



TUGAS AKHIR – TI 141501

**ANALISIS SISTEM DISTRIBUSI PUPUK PHONSKA  
PASCA *REVAMPING* PADA PT PETROKIMIA  
GRESIK**

THETA DYAH DAMAYANTI

NRP 2512 100 078

Dosen Pembimbing

Dody Hartanto, S.T., M.T.

NIP. 197912292008121003

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2016



FINAL PROJECT – TI 141501

**DISTRIBUTION SYSTEM ANALYSIS OF PHONSKA  
FERTILIZER POST REVAMPING AT  
PT PETROKIMIA GRESIK**

THETA DYAH DAMAYANTI  
NRP 2512 100 078

Supervisor

Dody Hartanto, S.T., M.T.

NIP. 197912292008121003

DEPARTEMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS SISTEM DISTRIBUSI PUPUK PHONSKA PASCA  
REVAMPING PADA PT PETROKIMIA GRESIK**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada**

**Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya**

Oleh :

**THETA DYAH DAMAYANTI**

**NRP. 2512100078**

**Dosen Pembimbing**



**Dody Hartanto, S.T, M.T**

**NIP. 19791229008121003**



**SURABAYA, JULI 2016**

**JURUSAN  
TEKNIK INDUSTRI**

# **ANALISIS SISTEM DISTRIBUSI PUPUK PHONSKA PASCA REVAMPING PADA PT PETROKIMIA GRESIK**

Nama Mahasiswa : Theta Dyah Damayanti  
NRP : 2512100078  
Dosen Pembimbing : Dody Hartanto, S.T, M.T.

## **ABSTRAK**

Pembangunan Pabrik Phonska V akan berdampak pada penambahan jumlah Pupuk Phonska yang akan diproduksi dan didistribusikan sehingga diperlukan penyesuaian sistem distribusi Pupuk Phonska. Untuk mencapai keuntungan bersaing yang berkelanjutan diperlukan perencanaan dan integrasi dari semua aktivitas dalam rantai pasok. Penulis memiliki usulan penyesuaian sistem distribusi yang harus dilakukan oleh perusahaan pasca *revamping*. Proyek *revamping* merupakan proyek perluasan pabrik yang sudah ada dengan tujuan untuk meningkatkan kapasitas produksi. Pengujian usulan sistem distribusi dilakukan menggunakan metode simulasi. Simulasi digunakan agar nilai-nilai ketidakpastian (*uncertainty*) dari parameter sistem dapat digambarkan lebih sesuai dengan kondisi sistem yang sebenarnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa penambahan kapasitas gudang yang diperlukan akibat peningkatan produksi tanpa merubah sistem distribusi eksisting dan bagaimana sistem distribusi yang sebaiknya digunakan perusahaan tanpa perlu menambah kapasitas gudang eksisting. Wilayah distribusi yang diamati adalah 13 kabupaten/kota di Jawa Timur. Penambahan kapasitas gudang dilakukan dengan mengacu pada hasil simulasi kondisi eksisting. Sementara perubahan sistem distribusi dilakukan pada kebijakan pengiriman dan kebijakan *inventory*.

Kata kunci : Kapasitas Gudang , *Inventory*, Pupuk Phonska, Sistem Distribusi, Simulasi

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

# **DISTRIBUTION SYSTEM ANALYSIS OF PHONSKA FERTILIZER POST REVAMPING AT PT PETROKIMIA GRESIK**

Student Name : Theta Dyah Damyanti  
Student ID : 2512100078  
Supervisor : Dody Hartanto, S.T, M.T.

## **ABSTRACT**

The construction of “Pabrik Phonska V” will increase the amount of Phonska Fertilizer being produced and distributed, thus the existing distribution system need to be adjusted. In order to achieve continuous competitive advantage, it is necessary to implement the integration and planning of supply chain activity. This condition evoke suggestion from the writer regarding adjustment needed to be done by the company after revamping. Revamping project was executed with the purpose of increasing production capacity. However the suggestions need to be verified using simulation. It is because, simulation accomodate uncertainty factors from the system parameter, thus simulation system represent the actual system. This research aim to determine how much additional capacity needed caused by the increasing of production without changing existing distribution system. This research also aim to determine what adjustment need to be done without adding warehouse’s capacity. Observed distribution area consist of 13 region in East Java. The addition of warehouse capacity determined according to the result of simulation of existing condition. Meanwhile distribution system adjustment limited on replenishment and inventory policy.

Keywords : Distribution System, Inventory, Phonska Fertilizer, Simulation, Warehouse Capacity

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan .....	5
1.4 Manfaat .....	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
1.5.1 Batasan .....	6
1.5.2 Asumsi.....	6
1.6 Sistematika Penulisan .....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	9
2.1 Pupuk Subsidi .....	9
2.1.1 Sistem Alokasi Pupuk Subsidi.....	10
2.1.2 Sistem Distribusi Pupuk Subsidi.....	13
2.2 Jaringan Distribusi dalam <i>Supply Chain</i> .....	14
2.3 Transportasi Logistik .....	15
2.3.1 Truk.....	16
2.4 Manajemen Persediaan .....	16
2.5 Model dan Simulasi .....	19



2.5.1	<i>Model</i> .....	19
2.5.2	<i>Simulasi</i> .....	20
2.6	Penelitian Terdahulu .....	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....		23
3.1	Studi Literatur .....	24
3.2	Studi Lapangan .....	24
3.3	Pengumpulan Data .....	24
3.4	Pengembangan Skenario .....	25
3.5	Pengembangan Model Konseptual .....	26
3.6	Validasi Model Konseptual .....	29
3.7	Pembuatan Model Simulasi ARENA .....	29
3.8	Verifikasi dan Validasi Model .....	29
3.9	Eksperimen .....	30
3.10	Analisis dan Interpretasi .....	30
3.11	Kesimpulan dan Saran .....	30
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....		31
4.1	Identifikasi Objek Amatan .....	31
4.1.1	<i>Gambaran Umum Jaringan Distribusi</i> .....	31
4.1.2	<i>Pembagian Wilayah Amatan</i> .....	32
4.1.3	<i>Proyeksi Permintaan Pupuk di Wilayah Jawa Timur</i> .....	34
4.2	<i>Forecasting</i> Permintaan Pupuk Phonska di Wilayah Amatan .....	35
4.3	Model Konseptual pada Sistem Amatan .....	44
4.4	Metode Simulasi .....	46
4.4.1	<i>Simulasi Kondisi Eksisting</i> .....	46
4.4.2	<i>Verifikasi Model</i> .....	49
4.4.3	<i>Validasi Model</i> .....	50

4.4.4	<i>Penentuan Jumlah Replikasi</i> .....	53
4.5	<i>Output</i> Simulasi Kondisi Eksisting.....	54
BAB 5 ANALISIS DAN SIMULASI SKENARIO .....		57
5.1	Analisis <i>Output</i> Simulasi Kondisi Eksisting.....	57
5.2	Perancangan Skenario Perbaikan.....	58
5.2.1	<i>Skenario 1</i> .....	58
5.2.2	<i>Skenario 2</i> .....	67
5.2.3	<i>Skenario 3</i> .....	69
5.3	Analisis Sistem Distribusi.....	72
5.4	Analisis Penambahan Kapasitas Gudang.....	75
5.5	Analisis <i>Output</i> Simulasi Skenario .....	75
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....		79
6.1	Kesimpulan .....	79
6.2	Saran .....	80
DAFTAR PUSTAKA .....		81
LAMPIRAN.....		85
Lampiran 1 : Klastering .....		85
Lampiran 2 : Model Simulasi ARENA.....		91
Lampiran 3 : <i>Reorder Point</i> , <i>Safety Stock</i> , dan 21 Hari Kebutuhan .....		95
Lampiran 4 : Alokasi Pupuk Phonska.....		105
BIODATA PENULIS .....		107

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Permintaan Pupuk Nasional .....	1
Gambar 2.1 Alur Penyusunan RDKK .....	11
Gambar 2.2 Penugasan PSO Pupuk Subsidi 2011-2014.....	12
Gambar 2.3 Alur Distribusi Pupuk Subsidi Wilayah I.....	13
Gambar 2.4 Pola Persediaan .....	17
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian .....	23
Gambar 4.1 Fungsi pada Matlab .....	33
Gambar 4.2 <i>Flowchart Forecasting</i> Permintaan.....	36
Gambar 4.3 <i>Time Series Plot</i> Permintaan Musim Tanam.....	37
Gambar 4.4 <i>Time Series Plot</i> Permintaan Musim Kemarau .....	38
Gambar 4.5 Fungsi <i>Autocorrelation</i> Permintaan Musim Tanam.....	38
Gambar 4.6 Fungsi <i>Autocorrelation</i> Permintaan Musim Kemarau .....	39
Gambar 4.7 <i>Linear Trend Model</i> untuk Permintaan Musim Tanam.....	40
Gambar 4.8 <i>Growth Curve Model</i> untuk Permintaan Musim Tanam.....	40
Gambar 4.9 <i>Quadratic Trend Model</i> untuk Permintaan Musim Tanam.....	41
Gambar 4.10 <i>Linear Trend Model</i> untuk Permintaan Musim Kemarau .....	42
Gambar 4.11 <i>Growth Curve Model</i> untuk Permintaan Musim Kemarau .....	42
Gambar 4.12 <i>Quadratic Trend Model</i> untuk Permintaan Musim Kemarau .....	43
Gambar 4.13 <i>Time Series Plot Forecast</i> Permintaan Pupuk Phonska .....	44
Gambar 4.14 Diagram Aktivitas Kerja Distribusi Pupuk Phonska.....	45
Gambar 4.15 Hasil <i>Check Model</i> Simulasi Distribusi Phonska.....	49
Gambar 4.16 Verifikasi Model Antar Blok.....	50
Gambar 5.1 Perbandingan SS dan 21 Hari Kebutuhan Januari .....	73
Gambar 5.2 Perbandingan SS dan 21 Hari Kebutuhan Desember.....	73

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kapasitas Produksi Pupuk PKG.....	2
Tabel 2.1 Nilai Z Berdasarkan <i>Service Level</i> .....	19
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu .....	22
Tabel 4.1 Asal Pupuk dan Kapasitas Gudang .....	32
Tabel 4.2 Contoh Koordinat Kabupaten/Kota di Jatim.....	32
Tabel 4.3 Klaster Terpilih .....	33
Tabel 4.4 Jarak GP dengan Gudang Gresik .....	34
Tabel 4.5 Permintaan Pupuk Phonska Musim Tanam .....	36
Tabel 4.6 Permintaan Pupuk Phonska Musim Kemarau.....	37
Tabel 4.7 Hasil <i>Autocorrelation</i> Permintaan Musim Tanam.....	39
Tabel 4.8 Hasil <i>Autocorrelation</i> Permintaan Musim Kemarau .....	39
Tabel 4.9 Perbandingan Parameter <i>Error</i> Permintaan Musim Tanam.....	41
Tabel 4.10 Perbandingan Parameter <i>Error</i> Permintaan Musim Kemarau .....	43
Tabel 4.11 Hasil <i>Forecast</i> Permintaan Pupuk Phonska.....	43
Tabel 4.12 Hasil <i>Fitting</i> Distribusi Kedatangan Pupuk .....	47
Tabel 4.13 Perbandingan Jumlah Permintaan Simulasi dengan Sistem Riil .....	51
Tabel 4.14 Hasil Simulasi Kondisi Eksisting Gudang Penyangga .....	54
Tabel 4.15 Hasil Simulasi Kondisi Eksisting Gudang Gresik .....	55
Tabel 5.1 Skenario Perbaikan .....	58
Tabel 5.2 Hasil Simulasi Skenario 1 Gudang Penyangga.....	58
Tabel 5.3 Hasil Simulasi Skenario 1 Gudang Gresik.....	59
Tabel 5.4 Gudang Penyangga Kurang Kapasitas .....	59
Tabel 5.5 Penambahan Kapasitas Kediri 2 Ringinrejo .....	60
Tabel 5.6 Biaya Penambahan Kapasitas Kediri 2 Ringinrejo .....	61
Tabel 5.7 Penambahan Kapasitas Malang Pakisaji.....	62
Tabel 5.8 Biaya Penambahan Kapasitas Malang Pakisaji .....	62
Tabel 5.9 Penambahan Kapasitas Mojokerto 2 Trowulan .....	63
Tabel 5.10 Biaya Penambahan Kapasitas Mojokerto 2 Trowulan.....	63
Tabel 5.11 Penambahan Kapasitas Mojokerto 3 Kemlagi .....	64

Tabel 5.12 Biaya Penambahan Kapasitas Mojokerto 3 Kemlagi .....	64
Tabel 5.13 Penambahan Kapasitas Pasuruan 3 Pelabuhan .....	65
Tabel 5.14 Biaya Penambahan Kapasitas Pasuruan 3 Pelabuhan .....	65
Tabel 5.15 Penambahan Kapasitas Pasuruan Kejayan .....	66
Tabel 5.16 Biaya Penambahan Kapasitas Pasuruan Kejayan .....	66
Tabel 5.17 Penambahan Kapasitas Sidoarjo 2 By Pass .....	67
Tabel 5.18 Biaya Penambahan Kapasitas Sidoarjo 2 By Pass .....	67
Tabel 5.19 Hasil Simulasi Skenario 1 Gudang Penyangga .....	68
Tabel 5.20 Hasil Simulasi Skenario 1 Gudang Gresik .....	69
Tabel 5.21 Ketersediaan Kapasitas Gudang Penyangga .....	70
Tabel 5.22 Kapasitas GP Setelah Penambahan .....	70
Tabel 5.23 Hasil Simulasi Skenario 3 .....	71
Tabel 5.24 Perbandingan Alokasi dengan Realisasi Pengiriman .....	74
Tabel 5.25 Perbandingan Jumlah <i>Demand</i> Terpenuhi .....	76
Tabel 5.26 Perbandingan Rata-rata dan Frekuensi Kekurangan .....	77

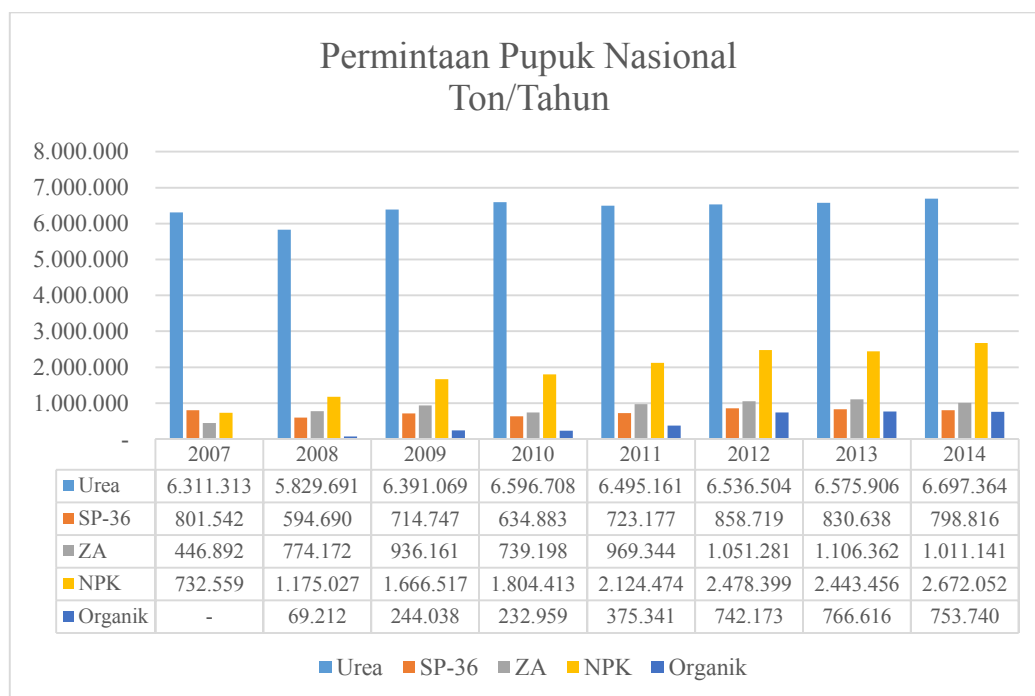
# BAB 1

## PENDAHULUAN

Pada Bab 1 dijelaskan mengenai hal-hal yang menjadi landasan dalam melakukan penelitian, meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan laporan penelitian.

### 1.1 Latar Belakang

Pupuk merupakan faktor penting dalam produksi bagi sektor pertanian. Pupuk menyumbang hingga 20% terhadap keberhasilan peningkatan produksi pertanian khususnya beras. Dengan demikian sangat penting untuk menjamin kestabilan harga dan kelancaran distribusi pupuk dari produsen hingga ke petani (Kementrian Sekretaris Negara RI, 2009). Pentingnya peran pupuk dalam sektor pertanian membuat permintaan pupuk nasional rata-rata mengalami peningkatan dari tahun ke tahun.



Gambar 1.1 Permintaan Pupuk Nasional (Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia, 2015)



PT Petrokimia Gresik merupakan salah satu produsen pupuk nasional yang berada di bawah naungan Pupuk Indonesia  *Holding Company* (PIHC) bertanggung jawab memproduksi dan menyalurkan pupuk bersubsidi. Menurut Peraturan Menteri Pertanian No. 60/Permentan/SR.310/12/2015, pupuk bersubsidi merupakan barang dalam pengawasan yang pengadaannya dan penyalurannya mendapat subsidi dari pemerintah untuk kebutuhan kelompok tani dan/atau petani di sektor pertanian. Hingga tahun 2015, PT Petrokimia Gresik memiliki 15 unit produksi pupuk dengan kapasitas produksi mencapai 4.480.000 ton/tahun.

Tabel 1.1 Kapasitas Produksi Pupuk PKG

<b>Pupuk</b>	<b>Jumlah Pabrik</b>	<b>Kapasitas (ton/tahun)</b>
Pupuk Urea	1	460.000
Pupuk Fosfat	1	500.000
Pupuk ZA	3	750.000
Pupuk NPK :		
- Phonska I	1	450.000
- Phonska II & III	2	1.200.000
- Phonska IV	1	600.000
- NPK I	1	90.000
- NPK II	1	120.000
- NPK III & IV	2	240.000
- NPK Blending	1	60.000
Pupuk Petroganik	1	10.000
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>4.480.000</b>

Sumber : Dept. Distribusi Wilayah II PKG, 2015

Salah satu jenis pupuk subsidi yang diproduksi dan didistribusikan ke petani yaitu Pupuk Phonska yang merupakan merek dagang PT Petrokimia Gresik untuk jenis pupuk NPK subsidi. Pabrik Pupuk Phonska merupakan pabrik pupuk dengan kapasitas total paling besar yang dimiliki oleh PT Petrokimia Gresik yaitu mencapai 2,5 juta ton/tahun. Salah satu bahan baku utama yang digunakan dalam proses pembuatan Pupuk Phonska adalah Asam Fosfat. Saat ini, PT Petrokimia Gresik memiliki pabrik Asam Fosfat dengan kapasitas produksi 200.000 ton/tahun dan pabrik Asam Fosfat  *joint venture* dengan Jordan Phosphate Mine Co. (JPMC)

yang memiliki kapasitas produksi 200.000 ton/tahun. Kebutuhan Asam Fosfat yang mencapai 550.000 ton/tahun membuat kebutuhan lebih besar daripada pasokan Asam Fosfat sehingga dilakukan impor Asam Fosfat untuk memenuhi kebutuhan bahan baku.

Untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor Asam Fosfat, PT Petrokimia Gresik membangun pabrik Asam Fosfat melalui Proyek *Revamping* Pabrik Asam Fosfat II dengan kapasitas produksi 200.000 ton/tahun. Proyek *revamping* merupakan proyek perluasan pabrik yang sudah ada dengan tujuan untuk meningkatkan kapasitas produksi. Proyek *Revamping* Pabrik Asam Fosfat diharapkan mampu menurunkan impor Asam Fosfat sebesar 200.000 ton/tahun untuk bahan baku Pabrik Phonska sehingga perusahaan dapat melakukan penghematan mencapai Rp 1,391 triliun/tahun (Media Internal Petrokimia Gresik No.266, 2015).

Setelah proyek *revamping* selesai, PT Petrokimia Gresik memiliki kemampuan produksi Asam Fosfat sebesar 600.000 ton/tahun. Dengan demikian perusahaan akan mengalami *surplus* bahan baku sebesar 50.000 ton/tahun. Untuk mengatasi *surplus* tersebut, PT Petrokimia Gresik berencana akan membangun Pabrik Phonska V dengan kapasitas produksi 600.000 ton/tahun pada tahun 2018. Proyek *Revamping* Asam Fosfat secara tak langsung akan berdampak pada peningkatan total kapasitas produksi Pupuk Phonska. Peningkatan kapasitas produksi ini selanjutnya juga akan mempengaruhi seluruh rantai pasok Pupuk Phonska. Menurut Ballou (2004), rantai pasok mencakup semua kegiatan fungsional yang berkaitan dengan aliran dan perubahan barang dari tahap bahan baku hingga barang jadi diterima oleh *end-customer*. Untuk mencapai keuntungan bersaing yang berkelanjutan diperlukan perencanaan dan integrasi dari semua aktivitas dalam rantai pasok.

Perancangan jaringan *supply chain* merupakan satu kegiatan strategis yang harus dilakukan pada *supply chain management* dan mencakup keputusan mengenai lokasi, jumlah, serta kapasitas fasilitas produksi dan distribusi. Tujuan dari keberadaan jaringan *supply chain* adalah untuk memenuhi kebutuhan pelanggan yang bisa berubah dari waktu ke waktu (Klibi et al, 2010 dalam Pujawan, 2010). Implementasi strategi *supply chain* hanya bisa berlangsung secara efektif

apabila *supply chain* memiliki jaringan dengan konfigurasi yang sesuai. Konfigurasi jaringan *supply chain* sangat berpengaruh terhadap efisiensi dan kecepatan respon *supply chain* tersebut (Pujawan, 2010).

Penelitian ini berfokus pada jaringan distribusi Pupuk Phonska dari pabrik hingga ke gudang penyangga yang terdiri dari dua eselon yaitu gudang Gresik dan gudang penyangga yang pengirimannya menggunakan truk dengan kapasitas yang bervariasi. Dalam mendistribusikan pupuk subsidi, PT Petrokimia Gresik tidak memiliki kebijakan *replenishment* yang pasti. Pengiriman dilakukan dengan acuan kebutuhan minimal yang harus tersedia di gudang penyangga yaitu 3 minggu atau 21 hari kebutuhan pada bulan berikutnya di setiap wilayah sesuai dengan Permendag RI No. 15/M-DAG/PER/4/2013. Sedangkan strategi transportasi yang digunakan oleh perusahaan yaitu dengan memanfaatkan pihak ketiga atau rekanan transportir. Strategi ini menyebabkan perusahaan tidak melakukan *controlling* terhadap kapasitas dan jenis moda transportasi yang digunakan untuk mendistribusikan pupuk. Perusahaan hanya akan menerbitkan *order* kerja yang harus diselesaikan dalam jangka 10 hari, selanjutnya kebijakan pengambilan dan pengiriman diserahkan kepada rekanan transportir. Untuk membuat model yang dapat merepresentasikan kondisi riil, maka faktor-faktor ketidakpastian seperti kebijakan *replenishment* dan waktu pengambilan pupuk di gudang oleh transportir harus dipertimbangkan dalam model. Melalui simulasi, nilai-nilai ketidakpastian (*uncertainty*) dari parameter sistem dapat digambarkan lebih sesuai dengan kondisi sistem yang sebenarnya.

Pembangunan Pabrik Phonska V akan berdampak pada penambahan jumlah Pupuk Phonska yang akan diproduksi dan didistribusikan sehingga diperlukan penyesuaian sistem distribusi Pupuk Phonska. Penyesuaian sistem distribusi dapat dilakukan dengan melakukan penambahan jumlah dan kapasitas gudang Gresik dan gudang penyangga yang digunakan atau dengan mengubah kebijakan distribusi yang digunakan PT Petrokimia Gresik terkait Pupuk Phonska. Untuk mengetahui apakah sistem distribusi Pupuk Phonska pasca *revamping* Pabrik Asam Fosfat dan pembangunan Pabrik Phonska V mampu mengimbangi peningkatan kapasitas produksi Pupuk Phonska, maka diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai sistem distribusi serta kebijakan *inventory* yang berlaku saat ini.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang, perumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah bagaimana menentukan perbaikan sistem distribusi terkait kebijakan *inventory* dan kebijakan pengiriman serta penambahan kapasitas gudang yang meliputi kapasitas gudang Gresik dan kapasitas gudang penyangga Pupuk Phonska pasca *revamping*.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dilakukan penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Menentukan penambahan kapasitas gudang yang diperlukan pasca *revamping* Pabrik Phonska dengan menggunakan sistem distribusi yang mengacu pada minimal kebutuhan 21 hari di gudang penyangga.
2. Menentukan sistem distribusi Pupuk Phonska untuk mengantisipasi dampak *revamping* Pabrik Phonska dengan kapasitas gudang eksisting.

## **1.4 Manfaat**

Manfaat yang ingin diberikan melalui penelitian ini adalah :

1. Perusahaan dapat memperoleh usulan sistem distribusi yang sesuai dengan peningkatan kapasitas produksi pasca *revamping* pabrik tanpa perlu melakukan penambahan kapasitas gudang.
2. Mengetahui berapa kapasitas gudang Gresik dan gudang penyangga yang diperlukan tanpa merubah sistem distribusi yang mengacu pada peraturan pemerintah yaitu terdapat minimal 21 hari kebutuhan di gudang penyangga sesuai dengan peningkatan kapasitas produksi pasca *revamping* pabrik.

## **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Berikut ini merupakan ruang lingkup yang digunakan selama melakukan penelitian.

### 1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Wilayah sistem distribusi yang diamati adalah wilayah Jawa Timur.
2. Sistem distribusi terdiri dari dua eselon yaitu gudang Gresik dan gudang penyangga.
3. Pengiriman dilakukan dengan jenis moda transportasi truk dengan kapasitas angkut 35 ton.
4. Perubahan sistem distribusi hanya dilakukan pada kebijakan pengiriman dan kebijakan *inventory*.

### 1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Tidak ada perubahan Peraturan Menteri Perdagangan dan Peraturan Menteri Pertanian terkait dengan pupuk subsidi.
2. Tidak terjadi pergeseran musim tanam yaitu antara bulan September – Februari dan musim kemarau yaitu antara bulan Maret – Agustus.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada penyusunan laporan penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

### BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, serta sistematika penulisan laporan penelitian Tugas Akhir.

### BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai studi literatur yang digunakan penulis sebagai landasan teori dalam melakukan penelitian. Landasan teori yang digunakan

berasal dari buku, jurnal, serta situs resmi lembaga terkait yang dapat dipertanggungjawabkan.

### BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai langkah-langkah penelitian serta metode yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian. Tujuannya agar penelitian dilakukan secara sistematis dan terstruktur sesuai dengan metode yang digunakan.

### BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini dijelaskan mengenai data-data yang digunakan dalam penelitian serta pengolahan data sesuai dengan metode penelitian yang digunakan.

### BAB 5 ANALISIS DAN SIMULASI SKENARIO

Pada bab ini dijelaskan mengenai hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya dan dilakukan simulasi skenario yang telah dikembangkan. Selanjutnya dilakukan analisis mengenai hasil yang diperoleh dari pengolahan data tersebut.

### BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan berdasarkan analisis yang menjawab tujuan dilakukan penelitian. Bab ini juga berisi mengenai saran untuk penelitian selanjutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada Bab 2 dijelaskan mengenai teori-teori yang digunakan sebagai landasan teori penelitian meliputi pupuk subsidi, jaringan distribusi dalam *supply chain*, transportasi logistik, model dan simulasi, serta penelitian terdahulu.

#### **2.1 Pupuk Subsidi**

Pupuk bersubsidi merupakan barang dalam pengawasan yang pengadaan dan penyalurannya mendapat subsidi dari pemerintah untuk kebutuhan petani yang dilaksanakan atas dasar program pemerintah. Program Pupuk Bersubsidi ini bertujuan untuk mendukung ketahanan pangan nasional sehingga diperlukan adanya dukungan penyediaan pupuk yang memenuhi prinsip 6 tepat yaitu: jenis, jumlah, harga, tempat, waktu, dan mutu. Pupuk bersubsidi hanya diperuntukan bagi usaha pertanian yang meliputi petani tanaman pangan, peternakan, dan perkebunan rakyat. Penyaluran dan peruntukan pupuk subsidi diatur dalam Peraturan Menteri Perdagangan RI No. 15/M-DAG/PER/4/2013 tentang Pengadaan dan Penyaluran Pupuk Bersubsidi untuk Sektor Pertanian.

Sesuai dengan Permentan RI No. 60/Permentan/SR.310/12/2015, pupuk bersubsidi diperuntukan bagi petani dan/atau petambak yang telah tergabung dalam kelompok tani dan menyusun RDKK, dengan ketentuan : petani yang melakukan usaha tani di bidang tanaman pangan sesuai areal yang diusahakan setiap musim tanam, petani yang melakukan usaha tani di luar bidang tanaman pangan dengan total luasan maksimal 2 (dua) hektar, atau petambak dengan total luasan maksimal 1 (satu) hektar setiap musim tanam. Pupuk bersubsidi tidak diperuntukkan bagi perusahaan tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, peternakan atau perusahaan perikanan budidaya. Pupuk bersubsidi dijual dengan Harga Eceran Tertinggi (HET) yang ditetapkan sebagai berikut:

- Pupuk Urea               = Rp. 1.800; per kg;
- Pupuk SP-36            = Rp. 2.000; per kg;
- Pupuk ZA                = Rp. 1.400; per kg;



- Pupuk NPK = Rp. 2.300; per kg;
- Pupuk Organik = Rp. 500; per kg.

Pupuk bersubsidi berlaku untuk pembelian oleh petani, petambak dan/atau kelompok tani di Lini IV secara tunai dalam kemasan sebagai berikut :

- Pupuk Urea = 50 kg;
- Pupuk SP-36 = 50 kg;
- Pupuk ZA = 50 kg;
- Pupuk NPK = 50 kg;
- Pupuk Organik = 40 kg;

### 2.1.1 Sistem Alokasi Pupuk Subsidi

Ketentuan dasar alokasi pupuk bersubsidi diatur dalam Permentan Nomor 60/Permentan/SR.310/12/2015. Alokasi pupuk subsidi ini tercantum dalam APBN/APBNP yang kemudian diterjemahkan dalam alokasi nasional tiap provinsi. Alokasi tiap provinsi ini kemudian diterjemahkan menjadi alokasi provinsi per kabupaten melalui SK Gubernur yang selanjutnya diterjemahkan menjadi alokasi kabupaten per kecamatan melalui SK Bupati/Walikota. Kebutuhan pupuk bersubsidi dihitung sesuai dengan anjuran pemupukan berimbang spesifik lokasi dengan mempertimbangkan usulan kebutuhan yang diajukan oleh Kepala Dinas Provinsi kepada Direktur Jenderal.

Kebutuhan pupuk bersubsidi dihitung melalui beberapa tahapan, yaitu berdasarkan usulan kebutuhan teknis di lapangan yang diajukan oleh pemerintah daerah secara berjenjang dari Bupati/Walikota kepada Gubernur dan selanjutnya disampaikan kepada Menteri Pertanian dan didasari pada Program Peningkatan Produksi Pertanian. Usulan kebutuhan pupuk subsidi secara *bottom up* tersebut diproses di tingkat pusat dengan memperhatikan kemampuan daya serap pupuk di masing-masing wilayah selama beberapa tahun terakhir serta anggaran subsidi pupuk yang ditetapkan pemerintah.

Alokasi kebutuhan pupuk tiap daerah mengacu pada RDKK (Rencana Definitif Kebutuhan Kelompok) yang telah dibuat oleh kelompok tani. RDKK merupakan rencana kebutuhan pupuk subsidi untuk satu tahun yang disusun berdasarkan musyawarah anggota kelompok tani yang merupakan alat pemesanan

pupuk subsidi kepada gabungan kelompok tani atau penyalur sarana produksi pertanian (Permentan RI No. 60/Permentan/SR.310/12/2015). RDKK dibuat dengan tujuan untuk memberikan panduan kepada Dinas Pertanian baik tingkat provinsi maupun kabupaten/kota agar dapat membimbing kelompok tani merencanakan kebutuhan riil sarana produksi, khususnya kebutuhan pupuk subsidi. Komponen yang terdapat RDKK antara lain: musim tanam; provinsi/kabupaten/kecamatan/desa; nama kelompok tani; komoditi: untuk tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, peternakan, dan perikanan; nama distributor/pengecer resmi; nama petani; luas tanam; serta jumlah kebutuhan pupuk. Berikut ini merupakan alur penyusunan RDKK untuk kebutuhan pupuk subsidi:



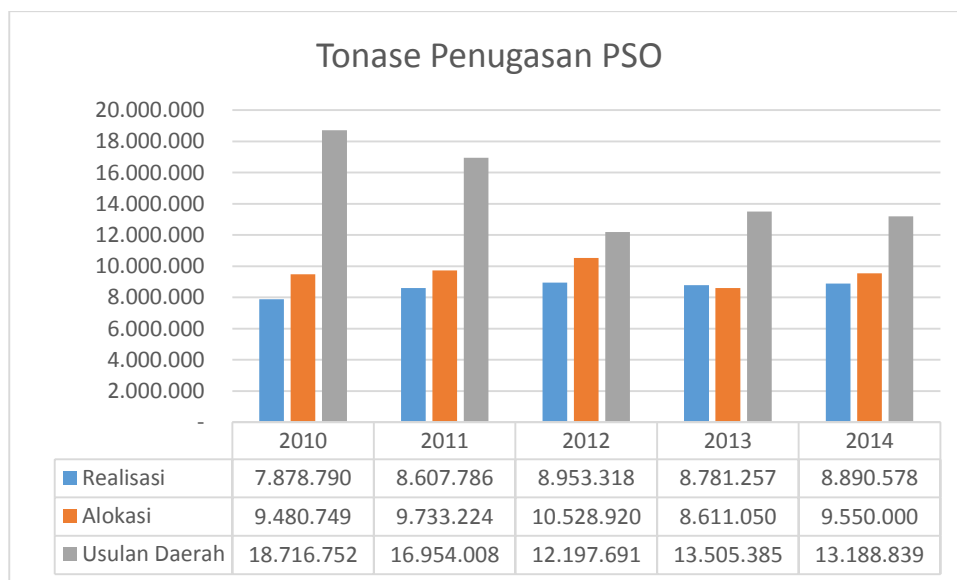
Gambar 2.1 Alur Penyusunan RDKK (Dept. Distribusi Wilayah I PKG, 2015)

Satuan Kerja Dinas Pertanian/ Perkebunan/ Peternakan provinsi harus membentuk Tim Pelaksana Teknis dengan melibatkan penyuluh atau petugas yang berwenang di setiap tahapan dan tingkatan, sebagai berikut:

- Ketua Kelompok Tani dan Penyuluh sebagai penanggungjawab penyusunan RDKK di tingkat kelompok tani.
- Ketua Gabungan Kelompok Tani dan Kepala Desa/Lurah sebagai penanggungjawab pengesahan RDKK ditingkat desa/kelurahan.

- c. Kepala Cabang Dinas (KCD)/ Kepala Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) dan Kepala Balai Penyuluhan Pertanian Perkebunan Peternakan Perikanan dan Kehutanan (BP4K) Kecamatan sebagai penanggungjawab rekapitulasi RDKK di tingkat kecamatan.
- d. Kepala Dinas Pertanian, Perkebunan, Peternakan dan Perikanan kabupaten/kota serta Kepala Badan Pelaksana Penyuluhan sebagai penanggungjawab rekapitulasi RDKK di tingkat kabupaten/kota.
- e. Kepala Dinas Pertanian, Perkebunan, Peternakan dan Perikanan provinsi dan Kepala Badan Koordinasi Penyuluhan sebagai penanggungjawab rekapitulasi RDKK di tingkat provinsi.

Alokasi pemerintah seringkali mengalami perbedaan yang tajam dengan kebutuhan riil. Perbedaan yang terjadi disebabkan karena informasi dari petani yang digunakan untuk menyusun RDKK tidak sesuai dengan kondisi lapangan serta penggunaan pupuk yang berlebihan atau tidak berimbang (Humas PKG, 2015). Berikut merupakan grafik yang menggambarkan penugasan *Public Service Obligation* (PSO) pupuk bersubsidi tahun 2011 – 2014.

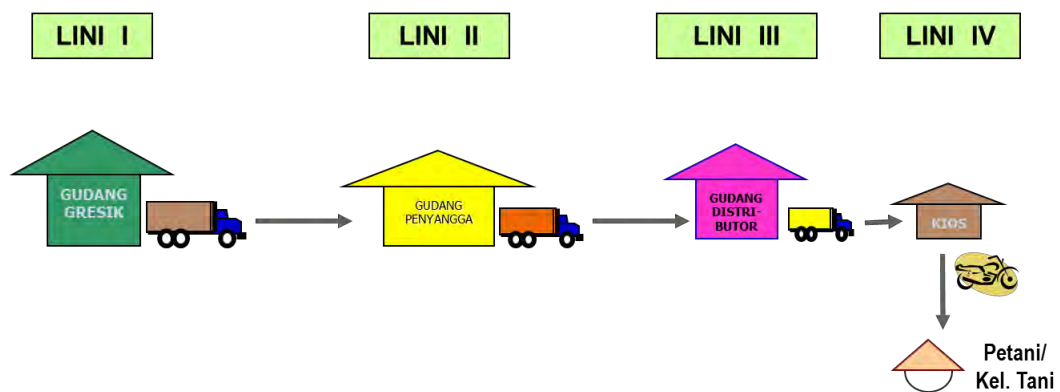


Gambar 2.2 Penugasan PSO Pupuk Subsidi 2011-2014 (Dept. Distribusi Wilayah I PKG, 2015)

### 2.1.2 Sistem Distribusi Pupuk Subsidi

Ketentuan dasar penyaluran pupuk bersubsidi diatur dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 15 tahun 2011 mengenai Perubahan atas Peraturan Presiden No. 77 Tahun 2005 tentang Penetapan Pupuk Bersubsidi sebagai Barang dalam Pengawasan, serta Permendag No.15/M-DAG/PER/4/2013 tentang Pengadaan dan Penyaluran Pupuk Bersubsidi untuk Sektor Pertanian. Pupuk subsidi merupakan barang dalam pengawasan. Pengawasan yang dilakukan mencakup pengadaan dan penyaluran, termasuk jenis, jumlah, mutu, wilayah pemasaran, dan harga eceran tertinggi (HET), serta waktu pengadaan dan penyaluran.

Dalam menjalankan mekanisme penyaluran pupuk bersubsidi, PT Petrokimia Gresik mengacu pada Permendag No.15/M-DAG/PER/4/2013 tentang Pengadaan dan Penyaluran Pupuk Bersubsidi Untuk Sektor Pertanian. Sistem distribusi pupuk bersubsidi yang dilakukan oleh PT Petrokimia Gresik terdiri dari 4 (empat) lini penyaluran. Berikut ini merupakan sistem penyaluran pupuk subsidi PT Petrokimia Gresik :



Gambar 2.3 Alur Distribusi Pupuk Subsidi Wilayah I (Dept. Distribusi Wilayah I PKG, 2015)

PT Petrokimia Gresik menggunakan sistem distribusi yang memanfaatkan DC (*Distribution Center*) dan gudang penyangga untuk efisiensi biaya. Definisi gudang lini antara lain :

- a. Gudang Lini I adalah lokasi gudang pupuk di wilayah pabrik produsen atau pelabuhan tujuan untuk impor.
- b. Gudang Lini II adalah lokasi gudang di wilayah ibukota provinsi dan Unit Pengantongan Pupuk (UPP) atau di luar wilayah pelabuhan.
- c. Gudang Lini III adalah lokasi gudang produsen dan/atau distributor di wilayah kabupaten/kota yang ditunjuk atau ditetapkan oleh produsen.
- d. Gudang Lini IV adalah gudang atau kios pengecer di wilayah kecamatan dan/atau desa yang ditunjuk atau ditetapkan oleh distributor.

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

Distribusi berkaitan dengan serangkaian proses untuk memindahkan dan menyimpan produk dari tingkat produsen sampai ke tingkat konsumen dalam *supply chain*. Distribusi muncul di setiap tahap dalam *supply chain*, bahan baku dan komponen berpindah dari *suppliers* ke manufaktur, produk jadi berpindah dari manufaktur hingga ke konsumen. Distribusi berpengaruh terhadap biaya *supply chain* serta *service level* perusahaan terhadap konsumen (Chopra & Meindl, 2007). Jaringan distribusi yang digunakan dapat disesuaikan tujuan *supply chain* perusahaan seperti biaya rendah tetapi *low responsiveness* atau *high responsiveness* dengan biaya tinggi. Perubahan terhadap desain jaringan distribusi akan mempengaruhi biaya *supply chain* seperti biaya persediaan, biaya transportasi, biaya fasilitas dan *handling*, serta informasi. Jaringan distribusi tidak hanya berkaitan dengan serangkaian fasilitas yang mengerjakan fungsi-fungsi fisik seperti penyimpanan dan pengangkutan, tetapi merupakan bagian integral dari kegiatan *supply chain* serta mempunyai peran strategis sebagai titik penyalur produk dan informasi serta sebagai wahana untuk menciptakan nilai tambah (Pujawan, 2010).

Keputusan yang diambil dalam merancang suatu jaringan distribusi berkaitan dengan peran fasilitas, lokasi manufaktur, tempat penyimpanan, atau fasilitas yang berhubungan dengan transportasi, serta alokasi dari tiap kapasitas fasilitas dan alokasi *supply*. Menurut Pujawan (2010), secara umum terdapat tiga strategi distribusi produk dari pabrik hingga konsumen yang masing-masing strategi memiliki keunggulan dan kelemahan. Ketiga strategi tersebut antara lain :

- Pengiriman langsung (*direct shipment*)  
Pengiriman produk langsung dari pabrik ke konsumen tanpa melalui gudang atau fasilitas penyangga. Strategi ini cocok digunakan untuk barang yang memiliki umur pendek dan mudah rusak dalam proses bongkar/muat atau pengiriman.
- Pengiriman melalui *warehouse*  
Barang dikirim ke pelanggan dari pabrik melalui satu atau lebih gudang atau fasilitas penyangga. Strategi ini cocok untuk produk yang permintaan dan/atau *supply*-nya memiliki ketidakpastian yang tinggi serta produk yang memiliki daya tahan relatif lama.
- *Cross-docking*  
Produk akan mengalir lewat fasilitas *cross-docking* yang berada diantara pabrik dan pelanggan. Kendaraan penjemput dan pengirim akan bertemu dan terjadi transfer beban.

### 2.3 Transportasi Logistik

Transportasi merupakan kegiatan yang berkaitan dengan perpindahan barang dari satu lokasi ke lokasi yang lain mulai dari hulu *supply chain* hingga ke konsumen. Transportasi merupakan salah satu kunci penting dalam *supply chain* karena sangat jarang ditemui produk diproduksi dan dikonsumsi pada lokasi yang sama (Chopra & Meindl, 2007). Strategi transportasi yang efektif dan efisien berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan bersaing perusahaan, skala ekonomi produksi yang lebih baik, serta dapat mengurangi biaya penjualan produk. Transportasi dalam *supply chain* secara umum dikategorikan menjadi lima jenis moda antara lain: transportasi air, kereta api, truk, udara, dan pipa. Pengambilan keputusan mengenai strategi transportasi memperhatikan beberapa karakteristik umum dari pelayanan transportasi seperti harga, waktu rata-rata pengiriman, serta *loss and damage experience* (Ballou, 2003).

Dari sudut pandang pengirim atau *carrier*, hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam mengambil keputusan mengenai transportasi adalah biaya-biaya yang terlibat, mulai dari biaya alat transportasi (bisa berupa biaya beli atau

sewa alat transportasi), biaya operasional tetap, dan biaya operasional variabel dimana besarnya tergantung pada volume angkut, harga BBM, dan jarak.

### 2.3.1 Truk

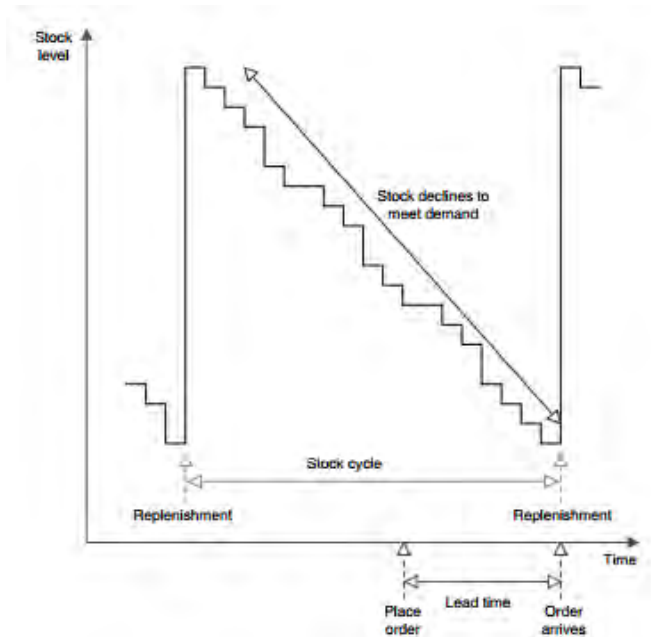
Truk merupakan salah satu jenis moda transportasi dalam kegiatan *supply chain* yang dapat melayani pengiriman untuk barang jadi maupun barang setengah jadi. Fleksibilitas pengiriman baik rute maupun waktu kirim dengan menggunakan jenis moda ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan jenis moda transportasi lain. Industri truk terdiri dari dua segmen utama yaitu: *full truckload* (TL) dan *less than truckload* (LTL). Biaya operasional segmen TL dihitung hanya berdasarkan jarak tempuh pengiriman, biaya jumlah barang yang dikirim dihitung sesuai dengan kapasitas penuh truk. Sedangkan jenis LTL, biaya operasional dihitung berdasarkan jumlah barang yang dikirim dan jarak pengiriman. Biaya pengiriman dengan menggunakan truk lebih mahal jika dibandingkan dengan kereta api, tetapi lebih fleksibel untuk pengiriman dari pintu ke pintu serta memiliki waktu pengiriman yang relatif lebih pendek.

Ditinjau dari segi biaya, TL memiliki *fixed cost* yang relatif rendah. Pengiriman TL cocok untuk kegiatan transportasi antara fasilitas manufaktur dengan *warehouse* atau antara *suppliers* dengan manufaktur. LTL digunakan untuk mendukung kegiatan pengiriman dengan jumlah kecil. Pengiriman dengan LTL membutuhkan waktu kirim yang lebih lama dibandingkan dengan TL. Pengiriman LTL cocok digunakan untuk barang yang terlalu besar untuk dikirimkan sebagai paket kecil tetapi besarnya kurang dari setengah muatan truk.

## 2.4 Manajemen Persediaan

Persediaan muncul sebagai akibat ketidakpastian baik dari segi waktu pengiriman, permintaan barang, ketidaktahuan terhadap suatu informasi, maupun karena motif ekonomi dalam melakukan suatu kegiatan produksi atau pengiriman (Pujawan, 2010). Berdasarkan bentuknya persediaan diklasifikasikan menjadi *pipeline/transit inventory* yaitu persediaan yang muncul karena *lead time* pengiriman, *cycle stock* yaitu persediaan akibat motif memenuhi skala ekonomi, *safety stock* yaitu persediaan yang berfungsi sebagai perlindungan terhadap

ketidakpastian permintaan maupun pasokan, serta *anticipation stock* yaitu persediaan yang dibutuhkan untuk mengantisipasi kenaikan permintaan. Biasanya pengiriman dari *suppliers* relatif lebih besar dan jarang dilakukan, sementara permintaan dari konsumen lebih kecil dan sering, membuat pola persediaan seperti pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Pola Persediaan (Waters, 2003)

Dalam *supply chain* multi-eselon terdapat beberapa *stages* dan kemungkinan juga terdapat banyak pemain di setiap *stage*. Kurangnya koordinasi dalam menentukan *lot sizing* pada seluruh *supply chain* akan berdampak pada peningkatan biaya dan jumlah *cycle inventories* lebih banyak dari yang dibutuhkan. Tujuan dari sistem multi-eselon adalah untuk menurunkan total biaya dengan melakukan koordinasi pada seluruh elemen dalam *supply chain* (Chopra & Meindl, 2007).

Salah satu cara untuk melakukan manajemen persediaan untuk menghadapi ketidakpastian yaitu dengan menentukan kapan *replenishment* harus dilakukan (Arief, 2014). Pujawan (2010) menjelaskan salah satu cara yang dapat digunakan untuk menentukan kapan pemesanan perlu dilakukan dengan



menetapkan sebuah batas yang disebut *reorder point* (ROP). ROP dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1.

$$ROP = \text{permintaan selama lead time} + \text{safety stock} \quad (2.1)$$

Besarnya nilai *safety stock* tergantung pada ketidakpastian pasokan maupun permintaan. Apabila permintaan per periode maupun *lead time* sama-sama konstan maka tidak diperlukan *safety stock* karena permintaan selama *lead time* memiliki standar deviasi nol. *Safety stock* berfungsi untuk melindungi kesalahan dalam memprediksi permintaan selama *lead time*. Dalam kondisi normal, ketidakpastian pasokan bisa diwakili oleh standar deviasi *lead time* dari *supplier*, yaitu waktu antara perusahaan memesan sampai material atau barang diterima. Sedangkan ketidakpastian permintaan biasanya diwakili oleh standar deviasi besarnya permintaan per periode. Dalam menghitung *safety stock* juga memperhatikan *service level*. *Service level* merupakan tingkat kemampuan perusahaan dalam memenuhi permintaan pasar. Menurut Waters (2003), *safety stock* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2.

$$\text{Safety Stock} = Z \times \sigma \times \sqrt{LT} \quad (2.2)$$

Keterangan :

$Z$  = *Probabilities of Percentage of cycles with shortages* (Tabel Statistik Distribusi Normal)

$\sigma$  = standar deviasi

$LT$  = *Lead Time*

Semakin besar nilai  $Z$  atau semakin tinggi nilai *service level* maka semakin tinggi jumlah *safety stock* yang dibutuhkan sehingga probabilitas terjadinya *shortages* (kekurangan stok) juga semakin kecil. Berikut ini merupakan tabel yang menunjukkan hubungan nilai  $Z$  dengan *service level*:

Tabel 2.1 Nilai Z Berdasarkan *Service Level*

Z	<i>Cycle Service Level (%)</i>	<i>Cycle with Shortages (%)</i>
0,00	50	50
0,84	80	20
1,04	85	15
1,28	90	10
1,48	93	7
1,64	95	5
1,88	97	3
2,33	99	1
2,58	99,5	0,5
3,00	99,9	0,1

Sumber : Waters, 2003

## 2.5 Model dan Simulasi

Berikut ini akan dijelaskan mengenai model dan simulasi.

### 2.5.1 Model

Permodelan merupakan suatu proses merepresentasikan suatu sistem kompleks yang disederhanakan dengan tujuan untuk memperoleh prediksi dari pengukuran terhadap kinerja sistem tersebut. Representasi dari model kompleks yang disederhanakan ini disebut model. Model dirancang untuk meniru aspek perilaku dari sistem yang dimodelkan dalam rangka memperoleh pemahaman terhadap perilaku sistem (Morris, 1967 dalam Altiok, 2007). Selain digunakan berdasarkan pertimbangan ekonomi, permodelan juga dilakukan dengan tujuan seperti :

- Evaluasi terhadap kinerja sistem dalam skenario normal maupun rekayasa skenario.
- Memprediksi kinerja suatu rancangan sistem.
- Membandingkan beberapa rancangan berbeda dan melakukan analisa terhadap *tradeoff* rancangan tersebut.

Bentuk model dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori, antara lain:

- Model fisik, yaitu tiruan sederhana dari sebuah objek fisik yang ukurannya dipekecil, contohnya model pesawat terbang.
- Model matematika atau model analitis, yaitu serangkaian persamaan dan hubungan yang ditulis dalam notasi matematika.
- Model komputer, sebuah program dalam komputer yang mendeskripsikan sistem kompleks yang ditiru. Sebuah model komputer dengan elemen-elemen acak disebut juga dengan model simulasi.

### 2.5.2 Simulasi

Simulasi merupakan serangkaian metode dan aplikasi untuk meniru perilaku sebuah sistem. Simulasi pada umumnya dilakukan dengan menggunakan suatu perangkat lunak komputer (Kelton, et. al., 2007).

Pada umumnya simulasi dibagi menjadi 3 tipe antara lain :

- Simulasi Statis dan Dinamis  
Simulasi statis merupakan salah satu jenis simulasi yang tidak berdasarkan waktu atau tidak dipengaruhi oleh waktu. Simulasi statis sering menggunakan *random samples* untuk menghasilkan *statistical outcome*. Contoh simulasi statis adalah simulasi Monte Carlo. Simulasi dinamis merupakan salah jenis simulasi yang dipengaruhi oleh waktu.
- Simulasi Stokastik dan Deterministik  
Simulasi stokastik atau juga disebut sebagai simulasi probabilistik merupakan salah satu jenis simulasi dengan 1 atau lebih *input*-nya merupakan variabel *random* sehingga akan memiliki nilai *output* yang random. Sedangkan simulasi deterministik merupakan salah satu jenis simulasi dengan nilai *input* yang bersifat konstan serta menghasilkan nilai *output* yang juga bersifat konstan.
- *Discrete Event* dan *Continuous Event*  
*Discrete event* merupakan sebuah perubahan kondisi dari suatu kejadian yang terjadi secara tiba-tiba pada waktu tertentu.

Sedangkan *continuous event* merupakan sebuah perubahan kondisi dari suatu kejadian yang terjadi secara terus-menerus berubah sepanjang waktu.

Secara umum terdapat 8 (delapan) langkah yang digunakan untuk membangun sebuah simulasi, antara lain :

1. Analisis permasalahan dan pengumpulan informasi  
Dalam melakukan analisis permasalahan, aktivitas yang dilakukan meliputi identifikasi parameter *input*, ukuran kinerja yang menjadi perhatian, hubungan antar parameter dan variabel, dan lain sebagainya.
2. Pengumpulan data  
Pengumpulan data diperlukan untuk melakukan estimasi terhadap parameter *input* dari model. Pengumpulan data juga diperlukan untuk proses validasi model.
3. Pembangunan model  
Pembangunan model dalam bentuk model komputer dilakukan ketika permasalahan yang dimodelkan sudah jelas dan dipahami serta pengumpulan data yang mendukung telah diperoleh.
4. Verifikasi model  
Verifikasi model bertujuan untuk mengetahui kesesuaian model terhadap logika atau struktur yang diinginkan pembuat model. Kalimat sederhananya, apakah ada kesalahan dalam program? (Hoover & Perry, 1989 dalam Ibnusalam, 2015).
5. Validasi model  
Validasi model merupakan perbandingan model dengan perilaku sistem yang sesungguhnya. Model harus dapat merepresentasikan sistem yang dimodelkan. Validasi dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara model dan kondisi *real system* memiliki perbedaan yang signifikan atau tidak (Ibnusalam, 2015).
6. Merancang dan menjalankan simulasi  
Setelah model valid, dilakukan perancangan untuk beberapa skenario untuk mengetahui kinerja model. Kemudian skenario

tersebut dijalankan dalam simulasi untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

7. Analisis hasil

Hasil dari proses simulasi selanjutnya dianalisis sehingga dapat diperoleh alternatif solusi yang dapat diajukan untuk menyelesaikan masalah.

8. Rekomendasi

Selanjutnya dapat diberikan rekomendasi terbaik dari beberapa alternatif solusi untuk menyelesaikan permasalahan.

## 2.6 Penelitian Terdahulu

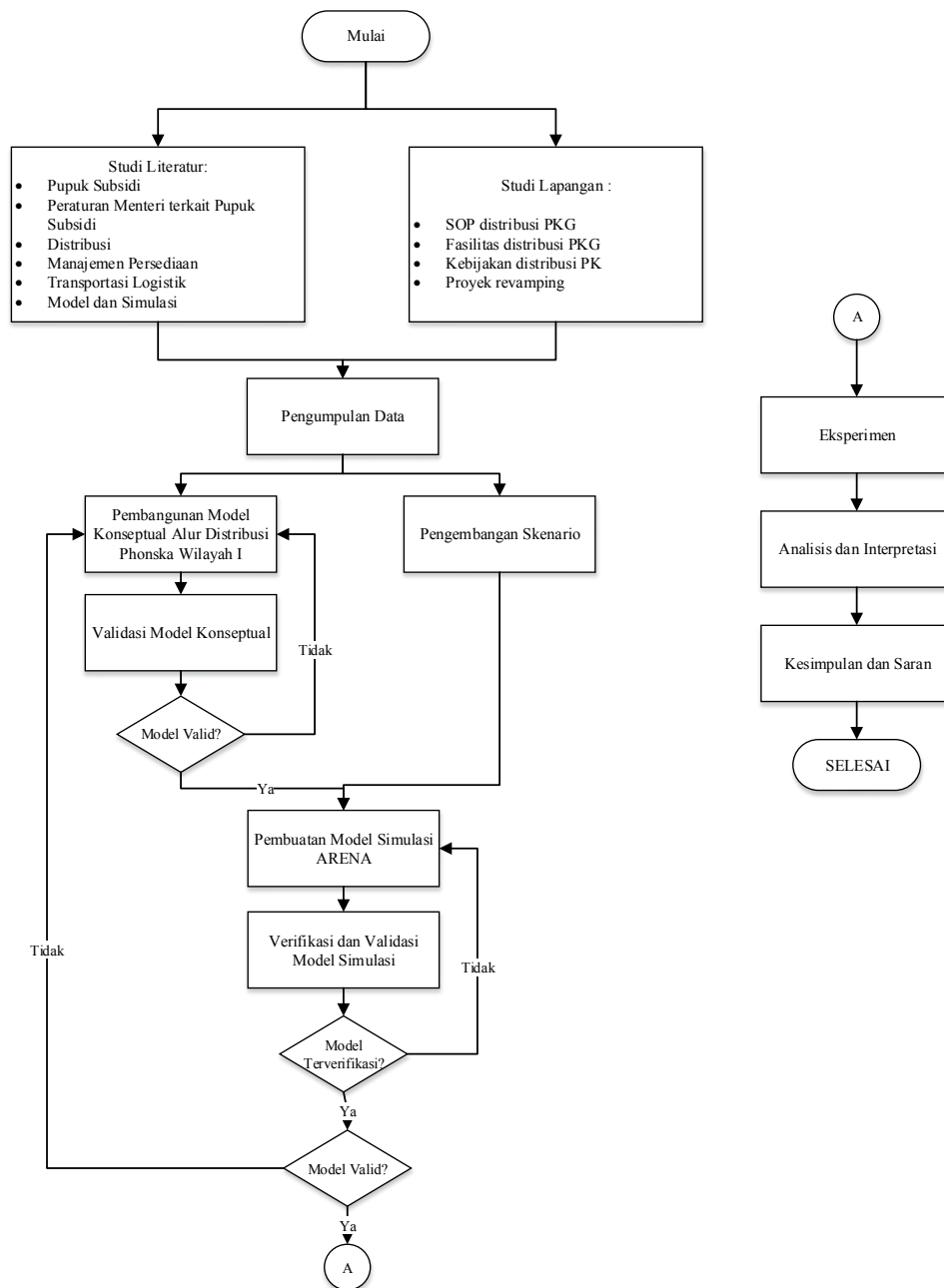
Berikut merupakan beberapa penelitian yang pernah dilakukan terkait dengan permasalahan distribusi di PT Petrokimia Gresik :

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul	Metode
Lestari (2013)	Optimasi dan Perancangan Sistem Penunjang Keputusan Penjadwalan Kapal untuk Distribusi Pupuk Curah PT Petrokimia Gresik	Sistem Penunjang Keputusan, <i>Inventory ship routing</i>
Aristya (2013)	Penentuan Jumlah dan Lokasi Gudang Penyangga PT Petrokimia Gresik untuk Wilayah Jawa Timur Pasca Aplikasi <i>Single Responsibility Concept</i>	<i>Integer Programming</i>
Kresna (2014)	Algoritma <i>Simulated Annealing</i> untuk Menyelesaikan <i>Single Stage Capacited Warehouse Location Problem</i> (Studi Kasus: PT Petrokimia Gresik)	Algoritma <i>Simulated Annealing</i>
Lahdji (2015)	Implementasi Algoritma <i>Hybrid Cross-Entropy Genetic</i> untuk Menyelesaikan <i>Single Stage Capacited Warehouse Location Problem</i> (Studi Kasus: PT Petrokimia Gresik)	Algoritma <i>Hybrid Cross-Entropy Genetic</i>

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab 3 dijelaskan mengenai metodologi yang digunakan dalam penelitian. Dijelaskan juga mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan agar penelitian dapat berjalan secara sistematis dan terstruktur.



Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

### **3.1 Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh referensi sebagai pengetahuan dan dasar penulis dalam melakukan penelitian. Hal-hal yang menjadi tinjauan dalam tahap studi literatur ini antara lain mengenai pupuk subsidi, peraturan-peraturan terkait alokasi, pengadaan, serta penyaluran pupuk subsidi, pola permintaan pupuk subsidi terutama Pupuk Phonska untuk wilayah Jawa Timur, jaringan distribusi, transportasi logistik, manajemen persediaan, serta mengenai permodelan dan simulasi.

### **3.2 Studi Lapangan**

Studi lapangan merupakan tahap peninjauan kondisi riil pada PT Petrokimia Gresik. Tujuannya yaitu untuk mengetahui kondisi eksisting, mengamati aktivitas serta mekanisme distribusi pupuk subsidi dari pabrik hingga ke gudang penyangga, dan fasilitas distribusi apa saja yang dimiliki oleh PT Petrokimia Gresik. Studi lapangan dilakukan dengan observasi langsung dan wawancara dengan pihak terkait terutama pada Departemen Distribusi Wilayah I PT Petrokimia Gresik yang bertanggung terhadap pengadaan dan penyaluran pupuk subsidi untuk wilayah Jawa dan Bali.

### **3.3 Pengumpulan Data**

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data berdasarkan kebutuhan data yang diperlukan. Data-data yang diperlukan terkait dengan proses distribusi untuk melakukan simulasi antara lain :

- Kapasitas produksi tiap unit produksi pada Pabrik Phonska
- Aktivitas bongkar muat truk pada gudang Gresik dan gudang penyangga
- Biaya distribusi meliputi biaya transportasi dan biaya operasional gudang
- Kapasitas gudang Gresik dan kapasitas gudang penyangga
- Data historis persediaan harian Pupuk Phonska di gudang Gresik dan gudang penyangga

- Alokasi Pupuk Phonska dan permintaan Pupuk Phonska tiap daerah di wilayah Jawa Timur
- Jumlah gudang penyangga dan lokasinya di wilayah Jawa Timur
- Deskripsi mengenai proses distribusi Pupuk Phonska

Data pada sistem distribusi Pupuk Phonska PT Petrokimia Gresik dibagi menjadi tiga kelompok data, yaitu:

- Data struktural, merupakan kelompok data yang meliputi objek pada sistem yang dimodelkan berupa entitas, *resource*, dan lokasi. Data struktural pada sistem distribusi Pupuk Phonska PT Petrokimia Gresik antara lain entitas yaitu Pupuk Phonska, *resource* yaitu pabrik, gudang, dan truk, serta lokasi dari masing gudang di wilayah amatan.
- Data operasional, merupakan data yang menjelaskan bagaimana sistem bekerja. Data operasional pada sistem distribusi Pupuk Phonska PT Petrokima Gresik antara lain alur distribusi Pupuk Phonska, kebijakan penyaluran pupuk subsidi, dan prosedur penerbitan *order* kerja.
- Data numeris, merupakan data kuantitatif pada sistem distribusi Pupuk Phonska PT Petrokimia Gresik. Data numeris meliputi kedatangan pupuk dari pabrik ke gudang Gresik, waktu yang dibutuhkan untuk proses bongkar muat, waktu kirim dari gudang Gresik ke gudang penyangga, serta waktu tunggu pupuk diambil oleh rekanan dan distributor.

### 3.4 Pengembangan Skenario

Hipotesis awal yang digunakan sebelum melakukan simulasi yaitu kapasitas gudang tidak cukup menampung alokasi Pupuk Phonska. Sehingga untuk memperbaiki sistem distribusi Pupuk Phonska PT Petrokimia Gresik dilakukan pengembangan skenario. Skenario mempertimbangkan semua kemungkinan kombinasi dari sistem distribusi, kapasitas gudang, waktu penyelesaian *order* kerja,



dan permintaan Pupuk Phonska. Berikut merupakan skenario yang dirancang penulis berdasarkan kebutuhan:

- Jika kapasitas gudang tidak berubah, maka bagaimana sistem distribusi yang sesuai dengan peningkatan produksi pasca *revamping* Pabrik Phonska.
- Jika sistem distribusi mengacu pada peraturan pemerintah yaitu terdapat minimal 21 hari kebutuhan di gudang penyangga, maka berapa penambahan kapasitas gudang yang diperlukan akibat peningkatan produksi pasca *revamping* Pabrik Phonska.
- Jika perusahaan hanya mampu menambah 70% kapasitas gudang penyangga dan perubahan sistem distribusi hanya dilakukan pada lama penyelesaian *order* kerja, berapa persen kekurangan kapasitas gudang yang mungkin terjadi.

### 3.5 Pengembangan Model Konseptual

Model konseptual dibuat untuk menggambarkan sistem operasional pada jaringan distribusi Pupuk Phonska untuk wilayah Jawa Timur. Dalam model ini, digambarkan aliran produk dari tahap produksi hingga didistribusikan ke gudang penyangga. Model konseptual ini selanjutnya akan divalidasi apakah sesuai dengan kondisi riil dengan menilai alur proses dalam model kepada pakar yang merupakan orang-orang yang bergelut langsung dalam sistem riil.

Pada tahap ini juga dilakukan pengelompokan elemen-elemen sistem ke dalam elemen-elemen simulasi antara lain :

- Entitas, merupakan item yang diproses melalui sistem. Dalam sistem distribusi Pupuk Phonska yang termasuk dalam entitas sistem adalah Pupuk Phonska.
- *Resource*, merupakan sumber daya yang digunakan dalam sistem distribusi Pupuk Phonska meliputi Pabrik Phonska, gudang Gresik, gudang penyangga, dan truk.
- *Activities*, merupakan kegiatan yang dilakukan dalam sistem baik langsung maupun tidak langsung. Dalam sistem distribusi Pupuk

Phonska aktivitas yang terjadi dalam sistem antara lain produksi Pupuk Phonska, penyaluran Pupuk Phonska dari produksi hingga ke gudang penyangga, *update* data stok harian di gudang Gresik dan gudang Penyangga, *plotting* jumlah dan tujuan pengiriman, penerbitan *order* kerja, proses penerimaan Pupuk Phonska di gudang Gresik dan gudang penyangga, proses pemuatan Pupuk Phonska di gudang Gresik, dan penyerapan Pupuk Phonska oleh distributor di masing-masing gudang penyangga.

- *Control*, merupakan serangkaian urutan atau aturan yang berlaku dalam sistem distribusi Pupuk Phonska antara lain : alur distribusi Pupuk Phonska dimulai dari Pabrik Phonska ke gudang Gresik dan terakhir ke gudang penyangga, terdapat minimal stok untuk kebutuhan 21 hari pada setiap gudang penyangga, *order* kerja harus diselesaikan transportir maksimal 10 hari.

*System performance metrics* merupakan matriks yang digunakan untuk mengukur performansi sistem. *System performance metrics* yang digunakan untuk mengukur performansi sistem distribusi Pupuk Phonska pada penelitian antara lain:

- *Inventory* atau persediaan, yaitu jumlah pupuk yang disimpan di gudang hingga diambil oleh konsumen. Persediaan digunakan untuk mengukur kemampuan gudang yang dimiliki PT Petrokimia Gresik untuk menampung alokasi Pupuk Phonska yang didistribusikan.
- *Customer responsiveness*, yaitu kemampuan sistem untuk memenuhi permintaan konsumen. Pada penelitian ini yang dianggap sebagai konsumen adalah gudang penyangga. Sehingga *customer responsiveness* merupakan kemampuan perusahaan untuk memenuhi permintaan pada setiap gudang penyangga.

Selanjutnya ditentukan variabel-variabel apa saja yang digunakan dalam membuat model simulasi. Terdapat 3 jenis variabel, antara lain:

- Variabel keputusan, yaitu variabel pada sistem yang dirubah. Variabel keputusan dalam penelitian ini antara lain kapasitas gudang

penyangga dan kapasitas gudang Gresik, kebijakan pengiriman dan kebijakan *inventory*, serta waktu pelaksanaan *order* kerja.

- Variabel respon, yaitu variabel yang digunakan untuk mengukur apakah dengan merubah variabel keputusan akan mempengaruhi variabel respon sesuai dengan ketentuan. Variabel respon pada penelitian ini yaitu jumlah permintaan pupuk yang dapat dipenuhi dan persediaan pupuk (apabila jumlah persediaan pupuk melebihi kapasitas gudang maka akan terjadi *overload* pupuk).
- Variabel status, yaitu status sistem pada waktu tertentu. Variabel status pada sistem distribusi Pupuk Phonska antara lain apabila jumlah persediaan pupuk di gudang kurang dari kapasitas truk maka truk tidak bisa melakukan pengambilan pupuk dan harus menunggu pupuk datang pabrik, serta apabila jumlah persediaan di gudang penyangga kurang dari 21 hari kebutuhan maka distributor tidak dapat melakukan penyerapan pupuk.

Aktivitas distribusi Pupuk Phonska PT Petrokimia Gresik dibagi menjadi dua jenis yaitu *conditional event* dan *scheduling event*. *Conditional event* merupakan *dependent event* atau aktivitas yang muncul apabila aktivitas yang mempengaruhinya telah terjadi. Pada distribusi Pupuk Phonska *conditional event* yang terjadi pada sistem antara lain:

- Pengiriman ke gudang penyangga akan dilakukan perusahaan apabila stok pupuk di gudang kurang dari 21 hari kebutuhan.
- Truk dapat melakukan pemuatan pupuk di gudang Gresik apabila terdapat stok lebih dari sama dengan kapasitas truk.
- Distributor dapat melakukan penyerapan pupuk di gudang penyangga apabila terdapat stok pupuk di gudang penyangga lebih dari sama dengan 21 hari kebutuhan.

*Scheduling event* merupakan aktivitas yang sudah dijadwalkan. Pada distribusi Pupuk Phonska, *scheduling event* yang terjadi pada sistem yaitu produksi Pupuk Phonska dan waktu pelaksanaan *order* kerja.

### **3.6 Validasi Model Konseptual**

Model konseptual yang menggambarkan sistem distribusi Pupuk Phonska pada PT Petrokimia Gresik selanjutnya dilakukan validasi untuk mengetahui apakah model konseptual yang dibuat mampu merepresentasikan kondisi riil sistem. Validasi model konseptual dilakukan dengan metode *face validation* yaitu dengan menilai alur aktivitas pada model konseptual kepada pakar atau ahli yang terlibat langsung dalam sistem distribusi Pupuk Phonska pada PT Petrokimia Gresik untuk wilayah Jawa dan Bali.

### **3.7 Pembuatan Model Simulasi ARENA**

Setelah semua parameter *input* diperoleh, selanjutnya dilakukan *fitting distribution* dengan menggunakan perangkat lunak ARENA *Input Analyzer*. Tujuannya yaitu untuk mengetahui sifat distribusi data sehingga perilaku model simulasi dapat merepresntasikan kondisi sistem riil. Setelah itu dilakukan pembuatan model simulasi di komputer berdasarkan model konseptual yang telah dibuat. Model simulasi ini dibuat dengan menggunakan bantuan perangkat lunak ARENA versi 14. Model dibangun dengan mengimplementasikan sistem distribusi eksisting dengan penambahan kapasitas gudang atau usulan sistem distribusi dengan kapasitas gudang eksisiting tanpa mengabaikan faktor-faktor *uncertainty*. Kebijakan ini diharapkan mampu membuat perbaikan pada sistem sehingga proses distribusi dapat berjalan lebih efektif dan efisien.

### **3.8 Verifikasi dan Validasi Model**

Verifikasi model dilakukan untuk mengetahui apakah model sudah sesuai dengan logika dan alur proses distribusi Pupuk Phonska untuk wilayah Jawa Timur. Verifikasi dilakukan dengan melakukan percobaan *running* model simulasi dan melihat animasi simulasi untuk mengetahui apakah model simulasi sudah sesuai dengan model konseptual dan logika yang seharusnya. Pada tahap ini juga dilakukan pemeriksaan *properties* pada tiap bagian model dan melihat *output* yang dihasilkan dari simulasi Arena. Jika model belum terverifikasi, maka akan dilakukan kembali pengembangan model simulasi untuk memperbaiki kekurangan yang ada.

Selanjutnya dilakukan validasi model untuk memastikan bahwa model simulasi yang dibuat mampu merepresentasikan sistem riil. Validasi dilakukan dengan memasukkan data eksisting sebagai *input*, kemudian dibandingkan antara hasil simulasi dan kondisi eksisting. Apabila hasil simulasi sesuai dengan data eksisting maka model valid.

### **3.9 Eksperimen**

Setelah diperoleh model simulasi yang sudah terverifikasi dan valid, dilakukan eksperimen pada hasil simulasi. Eksperimen yang dimaksud pada tahap ini yaitu melakukan perubahan-perubahan sesuai dengan skenario yang telah dikembangkan dengan tujuan untuk mengetahui kinerja sistem distribusi setelah dilakukan perubahan. Perubahan dilakukan pada kapasitas gudang yang digunakan, sistem distribusi meliputi kebijakan pengiriman dan kebijakan persediaan, serta pada waktu pelaksanaan *order* kerja.

### **3.10 Analisis dan Interpretasi**

Analisis dilakukan dengan membandingkan *output* pada masing-masing skenario dari pengembangan skenario dan eksperimen. Analisis ini juga bertujuan untuk mengetahui apakah skenario yang dikembangkan dapat diterapkan pada kondisi riil. Selanjutnya dilakukan analisis pada sistem untuk mengetahui performansi sistem eksisting.

### **3.11 Kesimpulan dan Saran**

Pada tahap ini, penulis menarik suatu kesimpulan berdasarkan analisis yang telah dilakukan dan menjawab tujuan dilakukannya penelitian. Setelah itu penulis memberikan saran bagi penelitian selanjutnya yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk melakukan *continous improvement*.

## **BAB 4**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Pada Bab 4 dijelaskan mengenai tahapan dalam melakukan pengumpulan dan pengolahan data yang digunakan sebagai dasar untuk melakukan evaluasi dan usulan perbaikan yang akan dilakukan. Pengolahan data dilakukan dengan metode yang digunakan dalam penelitian, sehingga dapat diketahui hasil yang diinginkan.

#### **4.1 Identifikasi Objek Amatan**

Sebuah model yang baik harus mampu merepresentasikan kondisi sebenarnya dari sebuah sistem yang dimodelkan. Sehingga diperlukan proses identifikasi terhadap sistem amatan. Penelitian ini melakukan evaluasi dampak proyek *revamping* Pabrik Phonska V pada jaringan distribusi Pupuk Phonska khususnya di wilayah Jawa Timur. Identifikasi yang dilakukan terkait dengan gambaran umum jaringan distribusi Pupuk Phonska.

##### *4.1.1 Gambaran Umum Jaringan Distribusi*

Sistem distribusi Pupuk Phonska memanfaatkan gudang Gresik dan gudang penyangga untuk efisiensi proses distribusi hingga ke petani. Hingga tahun 2016, PT Petrokimia Gresik memiliki 4 Pabrik Phonska, 3 gudang Gresik untuk menyimpan Pupuk Phonska, dan 58 gudang penyangga yang tersebar di berbagai wilayah di Jawa Timur. Pada tahun 2018, perusahaan akan melaksanakan proyek *revamping* atau proyek perluasan Pabrik Phonska sehingga total pabrik yang dimiliki PT Petrokimia Gresik untuk memproduksi Pupuk Phonska sebanyak 5 (lima) unit. Proses distribusi pupuk Phonska di wilayah Jawa Timur dilakukan dengan menggunakan truk.

Aktivitas yang terdapat pada gudang Gresik yaitu proses pengemasan (*bagging*) pupuk, penyimpanan, serta proses bongkar muat pupuk ke truk. Masing-masing gudang Gresik menerima pupuk dari pabrik yang berbeda. Tabel 4.1 menjelaskan asal pupuk serta kapasitas simpan tiap gudang Gresik.

Tabel 4.1 Asal Pupuk dan Kapasitas Gudang

Gudang Gresik	Asal Phonska	Kapasitas Gudang	
		Dengan Pallet	Tanpa Pallet
Gudang PF I	Pabrik Phonska II	14.500 ton	17.500 ton
Gudang PF II	Pabrik Phonska III Pabrik Phonska IV	10.000 ton	14.000 ton
Gudang Phonska	Pabrik Phonska I	6.000 ton	7.000 ton

#### 4.1.2 Pembagian Wilayah Amatan

Wilayah yang akan dijadikan sebagai objek amatan dalam penelitian ini adalah wilayah distribusi Jawa Timur. Dalam wilayah distribusi Jawa Timur, terdapat 58 gudang penyangga yang tersebar di 29 kabupaten/kota dengan total kapasitas gudang mencapai 228.157 ton. Pada penelitian ini, wilayah distribusi Jawa Timur akan dibagi menjadi empat kelompok/klaster. Kondisi klaster yang diharapkan adalah data dalam satu kelompok/klaster memiliki karakteristik yang sama tetapi berbeda dengan kelompok/klaster lain. Metode yang digunakan untuk melakukan *clustering* yaitu metode *K-Means Clustering*. *Input* data yang diperlukan dalam proses *clustering* adalah koordinat dari 29 kabupaten/kota yang merupakan wilayah distribusi PT Petrokimia Gresik. Peta Jawa Timur yang telah diplot untuk menentukan koordinat X dan Y dapat dilihat pada Lampiran 1. Dari hasil plot tersebut diperoleh koordinat tiap kabupaten/kota di Jawa Timur. Tabel 4.2 merupakan contoh koordinat beberapa kabupaten/kota di Jawa Timur.

Tabel 4.2 Contoh Koordinat Kabupaten/Kota di Jatim

No	Kabupaten/Kota	Koordinat	
		X	Y
1	Bangkalan	34,5	34,0
2	Banyuwangi	62,8	12,0
3	Blitar	23,4	14,5
4	Bojonegoro	18,5	32,5
5	Bondowoso	53,0	17,5
6	Gresik	31,3	33,8
7	Jember	51,0	12,5
8	Jombang	24,6	25,0

Koordinat lengkap tiap kabupaten/kota dapat dilihat pada Lampiran 1. Selanjutnya data koordinat tersebut dijadikan sebagai *input* data pada *software* MATLAB untuk proses *clustering*. Fungsi yang digunakan pada *software* MATLAB dapat dilihat pada Gambar 4.1.

```
function [kelas,centres] = kmeans1(k,data, niters)
```

Gambar 4.1 Fungsi pada Matlab

Diperoleh beberapa alternatif kluster yang selanjutnya akan dipilih satu kluster sebagai wilayah amatan. Kluster yang dipilih adalah kluster yang memiliki total alokasi Permentan paling besar jika dibandingkan dengan total alokasi Permentan kluster yang lain. Hasil keseluruhan proses *clustering* dapat dilihat pada Lampiran 1. Tabel 4.3 merupakan kluster yang dipilih sebagai wilayah amatan pada penelitian ini. Kluster 1 memiliki total alokasi Permentan sebesar 175.243 ton/tahun dengan jumlah gudang penyangga sebanyak 16 gudang yang tersebar di setiap kabupaten/kota.

Tabel 4.3 Kluster Terpilih

Kluster	Kabupaten/Kota	Koordinat		Alokasi Permentan
		X	Y	
1	Blitar	23,4	14,5	28.674
1	Jombang	24,6	25,0	21.648
1	Kediri	21,0	20,0	41.416
1	Malang	31,5	17,0	38.014
1	Mojokerto	28,8	26,3	22.439
1	Pasuruan	36,7	23,2	14.853
1	Sidoarjo	33,6	26,5	8.199

Setiap kabupaten/kota memiliki jumlah gudang penyangga yang berbeda satu sama lain. Selanjutnya dilakukan perhitungan matriks jarak antara pabrik PT Petrokimia Gresik yang berada di Gresik dengan tiap gudang penyangga yang ada di wilayah amatan. Perhitungan matriks jarak ini dilakukan dengan menggunakan



Google Maps. Tabel 4.4 merupakan data tiap gudang penyangga beserta kapasitas dan matriks jaraknya.

Tabel 4.4 Jarak GP dengan Gudang Gresik

Kabupaten/Kota	Gudang Penyangga	Kapasitas (Ton)	Jarak dari Gresik (Km)
Blitar	Blitar 1 - Talun	588	156,0
	Blitar 2 - Wlingi	1.016	149,0
Jombang	Jombang - Gatot Subroto	2.110	85,3
	Jombang - Cempaka	449	84,3
Kediri	Kediri 1 - Kayen	1.173	117,0
	Kediri 2 - Ringinrejo	783	145,0
	Kediri 3 - Gurah	2.364	126,0
Malang	Malang 5 - Bakalan	1.469	128,0
	Malang 1 - Buring	1.383	114,0
	Malang - Pakisaji	2.398	118,0
Mojokerto	Mojokerto 1 - Sooko	2.107	60,5
	Mojokerto 2 - Trowulan	2.158	79,2
	Mojokerto 3 - Kemlagi	2.179	54,2
Pasuruan	Pasuruan 3 - Pelabuhan	755	82,2
	Pasuruan - Kejayan	708	85,8
Sidoarjo	Sidoarjo 2 - By Pass	1.265	35,2
<b>Total</b>		<b>22.904</b>	

#### 4.1.3 Proyeksi Permintaan Pupuk di Wilayah Jawa Timur

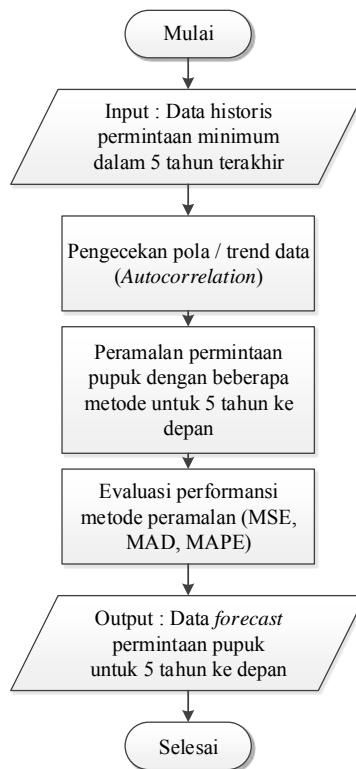
Keberlanjutan sektor pertanian tanaman pangan saat ini tengah dihadapkan pada ancaman serius yaitu luas lahan pertanian yang terus menyusut akibat konversi lahan pertanian produktif ke penggunaan non-pertanian seperti *real estate*, pabrik, atau infrastruktur untuk aktivitas industri lainnya. Laju konversi lahan sawah mencapai 100 ribu hektar per tahun. Sedangkan kemampuan pemerintah dalam pencetakan sawah baru hanya sebatas 40 ribu hektar per tahun. Dengan demikian, jumlah lahan terkonversi belum dapat diimbangi dengan laju pencetakan sawah baru. Konversi lahan sawah paling banyak terjadi di wilayah sentra produksi pangan nasional yaitu Pulau Jawa. Hal ini berdampak pada persoalan ketahanan pangan yang harus didukung oleh lahan yang produktif (Kementrian Pertanian, 2015).

Pemupukan berimbang merupakan pemberian sejumlah pupuk untuk mencapai ketersediaan hara-hara esensial yang seimbang dan optimum ke dalam tanah dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas dan mutu hasil pertanian, meningkatkan efisiensi pemupukan, meningkatkan kesuburan dan kelestarian tanah, serta untuk menghindari pencemaran lingkungan (Kementrian Pertanian, 2015). Unsur hara makro merupakan unsur-unsur hara yang dibutuhkan tumbuhan dalam jumlah besar seperti Nitrogen (N), Phospor (P), Kalium (K), Magnesium (Mg), Kalsium (Ca), dan Sulfur (S). Pemupukan berimbang didasarkan pada kondisi unsur hara pada tanah yang akan berbeda antara daerah satu dengan daerah yang lain. Dosis dan jenis pupuk yang digunakan harus sesuai dengan tingkat kesuburan tanah dan kebutuhan tanaman. Pupuk yang diberikan dapat berupa pupuk tunggal seperti urea, SP-36, KCL, maupun pupuk majemuk seperti Pupuk NPK.

Karena mengandung 3 jenis unsur hara sekaligus, penggunaan Pupuk Phonska dinilai lebih efektif dan efisien jika dibandingkan dengan menggunakan pupuk tunggal. Pupuk Phonska dapat memacu pertumbuhan akar dan sistem perakaran yang baik, menambah daya tahan tanaman terhadap serangan penyakit, dan dapat menjadikan tanaman lebih hijau dan segar. Selain untuk pemupukan tanaman padi, Pupuk Phonska juga dianjurkan untuk pemupukan pada tanaman palawija, tembakau, teh, kopi, coklat, buah-buahan, sayuran, pembibitan tanaman perkebunan, kehutan, dan kultur jaringan, tanaman hias, tanaman hidroponik, serta rumput pada lapangan golf. Karena mampu meningkatkan produktivitas produksi pertanian, permintaan pupuk diproyeksikan akan terus mengalami peningkatan.

#### **4.2 Forecasting Permintaan Pupuk Phonska di Wilayah Amatan**

*Forecasting* atau peramalan permintaan Pupuk Phonska dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana permintaan Pupuk Phonska di masa yang akan datang. Metode peramalan atau *forecasting* yang digunakan adalah metode peramalan kuantitatif atau *time series* yang dihitung dengan menggunakan perangkat lunak Minitab. Gambar 4.2 merupakan tahapan dalam proses *forecasting* permintaan Pupuk Phonska.



Gambar 4.2 *Flowchart Forecasting* Permintaan (Anityasari dan Wessiani, 2011)

Data yang diperlukan dalam melakukan peramalan permintaan Pupuk Phonska adalah data historis permintaan Pupuk Phonska antara tahun 2011-2016. Data historis permintaan Pupuk Phonska pada wilayah amatan dibagi menjadi data permintaan pada musim hujan atau musim tanam dan data permintaan pada musim kemarau. Hal ini dilakukan karena terdapat perbedaan karakteristik permintaan pada kedua musim tersebut. Permintaan pupuk pada musim tanam cenderung lebih besar jika dibandingkan dengan permintaan pada musim kemarau.

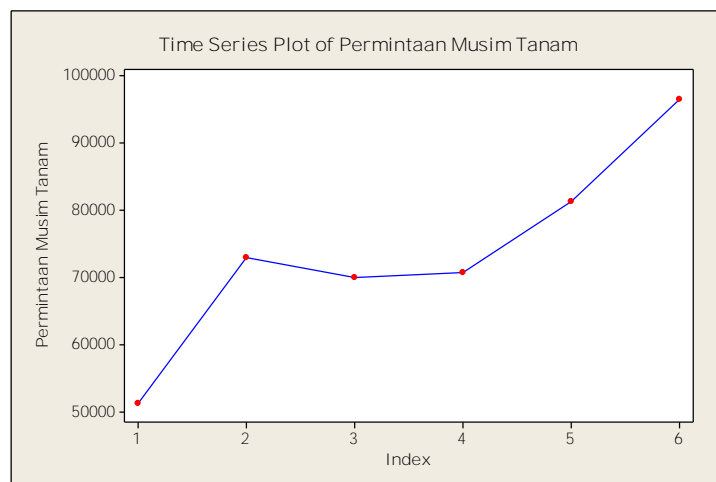
Tabel 4.5 Permintaan Pupuk Phonska Musim Tanam

Tahun	Permintaan Bulan (Ton)						Total
	Jan	Feb	Sep	Oct	Nov	Dec	
2011	6460	6352	4492	11371	11336	11132	51143
2012	9870	11710	12735	11871	13230	13413	72829
2013	10651	10574	12848	11482	12533	11888	69975
2014	11584	12390	11999	11616	12189	10909	70687
2015	11626	12525	15137	12422	13698	15869	81277
2016	11649	15190	15669	12600	13992	27420	96520

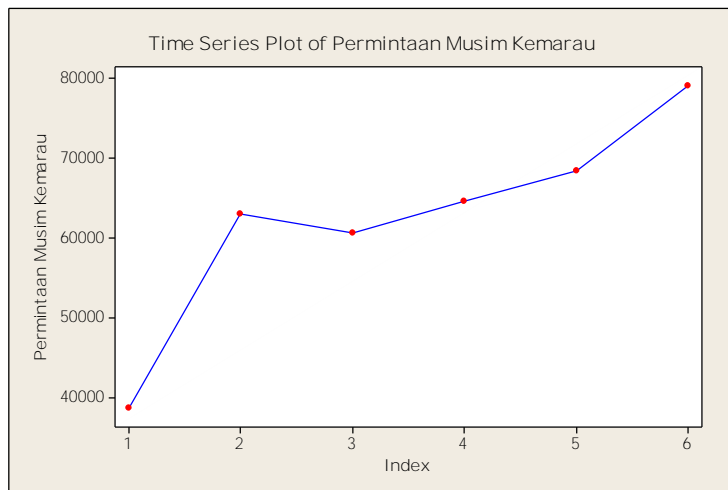
Tabel 4.6 Permintaan Pupuk Phonska Musim Kemarau

Tahun	Permintaan Bulan (Ton)						Total
	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	
2011	7183	6605	6307	6351	6380	5924	38750
2012	9580	11103	11989	9886	9541	10787	62886
2013	9604	10171	10665	9590	9991	10550	60572
2014	10529	10259	11936	10042	9866	11900	64532
2015	11281	10052	13901	11630	10167	11255	68286
2016	16460	11702	13183	13884	10251	13457	78937

Setelah memperoleh data historis permintaan Pupuk Phonska, selanjutnya dilakukan pengecekan pola data dengan menggunakan perangkat lunak Minitab. Pengecekan ini bertujuan untuk mengetahui pola data historis permintaan Pupuk Phonska sehingga dapat ditentukan metode *forecasting* yang tepat. Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 merupakan hasil plot data historis permintaan Pupuk Phonska di wilayah amatan.

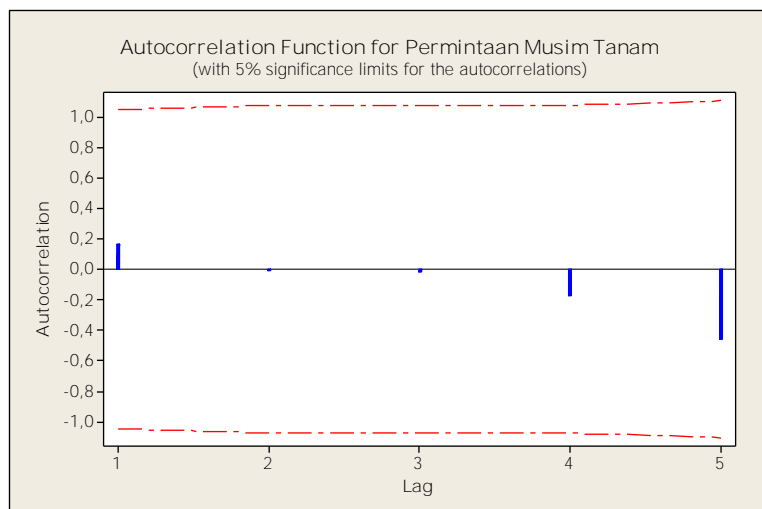


Gambar 4.3 Time Series Plot Permintaan Musim Tanam



Gambar 4.4 *Time Series Plot* Permintaan Musim Kemarau

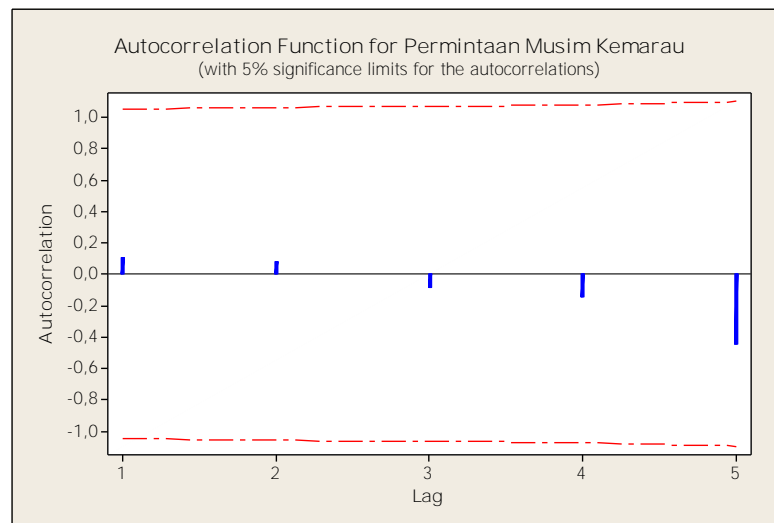
Berdasarkan hasil plot data historis permintaan pupuk dengan menggunakan *software* Minitab, data memiliki pola data trend yaitu terjadi kenaikan atau penurunan data.. Suatu pengujian sederhana terhadap stasioneritas data dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi koefisien *autocorrelation* (ACF). Koefisien ini menunjukkan kedekatan hubungan antara nilai variabel yang sama tetapi pada waktu yang berbeda. Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 merupakan grafik nilai ACF pada berbagai *lag*.



Gambar 4.5 Fungsi *Autocorrelation* Permintaan Musim Tanam

Tabel 4.7 Hasil Pengolahan Data Fungsi *Autocorrelation* Permintaan Musim Tanam

Permintaan Musim Tanam			
<i>Lag</i>	ACF	T	LBQ
1	0,165836	0,41	0,26
2	-0,058073	-0,02	0,27
3	-0,061285	-0,05	0,27
4	-0,172017	-0,41	0,98
5	-0,463426	-1,07	11,29



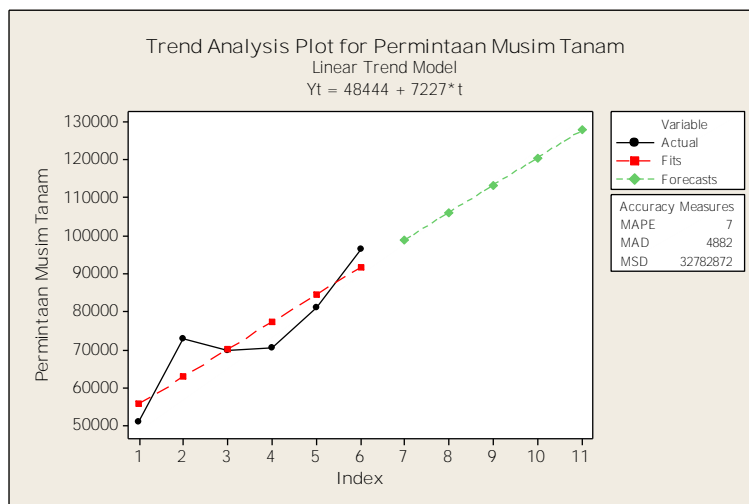
Gambar 4.6 Fungsi *Autocorrelation* Permintaan Musim Kemarau

Tabel 4.8 Hasil Pengolahan Data Fungsi *Autocorrelation* Permintaan Musim Kemarau

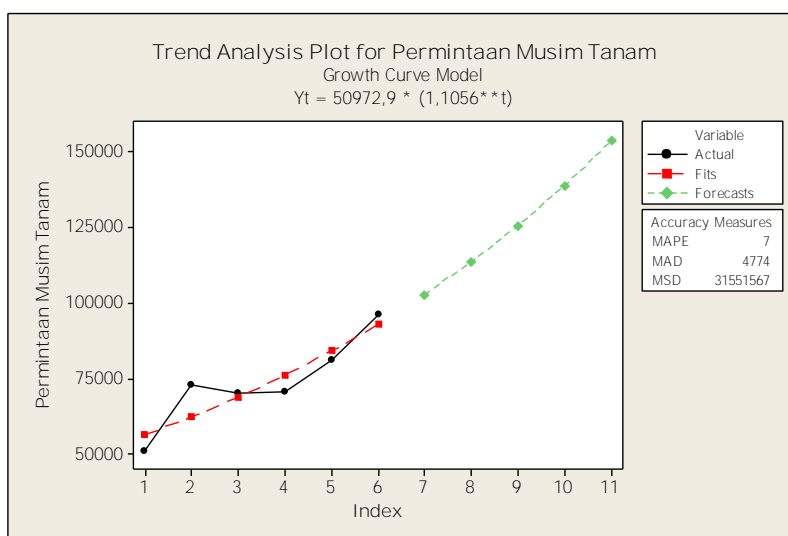
Permintaan Musim Kemarau			
<i>Lag</i>	ACF	T	LBQ
1	0,107463	0,26	0,11
2	0,078550	0,19	0,18
3	-0,088863	-0,21	0,31
4	-0,149864	-0,36	0,85
5	-0,447286	-1,05	10,45

*Lag* merupakan periode waktu yang memisahkan antar data dan digunakan untuk menghitung ACF. Berdasarkan Tabel 4.7 dan Tabel 4.8, nilai ACF berada diluar rentang *significance limit* sebesar 5% sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara nilai suatu variabel dengan nilai variabel yang lain. Nilai ACF yang berada diluar rentang *significance limit* juga

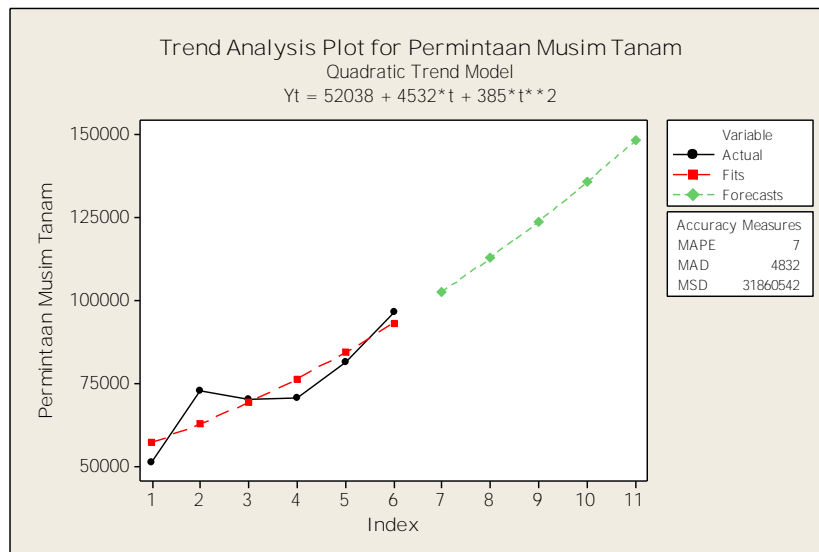
menunjukkan bahwa data historis tidak bersifat *random* serta memiliki *trend*. Dengan pola data *trend*, maka *forecast* permintaan dapat dilakukan dengan metode *trend analysis* atau metode *time series forecast*. Metode *time series forecast* terdiri dari tiga metode antara lain metode *linear*, *exponential growth*, dan metode *quadratic*. Metode *forecast* yang tepat dapat dievaluasi melalui parameter *error* (MAPE, MAD, MSD) yang dihasilkan. Metode yang tepat akan menghasilkan nilai parameter *error* kecil. Berikut merupakan hasil *trend analysis* untuk permintaan pada musim tanam.



Gambar 4.7 *Linear Trend Model* untuk Permintaan Musim Tanam



Gambar 4.8 *Growth Curve Model* untuk Permintaan Musim Tanam



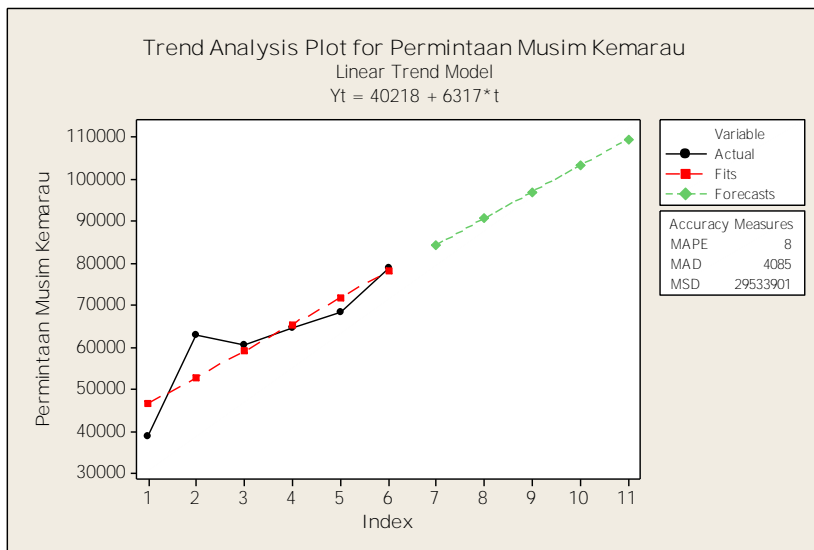
Gambar 4.9 *Quadratic Trend Model* untuk Permintaan Musim Tanam

Tabel 4.9 Perbandingan Parameter *Error* Permintaan Musim Tanam

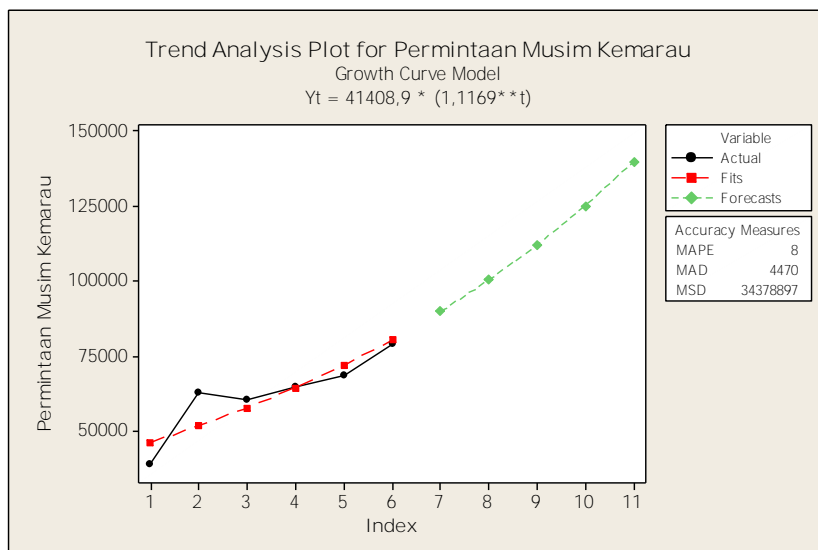
Metode	Tingkat Error		
	MAPE	MAD	MSD
<i>Linear</i>	7	4.882	32.782.827
<i>Exponential Growth</i>	7	4.774	31.557.567
<i>Quadratic</i>	7	4.832	31.860.542

Pada Tabel 4.9, nilai MAPE semua metode *forecast* memiliki nilai yang sama sehingga pemilihan metode ditentukan berdasarkan nilai MAD terkecil. Nilai MAD terkecil adalah sebesar 4.774 yaitu dengan menggunakan metode *exponential growth*. Berdasarkan pertimbangan nilai MAD, maka metode *forecast* yang paling tepat untuk melakukan *forecast* permintaan Pupuk Phonska pada musim tanam selama 5 tahun ke depan adalah metode *exponential growth*.

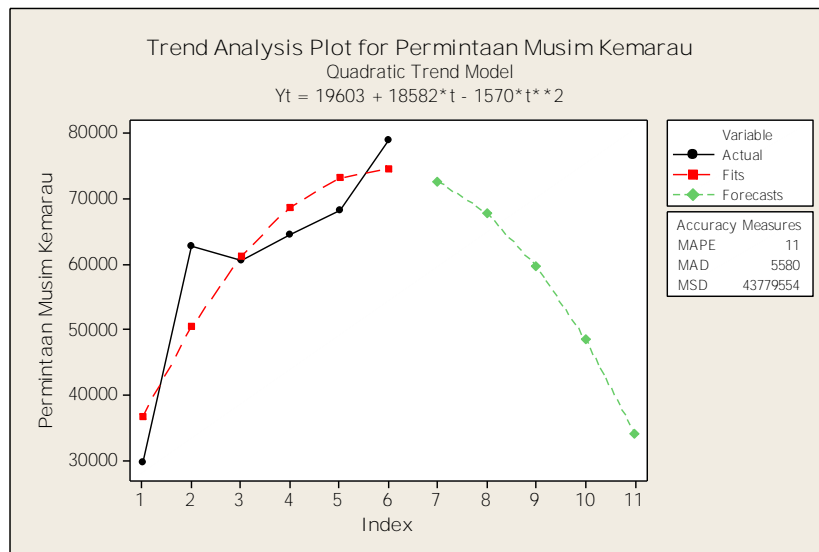




Gambar 4.10 *Linear Trend Model* untuk Permintaan Musim Kemarau



Gambar 4.11 *Growth Curve Model* untuk Permintaan Musim Kemarau



Gambar 4.12 *Quadratic Trend Model* untuk Permintaan Musim Kemarau

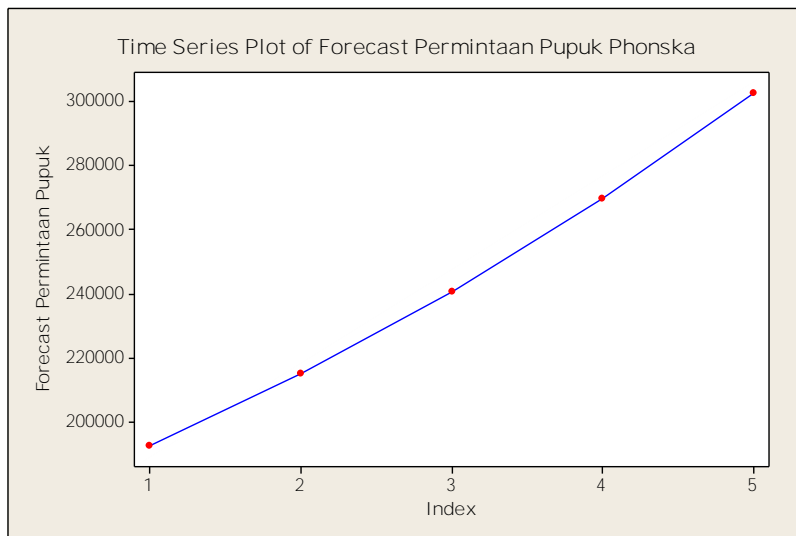
Tabel 4.10 Perbandingan Parameter *Error* Permintaan Musim Kemarau

Metode	Tingkat Error		
	MAPE	MAD	MSD
<i>Linear</i>	8	4.085	29.533.901
<i>Exponential Growth</i>	8	4.470	34.378.897
<i>Quadratic</i>	11	5.580	43.779.554

Pada Tabel 4.10, nilai MAPE terkecil sebesar 8. Karena terdapat 2 metode yang memiliki nilai terkecil, maka pemilihan metode *forecast* berdasarkan pertimbangan nilai MAD terkecil yaitu sebesar 4.085. Sehingga metode *forecast* yang paling tepat untuk melakukan *forecast* permintaan Pupuk Phonska pada musim kemarau selama 5 tahun ke depan adalah metode *exponential growth*. Tabel 4.11 merupakan hasil *forecast* permintaan Pupuk Phonska.

Tabel 4.11 Hasil *Forecast* Permintaan Pupuk Phonska

Tahun	Permintaan (Ton)		Total
	Musim Tanam	Musim Kemarau	
2017	102.937	89.682	192.619
2018	114.755	100.349	215.104
2019	128.254	112.357	240.611
2020	143.689	125.872	269.561
2021	161.351	141.093	302.444

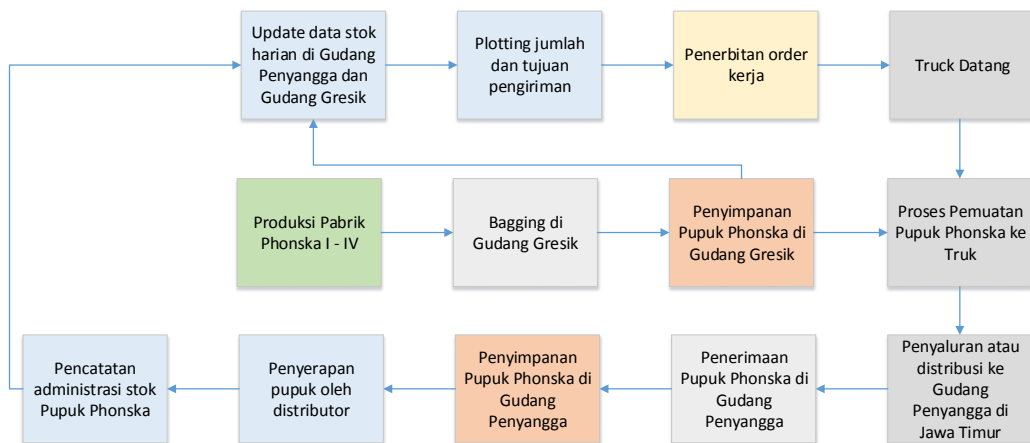


Gambar 4.13 *Time Series Plot Forecast Permintaan Pupuk Phonska*

Berdasarkan hasil *forecasting* yang dilakukan, permintaan Pupuk Phonska hingga tahun 2021 pada wilayah amatan diprediksi akan terus mengalami peningkatan.

#### 4.3 Model Konseptual pada Sistem Amatan

Penelitian ini berfokus pada jaringan distribusi Pupuk Phonska di Wilayah Jawa Timur. Alur distribusi dimulai dari aliran produk dari Pabrik ke gudang Gresik hingga disalurkan ke gudang penyangga di Wilayah Jawa Timur. Model konseptual pada penelitian telah divalidasi dengan menggunakan metode *face validation*. Metode *face validation* merupakan salah satu metode untuk memeriksa model dengan cara menilai alur pada model kepada pakar atau ahli. Pakar atau ahli dalam penelitian terutama yang berkaitan dengan sistem distribusi Pupuk Phonska PT Petrokimia Gresik adalah karyawan perusahaan yang terlibat langsung dalam sistem riil. Gambar 4.13 merupakan diagram aktivitas kerja dari laporan stok harian di gudang penyangga dan gudang Gresik yang dijadikan acuan untuk melakukan *plotting* dan pengiriman pupuk hingga pupuk diterima di gudang penyangga.



Gambar 4.14 Diagram Aktivitas Kerja Distribusi Pupuk Phonska

Kegiatan distribusi diawali dari *update* data stok di gudang Gresik dan gudang penyangga. Selanjutnya pihak perusahaan akan menerbitkan *order* kerja untuk rekanan transportir berdasarkan *plotting* jumlah dan tujuan pengiriman. *Plotting* jumlah pengiriman ini mengacu pada kapasitas truk yang digunakan. Pada penelitian ini, kapasitas truk yang digunakan adalah 35 ton. Apabila permintaan di gudang penyangga kurang dari setengah kapasitas truk maka Pupuk Phonska tidak akan dikirim (*cut off*) atau menunggu permintaan lebih dari kapasitas truk yang digunakan. Apabila permintaan lebih dari setengah kapasitas truk maka jumlah pupuk yang akan dikirim adalah sejumlah kapasitas truk. *Order* kerja selanjutnya akan diterima rekanan transportir yang kemudian akan mengirimkan truknya ke gudang Gresik di area pabrik PT Petrokimia Gresik untuk melakukan proses pemuatan pupuk. Proses pemuatan ini termasuk dari proses penimbangan berat kosong truk di fasilitas Jembatan Timbang PT Petrokimia Gresik hingga truk keluar area pabrik untuk melakukan distribusi pupuk ke gudang penyangga di wilayah amatan. Truk akan diarahkan untuk mengambil pupuk pada gudang Gresik yang terdiri dari Gudang PF 1, Gudang PF 2, dan Gudang Phonska yang telah ditentukan oleh petugas di Jembatan Timbang dengan memperhatikan kondisi stok di gudang Gresik. Setelah semua proses pemuatan di area pabrik selesai, truk akan melakukan distribusi ke tiap gudang penyangga di wilayah amatan yang lama pengirimannya dipengaruhi oleh jarak dari gudang Gresik ke gudang penyangga serta kecepatan truk. Pupuk Phonska selanjutnya akan dibongkar di masing-masing gudang

penyangga dan disimpan di gudang penyangga hingga diambil oleh distributor untuk disalurkan ke petani. Setiap hari akan dilakukan *update* kondisi stok fisik pupuk di gudang Gresik dan Gudang Peyangga sebagai laporan harian ke pihak Departemen Distribusi Wilayah I PT Petrokimia Gresik.

#### **4.4 Metode Simulasi**

Pada penelitian ini, model simulasi digunakan untuk mengidentifikasi sistem distribusi Pupuk Phonska dari pabrik ke gudang Gresik hingga ke gudang penyangga di wilayah amatan.

##### *4.4.1 Simulasi Kondisi Eksisting*

Simulasi pada kondisi eksisting dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak simulasi ARENA 14.0. Model simulasi terbagi menjadi blok-blok yang terdiri dari kedatangan pupuk dari bagian produksi, proses penerimaan pupuk di gudang Gresik hingga pemuatan pupuk ke truk, proses penerbitan *order* kerja ke rekanan, dan proses penerimaan pupuk di gudang penyangga hingga penyaluran ke distributor. Blok-blok dalam model simulasi ini merupakan satu kesatuan sistem kerja proses distribusi Pupuk Phonska yang saling terintegrasi untuk menghitung permintaan pupuk yang dapat dipenuhi tiap gudang penyangga dan kapasitas gudang yang diperlukan.

##### **4.4.1.1 Kedatangan Pupuk dari Bagian Produksi**

Blok simulasi ini menjelaskan proses kedatangan pupuk dari tiap pabrik ke masing-masing gudang Gresik. Alokasi pupuk dari masing-masing pabrik ke gudang Gresik dijelaskan pada Tabel 4.1. Alokasi pupuk dari Pabrik Phonska V dibagi secara rata ke tiga gudang Gresik. Blok simulasi proses ini dapat dilihat pada Lampiran 2. Kedatangan pupuk dari pabrik terjadi secara konstan sesuai dengan *rate* produksi harian dari masing-masing pabrik. Selanjutnya dilakukan proses *fitting distribution* untuk mengetahui jenis distribusi data pada masing-masing data produksi. Tabel 4.12 merupakan hasil *fitting* distribusi untuk *rate* kedatangan pupuk dari pabrik.

Tabel 4.12 Hasil *Fitting* Distribusi Kedatangan Pupuk

<b>Pabrik</b>	<b>Gudang Tujuan</b>	<b>Distribusi Data</b>
Phonska I	Gudang Phonska	360 + EXPO(1.65e+003)
Phonska II	Gudang PF 1	32 + EXPO (981)
Phonska III	Gudang PF 2	14 + EXPO (737)
Phonska IV	Gudang PF 2	58 + EXPO(2.95e+003)
Phonska V	Gudang PF 1, PF2, dan Gudang Phonska	48 + EXPO(1.62e+003)

#### 4.4.1.2 Proses Penerimaan Pupuk dan Pemuatan Pupuk di Gudang Gresik

Blok simulasi ini menjelaskan proses penerimaan pupuk dari masing-masing pabrik ke masing-masing gudang Gresik sesuai dengan alokasi yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Blok simulasi proses ini dapat dilihat pada Lampiran 2. Simulasi pada proses ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah kapasitas gudang Gresik saat ini sudah cukup untuk menerima dan menyimpan pupuk dari pabrik.

Proses diawali dengan datangnya pupuk dari pabrik yang kemudian akan dicatat berapa *inventory* pupuk serta kapasitas yang tersedia pada masing-masing gudang Gresik menggunakan modul *ReadWrite*. Selanjutnya dilakukan proses pemuatan pupuk ke Truk menggunakan modul *Delay* yang memiliki lama proses pemuatan terdistribusi *Triangular* dengan waktu pemuatan paling cepat 1 jam, waktu pemuatan paling sering 1,5 jam, dan waktu pemuatan paling lama 2,5 jam. Karena gudang Gresik melayani proses distribusi ke seluruh Indonesia, maka digunakan modul *Decide* untuk membagi jumlah pupuk yang dialokasikan ke gudang penyangga amatan yaitu sebesar 7% dari total Pupuk Phonska yang disitribusikan ke seluruh Indonesia. Setelah proses pemuatan selesai, pupuk selanjutnya akan didistribusikan ke tiap gudang penyangga.

#### 4.4.1.3 Penerbitan *Order Kerja*

Blok simulasi ini menjelaskan proses penerbitan *order kerja* yang dilakukan sesuai dengan permintaan pada masing-masing gudang penyangga. Blok simulasi proses ini dapat dilihat pada Lampiran 2. Penerbitan *order kerja* ini sesuai dengan kapasitas truk yang digunakan yaitu 35 ton. Kapasitas truk ini merupakan

rata-rata kapasitas truk yang digunakan untuk mendistribusikan Pupuk Phonska ke wilayah Jawa Timur pada tahun 2015.

Proses dimulai dari perencanaan pengiriman yang memiliki distribusi eksponensial dengan nilai  $-0,5+EXPO(2,64)$  serta jumlah entitas setiap kedatangan terdistribusi  $POIS(25,9)$ . Penerbitan *order* kerja mengacu pada permintaan tiap gudang penyangga. Data permintaan yang digunakan adalah data alokasi pupuk sesuai dengan alokasi Permentan pada tahun 2015 yang memiliki distribusi  $NORM(1.71e+003, 1.56e+003)$  pada musim tanam yaitu antara bulan September hingga Februari dan terdistribusi  $NORM(1.23e+003, 1.22e+003)$  pada musim kemarau yaitu antara bulan Maret hingga Agustus. Perbedaan jenis distribusi ini dikarenakan karakteristik data yang berbeda antara permintaan pada musim tanam dan permintaan pada musim kemarau. Selanjutnya dievaluasi apakah jumlah *order* kerja yang akan diterbitkan sesuai dengan kapasitas truk atau tidak. Proses selanjutnya yaitu penerbitan *order* kerja kepada rekanan yang kemudian akan mengirimkan truk ke gudang Gresik. Lama waktu menunggu truk datang memiliki distribusi normal dengan nilai  $TRIA(0.5, 5.42, 8.5)$ . Truk kemudian akan dikirim ke gudang Gresik untuk melakukan proses pemuatan pupuk.

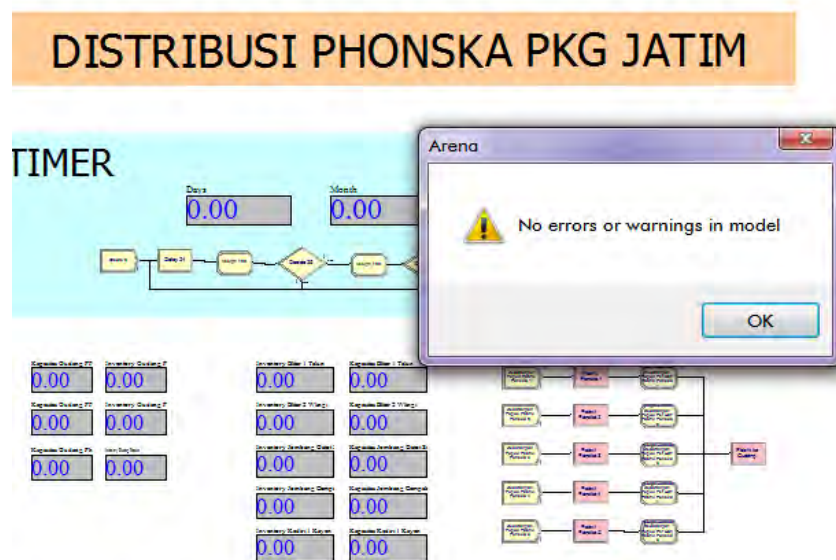
#### 4.4.1.4 Proses Penerimaan Pupuk di Gudang Penyangga dan Penyerapan ke Distributor

Blok simulasi ini menjelaskan proses penerimaan pupuk di masing-masing gudang penyangga dari gudang Gresik hingga proses penyerapan ke distributor. Blok simulasi proses ini dapat dilihat pada Lampiran 2. Pada simulasi ini akan dilihat berapa jumlah permintaan yang dapat dipenuhi pada masing-masing gudang penyangga selama satu tahun serta apakah kapasitas masing-masing gudang penyangga mampu menampung Pupuk Phonska yang didistribusikan.

Proses dimulai dari penentuan gudang mana yang akan dikirim, selanjutnya pupuk yang ada di gudang menunggu untuk diambil oleh distributor. *Inventory* minimal yang harus ada di gudang adalah sebesar 3 minggu kebutuhan setiap bulan. Lama waktu menunggu diambil distributor terdistribusi *Triangular* yang menjelaskan berapa waktu tunggu paling cepat, paling sering, dan waktu tunggu paling lama.

#### 4.4.2 Verifikasi Model

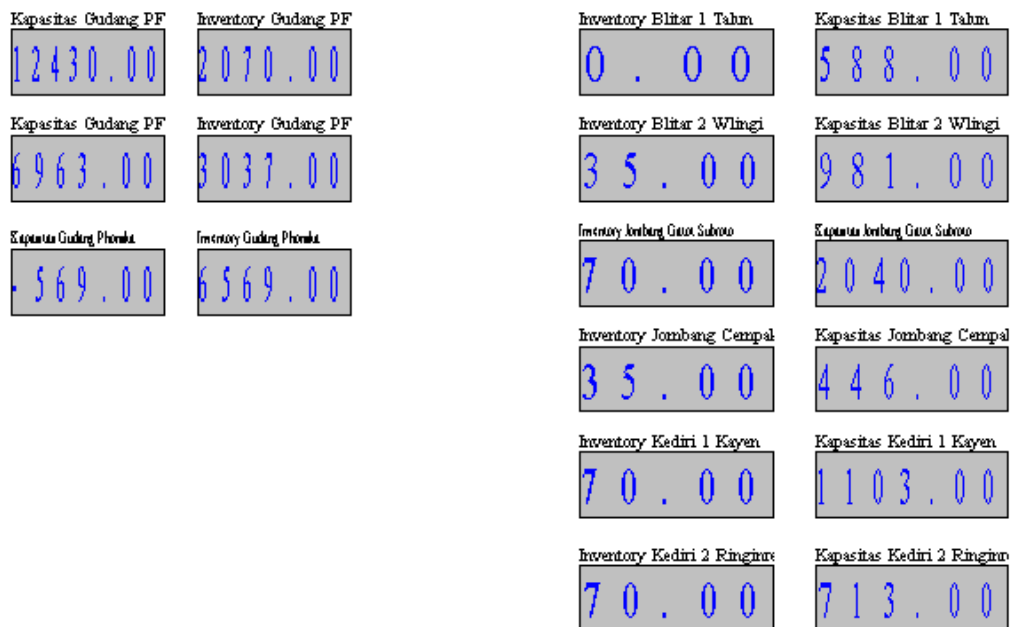
Verifikasi model dilakukan dengan tujuan untuk melihat apakah model simulasi pada ARENA sudah sesuai dengan model konseptual yang telah dibuat. Verifikasi juga berguna untuk mengetahui apakah model sudah berjalan dengan baik sesuai dengan alur logika. Terdapat beberapa tahap untuk melakukan verifikasi model. Tahap pertama verifikasi dilakukan dengan memanfaatkan fitur *check model* pada *software* ARENA. Fitur ini akan mengidentifikasi *error* atau *warning* pada model simulasi. Gambar 4.15 merupakan hasil verifikasi dengan menggunakan fitur *check model* pada *software* ARENA.



Gambar 4.15 Hasil *Check Model* Simulasi Distribusi Phonska

Verifikasi pada tahap selanjutnya dilakukan dengan memeriksa alur pada model simulasi. Alur model diperiksa dengan melihat pergerakan entitas pada tiap blok simulasi. Jika alur model sudah sesuai dengan alur logika yang seharusnya, maka dilakukan verifikasi tahap selanjutnya yaitu melihat logika antar blok simulasi. Verifikasi dilakukan dengan melihat kapasitas gudang dan *inventory* pada masing-masing gudang.





Gambar 4.16 Verifikasi Model Antar Blok

Kapasitas pada model merupakan kapasitas sisa yaitu kapasitas total yang dikurangi dengan jumlah *inventory* yang ada di gudang. Nilai kapasitas sisa yang bernilai positif menjelaskan bahwa gudang masih memiliki *space* untuk menyimpan pupuk, sedangkan nilai negatif mengindikasikan bahwa gudang tersebut tidak terdapat *space* yang tersedia untuk menyimpan pupuk. Nilai *inventory* pada gudang Gresik akan memberikan sinyal pada truk apakah bisa melakukan pemuatan pupuk atau tidak, sedangkan *inventory* pada gudang penyangga akan memberikan sinyal pada blok penyerapan distributor apakah dapat dilakukan penyerapan atau tidak.

#### 4.4.3 Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan membandingkan nilai *output* hasil simulasi dengan kondisi eksisting. Validasi dilakukan untuk memeriksa apakah model simulasi yang dibuat mampu merepresentasikan sistem riil. Metode validasi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Welch Confidence Interval* dengan membandingkan jumlah permintaan yang mampu dipenuhi dalam model simulasi dengan jumlah permintaan sesuai dengan alokasi Permentan selama satu tahun. Replikasi awal yang digunakan sebanyak 10 replikasi dengan waktu simulasi

satu tahun. Hipotesa yang digunakan untuk membandingkan *output* simulasi dan kondisi riil yaitu perbedaan rataan dari kedua populasi dengan tingkat *error* sebesar 5% ( $\alpha = 0,05$ ).

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - hw \leq \bar{\mu}_1 - \bar{\mu}_2 \leq (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) + hw \quad (4.1)$$

$\bar{x}_1$  dan  $\bar{x}_2$  merupakan rata-rata sampel yang digunakan untuk mengestimasi nilai rata-rata populasi  $\bar{\mu}_1$  dan  $\bar{\mu}_2$ . *Half width* (*hw*) dihitung dengan persamaan:

$$hw \text{ (half width)} = t_{df, \alpha/2} \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}} \quad (4.2)$$

dimana *df* (*degrees of freedom*) dihitung dengan persamaan:

$$df \approx \frac{\left[ \frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right]^2}{\frac{\left[ \frac{s_1^2}{n_1} \right]^2}{(n_1-1)} + \frac{\left[ \frac{s_2^2}{n_2} \right]^2}{(n_2-1)}} \quad (4.3)$$

Model dikatakan valid apabila  $(\bar{\mu}_1 - \bar{\mu}_2)$  atau selisih rata-rata pada populasi berada diantara rentang *half width*. Tabel 4.13 menjelaskan perbandingan jumlah permintaan yang dapat dipenuhi berdasarkan hasil simulasi dengan permintaan Pupuk Phonska pada sistem riil.

Tabel 4.13 Perbandingan Jumlah Permintaan Simulasi dengan Sistem Riil

Replikasi ke-	Output	
	Simulasi	Sistem Riil
1	5.410	6.953
2	12.885	15.621
3	12.115	14.216
4	11.795	7.432

Replikasi ke-	Output	
	Simulasi	Sistem Riil
5	11.095	15.200
6	12.915	10.379
7	12.115	15.837
8	12.270	15.156
9	12.500	14.639
10	10.465	8.219
11	11.165	10.176
12	11.165	8.228
13	10.165	7.293
14	11.375	8.758
15	11.095	8.505
16	6.020	8.199
...	...	
158	11.115	
159	10.836	
160	7.723	
<b>Average</b>	<b>11.052,00</b>	<b>10.925,63</b>
<b>St.Dev</b>	<b>2.473,13</b>	<b>3.479,54</b>

Berdasarkan data *output* simulasi dan sistem riil, diperoleh nilai  $df \approx 16,54996988$ . Sehingga nilai *half-width* dapat dihitung sebagai berikut:

$$hw \text{ (half width)} = t_{16,549969}^{0.05/2} \sqrt{\frac{2.473,13^2}{160} + \frac{3.479,54^2}{16}}$$

$$hw \text{ (half width)} = 1.881,09$$

Welch confidence interval dengan *significance level* sebesar 0,05 berada antara :

$$(126,375) - 1.881,09 \leq \bar{\mu}_1 - \bar{\mu}_2 \leq (126,375) + 1.881,09$$

$$-1.754,713 \leq \bar{\mu}_1 - \bar{\mu}_2 \leq 2.077,463$$

Model pada penelitian ini dikatakan valid dengan diterimanya hipotesa awal dimana  $\mu_1 - \mu_2$  berada pada rentang penerimaan.

#### 4.4.4 Penentuan Jumlah Replikasi

Selanjutnya dilakukan perhitungan jumlah replikasi yang diperlukan. Jumlah replikasi ini diperlukan untuk mengetahui probabilitas *error* yang sesuai dengan batas toleransi *error* yang ditetapkan, sehingga *output* dari simulasi memberikan nilai dalam taraf penerimaan terhadap *output* kondisi eksisting. Tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 95% dengan nilai  $z = 1,96$ . Nilai *error* diinterpretasikan sebagai *halfwidth* (*hw*). Replikasi awal yang digunakan sebanyak 10 replikasi dengan waktu simulasi selama satu tahun.

$$n' = \left[ \frac{Z_{\alpha/2} \cdot s}{hw} \right]^2 \quad (4.4)$$

Dimana :

$n'$  = jumlah minimal replikasi yang dibutuhkan

$hw$  = *halfwidth*

$\alpha$  = *significance level*

$s$  = standar deviasi

Nilai *halfwidth output* simulasi dihitung dengan persamaan:

$$hw = \frac{\left( t_{n-1, \frac{\alpha}{2}} \right) \cdot s}{\sqrt{n}} \quad (4.5)$$
$$hw = \frac{\left( t_{9, \frac{0,05}{2}} \right) \cdot 2473,13}{\sqrt{10}}$$
$$hw = 1.769,20$$

Nilai *halfwidth* yang dihitung dengan persamaan (4.5) digunakan sebagai bahan perbandingan terhadap rata-rata permintaan yang dapat dipenuhi dalam model simulasi. Tujuannya adalah untuk mengamati persentase *error* dari jumlah replikasi yang telah dilakukan. Persentase *error* dengan nilai  $hw$  sebesar 1.769,20 adalah sebesar 16,01%. Persentase *error* yang diinginkan oleh perusahaan dalam kasus ini adalah kurang dari sama dengan 10% dari rata-rata permintaan yang dapat dipenuhi dalam model simulasi. Berikut merupakan perhitungan nilai  $hw$ .

$$hw = e$$

$$hw = 10\% \times 11.052,00 = 1.105,20$$

Maka nilai  $hw$  yang digunakan dalam perhitungan untuk mengetahui jumlah replikasi minimal adalah sebesar 1.105,20. Sehingga jumlah replikasi yang dibutuhkan:

$$n' = \left[ \frac{1,96 \times 2.473,13}{1.105,20} \right]^2$$

$$n' = 19,2364$$

Berdasarkan persamaan (4.4), jumlah replikasi minimal yang dibutuhkan adalah sebesar 20 kali replikasi.

#### 4.5 Output Simulasi Kondisi Eksisting

Simulasi kondisi eksisting dilakukan dengan tujuan untuk melakukan evaluasi terhadap kapasitas gudang Gresik dan gudang penyangga yang digunakan saat ini. Selain itu, juga dilihat permintaan yang dapat dipenuhi oleh masing-masing gudang penyangga. Tabel 4.14 menjelaskan hasil simulasi kondisi eksisting.

Tabel 4.14 Hasil Simulasi Kondisi Eksisting Gudang Penyangga

Nama Gudang Penyangga	Jumlah Demand Terpenuhi (Ton)	Keterangan Kapasitas	Rata-rata kekurangan	Frekuensi Kekurangan
Blitar 1 Talun	5.410	Tidak Cukup	28,24%	39,68%
Blitar 2 Wlingi	12.885	Tidak Cukup	32,25%	15,85%
Jombang Gatsu	12.115	Cukup	-	-
Jombang Cempaka	11.795	Tidak Cukup	24,00%	24,93%
Kediri 1 Kayen	11.095	Tidak Cukup	39,06%	8,76%
Kediri 2 Ringinrejo	12.915	Tidak Cukup	273,02%	82,11%
Kediri 3 Gurah	12.115	Cukup	-	-
Malang 5 Bakalan	12.270	Tidak Cukup	11,01%	26,52%
Malang 1 Buring	12.500	Cukup	-	-
Malang Pakisaji	10.465	Tidak Cukup	161,79%	77,26%
Mojokerto 1 Sooko	11.165	Cukup	-	-
Mojokerto 2 Trowulan	11.165	Tidak Cukup	57,25%	53,61%
Mojokerto 3 Kemlagi	10.165	Tidak Cukup	124,75%	68,71%
Pasuruan 3 Pelabuhan	11.375	Tidak Cukup	111,38%	56,62%
Pasuruan Kejayan	11.095	Tidak Cukup	550,54%	89,48%
Sidoarjo 2 By Pass	6.020	Tidak Cukup	104,84%	62,57%
<b>Total</b>	<b>174.550</b>			

Frekuensi kekurangan merupakan jumlah hari dalam satu tahun yang mengalami kekurangan kapasitas gudang atau pupuk *overload*. Untuk gudang Gresik, kapasitas yang tidak dapat memenuhi aliran pupuk dari pabrik adalah Gudang Phonska yang memiliki total kapasitas 6.000 ton.

Tabel 4.15 Hasil Simulasi Kondisi Eksisting Gudang Gresik

<b>Nama Gudang Gresik</b>	<b>Keterangan Kapasitas</b>	<b>Rata-rata Persentase Kekurangan</b>	<b>Frekuensi Kekurangan</b>
Gudang PF 1	Cukup	-	-
Gudang PF 2	Cukup	-	-
Gudang Phonska	Tidak Cukup	15,08%	0,33%

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## **BAB 5**

### **ANALISIS DAN SIMULASI SKENARIO**

Pada Bab 5 dijelaskan mengenai analisis terhadap sistem distribusi Pupuk Phonska. Analisis tersebut kemudian akan dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk mengevaluasi performansi kinerja perusahaan. Selanjutnya dilakukan simulasi skenario perbaikan yang telah dikembangkan.

#### **5.1 Analisis *Output* Simulasi Kondisi Eksisting**

Dalam kondisi eksisting terdapat 16 gudang penyangga dengan kapasitas total yang dimiliki sebesar 22.904 ton dengan total permintaan sebesar 174.810 ton. Pasca *revamping* Pabrik Phonska V, wilayah amatan akan mendapat tambahan alokasi pupuk sebanyak 23,53% dari total alokasi sebelum *revamping* atau sebesar 41.133 ton untuk semua gudang penyangga di wilayah amatan.

Berdasarkan hasil simulasi kondisi eksisting (subbab 4.4), jumlah gudang penyangga yang saat ini mampu menampung alokasi Pupuk Phonska sebanyak 3 gudang dari total 16 gudang penyangga amatan. Gudang penyangga yang tidak mampu menampung alokasi Pupuk Phonska sebanyak 13 gudang penyangga. Gudang penyangga yang mengalami kekurangan kapasitas paling besar yaitu sebesar 550,54% dari kapasitas total adalah Gudang Pasuruan Kejayan, sedangkan gudang penyangga yang mengalami kekurangan paling kecil yaitu sebesar 11,01% dari total kapasitas adalah Gudang Malang 5 Bakalan.

Perbedaan kekurangan kapasitas pada masing-masing gudang penyangga disebabkan karena masing-masing gudang penyangga memiliki kapasitas yang berbeda dengan jumlah permintaan setiap bulan yang berbeda serta *rate* pengiriman dari gudang Gresik dan *rate* pengambilan oleh distributor yang berbeda-beda tiap gudang penyangga. Sementara pada gudang Gresik, gudang yang mengalami kekurangan kapasitas pasca adalah Gudang Phonska dengan persentase kekurangan sebanyak 15,08% dari total kapasitas total gudang.



## 5.2 Perancangan Skenario Perbaikan

Skenario perbaikan merupakan perubahan-perubahan yang dilakukan pada sistem dengan tujuan untuk melakukan perbaikan pada sistem kerja sehingga dapat meningkatkan performansi kinerja perusahaan. Perancangan skenario ini dilakukan dengan mempertimbangan kondisi riil sistem sehingga skenario perbaikan dapat diterapkan pada kondisi riil. Terdapat tiga skenario perbaikan yang ditinjau berdasarkan hasil simulasi kondisi eksisting.

Tabel 5.1 Skenario Perbaikan

No	Skenario
1	Penambahan kapasitas gudang
2	Perubahan kebijakan <i>inventory</i>
3	Campuran skenario 1 dan skenario 2

### 5.2.1 Skenario 1

Skenario 1 merupakan skenario dengan melakukan penambahan kapasitas pada gudang yang mengalami kekurangan kapasitas berdasarkan hasil simulasi kondisi pasca *revamping* Pabrik Phonska V. Tabel 5.2 merupakan hasil simulasi kondisi gudang penyangga pasca *revamping*.

Tabel 5.2 Hasil Simulasi Skenario 1 Gudang Penyangga

Nama Gudang Penyangga	Jumlah Demand Terpenuhi (Ton)	Keterangan Kapasitas	Rata-rata kekurangan	Frekuensi Kekurangan
Blitar 1 Talun	5.880	Tidak Cukup	36,30%	55,95%
Blitar 2 Wlingi	14.595	Tidak Cukup	37,35%	55,95%
Jombang Gatsu	14.315	Cukup	-	-
Jombang Cempaka	13.300	Tidak Cukup	18,76%	14,47%
Kediri 1 Kayen	14.700	Tidak Cukup	34,97%	9,85%
Kediri 2 Ringinrejo	12.915	Tidak Cukup	279,72%	83,20%
Kediri 3 Gurah	14.875	Cukup	-	-
Malang 5 Bakalan	13.720	Tidak Cukup	12,82%	21,43%
Malang 1 Buring	13.825	Tidak Cukup	5,86%	2,24%
Malang Pakisaji	13.965	Tidak Cukup	233,54%	83,51%
Mojokerto 1 Sooko	13.895	Cukup	-	-
Mojokerto 2 Trowulan	14.035	Tidak Cukup	100,62%	60,85%

<b>Nama Gudang Penyangga</b>	<b>Jumlah Demand Terpenuhi (Ton)</b>	<b>Keterangan Kapasitas</b>	<b>Rata-rata kekurangan</b>	<b>Frekuensi Kekurangan</b>
Mojokerto 3 Kemlagi	14.035	Tidak Cukup	176,59%	75,66%
Pasuruan 3 Pelabuhan	14.245	Tidak Cukup	157,83%	61,67%
Pasuruan Kejayan	14.210	Tidak Cukup	722,82%	93,52%
Sidoarjo 2 By Pass	7.035	Tidak Cukup	141,47%	67,16%
<b>Total</b>	<b>209.545</b>			

Untuk gudang Gresik, kapasitas yang tidak dapat memenuhi aliran pupuk dari pabrik adalah Gudang Phonska yang memiliki total kapasitas 6.000 ton.

Tabel 5.3 Hasil Simulasi Skenario 1 Gudang Gresik

<b>Nama Gudang Gresik</b>	<b>Keterangan Kapasitas</b>	<b>Rata-rata Persentase Kekurangan</b>	<b>Frekuensi Kekurangan</b>
Gudang PF 1	Cukup	-	-
Gudang PF 2	Cukup	-	-
Gudang Phonska	Tidak Cukup	14,44%	0,36%

Batasan penentuan skenario penambahan kapasitas yaitu akan dilakukan penambahan kapasitas gudang penyangga apabila terjadi kekurangan kapasitas diatas 500 ton. Sementara untuk gudang Gresik, penambahan kapasitas gudang hanya akan dilakukan jika terjadi kekurangan kapasitas diatas 1.500 ton. Gudang Phonska yang mengalami kekurangan kapasitas 14,44% atau 867 ton, sehingga tidak diperlukan penambahan kapasitas gudang pada Gudang Phonska. Tabel 5.4 merupakan daftar gudang yang tidak mampu mengimbangi penambahan alokasi Pupuk Phonska.

Tabel 5.4 Gudang Penyangga Kurang Kapasitas

<b>Nama Gudang Penyangga</b>	<b>Rata-rata kekurangan</b>	<b>Kekurangan dalam Ton</b>
Blitar 1 Talun	36.30%	213,455
Blitar 2 Wlingi	37.35%	379,608
Jombang Cempaka	18.76%	84,255
Kediri 1 Kayen	34.97%	410,086

<b>Nama Gudang Penyangga</b>	<b>Rata-rata kekurangan</b>	<b>Kekurangan dalam Ton</b>
Kediri 2 Ringinrejo	279.72%	2.189,256
Malang 5 Bakalan	12.82%	188,230
Malang 1 Buring	5.86%	80,984
Malang Pakisaji	233.54%	5.599,347
Mojokerto 2 Trowulan	100.62%	2.171,314
Mojokerto 3 Kemlagi	176.59%	3.848,445
Pasuruan 3 Pelabuhan	157.83%	1.191,741
Pasuruan Kejayan	722.82%	5.114,235
Sidoarjo 2 By Pass	141.47%	1.789,671

Gudang Blitar 1 Talun, Blitar 2 Wlingi, Jombang Cempaka, Kediri 1 Kayen, Malang 5 Bakalan, dan Malang 1 Buring tidak perlu dilakukan penambahan gudang karena rata-rata kekurangan kapasitas kurang dari 500 ton. Berikut adalah beberapa alternatif jumlah penambahan kapasitas gudang dengan konsekuensi biaya sewa gudang serta persentase gudang tidak mengalami kekurangan kapasitas dalam satu tahun. Persentase penambahan kapasitas gudang penyangga diambil dari rentang rata-rata kekurangan kapasitas hingga nilai maksimal kekurangan. Rata-rata kekurangan kapasitas gudang penyangga merupakan batas bawah (*lower limit*) sedangkan nilai maksimal kekurangan kapasitas gudang penyangga merupakan batas atas (*upper limit*) dalam menentukan rentang persentase penambahan kapasitas gudang penyangga yang diperlukan.

#### 5.2.1.1 Penambahan Kapasitas Gudang Kediri 2 Ringinrejo

Gudang Kediri 2 Ringinrejo mengalami rata-rata kekurangan kapasitas sebesar 279,72% dengan nilai maksimal kekurangan hingga 545,72%. Tabel 5.5 merupakan alternatif penambahan kapasitas gudang dengan frekuensi yang dapat terpenuhi dalam waktu satu tahun.

Tabel 5.5 Penambahan Kapasitas Kediri 2 Ringinrejo

<b>Persentase Penambahan</b>	<b>Dalam Ton</b>	<b>Frekuensi Terpenuhi</b>
280%	2192	58.81%
310%	2427	61.79%

Persentase Penambahan	Dalam Ton	Frekuensi Terpenuhi
340%	2662	65.58%
370%	2897	69.92%
400%	3132	72.36%
430%	3367	75.07%
460%	3602	79.95%
490%	3837	86.45%
510%	3993	92.14%
540%	4228	95.66%

Penambahan kapasitas ini akan memberi dampak pada penambahan biaya sewa gudang yang harus dikeluarkan perusahaan. Komponen biaya sewa gudang terdiri dari biaya pengelolaan gudang per bulan, biaya sewa gudang per ton per bulan, dan biaya bongkar muat per ton. Komponen biaya untuk sewa Gudang Kediri 2 Ringinrejo adalah sebagai berikut :

- Biaya pengelolaan : Rp 10.500.000,- / bulan
- Biaya sewa gudang : Rp 4.719,- / ton / bulan
- Biaya bongkar/muat : Rp 7.350,- / ton

Tabel 5.6 Biaya Penambahan Kapasitas Kediri 2 Ringinrejo

Persentase Penambahan	Dalam Ton	Komponen Biaya			Total Biaya Rp/Bulan
		Pengelolaan Rp/Bulan	Sewa Gudang Rp/Ton/Bulan	B/M Rp/Ton	
280%	2192	10,500,000.00	10,345,935.60	16,114,140.00	36,960,075.60
310%	2427	10,500,000.00	11,454,428.70	17,840,655.00	39,795,083.70
340%	2662	10,500,000.00	12,562,921.80	19,567,170.00	42,630,091.80
370%	2897	10,500,000.00	13,671,414.90	21,293,685.00	45,465,099.90
400%	3132	10,500,000.00	14,779,908.00	23,020,200.00	48,300,108.00
430%	3367	10,500,000.00	15,888,401.10	24,746,715.00	51,135,116.10
460%	3602	10,500,000.00	16,996,894.20	26,473,230.00	53,970,124.20
490%	3837	10,500,000.00	18,105,387.30	28,199,745.00	56,805,132.30
510%	3993	10,500,000.00	18,844,382.70	29,350,755.00	58,695,137.70
540%	4228	10,500,000.00	19,952,875.80	31,077,270.00	61,530,145.80

### 5.2.1.2 Penambahan Kapasitas Gudang Malang Pakisaji

Gudang Malang Pakisaji mengalami rata-rata kekurangan kapasitas sebesar 233,54% dengan nilai maksimal kekurangan hingga 461,55%. Tabel 5.7 merupakan alternatif penambahan kapasitas gudang dengan frekuensi yang dapat terpenuhi dalam waktu satu tahun.

Tabel 5.7 Penambahan Kapasitas Malang Pakisaji

Persentase Penambahan	Dalam Ton	Frekuensi Terpenuhi
230%	5515	56.96%
260%	6235	63.14%
290%	6954	67.78%
310%	7434	71.39%
340%	8153	77.58%
370%	8873	81.70%
400%	9592	88.40%
430%	10311	94.07%
460%	11031	99.74%

Penambahan kapasitas ini akan memberi dampak pada penambahan biaya sewa gudang yang harus dikeluarkan perusahaan. Komponen biaya untuk sewa Gudang Malang Pakisaji adalah sebagai berikut :

- Biaya pengelolaan : Rp 10.500.000,- / bulan
- Biaya sewa gudang : Rp 11.950,- / ton / bulan
- Biaya bongkar/muat : Rp 7.350,- / ton

Tabel 5.8 Biaya Penambahan Kapasitas Malang Pakisaji

Persentase Penambahan	Dalam Ton	Komponen Biaya			Total Biaya Rp/Bulan
		Pengelolaan Rp/Bulan	Sewa Gudang Rp/Ton/Bulan	B/M Rp/Ton	
230%	5515	10,500,000.00	65,909,030.00	40,538,190.00	116,947,220.00
260%	6235	10,500,000.00	74,505,860.00	45,825,780.00	130,831,640.00
290%	6954	10,500,000.00	83,102,690.00	51,113,370.00	144,716,060.00
310%	7434	10,500,000.00	88,833,910.00	54,638,430.00	153,972,340.00
340%	8153	10,500,000.00	97,430,740.00	59,926,020.00	167,856,760.00
370%	8873	10,500,000.00	106,027,570.00	65,213,610.00	181,741,180.00
400%	9592	10,500,000.00	114,624,400.00	70,501,200.00	195,625,600.00

Persentase Penambahan	Dalam Ton	Komponen Biaya			Total Biaya Rp/Bulan
		Pengelolaan Rp/Bulan	Sewa Gudang Rp/Ton/Bulan	B/M Rp/Ton	
430%	10311	10,500,000.00	123,221,230.00	75,788,790.00	209,510,020.00
460%	11031	10,500,000.00	131,818,060.00	81,076,380.00	223,394,440.00

### 5.2.1.3 Penambahan Kapasitas Gudang Mojokerto 2 Trowulan

Gudang Mojokerto 2 Trowulan mengalami rata-rata kekurangan kapasitas sebesar 100,62% dengan nilai maksimal kekurangan hingga 192,45%. Tabel 5.9 merupakan alternatif penambahan kapasitas gudang dengan frekuensi yang dapat terpenuhi dalam waktu satu tahun.

Tabel 5.9 Penambahan Kapasitas Mojokerto 2 Trowulan

Persentase Penambahan	Dalam Ton	Frekuensi Terpenuhi
100%	2158	66.58%
130%	2805	78.55%
160%	3453	91.52%
190%	4100	97.01%

Penambahan kapasitas ini akan memberi dampak pada penambahan biaya sewa gudang yang harus dikeluarkan perusahaan. Komponen biaya untuk sewa Gudang Mojokerto 2 Trowulan adalah sebagai berikut :

- Biaya pengelolaan : Rp 10.500.000,- / bulan
- Biaya sewa gudang : Rp 6.064,- / ton / bulan
- Biaya bongkar/muat : Rp 7.350,- / ton

Tabel 5.10 Biaya Penambahan Kapasitas Mojokerto 2 Trowulan

Persentase Penambahan	Dalam Ton	Komponen Biaya			Total Biaya Rp/Bulan
		Pengelolaan Rp/Bulan	Sewa Gudang Rp/Ton/Bulan	B/M Rp/Ton	
100%	2158	10,500,000.00	13,086,112.00	15,861,300.00	39,447,412.00
130%	2805	10,500,000.00	17,011,945.60	20,619,690.00	48,131,635.60
160%	3453	10,500,000.00	20,937,779.20	25,378,080.00	56,815,859.20
190%	4100	10,500,000.00	24,863,612.80	30,136,470.00	65,500,082.80

#### 5.2.1.4 Penambahan Kapasitas Gudang Mojokerto 3 Kemplagi

Gudang Mojokerto 3 Kemplagi mengalami rata-rata kekurangan kapasitas sebesar 176,59% dengan nilai maksimal kekurangan hingga 355,03%. Tabel 5.11 merupakan alternatif penambahan kapasitas gudang dengan frekuensi yang dapat terpenuhi dalam waktu satu tahun.

Tabel 5.11 Penambahan Kapasitas Mojokerto 3 Kemplagi

Persentase Penambahan	Dalam Ton	Frekuensi Terpenuhi
170%	3704	60.24%
200%	4358	67.23%
230%	5012	71.57%
260%	5665	79.28%
290%	6319	85.78%
310%	6755	90.36%
340%	7409	97.11%

Penambahan kapasitas ini akan memberi dampak pada penambahan biaya sewa gudang yang harus dikeluarkan perusahaan. Komponen biaya untuk sewa Gudang Mojokerto 3 Kemplagi adalah sebagai berikut :

- Biaya pengelolaan : Rp 10.500.000,- / bulan
- Biaya sewa gudang : Rp 6.064,- / ton / bulan
- Biaya bongkar/muat : Rp 7.350,- / ton

Tabel 5.12 Biaya Penambahan Kapasitas Mojokerto 3 Kemplagi

Persentase Penambahan	Dalam Ton	Komponen Biaya			Total Biaya Rp/Bulan
		Pengelolaan Rp/Bulan	Sewa Gudang Rp/Ton/Bulan	B/M Rp/Ton	
170%	3704	10,500,000.00	22,462,875.20	27,226,605.00	60,189,480.20
200%	4358	10,500,000.00	26,426,912.00	32,031,300.00	68,958,212.00
230%	5012	10,500,000.00	30,390,948.80	36,835,995.00	77,726,943.80
260%	5665	10,500,000.00	34,354,985.60	41,640,690.00	86,495,675.60
290%	6319	10,500,000.00	38,319,022.40	46,445,385.00	95,264,407.40
310%	6755	10,500,000.00	40,961,713.60	49,648,515.00	101,110,228.60
340%	7409	10,500,000.00	44,925,750.40	54,453,210.00	109,878,960.40

### 5.2.1.5 Penambahan Kapasitas Gudang Pasuruan 3 Pelabuhan

Gudang Pasuruan 3 Pelabuhan mengalami rata-rata kekurangan kapasitas sebesar 157,83% dengan nilai maksimal kekurangan hingga 345,83%. Tabel 5.13 merupakan alternatif penambahan kapasitas gudang dengan frekuensi yang dapat terpenuhi dalam waktu satu tahun.

Tabel 5.13 Penambahan Kapasitas Pasuruan 3 Pelabuhan

Persentase Penambahan	Dalam Ton	Frekuensi Terpenuhi
150%	1133	71.74%
180%	1359	73.96%
210%	1586	76.66%
240%	1812	78.87%
270%	2039	80.84%
300%	2265	82.06%
330%	2492	82.06%

Penambahan kapasitas ini akan memberi dampak pada penambahan biaya sewa gudang yang harus dikeluarkan perusahaan. Komponen biaya untuk sewa Gudang Pasuruan 3 Pelabuhan adalah sebagai berikut :

- Biaya pengelolaan : Rp 14.100.000,- / bulan
- Biaya sewa gudang : Rp 6.505,- / ton / bulan
- Biaya bongkar/muat : Rp 7.718,- / ton

Tabel 5.14 Biaya Penambahan Kapasitas Pasuruan 3 Pelabuhan

Persentase Penambahan	Dalam Ton	Komponen Biaya			Total Biaya Rp/Bulan
		Pengelolaan Rp/Bulan	Sewa Gudang Rp/Ton/Bulan	B/M Rp/Ton	
150%	1133	14,100,000.00	7,366,912.50	8,740,635.00	30,207,547.50
180%	1359	14,100,000.00	8,840,295.00	10,488,762.00	33,429,057.00
210%	1586	14,100,000.00	10,313,677.50	12,236,889.00	36,650,566.50
240%	1812	14,100,000.00	11,787,060.00	13,985,016.00	39,872,076.00
270%	2039	14,100,000.00	13,260,442.50	15,733,143.00	43,093,585.50
300%	2265	14,100,000.00	14,733,825.00	17,481,270.00	46,315,095.00
330%	2492	14,100,000.00	16,207,207.50	19,229,397.00	49,536,604.50



### 5.2.1.6 Penambahan Kapasitas Gudang Pasuruan Kejayan

Gudang Pasuruan Kejayan mengalami rata-rata kekurangan kapasitas sebesar 722,82% dengan nilai maksimal kekurangan hingga 1.542,23%. Tabel 5.15 merupakan alternatif penambahan kapasitas gudang dengan frekuensi yang dapat terpenuhi dalam waktu satu tahun.

Tabel 5.15 Penambahan Kapasitas Pasuruan Kejayan

Persentase Penambahan	Dalam Ton	Frekuensi Terpenuhi
730%	5168	56.86%
760%	5381	58.60%
790%	5593	60.60%
810%	5735	61.85%
840%	5947	63.59%
870%	6160	64.59%

Penambahan kapasitas ini akan memberi dampak pada penambahan biaya sewa gudang yang harus dikeluarkan perusahaan. Komponen biaya untuk sewa Gudang Pasuruan Kejayan adalah sebagai berikut :

- Biaya pengelolaan : Rp 10.500.000,- / bulan
- Biaya sewa gudang : Rp 4.432,- / ton / bulan
- Biaya bongkar/muat : Rp 7.350,- / ton

Tabel 5.16 Biaya Penambahan Kapasitas Pasuruan Kejayan

Persentase Penambahan	Dalam Ton	Komponen Biaya			Total Biaya Rp/Bulan
		Pengelolaan Rp/Bulan	Sewa Gudang Rp/Ton/Bulan	B/M Rp/Ton	
730%	5168	10,500,000.00	22,906,348.80	37,987,740.00	71,394,088.80
760%	5381	10,500,000.00	23,847,705.60	39,548,880.00	73,896,585.60
790%	5593	10,500,000.00	24,789,062.40	41,110,020.00	76,399,082.40
810%	5735	10,500,000.00	25,416,633.60	42,150,780.00	78,067,413.60
840%	5947	10,500,000.00	26,357,990.40	43,711,920.00	80,569,910.40
870%	6160	10,500,000.00	27,299,347.20	45,273,060.00	83,072,407.20

### 5.2.1.7 Penambahan Kapasitas Gudang Sidoarjo 2 By Pass

Gudang Sidoarjo 2 By Pass mengalami rata-rata kekurangan kapasitas sebesar 141,47% dengan nilai maksimal kekurangan hingga 288,70%. Tabel 5.17 merupakan alternatif penambahan kapasitas gudang dengan frekuensi yang dapat terpenuhi dalam waktu satu tahun.

Tabel 5.17 Penambahan Kapasitas Sidoarjo 2 By Pass

Persentase Penambahan	Dalam Ton	Frekuensi Terpenuhi
140%	1771	68.16%
170%	2151	71.64%
200%	2530	78.11%
230%	2910	84.58%
260%	3289	91.04%

Penambahan kapasitas ini akan memberi dampak pada penambahan biaya sewa gudang yang harus dikeluarkan perusahaan. Komponen biaya untuk sewa Gudang Sidoarjo 2 By Pass adalah sebagai berikut :

- Biaya pengelolaan : Rp 15.100.000,- / bulan
- Biaya sewa gudang : Rp 5.985,- / ton / bulan
- Biaya bongkar/muat : Rp 7.718,- / ton

Tabel 5.18 Biaya Penambahan Kapasitas Sidoarjo 2 By Pass

Persentase Penambahan	Dalam Ton	Komponen Biaya			Total Biaya Rp/Bulan
		Pengelolaan Rp/Bulan	Sewa Gudang Rp/Ton/Bulan	B/M Rp/Ton	
140%	1771	15,100,000.00	10,599,435.00	13,668,578.00	39,368,013.00
170%	2151	15,100,000.00	12,870,742.50	16,597,559.00	44,568,301.50
200%	2530	15,100,000.00	15,142,050.00	19,526,540.00	49,768,590.00
230%	2910	15,100,000.00	17,413,357.50	22,455,521.00	54,968,878.50
260%	3289	15,100,000.00	19,684,665.00	25,384,502.00	60,169,167.00

### 5.2.2 Skenario 2

Skenario 2 merupakan skenario dengan melakukan perubahan pada kebijakan pengiriman dan *inventory* tiap gudang penyangga. Untuk kapasitas

gudang Gresik dan gudang penyangga menggunakan kapasitas yang tersedia pada kondisi eksisting. Skenario ini mempertimbangkan *reorder point* dan *safety stock* tiap gudang penyangga. *Reorder point* dihitung menggunakan persamaan (2.1) sedangkan *safety stock* dihitung menggunakan persamaan (2.2). Data alokasi permintaan Pupuk Phonska tahun 2011 – 2016 digunakan untuk menghitung standart deviasi permintaan tiap gudang penyangga. Data *reorder point* dan *safety stock* dapat dilihat pada Lampiran 3. Tabel 5.17 merupakan hasil simulasi skenario 1 untuk gudang penyangga.

Tabel 5.19 Hasil Simulasi Skenario 1 Gudang Penyangga

<b>Nama Gudang Penyangga</b>	<b>Jumlah Demand Terpenuhi (Ton)</b>	<b>Keterangan Kapasitas</b>
Blitar 1 Talun	5.794	Cukup
Blitar 2 Wlingi	14.275	Cukup
Jombang Gatsu	14.554	Cukup
Jombang Cempaka	14.414	Cukup
Kediri 1 Kayen	13.681	Cukup
Kediri 2 Ringinrejo	14.519	Cukup
Kediri 3 Gurah	14.100	Cukup
Malang 5 Bakalan	15.147	Cukup
Malang 1 Buring	12.320	Cukup
Malang Pakisaji	14.589	Cukup
Mojokerto 1 Sooko	14.589	Cukup
Mojokerto 2 Trowulan	13.367	Cukup
Mojokerto 3 Kemlagi	14.973	Cukup
Pasuruan 3 Pelabuhan	15.008	Cukup
Pasuruan Kejayan	13.437	Cukup
Sidoarjo 2 By Pass	6.666	Cukup
<b>Total</b>	<b>211.435</b>	

Perubahan kebijakan *inventory* dan pengiriman ini juga berdampak pada gudang Gresik. Tabel 5.18 merupakan hasil simulasi skenario 1 untuk gudang Gresik.

Tabel 5.20 Hasil Simulasi Skenario 1 Gudang Gresik

<b>Nama Gudang Gresik</b>	<b>Keterangan Kapasitas</b>	<b>Rata-rata Kekurangan</b>	<b>Frekuensi Kekurangan</b>
Gudang PF 1	Cukup	-	-
Gudang PF 2	Cukup	-	-
Gudang Phonska	Tidak Cukup	14.44%	0.36%

Jika perusahaan menggunakan skenario 2, maka kapasitas semua gudang penyangga saat ini mampu menampung penambahan alokasi Pupuk Phonska pasca *revamping* Pabrik Phonska V. Kondisi gudang penyangga pada skenario 3 jauh lebih baik jika dibandingkan dengan kondisi gudang penyangga eksisting. Pada kondisi eksisting, gudang penyangga yang mampu mengimbangi penambahan alokasi Pupuk Phonska hanya sebanyak 3 gudang. Kondisi gudang yang mampu mengimbangi peningkatan alokasi Pupuk Phonska disebabkan karena pada skenario ini jumlah *safety stock* yang harus tersedia di gudang penyangga jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan kebutuhan 3 minggu pada kondisi eksisting. Pada kondisi eksisting kebijakan *inventory* yang didasarkan ada kebutuhan 3 minggu merupakan aturan Pemerintah yang harus dipenuhi perusahaan guna menjamin ketersediaan pupuk subsidi di masing-masing gudang penyangga.

Sedangkan untuk gudang Gresik, gudang yang mengalami kekurangan kapasitas adalah Gudang Phonska dengan frekuensi sebanyak 0,36% selama satu tahun dan rata-rata kekurangan sebanyak 14,44% dari kapasitas total. Kondisi gudang Gresik pada skenario 2 sama dengan kondisi gudang Gresik skenario 1. Artinya tidak ada perubahan yang terjadi pada skenario 2.

### 5.2.3 Skenario 3

Skenario 3 merupakan campuran antara skenario 1 dan skenario 2 yaitu dengan menambah kapasitas gudang dan melakukan perubahan pada sistem distribusi yang digunakan PT Petrokimia Gresik. Batasan dalam menentukan skenario 3 ini adalah perusahaan hanya mampu menambah kapasitas gudang penyangga tidak lebih dari 70% dari kapasitas gudang saat ini. Untuk kapasitas gudang Gresik tetap menggunakan kapasitas eksisting seperti pada Tabel 4.8.

Persentase pertimbangan penambahan kapasitas gudang penyangga ini didasarkan pada rata-rata ketersediaan gudang penyangga di setiap kabupaten/kota di wilayah amatan. Ketersediaan kapasitas gudang penyangga yang dapat digunakan di wilayah amatan merupakan data yang diperoleh dari pihak perusahaan. Tabel 4.9 merupakan kapasitas gudang penyangga yang tersedia di wilayah amatan.

Tabel 5.21 Ketersediaan Kapasitas Gudang Penyangga

Kabupaten	Kap. Eksisting	Ketersediaan Gudang	Persentase
Blitar	1.604	1.454	91%
Kediri	4.320	2.466	57%
Malang	5.249	4.665	89%
Pasuruan	1.463	1.270	87%
Sidoarjo	1.265	429	34%
Mojokerto	6.444	3.223	50%
Jombang	2.210	1.807	82%
<b>Rata-rata</b>			<b>70%</b>

Kebijakan *inventory* tetap menggunakan kebijakan eksisting yaitu terdapat minimal 21 hari kebutuhan di setiap gudang penyangga. Perubahan kebijakan dilakukan pada masa pengerjaan *order* kerja untuk pengiriman pupuk dari gudang Gresik ke gudang penyangga oleh rekanan yaitu *order* kerja harus diselesaikan dalam waktu kurang dari 5 hari. Lebih cepat 5 hari dari kebijakan eksisting yaitu *order* kerja harus diselesaikan dalam waktu 10 hari. Tabel 5.19 merupakan kapasitas gudang penyangga yang digunakan pada skenario 3.

Tabel 5.22 Kapasitas GP Setelah Penambahan

Nama Gudang Penyangga	Kapasitas (Ton)	
	Eksisting	Setelah Penambahan
Blitar 1 Talun	588	588
Blitar 2 Wlingi	1.016	1.016
Jombang Gatsu	2.110	2.110
Jombang Cempaka	449	449
Kediri 1 Kayen	1.173	1.173
Kediri 2 Ringinrejo	783	1.331

Nama Gudang Penyangga	Kapasitas (Ton)	
	Eksisting	Setelah Penambahan
Kediri 3 Gurah	2.364	2.364
Malang 5 Bakalan	1.469	1.469
Malang 1 Buring	1.383	1.383
Malang Pakisaji	2.398	4.076
Mojokerto 1 Sooko	2.107	2.107
Mojokerto 2 Trowulan	2.158	3.669
Mojokerto 3 Kemlagi	2.179	3.704
Pasuruan 3 Pelabuhan	755	1.284
Pasuruan Kejayan	708	1.204
Sidoarjo 2 By Pass	1.265	2.151
<b>Total</b>	<b>22.904</b>	<b>30.078</b>

Tabel 5.20 merupakan hasil dari simulasi skenario 3 untuk masing-masing gudang penyangga.

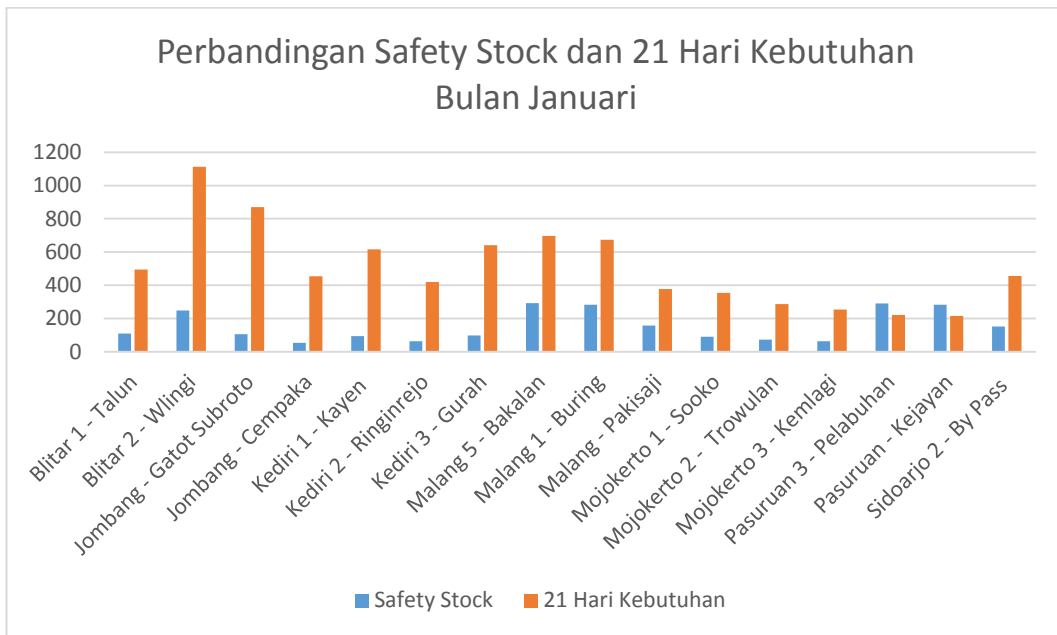
Tabel 5.23 Hasil Simulasi Skenario 3

Nama Gudang Penyangga	Jumlah <i>Demand</i> Terpenuhi (Ton)	Keterangan Kapabilitas	Rata-rata Kekurangan	Frekuensi Kekurangan
Blitar 1 Talun	5.810	Tidak Cukup	37,08%	47,59%
Blitar 2 Wlingi	14.315	Tidak Cukup	35,85%	14,96%
Jombang Gatsu	14.595	Cukup	-	-
Jombang Cempaka	14.455	Tidak Cukup	38,68%	7,02%
Kediri 1 Kayen	13.720	Tidak Cukup	36,09%	6,79%
Kediri 2 Ringinrejo	14.560	Tidak Cukup	171,56%	70,67%
Kediri 3 Gurah	14.140	Cukup	-	-
Malang 5 Bakalan	15.190	Tidak Cukup	10,62%	28,29%
Malang 1 Buring	12.355	Tidak Cukup	6,15%	2,27%
Malang Pakisaji	14.630	Tidak Cukup	124,79%	71,63%
Mojokerto 1 Sooko	14.630	Cukup	-	-
Mojokerto 2 Trowulan	13.405	Tidak Cukup	24,99%	38,64%
Mojokerto 3 Kemlagi	15.015	Tidak Cukup	85,99%	61,54%
Pasuruan 3 Pelabuhan	15.050	Tidak Cukup	94,65%	39,53%
Pasuruan Kejayan	13.475	Tidak Cukup	376,77%	88,31%
Sidoarjo 2 By Pass	6.685	Tidak Cukup	52,01%	45,03%
<b>Total</b>	<b>212.030</b>			

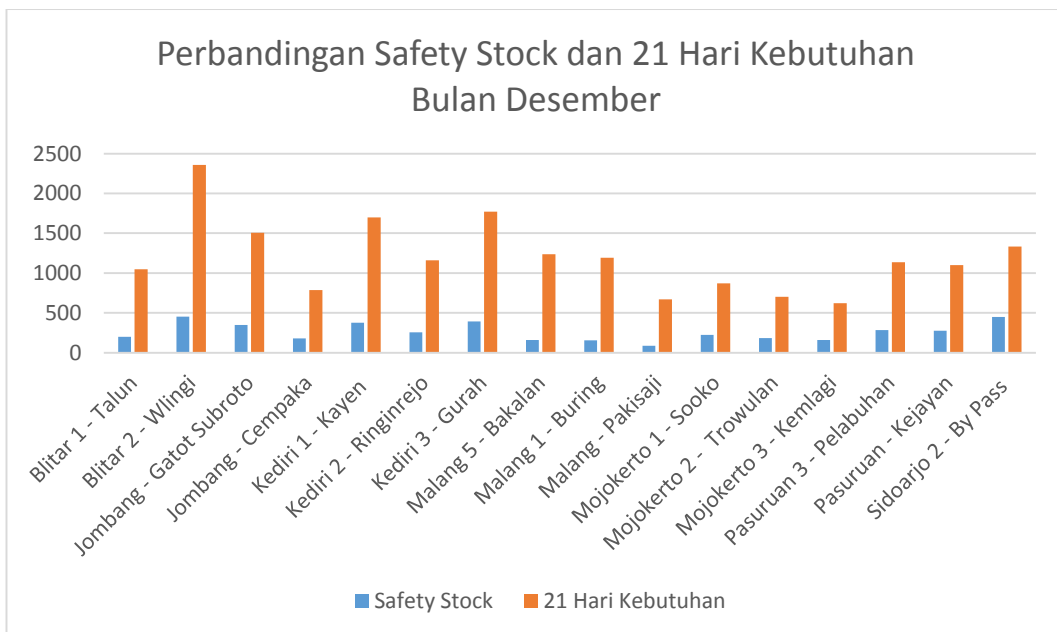
Pada skenario 3, gudang penyangga yang mengalami kekurangan kapasitas pasca *revamping* Pabrik Phonska V sebanyak 13 gudang. Sedangkan gudang penyangga yang mampu mengimbangi peningkatan alokasi Pupuk Phonska sebanyak 3 gudang. Hasil simulasi skenario 3 untuk gudang Gresik menunjukkan bahwa ketiga gudang yaitu Gudang PF 1, Gudang PF 2, dan Gudang Phonska memiliki kapasitas cukup untuk menampung alokasi Pupuk Phonska yang berasal dari pabrik.

### 5.3 Analisis Sistem Distribusi

Sistem distribusi Pupuk Phonska PT Petrokimia Gresik pada wilayah amatan memanfaatkan gudang Gresik dan gudang penyangga. Pengiriman dari gudang Gresik ke gudang penyangga dilakukan setiap hari sedangkan kebijakan *inventory* yang digunakan yaitu terdapat minimal 21 hari kebutuhan pada masing-masing gudang penyangga. Perusahaan saat ini tidak menerapkan kebijakan pengiriman berdasarkan *reorder point* yang dihitung berdasarkan *demand* selama *lead time* dan *safety stock*. Lama pengiriman pupuk dari gudang Gresik ke gudang penyangga dapat ditempuh dalam waktu satu hari sehingga kebijakan *inventory* saat ini menyebabkan pupuk yang disimpan dalam gudang penyangga terlalu banyak. *Safety stock* yang dihitung berdasarkan 21 hari kebutuhan membuat kapasitas gudang yang dibutuhkan besar. Makin besar kapasitas gudang yang dibutuhkan, maka semakin besar pula biaya sewa gudang yang dikeluarkan perusahaan. Dengan lama pengiriman yang kurang dari dua hari, *safety stock* yang diperlukan pada masing-masing gudang tidak perlu sebanyak 21 hari kebutuhan. Berikut merupakan perbandingan *safety stock* yang dihitung dengan persamaan (2.2) dengan kebijakan *inventory* 21 hari kebutuhan.



Gambar 5.1 Perbandingan SS dan 21 Hari Kebutuhan Januari



Gambar 5.2 Perbandingan SS dan 21 Hari Kebutuhan Desember

Terdapat perbedaan yang signifikan antara *safety stock* yang dihitung dengan persamaan (2.2) dan kebijakan *inventory* 21 hari kebutuhan. Rata-rata selisih antara *safety stock* dengan kebijakan 21 hari kebutuhan adalah sebesar 69,4%. Perbandingan antara *safety stock* dengan 21 hari kebutuhan bulan Januari



hingga Desember masing-masing gudang penyangga dapat dilihat pada Lampiran 3. Selain itu, jika jumlah stok pupuk minimal yang tersedia di gudang penyangga kurang dari 21 hari kebutuhan maka distributor tidak dapat mengambil pupuk yang berakibat pada kecilnya rata-rata persentase permintaan yang dapat dipenuhi per kabupaten/kota. *Service level* yang digunakan pada perhitungan *safety stock* dengan persamaan (2.2) adalah sebesar 99% pada musim hujan dan 95% pada musim kemarau. Hal ini atas pertimbangan bahwa pada musim kemarau kebutuhan akan pupuk lebih rendah daripada kebutuhan pada musim hujan. *Service level* pada penelitian ini merupakan kemampuan perusahaan dalam memenuhi permintaan Pupuk Phonska di gudang penyangga. Pada kondisi eksisting yang menerapkan kebijakan 21 hari kebutuhan, *service level* perusahaan dalam memenuhi permintaan Pupuk Phonska di gudang penyangga secara akumulatif hanya sebesar 91,63%. Tabel 5.20 menjelaskan perbandingan alokasi Permentan dengan realisasi pupuk yang tersalurkan pada masing-masing kabupaten/kota.

Tabel 5.24 Perbandingan Alokasi dengan Realisasi Pengiriman

Kabupaten / Kota	S/D 30 Desember 2015			
	Alokasi	Real	+/- (SK)	%
Blitar	26.796	26.481	315	98.82%
Kediri	38.899	38.823	76	99.80%
Malang	35.070	34.938	132	99.62%
Pasuruan	13.684	12.973	711	94.80%
Sidoarjo	4.998	4.609	389	92.22%
Mojokerto	23.229	23.220	9	99.96%
Jombang	21.138	21.266	(128)	100.61%
Kota Kediri	1.398	1.234	164	88.27%
Kota Blitar	775	445	330	57.42%
Kota Malang	717	562	155	78.38%
Kota Surabaya	135	120	15	88.89%
Kota Batu	2.490	2.510	(20)	100.80%
<b>Rata-Rata</b>				<b>91.634%</b>

#### **5.4 Analisis Penambahan Kapasitas Gudang**

Skenario penambahan kapasitas gudang penyangga dapat diambil perusahaan untuk mengatasi peningkatan alokasi Pupuk Phonska pasca *revamping* Pabrik Phonska V sehingga tidak terjadi kekurangan kapasitas pada gudang penyangga. Pada subbab 5.2.2 telah diberikan beberapa alternatif penambahan kapasitas gudang dengan menggunakan sistem distribusi eksisting. Penambahan kapasitas gudang ini akan menimbulkan konsekuensi penambahan biaya sewa yang harus dikeluarkan oleh perusahaan. Semakin besar kapasitas gudang yang digunakan maka potensi terjadinya *overload* pupuk semakin kecil. Pada kondisi eksisting, apabila gudang tidak dapat menampung pupuk maka pupuk akan di simpan pada *open storage* di sekitar area pabrik. *Open storage* merupakan area penyimpanan terbuka yang terdapat di sekitar area gudang yang digunakan sebagai area penyimpanan pupuk. Pupuk hanya akan ditumpuk dengan alas pallet kayu dan ditutup oleh terpal. Hal ini menyebabkan pupuk akan terpapar sinar matahari langsung dan terkena air hujan. Penyimpanan pupuk pada *open storage* akan mempercepat kerusakan pada pupuk sehingga pupuk tidak dapat didistribusikan oleh distributor hingga ke petani.

Dengan menambah kapasitas pada gudang-gudang yang mengalami kekurangan kapasitas pasca *revamping* Pabrik Phonska V, perusahaan dapat menekan kerugian yang disebabkan oleh kerusakan pupuk akibat disimpan di area luar gudang atau area *open storage*. Pupuk yang rusak tidak dapat disalurkan ke petani dan harus dikembalikan ke pabrik untuk dilakukan produksi ulang. Proses pengembalian pupuk ke pabrik tentu akan memerlukan tambahan biaya untuk proses pengiriman pupuk dari gudang penyangga ke pabrik, proses produksi ulang, proses *re-bagging*, serta biaya untuk proses pengiriman pupuk dari gudang Gresik ke gudang penyangga.

#### **5.5 Analisis Output Simulasi Skenario**

Pada subbab ini, dilakukan perbandingan *output* simulasi skenario 1, skenario 2, dan skenario 3. Sesuai dengan tujuan penelitian, skenario 2 dibuat untuk mengetahui berapa penambahan kapasitas gudang yang diperlukan sebagai akibat dari penambahan alokasi Pupuk Phonska pasca *revamping* Pabrik Phonska V.

Perbandingan dilakukan dengan melihat permintaan yang dapat dipenuhi, rata-rata persentase kekurangan kapasitas gudang, dan frekuensi terjadinya kekurangan kapasitas gudang dalam satu tahun.

Tabel 5.25 Perbandingan Jumlah *Demand* Terpenuhi

Nama Gudang Penyangga	Jumlah Demand Terpenuhi (Ton)		
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Blitar 1 Talun	5.880	5.794	5.810
Blitar 2 Wlingi	14.595	14.275	14.315
Jombang Gatsu	14.315	14.554	14.595
Jombang Cempaka	13.300	14.414	14.455
Kediri 1 Kayen	14.700	13.681	13.720
Kediri 2 Ringinrejo	12.915	14.519	14.560
Kediri 3 Gurah	14.875	14.100	14.140
Malang 5 Bakalan	13.720	15.147	15.190
Malang 1 Buring	13.825	12.320	12.355
Malang Pakisaji	13.965	14.589	14.630
Mojokerto 1 Sooko	13.895	14.589	14.630
Mojokerto 2 Trowulan	14.035	13.367	13.405
Mojokerto 3 Kemplagi	14.035	14.973	15.015
Pasuruan 3 Pelabuhan	14.245	15.008	15.050
Pasuruan Kejayan	14.210	13.437	13.475
Sidoarjo 2 By Pass	7.035	6.666	6.685
<b>Total</b>	<b>209.545</b>	<b>211.435</b>	<b>212.030</b>

Skenario 3 menghasilkan jumlah permintaan yang dapat dipenuhi paling besar jika dibandingkan dengan skenario 1 dan skenario 2 yaitu sebesar 212.030 ton selama satu tahun. Tabel 5.24 merupakan perbandingan rata-rata persentase kekurangan kapasitas dan frekuensi terjadinya kekurangan selama satu tahun pada kondisi skenario 1, skenario 2, dan skenario 3.

Tabel 5.26 Perbandingan Rata-rata dan Frekuensi Kekurangan

Nama Gudang Penyangga	Rata-rata kekurangan			Frekuensi Kekurangan		
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Blitar 1 Talun	36,30%	Kapasitas Cukup	37,08%	55,95%	Kapasitas Cukup	47,59%
Blitar 2 Wlingi	37,35%		35,85%	55,95%		14,96%
Jombang Gatsu	-		-	-		-
Jombang Cempaka	18,76%		38,68%	14,47%		7,02%
Kediri 1 Kayen	34,97%		36,09%	9,85%		6,79%
Kediri 2 Ringinrejo	279,72%		171,56%	83,20%		70,67%
Kediri 3 Gurah	-		-	-		-
Malang 5 Bakalan	12,82%		10,62%	21,43%		28,29%
Malang 1 Buring	5,86%		6,15%	2,24%		2,27%
Malang Pakisaji	233,54%		124,79%	83,51%		71,63%
Mojokerto 1 Sooko	-		-	-		-
Mojokerto 2 Trowulan	100,62%		24,99%	60,85%		38,64%
Mojokerto 3 Kemlagi	176,59%		85,99%	75,66%		61,54%
Pasuruan 3 Pelabuhan	157,83%		94,65%	61,67%		39,53%
Pasuruan Kejayan	722,82%		376,77%	93,52%		88,31%
Sidoarjo 2 By Pass	141,47%		52,01%	67,16%		45,03%

Pada skenario 2, seluruh gudang penyangga mampu menampung penambahan alokasi Pupuk Phonska. Sedangkan pada skenario 3, jumlah gudang penyangga yang mengalami kekurangan kapasitas sama dengan kondisi skenario 1. Tetapi pada skenario 3 rata-rata persentase kekurangan kapasitas serta frekuensi terjadinya kekurangan kapasitas yang terjadi pada gudang penyangga lebih kecil dibandingkan dengan skenario 1. Sedangkan untuk gudang Gresik, pada skenario 2 kondisi gudang Gresik sama dengan kondisi skenario 1 yaitu rata-rata mengalami kekurangan kapasitas sebesar 14,44% dengan frekuensi terjadi 0,36% selama satu tahun. Sedangkan pada skenario 3, seluruh gudang Gresik memiliki kapasitas yang cukup untuk menampung Pupuk Phonska untuk memenuhi permintaan pupuk selama satu tahun. Dari ketiga skenario, skenario 2 yaitu dengan merubah kebijakan *inventory* dan pengiriman pupuk ke gudang penyangga merupakan skenario yang tidak memiliki konsekuensi penambahan biaya sewa gudang karena semua gudang memiliki kapasitas yang cukup untuk menampung Pupuk Phonska.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

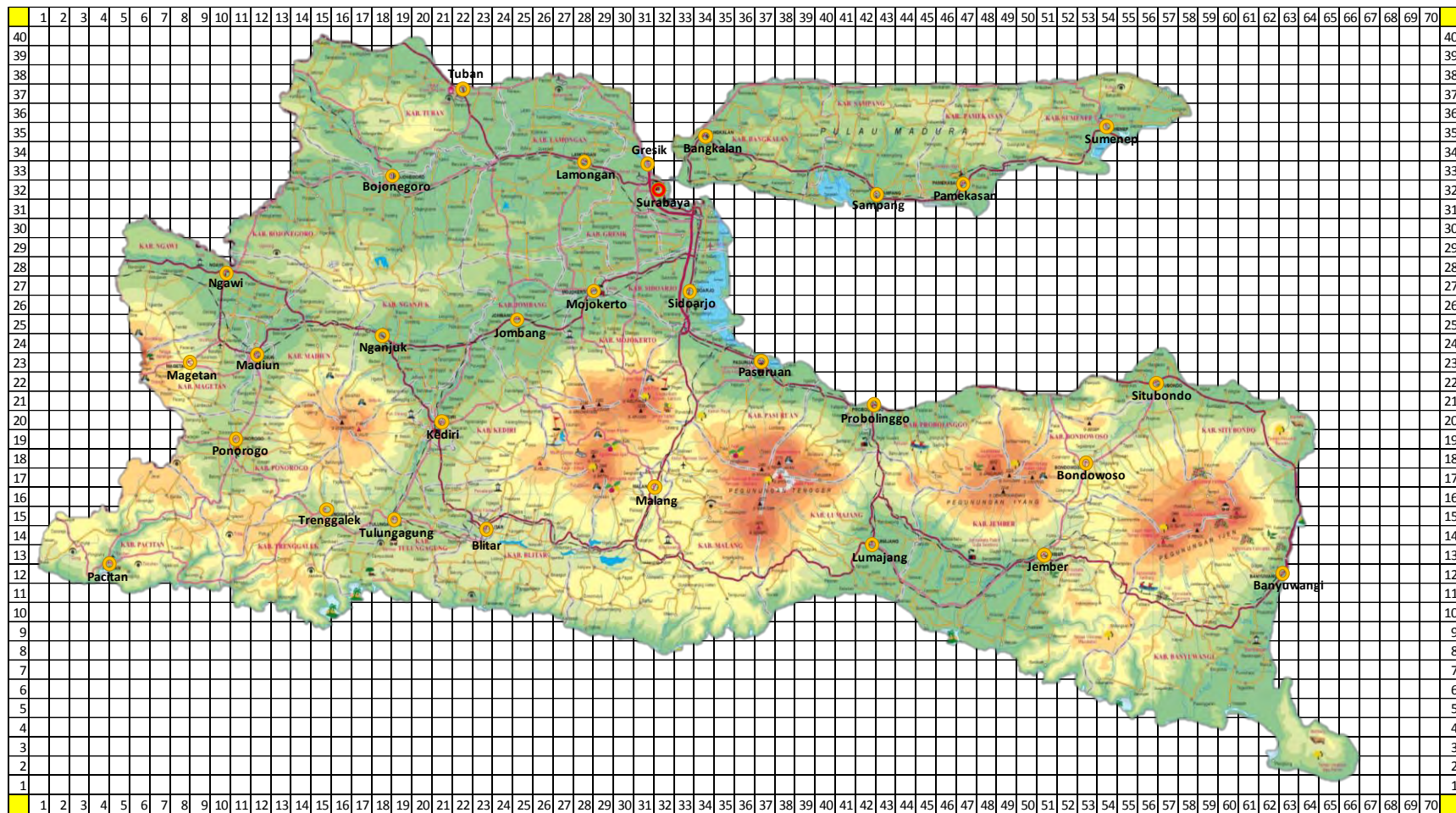
## LAMPIRAN

### Lampiran 1 : Klastering

#### Koordinat Kabupaten/Kota di Jawa Timur

No	Kabupaten/Kota	Koordinat	
		X	Y
1	Bangkalan	34,5	34
2	Banyuwangi	62,8	12
3	Blitar	23,4	14,5
4	Bojonegoro	18,5	32,5
5	Bondowoso	53	17,5
6	Gresik	31,3	33,8
7	Jember	51	12,5
8	Jombang	24,6	25
9	Kediri	21	20
10	Lamongan	28	33,5
11	Lumajang	42,5	19
12	Madiun	12	23,5
13	Magetan	8,8	23
14	Malang	31,5	17
15	Mojokerto	28,8	26,3
16	Nganjuk	18	24
17	Ngawi	10,4	27,5
18	Pacitan	4,5	12,5
19	Pamekasan	47	33
20	Pasuruan	36,7	23,2
21	Ponorogo	10,5	19
22	Probolinggo	42,4	20,5
23	Sampang	42,5	32,5
24	Sidoarjo	33,6	26,5
25	Situbondo	56,5	21,5
26	Sumenep	54	35,5
27	Trenggalek	15,5	15,7
28	Tuban	22	37,4
29	Tulungagung	18,5	15

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



Gambar 1. Titik Koordinat Kabupaten/Kota di Jawa Timur



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Hasil Klastering dengan Metode K-means

Klaster	Kabupaten/Kota	Koordinat		Alokasi Permentan
		X	Y	
1	Blitar	23,4	14,5	28.674
1	Jombang	24,6	25,0	21.648
1	Kediri	21,0	20,0	41.416
1	Malang	31,5	17,0	38.014
1	Mojokerto	28,8	26,3	22.439
1	Pasuruan	36,7	23,2	14.853
1	Sidoarjo	33,6	26,5	8.199
2	Madiun	12,0	23,5	24.793
2	Magetan	8,8	23,0	23.682
2	Ngawi	10,4	27,5	41.836
2	Pacitan	4,5	12,5	6.942
2	Ponorogo	10,5	19,0	27.142
2	Trenggalek	15,5	15,7	11.754
2	Tulungagung	18,5	15,0	18.320
3	Nganjuk	18,0	24,0	33.570
3	Bangkalan	34,5	34,0	3.274
3	Bojonegoro	18,5	32,5	38.899
3	Gresik	31,3	33,8	14.301
3	Lamongan	28,0	33,5	41.038
3	Tuban	22,0	37,4	31.626
4	Pamekasan	47,0	33,0	4.473
4	Sampang	42,5	32,5	1.992
4	Sumenep	54,0	35,5	6.740
4	Banyuwangi	62,8	12,0	32.433
4	Bondowoso	53,0	17,5	7.740
4	Jember	51,0	12,5	32.976
4	Lumajang	42,5	19,0	16.214
4	Probolinggo	42,4	20,5	10.109
4	Situbondo	56,5	21,5	6.297

## Fungsi Klustering K-Means pada Matlab

```
function [kelas,centres] = kmeans1(k,data, niters)
%input:
% k - jumlah klaster
% data - data yang akan diklasterkan
% niters - jumlah iterasi maksimum
% Deskripsi
% output:
% kelas -data masuk klaster mana
% centers pusat masing2 klaster
[ndata, data_dim] = size(data);
ncentres = k;
if (ncentres > ndata)
error('Terlalu banyak klaster daripada data')
end
% menentukan pusat klaster secara random
perm = randperm(ndata);
indpusat = perm(1:ncentres);
centres = data(indpusat, :);
% Loop utama
for n = 1:niters
% simpan pusat yang lama
old_centres = centres;
% Hitung jarak antara tiap data dan pusat klaster
d2 = dist2(data, centres);
% Tugaskan tiap data ke kaslter terdekat
[minvals, ind] = min(d2,[],2);
post =accumarray(ind,1,[k,1]);%mencari banyak titik data yang
masuk kelas j
kelas=ind;

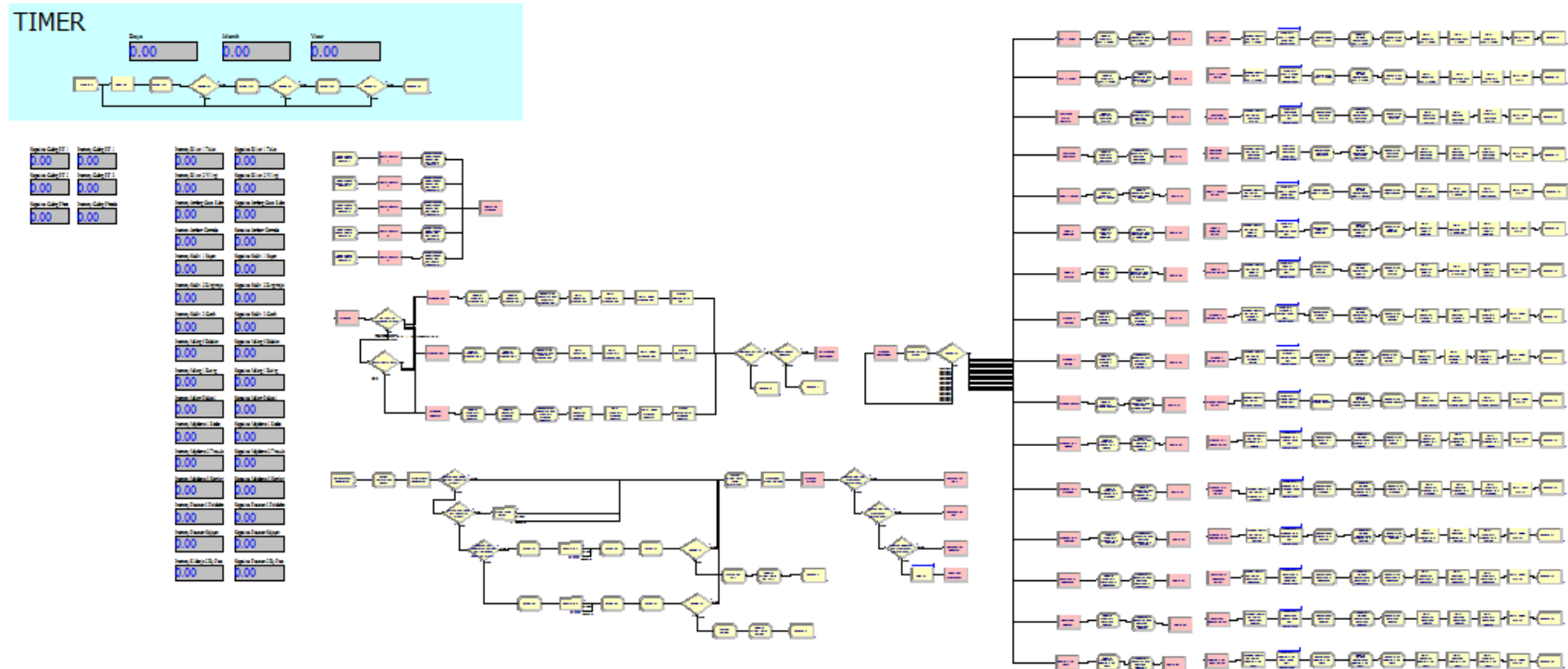
% Hitung pusat klaster dengan mean
for j = 1:ncentres
if (post(j) > 0)
centres(j,:) = sum(data(find(ind==j),:))/post(j); %mencari pusat
baru
end
end
Change=sum(sum(abs(old_centres-centres)));
if Change < 1e-10 %apakah sdh konverge
break
end
end

function d2=dist2(data,centres)
ndata=size(data,1);
ncentres=size(centres,1);
d2=zeros(ndata,ncentres);

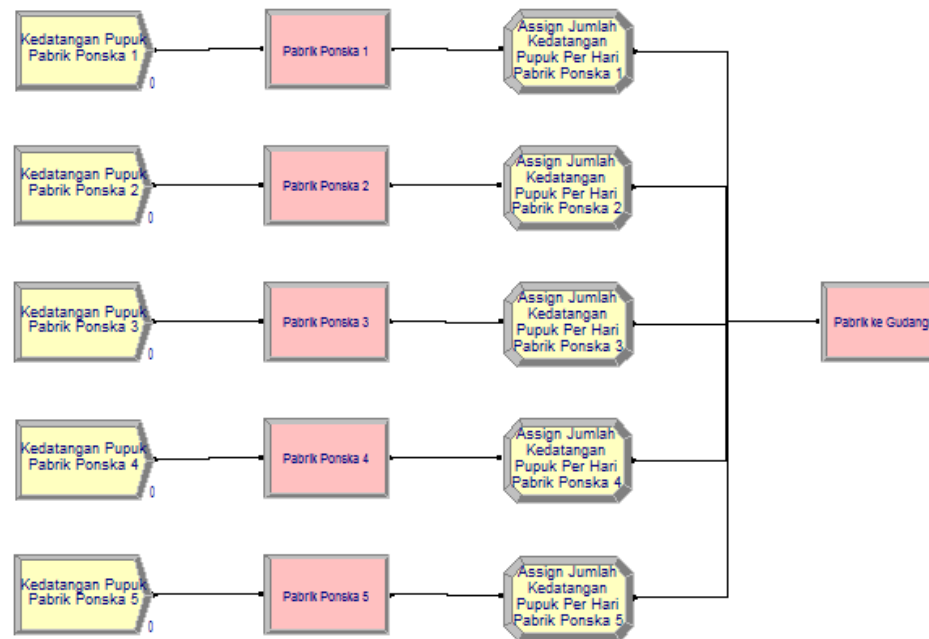
for j=1:ncentres
d2(:,j)=sum((data-repmat(centres(j,:),ndata,1)).^2,2);
end
```

## Lampiran 2 : Model Simulasi ARENA

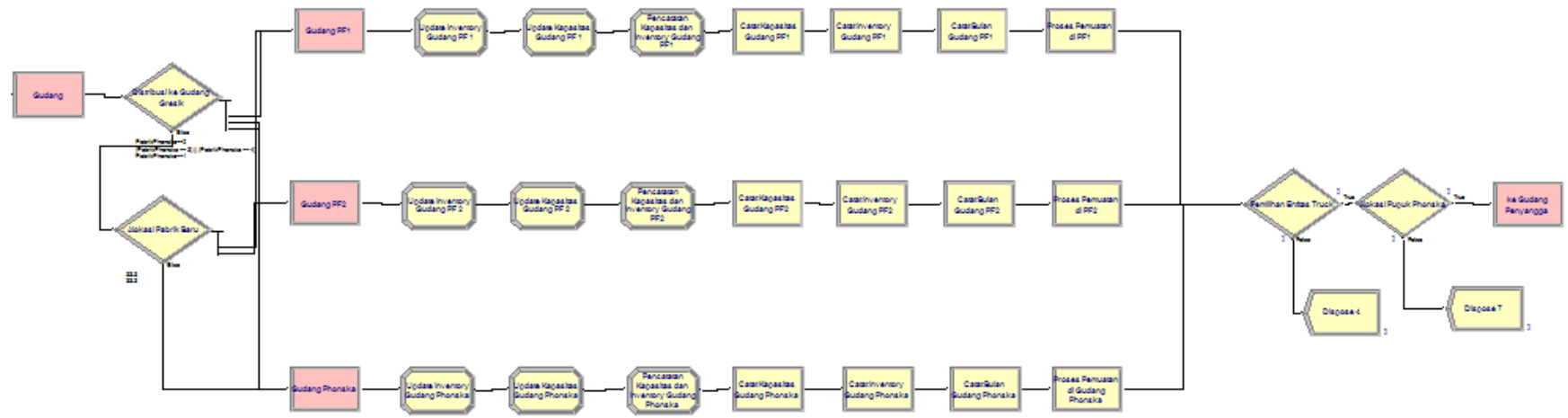
### DISTRIBUSI PHONSKA PKG JATIM



Gambar 2. Simulasi Distribusi Pupuk Phonska



Gambar 3. Blok Simulasi Kedatangan Pupuk dari Pabrik



Gambar 3. Blok Simulasi Proses Penerimaan Pupuk di Gudang Gresik



**Lampiran 3 : Reorder Point, Safety Stock, dan 21 Hari Kebutuhan**

*Reorder Point Pupuk Phonska Tahun 2016 dalam Ton*

Coverage Area	Gudang Penyangga	ROP PHONSKA 2016											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Blitar, Kota Blitar	Blitar 1 - Talun	158	186	94	142	149	218	62	105	183	139	164	301
	Blitar 2 - Wlingi	355	417	258	319	336	489	140	236	410	312	369	677
Jombang	Jombang - Gatot Subroto	189	231	360	287	395	211	293	316	200	172	360	490
	Jombang - Cempaka	99	121	188	150	206	111	153	165	104	90	188	256
Kediri, Kota Kediri	Kediri 1 - Kayen	153	169	231	199	159	758	133	211	254	710	276	539
	Kediri 2 - Ringinrejo	104	115	158	136	108	518	91	144	173	485	188	368
	Kediri 3 - Gurah	159	176	241	207	165	790	139	220	264	739	288	561
Malang, Kota Malang, Kota Batu	Malang 5 - Bakalan	360	312	327	190	288	155	281	280	216	327	379	279
	Malang 1 - Buring	348	301	316	183	278	150	271	270	208	316	366	270
	Malang - Pakisaji	195	169	177	103	156	84	152	152	117	177	205	151
Mojokerto, Kota Mojokerto	Mojokerto 1 - Sooko	124	139	175	72	125	111	131	219	163	130	191	308
	Mojokerto 2 - Trowulan	100	113	141	58	101	89	106	177	132	105	154	249
	Mojokerto 3 - Kemlagi	89	100	125	51	89	79	94	157	117	93	137	220
Pasuruan, Kota Pasuruan	Pasuruan 3 - Pelabuhan	313	127	146	148	121	117	103	109	120	182	127	391
	Pasuruan - Kejayan	304	124	142	144	118	114	100	106	117	177	124	379
Sidoarjo	Sidoarjo 2 - By Pass	196	163	242	147	544	604	415	461	397	568	445	577



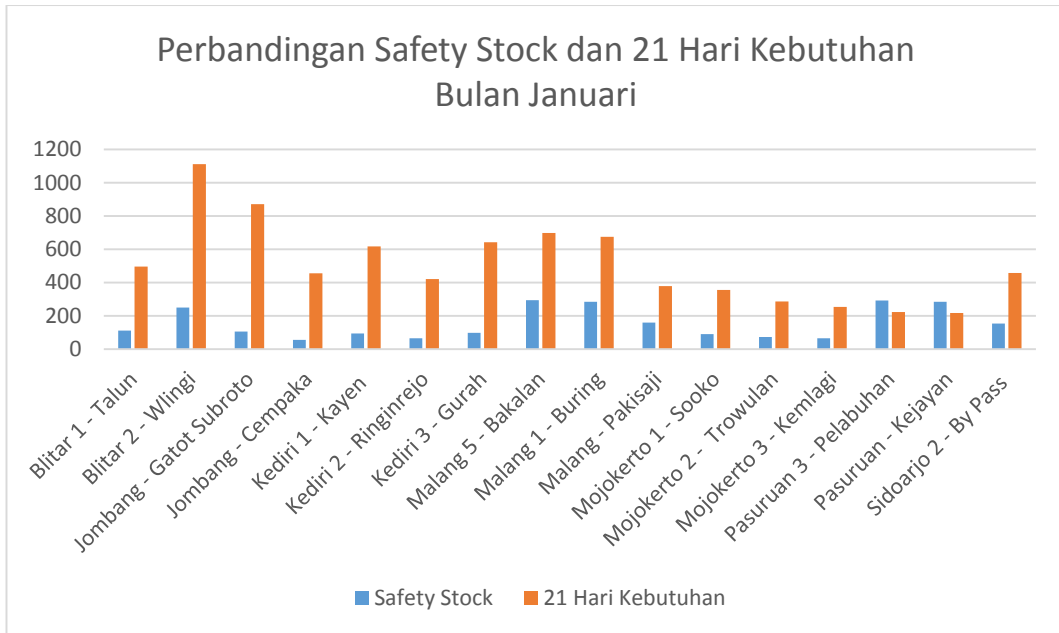
*Safety Stock Pupuk Phonska Tahun 2016 dalam Ton*

Coverage Area	Gudang Penyangga	SAFETY STOCK PHONSKA 2016											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Blitar, Kota Blitar	Blitar 1 - Talun	111	127	50	123	104	141	29	62	125	103	135	201
	Blitar 2 - Wlingi	249	285	158	277	234	316	66	140	281	232	304	452
Jombang	Jombang - Gatot Subroto	106	168	267	198	315	148	246	251	126	117	269	347
	Jombang - Cempaka	55	88	140	103	165	77	129	131	66	61	141	181
Kediri, Kota Kediri	Kediri 1 - Kayen	94	104	133	116	87	683	83	130	174	626	170	377
	Kediri 2 - Ringinrejo	64	71	91	79	60	466	56	89	119	428	116	257
	Kediri 3 - Gurah	98	109	138	121	91	711	86	136	181	652	177	393
Malang, Kota Malang, Kota Batu	Malang 5 - Bakalan	293	193	228	135	229	92	208	202	103	227	311	161
	Malang 1 - Buring	283	186	220	131	222	89	201	195	99	219	301	156
	Malang - Pakisaji	159	104	124	73	124	50	113	110	56	123	169	88
Mojokerto, Kota Mojokerto	Mojokerto 1 - Sooko	90	93	126	28	68	73	101	163	101	85	136	225
	Mojokerto 2 - Trowulan	73	75	102	23	55	59	82	132	81	69	110	182
	Mojokerto 3 - Kemlagi	65	66	90	20	49	52	73	117	72	61	97	161
Pasuruan, Kota Pasuruan	Pasuruan 3 - Pelabuhan	292	87	95	102	77	76	70	76	87	168	90	283
	Pasuruan - Kejayan	283	84	92	99	75	74	68	74	84	164	87	274
Sidoarjo	Sidoarjo 2 - By Pass	153	111	172	125	503	566	372	421	378	546	416	450

21 Hari Kebutuhan Tiap Gudang Penyangga

Coverage Area	Gudang Penyangga	Peraturan Pemerintah 21 Hari Kebutuhan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Blitar, Kota Blitar	Blitar 1 - Talun	495	618	467	196	475	810	347	446	606	371	302	1049
	Blitar 2 - Wlingi	1.112	1.389	1.049	440	1.067	1.821	779	1.003	1.362	834	678	2.357
Jombang	Jombang - Gatot Subroto	871	664	977	941	836	671	494	683	777	577	953	1.508
	Jombang - Cempaka	455	347	511	492	437	351	258	357	406	302	498	788
Kediri, Kota Kediri	Kediri 1 - Kayen	616	678	1.030	864	751	792	530	851	837	876	1.115	1.699
	Kediri 2 - Ringinrejo	421	463	703	590	513	541	362	581	571	598	762	1.160
	Kediri 3 - Gurah	642	706	1073	901	783	826	552	887	872	913	1.162	1.770
Malang, Kota Malang, Kota Batu	Malang 5 - Bakalan	698	1.248	1.043	571	612	665	767	812	1.188	1.057	712	1.235
	Malang 1 - Buring	674	1.206	1.007	551	591	642	741	785	1.148	1.021	687	1.193
	Malang - Pakisaji	378	677	566	309	332	360	416	441	644	573	386	670
Mojokerto, Kota Mojokerto	Mojokerto 1 - Sooko	355	493	515	458	592	394	312	589	657	470	577	869
	Mojokerto 2 - Trowulan	287	399	417	370	479	319	252	476	531	380	466	703
	Mojokerto 3 - Kemlagi	254	353	369	328	424	282	223	422	471	337	413	623
Pasuruan, Kota Pasuruan	Pasuruan 3 - Pelabuhan	223	427	536	482	460	428	350	342	353	143	396	1.135
	Pasuruan - Kejayan	216	415	521	468	447	416	340	332	343	139	385	1.102
Sidoarjo	Sidoarjo 2 - By Pass	457	551	739	230	431	402	452	414	201	228	302	1.335

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



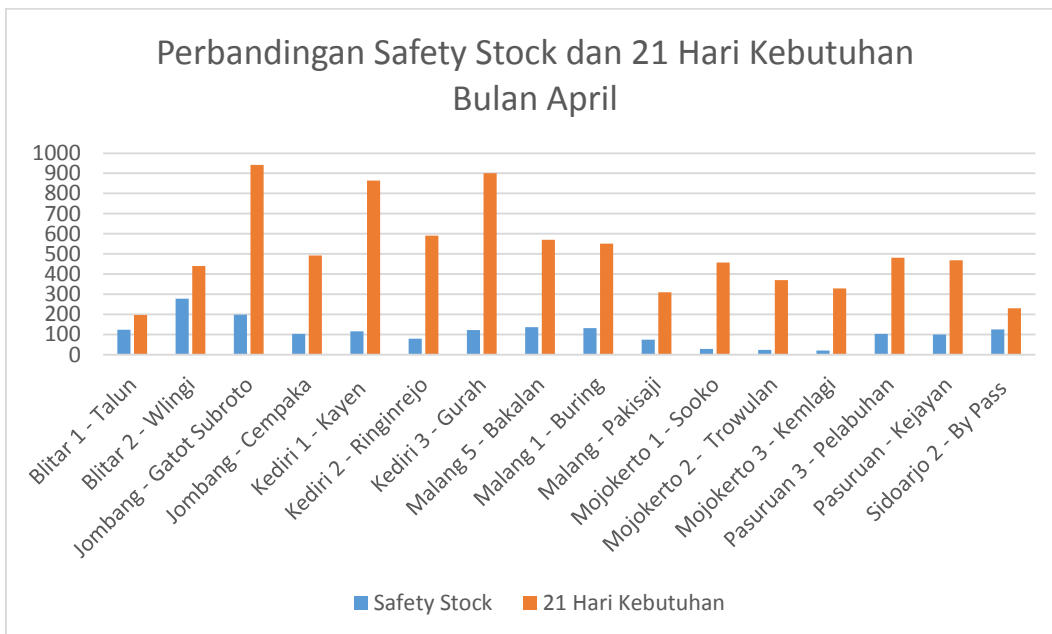
Gambar 6. Perbandingan SS dan 21 Hari Kebutuhan Bulan Januari



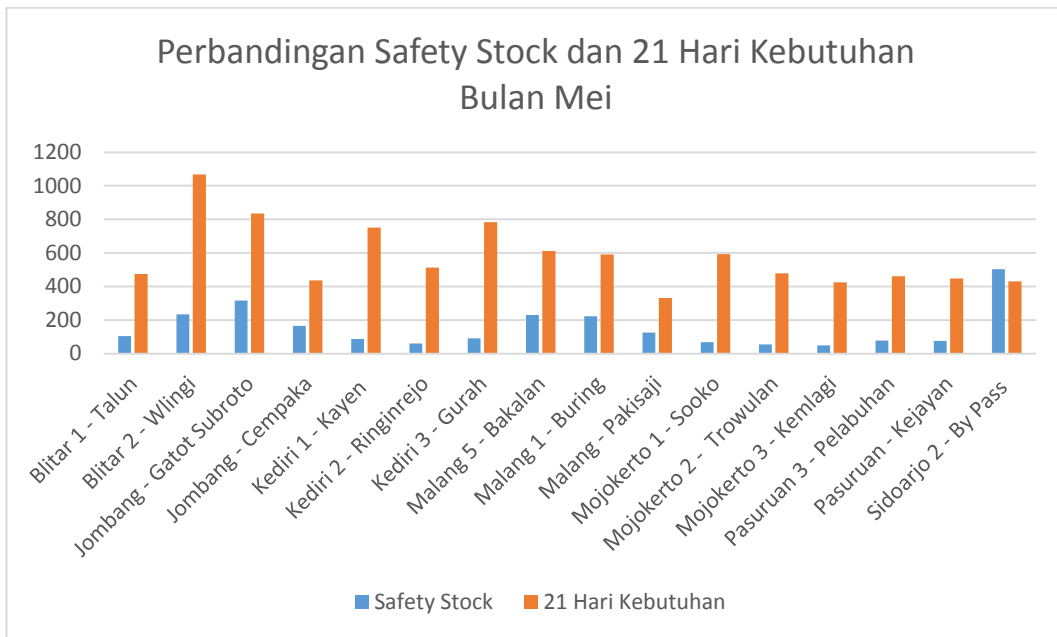
Gambar 7. Perbandingan SS dan 21 Hari Kebutuhan Bulan Februari



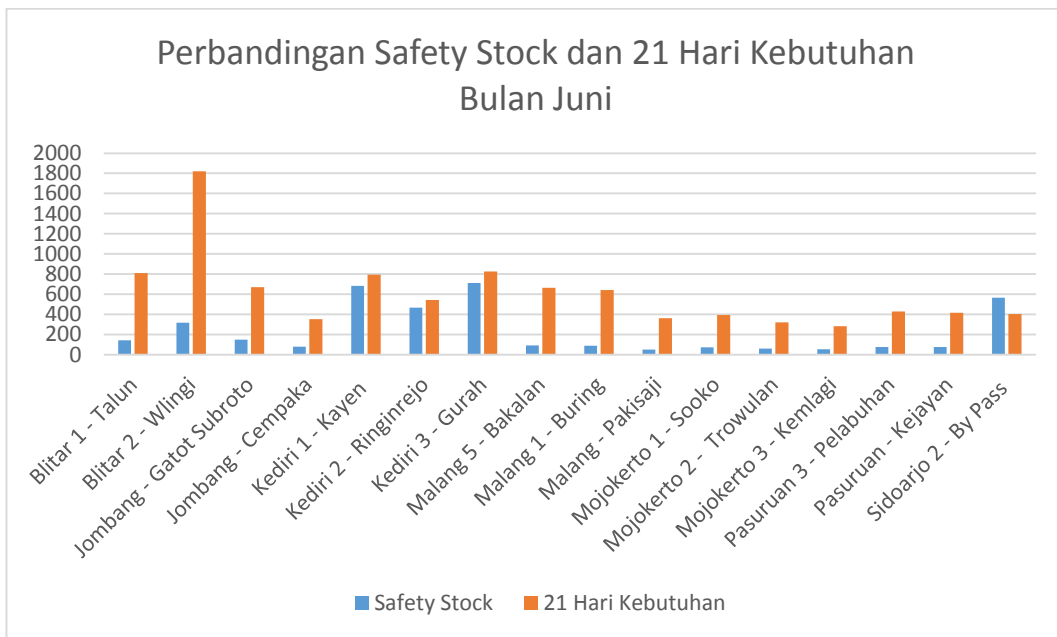
Gambar 8. Perbandingan SS dan 21 Hari Kebutuhan Bulan Maret



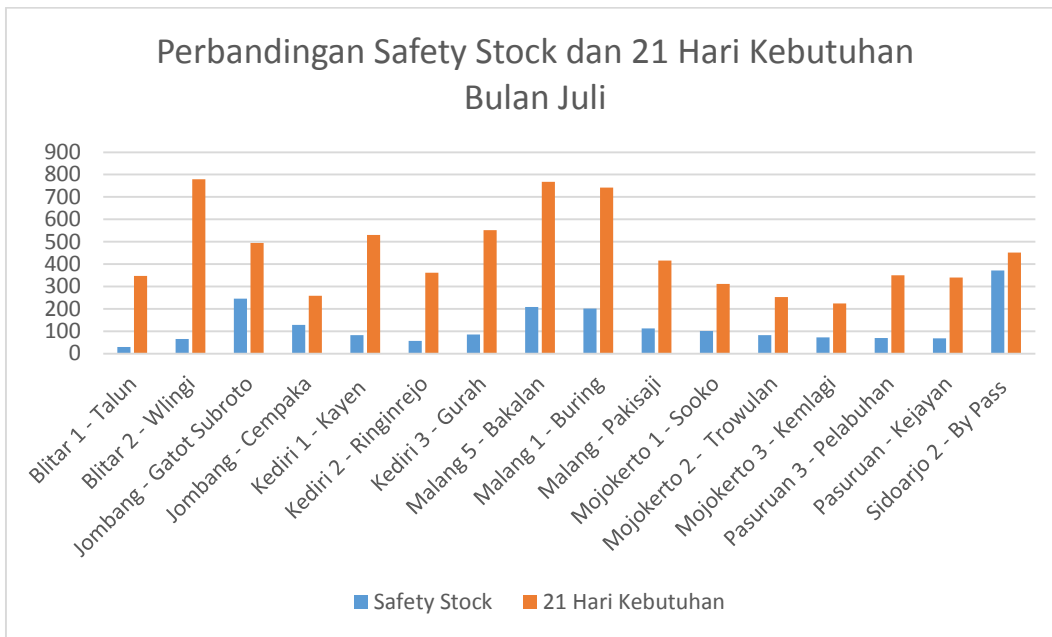
Gambar 9. Perbandingan SS dan 21 Hari Kebutuhan Bulan April



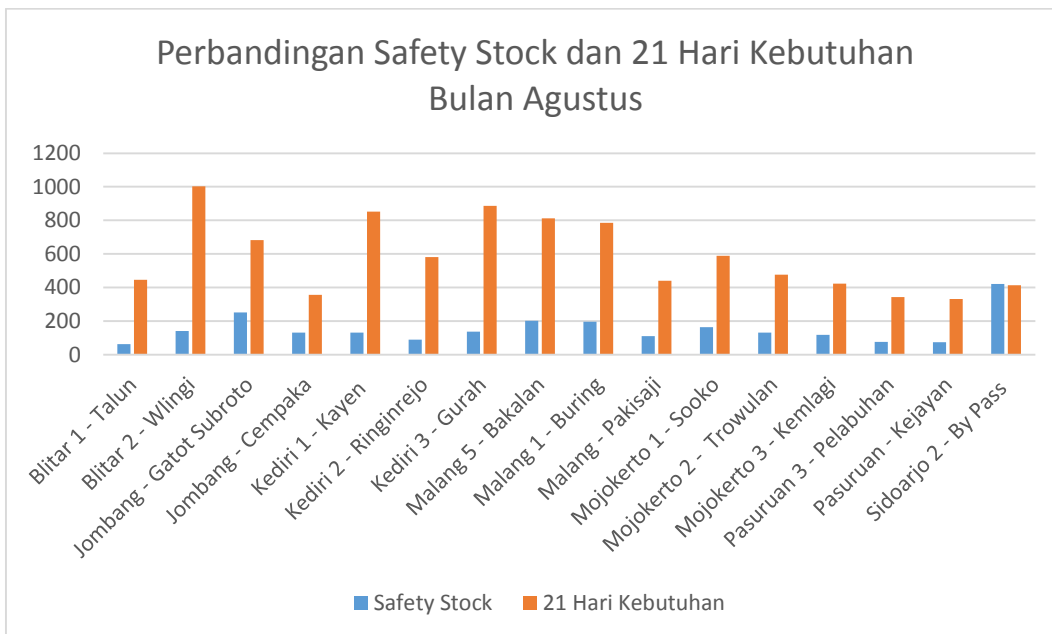
Gambar 10. Perbandingan SS dan 21 Hari Kebutuhan Bulan Mei



Gambar 11. Perbandingan SS dan 21 Hari Kebutuhan Bulan Juni



Gambar 12. Perbandingan SS dan 21 Hari Kebutuhan Bulan Juli



Gambar 13. Perbandingan SS dan 21 Hari Kebutuhan Bulan Agustus

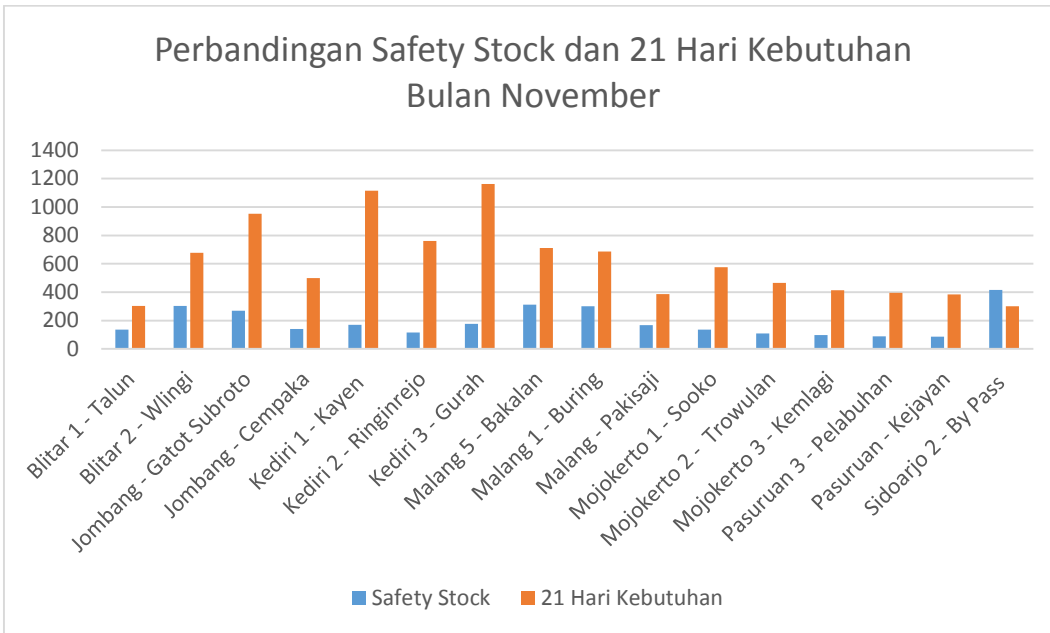


Gambar 13. Perbandingan SS dan 21 Hari Kebutuhan Bulan September

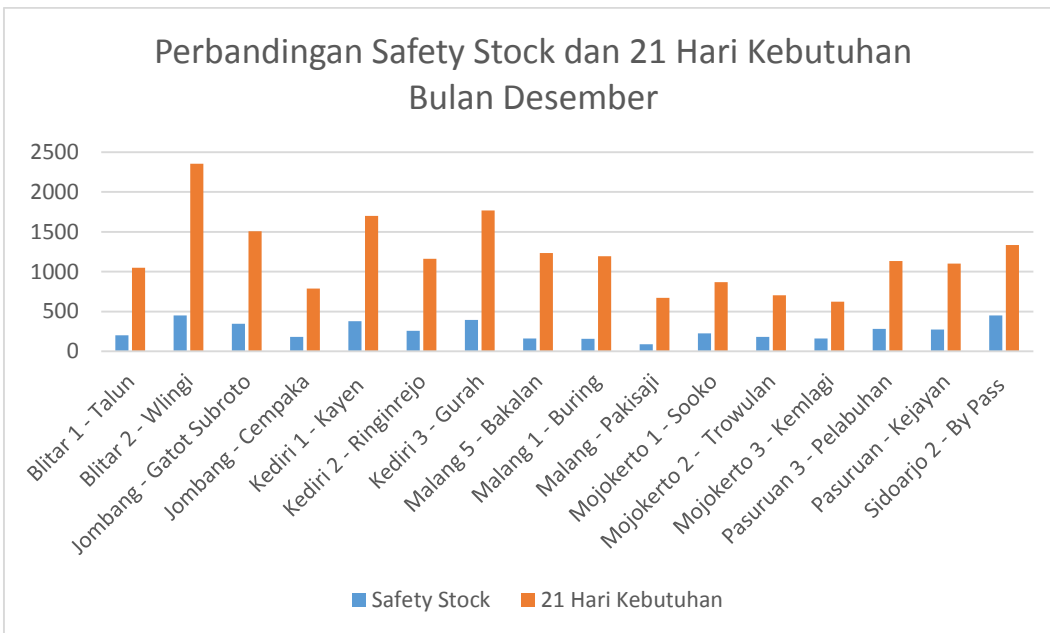


Gambar 14. Perbandingan SS dan 21 Hari Kebutuhan Bulan Oktober





Gambar 15. Perbandingan SS dan 21 Hari Kebutuhan Bulan November



Gambar 16. Perbandingan SS dan 21 Hari Kebutuhan Bulan Desember

### Lampiran 4 : Alokasi Pupuk Phonska

Alokasi Pupuk Phonska Tiap Gudang Penyangga

Coverage Area	Gudang Penyangga	Permintaan (Ton)												Total
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	
Blitar, Kota Blitar	Blitar 1 - Talun	707	698	667	280	678	634	495	638	435	530	431	759	6.953
	Blitar 2 - Wlingi	1.589	1.569	1.498	628	1.524	1.425	1.113	1.432	977	1.192	969	1.706	15.621
Jombang	Jombang - Gatot Subroto	1.244	948	1.395	1.345	1.194	958	706	975	1.110	824	1.362	2.154	14.216
	Jombang - Cempaka	651	496	730	703	624	501	369	510	580	431	712	1.126	7.432
Kediri, Kota Kediri	Kediri 1 - Kayen	880	969	1.471	1.235	1.073	1.132	757	1.216	1.195	1.251	1.594	2.427	15.200
	Kediri 2 - Ringinrejo	601	661	1.005	843	733	773	517	830	816	855	1.088	1.657	10.379
	Kediri 3 - Gurah	917	1009	1.533	1.287	1.118	1.179	789	1.267	1.245	1.304	1.660	2.528	15.837
Malang, Kota Malang, Kota Batu	Malang 5 - Bakalan	997	1783	1.490	815	874	950	1096	1.161	1.698	1.511	1.017	1.765	15.156
	Malang 1 - Buring	963	1723	1.439	788	845	917	1059	1.121	1.640	1.459	982	1.704	14.639
	Malang - Pakisaji	541	967	808	442	474	515	595	629	921	819	551	957	8.219
Mojokerto, Kota Mojokerto	Mojokerto 1 - Sooko	917	1.100	1.132	654	845	563	446	844	939	671	824	1.241	10.176
	Mojokerto 2 - Trowulan	741	890	915	529	684	455	360	682	759	542	666	1.004	8.228
	Mojokerto 3 - Kemlagi	657	788	811	469	606	403	319	605	673	481	590	890	7.293
Pasuruan, Kota Pasuruan	Pasuruan 3 - Pelabuhan	878	813	817	691	657	611	500	539	504	509	616	1.621	8.758

Coverage Area	Gudang Penyangga	Permintaan (Ton)											Total	
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop		Des
	Pasuruan - Kejayan	853	789	793	671	639	594	486	524	490	495	599	1.574	8.505
Sidoarjo	Sidoarjo 2 - By Pass	653	787	1.055	328	615	574	645	591	287	326	431	1.907	8.199
<b>Total</b>		43.148	44.109	62.889	53.354	49.326	420.64	33.325	39.574	46.703	48.157	61.355	87.110	<b>611.115</b>

Hasil *Forecast* Permintaan Pupuk Phonska Tiap Bulan dalam Ton

Tahun	Permintaan Bulan (Ton)												Total
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
2017	14374	17769	16750	12706	16801	15533	11932	15960	20428	12696	14326	23344	192619
2018	15897	20334	19168	13674	18966	17636	12833	18072	23919	12938	14795	26872	215104
2019	17580	23269	21940	14715	21411	20024	13803	20464	28007	13185	15280	30933	240611
2020	19442	26628	25113	15836	24170	22735	14846	23172	32794	13436	15781	35608	269561
2021	21501	30472	28746	17043	27285	25813	15967	26239	38398	13692	16299	40989	302444

## **BAB 6**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada Bab 6 dijelaskan mengenai kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang diberikan untuk perbaikan pada penelitian selanjutnya.

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis pada sistem distribusi Pupuk Phonska PT Petrokimia Gresik, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem distribusi yang mampu mengimbangi peningkatan alokasi Pupuk Phonska pasca *revamping* Pabrik Phonska V yaitu dengan merubah kebijakan *inventory* dan kebijakan pengiriman pupuk dari gudang Gresik ke gudang penyangga. Perubahan kebijakan yang dimaksud yaitu kebijakan *inventory* dengan mengacu pada *safety stock* Pupuk Phonska yang dihitung berdasarkan persamaan (2.2) serta kebijakan pengiriman yang mengacu pada *reorder point* pupuk yang dihitung dengan persamaan (2.1). Dengan menggunakan kebijakan ini, perusahaan tidak perlu melakukan penambahan kapasitas gudang yang disewa karena gudang saat ini telah mampu menampung pupuk.
2. Apabila perusahaan tetap menggunakan kebijakan *inventory* dan kebijakan pengiriman eksisting, maka diperlukan penambahan kapasitas 7 (tujuh) gudang penyangga untuk menampung tambahan alokasi Pupuk Phonska. gudang penyangga yang perlu penambahan kapasitas antara lain: Gudang Kediri 2 Ringinrejo, Malang Pakisaji, Mojokerto 2 Trowulan, Mojokerto 3 Kemlagi, Pasuruan 3 Pelabuhan, Pasuruan Kejayan, dan Sidoarjo 2 By Pass. Besarnya penambahan kapasitas berbeda antara satu gudang penyangga dengan gudang penyangga yang lain.

## **6.2 Saran**

Adapun saran yang dapat diberikan sebagai bahan pertimbangan untuk perbaikan penelitian selanjutnya antara lain :

1. Penelitian lebih lanjut mengenai analisis biaya terkait penambahan kapasitas gudang serta biaya pengiriman yang disesuaikan dengan kemampuan perusahaan sehingga dapat diperoleh skenario terbaik untuk meningkatkan kinerja perusahaan.
2. Permodelan pada jenis transportasi yang digunakan pada sistem dikembangkan menjadi beberapa jenis kapasitas transportasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Altiok, T. and Melamed, B. (2007). *Simulation Modeling and Analysis with Arena*. Amsterdam: Academic Press.
- Anityasari, Maria dan Wessiani, Naning Arianti, (2011), *Analisa Kelayakan Usaha Dilengkapi Kajian Manajemen Resiko*, Surabaya : Guna Widya.
- Appi.or.id. (2016). *Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia*. [online] Available at: <http://www.appi.or.id/?statistic> [Accessed 21 Feb. 2016].
- Arief, M. (2014). *An Integrated Shipment Planning and Storage Capacity : A Simulation Study*. Tugas Akhir S1. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Balai Besar Penelitian Tanaman Padi Kementrian Pertanian. (2015). *Penerapan Pemupukan Berimbang Spesifik Lokasi*. [online] Available at: <http://bbpadi.litbang.pertanian.go.id/index.php/berita/info-teknologi/content/197-penerapan-pemupukan-berimbang-spesifik-lokasi> [Accessed 21 Jul. 2016].
- Ballou, R. (2003). *Business Logistic/Supply Chain Management Planning, Organizing, and Controlling the Supply Chain*. 5th ed. Ohaio: Prentice Hall, pp.154-549.
- BULOG, P. (2014). *Perum BULOG - Ketahanan Pangan*. [online] Bulog.co.id. Available at: <http://www.bulog.co.id/ketahananpangan.php> [Accessed 18 Feb. 2016].
- Chopra, S. and Meindl, P. (2001). *Supply Chain Management Strategy, Planning, and Operation*. New Jersey: Prentice Hall.
- Harrel, C., Gosh, B. and Boyden, R. (2004). *Simulation using Promodel: Second Edition*. Boston: McGraw-Hill Higher Education.

- Ibnussalam, M. (2015). *Permodelan Matematika dan Discrete Event Simulation Untuk Menentukan Pengadaan Kendaraan Transportasi Darat pada Gudang Cross-Docking (Studi Kasus : PT Puspa Argo)*. Tugas Akhir S1. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kelton, W., Sadowski, R. and Sturrock, D. (2007). *Simulation with Arena*. Boston: McGraw-Hill Higher Education.
- Kementrian Pertanian, (2015). *Rencana Strategis Kementrian Pertanian Tahun 2015-2019*. Jakarta.
- Menteri Perdagangan Republik Indonesia. (2013). *Peraturan Menteri Perdagangan RI No. 15/M-DAG/PER/4/2013 tentang Pengadaan dan Penyaluran Pupuk Bersubsidi untuk Sektor Pertanian*.
- Menteri Pertanian Republik Indonesia. (2015). *Peraturan Menteri Pertanian No. 60/Permentan/SR.310/12/2015 tentang Kebutuhan dan Harga Eceran Tertinggi Pupuk Bersubsidi untuk Sektor Pertanian Tahun Anggaran 2016*.
- Organic HCS. (2014). *Unsur Hara Makro dan Mikro yang dibutuhkan oleh Tanaman*. [online] Available at: <https://organichcs.com/2014/05/03/unsur-makro-dan-mikro-yang-dibutuhkan-oleh-tanaman/> [Accessed 21 Jul. 2016].
- Presiden Republik Indonesia. (2011). *Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 15 Tahun 2011 tentang Perubahan atas Peraturan PP No. 77 Tahun 2005 tentang Penetapan Pupuk Bersubsidi sebagai Barang dalam Pengawasan*.
- Proyek Revamping Pabrik Asam Fosfat. (2015). *GEMA Media Internal Petrokimia Gresik*, (266).
- Presiden Republik Indonesia. (2012). *Undang-Undang No. 18 Tahun 2012 tentang Pangan*.
- PT Petrokimia Gresik, (2014). *Pengembangan Berkelanjutan Membuahkan Keberhasilan Menuju Masyarakat Ekonomi ASEAN*.

- Pinondang, Chrisman. (2014). *Analisis Pergerakan Aset Transportasi pada Depo Peti Kemas (Studi Kasus: PT X)*. Tugas Akhir S1. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pujawan, I. (2010). *Supply Chain Management*. 2nd ed. Surabaya: Guna Widya.
- Purdiani, Aristya. (2013). *Penentuan Jumlah dan Lokasi Gudang Penyangga PT Petrokimia Gresik untuk Wilayah Jawa Timur Pasca Aplikasi Single Responsibility Concept*. Tugas Akhir S1. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Santosa, B. (2007). *Data Mining Terapan dengan MATLAB*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Setneg.go.id. (2009). *Permasalahan Pupuk dan Langkah-langkah Penanganannya*. [online] Available at: [http://www.setneg.go.id/index.php?option=com\\_content&task=view&id=3369](http://www.setneg.go.id/index.php?option=com_content&task=view&id=3369) [Accessed 17 Feb. 2016].
- Waters, D. (2003). *Inventory Control and Managament*. 2nd ed. England: John Wiley and Son Ltd.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Lahir di Banyuwangi pada 21 Juni 1994 dengan nama lengkap Theta Dyah Damayanti. Penulis menempuh pendidikan formal pada SDN IV Wonosobo (2001-2006), SMPN 1 Srono (2006 – 2009), dan SMAN 1 Jember (2009 – 2012). Pada tahun 2012, penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama perkuliahan, penulis

aktif sebagai senator di Senat Mahasiswa Teknik Industri ITS dan organisasi Pecinta Alam Mahapati ITS. Penulis juga sering terlibat dalam berbagai kegiatan kemahasiswaan seperti Konseptor ITS Expo 2015, Panitia Pengawas Pemilu ITS, GERIGI ITS, dan lain sebagainya. Penulis melakukan kerja praktek pada Departemen Distribusi Wilayah I PT Petrokimia Gresik. Penulis dapat dihubungi melalui email [thetadyah@yahoo.com](mailto:thetadyah@yahoo.com).