

## OPTIMALISASI JUMLAH DAN LOKASI GUDANG DISTRIBUSI PUPUK BERSUBSIDI DI JAWA TIMUR AKIBAT PERUBAHAN REGULASI PEMERINTAH

Erwin Indra Prasetyo  
Universitas Airlangga  
erwin.indra.p@gmail.com

Indrianawati Usman  
Universitas Airlangga  
Indrianawati-u@feb.unair.ac.id

### Abstrak

Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pertanian menerapkan kebijakan penurunan alokasi pupuk ZA dan SP-36 bersubsidi secara berkala sejak periode tahun 2020-2021. Kebijakan tersebut perlu direspon oleh PT Petrokimia Gresik sebagai satu-satunya produsen pupuk di lingkungan PT Pupuk Indonesia (Persero) yang mendapat tanggung jawab pengadaan dan penyaluran pupuk ZA dan SP-36 bersubsidi. Dampak penurunan alokasi pupuk bersubsidi adalah menurunnya utilitas gudang distribusi pupuk bersubsidi serta meningkatnya biaya logistik per unit produk. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lokasi dan jumlah gudang distribusi yang optimal di suatu wilayah yang mengalami penurunan alokasi pupuk bersubsidi. Provinsi Jawa Timur merupakan wilayah dengan penurunan alokasi pupuk ZA dan SP-36 bersubsidi yang signifikan. Mempertimbangkan hal tersebut, gudang distribusi di Provinsi Jawa Timur dipilih sebagai obyektif analisis dalam penelitian ini untuk mengurangi biaya operasional logistik pupuk bersubsidi. Penelitian ini merupakan kajian ilmiah terapan untuk membantu memecahkan permasalahan optimalisasi gudang distribusi pupuk bersubsidi di PT Petrokimia Gresik menggunakan pemodelan mixed integer linear programming, untuk meminimumkan biaya operasional logistik. Hasil dari penelitian ini diharapkan menjadi dasar bagi manajemen untuk mengambil keputusan dalam hal pemilihan gudang yang strategis serta efisien dalam hal biaya operasional logistik.

*Kata kunci: linear programming; lokasi; optimal.*

## PENDAHULUAN

Pupuk merupakan salah satu faktor input produksi usaha tani yang memiliki peranan penting dalam peningkatan produktivitas pertanian di Indonesia. Sejalan dengan kebijakan Kementerian Pertanian Republik Indonesia untuk meningkatkan hasil pertanian guna mendukung Ketahanan dan Kedaulatan Pangan, berpengaruh terhadap peningkatan penggunaan pupuk majemuk secara nasional. Namun di satu sisi, hal ini berakibat pada menurunnya penggunaan pupuk tunggal oleh petani,

misalnya pupuk yang mengandung unsur Nitrogen dikenal dengan pupuk Urea dan ZA (*Zvavelvuure Ammonium*), pupuk yang mengandung unsur Fosfat dikenal dengan pupuk TSP (*Triple Superphosphate*) dan SP (*Superphosphate*).

Alokasi pupuk bersubsidi jenis ZA dan SP-36 pada periode tahun 2020-2021 telah mengalami penurunan yang signifikan dibandingkan periode tahun 2015-2019, masing-masing sebesar 300.000 ton (29%) dan 280.000 ton (34%). Dinamika perubahan alokasi pupuk bersubsidi ini menjadi perhatian bagi PT Petrokimia Gresik sebagai salah satu anggota holding PT Pupuk Indonesia (persero), yang menjadi satu-satunya operator pelaksana dalam penyaluran pupuk ZA dan SP-36 bersubsidi di seluruh wilayah Indonesia.

PT Pupuk Indonesia (Persero), sejak tahun 2021 merupakan perusahaan *Activist Holding* BUMN Pupuk yang membawahi PT Pupuk Iskandar Muda (PIM), PT Pupuk Sriwijaya Palembang (PSP), PT Petrokimia Gresik (PKG), PT Pupuk Kujang Cikampek (PKC), dan PT Pupuk Kalimantan Timur (PKT). Tanggung jawab PT Pupuk Indonesia (Persero) adalah mengkoordinir kegiatan operasional perusahaan, diantaranya aktivitas produksi, pemasaran, dan penjualan agar sesuai visi dan misi perusahaan dan mencapai target Rencana Kerja Anggaran Perusahaan (RKAP) yang telah ditentukan oleh Kementerian BUMN serta stakeholders terkait.

PT Petrokimia Gresik merupakan produsen dengan varian pupuk terlengkap dan terbesar di Asia Tenggara dengan total kapasitas produksi pupuk sebanyak 6,5 juta ton per tahun, memiliki tanggung jawab untuk memproduksi dan melakukan penyaluran pupuk bersubsidi kepada petani serta melakukan penjualan pupuk non subsidi untuk pasar komersial (retail, perkebunan, dan industri). Hingga tahun 2021, PT Petrokimia Gresik memiliki 165 unit produksi pupuk dengan total kapasitas produksi mencapai 6.500.000 ton per tahun, diantaranya adalah Urea Petro, ZA Petro, SP-36 Petro, SP-26 Petro, NPK Phonska Plus, NPK Petro Nitrat, NPK Petro Ningrat, NPS Petro Niphos, dan ZK. Sedangkan, pupuk bersubsidi yang diproduksi dan disalurkan kepada konsumen petani yaitu Urea Pupuk Indonesia, ZA, SP36, NPK Phonska, dan Petroganik. Dalam penyaluran pupuk bersubsidi, PT Petrokimia Gresik berpedoman terhadap peraturan Pemerintah yaitu Peraturan Menteri Perdagangan (Permendag) dan Peraturan Menteri Pertanian.

Pengadaan dan penyaluran pupuk bersubsidi kepada petani diatur oleh Pemerintah dengan melibatkan beberapa pihak dengan proses perpindahan produk yang dimulai dari Produsen, Gudang Penyangga, Distributor, dan Pengecer (4 tahapan). Dalam hal penyaluran pupuk bersubsidi, produsen dapat memiliki dan/atau mengelola Gudang di lini I s.d lini III di tingkat Kabupaten dan Kota sesuai wilayah tanggung jawab penyalurannya.

Proses penentuan letak dan lokasi gudang penyangga adalah hal yang penting sekaligus strategis dalam aktivitas *outbound logistics* sebagai satu rangkaian *supply chain management* suatu produk. Sebagai suatu upaya peningkatan efektivitas dan efisiensi untuk memenuhi permintaan dan kebutuhan pasar, lokasi Gudang penyangga mempengaruhi proses distribusi mengingat biaya transportasi dan lead time pengiriman juga ditentukan dari lokasi gudang penyangga tersebut.

Gudang penyangga Petrokimia Gresik memiliki komponen biaya pergudangan yang bersifat tetap (sewa gudang dan pengelolaan sesuai kapasitas gudang) yang secara langsung tidak bergantung pada jumlah jenis dan kuantum produk serta komponen biaya yang bersifat variable (bongkar muat produk sesuai kuantum) yang bergantung pada jumlah produk yang dikelola di suatu gudang penyangga. Dengan adanya perubahan dinamika penurunan alokasi pupuk bersubsidi jenis ZA dan SP-36 mengakibatkan biaya tetap per unit pupuk (*fixed cost* per unit) semakin tinggi apabila tidak ada penyesuaian pengelolaan jumlah gudang yang ada.

Provinsi Jawa Timur adalah provinsi yang mengalami penurunan alokasi pupuk ZA dan SP-36 yang paling tinggi dibandingkan 5 provinsi lainnya di Indonesia. Di samping itu, Provinsi Jawa Timur memiliki kontribusi komponen biaya tetap pergudangan paling tinggi dibandingkan keempat provinsi lainnya. PT Petrokimia Gresik mengelola gudang penyangga di Provinsi Jawa Timur sejumlah 78 gudang yang tersebar di 28 kabupaten/kota dengan total kapasitas gudang sebesar 352.648 ton.

Pengelolaan gudang distribusi pupuk bersubsidi menjadi salah satu aspek yang menjadi perhatian proses kegiatan audit yang dilakukan oleh Lembaga Badan Pemeriksa Keuangan (BPK) AKN IV dan AKN VII setiap tahunnya. Biaya operasional gudang distribusi menjadi salah satu komponen biaya yang dibebankan dalam penagihan subsidi kepada Pemerintah. Oleh sebab itu, peningkatan biaya tetap operasional gudang akibat tidak adanya penyesuaian jumlah gudang terkait penurunan alokasi pupuk bersubsidi akan berpotensi menimbulkan kerugian negara. Hal tersebut dapat terjadi disebabkan biaya tetap pengelolaan gudang akan dibebankan pada produk pupuk subsidi. Dengan adanya penyesuaian jumlah dan lokasi gudang distribusi pupuk bersubsidi ini diharapkan dapat mengurangi risiko potensi kerugian negara akibat tingginya biaya tetap gudang distribusi pupuk bersubsidi dan meningkatkan efisiensi biaya operasional perusahaan.

Proses penentuan lokasi gudang distribusi atau disebut *Facility Location Problem* (FLP) adalah suatu pendekatan untuk menentukan lokasi fasilitas yang optimal dan efisien dengan mempertimbangkan komponen biaya, kualitas, dan ketersediaan produk (Lambiase et al., 2013). Dalam menyelesaikan permasalahan lokasi fasilitas distribusi, terdapat beberapa alternatif yang dapat digunakan antara lain metode

*factor rating, locational break even analysis, center of gravity dan transportation* (Heizer & Render, 2001).

Diantara beberapa metode yang ada, penulis menggunakan metode transportasi dengan pendekatan *Mixed Integer Linear Programming* (MILP). Metode ini merupakan metode yang paling sesuai dengan kondisi dan karakteristik proses distribusi produk pupuk subsidi di Petrokimia Gresik. Pendekatan *Model Mixed Integer Linear Programming* pada Petrokimia Gresik akan digunakan untuk meminimalisir biaya transportasi (biaya pengiriman dari Lini I ke Lini III) dan biaya pergudangan (komponen biaya tetap dan variabel).

Berdasarkan situasi dan kondisi yang dihadapi perusahaan tersebut, maka dibutuhkan analisis optimasi jumlah serta lokasi gudang distribusi pupuk bersubsidi yang diperlukan untuk menciptakan kondisi ideal jumlah gudang distribusi yang optimal dan efisien dalam rangka memenuhi kebutuhan permintaan pupuk subsidi dengan biaya distribusi yang minimum. Gudang distribusi pupuk bersubsidi di Provinsi Jawa Timur adalah obyek penelitian dengan pertimbangan provinsi tersebut mengalami penurunan alokasi pupuk subsidi jenis ZA dan SP-36 yang paling besar dan memberi kontribusi pengeluaran biaya tetap pengelolaan gudang yang paling tinggi dibandingkan 4 (empat) provinsi lainnya.

## **KAJIAN PUSTAKA DAN PENGEMBANGAN HIPOTESIS**

### ***Supply Chain Management***

Konsep *supply chain* adalah jaringan perusahaan yang secara bersamaan bekerja untuk menciptakan dan menghantarkan suatu produk ke tangan pemakai akhir (Harrison et al., 2008). Dalam sistem *supply chain* terdapat 3 (tiga) macam aliran yang perlu dikelola, yaitu aliran barang yang mengalir dari hulu ke hilir, aliran uang dan sejenisnya yang mengalir dari hilir ke hulu, dan aliran informasi yang bisa terjadi dari hulu ke hilir ataupun sebaliknya. Dalam mencapai kinerja *supply chain* yang baik, maka diperlukan pengelolaan yang tepat untuk ketiga aliran tersebut. *Supply chain management* merupakan metode, alat, atau pendekatan pengelolaan jaringan perusahaan yang secara bersamaan bekerja dan berkolaborasi menciptakan dan menghantarkan suatu produk ke tangan pemakai akhir dengan dasar semangat kolaborasi (Pujawan & Mahendrawathi, 2017).

### **Manajemen Distribusi**

Menurut Pujawan (2010), manajemen transportasi dan distribusi termasuk aktivitas fisik yang secara kasat mata bisa disaksikan, seperti menyimpan dan mengirim produk, maupun fungsi non-fisik yang berupa pengolahan informasi dan pelayanan

kepada konsumen. Adapun sejumlah fungsi dasar dari manajemen distribusi dan transportasi adalah sebagai berikut:

1. Melakukan segmentasi dan menentukan target *service level*.
2. Menentukan moda transportasi yang akan digunakan.
3. Melakukan konsolidasi informasi dan pengiriman.
4. Melakukan penjadwalan dan penentuan rute pengiriman.
5. Memberikan pelayanan nilai tambah.

### **Jaringan Distribusi dalam Supply Chain**

Proses distribusi berkaitan erat dengan serangkaian proses untuk memindahkan dan menyimpan produk dari produsen hingga ke konsumen dalam sistem supply chain. Proses distribusi muncul di setiap tahap dalam *supply chain*, bahan baku, dan komponen yang berpindah dari suppliers ke manufaktur, produk jadi berpindah dari manufaktur ke konsumen. Distribusi berpengaruh terhadap biaya operasional *supply chain* serta *service level* perusahaan terhadap konsumen (Chopra & Meindl, 2001). Jaringan distribusi yang digunakan dapat disesuaikan dengan tujuan *supply chain* perusahaan seperti biaya rendah tetapi *low responsiveness* atau *high responsiveness* dengan biaya tinggi. Perubahan terhadap desain jaringan distribusi akan mempengaruhi biaya operasional *supply chain* seperti biaya persediaan, biaya transportasi, biaya fasilitas, dan bongkar muat. Jaringan distribusi tidak hanya berkaitan dengan serangkaian fasilitas yang mengerjakan fungsi fisik, namun merupakan bagian satu kesatuan dari aktivitas *supply chain* serta mempunyai peran strategis sebagai titik penyalur produk dan informasi serta sebagai media untuk menciptakan nilai tambah (Pujawan & Mahendrawathi, 2017).

Keputusan yang diambil dalam melakukan perancangan suatu jaringan distribusi berkaitan dengan peran fasilitas, lokasi manufaktur, lokasi penyimpanan, dan fasilitas yang berhubungan dengan transportasi. Menurut Pujawan (2010), secara umum terdapat 3 (tiga) strategi distribusi produk dari pabrik hingga konsumen yang masing-masing strategi memiliki keunggulan dan kelemahan sebagai berikut:

1. Pengiriman langsung (*direct shipment*)
2. Pengiriman melalui gudang
3. Cross-docking

### **Titik Distribusi**

Tahapan distribusi produk adalah upaya produsen untuk menyediakan produknya hingga ke tangan konsumen dengan pendekatan sistem yang terencana dan terorganisir. Tahapan tersebut harus dilakukan sebaik mungkin, sehingga volume produksi, kapasitas gudang, dan alokasi produk pada setiap daerah di dalam wilayah distribusinya mencapai tingkat keseimbangan yang baik. Untuk itulah diperlukan perencanaan distribusi yang baik (Firmansyah, 1997).

Firmansyah (1997) menjelaskan proses distribusi produk kepada konsumen harus ditangani dengan teliti dan cermat, sebab hal ini dapat menjadi salah satu hambatan bagi perusahaan dalam berkompetisi dengan perusahaan lainnya. Cepat atau lambatnya pendistribusian produk ke konsumen salah satunya tergantung pada kedekatan antara gudang penyalur (distributor) dengan pasar (konsumen). Salah satu solusi alternatif yang dapat dilakukan adalah melakukan evaluasi lokasi serta jumlah gudang agar dapat mendukung proses distribusi dan alokasi produk yang optimal.

### Lokasi

Lokasi usaha dapat juga disebut dengan saluran distribusi perusahaan karena lokasi juga berhubungan langsung dengan pembeli atau konsumen. Hal tersebut akan mempengaruhi pertumbuhan usaha di masa yang akan datang. Penentuan lokasi harus dipertimbangkan dengan cermat, salah satunya aspek ekonomi, karena dapat mempertahankan kelangsungan hidup baik itu dalam usaha perdagangan eceran ataupun lainnya.

Lokasi menurut Tjiptono (2015:345) Lokasi mengacu pada berbagai aktivitas pemasaran yang berusaha memperlancar dan mempermudah penyampaian atau penyaluran barang dan jasa dari produsen kepada konsumen. Sedangkan menurut Kotler dan Armstrong (2014:76) “*place include company activities that make the product available to target consumers*”. Kemudian menurut Lupiyoadi dan Hamdani (2011:92) “lokasi adalah keputusan yang dibuat perusahaan atau instansi Pendidikan berkaitan dengan dimana operasi dan stafnya akan ditempatkan”. Pendapat mengenai lokasi dari para ahli tersebut, sampai pada pemahaman penulis bahwa lokasi adalah suatu keputusan perusahaan untuk menempatkan usaha dalam rangka menjalankan kegiatan operasional perusahaan dan mendistribusikan barang atau jasa hingga diterima oleh konsumen.

### Gudang

Gudang merupakan fasilitas pendukung yang bertujuan untuk menyimpan produk sebagai penopang permintaan sehingga kebutuhan konsumen dapat dipenuhi tepat waktu. Selain itu, gudang juga berfungsi sebagai titik pengiriman produk dimana semua produk dapat dikirim dan diterima seefektif dan seefisien mungkin (Richard, 2014). Gudang bisa divisualisasikan sebagai bagian suatu sistem logistik sebuah perusahaan yang berfungsi menyimpan produk dan menyediakan informasi mengenai status kondisi persediaan produk, sehingga informasi tersebut selalu *up-to-date* dan dapat diakses oleh yang berkepentingan. Tantangan dalam suatu alur rantai pasok saat ini, seperti peningkatan volatilitas pasar dan kebutuhan konsumen untuk memperpendek *lead time* konsumen, semua bergantung pada peran yang diharapkan dari adanya gudang.

Sasaran pengelolaan gudang (Rushton et al., 2010):

1. *Speed*. Kecepatan penyampaian produk ke pasar dan memenuhi kebutuhan permintaan konsumen menjadi hal prioritas yang digunakan manajemen sebagai strategi dalam bersaing.
2. *Efficiency*. Efisiensi rantai pasok diukur dan diperbaiki secara terus menerus oleh tim continuous improvement dari berbagai unit.
3. *Effectiveness*. Efektivitas yang memungkinkan konsumen memperoleh produk dengan mudah.
4. *Reliability*. Keandalan informasi, komunikasi, dan eksekusi agar semua fungsi bekerja dengan baik.
5. *Assembly facility*. Gudang juga dapat berperan sebagai fasilitas perakitan.
6. *Trans-shipment point*. Titik pengiriman produk.
7. *Returned goods center*. Pusat pengembalian produk

Adapun tujuan tempat penyimpanan dan fungsi dari pergudangan secara umum adalah memaksimalkan penggunaan sumber daya yang ada dan memaksimalkan pelayanan terhadap konsumen dengan sumber daya yang terbatas. Sumber daya gudang adalah ruangan, peralatan, dan personil. Konsumen membutuhkan fungsi pergudangan untuk mendapatkan barang yang dibutuhkan secara cepat dan dalam kondisi baik. Maka dalam perancangan gudang dan sistem pergudangan diperlukan beberapa hal berikut menurut Purnomo (2004) :

1. Memaksimalkan penggunaan ruangan.
2. Memaksimalkan penggunaan peralatan dan tenaga kerja.
3. Memaksimalkan kemudahan dalam penerimaan dan pengiriman produk.
4. Memaksimalkan perlindungan terhadap produk.

### **Penentuan Lokasi Gudang**

Lokasi gudang merupakan salah satu faktor yang krusial, karena akan mempengaruhi posisi suatu perusahaan dalam persaingan dengan perusahaan lain. Penentuan lokasi gudang berkaitan erat dengan aspek-aspek lain, diantaranya lokasi gudang harus memberikan kontribusi keuntungan jangka panjang bagi perusahaan. Adapun tujuan penentuan lokasi gudang dengan tepat adalah mempermudah kegiatan operasional perusahaan berjalan dengan lancar, efektif, dan efisien. Dalam menentukan lokasi gudang, beberapa faktor perlu diperhatikan karena berpengaruh terhadap biaya distribusi dari produk yang dihasilkan.

Ada beberapa kajian yang dapat dilakukan secara komprehensif sebelum menentukan lokasi suatu gudang, Kriteria pemilihan lokasi gudang ini juga berlaku bagi yang ingin membangun gudang baru atau menyewa gudang. Terdapat 6 kriteria untuk memilih lokasi gudang pupuk pada PT Petrokimia Gresik, antara lain:

1. Faktor Eksternal
2. Tenaga Kerja

3. Infrastruktur
4. Lingkungan
5. Kondisi Pasar
6. Biaya

### **Optimalisasi**

Optimalisasi adalah kondisi dimana hasil yang dicapai sesuai dengan yang diharapkan. Menurut Winardi (1999 : 363) Optimalisasi adalah ukuran yang menyebabkan tercapainya tujuan. Sedangkan jika dipandang dari sudut usaha, optimalisasi adalah usaha memaksimalkan kegiatan sehingga mewujudkan keuntungan yang diinginkan. Jadi, optimalisasi adalah suatu proses, aktivitas, dan kegiatan untuk mencari solusi terbaik dalam menyelesaikan masalah dengan kriteria dan pendekatan tertentu.

Dalam penelitian ini, topik yang diangkat adalah optimalisasi jumlah dan lokasi gudang pupuk sehingga dapat meningkatkan ketepatan pengiriman produk pupuk hingga ke konsumen sesuai 6 tepat, yaitu tepat jumlah, tepat waktu, tepat jenis, tepat kualitas, tepat harga, dan tepat tempat.

### **Model Cluster**

Klasterisasi (*clustering*) merupakan metode analisis statistika yang bertujuan untuk mengelompokkan data dengan tujuan tertentu. Menurut Tan, 2006, *clustering* adalah sebuah proses untuk mengelompokkan data ke dalam *cluster* atau kelompok sehingga data dalam 1 (satu) *cluster* memiliki tingkat kemiripan yang maksimum dan data antar *cluster* memiliki kemiripan yang minimum.

Analisis *Cluster* adalah metode analisis statistika *multivariate* yang bertujuan untuk mengelompokkan individu ke dalam *cluster* berdasarkan karakteristik tertentu (Sitepu & Gultom, 2011). Metode ini secara prinsip melakukan pengelompokkan sub-sub kelompok berdasarkan prinsip kesamaan. Responden yang saling berdekatan atau memberikan respon yang kurang lebih sama akan masuk dalam sub kelompok (*cluster*) yang sama. Sedangkan responden yang memberikan respon yang tidak sama akan dikelompokkan pada sub kelompok lain yang memberi respon mirip dengan responden tersebut. Dalam analisis ini pengukuran jarak menjadi penting karena akan menentukan siapa saja yang akan menjadi individu suatu *cluster*. Tujuan penggunaan analisis *cluster* dalam penelitian ini adalah untuk menentukan kelompok konsumen menjadi beberapa kelompok berdasarkan variabel demografis, psikografis, dan perilaku. Profil segmen yang dihasilkan dari pengelompokkan tersebut dapat dijadikan sebagai dasar kebijakan strategi pasar.

Secara prinsip analisis *cluster* merupakan metode pengelompokan pasar terdekat, selanjutnya dilakukan analisis tentang lokasi fasilitas potensial melalui *center of gravity*. Adapun algoritma *cluster* adalah sebagai berikut:

1. Mulai dengan sebuah gudang di masing-masing *demand* atau *market site*. Biaya total yang dihasilkan adalah biaya total logistik yang tertinggi karena diperoleh dengan jumlah fasilitas yang paling maksimum.
2. Kurangi jumlah gudang satu per satu dengan cara melakukan pengelompokan antar pasar yang terdekat, menjadi kelompok baru dengan satu lokasi gudang potensial.
3. Tentukan *center of gravity* dari kelompok baru ini dan tetapkan titik itu sebagai lokasi gudang.
4. Hitung total biaya logistik setelah mengalami pengurangan jumlah gudang.
5. Ulangi langkah 2-4 sampai tidak mungkin adanya pengelompokan lagi, dengan kata lain fasilitas gudang tinggal satu.

Dari algoritma *cluster* tersebut akan diperoleh alternatif dari jumlah dan lokasi gudang. Selanjutnya *alternative cluster* akan dipilih alternatif yang memiliki total biaya logistik yang terkecil. Metode *cluster* memiliki dasar pemikiran bahwa semakin banyak jumlah gudang yang dimiliki akan meningkatkan pelayanan kepada konsumen dengan resiko akan menanggung biaya gudang yang tinggi tapi biaya transportasi yang kecil. Permasalahan terhadap 2 (dua) komponen biaya tersebut perlu dilakukan *trade off*, hasil daripada *trade off* tersebut merupakan jumlah fasilitas gudang yang optimal dengan kriteria biaya logistik yang terkecil. Pada metode *cluster*, data masukan (input) yang diperlukan untuk menyelesaikan penentuan lokasi dan jumlah gudang yang optimal adalah sebagai berikut :

1. Peta grid setiap daerah, sehingga diperoleh koordinat setiap daerah.
2. Data hasil peramalan tiap daerah pemasaran.
3. Pengelompokan daerah dengan daerah lain yang terdekat, yang telah memiliki data *demand* dan *center of gravity*.
4. Data biaya tetap.
5. Data fungsi biaya *transport* dan fungsi biaya simpan (gudang).

Setelah data diperoleh, selanjutnya dilakukan proses iterasi. Iterasi awal dilakukan dengan mengalokasikan gudang pada setiap daerah pasar, sehingga akan mendapat biaya total logistik yang besar. Banyaknya jumlah gudang akan berakibat biaya simpan yang tinggi, walaupun biaya transportasi yang rendah. Pada kondisi ini, tingkat pelayanan kepada konsumen akan tinggi namun biaya operasional perusahaan juga akan sangat besar.

Proses iterasi berlanjut, dengan cara melakukan pengelompokan antar daerah pasar yang berdekatan, dengan kata lain jumlah alokasi gudang akan berkurang dari sebelumnya karena terdapat daerah pasar yang disatukan, maka biaya simpan akan menurun namun biaya transportasi mulai mengalami peningkatan. Iterasi akan

berhenti pada saat pengelompokan sudah selesai dilakukan, dengan kata lain pasar hanya tinggal satu dan alokasi gudang hanya satu. Pada kondisi tersebut jumlah gudang paling sedikit dan biaya simpan paling rendah sedangkan biaya transportasi paling tinggi.

### ***Center of Gravity***

*Center of gravity* adalah sebuah metode yang dapat membantu menganalisis keefektifan sebuah lokasi suatu fasilitas (misalnya : Gudang atau Pabrik) yang menjadi penghubung antara sumber produksi barang dan lokasi permintaan pasar. Jadi, apabila lokasi fasilitas yang dimaksud adalah gudang, maka tujuannya adalah mendapatkan lokasi yang meminimalkan biaya transportasi produk dari produsen hingga didistribusikan kepada konsumen akhir.

Metode ini memiliki beberapa asumsi dalam penerapannya. Pertama, biaya transportasi diasumsikan mengalami kenaikan secara linier berbanding lurus dengan kuantum produk yang didistribusikan. Kedua, sumber pasokan maupun pasar dapat ditentukan lokasinya pada suatu peta dengan koordinat x dan y. Sehingga, beberapa data yang diperlukan dalam model ini adalah biaya transportasi per unit, beban per unit jarak dari semua posisi pasokan ke kandidat lokasi fasilitas dan dari kandidat lokasi fasilitas tersebut ke semua pasar, volume yang akan dipindahkan, serta koordinat lokasi pasokan maupun lokasi pasar (Melo et al., 2009).

### ***Mixed Integer Linear Programming***

Tiga komponen penting dalam pemrograman linier adalah variabel keputusan, fungsi tujuan, dan fungsi kendala. Variabel keputusan terdiri dari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai suatu tujuan. Fungsi tujuan merupakan suatu persamaan yang terdiri dari beberapa variabel yang berbeda dan dinyatakan dalam bentuk  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ . Fungsi kendala merupakan persamaan atau pertidaksamaan yang menjadi suatu batas suatu variabel serta mengendalikan nilai suatu variabel keputusan. Nilai variabel yang mengoptimalkan suatu fungsi tujuan harus memenuhi semua kendala yang ditetapkan.

Formulasi program linier dalam persamaan matematika adalah:

$$\text{maks/ min } z(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n c_j x_j ; j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

Dengan kendala,

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq \text{atau} \geq b_i ; i = 1, 2, 3, \dots, m \text{ dan } x_j \geq 0 \quad (2)$$

Keterangan :

$z$  = fungsi tujuan

$x_j$  = variabel keputusan  $j$

- $c_j$  = koefisien dari variabel keputusan  $j$   
 $b_i$  = sumber daya yang tersedia dalam kendala ke- $i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ )  
 $a_{ij}$  = koefisien dari variabel keputusan  $j$  dalam kendala ke- $i$

*Integer programming* adalah bagian dari bidang yang lebih luas dari pemrograman matematika dimana sebagian atau seluruh variabelnya merupakan bilangan bulat (Heizer & Render, 2001). Formulasi konfigurasi pemrograman matematika disusun oleh serangkaian variabel dari suatu sistem yang dapat dimodelkan. Tujuan daripada hal tersebut adalah untuk mengetahui nilai optimal dari suatu fungsi yang dibangun sebagai hasil pemetaan dari setiap kemungkinan kondisi untuk menghasilkan suatu solusi. Metode ini biasa digunakan untuk memperoleh solusi atas maksimasi keuntungan dan atau minimasi biaya. Model persamaan matematika untuk *integer programming* yaitu model program linier dengan tambahan satu fungsi kendala bahwa variabel keputusan memiliki nilai bilangan bulat (Hillier F & Lieberman G J, 2005)

Teknik pemrograman dapat dilakukan secara efisien untuk menyelesaikan suatu masalah yang mengandung variabel diskrit. *Integer linear programming* terdiri dari suatu set variabel keputusan yang jumlahnya tidak diketahui atau keputusan yang akan dioptimalkan (Heizer & Render, 2001). Apabila variabel yang tidak diketahui semuanya berupa bilangan integer, maka permasalahan tersebut disebut *integer programming* atau *integer linear programming*. Berbeda dengan *linear programming*, yang dapat diselesaikan secara efisien pada kasus yang lebih rumit, *integer linear programming* lebih banyak digunakan dalam situasi praktis. Untuk penyelesaian pemilihan lokasi fasilitas, menurut (Ballou, 2004), metode eksak yang paling populer adalah model *mixed integer linear programming* (MILP). Pada MILP, tidak semua variabel harus merupakan bilangan bulat.

Aplikasi MILP bisa dilakukan untuk permasalahan dalam konteks berkaitan dengan barang tertentu atau sumber daya tertentu yang jumlahnya tidak terpisahkan satu sama lain (*human resources planning* dan *facility location*) atau dalam pengambilan keputusan *binary* (*production planning*, *assignment problems*, dan *timetabling*). Dalam penelitian ini, MILP dapat digunakan karena sesuai dengan kondisi operasional dan proses bisnis distribusi pupuk bersubsidi di Petrokimia Gresik, diantaranya : kapasitas produksi, jumlah gudang distribusi, jumlah pengiriman produk dari gudang Lini I ke gudang Lini III, biaya pengiriman produk, dan biaya operasional gudang distribusi.

Salah satu contoh penggunaan MILP pada kasus penentuan *facility location* untuk menentukan gudang mana yang memberikan biaya paling rendah adalah sebagai berikut :

- Parameter

$L$  = jumlah *supply point* ;  $L = \{1,2,\dots,L\}$

$J$  = jumlah fasilitas ;  $J = \{1,2,\dots,J\}$

$K$  = jumlah jenis produk ;  $K = \{1,2,\dots,K\}$

$c_{ljk}$  = biaya pengiriman per unit produk  $k$  dari supply  $l$  ke fasilitas  $j$

$v_{lk}$  = pasokan produk  $k$  dari pabrik  $l$

$q_j$  = kapasitas (dalam volume) tiap fasilitas  $j$

$f_j$  = biaya tetap gudang  $j$

- Variabel Keputusan

$Y_j = \begin{cases} 1 & \text{jika gudang ditempatkan di lokasi } j \\ 0 & \text{sebaliknya} \end{cases}$

$U_{ljk}$  = jumlah produk  $k$  yang dikirim dari pabrik  $l$  ke gudang  $j$

- Fungsi Tujuan

Minimasi biaya pengiriman

$$\sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K c_{ljk} U_{ljk} + \sum_{j=1}^J f_j Y_j$$

- Batasan

$$- \sum_{j=1}^J U_{ljk} \leq V_{lk} \quad \forall l \in L, k \in K$$

Memastikan bahwa total produk  $k$  yang dikirim ke tiap gudang  $j$  tidak melebihi kapasitas produksi produk  $k$  pada pabrik  $l$ .

$$- Y_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J$$

Memastikan bahwa  $Y_j$  bernilai biner.

$$- U_{ljk} \geq 0 \quad \forall l \in L, j \in J, k \in K$$

Memastikan bahwa jumlah produk  $k$  yang dikirim dari pabrik  $l$  ke gudang  $j$  adalah bilangan bulat.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan riset terapan (applied research). Riset terapan adalah penelitian yang mempunyai alasan praktis, keinginan untuk mengetahui dan bertujuan agar dapat melakukan sesuatu yang jauh lebih baik, lebih efektif, dan lebih efisien. Riset terapan berfungsi untuk mencari solusi tentang permasalahan yang terjadi sehingga hasil penelitian dapat dimanfaatkan untuk

kepentingan manusia, baik individu, kelompok, atau organisasi (Fristiana Irina, 2017).

Alasan penggunaan pendekatan riset terapan karena ruang lingkup penelitian adalah mengeksplorasi data-data distribusi pupuk ZA dan SP-36 bersubsidi Petrokimia Gresik selama kurun waktu 2015-2021. Instrumen dalam penelitian ini adalah peneliti sendiri dimana peneliti harus memiliki wawasan, pengetahuan, dan landasan teori untuk melakukan analisis dan mengumpulkan data serta fakta dari kondisi maupun situasi yang dialami perusahaan.

Dalam proses kegiatan pengumpulan data, terdapat 2 (dua) jenis data yang digunakan, yaitu data primer dan data sekunder. Mekanisme pengumpulan data primer menggunakan sistem wawancara secara tatap muka, yaitu kepada Vice President Logistik Region 4A Jawa Timur, Asisstant Vice President Operasional Logistik Region 4A Jawa Timur, dan Kepala Gudang Distribusi Pupuk Bersubsidi. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini antara lain data lokasi *supply point* dan gudang penyangga, data jumlah kabupaten dan distributor, data realisasi penjualan selama 3 tahun terakhir, rencana penjualan ke depan, serta data rute angkutan beserta tarifnya.

Output yang dihasilkan dengan pendekatan ini diharapkan bisa bersifat solutif dan memberikan penyelesaian permasalahan gudang yang efisien untuk memenuhi permintaan kebutuhan pasar. Selain itu, output yang diharapkan dapat menjelaskan hubungan antara permintaan kebutuhan pasar dengan solusi yang dihasilkan berupa jumlah dan lokasi gudang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penentuan *Normal* dan *Peak Season*

Berdasarkan pada pola dan intensitas curah hujan yang terjadi di Provinsi Jawa Timur periode 5 tahun terakhir dapat diketahui periode bulan apa saja yang masuk ke dalam kategori musim hujan (*peak season*) dan pada musim kemarau (*normal season*). Periode musim hujan (*peak season*) berkisar pada Bulan Mei, Juni, Juli, Agustus, dan September, sedangkan periode pada musim kemarau (*normal season*) berkisar pada Bulan Oktober, November, Desember, Januari, Februari, Maret, dan April.

### Penentuan Gudang Penyangga Optimal

solusi penentuan gudang penyangga yang optimal pada musim kemarau (*normal season*) dengan memanfaatkan 16 (enam belas) gudang penyangga saja untuk memenuhi permintaan kebutuhan pupuk bersubsidi di area amatan. Gudang penyangga yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan pupuk bersubsidi,

diantaranya adalah Gudang Talun dan Kanigoro yang terletak di Kabupaten Blitar; Gudang Gatsu di Kabupaten Jombang; Gudang Kajen, Gurah 2, dan Ngadiluwih di Kabupaten Kediri; Gudang Kaligunting di Kabupaten Madiun; Gudang Maospati di Kabupaten Magetan; Gudang Trowulan di Kabupaten Mojokerto; Gudang Loceret 3 di Kabupaten Nganjuk; Gudang Ngawi dan Karangjati di Kabupaten Ngawi; Gudang Cokro 1 dan Cokro 2 di Kabupaten Ponorogo; Gudang Trenggalek di Kabupaten Trenggalek; Gudang Gondang di Kabupaten Tulungagung. Sedangkan gudang penyangga yang tidak perlu dimanfaatkan lagi untuk memenuhi kebutuhan pupuk bersubsidi sebanyak 17 (tujuh belas), yaitu Gudang Sukorejo dan Garum di Kabupaten Blitar; Gudang Jatipelem di Kabupaten Jombang; Gudang Gurah 3 di Kabupaten Kediri; Gudang Sumberbening, Balerejo, dan Purworejo di Kabupaten Madiun; Gudang Sooko di Kabupaten Mojokerto; Gudang Nganjuk, Loceret 2, dan Pehserut di Kabupaten Nganjuk; Gudang Sidokerto dan Paron di Kabupaten Ngawi; Gudang Balong dan Badegan di Kabupaten Ponorogo; Gudang Gondang di Kabupaten Trenggalek; Gudang Ngantru di Kabupaten Tulungagung. Adapun penghematan biaya operasional yang dapat diperoleh sebesar Rp 4.163.022.200 jika dibandingkan dengan penggunaan gudang penyangga saat ini.

Solusi optimal pada saat musim hujan (*peak season*) adalah dengan menggunakan 25 (dua puluh lima) gudang penyangga untuk memenuhi permintaan kebutuhan pupuk bersubsidi di area amatan. Dua puluh lima gudang penyangga yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan pupuk bersubsidi, diantaranya adalah Gudang Talun, Kanigoro dan Garum yang terletak di Kabupaten Blitar; Gudang Gatsu dan Jatipelem yang terletak di Kabupaten Jombang; Gudang Kajen, Gurah 2, dan Gurah 3 yang terletak di Kabupaten Kediri; Gudang Kaligunting yang terletak di Kabupaten Madiun; Gudang Maospati di Kabupaten Magetan; Gudang Trowulan yang terletak di Kabupaten Mojokerto; Gudang Nganjuk, Loceret 2, Loceret 3, dan Pehserut yang terletak di Kabupaten Nganjuk; Gudang Ngawi, Karangjati, dan Paron yang terletak di Kabupaten Ngawi; Gudang Cokro 1, Badegan dan Cokro 2 yang terletak di Kabupaten Ponorogo; Gudang Trenggalek dan Gondang di Kabupaten Trenggalek; Gudang Ngantru dan Gondang yang terletak di Kabupaten Tulungagung. Biaya penghematan operasional yang bisa diperoleh perusahaan adalah sebesar Rp 2.179.965.800.

### **Solusi Optimal**

Hasil analisis menghasilkan 2 (dua) alternatif solusi optimal yang berbeda dalam menentukan gudang penyangga berdasarkan pada musim kemarau (*normal season*) dan musim hujan (*peak season*) di masing-masing kabupaten. Perbedaan kedua alternatif solusi tersebut disebabkan oleh beberapa kondisi diantaranya kapasitas gudang dan peningkatan pengiriman sesuai dengan kebutuhan pupuk bersubsidi.

Mempertimbangkan adanya perbedaan solusi optimal dari hasil analisis penentuan gudang penyangga pada dua musim yang berbeda, maka dari hasil analisis model dapat dikatakan belum ada alternatif solusi optimal yang robust untuk diimplementasikan pada musim kemarau (*normal season*) dan musim hujan (*peak season*). Oleh sebab itu, solusi optimal yang digunakan adalah solusi yang dihasilkan pada kondisi musim hujan (*peak season*).

### **Penentuan Gudang Penyangga Optimal**

Solusi optimal pada saat musim hujan (*peak season*) adalah dengan menggunakan 25 (dua puluh lima) gudang penyangga untuk memenuhi permintaan kebutuhan pupuk bersubsidi di area amatan. Dua puluh lima gudang penyangga yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan pupuk bersubsidi, diantaranya adalah Gudang Talun, Kanigoro dan Garum yang terletak di Kabupaten Blitar; Gudang Gatsu dan Jatipelem yang terletak di Kabupaten Jombang; Gudang Kajen, Gurah 2, dan Gurah 3 yang terletak di Kabupaten Kediri; Gudang Kaligunting yang terletak di Kabupaten Madiun; Gudang Maospati di Kabupaten Magetan; Gudang Trowulan yang terletak di Kabupaten Mojokerto; Gudang Nganjuk, Loceret 2, Loceret 3, dan Pehserut yang terletak di Kabupaten Nganjuk; Gudang Ngawi, Karangjati, dan Paron yang terletak di Kabupaten Ngawi; Gudang Cokro 1, Badegan dan Cokro 2 yang terletak di Kabupaten Ponorogo; Gudang Trenggalek dan Gondang di Kabupaten Trenggalek; Gudang Ngantru dan Gondang yang terletak di Kabupaten Tulungagung. Biaya penghematan operasional yang bisa diperoleh perusahaan adalah sebesar Rp 2.179.965.800.

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan pembahasan dari hasil penelitian di atas, dapat disimpulkan yaitu yang pertama, permintaan pupuk bersubsidi perlu diklasifikasikan menjadi 2 (dua) musim, yaitu musim kemarau (*normal season*) dan musim hujan (*peak season*) sebagai pendekatan kondisi dan karakteristik persebaran permintaan pupuk bersubsidi di daerah dalam periode 1 (satu) tahun. Kedua, Solusi optimal penentuan gudang penyangga yang digunakan adalah solusi optimal pada kondisi musim hujan (*peak season*) dengan mempertimbangkan faktor kendala mencari penambahan gudang pada saat kondisi *peak season* serta kewajiban perusahaan untuk memenuhi penugasan penyaluran pupuk bersubsidi dari pemerintah. Ketiga, dari 33 gudang penyangga yang terletak pada area amatan, terdapat 25 gudang yang terpilih dan 8 gudang yang tidak digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ballou, R. H. (2004). *Business Logistics Management*. Pearson/Prentice Hall.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2001). *Supply Chain Management Strategy, Planning, and Operation*. Prentice Hall.
- Dolma, S. (2010). The central role of the unit of analysis concept in research design. *Istanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi Istanbul University Journal of the School of Business Administration Cilt*, 39(1), 169–174. [www.ifdergisi.org](http://www.ifdergisi.org)
- Firmansyah, H. (1997). *Penentuan Jumlah dan Lokasi Gudang Yang Optimal Dengan Menggunakan Metode Displan*.
- Fristiana Irina. (2017). *Metode Penelitian Terapan*. Parama Ilmu.
- Harrison, A., van Hoek, R., & Hoek, van. (2008). *Logistics Management and Strategy Competing through the supply chain 3rd edition Competing through the supply chain 3rd edition*. [www.pearsoned.co.uk/harrison](http://www.pearsoned.co.uk/harrison)
- Heizer, J., & Render, B. (2001). *Operations Management (Sixth Edition)*. Prentice Hall.
- Hillier F, & Lieberman G J. (2005). *Introduction to operations research*. McGraw-Hill Companies.
- Lambiase, A., Mastrocinque, E., Miranda, S., & Lambiase, A. (2013). Strategic planning and design of supply chains: A literature review. *International Journal of Engineering Business Management*, 5(1), 1–11. <https://doi.org/10.5772/56858>
- Melo, M. T., Nickel, S., & Saldanha-da-Gama, F. (2009). Facility location and supply chain management – A review. *European Journal of Operational Research*, 196(2), 401–412. <https://doi.org/10.1016/J.EJOR.2008.05.007>
- Pujawan, I. N., & Mahendrawathi. (2017). *Supply Chain Management (Edisi 3)*. ANDI.
- Richard, G. (2014). *Warehouse Management*. Kogan Page.
- Rushton, A., Baker, P., & Croucher, P. (2010). *The Handbook of Logistics & Distribution Management (Fourth Edition)*. Kogan Page.

---

Sitepu, R., & Gultom, D. B. (2011). Analisis Cluster terhadap Tingkat Pencemaran Udara pada Sektor Industri di Sumatera Selatan. In *Jurnal Penelitian Sains* (Vol. 14).

Suharyadi, & Purwanto. (2013). *Statistika untuk Ekonomi dan Keuangan Modern* (Edisi 2). Salemba Empat.