

Penentuan Lokasi Gudang Penyangga Regional PT. “X” Wilayah Jawa Timur

Septiandre^{1*}, Nurhadi Siswanto²

¹Magister Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

²Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

E-mail:

¹Septiandre93@gmail.com, ²siswanto@ie.its.ac.id

ABSTRAK

PT. “X” merupakan perusahaan pupuk terlengkap di Asia tenggara. Untuk memperlancar sarana pendistribusian pupuk dari pabrik ke petani, PT. “X” telah membangun jaringan pemasaran yang kuat. Untuk mencapai tingkat efisiensi yang tinggi, diperlukan sistem distribusi yang baik. Gudang penyangga merupakan salah satu cara untuk menekan biaya transportasi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan letak gudang penyangga dan kapasitas dari masing-masing gudang penyangga tersebut di Jawa Timur serta memberikan rekomendasi untuk menekan biaya yang dikeluarkan oleh Perusahaan dengan menggunakan metode *P-Median*. Hasil yang didapat adalah biaya optimum dari model matematis pada penelitian ini sebesar Rp 216.046.540.140,- selama satu tahun dengan total suplai sebesar 3.565.398 ton yang diperoleh dari 24 gudang penyangga. Sehingga biaya distribusinya menjadi Rp 61.000/ton. Jika dibandingkan dengan biaya distribusi saat ini, terjadi penurunan sebesar 67% untuk tiap ton nya.

Kata Kunci: Distribusi, Pupuk, Gudang Penyangga, *P-Median*

ABSTRACT

PT. “X” is the most complete fertilize company in the South East Asia. To facilitate a means of distributing fertilizer to farmers from the factory, PT “X” has built a strong marketing network. To achieve a high efficiency level, it needs a good distribution system so that transportation costs can be minimized. Buffer warehouse is one of the ways to reduce transportation costs. Using mathematical modeling method which is P-Median, this research can be expected to provide input towards the number and location of buffer warehouses in the East Java. The result for this mathematic model is optimum price at Rp 216.046.540.140,- for one year with the total supply 3.565.398 tons which located in 24 buffer warehouse. And the distribution cost become Rp 61.000 per ton. If we compare with the current distribution cost, it decrease 67% for each ton.

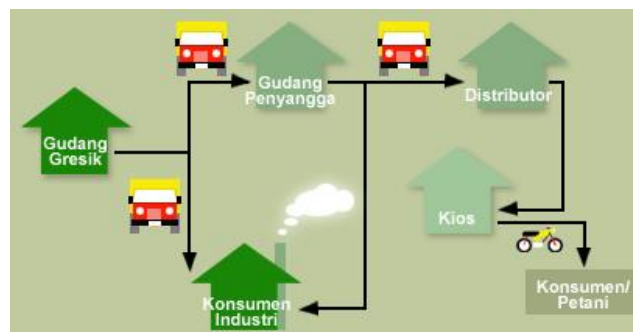
Keywords: Distribution, Fertilizer, Buffer Warehouse, P-Median

PENDAHULUAN

Sebagai negara agraris, tidak dapat dipungkiri bahwa sektor pertanian merupakan sektor strategis yang memainkan peran penting bagi perekonomian Indonesia. Oleh karena itu perlu adanya peningkatan pembangunan dan kualitas agar tercipta ketahanan pangan di negara ini. Tidak dapat dipungkiri bahwa setiap hari manusia membutuhkan makanan untuk hidup. Bahan makanan yang utama berasal dari tumbuh-tumbuhan yang dapat tumbuh subur di media tanam yang baik. Untuk mencapai jumlah produksi yang diinginkan, dibutuhkan bahan tambahan seperti pupuk untuk meningkatkan jumlah produksi tersebut. Pupuk merupakan material yang ditambahkan pada media tanam atau tanaman untuk mencukupi kebutuhan hara yang diperlukan tanaman dan menjadikan tanaman mampu berproduksi dengan baik.

PT. "Y" yang merupakan induk perusahaan dari PT. "X" merupakan produsen pupuk terbesar di Asia dengan total aset pada tahun 2014 sebesar Rp. 75,9 triliun dan total kapasitas produksi pupuk mencapai 12,6 juta ton per-tahun. Dalam mengemban tugas bagi ketahanan pangan nasional, PT. "Y" dan 10 (sepuluh) anak perusahaannya Merupakan produsen pupuk terbesar di Asia yang terdiri dari pupuk Urea, NPK, ZK, ZA, dan SP-36 dengan yang tersebar di pulau Jawa, Sumatera dan Kalimantan. PT. "X" Didirikan pada tahun 1972. Dengan kapasitas Produksi pupuk dan non pupuk mencapai 6.177.600 ton/tahun, PT. "X" menjadi perusahaan pupuk terlengkap di Indonesia. Produk yang dihasilkan saat ini dibagi menjadi produk pupuk dan non pupuk. Untuk produk pupuk meliputi pupuk Urea, Fosfat, ZA, NPK, Phonska, ZK dan Petroganik. Sedangkan untuk produk non pupuk meliputi Amonia, Asam Fosfat, Asam Sulfat, Cement Retarder dan Aluminium Florida.

Untuk memperlancar sarana pendistribusian pupuk ke petani, PT. "X" telah membangun jaringan pemasaran yang kuat. Didukung oleh ratusan *sales supervisor* yang berpengalaman, dan juga dilengkapi dengan armada darat, laut, gudang penyangga yang tersebar di seluruh Indonesia dan *distribution centre* yang terletak di lokasi strategis yang dapat memenuhi kebutuhan petani di Indonesia. Berikut merupakan contoh alur distribusi produk dari pabrik hingga ke konsumen akhir yaitu petani melalui gudang penyangga.



Gambar 1 Alur Distribusi Pupuk melalui Gudang Penyangga

Dewasa ini, bahan baku pembuatan pupuk menjadi semakin mahal. Oleh karena itu produk akhirnya juga cukup mahal. Agar tidak kalah bersaing dengan pupuk import yang memiliki bahan baku lebih murah, PT. "X" melakukan program CRP (*Cost Reduction Program*). Yaitu program untuk mengurangi biaya pada semua lini. Salah satunya adalah dengan mengefisienkan biaya untuk jaringan distribusinya. Untuk mencapai tingkat efisiensi yang tinggi, diperlukan sistem distribusi yang baik agar biaya

transportasi yang dikeluarkan tidak terlalu tinggi. Karena biaya transportasi merupakan biaya yang cukup banyak berpengaruh pada harga produk dan perolehan laba dari perusahaan. Gudang penyangga merupakan salah satu cara untuk menekan biaya transportasi. Untuk menentukan letak gudang tersebut, perlu dilakukan pengkajian terhadap penjualan produk pada daerah tertentu untuk mengetahui daerah-daerah yang memiliki potensi pemasaran yang cukup tinggi. Saat ini terdapat 56 gudang penyangga yang tersebar di wilayah Jawa Timur. Gudang penyangga tersebut akan meng-cover konsumen yang terletak di wilayahnya masing-masing. Untuk memperoleh biaya yang optimal, gudang penyangga tersebut harus ditempatkan di tempat yang dapat meng-cover demand yang berada disekitarnya. Pengoptimalan gudang penyangga tersebut dapat berupa pengurangan gudang penyangga yang telah ada ataupun dengan penambahan jumlah dari gudang penyangga yang telah ada.

Berdasarkan penjelasan diatas, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan letak dan jumlah gudang penyangga dan kapasitas dari masing-masing gudang penyangga tersebut.
2. Memberikan rekomendasi untuk menekan biaya yang dikeluarkan.

Sedangkan untuk batasan masalah dan asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Penelitian ini hanya dibatasi untuk distribusi pupuk jenis ZA dan NPK/ Phonska dari PT. "X" pada wilayah distribusi di Propinsi Jawa Timur
- b. Obyek penelitian merupakan pupuk yang didistribusikan dengan menggunakan angkutan jalur darat/ *truck*
- c. Data yang digunakan merupakan asumsi kebutuhan pupuk ZA dan NPK/ Phonska untuk waktu 5 tahun yang akan datang.
- d. Seluruh gudang penyangga statusnya adalah sewa (Kecuali Gresik)
- e. Selama tahun tersebut tidak ada perubahan tarif.
- f. Kapasitas gudang penyangga pada tahun tersebut tidak ada perubahan.

KAJIAN PUSTAKA

Manajemen Distribusi

Distribusi adalah proses perencanaan, implementasi dan pengendalian aliran dan penyimpanan bahan baku, barang setengah jadi dan produk hasil akhir secara efektif dan efisien serta informasi yang menghubungkan kesiapan suplai dengan kebutuhan pelanggan.

Biaya distribusi terkait beberapa faktor antara lain: biaya persediaan yaitu biaya untuk mengurangi ketimpangan antara permintaan dan persediaan dengan masih adanya simpanan produk yang diinginkan ketika ada pelanggan. Biaya persediaan ini dapat dikurangi dengan konsolidasi dan membatasi jumlah fasilitas yang ada dalam jaringan tersebut. Beberapa biaya tersebut diantaranya adalah:

- a. Biaya transportasi yang didefinisikan sebagai biaya yang dikeluarkan dalam mengangkut bahan ke dalam pabrik serta biaya pengiriman produk ke luar pabrik.
- b. Fasilitas dan penanganan biaya didefinisikan sebagai biaya untuk memiliki dan mengoperasikan lokasi fisik pada jaringan rantai pasok. biaya fasilitas akan menurun ketika jumlah fasilitas berkurang dan meningkatkan ketika pemasukan yang besar berubah menjadi sangat kecil.
- c. Biaya informasi atau biaya untuk memiliki data dan analisis mengenai besar kecilnya biaya lain. Informasi ini memberikan kesempatan untuk merancang rantai pasok lebih responsif dan lebih efisien. Kombinasi dari semua faktor ini dapat dihasilkan

dalam enam struktur jaringan distribusi generik.

1. *Retail storage with customer pickup*
2. *Manufacturer storage with direct shipping*
3. *Manufacturer storage with in-transit merge*
4. *Distributor storage with package carrier delivery*
5. *Distributor storage with list mile delivery*
6. *Manufacturer storage with pickup* (Otto et. al., 2009)

Lokasi Gudang

Dalam suatu aliran logistik, tentu terdapat banyak aktivitas yang mendukung sehingga misi logistik yaitu *right place*, *right goods*, dan *right time*. Aktivitas yang berperan tersebut berkaitan satu sama lain dan tidak dapat dipisahkan. Gudang merupakan salah satu elemen penting yang menunjang aktivitas logistik tersebut. Gudang tersebut biasanya digunakan untuk menyimpan persediaan produk. Bagi perusahaan, hal ini berguna untuk menyimpan produk yang belum sampai ke tangan konsumen. Sedangkan bagi konsumen, gudang tersebut berfungsi untuk mempercepat sampainya produk ke tangan mereka. Karena dengan adanya gudang tersebut, produk yang awalnya harus menunggu proses pengerjaan terlebih dahulu, akan lebih cepat tersalurkan jika barang tersebut sudah *ready* di dalam gudang.

Menurut (Berg, 1999), terdapat tiga tipe dari *warehouse/* gudang:

- a. Gudang Distribusi
- b. Gudang Produksi
- c. Kontrak gudang

Pemilihan lokasi gudang penyimpanan yang baik disesuaikan dengan kriteria-kriteria yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Beberapa perusahaan memiliki kriteria tersendiri dalam pemilihan gudang tersebut. Biasanya, kriteria yang ditetapkan oleh perusahaan harus sesuai dengan visi dan misi perusahaan tersebut. Dalam menentukan lokasi suatu gudang, sebaiknya sebuah perusahaan harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya yaitu:

1. Biaya Transportasi
2. *Demand*
3. Jaringan Distribusi Produk
4. Prasarana
5. Ekspansi
6. Sarana Penunjang
7. Letak Geografis
8. Iklim

Sedangkan berdasarkan jumlahnya, fasilitas yang akan dibangun dikelompokkan menjadi dua (Ballou, 2004), yaitu:

a. *Single facility location*

Model ini lebih dikenal dengan model *P-Median*. Penyelesaian model ini lebih bersifat matematis daripada bersifat konseptual. Mulai dari model yang digunakan untuk penentuan lokasi dari *single plant*, terminal, *warehouse* dan atau *retail*.

b. *Multiple facility location*

Permasalahan dari model ini sebenarnya merupakan permasalahan yang umum dihadapi oleh semua perusahaan kecuali perusahaan kecil. Karena perusahaan tersebut akan memiliki dua atau lebih fasilitas untuk sistem logistiknya.

Permasalahan lokasi yang lebih kompleks dan lebih realistis memang akan terjadi jika perusahaan tersebut menempatkan fasilitasnya sekaligus di dua tempat atau lebih.

Metode P-Median

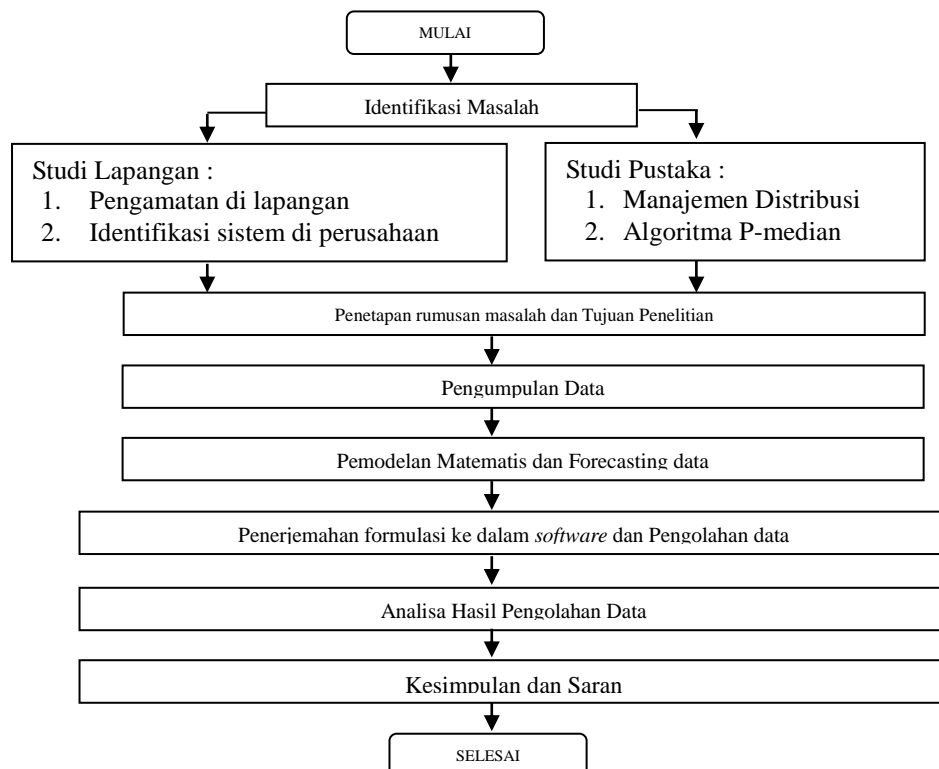
Dalam teori lokasi yang dikemukakan oleh Osman dkk. (Alp *et. al.*, 2003), terdapat tiga pembagian masalah berdasarkan fungsi obyektif dari penentuan lokasi fasilitas. Yaitu *covering*, *center* dan *median*. permasalahan *P-Median* merupakan salah satu yang dikaji secara luas. Terdapat pembagian *node-node*, dimana setiap *node* mempunyai peluang yang sama untuk menjadi median (*center klaster*). Permasalahan yang terdapat pada *P-Median* sering terjadi pada berbagai konteks pada kehidupan sehari-hari. Diantaranya desain jaringan, telekomunikasi dan penempatan fasilitas di berbagai industri dan sistem distribusi.

Permasalahan *P-Median* merupakan permasalahan lokasi dimana tujuan utama dari permasalahan ini adalah untuk menempatkan fasilitas P (*median*) yang terdekat pada sekumpulan konsumen (*node*) disekitarnya sehingga memiliki jarak terpendek antara fasilitas dan komunikasinya. Pada permasalahan *P-Median* tersebut setidaknya memiliki satu solusi optimal untuk ditempatkan ke dalam jaringan.

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dilakukan pertama kali adalah identifikasi masalah pada perusahaan yang akan diselesaikan. Terdapat dua identifikasi masalah yang dilakukan. Yaitu studi lapangan dan studi pustaka. Keduanya dilakukan untuk mengetahui masalah yang ada agar dapat menentukan metode yang paling tepat untuk digunakan dalam penelitian ini. Selanjutnya adalah penetapan rumusan masalah dan tujuan penelitian pada penelitian ini. Setelah itu dilakukan pengumpulan data yang dilakukan pada PT. "X". Selanjutnya adalah membuat pemodelan matematis untuk permasalahan pada penelitian ini. Setelah mendapatkan pemodelan matematis, dilakukan penerjemahan formulasi ke dalam *software* yang akan digunakan dan didapatkan hasil pada penelitian ini. Dari pengolahan data tersebut selanjutnya dilakukan analisa data dan pembahasan. Dan didapatkan kesimpulan dari penelitian ini. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Alur Metodologi Penelitian



HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari hasil kajian pustaka yang telah dilakukan, didapatkan metode yang paling tepat untuk digunakan pada penelitian ini dan juga data apa saja yang dibutuhkan pada penelitian ini. Metode yang digunakan adalah metode *P-Median*. Metode ini dinilai paling tepat karena fungsi objektif dari metode ini adalah meminimalkan jumlah jarak yang ditempuh dari suatu tempat ke berbagai fasilitas yang dilayani sesuai dengan kapasitasnya. Perhitungan dilakukan dengan melakukan formulasi dari fungsi objektif dari permasalahan ini. Setelah dilakukan formulasi ke dalam model matematis maka selanjutnya adalah menerjemahkan formulasi tersebut ke dalam *software* dan *running data*.

Pengolahan Data

Pada penelitian kali ini, *software* yang digunakan adalah LINGO. Penginputan data dilakukan setelah pengumpulan data selesai. Pada data demand produk yang akan digunakan, terlebih dahulu dilakukan *forecasting* data. Hal ini bertujuan agar hasil yang didapatkan dapat digunakan sebagai pertimbangan perusahaan dalam beberapa tahun ke depan. Adapun data yang dibutuhkan pada penelitian ini antara lain adalah:

1. Jarak tiap gudang penyangga di Jawa Timur
2. *Demand* produk ZA dan NPK/ Phonska per Kabupaten di Jawa Timur dalam dua tahun terakhir
3. Biaya transportasi tiap gudang penyangga di Jawa Timur
4. Biaya operasional tiap gudang penyangga di Jawa Timur.
5. Biaya *inventory* tiap gudang penyangga di Jawa Timur.

Pemodelan Matematis menggunakan Metode *P-Median*

Model matematis tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut:

Minimize Z: Biaya transportasi dari pabrik ke gudang + Biaya transportasi dari gudang ke kota tujuan + Biaya sewa gudang + Biaya operasional gudang + Biaya *inventory* gudang.

Dan formulasi *P-Median* yang digunakan untuk lokasi gudang penyangga tersebut adalah:

Formulasi *P-Median* tersebut menggunakan notasi sebagai berikut:

Input:

- Notasi: i : Sumber produk
 j : *Node* perantara
 k : Penyalur yang mempunyai lokasi dan *demand*
 t : Waktu (bulan)
 n : Jenis produk

Parameter:

- G_{it} : Kapasitas produksi pabrik (*node i*) pada waktu t
 h_{kn} : *Demand* pada *node k* padapada waktu t untuk produk n
 D_{ij} : Jarak antara pabrik i dengan gudang j
 D_{jk} : Jarak antara gudang j dan *demand node k*
 C_{ij} : Biaya transportasi (per km per ton) dari pabrik i ke gudang j
 C_{jk} : Biaya transportasi (per km per ton) dari gudang j ke *demand node k*
 F_j : Biaya operasional pada gudang j
 X_j : Kapasitas pada gudang j

Variabel:

- X_{ijt} : (1,2,3....n), banyaknya pupuk yang dikirim dari pabrik i ke gudang j pada waktu t
 0, jika tidak ada pengiriman
- Y_{jkt} : (1,2,3....n), Jika kapasitas dari kota j dapat dikirim ke *demand node* k pada waktu t
 0, jika tidak
- S_j : 1, jika gudang j dibuka pada lokasi tersebut
 0, jika tidak
- V_{jkt} : *Inventory* pada gudang penyangga j untuk kota k pada waktu t

Formulasi dari *P-Median problem* adalah:

$$\text{Min } Z : \sum_i \sum_j \sum_t \sum_n D_{ij} C_{ijn} X_{ijtn} + \sum_j \sum_k \sum_t \sum_n D_{jk} C_{jkn} Y_{jktn} + \sum_j F_j X_{jt} + \sum_j \sum_t \sum_n V_{jtn} \dots\dots (1)$$

$$\text{Min } Z = \sum_j \sum_t [(\sum_i \sum_n D_{ij} C_{ijn} X_{ijtn}) + \sum_k \sum_n (D_{jk} C_{jkn} Y_{jktn}) + F_j X_{jt} + V_{jtn}] \dots\dots\dots(2)$$

Fungsi Pembatas:

- $\sum_j X_{ijtn} \leq G_{it}$ $\forall i, t \dots\dots\dots (3)$
- $\sum_i X_{ijtn} \leq X_{jt} \cdot S_{(j)}$ $\forall j, t \dots\dots\dots (4)$
- $\sum_i X_{ijtn} = \sum_k Y_{jktn}$ $\forall j, t \dots\dots\dots (5)$
- $\sum_j Y_{jktn} \geq h_{ktn}$ $\forall k, t, n \dots\dots\dots (6)$
- $I_0 + \sum_i X_{ijtn} \geq \sum_k Y_{jktn} + V_{jtn} \cdot S_{(j)}$ $\forall j, t, n \dots\dots\dots (7)$
- $X_{ijtn} = \text{integer}$ $\forall i, j, t \dots\dots\dots (8)$
- $Y_{jktn} = \text{integer}$ $\forall j, k, t \dots\dots\dots (9)$
- $S_j = 0, 1$ $\forall j \dots\dots\dots (10)$

Keterangan:

1. $\text{Min } Z : \sum_i \sum_j \sum_t \sum_n D_{ij} C_{ijn} X_{ijtn} + \sum_j \sum_k \sum_t \sum_n D_{jk} C_{jkn} Y_{jktn} + \sum_j F_j X_{jt} + \sum_j \sum_t \sum_n V_{jtn}$
 Minimasi nilai Z , dimana untuk semua pabrik i , gudang j pada waktu t dan produk n , jarak dari pabrik i ke gudang j (km) dikalikan dengan biaya pengiriman produk n dari pabrik i ke gudang j (Rp/ km/ ton) dan dikalikan dengan banyaknya produk n yang dikirim dari pabrik i ke gudang j (ton) ditambah dengan untuk semua gudang j , kota k pada waktu t dan produk n , jarak dari gudang j ke kota k (km) dikalikan dengan biaya pengiriman produk n dari gudang j ke kota k (Rp/ km/ ton) dan dikalikan dengan banyaknya produk n yang dikirim dari gudang j ke kota k (ton) ditambah dengan biaya operasional untuk setiap gudang j yang dibuka ditambah dengan biaya inventory untuk setiap gudang j yang dibuka pada waktu t dan produk n (ton).
2. $\text{Min } Z = \sum_j \sum_t [(\sum_i \sum_n D_{ij} C_{ijn} X_{ijtn}) + \sum_k \sum_n (D_{jk} C_{jkn} Y_{jktn}) + F_j X_{jt} + V_{jtn}]$
 Bentuk penyederhanaan dari persamaan 1
3. $\sum_j X_{ijtn} \leq G_{it} : \forall i, t$
 Banyaknya produk n yang dikirim ke tiap gudang j dari pabrik i pada waktu t tidak boleh melebihi kapasitas produksi pabrik i pada waktu t
4. $\sum_i X_{ijtn} \leq X_{jt} \cdot S_{(j)} : \forall j, t$
 Banyaknya produk n yang dikirim ke tiap gudang j dari pabrik i pada waktu t tidak boleh melebihi kapasitas gudang j jika gudang j didirikan pada lokasi tersebut.
5. $\sum_i X_{ijtn} = \sum_k Y_{jktn} : \forall j, t$
 Fungsi keseimbangan pada gudang j dimana banyaknya produk n yang dikirim ke

tiap gudang j dari pabrik i pada waktu t harus sama dengan banyaknya produk yang dikirim dari gudang j ke kota k pada waktu t .

6. $\sum_j Y_{jkt} \geq h_{kt} \cdot \forall k, t, n$

Demand pada kota k pada waktu t tidak boleh melebihi banyaknya jumlah produk n yang dikirim dari gudang j pada waktu t .

7. $I_0 + \sum_i X_{ijt} \geq \sum_k Y_{jkt} + V_{jt} \cdot S(j) : \forall j, t, n$

Banyaknya produk n yang dikirim ke tiap gudang j dari pabrik i pada waktu t ditambah dengan *inventory* awal harus lebih besar dari banyaknya produk n yang dikirim dari gudang j ke kota k pada waktu t ditambah dengan *inventory* yang ada di gudang j pada waktu t jika gudang j dibuka pada lokasi tersebut.

8. $X_{ijt} = \text{integer}$

Adalah apabila ada pengiriman sama dengan 1 dan apabila tidak ada pengiriman sama dengan 0

9. $Y_{jkt} = \text{integer}$

Adalah apabila ada pengiriman sama dengan 1 dan apabila tidak ada pengiriman sama dengan 0

10. $S_j = \text{integer}$

Adalah gudang j sama dengan 0 apabila ditutup dan gudang j sama dengan 1 apabila dibuka

Analisa Hasil Pengolahan Data

Saat ini terdapat 56 gudang penyangga dan 172 distributor yang tersebar di wilayah Jawa Timur. Setelah dilakukan pengolahan data, didapatkan gudang penyangga yang optimal sebanyak 24 lokasi. Total biaya yang dikeluarkan sebesar Rp. 216.046.540.140,- (dua ratus enam belas milyar empat puluh enam juta lima ratus empat puluh ribu seratus empat puluh Rupiah) selama satu tahun dengan total suplai sebesar 3.565.398 ton. Sehingga biaya distribusinya menjadi Rp. 61.000/ton. Sedangkan biaya distribusi sebelumnya mencapai Rp. 183.000/ton. sehingga jika dibandingkan dengan biaya distribusi saat ini, terjadi penurunan sebesar 67 % untuk tiap ton nya.

Dari model matematis yang telah dibuat, juga dilakukan analisa sensitivitas terhadap model matematis tersebut dengan mengubah satu atau lebih parameter yang terdapat pada model matematis tersebut. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui keandalan model matematis yang telah dibuat terhadap perubahan yang terjadi pada pembatasnya. Parameter yang dipilih merupakan beberapa kriteria yang menentukan pemilihan gudang pada suatu perusahaan. Seperti yang telah dijelaskan pada kajian pustaka, ada 8 kriteria yang harus diperhatikan pada pemilihan gudang tersebut. Untuk menguji pengaruh dari kriteria tersebut, peneliti mengambil beberapa sample yang akan diuji sensitivitasnya terhadap model matematis ini. Sehingga dapat diketahui besar pengaruh dari kriteria tersebut terhadap penentuan letak gudang peyangga yang akan didirikan.

Perubahan Terhadap Kapasitas Gudang Penyangga

Perubahan biaya optimum terhadap kapasitas dapat dilihat pada Tabel 1. dibawah ini:

Tabel 1. Perubahan Kapasitas terhadap Biaya Optimum

Perubahan Kapasitas (%)	Biaya Optimum (Rp)	Perubahan Biaya Optimum (%)	Gudang Penyangga
+40	215,641,978,373	-3	Tetap
+25	215,692,208,054	-2	Tetap
0	216,046,540,140	0	Tetap
-25	216,821,098,842	+2	Tetap
-40	217,493,665,752	+7	+2

- Perubahan kapasitas gudang akan berpengaruh terhadap biaya optimum dari model ini. Seperti yang terlihat pada Tabel 1. diatas, Jika kapasitas gudang dinaikkan, maka akan terjadi penurunan biaya optimum nya. Sebaliknya, jika kapasitas diturunkan, maka biaya optimum dari model ini akan naik. Namun perubahan biaya optimum tersebut tidak terlalu berpengaruh. Hanya sekitar 2-7 % saja pengaruhnya untuk biaya optimum. Untuk gudang penyangga yang didirikan, penurunan kapasitas hingga 40 % akan menimbulkan pendirian 2 gudang penyangga baru. Perubahan biaya optimum yang tidak terlalu besar ini dikarenakan perbedaan kapasitas pada gudang penyangga terpilih yang tidak terlalu besar. Selain itu juga permasalahan kapasitas tersebut merupakan permasalahan pemenuhan *demand* dari suatu lokasi. Sehingga tidak terlalu berpengaruh pada perubahan biaya optimumnya.

Perubahan Terhadap Biaya Operasional Gudang Penyangga

Perubahan biaya optimum terhadap biaya operasional gudang penyangga dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Perubahan Biaya Operasional terhadap Biaya Optimum

Perubahan Biaya Operasional (%)	Biaya Optimum (Rp)	Perubahan Biaya Optimum (%)	Gudang Penyangga
+40	216,052,499,594	+0.3	Tetap
+25	216,050,115,812	+0.2	Tetap
0	216,046,540,140	0	Tetap
-25	216,042,794,198	-0.17	Tetap
-40	216,040,410,416	-0.28	Tetap

Dari tabel di atas dapat dilihat perubahan biaya operasional gudang penyangga terhadap biaya optimum dari model tersebut. Kenaikan biaya operasional sebesar 40 % akan meningkatkan biaya optimum sebesar 0.3 %. sedangkan penurunan biaya operasional sebesar 40 % akan menurunkan biaya optimum sebesar 0.28 %, dari tabel di atas juga dapat dilihat bahwa perubahan dari biaya optimum yang terjadi tidak sampai 1 %. Dari kecilnya perubahan yang terjadi tersebut dapat diketahui bahwa biaya operasional tidak berpengaruh banyak terhadap biaya optimum dari model matematis ini. Hal ini dapat dilihat juga dari jumlah gudang penyangga yang relatif tetap meskipun

terjadi perubahan biaya operasional. Perubahan biaya optimum yang tidak terlalu besar ini dikarenakan kecilnya biaya operasional jika dibandingkan dengan biaya transportasi yang ada.

Perubahan Terhadap Jarak dari Pabrik ke Gudang Penyangga

Perubahan biaya optimum terhadap jarak dari pabrik ke gudang penyangga dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Perubahan Jarak dari Pabrik ke Gudang Penyangga terhadap Biaya Optimum

Perubahan Biaya Operasional (%)	Biaya Optimum (Rp)	Perubahan Biaya Optimum (%)	Gudang Penyangga
+40	280,754,628,231	+30	-3
+25	256,783,662,477	+19	-2
0	216,046,540,140	0	Tetap
-25	258,454,523,005	-20	+3
-40	285,003,344,078	-32	+4

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa penambahan jarak sebesar 40 % akan menambah biaya optimum sebesar 30 %. Untuk lokasi gudang penyangganya mengalami pengurangan 3 lokasi. Pada penambahan jarak sebesar 25 %, terjadi peningkatan biaya optimum sebesar 19 %. Dan lokasi gudang penyangganya mengalami pengurangan pada 2 lokasi. Sedangkan pengurangan jarak sebesar 25 % akan mengurangi pula biaya optimumnya sebesar 20 %. Namun akan membuka 3 lokasi gudang penyangga baru. Dan untuk pengurangan jarak sebesar 40 % akan mengurangi biaya optimum sebesar 32 %. Untuk gudang penyangganya mengalami penambahan di 4 lokasi. Jika dilihat dari perubahan biaya optimum yang terjadi, jarak dari pabrik ke gudang penyangga ini cukup berpengaruh terhadap biaya optimum yang dihasilkan oleh model matematis. Yaitu sekitar 30 % dari total biaya optimum. Hal ini dikarenakan setiap jarak akan dikali dengan biaya transportasi dari tiap lokasi gudang penyangga yang akan mempengaruhi hasil optimum dari biaya tersebut. Secara teoritis dijelaskan oleh Daskin (1995) yang mengatakan bahwa pertukaran (*trade-off*) antara biaya transportasi dan biaya tetap (biaya sewa gudang dan biaya operasional) diperlukan untuk meminimalkan total biaya distribusi. Oleh karena itu dapat diperoleh kesimpulan bahwa parameter jarak dari pabrik ke tiap gudang penyangga cukup berpengaruh untuk penentuan biaya optimum pada model matematis ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil permodelan yang dilakukan didapatkan 24 lokasi gudang penyangga yang tersebar di Wilayah Jawa Timur. Hasil pemodelan ini lebih optimal jika dibandingkan dengan gudang penyangga yang ada saat ini dengan total 56 gudang penyangga.

2. Biaya optimum yang dihasilkan dari pemodelan ini sebesar Rp. 216.046.540.140,- (dua ratus enam belas milyar empat puluh enam juta lima ratus empat puluh ribu seratus empat puluh Rupiah) selama satu tahun dengan total suplai sebesar 3.565.398 ton. Sehingga terjadi penurunan biaya sebesar 67 % untuk tiap ton nya.
3. Dari analisa sensitivitas yang telah dilakukan perubahan kapasitas gudang penyangga memiliki pengaruh 2-7 % pada perubahan biaya optimum yang ada. Untuk perubahan biaya operasional pada gudang penyangga tidak banyak memiliki pengaruh pada perubahan biaya optimumnya. Yaitu kurang dari 1 %. Sedangkan untuk perubahan jarak dari pabrik ke gudang penyangga memiliki pengaruh yang cukup banyak apda perubahan biaya optimum yang dihasilkan oleh model matematisnya. Perubahan tersebut mencapai 30 % dari biaya optimum awal.

REFERENSI

- Alp, O., Erkut, E. & Drezner, Z. (2003). *An Efficient Genetic Algorithm for the p-Median Problem*. *Annals of Operations Research* 122,pp. 21-42.
- Ballou, R. H. 2004. *Business Logistics Management*. 5 ed.: Prectice Hall.
- Berg, J. P. V. D. (1999). *Models for Warehouse Management : Classification and Examples*.*International Journal of Production Economics*59, pp. 519-528.
- Daskin, M. S. 1995. *Network and Discrete Location; Models, Algorithms, and Applications*, New Jersey - USA, Murray Hill.
- Otto, A., S., F. J. & S., R. eds. (2009). *Direct Store Delivery : Concept, Application and Instrument*, Heidelberg - Germany: Springers.