Tabel 4.14 disajikan hasil optimal untuk pemenuhan produk GTT dari *warehouse* menuju rayon setelah variabel keputusan jumlah aktivitas transportasi disyaratkan *integer*:

Tabel 4.14 Perhitungan Biaya Distribusi Produk GTT setelah *integer*

Nama Rayon (j)	Nama Warehouse (i)								Biaya (Rp)
	Area		Aris		Singosari		Bululawang		
	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	$C_{ij}X_{ij} + D_{ij}Y_{ij}$
Malang	0	0	3	2	0	0	0	0	Rp.218.400,00
Blimbing	0	0	4	2	0	0	0	0	Rp.304.200,00
Dinoyo	0	0	3	2	0	0	0	0	Rp.231.900,00
KebonAgung	0	0	3	2	0	0	0	0	Rp.225.000,00
Singosari	0	0	0	0	2	1	0	0	Rp.141.600,00
Lawang	0	0	0	0	2	1	0	0	Rp.153.600,00
Batu	0	0	2	1	1	1	0	0	Rp.279.900,00
Kepanjen	0	0	2	1	0	0	0	0	Rp.170.100,00
Tumpang	0	0	2	1	0	0	0	0	Rp.165.600,00
Gondanglegi	0	0	3	2	0	0	0	0	Rp.278.400,00
Bululawang	0	0	1	1	0	0	0	0	Rp.86.400,00
Ngantang	0	0	1	1	0	0	0	0	Rp.133.800,00
Sumber Pucung	0	0	1	1	0	0	0	0	Rp.121.800,00
Dampit	0	0	2	1	0	0	0	0	Rp.194.100,00
Total Biaya									Rp.2.704.800,00

Total biaya setelah mensyaratkan nilai *integer* pada variabel keputusan jumlah aktivitas transportasi untuk produk GTT menjadi Rp.2.704.800,00. Dan Warehouse Aris dan warehouse Singosari merupakan warehouse yang menyediakan produk GTT.

4.3.3.3 Produk JTR

Pemodelan *Linear Programming* sesuai dengan persamaan 4.6 dapat digunakan pada penyelesaian permasalahan penelitian aliran distribusi dan alokasi material dari warehouse yang optimal untuk produk JTR. Penyelesaian permasalahan ini diolah dengan bantuan program komputer LINGO. *Source code* dan hasil pengolahan dapat diketahui pada Lampiran 11.

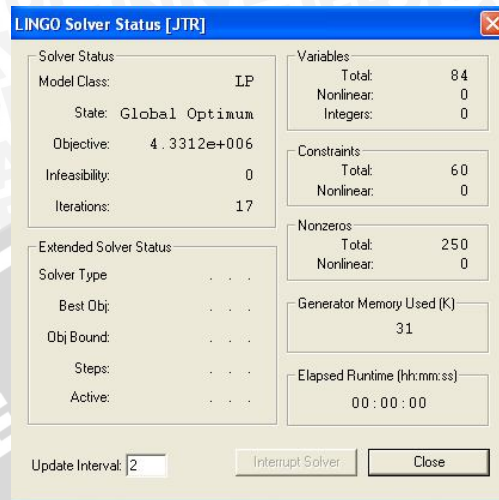
Pada fungsi tujuan terdapat koefisien C dan koefisien D . Nilai C menyatakan jasa bongkar muat untuk tiap produk JTR. Sesuai Tabel 4.6 biaya bongkar muat untuk produk JTR adalah Rp. 31.500,00/sirkuit. Nilai D menyatakan biaya kirim distribusi material, sehingga biaya kirim distribusi material dari warehouse ke i menuju rayon ke j dilambangkan dengan D_{ij} . Dalam pengiriman produknya, pengiriman produk JTR menggunakan moda truck, sehingga untuk nilai D_{ij} yang digunakan, adalah nilai pada Tabel 4.8.

Untuk kendala (1) yaitu batasan kapasitas gudang, dalam batasan kapasitas gudang terdapat variabel nilai kapasitas gudang. Nilai kapasitas gudang dinyatakan dengan S_i yang menyatakan nilai kapasitas s pada warehouse ke i . Untuk nilai S_i pada produk JTR, ditunjukkan pada Tabel 4.2 kolom tipe produk JTR.

Untuk kendala (2) yaitu batasan permintaan rayon, dalam batasan permintaan rayon terdapat variabel nilai permintaan rayon. Nilai permintaan rayon dinyatakan dengan d_j yang menyatakan nilai permintaan d pada rayon ke j . Untuk nilai d_j pada produk JTR, ditunjukkan pada Tabel 4.4 kolom tipe produk JTR.

Untuk kendala (3) yaitu batasan kapasitas pengangkutan, dalam batasan kapasitas pengangkutan terdapat variabel kapasitas pengangkutan. Nilai kapasitas pengangkutan dinyatakan dengan kp yang menyatakan nilai kapasitas pengangkutan maksimal. Untuk nilai kp pada produk JTR, sesuai pada Tabel 4.5,

tipe produk JTR yang diangkut adalah maksimal 3 sirkuit dalam sekali pengangkutan.



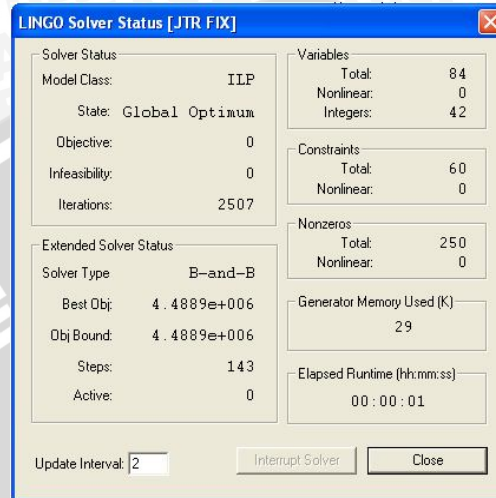
Gambar 4.6 Solver Status Produk JTR

Dalam hasil pengolahan, didapatkan total biaya distribusi untuk produk JTR senilai Rp. 4.331.200,00. Pada Tabel 4.15 disajikan hasil untuk pemenuhan produk JTR dari *warehouse* menuju rayon:

Tabel 4.15 Perhitungan Biaya Distribusi Produk JTR

Nama Rayon (j)	Nama Warehouse (i)								Biaya (Rp)
	Area		Aris		Singosari		Bululawang		
	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	$C_{ij}X_{ij} + D_{ij}Y_{ij}$
Malang	0	0	2	0.6	0	0	0	0	Rp.65.000,00
Blimbing	0	0	3	1	0	0	0	0	Rp.105.000,00
Dinoyo	0	0	4	1.3	0	0	0	0	Rp.139.000,00
KebonAgung	0	0	22	7.3	0	0	0	0	Rp.739.200,00
Singosari	0	0	0	0	7	2.3	0	0	Rp.220.500,00
Lawang	0	0	8	2.6	8	2.6	0	0	Rp.616.000,00
Batu	0	0	5	1.6	0	0	0	0	Rp.212.500,00
Kepanjen	0	0	15	5	0	0	7	2.3	Rp.881.000,00
Tumpang	0	0	5	1.6	0	0	0	0	Rp.197.500,00
Gondanglegi	0	0	0	0	0	0	8	2.6	Rp.300.000,00
Bululawang	0	0	0	0	0	0	5	1.6	Rp.157.500,00
Ngantang	0	0	4	1.3	0	0	0	0	Rp.210.000,00
SumberPucung	0	0	0	0	0	0	4	1.3	Rp.180.000,00
Dampit	0	0	0	0	0	0	7	2.3	Rp.308.000,00
Total Biaya									Rp. 4.331.200,00

Karena hasil variabel keputusan jumlah aktivitas transportasi terdapat nilai yang tidak bulat, maka dilakukan penyelesaian kembali agar variabel keputusan jumlah aktivitas transportasi menjadi bulat dengan mensyaratkan nilai *integer* pada *source code*. Hasil perhitungan disajikan pada Lampiran 12.



Gambar 4.7 Solver Status Produk JTR setelah *integer*

Pada Tabel 4.16 disajikan hasil optimal untuk pemenuhan produk GTTdari *warehouse* menuju rayon setelah variabel keputusan jumlah aktivitas transportasi disyaratkan *integer*:

Tabel 4.16 Perhitungan Biaya Distribusi Produk JTR setelah *integer*

Nama Rayon (j)	Nama Warehouse(i)								Biaya (Rp)
	Area		Aris		Singosari		Bululawang		
	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	$C_{ij}X_{ij} + D_{ij}Y_{ij}$
Malang	0	0	2	1	0	0	0	0	Rp.66.000,00
Blimbing	0	0	3	1	0	0	0	0	Rp.105.000,00
Dinoyo	0	0	4	2	0	0	0	0	Rp.145.500,00
KebonAgung	0	0	22	8	0	0	0	0	Rp.743.400,00
Singosari	0	0	0	0	7	3	0	0	Rp.220.500,00
Lawang	0	0	8	3	8	3	0	0	Rp.630.000,00
Batu	0	0	5	2	0	0	0	0	Rp.223.500,00
Kepanjen	0	0	15	5	0	0	7	3	Rp.894.000,00
Tumpang	0	0	5	2	0	0	0	0	Rp.205.500,00
Gondanglegi	0	0	0	0	0	0	8	3	Rp.306.000,00
Bululawang	0	0	0	0	0	0	5	2	Rp.157.500,00
Ngantang	0	0	4	2	0	0	0	0	Rp.252.000,00
SumberPucung	0	0	0	0	0	0	4	2	Rp.207.000,00
Dampit	0	0	0	0	0	0	7	3	Rp.333.000,00
Total Biaya									Rp.4.488.900,00

Total biaya setelah mensyaratkan nilai *integer* pada variabel keputusan jumlah aktivitas transportasi untuk produk JTR menjadi Rp. 4.488.900,00. *Warehouse* Aris, *warehouse* Singosari dan *warehouse* Bululawang merupakan *warehouse* yang menyediakan produk JTR.

4.3.3.4 Produk SR APP

Penyelesaian permasalahan penelitian aliran distribusi dan alokasi material dari *warehouse* yang optimal untuk produk SR APP ini menggunakan pemodelan yang sama dengan produk-produk yang lain, yaitu pemodelan pada persamaan 4.6. Penyelesaian permasalahan diolah dengan bantuan program komputer LINGO. *Source code* dan hasil pengolahan dapat diketahui pada Lampiran 13.

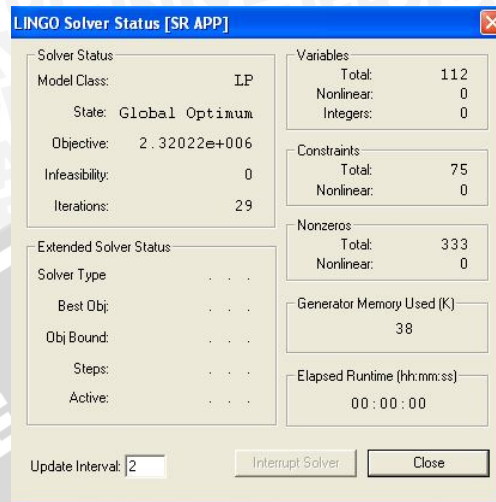
Pada fungsi tujuan terdapat koefisien C dan koefisien D . Nilai C menyatakan jasa bongkar muat untuk tiap produk SR APP. Sesuai Tabel 4.6 biaya bongkar muat untuk produk SR APP adalah Rp. 450,00/set. Nilai D menyatakan biaya kirim distribusi material, sehingga biaya kirim distribusi material dari *warehouse* ke i menuju rayon ke j dilambangkan dengan D_{ij} . Dalam pengiriman produknya, pengiriman produk SR APP menggunakan moda pick up, sehingga untuk nilai D_{ij} yang digunakan, adalah nilai pada Tabel 4.9.

Untuk kendala (1) yaitu batasan kapasitas gudang, dalam batasan kapasitas gudang terdapat variabel nilai kapasitas gudang. Nilai kapasitas gudang dinyatakan dengan S_i yang menyatakan nilai kapasitas s pada *warehouse* ke i . Untuk nilai S_i pada produk SR APP, ditunjukkan pada Tabel 4.2 kolom tipe produk SR APP.

Untuk kendala (2) yaitu batasan permintaan rayon, dalam batasan permintaan rayon terdapat variabel nilai permintaan rayon. Nilai permintaan rayon dinyatakan dengan d_j yang menyatakan nilai permintaan d pada rayon ke j . Untuk nilai d_j pada produk SR APP, ditunjukkan pada Tabel 4.4 kolom tipe produk SR APP.

Untuk kendala (3) yaitu batasan kapasitas pengangkutan, dalam batasan kapasitas pengangkutan terdapat variabel kapasitas pengangkutan. Nilai kapasitas pengangkutan dinyatakan dengan kp yang menyatakan nilai kapasitas pengangkutan maksimal. Untuk nilai kp pada produk SR APP, sesuai pada Tabel

4.5, tipe produk SR APP yang diangkut adalah maksimal 120 set dalam sekali pengangkutan.



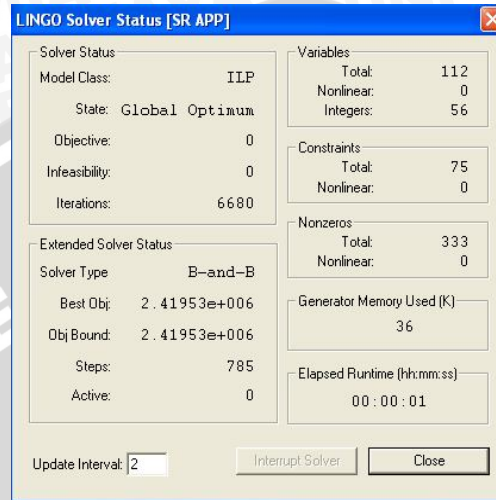
Gambar 4.8 Solver Status Produk SR APP

Dalam hasil pengolahan, didapatkan total biaya distribusi untuk produk SR APP senilai Rp 2.320.219,00. Pada Tabel 4.17 disajikan hasil untuk pemenuhan produk SR APP dari warehouse menuju rayon:

Tabel 4.17 Perhitungan Biaya Distribusi Produk SR APP

Nama Rayon (j)	Nama Warehouse(i)								Biaya (Rp)
	Area		Aris		Singosari		Bululawang		
	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	$C_{ij}X_{ij} + D_{ij}Y_{ij}$
Malang	67	0.6	0	0	0	0	0	0	Rp.30.150,00
Blimbing	138	1.2	0	0	0	0	0	0	Rp.72.485,00
Dinoyo	91	0.8	0	0	0	0	0	0	Rp.45.352,00
KebonAgung	138	1.2	527	4.4	0	0	0	0	Rp.332.242,00
Singosari	0	0	0	0	259	2.6	0	0	Rp.116.550,00
Lawang	0	0	0	0	429	3.6	0	0	Rp.229.944,00
Batu	124	1.1	0	0	0	0	0	0	Rp.82.460,00
Kepanjen	715	5.9	0	0	0	0	0	0	Rp.483.161,00
Tumpang	0	0	155	1.3	0	0	0	0	Rp.96.410,00
Gondanglegi	455	3.8	0	0	0	0	14	0.1	Rp.330.246,00
Bululawang	0	0	0	0	0	0	236	1.9	Rp.106.200,00
Ngantang	105	0.8	0	0	0	0	0	0	Rp.92.400,00
SumberPucung	0	0	134	1.1	0	0	0	0	Rp.109.277,00
Dampit	0	0	234	1.9	0	0	0	0	Rp.193.342,00
Total Biaya									Rp 2.320.219,00

Karena hasil variabel keputusan jumlah aktivitas transportasi terdapat nilai yang tidak bulat, maka dilakukan penyelesaian kembali agar variabel keputusan jumlah aktivitas transportasi menjadi bulat dengan mensyaratkan nilai *integer* pada *source code*. Hasil perhitungan disajikan pada Lampiran 14.



Gambar 4.8 Solver Status Produk SR APP setelah *integer*

Pada Tabel 4.18 disajikan hasil optimal untuk pemenuhan produk SR APP dari *warehouse* menuju rayon setelah variabel keputusan jumlah aktivitas transportasi disyaratkan *integer*:

Tabel 4.18 Perhitungan Biaya Distribusi Produk SR APP setelah *integer*

Nama Rayon (j)	Nama Warehouse (i)								Biaya (Rp)
	Area		Aris		Singosari		Bululawang		
	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	X_{ij}	Y_{ij}	$C_{ij}X_{ij} + D_{ij}Y_{ij}$
Malang	67	1	0	0	0	0	0	0	Rp 30.150,00
Blimbing	138	2	0	0	0	0	0	0	Rp 80.160,00
Dinoyo	91	1	0	0	0	0	0	0	Rp 46.755,00
KebonAgung	0	0	665	6	0	0	0	0	Rp 331.758,00
Singosari	0	0	0	0	259	3	0	0	Rp 116.550,00
Lawang	0	0	0	0	429	4	0	0	Rp 234.330,00
Batu	124	2	0	0	0	0	0	0	Rp 107.400,00
Kepanjen	600	5	115	1	0	0	0	0	Rp 481.710,00
Tumpang	119	1	36	1	0	0	0	0	Rp 113.610,00
Gondanglegi	469	4	0	0	0	0	0	0	Rp 334.890,00
Bululawang	0	0	0	0	0	0	236	2	Rp 106.200,00
Ngantang	105	1	0	0	0	0	0	0	Rp 98.850,00
SumberPucung	120	1	0	0	0	0	14	1	Rp 141.570,00
Dampit	0	0	234	2	0	0	0	0	Rp 195.600,00
Total Biaya									Rp 2.419.533,00

Total biaya setelah mensyaratkan nilai *integer* pada variabel keputusan jumlah aktivitas transportasi untuk produk SR APP menjadi Rp 2.419.533,00. *Warehouse Area*, *warehouse Aris*, *warehouse Singosari* dan *warehouse Bululawang* merupakan *warehouse* yang menyediakan produk SR APP.

4.3.3.5 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. Atau Analisis Post optimal (disebut juga analisis pasca optimal atau analisis setelah optimal, atau analisis kepekaan dalam suasana ketidaktauan) merupakan suatu usaha untuk mempelajari nilai-nilai dari peubah-peubah pengambilan keputusan dalam suatu model matematika jika satu atau beberapa atau semua parameter model tersebut berubah atau menjelaskan pengaruh perubahan data terhadap penyelesaian optimal yang sudah ada.

Analisa yang berkaitan dengan perubahan diskrit parameter untuk melihat berapa besar perubahan dapat ditolerir sebelum solusi optimal mulai kehilangan optimalitasnya, ini dinamakan Analisa Sensitivitas. Jika suatu perubahan kecil dalam parameter menyebabkan perubahan drastis dalam solusi, dikatakan bahwa solusi adalah sangat sensitif terhadap nilai parameter itu. Sebaliknya, jika perubahan parameter tidak mempunyai pengaruh besar terhadap solusi dikatakan solusi relatif insensitif terhadap nilai parameter tersebut.

Gambar 4.9 merupakan contoh hasil perhitungan perubahan pada nilai koefisien. *Current coefficient* merupakan koefisien pada formulasi ini yang terdiri dari biaya bongkar muat dan biaya kirim. *Allowable increase* dan *Allowable increase* adalah nilai toleransi koefisien fungsi tujuan yang diperbolehkan untuk menghasilkan basis nilai optimum yang sama.

Ranges in which the basis is unchanged:

Variable	Objective Coefficient Ranges		
	Current Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
X(G_ARIS, MALANG)	40800.00	4500.000	INFINITY
X(G_ARIS, BLIMBING)	40800.00	1500.000	INFINITY
X(G_ARIS, DINOYO)	40800.00	2250.000	INFINITY
X(G_ARIS, KEBONAGUNG)	40800.00	3900.000	INFINITY
X(G_ARIS, SINGOSARI)	40800.00	INFINITY	6500.000
X(G_ARIS, LAWANG)	40800.00	INFINITY	6000.000
X(G_ARIS, BATU)	40800.00	500.0000	INFINITY
X(G_ARIS, KEPANJEN)	40800.00	500.0000	3000.000
X(G_ARIS, TUMPANG)	40800.00	4000.000	INFINITY
X(G_ARIS, GONDANGLEGI)	40800.00	INFINITY	2000.000
X(G_ARIS, BULULAWANG)	40800.00	INFINITY	2200.000
X(G_ARIS, NGANTANG)	40800.00	500.0000	INFINITY
X(G_ARIS, SUMBERPUCUNG)	40800.00	INFINITY	500.0000
X(G_ARIS, DAMPIT)	40800.00	INFINITY	2000.000

Gambar 4.9 Analisa Sensitivitas nilai koefisien

Nilai batas sisi kanan (konstanta RHS) merepresentasikan batasan sumber daya yang dimiliki, dan pada kenyataannya akan selalu berubah. Perubahan terhadap konstanta RHS sama halnya dengan menggeser fungsi kendala secara paralel. Nilai Z dan variabel-variabel dapat berubah dengan perubahan terhadap konstanta RHS meskipun masih berada pada basis yang sama (selama perubahan koefisien masih berada di dalam interval yang diperbolehkan). Gambar 4.10 merupakan contoh hasil perhitungan perubahan pada nilai batas sisi kanan. Nilai batas pada perhitungan formulasi ini terdiri dari permintaan rayon, kapasitas gudang.

Row	Righthand Side Ranges		
	Current RHS	Allowable Increase	Allowable Decrease
2	13.00000	11.00000	13.00000
3	18.00000	11.00000	18.00000
4	17.00000	11.00000	17.00000
5	32.00000	11.00000	32.00000
6	18.00000	77.00000	18.00000
7	12.00000	77.00000	12.00000
8	15.00000	11.00000	15.00000
9	19.00000	11.00000	0.0
10	14.00000	11.00000	14.00000
11	11.00000	11.00000	0.0
12	12.00000	11.00000	0.0
13	12.00000	11.00000	12.00000
14	17.00000	11.00000	0.0
15	13.00000	11.00000	0.0
16	132.0000	INFINITY	11.00000

Gambar 4.10 Analisa Sensitivitas nilai batas sisi kanan

1. Analisa Sensitivitas Produk JTM

Hasil perhitungan analisa sensitivitas yang meliputi analisa sensitivitas terhadap nilai koefisien dan perubahan pada nilai batas sisi kanan untuk produk JTM disajikan pada Lampiran 15.

a) Analisa Sensitivitas terhadap nilai koefisien

Dalam penelitian ini nilai koefisien berarti adalah nilai biaya untuk setiap sumber daya ke tujuan akhir. Beberapa nilai koefisien (biaya) mempunyai range tertentu yang jika nilai tersebut diluar range maka akan menyebabkan keoptimalan model ini berubah. Dari hasil perhitungan, hasil analisa sensitivitas untuk produk JTM sebagai berikut:

- Besaran biaya bongkar muat untuk produk JTM dalam kisaran (Rp. 40.800 - Rp. 18.000, Rp. 40.800 + Rp. 21.000) artinya jika biaya bongkar muat untuk produk JTM nilainya diantara Rp. 22.800 – Rp. 61.800 maka keoptimalan model tidak berubah.
- Besaran maksimal penambahan nilai biaya kirim untuk produk JTM senilai Rp. 18.000,00. Sedangkan besaran maksimal pengurangan nilai biaya kirim untuk produk JTM senilai Rp. 54.000,00. Kisaran nilai biaya kirim untuk produk JTM agar keoptimalan model tidak berubah adalah Rp. 0 – Rp. 73.500,00.

b) Analisa Sensitivitas terhadap nilai batas sisi kanan

Nilai batas pada perhitungan formulasi ini terdiri dari permintaan rayon, kapasitas gudang, jumlah barang yang diangkut dan jumlah aktivitas transportasi. Dari hasil perhitungan, hasil analisa sensitivitas untuk produk JTM sebagai berikut:

- Untuk batasan kapasitas gudang, besaran kapasitas gudang untuk produk JTM dalam kisaran (132, 107-77) artinya kapasitas gudang untuk produk JTM nilainya 30-132 unit produk agar keoptimalan model tidak berubah.
- Untuk batasan permintaan rayon, besaran permintaan rayon untuk produk JTM dalam kisaran (18+77, 32-32) artinya permintaan rayon untuk produk JTM nilainya 0-95 unit produk agar keoptimalan model tidak berubah.

- Untuk jumlah aktivitas transportasi yang dilakukan, hanya besaran maksimal pengurangan nilai jumlah aktivitas transportasi yang diperbolehkan, yaitu senilai 11 kali agar keoptimalan model tidak berubah.

2. Analisa Sensitivitas Produk GTT

Hasil perhitungan analisa sensitivitas yang meliputi analisa sensitivitas terhadap nilai koefisien dan perubahan pada nilai batas sisi kanan untuk produk GTT disajikan pada Lampiran 16.

a) Analisa Sensitivitas terhadap nilai koefisien

Dalam penelitian ini nilai koefisien berarti adalah nilai biaya untuk setiap sumber daya ke tujuan akhir. Beberapa nilai koefisien (biaya) mempunyai range tertentu yang jika nilai tersebut diluar range maka akan menyebabkan keoptimalan model ini berubah. Dari hasil perhitungan, hasil analisa sensitivitas untuk produk GTT sebagai berikut:

- Besaran biaya bongkar muat untuk produk GTT dalam kisaran (Rp. 70.800-Rp. 32.250, Rp. 70.800+Rp. 32.250) artinya jika biaya bongkar muat untuk produk GTT nilainya diantara Rp. 38.550 – Rp. 103.050 maka keoptimalan model tidak berubah.
- Besaran maksimal penambahan nilai biaya kirim untuk produk GTT senilai Rp. 19.500,00. Sedangkan besaran maksimal pengurangan nilai biaya kirim untuk produk GTT senilai Rp. 63.000,00. Kisaran nilai biaya kirim untuk produk GTT agar keoptimalan model tidak berubah adalah Rp. 0 – Rp. 70.500,00.

b) Analisa Sensitivitas terhadap nilai batas sisi kanan

Nilai batas pada perhitungan formulasi ini terdiri dari permintaan rayon, kapasitas gudang, jumlah barang yang diangkut dan jumlah aktivitas transportasi. Dari hasil perhitungan, hasil analisa sensitivitas untuk produk GTT sebagai berikut:

- Untuk batasan kapasitas gudang, besaran kapasitas gudang untuk produk GTT dalam kisaran (27+1, 23-18) artinya kapasitas gudang

untuk produk GTT nilainya 5-28 unit produk agar keoptimalan model tidak berubah.

- Untuk batasan permintaan rayon, besaran permintaan rayon untuk produk GTT dalam kisaran (3+18, 2-2) artinya permintaan rayon untuk produk GTT nilainya 0-21 unit produk agar keoptimalan model tidak berubah.
- Untuk jumlah aktivitas transportasi yang dilakukan, hanya besaran maksimal pengurangan nilai jumlah aktivitas transportasi yang diperbolehkan, yaitu senilai 1 kali agar keoptimalan model tidak berubah.

3. Analisa Sensitivitas Produk JTR

Hasil perhitungan analisa sensitivitas yang meliputi analisa sensitivitas terhadap nilai koefisien dan perubahan pada nilai batas sisi kanan untuk produk JTR disajikan pada Lampiran 17.

a) Analisa Sensitivitas terhadap nilai koefisien

Dalam penelitian ini nilai koefisien berarti adalah nilai biaya untuk setiap sumber daya ke tujuan akhir. Beberapa nilai koefisien (biaya) mempunyai range tertentu yang jika nilai tersebut diluar *range* maka akan menyebabkan keoptimalan model ini berubah. Dari hasil perhitungan, hasil analisa sensitivitas untuk produk JTR sebagai berikut:

- Besaran biaya bongkar muat untuk produk JTR dalam kisaran (Rp. 31.500-Rp. 14.500, Rp. 31.500+Rp. 18.000) artinya jika biaya bongkar muat untuk produk JTR nilainya diantara Rp. 16.500 – Rp. 49.500 maka keoptimalan model tidak berubah.
- Besaran maksimal penambahan nilai biaya kirim untuk produk JTR senilai Rp. 19.500,00. Sedangkan besaran maksimal pengurangan nilai biaya kirim untuk produk JTR senilai Rp. 45.000,00. Kisaran nilai biaya kirim untuk produk JTR agar keoptimalan model tidak berubah adalah Rp. 0 – Rp. 43.500,00

b) Analisa Sensitivitas terhadap nilai batas sisi kanan

Nilai batas pada perhitungan formulasi ini terdiri dari permintaan rayon, kapasitas gudang, jumlah barang yang diangkut dan jumlah aktivitas transportasi. Dari hasil perhitungan, hasil analisa sensitivitas untuk produk JTR sebagai berikut:

- Untuk batasan kapasitas gudang, besaran maksimal penambahan dan pengurangan permintaan rayon untuk produk JTR adalah 7 dan 15 unit. artinya kapasitas gudang untuk produk JTR nilainya 7-82 unit produk agar keoptimalan model tidak berubah.
- Untuk batasan permintaan rayon, besaran maksimal penambahan dan pengurangan permintaan rayon untuk produk JTR adalah 14 dan 22 unit. Sehingga 0-36 permintaan rayon untuk produk JTR nilainya berada pada kisaran unit produk agar keoptimalan model tidak berubah.
- Untuk jumlah aktivitas transportasi yang dilakukan, hanya besaran maksimal pengurangan nilai jumlah aktivitas transportasi yang diperbolehkan, yaitu senilai 7 kali agar keoptimalan model tidak berubah.

4. Analisa Sensitivitas Produk SR APP

Hasil perhitungan analisa sensitivitas yang meliputi analisa sensitivitas terhadap nilai koefisien dan perubahan pada nilai batas sisi kanan untuk produk SR APP disajikan pada Lampiran 19.

a) Analisa Sensitivitas terhadap nilai koefisien

Dalam penelitian ini nilai koefisien berarti adalah nilai biaya untuk setiap sumber daya ke tujuan akhir. Beberapa nilai koefisien (biaya) mempunyai range tertentu yang jika nilai tersebut diluar *range* maka akan menyebabkan keoptimalan model ini berubah. Dari hasil perhitungan, hasil analisa sensitivitas untuk produk SR APP sebagai berikut:

- Besaran biaya bongkar muat untuk produk SR APP dalam kisaran (Rp. 450-Rp. 408, Rp. 450+Rp. 408) artinya jika biaya bongkar muat

untuk produk SR APP nilainya diantara Rp. 42 – Rp. 858 maka keoptimalan model tidak berubah.

- Besaran maksimal penambahan nilai biaya kirim untuk produk SR APP senilai Rp. 14.190,00. Sedangkan besaran maksimal pengurangan nilai biaya kirim untuk produk SR APP senilai Rp. 49.020,00. Kisaran nilai biaya kirim untuk produk SR APP agar keoptimalan model tidak berubah adalah Rp. 0 – Rp. 55.470,00.

b) Analisa Sensitivitas terhadap nilai batas sisi kanan

Nilai batas pada perhitungan formulasi ini terdiri dari permintaan rayon, kapasitas gudang, jumlah barang yang diangkut dan jumlah aktivitas transportasi. Dari hasil perhitungan, hasil analisa sensitivitas untuk produk SR APP sebagai berikut:

- Untuk batasan kapasitas gudang, besaran maksimal penambahan dan pengurangan kapasitas gudang untuk produk SR APP adalah 455 dan 1617 unit. Sehingga kapasitas gudang untuk produk SR APP nilainya berada pada kisaran 236-3450 unit produk agar keoptimalan model tidak berubah.
- Untuk batasan permintaan rayon, besaran maksimal penambahan dan pengurangan permintaan rayon untuk produk SR APP adalah 1617 dan 715 unit. Sehingga permintaan rayon untuk produk SR APP nilainya berada pada kisaran 0-2332 unit produk agar keoptimalan model tidak berubah.
- Untuk jumlah aktivitas transportasi yang dilakukan, hanya besaran maksimal pengurangan nilai jumlah aktivitas transportasi yang diperbolehkan, yaitu senilai 6 kali agar keoptimalan model tidak berubah.

4.4 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 4.19 menunjukkan pengalokasian material pada *warehouse* setelah dilakukan pengoptimalan.

Tabel 4.19 Data Kapasitas *Warehouse* setelah pengoptimalan

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

Pengoptimalan aliran distribusi dan alokasi material pada *warehouse* juga berdampak pada hubungan distribusi material antara *warehouse* dengan rayon. Tabel 4.20 menunjukkan hubungan distribusi antara *warehouse* dengan rayon setelah dilakukan pengoptimalan.

Tabel 4.20 Hubungan Distribusi Antara *Warehouse* dengan Rayon

No	Nama Rayon	Nama Produk	Nama Warehouse			
			Area	Aris	Singosari	Bululawang
1.	Malang	JTM	0	13	0	0
		GTT	0	3	0	0
		JTR	0	2	0	0
		SR APP	67	0	0	0
2.	Blimbing	JTM	0	18	0	0
		GTT	0	4	0	0
		JTR	0	3	0	0
		SR APP	138	0	0	0
3.	Dinoyo	JTM	0	17	0	0
		GTT	0	3	0	0
		JTR	0	4	0	0
		SR APP	91	0	0	0
4.	KebonAgung	JTM	0	32	0	0
		GTT	0	3	0	0
		JTR	0	22	0	0
		SR APP	0	665	0	0
5.	Singosari	JTM	0	0	18	0
		GTT	0	0	2	0
		JTR	0	0	7	0
		SR APP	0	0	259	0
6.	Lawang	JTM	0	0	12	0
		GTT	0	0	2	0

No	Nama Rayon	Nama Produk	Nama Warehouse			
			Area	Aris	Singosari	Bululawang
7.	Batu	JTR	0	8	8	0
		SR APP	0	0	429	0
		JTM	0	15	0	0
		GTT	0	2	1	0
		JTR	0	5	0	0
		SR APP	124	0	0	0
8.	Kepanjen	JTM	0	0	0	19
		GTT	0	2	0	0
		JTR	0	15	0	7
		SR APP	600	115	0	0
9.	Tumpang	JTM	0	14	0	0
		GTT	0	2	0	0
		JTR	0	5	0	0
		SR APP	119	36	0	0
10.	Gondanglegi	JTM	0	0	0	11
		GTT	0	3	0	0
		JTR	0	0	0	8
		SR APP	469	0	0	0
11.	Bululawang	JTM	0	0	0	12
		GTT	0	1	0	0
		JTR	0	0	0	5
		SR APP	0	0	0	236
12.	Ngantang	JTM	0	12	0	0
		GTT	0	1	0	0
		JTR	0	4	0	0
		SR APP	105	0	0	0
13.	SumberPucung	JTM	0	0	0	16
		GTT	0	1	0	0
		JTR	0	0	0	4
		SR APP	120	0	0	14
14.	Dampit	JTM	0	0	0	17
		GTT	0	2	0	0
		JTR	0	0	0	7
		SR APP	0	234	0	0

Dari Tabel 4.20, penjelasan hubungan distribusi antara *warehouse* dengan rayon adalah sebagai berikut:

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.

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.

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.

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. Tabel 4.21 menunjukkan hasil biaya distribusi dan komposisinya setelah dilakukan perhitungan dengan metode *Linear Programming*.

Tabel 4.21 Hasil Biaya Distribusi dan Komposisi

No	Nama Rayon	Nama Produk	Komponen Biaya		Total Biaya
			Biaya Bongkar Muat	Biaya Kirim	
1.	Malang	JTM	Rp. 530.400	Rp. 15.000	Rp. 545.400
		GTT	Rp. 212.400	Rp. 6.000	Rp. 218.400
		JTR	Rp. 63.000	Rp. 3.000	Rp. 66.000
		SR APP	Rp. 30.150	Rp. 0	Rp. 30.150
2.	Blimbing	JTM	Rp. 734.400	Rp. 63.000	Rp. 797.400
		GTT	Rp. 283.200	Rp. 21.000	Rp. 304.200
		JTR	Rp. 94.500	Rp. 10.500	Rp. 105.000
		SR APP	Rp. 62.100	Rp. 18.060	Rp. 80.160
3.	Dinoyo	JTM	Rp. 693.600	Rp. 58.500	Rp. 752.100
		GTT	Rp. 212.400	Rp. 19.500	Rp. 231.900
		JTR	Rp. 126.000	Rp. 19.500	Rp. 145.500
		SR APP	Rp. 40.950	Rp. 5.805	Rp. 46.755
4.	KebonAgung	JTM	Rp. 1.305.600	Rp. 69.300	Rp. 1.374.900
		GTT	Rp. 212.400	Rp. 12.600	Rp. 225.000
		JTR	Rp. 693.000	Rp. 50.400	Rp. 743.400
		SR APP	Rp. 299.250	Rp. 32.508	Rp. 331.758
5.	Singosari	JTM	Rp. 734.400	Rp. 0	Rp. 734.400
		GTT	Rp. 141.600	Rp. 0	Rp. 141.600
		JTR	Rp. 220.500	Rp. 0	Rp. 220.500
		SR APP	Rp. 116.550	Rp. 0	Rp. 116.550
6.	Lawang	JTM	Rp. 489.600	Rp. 48.000	Rp. 537.600
		GTT	Rp. 141.600	Rp. 12.000	Rp. 153.600
		JTR	Rp. 504.000	Rp. 126.000	Rp. 630.000
		SR APP	Rp. 193.050	Rp. 41.280	Rp. 234.330
7.	Batu	JTM	Rp. 612.000	Rp. 165.000	Rp. 777.000
		GTT	Rp. 212.400	Rp. 67.500	Rp. 279.900
		JTR	Rp. 157.500	Rp. 66.000	Rp. 223.500
		SR APP	Rp. 55.800	Rp. 51.600	Rp. 107.400
8.	Kepanjen	JTM	Rp. 775.200	Rp. 136.500	Rp. 911.700
		GTT	Rp. 141.600	Rp. 28.500	Rp. 170.100
		JTR	Rp. 693.000	Rp. 201.000	Rp. 894.000
		SR APP	Rp. 321.750	Rp. 159.960	Rp. 481.710
9.	Tumpang	JTM	Rp. 571.200	Rp. 120.000	Rp. 691.200
		GTT	Rp. 141.600	Rp. 24.000	Rp. 165.600
		JTR	Rp. 157.500	Rp. 48.000	Rp. 205.500
		SR APP	Rp. 69.750	Rp. 43.860	Rp. 113.610
10.	Gondanglegi	JTM	Rp. 448.800	Rp. 72.000	Rp. 520.800

No	Nama Rayon	Nama Produk	Komponen Biaya		Total Biaya
			Biaya Bongkar Muat	Biaya Kirim	
		GTT	Rp. 212.400	Rp. 66.000	Rp. 278.400
		JTR	Rp. 252.000	Rp. 54.000	Rp. 306.000
		SR APP	Rp. 211.050	Rp. 123.840	Rp. 334.890
11.	Bululawang	JTM	Rp. 489.600	Rp. 0	Rp. 489.600
		GTT	Rp. 70.800	Rp. 15.600	Rp. 86.400
		JTR	Rp. 157.500	Rp. 0	Rp. 157.500
		SR APP	Rp. 106.200	Rp. 0	Rp. 106.200
12.	Ngantang	JTM	Rp. 489.600	Rp. 252.000	Rp. 741.600
		GTT	Rp. 70.800	Rp. 63.000	Rp. 133.800
		JTR	Rp. 126.000	Rp. 126.000	Rp. 252.000
		SR APP	Rp. 47.250	Rp. 51.600	Rp. 98.850
13.	SumberPucung	JTM	Rp. 693.600	Rp. 243.000	Rp. 936.600
		GTT	Rp. 70.800	Rp. 51.000	Rp. 121.800
		JTR	Rp. 126.000	Rp. 81.000	Rp. 207.000
		SR APP	Rp. 60.300	Rp. 81.270	Rp. 141.570
14.	Dampit	JTM	Rp. 530.400	Rp. 187.500	Rp. 717.900
		GTT	Rp. 141.600	Rp. 52.500	Rp. 194.100
		JTR	Rp. 220.500	Rp. 112.500	Rp. 333.000
		SR APP	Rp. 105.300	Rp. 90.300	Rp. 195.600
TOTAL			Rp. 16.674.450	Rp.3.466.983	Rp. 20.141.433

Dari hasil perhitungan data akhir dengan menggunakan metode *Linear Programming* dapat diketahui perbandingan pengurangan biaya yang terjadi. Tabel 4.22 merupakan Tabel perbandingan antara biaya perhitungan awal dengan biaya akhir setelah dilakukan pengolahan data.

Tabel 4.22 Perbandingan Antara Biaya Perhitungan Awal dengan Biaya Akhir

Faktor Pembanding	Nilai Awal	Nilai Akhir	Jumlah Penurunan	Prosentase Penurunan
Biaya Bongkar muat	Rp. 16.674.450	Rp. 16.674.450	Rp. 0	0 %
Biaya Kirim	Rp. 4.100.000	Rp. 3.466.983	Rp. 633.017	15,43 %
Total Biaya per Bulan	Rp. 20.774.450	Rp. 20.141.433	Rp. 633.017	3,04 %

Berdasarkan Tabel 4.22 dapat diketahui bahwa :

1. Biaya bongkar muat produk tidak mengalami perubahan dikarenakan variabel biaya bongkar muat adalah biaya variabel yang tergantung pada jumlah barang yang diangkut. Jumlah barang yang diangkut berasal dari permintaan rayon atau unit yang harus dipenuhi oleh *warehouse*.
2. Biaya kirim produk mengurangi pengurangan 15,43 % setiap bulannya. Hal itu dikarenakan biaya kirim berasal dari biaya bahan bakar dikalikan dengan jarak tempuh. Sehingga semakin kecil jarak tempuh pengiriman, maka semakin kecil biaya yang dikeluarkan.
3. PLN yang rata-rata perbulan menghabiskan Rp. 20.774.450,00 untuk proses distribusi material, dapat melakukan penghematan biaya sebesar Rp. 633.017,00 atau sekitar 3,04 %. Sehingga, PLN hanya mengeluarkan biaya sebesar Rp. 20.141.433,00.

