

MODEL JARINGAN DISTRIBUSI MULTI ESELON UNTUK PRODUK MULTI ITEM PT. GOLD COIN SURABAYA

Heni Sulistyowati, Ahmad Rusdiansyah, dan Niniet Indah Arvitrida

Jurusan Teknik Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya

Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111

Email: heni_gembil@yahoo.com; arusdianz@gmail.com; niniet@ie.its.ac.id

Abstrak

Konfigurasi jaringan distribusi dalam supply chain mengatur tentang alokasi jumlah dan lokasi supplier, fasilitas produksi, pusat distribusi, gudang dan pelanggan yang diharapkan dapat mencapai optimasi biaya atau minimasi biaya. Dalam Penelitian Tugas Akhir ini, implementasi model jaringan distribusi multi eselon untuk produk multi item yang akan disesuaikan dengan kondisi pada perusahaan PT GOLD COIN Surabaya. Metode yang digunakan oleh penulis dalam Tugas Akhir ini adalah Mixed Integer Linear Programming (MILP) dengan software LINGO. Perusahaan ini telah memiliki 1 gudang di Surabaya dan berencana untuk membuka beberapa gudang tambahan, yaitu di Tulungagung, Solo, dan Balikpapan. Dengan implementasi model ini, perusahaan dapat menentukan gudang mana yang optimal untuk dibuka dan alokasi produk untuk masing-masing gudang yang dibuka. Langkah selanjutnya adalah melakukan analisa sensitivitas terhadap hasil konfigurasi tersebut. Analisa sensitivitas dilakukan untuk mengetahui sampai kapan kebijakan ini berlangsung. Dari hasil running LINGO didapatkan 3 gudang yang dibuka pada 2 bulan pertama periode perhitungan (Surabaya, Tulungagung, dan Solo), kemudian untuk 10 bulan berikutnya 4 gudang yang dibuka (ketiga gudang sebelumnya dan ditambah dengan gudang Balikpapan) dengan total biaya operasional selama 12 bulan tersebut sebesar Rp 287.647.220.000. Namun, apabila mulai dari awal periode perhitungan keempat gudang yang dibuka maka biayanya akan naik sebesar Rp 4.230.000 dari biaya sebelumnya. Kebijakan mengenai pembukaan keempat gudang tersebut dapat terus dilakukan hingga bulan Juli 2016 dimana demand diperkirakan naik hingga sebesar total kapasitas seluruh gudang.

Kata kunci : Distribusi, LINGO, Mixed Integer Linier Programming, dan Supply chain.

ABSTRACT

Distribution network configuration in a supply chain regulates the allocation of the number and location of suppliers, production facilities, distribution centers, warehouses and customers. This distribution network configuration is expected to achieve optimization of cost or cost minimization. In this final project the implementation of multi-echelon distribution network design for multi-product products will be adjusted to the conditions at company PT GOLD COIN Surabaya. The method which is the writer used in the Final Project is an Mixed Integer Linear Programming (MILP) using Lingo software. This company plans to open several new warehouses. By implementing this model, companies can determine where the optimal warehouse to be opened, the product allocation for each warehouse which was opened. The next step is to conduct sensitivity analysis on the results of these configurations. sensitivity analysis conducted to determine how long this policy is ongoing. The results from LINGO were three warehouses which opened in the first two months of the period of calculation (Surabaya, Tulungagung, dan Solo) and 4 warehouses which opened for the next 10 months (namely the three previous warehouse plus the warehouse in Balikpapan) with total operational cost during 12 months Rp 287.647.220.000. However, if the calculations start from the beginning of the period with four of the warehouse opened the costs will increase by Rp 4.230.000 from the previous cost. Policies regarding the opening of the fourth warehouse can continue to be performed until July 2016 where the demand is estimated to increase to at total capacity of the entire warehouse.

Keywords : Distribution, LINGO, Mixed Integer Linear Programming, and Supply Chain.

1. Pendahuluan

Bab pendahuluan ini berisi tentang hal-hal yang mendasari dilakukannya penelitian serta

pengidentifikasian masalah penelitian. Komponen-komponen yang terdapat dalam bab pendahuluan ini meliputi latar belakang

masalah, perumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian.

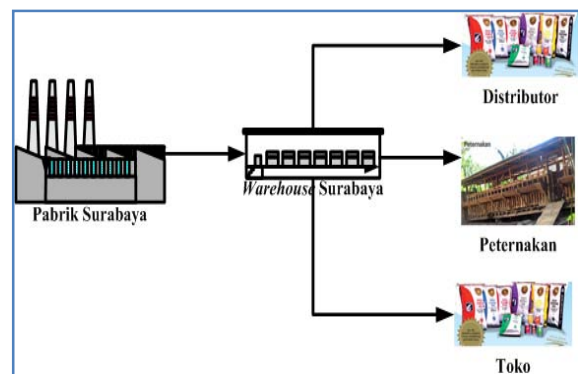
1.1 Latar Belakang

Munculnya kondisi ketidakpastian dalam lingkungan internal maupun eksternal perusahaan mendorong perusahaan untuk melakukan efisiensi dan optimasi dalam menjalankan proses bisnisnya. Efisiensi dan optimasi ini dapat dicapai dengan penerapan manajemen *supply chain*. Prinsip dasar *supply chain* adalah integrasi antara *supplier*, *manufacturer*, dan *retailer* dalam hal pengelolaan aliran barang, informasi dan uang sehingga produk dapat diproduksi, didistribusikan dalam jumlah yang tepat, lokasi yang tepat dan pada saat yang tepat (Simchi-Levi et al., 2000). Chopra dan Meindl (2007) juga mendukung pernyataan diatas, bahwa semua pihak yang terintegrasi dalam *supply chain* tersebut secara langsung maupun tidak langsung dapat memenuhi permintaan pelanggan. *Supply chain* tidak hanya terdiri dari *manufacturer* dan *supplier* tetapi juga transportasi, *warehousing* (gudang), *retailer*, maupun konsumen akhir. Dengan *supply chain* yang terintegrasi maka minimasi biaya dan kepuasan konsumen terhadap layanan yang diberikan dapat tercapai.

Dalam *supply chain* ada yang disebut dengan konfigurasi jaringan distribusi hal ini mengatur tentang alokasi, jumlah dan lokasi *supplier*, fasilitas produksi, pusat distribusi, gudang dan pelanggan. Dalam hal ini terjadi pengaturan dalam proses produksi dan juga distribusinya, misalnya berapa jumlah produk yang harus diproduksi pabrik dengan batasan waktu produksi, waktu *maintenance*, *production rate*, waktu *setup* mesin, dan kapasitas mesin dalam pabrik agar total produksi dapat memenuhi semua demand. Kemudian menentukan pabrik dan gudang mana yang harus dibuka serta menentukan gudang mana yang dilayani oleh pabrik. Lalu menentukan gudang mana yang melayani konsumen. Sehingga pada akhirnya didapatkan optimasi biaya atau biaya minimal dari pengaturan tersebut.

Dalam penelitian tugas akhir ini perusahaan yang diamati adalah PT GOLD COIN yang terletak di Surabaya yang mana bergerak dalam usaha produksi pakan ternak ayam sebagai

produk utama dan pakan ternak babi, itik, burung, dan ikan sebagai produk pendukung secara *Make-to-Stock* (MTS). Dalam proses operasionalnya perusahaan ini memenuhi *demand* dengan metode *pull system demand*. *Pull system demand* adalah sistem pemenuhan *demand* dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan/eksternal atau *demand* yang ditentukan oleh konsumen sendiri. Hal ini menyebabkan *demand* yang harus dipenuhi selalu naik-turun, tidak menentu atau berubah-ubah setiap periodenya. Jalur distribusi eksisting perusahaan adalah dari satu pabrik menuju ke satu gudang dan kemudian ke berbagai pelanggan yang tersebar di Jawa Tengah, Jawa Timur, Bali, dan area Indonesia Timur lainnya. Berikut ini adalah gambar jalur distribusi PT. GOLD COIN Surabaya.



Gambar 1.1 Alur Distribusi Produk PT. GOLD COIN Surabaya

Dengan *demand* yang banyak, tersebar dan tidak menentu serta kapasitas gudang yang terbatas (18.000 zak) membuat pihak GOLD COIN terkadang kesulitan dalam memenuhi permintaan pelanggan secara cepat dan tepat, membengkaknya biaya distribusi barang, dan apabila terjadi kerusakan barang ketika dalam pengiriman ke pelanggan maka dibutuhkan waktu yang lebih panjang untuk melakukan penggantian. Oleh karena itu perusahaan berencana untuk membuka beberapa gudang tambahan di beberapa lokasi yang telah ditentukan yaitu di Solo, Tulungagung dan Balikpapan dengan kapasitas yang telah ditentukan. Dengan dibukanya gudang baru ini maka pengiriman produk dari pabrik akan terbagi ke beberapa gudang dan total produk yang dikirim ke masing-masing gudang tergantung pada *demand* konsumen yang dilayani oleh gudang tersebut. Kebijakan pembukaan gudang baru ini harus dapat memenuhi *demand* pelanggan dengan biaya

operasional yang minimal. Kebijakan tersebut mungkin saja tidak selamanya dapat dijalankan apabila *demand* konsumen semakin meningkat, maka juga harus dilakukan analisa untuk mengetahui sampai dimana kebijakan ini dapat berlangsung.

Permasalahan yang muncul dalam penelitian tugas akhir ini yaitu bagaimana mengimplementasikan model *distribution network design* dengan menggunakan *Mixed Integer Linier Programming* (MILP) untuk menentukan alokasi multi eselon untuk produk multi item sehingga total *cost* yang terdiri dari biaya infrastruktur, biaya produksi, biaya material handling di gudang dan biaya transportasi dapat diminimumkan. Kemudian menentukan gudang mana yang seharusnya dibuka dengan penentuan pelayanan gudang terhadap pelanggan untuk meminimumkan total *operational cost*. Setelah itu, menentukan batas kelangsungan kebijakan pembukaan gudang, yaitu saat dimana jumlah *demand* produk total lebih besar dibandingkan kapasitas total seluruh gudang yang dibuka.

Penelitian ini dilakukan agar peneliti dapat memberikan rekomendasi mengenai konfigurasi jaringan distribusi kepada perusahaan dan dapat memberikan konfirmasi batas kelangsungan kebijakan atau konfigurasi jaringan distribusi tersebut kepada perusahaan.

Batasan dalam penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Produk yang menjadi objek penelitian dikelompokkan menjadi 5 macam berdasarkan jenisnya, yaitu produk A, B, C, D, dan E.
2. Data *demand* historis yang digunakan mulai Januari 07 – Maret 10.
3. Periode perhitungan yang dilakukan adalah selama 12 bulan, yaitu dari bulan April 10 – Maret 11.

Asumsi dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Tidak ada penambahan atau pengurangan pelanggan selama periode perhitungan.
2. Rencana gudang adalah gudang sewa.
3. Tidak ada penambahan atau pengurangan jenis produk selama periode perhitungan.
4. Tidak ada kerusakan produk pada saat pendistribusian dan penyimpanan berlangsung.
5. Kapasitas gudang adalah *throughput* kapasitas gudang per bulan.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian disusun secara sistematis dan terarah yang digunakan sebagai suatu kerangka dalam sebuah penelitian ilmiah. Adapun tahapan dalam penelitian ini adalah :

2.1 Tahap Identifikasi Masalah

Tahap ini adalah tahap awal dalam pelaksanaan penelitian yang terdiri dari tahap identifikasi masalah, perumusan masalah, penentuan tujuan dan studi lapangan. Pada tahap identifikasi awal ini dilakukan pengumpulan informasi mengenai kondisi PT. Gold Coin Surabaya untuk mengidentifikasi permasalahan yang sedang terjadi.

2.2 Tahap Studi Pustaka

Pada tahap ini dilakukan *literature review* yang berasal dari buku, penelitian serta jurnal yang berhubungan dengan sistem distribusi multi eselon dan *integer programming*. Dengan adanya studi pustaka maka akan didapatkan rancangan penelitian serta metode yang akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan. Penelitian ini merupakan implementasi berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Tsiakis dan Papageorgiou (2008). Berikut ini adalah model matematis dari penelitian Tsiakis dan Papageorgiou (2008).

A. Keterangan notasi :

i	: Produk
j	: Pabrik
k	: Gudang
l	: Konsumen atau market area

B. Variabel status

C_{ik}^{DH}	: biaya <i>handling</i> per unit produk i pada gudang k .
$C_k^{D,e}$	: <i>fixed cost</i> jika gudang k dibuka.
$C_k^{D,s}$	: <i>fixed cost</i> jika gudang k ditutup.
C_{ijk}^d	: unit <i>duty cost</i> untuk produk i yang meninggalkan pabrik j ke gudang k .
C_{ikl}^d	: unit <i>duty cost</i> untuk produk i yang meninggalkan gudang k ke konsumen l .
$C_j^{P,e}$	: <i>fixed cost</i> pabrik jika pabrik j dibuka.
$C_j^{P,s}$	: <i>fixed cost</i> pabrik jika pabrik j ditutup.

C_{ij}^P : biaya produksi per unit produk i .
 C_i^S : biaya *outsourcing* produk i .
 C_{ijk}^T : biaya transportasi per unit produk i dari pabrik ke gudang
 C_{ikl}^T : biaya transportasi per unit produk i dari gudang ke konsumen
 D_k^{min}, D_k^{max} : minimum/maksimum kapasitas gudang k .
 D_{il} : *demand* produk i pada konsumen l .
 H_j : total waktu kerja.
 M_j : jumlah waktu *maintenance*.
 N_{ij}^c : Total waktu produksi tiap *batch* produk i .
 $P_{ij}^{min}, P_{ij}^{max}$: minimum/maksimum kapasitas produksi produk i pada pabrik j .
 $Q_{jk}^{min}, Q_{jk}^{max}$: minimum/maksimum kapasitas pengiriman produk dari pabrik ke gudang.
 $Q_{kl}^{min}, Q_{kl}^{max}$: minimum/maksimum kapasitas pengiriman produk dari gudang ke konsumen.
 $T_{ij}^{min}, T_{ij}^{max}$: minimum/maksimum waktu yang diharapkan untuk memproduksi produk i .
 r_j^d : total produksi produk i yang diharapkan.
 a_{ijk} : koefisien *duty* yang pada pengiriman produk i dari pabrik j ke gudang k .
 a_{ikl} : koefisien *duty* yang pada pengiriman produk i gudang k ke konsumen l .
 β : koefisien yang diaplikasikan pada biaya produksi untuk tujuan *duty*.
 γ : koefisien yang diaplikasikan pada biaya transportasi untuk tujuan *duty*.
 δ_{ik} : koefisien yang berhubungan dengan kapasitas gudang terhadap penyaluran produk i .
 ζ : parameter utilitas.
 τ : koefisien jumlah setup yang dilakukan selama produksi.
 D_k : kapasitas gudang k .
 T_{ij} : total waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi produk i .
 U_j : utilitas produksi pabrik.
 Δ^U : maksimum selisih utilisasi antar pabrik.

C. Variable keputusan

1. Binary

Y_j : 1 jika pabrik j dibuka, 0 jika tidak.
 Y_k : 1 jika gudang k dibuka, 0 jika tidak.

X_{jk} : 1 jika jalur pengiriman dari pabrik j ke gudang k dibuka, 0 jika tidak.
 X_{kl} : 1 jika jalur pengiriman dari gudang k ke konsumen l dibuka, 0 jika tidak.
 W_{ij} : 1 jika produk i diproduksi, 0 jika tidak.

2. Integer

O_{ik} : jumlah produk i yang berasal dari *outsourcing* dan masuk ke gudang k .
 P_{ij} : Kapasitas produksi produk i pada pabrik j .
 Q_{ijk} : jumlah produk i yang ditransfer dari pabrik j ke gudang k .
 Q_{ikl} : jumlah produk i yang ditransfer dari gudang k ke konsumen l .

D. Objective function :

Minimum :

Z = Biaya infrastruktur pabrik + biaya infrastruktur gudang + (biaya produksi + biaya *setup* mesin) + biaya *material handling* di gudang + (biaya transportasi produk dari pabrik ke gudang + biaya transportasi produk dari gudang ke konsumen) + biaya *duty*

$$\begin{aligned}
 Z = & [\sum_j C_j^{P,e} Y_j + \sum_j C_j^{P,s} (1 - Y_j)] + \\
 & [\sum_k C_k^{P,e} Y_k + \sum_k C_k^{P,s} (1 - Y_k)] + [\sum_{i,j} C_{ij}^P P_{ij} + \\
 & i,k C_i S O_{ik} + \tau i,j C_{ij} P N_{ij} C W_{ij} + i,k C_i k D H L Q_{ikl} + i,j,k C_{ijk} T Q_{ijk} + i,k,l C_{ikl} T Q_{ikl} + i,j,k C_{ijk} D Q_{ijk} \\
 & + i,k,l C_{ikl} D Q_{ikl}] \quad (1)
 \end{aligned}$$

E. Subject to :

Adapun konstrain yang terdapat pada model ini adalah sebagai berikut :

1) Rumus biaya *duties*

$$C_{ijk}^D = a_{ijk} (\beta C_{ij}^P + \gamma C_{ijk}^T). \quad (2)$$

$$C_{ikl}^D = a_{ikl} (\beta C_{ik}^{DH} + \gamma C_{ikl}^T). \quad (3)$$

2) Konstrain struktur jaringan

$$X_{jk} \leq Y_j \quad \forall j, k. \quad (4)$$

Pabrik j dapat melakukan pengiriman produk ke gudang k hanya jika pabrik j dibangun.

$$\sum_j X_{jk} \geq Y_k, \quad \forall k. \quad (5)$$

Jika gudang k dibuka maka dapat dilayani oleh lebih dari satu pabrik.

$$\sum_j X_{jk} = Y_k, \quad \forall k. \quad (6)$$

Jika gudang k dibuka maka harus dilayani oleh 1 pabrik j .

$$X_{kl} \leq Y_k, \quad \forall k, l. \quad (7)$$

Gudang k dapat melayani konsumen l hanya jika gudang k dibuka.

$$\sum_k X_{kl} \geq 1, \quad \forall l. \quad (8)$$

1 konsumen l dapat dilayani oleh lebih dari 1 gudang.

$$\sum_k X_{kl} = 1, \quad \forall l. \quad (9)$$

1 konsumen l harus dilayani oleh 1 gudang.

3) Konstrain barang yang dipindahkan di dalam jaringan

$$Q_{jk}^{\min} X_{jk} \leq \sum_i Q_{ijk} \leq Q_{jk}^{\max} X_{jk}, \quad \forall i, j. \quad (10)$$

Total jumlah produk i yang dikirimkan pabrik ke gudang k harus berada diantara minimum dan maksimum kapasitas pengiriman produk dari pabrik ke gudang.

$$Q_{kl}^{\min} X_{kl} \leq \sum_j Q_{ijk} \leq Q_{kl}^{\max} X_{kl}, \quad \forall i, k. \quad (11)$$

Total jumlah produk yang dikirim ke gudang k harus berada diantara minimum dan maksimum kapasitas pengiriman produk dari gudang ke konsumen.

4) Konstrain keseimbangan material

$$P_{ij} = \sum_k Q_{ijk}, \quad \forall i, j. \quad (12)$$

Kapasitas produksi produk i pada pabrik j sama dengan total jumlah produk i yang masuk gudang.

$$\sum_j Q_{ijk} + O_{ik} = \sum_l Q_{ikl}, \quad \forall i, k. \quad (13)$$

Total jumlah produk dari pabrik ditambah dengan *outsourcing* produk i yang masuk gudang k sama dengan jumlah produk yang keluar gudang k (*zero inventory*).

$$\sum_k Q_{ikl} = D_{il}, \quad \forall i, l. \quad (14)$$

Total jumlah produk yang dikirim dari gudang k ke konsumen l harus sama dengan *demand* konsumen l .

$$Y_j P_{ij}^{\min} \leq P_{ij} \leq Y_j P_{ij}^{\max}, \quad \forall i, j. \quad (15)$$

Kapasitas produksi produk i pada pabrik j harus berada diantara rentang minimum dan maksimum jumlah produk i yang diproduksi pada pabrik j apabila pabrik j dibuka.

$$\sum_i T_{ij} \leq (H_j - M_j) Y_j - \tau \sum_i N_{ij}^c W_{ij}, \quad \forall i, j. \quad (16)$$

Total waktu produksi produk i pada pabrik j harus kurang dari sama dengan selisih dari total waktu produksi (total waktu kerja dikurangi total waktu *maintenance*) dan total waktu *setup*.

$$T_{ij}^{\min} W_{ij} \leq T_{ij} \leq T_{ij}^{\max} W_{ij}, \quad \forall i, j. \quad (17)$$

Total waktu produksi produk i harus berada diantara batas bawah, waktu produksi produk i

min, dan batas atas, waktu produksi produk i , jika produk i diproduksi.

$$P_{ij} = r_j^d T_{ij} \quad \forall i, j. \quad (18)$$

Kapasitas produksi produk i pada pabrik j sama dengan jumlah *expected* produksi selama waktu produksi produk i .

$$U_j = \sum_i T_{ij} \quad \forall j. \quad (19)$$

Utilitas pabrik sama dengan total waktu produksi produk i .

$$\Delta^U \geq U_j - U_{j'}, \quad \forall j, j' \neq j,$$

$$\Delta^U \geq U_{j'} - U_j, \quad \forall j', j \neq j',$$

$$\Delta^U \leq \zeta. \quad (20)$$

Maksimal selisih utilisasi produksi antar pabrik kurang dari parameter utilisasi yang telah ditentukan.

5) Konstrain kapasitas gudang

$$D_k^{\min} Y_k \leq D_k \leq D_k^{\max} Y_k \quad \forall k. \quad (21)$$

Kapasitas gudang k harus berada pada rentang kapasitas minimum dan maksimum gudang k apabila gudang k dibuka.

$$D_k \geq \sum_{i,l} \delta_{ik} Q_{ikl}, \quad \forall k. \quad (22)$$

Kapasitas gudang k harus lebih besar daripada total produk i yang dikirim dari gudang k ke konsumen l dikalikan dengan koefisien kapasitas produk i pada gudang k .

Pada penelitian yang dilakukan oleh Tsiakis dan Papageorgiou (2008) dibahas mengenai optimalisasi alokasi produksi dan distribusi jaringan supply chain. Kondisi perusahaan yang diteliti adalah distribusi multi eselon dengan beberapa pabrik dan beberapa gudang yang terletak di negara yang berbeda, produk multi item, serta perusahaan melakukan *outsourcing* produk yang langsung dikirim ke masing-masing gudang. Tujuan dari penelitian menentukan pabrik yang dibangun, produksi masing-masing pabrik, gudang yang dibangun, alokasi produk pada masing-masing gudang, jumlah produk yang *outsourcing*, dengan beberapa konfigurasi pabrik-gudang dan gudang-pasar yang berbeda agar diperoleh biaya operasional yang optimal. Metode yang digunakan adalah *Mixed Integer Linier Programming*. *Output* yang dihasilkan adalah jumlah pabrik dan gudang yang dibangun dan juga yang ditutup, jumlah produk tiap item yang diproduksi masing-masing pabrik yang dibangun, jumlah produk tiap item yang dikirim ke gudang oleh masing-masing pabrik, jumlah *outsourcing* produk tiap item yang dikirim ke masing-masing pabrik, serta total biaya yang dihasilkan oleh pelaksanaan seluruh aktivitas.

Sedangkan pada penelitian tugas akhir ini dibahas mengenai penentuan model jaringan distribusi multi eselon untuk produk multi *item*. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan jumlah gudang yang dibuka, alokasi produk ke masing-masing gudang, dan konfigurasi gudang-pasar agar diperoleh biaya operasional yang optimum. Kondisi pada perusahaan yang diteliti adalah distribusi multi eselon dengan satu pabrik dan beberapa gudang, serta produk multi item. Metode yang digunakan untuk penyelesaian model adalah Mixed Integer Linier Programming dan kemudian dilakukan analisa sensitivitas berdasarkan kenaikan *demand* pelanggan. *Output* yang dihasilkan adalah jumlah gudang yang dibuka, alokasi produk pada masing-masing gudang yang dibuka, total biaya yang dihasilkan oleh pelaksanaan seluruh aktivitas, dan batas kelangsungan kebijakan pembukaan gudang.

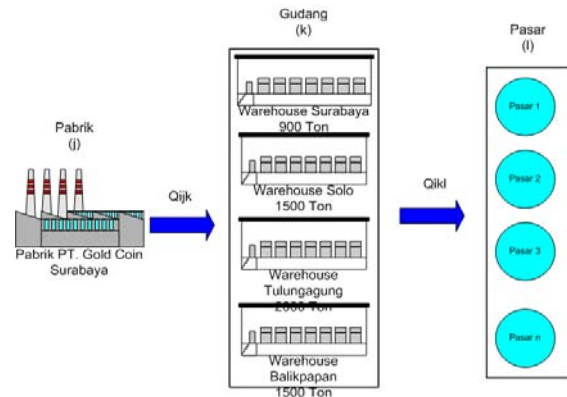
2.3 Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini berdasarkan data yang diambil oleh peneliti di perusahaan yang dijadikan obyek penelitian. Data tersebut diantaranya :

- Data produk (jenis produk, biaya produksi, biaya transportasi produk dari pabrik ke gudang serta dari gudang ke konsumen)
- Data pabrik (biaya *fixed* dan kapasitas pabrik)
- Data gudang (lokasi gudang, biaya sewa gudang, biaya handling per unit produk, kapasitas gudang, jarak pabrik gudang dan jarak gudang konsumen)
- Data konsumen/market area (*demand* produk).

2.4 Tahap Formulasi Model

Penyelesaian masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah implementasi metode *Mixed Integer Linear Programming* (MILP). Kondisi yang ingin diteliti dapat dilihat pada gambar 2.1 beserta formulasi modelnya di bawah ini.



Gambar 2.1 Kondisi untuk Penelitian

A. Keterangan notasi :

- i : Produk (1, 2, 3, 4, 5)
 j : Pabrik
 k : Gudang (1, 2, 3, 4)
 l : Konsumen atau Pelanggan (1, 2, 3, ..., 28)

1. Variabel status

- C_{ik}^H : biaya *handling* per unit produk i pada gudang k .
 C_k^e : *fixed cost* jika gudang k dibuka.
 C_j^e : *fixed cost* pabrik.
 C_i^P : biaya produksi per unit produk i .
 C_{ijk}^T : biaya transportasi per unit produk i dari pabrik ke gudang.
 C_{ikl}^T : biaya transportasi per unit produk i dari gudang ke konsumen.
 D_{il} : *demand* pasar terhadap produk i .
 D_k : kapasitas gudang k .
 P_i : Kapasitas produksi produk i pada pabrik.

2. Variabel keputusan

a) Binary

Yaitu variabel yang berupa bilangan 1 atau 0.

- Y_k : 1 jika gudang k dibuka, 0 jika tidak.

b) Integer

Yaitu variabel yang memiliki nilai bulat positif.

- Q_{ijk} : jumlah produk i yang ditransfer dari pabrik ke gudang k .
 Q_{ikl} : jumlah produk i yang ditransfer dari gudang k ke konsumen l .

B. Objective function :

Minimum :

Z = Biaya infrastruktur pabrik + biaya infrastruktur gudang + biaya produksi + biaya *setup* mesin + biaya material *handling* di gudang + biaya transportasi produk dari pabrik ke gudang + biaya transportasi produk dari gudang ke konsumen

$$Z = C_j^e + \sum_k C_k^e Y_k + \sum_i C_i^p P_i + \tau \sum_i C_i^p N_i^c W_i + \sum_{i,k} C_{ik}^H (\sum_{i,l} Q_{ikl} + \sum_{i,k} Q_{ijk}) + \sum_{i,k} C_{ijk}^T Q_{ijk} + \sum_{i,k,l} C_{ikl}^T Q_{ikl} \quad (23)$$

Adapun konstrain yang terdapat pada model yang dibuat adalah sebagai berikut :

1. Konstrain struktur jaringan

$$\sum Y_k \leq 4 \quad (24)$$

Total gudang yang dibuka harus kurang dari atau sama dengan 4.

2. Konstrain kapasitas produksi pabrik

$$P_i \geq \sum_k Q_{ijk}, \quad (25)$$

Jumlah produk i yang diproduksi pabrik lebih besar atau sama dengan jumlah produk i yang masuk gudang.

3. Konstrain keseimbangan material

$$Q_{ijk} = \sum_l Q_{ikl}, \quad (26)$$

Jumlah produk i yang masuk gudang k harus sama dengan jumlah produk i yang keluar gudang k (zero inventory).

$$\sum_k Q_{ikl} = D_{il}, \quad (27)$$

Total jumlah produk yang dikirim ke konsumen l dari gudang k harus sama dengan demand pasar.

4. Konstrain kapasitas gudang

$$\sum_{i,l} Q_{ikl} \leq D_k Y_k \quad (28)$$

Jumlah produk i yang dikirim dari gudang k ke konsumen l harus kurang dari sama dengan kapasitas gudang k bila gudang k dibuka.

2.5 Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini akan dilakukan pengolahan data yang didapatkan dari PT. Gold Coin Surabaya dan beberapa sumber yang dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya. Pengolahan data akan dilakukan dengan menggunakan *software* MINITAB 14 untuk

forecast demand dan *software* LINGO 8.0 untuk formulasi model.

2.6 Tahap Analisa dan Interpretasi Hasil

Pada tahap ini dilakukan analisa dari hasil pengolahan data yang telah diperoleh dari pengolahan data. Analisa yang dilakukan akan mempertimbangkan keuntungan maupun kerugian dari beberapa hasil percobaan running yang dilakukan.

2.7 Tahap Analisa Sensitivitas

Setelah dilakukan running dan didapatkan output jumlah gudang yang dibuka kemudian dilakukan analisis sensitivitas. Analisis sensitivitas dilakukan untuk menentukan batas kebijakan pembukaan gudang tersebut dapat berlangsung dimana jumlah total demand yang dilayani lebih besar dari total kapasitas seluruh gudang.

2.8 Tahap Pengambilan Kesimpulan

Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan dimana kesimpulan yang diambil harus menjawab tujuan awal dari penelitian Tugas Akhir.

3. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Setelah tahap pendalaman materi atau tinjauan pustaka sebelumnya dilakukan maka selanjutnya, pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data dan pengolahannya.

3.1 Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini berdasarkan data yang diambil oleh peneliti di perusahaan yang dijadikan obyek penelitian.

3.1.1 Data Produk

Data produk ini terdiri dari jenis produk, biaya produksi, dan biaya transportasi.

1) Jenis Produk

Produk perusahaan ini adalah pakan ayam dan pakan non ayam (ikan, burung, itik, babi) yang memiliki beberapa jenis (dibedakan berdasarkan kode) serta memiliki 3 macam bentuk yaitu tepung, crumble dan pellet. Berikut ini pengelompokan produk untuk perhitungan penelitian ini :

Tabel 3.1 Pengelompokan Produk

Produk	Jenis Produk	Kode Produk
A	Ayam Crumble	102 C, 103 C, 105NC, 105MCP/S, N-201C, 201CS, 201C-Hj, 201Csp, Bc-1, 202CP-sp, Bc-2, 214C
B	Ayam Mass	800M, 801M, 801MS, 801MSS, 801MSSS K, 803M
C	Non-ayam Pellet	302P, 918P, 530P
D	Non-ayam Mass	805M dan 810M
E	Non-ayam Crumble	505C dan 918C

2) Biaya Produksi

Berikut ini adalah daftar harga jual produk per kg, per zak (1 zak = 50 kg), dan biaya produksi per zak sebesar 60% dari harga jual per zak :

Tabel 3.2 Biaya Produksi per Zak tiap Produk

Produk	Rata-rata harga jual/Kg (Rp)	Harga Jual/Zak (Rp)	Biaya Produksi/Zak (Rp)
A	3.783	189.125	113.475
B	4.345	217.250	130.350
C	3.940	197.000	118.200
D	4.700	235.000	141.000
E	3.943	197.125	118.275

3) Biaya Transportasi

Biaya transportasi dari pabrik ke masing-masing gudang dapat dilihat pada tabel 3.3. Biaya transport dari pabrik ke gudang 1 (Surabaya) bernilai 0 karena pabrik dan gudang 1 ruangnya bersebelahan (disatu lokasi).

Tabel 3.3 Biaya Transport dari Pabrik ke Gudang

Biaya Transport (Rp/Zak)	Surabaya	Solo	Tulungagung	Balikpapan
Surabaya	0	10.954	4.028	61.457

3.1.2 Data Pabrik

Data pabrik yang digunakan untuk perhitungan adalah sebagai berikut :

1) Biaya Fixed

Biaya ini terdiri dari biaya fixed pabrik dan biaya fixed gudang Surabaya yaitu sejumlah : Rp 4.748. 948.607 per Bulan.

2) Kapasitas pabrik yang dimiliki perusahaan adalah sebesar:

Tabel 3.4 Kapasitas Pabrik per Produk

Produk	Kapasitas Pabrik (Zak)
A	51.736
B	86.259
C	1.224
D	2.593
E	2.188

3.1.3 Data Gudang

Data gudang terdiri dari data lokasi gudang, biaya sewa gudang, biaya *handling* per unit produk, kapasitas gudang, jarak pabrik gudang dan jarak gudang konsumen.

1) Lokasi dan Kapasitas Gudang

Perusahaan saat ini hanya memiliki satu gudang yaitu di Surabaya dengan kapasitas 18.000 zak. Perusahaan berencana untuk membuka gudang baru (sewa) di tiga lokasi lain dengan kapasitas yang telah ditentukan sebagai berikut :

Tabel 3.5 Lokasi Gudang

Gudang	Lokasi	Kapasitas (Zak)	Status	Ket
1	Surabaya	18.000	Ada	Privat
2	Solo	30.000	Rencana	Sewa
3	Tulungagung	40.000	Rencana	Sewa
4	Balikpapan	30.000	Rencana	Sewa

2) Biaya Sewa dan Handling

Dikarenakan gudang Surabaya adalah gudang privat maka biaya *fixed*-nya sudah menjadi satu dengan biaya *fixed* pabrik. Biaya *fixed* untuk gudang sewa sudah termasuk biaya sewa dan *management fee*.

Tabel 3.6 Biaya Sewa Gudang dan Handling (MH) Produk

Gudang	Fixed Cost per Tahun (Rp)	Fixed Cost per Bulan (Rp)	B. MH (Rp/Zak)
Surabaya	-	-	240
Solo	85.000.000	7.083.333	240
Tulungagung	179.460.000	14.955.000	240
Balikpapan	245.000.000	20.416.667	240

3) Jarak Pabrik-Gudang dan Gudang-Pasar

Jarak antara pabrik dengan masing-masing gudang dapat dilihat pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Jarak antara Pabrik dengan Gudang

Gudang Pabrik (Km)	Surabaya	Solo	Tulungagung	Balikpapan
Surabaya	0	285	161	802

3.2 Tahap Pengolahan : *Forecasting Demand*

Setelah didapatkan data *historis* penjualan yaitu penjualan mulai bulan Januari 2007 – Desember 2009 kemudian dilakukan *forecasting* terhadap data tersebut dengan menggunakan 4 metode yaitu *Moving Average*, *Exponential Smoothing*, metode *Holt's*, serta metode *Winter* menggunakan *software* Minitab 14. Agar dalam perhitungan *forecasting* ini dilakukan agregasi

demand berdasarkan jenis produk. Hal ini dilakukan agar hasil *forecasting* semakin mendekati akurat. Setelah data demand historis diolah dengan MINITAB 14 didapatkan metode forecast yang memiliki error terkecil untuk melakukan forecast masing masing produk sebagai berikut :

Tabel 3.8 Hasil Perhitungan Error Terkecil

Produk	Metode Terpilih
A	ES
B	Winter's
C	Winter's
D	ES
E	ES

3.3 Pengolahan Data : Implementasi Distribution Network Design

Dalam tahap implementasi *distribution network design* ini terbagi dalam beberapa langkah diantaranya formulasi model. Formulasi dapat dilihat di sub bab 2.4. Setelah formulasi model dibuat maka kemudian formulasi model tersebut diterjemahkan ke dalam *software* LINGO. Di dalam *software* LINGO, model tersebut diverifikasi untuk mengevaluasi apakah model tersebut dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Apabila model tidak dapat berjalan sebagaimana yang diharapkan maka formulasi model harus diperbaiki, dan langkah selanjutnya adalah formulasi model yang telah diperbaiki diterjemahkan kembali ke dalam LINGO kemudian dilakukan verifikasi lagi hingga model berhasil berjalan sebagaimana yang diharapkan. Setelah model dapat berjalan dilanjutkan untuk *running* model hingga didapatkan hasilnya. Penyelesaian masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah implementasi metode *Mixed Integer Linear Programming* (MILP).

Hasil dari pengolahan formulasi menggunakan LINGO ini adalah diperoleh kebijakan 1 pembukaan gudang yang dapat dilihat pada tabel 3.9 dan biaya operasional pada tabel 3.10.

Tabel 3.9 Gudang yang Dibuka pada Kebijakan 1

Bulan/Tahun	Gudang yang Dibuka			
	Sby	Solo	Tlgagg	Blkppn
Apr-10	1	1	1	0
Mei-10	1	1	1	0
Jun-10	1	1	1	1
Jul-10	1	1	1	1
Agust-10	1	1	1	1
Sep-10	1	1	1	1
Okt-10	1	1	1	1
Nop-10	1	1	1	1
Des-10	1	1	1	1
Jan-11	1	1	1	1
Feb-11	1	1	1	1
Mar-11	1	1	1	1

Tabel 3.10 Biaya Minimum Operasional (Nilai Objective Function)

Bulan/Tahun	Min Z (Rp)	Akumulasi Min Z (Rp)
Apr-10	23.897.070.000	23.897.070.000
Mei-10	23.896.140.000	47.793.210.000
Jun-10	24.027.530.000	71.820.740.000
Jul-10	23.991.580.000	95.812.320.000
Agust-10	23.917.200.000	119.729.520.000
Sep-10	23.901.640.000	143.631.160.000
Okt-10	24.041.330.000	167.672.490.000
Nop-10	24.021.090.000	191.693.580.000
Des-10	23.943.470.000	215.637.050.000
Jan-11	23.839.460.000	239.476.510.000
Feb-11	24.070.580.000	263.547.090.000
Mar-11	24.100.130.000	287.647.220.000

Pada tabel 3.9 diketahui bahwa selama periode perhitungan hanya pada bulan April dan Mei 2010 saja 3 gudang yang harus dibuka, yaitu selain gudang Balikpapan. Apabila gudang yang dibuka harus 4 selama periode perhitungan maka Nilai *objective function* yang didapatkan semakin besar dengan selisih Rp 4.230.000. Dalam perhitungan data ini terdapat selisih antara kapasitas gudang dengan produk yang masuk ke gudang, hal ini mempengaruhi utilitas gudang yang ditampilkan dalam tabel 3.11 dengan perhitungan sebagai berikut :

Misalnya untuk gudang Surabaya pada bulan April 2010, diketahui :

$$\sum_i Q_{ijk} = 18.000$$

Kapasitas gudang Surabaya = 18.000

$$\text{Maka, Utilitas} = 1 - \left[\frac{\text{Kapasitas gudang} - \sum_i Q_{ijk}}{\text{Kapasitas gudang}} \right]$$

$$\text{Utilitas} = 1 - \left[\frac{18.000 - 18.000}{18.000} \right]$$

$$\text{Utilitas} = 1 - 0 = 1$$

Apabila nilai utilitas semakin mendekati angka 1, maka semakin banyak produk yang masuk ke gudang tersebut dengan demikian nilai fungsi gudang akan semakin tinggi. Akan lebih baik jika nilai utilitas gudang sama dengan 1, hal ini menandakan bahwa gudang tersebut berfungsi secara optimal.

Tabel 3.11 Utilitas Gudang Selama Periode Perhitungan

Bulan/Tahun	Surabaya	Solo	Tulungagung	Balikpapan
Apr-10	1,00	0,24	1,00	-
Mei-10	1,00	0,25	1,00	-
Jun-10	1,00	0,22	1,00	0,22
Jul-10	1,00	0,20	1,00	0,21
Agust-10	1,00	0,11	1,00	0,21
Sep-10	1,00	0,13	1,00	0,19
Okt-10	1,00	0,33	1,00	0,20
Nop-10	1,00	0,31	1,00	0,19
Des-10	1,00	0,20	1,00	0,19
Jan-11	1,00	0,23	1,00	0,17
Feb-11	1,00	0,41	1,00	0,20
Mar-11	1,00	0,45	1,00	0,19

Konfigurasi jaringan distribusi gudang dengan pasar untuk pembukaan 3 gudang (bulan April – Mei 10) dapat dilihat pada tabel 3.12. Berbeda halnya untuk pembukaan 4 gudang mulai dari awal hingga akhir periode perhitungan yang dapat dilihat pada tabel 3.13. Konfigurasi ini adalah penentuan klustering pasar yang dilayani oleh masing-masing gudang.

Tabel 3.12 Konfigurasi Jaringan Distribusi Gudang-Pasar untuk Pembukaan 3 Gudang

Konfigurasi	Surabaya	Malang	Mojokerto	Bojonegoro	Kediri	Blitar	Tulungagung	Magetan	Ponorogo	Probolinggo	Jember	Bali	NTB	Boyolali
Surabaya														
Solo														
Tulungagung														
Balikpapan														

Tabel 3.12 (Lanjutan)

Konfigurasi	Sukoharjo	Yogyakarta	Klaten	Solo	Semarang	Kendal	Tegal	Purwokerto	Magelang	Purwodadi	Samarinda	Banjarmasin	Ambon	Sulawesi
Surabaya														
Solo														
Tulungagung														
Balikpapan														

Tabel 3.13 Konfigurasi Jaringan Distribusi Gudang-Pasar untuk Pembukaan 4 Gudang

Konfigurasi	Surabaya	Malang	Mojokerto	Bojonegoro	Kediri	Blitar	Tulungagung	Magetan	Ponorogo	Probolinggo	Jember	Bali	NTB	Boyolali
Surabaya														
Solo														
Tulungagung														
Balikpapan														

Tabel 3.13 (Lanjutan)

Konfigurasi	Sukoharjo	Yogyakarta	Klaten	Solo	Semarang	Kendal	Tegal	Purwokerto	Magelang	Purwodadi	Samarinda	Banjarmasin	Ambon	Sulawesi
Surabaya														
Solo														
Tulungagung														
Balikpapan														

4. Analisa dan Intepretasi Hasil

4.1 Analisa Hasil Implementasi Distribution Network Design

Dari hasil pengolahan formulasi metode MILP dengan menggunakan software LINGO, diperoleh optimasi jumlah gudang yang dibuka selama periode perhitungan (April 2010 – Maret 2011) dengan biaya yang paling minimum. Dalam hasil LINGO yang optimum ini jumlah gudang yang dibuka untuk bulan April – Mei 2010 adalah 3 gudang yang terletak di Surabaya, Solo, dan Tulungagung. Kemudian untuk bulan selanjutnya, Juni 2010 – Maret 2011, gudang yang dibuka ada 4 yaitu gudang Surabaya, Solo, Tulungagung, dan Balikpapan dengan biaya operasional total selama 1 tahun (periode perhitungan) tersebut sebesar Rp 287.647.220.000,;. Sedangkan apabila keempat gudang tersebut dibuka mulai periode awal perhitungan (1 tahun penuh) maka biaya total

operasionalnya akan mengalami kenaikan sebesar Rp 4.230.000.

Dari output LINGO mengenai jumlah produk yang dikirimkan dari pabrik ke masing-masing gudang selama periode perhitungan ternyata yang jumlahnya jauh lebih sedikit dibandingkan dengan kapasitas gudang yang dituju. Seperti tertulis pada tabel 3.11, gudang yang memiliki utilitas sama dengan 1 adalah gudang Surabaya dan Tulungagung. Sedangkan yang memiliki nilai utilitas paling rendah adalah gudang Balikpapan, dan gudang Solo memiliki utilitas sedikit lebih tinggi daripada gudang Balikpapan. Dengan harga sewa gudang yang nilainya tidak sedikit, mungkin lebih baik untuk menyewa gudang dengan kapasitas yang lebih kecil dan harga yang lebih murah agar biaya operasional dapat ditekan.

Apabila perusahaan mengambil kebijakan pertama, yaitu pembukaan 3 gudang pada 2 bulan pertama dan 4 gudang pada 10 bulan berikutnya, keuntungannya adalah biaya operasional lebih kecil dan utilitas gudang akan tinggi. Sedangkan kerugiannya adalah proses administrasi perusahaan untuk mengurus pembukaan gudang akan lebih panjang dan rumit. Namun, apabila perusahaan memilih kebijakan kedua, yaitu pembukaan 4 gudang mulai periode awal perhitungan, maka kerugiannya biaya akan lebih mahal daripada kebijakan pertama dan utilitas gudang akan rendah. Sedangkan keuntungannya adalah proses administrasi perusahaan untuk mengurus pembukaan gudang akan lebih ringkas dan mudah.

Konfigurasi jaringan distribusi dari gudang ke pasar untuk pembukaan 3 gudang seperti terlihat pada tabel 3.12 menunjukkan bahwa gudang Solo dan Tulungagung bersama-sama melayani pasar Semarang dan Purwodadi. Hal ini terjadi karena dalam penentuan konfigurasi ini mempertimbangkan biaya transportasi dan kapasitas gudang. Pada kasus ini, kapasitas gudang Tulungagung sudah penuh sedangkan pasar yang terdekat dengan gudang ini, yaitu Semarang dan Purwodadi, masih memiliki *demand* yang belum semua terpenuhi. Sehingga perusahaan memilih gudang terdekat kedua yang masih memiliki sisa kapasitas untuk melayani *demand* pasar Semarang dan Purwodadi yang belum terpenuhi.

Konfigurasi jaringan distribusi dari gudang ke pasar untuk pembukaan 4 gudang seperti terlihat pada tabel 3.13 menunjukkan bahwa

gudang Surabaya dan Tulungagung bersama-sama melayani *demand* pasar Surabaya. Begitu juga yang terjadi pada gudang Solo dan Tulungagung yang bersama-sama melayani pasar Boyolali, Sukoharjo, Yogya, Klaten, Semarang, Magelang, dan Purwodadi. Sama dengan kasus sebelumnya pada pembukaan 3 gudang bahwa dalam penentuan konfigurasi ini mempertimbangkan biaya transportasi dan kapasitas gudang. Sehingga perusahaan memilih gudang terdekat kedua yang kapasitasnya masih tersedia untuk melayani *demand* pasar yang belum sepenuhnya terlayani oleh gudang terdekat pertama agar biaya operasional yang dikeluarkan minimal.

4.2 Analisis Sensitivitas

Setelah dilakukan running dan didapatkan jumlah gudang yang dibuka kemudian dilakukan analisa sensitivitas. Analisa sensitivitas dilakukan untuk menentukan batas kebijakan pembukaan gudang tersebut dapat berlangsung. Berdasarkan hasil *forecast demand* masing-masing produk selama 12 bulan (periode perhitungan) dilakukan penjumlahan total jumlah *demand* untuk semua produk mulai periode ke-1 hingga ke-12. Setelah itu dilakukan perhitungan regresi untuk mengetahui pada periode ke berapa nilai kapasitas gudang terlampaui. Perhitungan regresi didapatkan sebagai berikut:

$$Y_t = A + Bt \dots \dots \dots (7)$$

dengan,

$$B = \frac{n \sum_{i=1}^n t_i Y_i - \sum_{i=1}^n t_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n t_i^2 - (\sum_{i=1}^n t_i)^2} \dots \dots \dots (8)$$

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i - B \sum_{i=1}^n t_i}{n} \dots \dots \dots (9)$$

Diketahui :

$$n = 12$$

$$\sum_{i=1}^n t_i Y_i = 5.551.856,538$$

$$\sum_{i=1}^n t_i = 78$$

$$\sum_{i=1}^n Y_i = 839.030,642$$

$$\sum_{i=1}^n t_i^2 = 650$$

Maka,

$$B = \frac{n \sum_{i=1}^n t_i Y_i - \sum_{i=1}^n t_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n t_i^2 - (\sum_{i=1}^n t_i)^2} \dots \dots \dots (8)$$

$$B = \frac{(12 \times 5.551.856,538) - (78 \times 839.030,642)}{(12 \times 650) - (78)^2}$$

$$B = 686,415$$

$$A = \frac{839.030,642 - 686,415 \times 78}{12} \dots\dots\dots(9)$$

$$A = 65.457,52$$

Sehingga,

$$Y_t = A + Bt \dots\dots\dots(7)$$

$$Y_t = 65.457,52 + 686,415t \dots\dots\dots(7), (8), \text{ dan } (9),$$

Untuk mengetahui batas kelangsungan kebijakan 4 gudang ini adalah sebagai berikut :

$$Y_t \geq 118.000 \quad ==> \quad Y_t = 65.457,52 + 686,415t$$

$$118.000 \leq 65.457,52 + 686,415t$$

$$118.000 - 65.457,52 \leq 686,415t$$

$$\frac{118.000 - 65.457,52}{686,415} \leq t$$

$$76,55 \leq t$$

$$76 \leq t$$

Setelah melakukan analisa sensitivitas diatas diperoleh nilai $t = 76$ (bulan) untuk $Y_t \geq 118.000$. Sehingga kebijakan ini akan mampu bertahan hingga periode maksimal 76 bulan terhitung mulai bulan April 2010, sehingga batas akhir kebijakan ini adalah bulan Juli 2016. Untuk membuktikan apakah pada periode ini total *demand* lebih besar atau sama dengan kapasitas total gudang maka dapat dilakukan perhitungan *forecast* dengan memasukkan periode *forecast* sebanyak $n = 76 - 12 = 64$ yang terhitung mulai bulan April 11.

5. Kesimpulan

Dari pengolahan data dan analisis hasil yang dilakukan, maka dapat ditarik beberapa simpulan seperti yang tersaji dibawah ini :

1. Untuk mendapatkan total biaya operasional dalam satu tahun yang paling minimal maka hanya 3 gudang, yaitu Surabaya, Solo, dan Tulungagung, yang dibuka pada bulan April – Mei 2010 dan kemudian untuk bulan Juni 2010 – Maret 2011 ketiga gudang tadi tetap dibuka ditambah dengan pembukaan satu gudang lagi yaitu gudang Balikpapan.
2. Total biaya minimum operasional dalam satu tahun dengan pembukaan gudang seperti dalam poin 1 di atas sebesar Rp 287.647.220.000.
3. Namun, apabila keempat gudang dibuka mulai dari awal periode perhitungan April 2010 – Maret 2011 maka akan ada kenaikan biaya sebesar Rp 4.230.000 dari biaya optimum sebelumnya.

4. Kebijakan mengenai pembukaan keempat gudang tersebut dapat terus dilakukan hingga bulan Juli 2016 dimana demand diperkirakan naik hingga sebesar total kapasitas seluruh gudang.
5. Dengan melihat hasil implementasi MILP yaitu jumlah produk yang dikirimkan dari pabrik ke masing-masing gudang maka diketahui gudang yang memiliki berfungsi optimal atau memiliki utilitas tinggi adalah gudang Surabaya dan Tulungagung dengan nilai utilitas 1, sedangkan yang utilitasnya paling rendah adalah gudang Balikpapan dengan nilai utilitas berkisar antara 0,19 – 0,21.

6. Daftar Pustaka

- Anekarumah. 2008. *DISEWAKAN: GUDANG DI BALIKPAPAN*. <URL:<http://www.anekarumah.com/disewakan-gudang-di-balikpapan.html>>.
- Bambang51, Koko. 2008. Daftar Jarak antar Kota. <URL:<http://www.scribd.com/doc/6483655/Daftar-Jarak-Antar-Kota>>.
- Chopra S. dan Meindel P. 2004. *Supply chain Management : Strategi, Planning, and Operation*. New Jersey : Prentice Hall International, Inc.
- Ghiani, gianpaolo. 2004. *Introduction to Logistic Systems Planning and Control*. England : John Wiley & Sons, Ltd.
- Globefeed. 2009. *Distance Calculator Indonesia*. <URL:http://distancecalculator.globefeed.com/Indonesia_Distance_Calculator.asp>.
- Inforumah. 2009. *BU DISEWAKAN GUDANG KANTOR*. <URL:<http://inforumah.net/bu-disewakan-gudang-kantor.html>>.
- LINGO Systems. 2006. *Optimization Modeling with LINGO Sixth Edition*. Chicago : LINGO Systems, Inc.
- Pujawan, I Nyoman. 2005. *Supply chain Management*. Surabaya : Guna Widya.
- Ramadan. 2006. *Berapa Jarak antar Kota di Indonesia?*. <URL:<http://ramadan.blogspot.com/2006/12/berapa-jarak-antar-kota-di-indonesia.html>>.
- Rider, Thunder. 2009. *DAFTAR JARAK ANTAR KOTA DI JAWA UNTUK JALAN DARAT*

UMUM KENDARAAN BERMOTOR.
<URL:<http://www.suzuki-thunder.net/koster-touring-and-rolling-management-tips-and-tricks-f69/info-jarak-darat-jalan-umum-ranmor-antarkota-di-jawa-peta-jalan-t8257.htm>>.

Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., dan Simchi-Levi, E. 2000. *Designing and Managing the Supply Chain : Concept, Strategies and Case Studies*. McGraw-Hill Companies Inc.

Tersine, Richard J. 1994. *Principles of Inventory and Materials Management, Fourth Edition*. New Jersey : Prentice-Hall, Inc.

Tsiakis, P., Papageorgiou, Lazaros G. 2008. *Optimal Production Allocation and Distribution Supply Chain Networks*. International Journal of Production Economics 111, 468-483.

Widad, Faizatul. 2010. *Rancangan Konfigurasi Jaringan Logistik dengan Pendekatan Sistem Tertutup (Studi Kasus : Distribusi LPG 3 Kg di Kab./Kota Malang dan Kota Batu)*. Surabaya : Jurusan Teknik Industri-ITS.

Wikipedia®. 2010. *Linier Programming*. Wikimedia Foundation, Inc.
<URL:http://en.wikipedia.org/wiki/Linear_programming>.