



**TUGAS AKHIR – SM141501**

**PENGENDALIAN PERSEDIAAN MATERIAL  
MENGUNAKAN METODE EOQ (*ECONOMIC ORDER  
QUANTITY*)**

**SAHARA KAUTSAR HARRISMA  
1211100044**

**Dosen Pembimbing :**

- 1. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes**
- 2. Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si**

**JURUSAN MATEMATIKA  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015**

## MATERIAL INVENTORY CONTROL USING EOQ (*ECONOMIC ORDER QUANTITY*) METHOD

Name : Sahara Kautsar Harrisma  
NRP : 1211100044  
Department : Matematika FMIPA-ITS  
Supervisor : 1. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes  
2. Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si

### Abstract

*The availability of material is the main thing that becomes an important factor to ensure a smooth production process in the company, control in supply is needed for a good production. The initial concept for designing inventory control system, is to determinine the appropriate method of forecasting material needs. It continued to the calculation of using EOQ (Economic Order Quantity), Reorder Point (ROP), and the total annual cost.*

*The result of analysis on inventory control can reduce the total annual cost by 0,94%.*

Keywords : EOQ (*Economic Order Quantity*) and Reorder Point (ROP).



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENGENDALIAN PERSEDIAAN MATERIAL MENGGUNAKAN EOQ  
(METODE *ECONOMIC ORDER QUANTITY*)**

***MATERIAL INVENTORY CONTROL USING EOQ (ECONOMIC ORDER  
QUANTITY) METHOD***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Pada Bidang Studi Matematika Terapan  
Program Studi S-1 Jurusan Matematika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya**

Oleh :

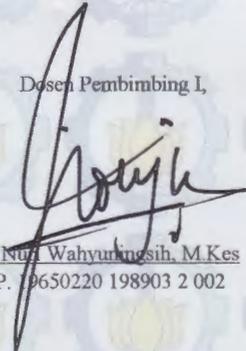
**SAHARA KAUTSAR HARRISMA  
NRP. 1211 100 044**

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II,

Dosen Pembimbing I,

  
Drs. Sento Didik Surjanto, M.Si  
NIP. 19600527 198701 1 001

  
Dra. Nur Wahyuning Sih, M.Kes  
NIP. 19650220 198903 2 002

Mengetahui,



Prof. Dr. Endang Priyani, M.Si  
NIP. 196604 199102 2 001

PENGENDALIAN PERSEDIAAN MATERIAL  
MENGUNAKAN METODE EOQ (*ECONOMIC ORDER  
QUANTITY*)

Nama : Sahara Kautsar Harrisma  
NRP : 1211100044  
Jurusan : Matematika FMIPA-ITS  
Pembimbing : 1. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes  
2. Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si

Abstrak

Tersedianya material merupakan hal utama yang menjadi faktor penting untuk menjamin kelancaran proses produksi perusahaan, sehingga perlu adanya pengendalian persediaan demi kelancaran proses produksi. Konsep awal untuk merancang sistem pengendalian persediaan, adalah menentukan metode peramalan yang tepat untuk memperkirakan kebutuhan material, kemudian dari peramalan tersebut dilanjutkan perhitungan dengan metode EOQ (*Economic Order Quantity*), *Reorder Point (ROP)*, dan biaya total persediaan.

Hasil dari analisa pada pengendalian persediaan dapat menurunkan biaya total persediaan sebesar 0,94%

*Kata kunci:* Metode EOQ (*Economic Order Quantity*) dan *Reorder Point (ROP)*.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

MATERIAL INVENTORY CONTROL USING EOQ  
(*ECONOMIC ORDER QUANTITY*) METHOD

Name : Sahara Kautsar Harrisma  
NRP : 1211100044  
Department : Matematika FMIPA-ITS  
Supervisor : 1. Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes  
2. Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si

Abstract

*The availability of material is the main thing that becomes an important factor to ensure a smooth production process in the company, control in supply is needed for a good production. The initial concept for designing inventory control system, is to determine the appropriate method of forecasting material needs. It continued to the calculation of using EOQ (Economic Order Quantity), Reorder Point (ROP), and the total annual cost.*

*The result of analysis on inventory control can reduce the total annual cost by 0,94%.*

Keywords : EOQ (*Economic Order Quantity*) and Reorder Point (ROP).

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pengendalian Persediaan Material Menggunakan Metode EOQ (*Economic Order Quantity*)”.

Sholawat serta salam senantiasa penulis curahkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW, beserta para keluarga dan sahabatnya. Selesainya Laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terimakasih dengan tulus dan cinta kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Erna Apriliani, M.Si sebagai Ketua Jurusan Matematika FMIPA-ITS.
2. Ibu Dra. Nuri Wahyuningsih, M.Kes dan Bapak Drs. Sentot Didik Surjanto, M.Si sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan motivasi dan pengarahan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Chairul Imron, MI.Komp sebagai Kaprodi S1 Jurusan Matematika.
4. Bapak Dr. Imam Muklas, S.Si, MT sebagai dosen wali selama penulis kuliah di Jurusan Matematika FMIPA-ITS.
5. Bapak Drs. Suhud Wahyudi, M.Si, Ibu Endah Rokhmati MP, S.Si, MT, Ibu Tahiyatul Asfihani, S.Si, M.Si sebagai dosen penguji Tugas Akhir yang telah memberikan kritik dan saran yang bersifat membangun dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Kacuk Wiryawan, yang telah membantu saya dan memperlancar dalam pencarian data.

7. Bapak Mustofa Kamal Pasah yang membimbing saya saat pencarian data di PT. Semen Gresik (Persero).
8. Semua pihak yang telah memberikan dukungan dan ilmu kepada penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Biarlah cinta kasih Allah yang tidak berkesudahan yang akan membalas kebaikan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih mempunyai banyak kekurangan, untuk itu pula dalam kesempatan ini penulis meminta maaf sebesar-besarnya atas segala kekurangan yang ada. Kritik dan saran dari berbagai pihak yang bersifat membangun juga sangat diharapkan sebagai bahan perbaikan di masa yang akan datang.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

*Special thank's to :*

1. Bapak Aris Zainuddin dan Ibu Hartini, yang telah memberikan motivasi, kasih sayang yang tidak pernah berhenti mendoakan dan memberikan nasehat.
2. Kakak saya Okta yang telah memberikan dukungan serta motivasi dalam penyelesaian tugas akhir.
3. Muhammad Nur Sasmito yang selalu mendampingi, mensupport, mendoakan sampai tugas akhir ini selesai.
4. Sahabat saya Hasna Bintari yang selalu bersama dalam senang maupun susah dan saling mensupport satu sama lain.
5. Kakak Andina Dewi Nuritasari yang telah membantu dan memberikan ilmunya kepada saya menyelesaikan tugas akhir saya..
6. Teman saya rizki budiati, yahya efrianto, azaria natasha yang telah membantu saya memberikan ilmu kepada saya menyelesaikan tugas akhir saya.
7. Teman-teman seperjuangan Wisuda 112 yang saling mensupport, medoakan, dan memberikan motivasi kepada penulis.
8. Teman-teman Menara'11 yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

	<b>Hal</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b>	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	iii
<b>ABSTRAK</b>	v
<b>ABSTRACT</b>	vii
<b>KATA PENGANTAR</b>	ix
<b>DAFTAR ISI</b>	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xv
<b>DAFTAR TABEL</b>	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	5
2.1 Metode Peramalan	5
2.1.1 Time Series	5
2.1.2 Model ARIMA	8
2.1.3 Prosedur ARIMA Box-Jenkins	10
2.1.4 Kriteria Pemilihan Model Terbaik	13
2.2 Persediaan	14
2.2.1 Pengendalian Persediaan Material	14
2.2.2 Faktor Pengaruh Persediaan Material	15
2.2.3 Jenis-Jenis Persediaan	16
2.2.4 Biaya Persediaan	16
2.3 Model <i>Inventory</i>	17
2.3.1 Metode <i>Inventory</i> Deterministik	17
2.3.2 Metode <i>Inventory</i> Probabilistik	20
2.3.3 <i>Total Annual Cost</i>	25

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	29
3.1 Sumber Data	29
3.2 Langkah-Langkah Analisis	29
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN</b>	31
4.1 Variabel dan Data Penelitian	31
4.2 Model ARIMA Box-Jenkins	31
4.3 Peramalan Kebutuhan Persediaan Material Untuk Tahun 2015	42
4.4 Penentuan Parameter Persediaan	43
4.4.1 Rancangan Sistem Persediaan	43
4.4.2 Pengujian Distribusi Normal Kebutuhan Material	43
4.4.3 Menghitung Nilai EOQ Optimal	44
4.4.4 Perbandingan <i>Total Cost</i> Perusahaan dengan <i>Total Cost</i> EOQ	47
<b>BAB V KESIMPULAN</b>	49
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	51
<b>LAMPIRAN</b>	53
<b>BIODATA PENULIS</b>	89

## DAFTAR TABEL

	<b>Hal</b>
<b>Tabel 2.1</b> Transformasi Box-Cox	6
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Uji Signifikan Model Sementara	36
<b>Tabel 4.2</b> <i>Overfitting</i> Model ARIMA	40
<b>Tabel 4.3</b> Nilai AIC dan SBC model ARIMA	41
<b>Tabel 4.4</b> <i>Consumption Rate</i> Setiap Material	42
<b>Tabel 4.5</b> Peramalan Kebutuhan Material Tahun 2015	42
<b>Tabel 4.6</b> Data Kebutuhan Material Selama Waktu Tunggu	43
<b>Tabel 4.7</b> Hasil EOQ dan ROP tiap Material	47
<b>Tabel 4.8</b> Rencana Penjualan Semen	47
<b>Tabel 4.9</b> <i>Total Annual Cost</i> Perusahaan	48
<b>Tabel 4.10</b> Perbandingan TAC perusahaan dan TAC metode EOQ	48

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Hal</b>
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Metode Penelitian	30
<b>Gambar 4.1</b> <i>Time Series Plot</i> Penjualan semen di PT. Semen Gresik (Persero)	32
<b>Gambar 4.2</b> Box-Cox Plot Penjualan Semen PT. Semen Gresik (Persero) sudah stasioner dalam <i>varians</i>	33
<b>Gambar 4.3</b> <i>Trend Analysis Plot</i> Data belum stasioner	34
<b>Gambar 4.4</b> <i>Trend Analysis Plot</i> Data sudah stasioner	34
<b>Gambar 4.5</b> Plot ACF Penjualan Semen di PT. Semen Gresik (Persero)	35
<b>Gambar 4.6</b> Plot PACF Penjualan Semen di PT. Semen Gresik (Persero)	35

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan tentang gambaran umum dalam penelitian tugas akhir yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan manfaat penelitian.

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Perusahaan adalah organisasi yang didirikan oleh seseorang atau sekelompok orang atau badan lain yang kegiatannya melakukan produksi dan distribusi guna memenuhi kebutuhan ekonomis manusia. Kegiatan produksi dan distribusi umumnya dilakukan untuk memperoleh laba[1]. Banyak cara yang dilakukan untuk memaksimalkan laba, salah satunya adalah dengan cara mengendalikan persediaan yang terdapat pada suatu perusahaan yang merupakan aspek penting dalam proses produksi. Persediaan merupakan jenis barang yang disimpan di gudang yang mempunyai sifat agak berbeda satu sama lain. Masalah umum dalam model persediaan bersumber dari kejadian-kejadian yang dihadapi tiap saat dalam bidang usaha, baik di bidang dagang maupun di bidang industri. Kejadian-kejadian tersebut dapat berupa tersedianya barang terlalu banyak atau mungkin juga barang yang tersedia terlalu sedikit untuk memenuhi permintaan langganan di masa mendatang. Jika barang terlalu banyak dalam persediaan maka perusahaan terpaksa menambah biaya tambahan misalnya ongkos pergudangan dan barang yang terlalu sedikit menimbulkan kekecewaan bagi para pelanggan serta menimbulkan rasa kurang percaya yang akhirnya merugikan perusahaan[2].

Sebuah perusahaan pasti memiliki keputusan yang dibuat untuk mencapai tujuan perusahaan, salah satunya yaitu keuntungan yang maksimum. Untuk mencapai keuntungan yang maksimum yakni dengan cara meminimumkan biaya serta mengendalikan persediaan.

Pengendalian persediaan merupakan suatu usaha memonitor dan menentukan tingkat komposisi bahan yang optimal dalam menunjang kelancaran dan efektivitas serta efisiensi dalam kegiatan perusahaan[3]. Menurut Agus Ristono dalam bukunya yang berjudul Manajemen Persediaan, bahwa metode EOQ (*Economic Order Quantity*) merupakan metode penyimpanan persediaan yang lebih besar, tetapi mengurangi biaya pengaturan[3]. *Economic Order Quantity* juga digunakan untuk mengendalikan persediaan barang dengan cara meminimumkan biaya total penyimpanan persediaan maupun biaya pemesanan.

Prasetyo, AT menyatakan bahwa penerapan metode EOQ pada perencanaan sistem pengendalian yang telah dilakukan dapat menurunkan biaya total persediaan sebesar 0,10%[4]. Penelitian berikutnya oleh Andina Dewi menyatakan bahwa penerapan model EOQ pada perencanaan pengendalian yang telah dilakukan keseluruhan bahan baku mengalami rata-rata penurunan total biaya persediaan sebesar 26%[5]. Selain itu, Leroy B. Schwarz menyatakan bahwa model EOQ dapat memberikan jumlah pesanan yang optimal tanpa memandang tingkat permintaan barang konstan atau tidak[6].

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu maka tugas akhir ini penulis mengambil judul “**Pengendalian Persediaan Material Menggunakan Metode EOQ (*Economic Order Quantity*)**”. Pada tugas akhir ini, Metode EOQ diharapkan dapat meningkatkan efisiensi biaya persediaan, sehingga perusahaan dapat meminimumkan biaya persediaan produksi tanpa mengurangi laba atau keuntungan yang akan dicapai pada suatu perusahaan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang maka permasalahan yang akan dibahas dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana meramalkan jumlah kebutuhan material Tahun 2015.

2. Bagaimana menentukan jumlah pemesanan material yang optimal.
3. Bagaimana menentukan titik pemesanan kembali (*reorder point*) material.

### **1.3 Batasan Masalah**

Ruang lingkup permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini terbatas, antara lain :

1. Objek penelitian yang dibahas adalah material dasar batu kapur, tanah liat, pasir besi, silika yang terdapat di PT. Semen Gresik (Persero).
2. Jumlah kebutuhan Tahun 2015 diramalkan berdasarkan jumlah penjualan bulan Januari 2009 sampai dengan bulan April 2015.
3. Tidak mempertimbangkan adanya bencana alam maupun gangguan lainnya.
4. Software yang digunakan dalam penelitian ini adalah Minitab dan Eviews.

### **1.4 Tujuan**

Tujuan dari tugas akhir ini antara lain :

1. Meramalkan jumlah kebutuhan material untuk Tahun 2015 dengan ARIMA Box-Jenkins.
2. Menentukan jumlah pemesanan material yang optimal menggunakan metode EOQ.
3. Menentukan titik pemesanan kembali (*reorder point*).

### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari Tugas Akhir ini antara lain :

1. Memperoleh biaya persediaan dengan metode EOQ untuk memperkirakan kebutuhan material yang optimal di masa mendatang pada PT. Semen Gresik (Persero).
2. Dapat dijadikan referensi dalam upaya menghindari berkurangnya keuntungan atau laba dalam mengendalikan persediaan material.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan sebagai berikut :

- BAB I Pendahuluan, menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat penelitian dan sistematika penulisan laporan hasil penelitian.
- BAB II Tinjauan Pustaka, menjelaskan tentang peramalan, analisa *time series*, persediaan, serta model *inventory* pada persediaan yang terdiri dari model *inventory* deterministik dan model *inventory* probabilistik.
- BAB III Metode Penelitian, menjelaskan tentang gambaran secara umum pengendalian persediaan.
- BAB IV Analisa Data dan Pembahasan, menjelaskan tentang analisa data dan pembahasan secara keseluruhan dalam penentuan hasil peramalan pada model terbaik dan penentuan *total annual cost* pada setiap material.
- BAB V Penutup, berisi hasil dari analisis pembahasan dari seluruh pengerjaan tugas akhir.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan tentang metode peramalan, analisa *time series*, persediaan, serta model *inventory* pada persediaan yang terdiri dari model *inventory* deterministik dan model *inventory* probabilistik.

#### **2.1 Metode Peramalan**

Peramalan merupakan prediksi nilai-nilai sebuah variabel berdasarkan kepada nilai yang diketahui dari variabel tersebut atau variabel yang berhubungan[7]. Sedangkan metode peramalan merupakan cara memperkirakan secara kuantitatif apa yang akan terjadi pada masa yang akan datang berdasarkan data yang relevan pada masa lalu. Peramalan merupakan gambaran keadaan perusahaan pada masa yang akan datang. Gambaran tersebut sangat penting bagi manajemen perusahaan, dengan gambaran tersebut maka perusahaan dapat memprediksi langkah-langkah yang dapat diambil dalam memenuhi permintaan konsumen. Dengan adanya metode peramalan maka manajemen perusahaan akan mendapatkan gambaran keadaan produksi di masa yang akan datang serta akan memberikan kemudahan pada manajemen perusahaan dalam menentukan kebijakan yang akan dibuat oleh perusahaan.

##### **2.1.1 Time Series**

*Time series* atau runtun waktu merupakan serangkaian pengamatan terhadap suatu variabel yang diambil dari waktu ke waktu dan dicatat secara berurutan menurut urutan waktu kejadiannya dengan interval waktu tetap. Analisis *time series* merupakan metode peramalan kuantitatif untuk menentukan pola data pada masa lampau yang dikumpulkan berdasarkan urutan waktu[7].

##### **1. Stasioneritas**

Stasioneritas artinya tidak terjadi pertumbuhan dan penurunan. Data dikatakan stasioner apabila pola data tersebut berada pada

kesetimbangan di sekitar nilai rata-rata (*mean*) dan varian yang konstan selama waktu tertentu. *Time series* dikatakan stasioner apabila tidak terdapat unsur trend dan musiman dalam data, atau dapat dikatakan *mean* dan variannya tetap. Selain plot *time series*, kestasioneran dapat dilihat dari plot autokorelasi yang turun mendekati nol secara cepat, umumnya setelah lag kedua atau ketiga[8].

Kestasioneran data secara varian dapat dilihat dari transformasi Box-Cox dimana dikatakan stasioner jika *rounded value*-nya bernilai 1[8]. Apabila tidak stasioner dalam varian, maka dilakukan transformasi agar nilai varian menjadi konstan. Box dan Cox memperkenalkan transformasi pangkat (*power transformations*) dengan persamaan sebagai berikut[8]:

$$T(Z_t) = \frac{(Z_t^\lambda - 1)}{\lambda}, \lambda \neq 0$$

dengan  $\lambda$  disebut sebagai parameter transformasi. Dalam transformasi Box-Cox akan diperoleh  $\lambda$ , dimana nantinya akan menentukan transformasi yang harus dilakukan. Nilai  $\lambda$  beserta aturan transformasi Box-Cox dapat dilihat pada Tabel 2.1[8] :

Tabel 2.1 Transformasi Box-Cox

Nilai $\lambda$	Transformasi
-1	$\frac{1}{Z_t}$
-0.5	$\frac{1}{\sqrt{Z_t}}$
0.0	$\ln Z_t$
0.5	$\sqrt{Z_t}$
1	$Z_t$ (tidak ada transformasi)

Ketidastasioneran *mean* dapat diatasi dengan melakukan *differencing* (pembedaan). Perlu diingat bahwa transformasi Box-Cox untuk melihat kestasioneran varian harus dilakukan sebelum melakukan *differencing*. Operator *shift* mundur (*backward shift*)

sangat tepat untuk menggambarkan proses *differencing*. Penggunaan *backward shift* adalah sebagai berikut[8]:

$$B^d Z_t = Z_{t-d} \quad (2.1)$$

Dengan:

$d = 1, 2, \dots$  (biasanya 1 dan 2).

Notasi  $B$  yang dipasang pada  $Z_t$  mempunyai pengaruh menggeser data satu waktu ke belakang. Sebagai contoh, apabila suatu *time series* nonstasioner maka data tersebut dapat dibuat mendekati stasioner dengan melakukan *differencing* orde pertama dari data.

## 2. Fungsi Autokorelasi (ACF) dan Fungsi Autokorelasi Parsial (PACF)

Salah satu kunci dari analisis deret berkala adalah autokorelasi, yaitu korelasi antara deret berkala dengan deret berkala itu sendiri dengan selisih waktu (lag) 0, 1, 2 periode atau lebih. Koefisien autokorelasi dan dapat didekati dengan persamaan (2.2)[7].

$$\rho_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_t - \bar{Z})(Z_{t+k} - \bar{Z})}{\sum_{t=1}^{n-k} (Z_t - \bar{Z})^2} \quad (2.2)$$

dengan:

$\rho_k$  : koefisien autokorelasi pada lag ke- $k$

$Z_t$  : nilai variabel  $Z$  waktu ke  $t$

$\bar{Z}_t$  : rata-rata  $Z_t$

$n$  : jumlah data.

Dengan demikian, hubungan koefisien autokorelasi dengan lagnya disebut fungsi autokorelasi atau *autocorrelation function* (ACF).

Autokorelasi parsial digunakan untuk mengukur tingkat keeratan antara  $Z_t$  dengan  $Z_{t+k}$ , apabila pengaruh dari lag waktu 1, 2, 3, ...,  $k - 1$  dianggap terpisah (Wei 2006). Nilai Autokorelasi parsial dapat dihitung dengan menggunakan persamaan[7]:

$$\hat{\phi}_{kk} = \frac{\hat{\rho}_k - \sum_{j=1}^{k-1} \hat{\phi}_{k-1,j} \hat{\rho}_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} \hat{\phi}_{k-1,j} \hat{\rho}_j} \quad (2.3)$$

dengan:

$$\hat{\phi}_{k-1,j} = \hat{\phi}_{kj} - \hat{\phi}_{k+1,k+1} \hat{\phi}_{k,k+1-j}$$

$j = 1, 2, 3, \dots, k$

$\hat{\phi}_{kk}$ : koefisien korelasi antara dua peubah acak  $Z_t$  dengan  $Z_{t+k}$

Dengan demikian, hubungan koefisien autokorelasi parsial dengan lagnya disebut fungsi autokorelasi parsial atau *partial autocorrelation function* (PACF).

### 2.1.2 Model ARIMA

Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) telah dipelajari secara mendalam oleh George Box dan Gwilym Jenkins pada tahun 1967. Model diterapkan untuk analisis *time series*, peramalan, dan pengendalian. Model *Autoregressive* (AR) pertama kali diperkenalkan oleh Yule pada tahun 1926, kemudian dikembangkan oleh Walker. Sedangkan pada tahun 1937, model *Moving Average* (MA) pertama kali digunakan oleh Slutsky. Sedangkan Wold adalah orang pertama yang menghasilkan dasar-dasar teoritis dari proses kombinasi ARMA. Wold membentuk model ARMA yang dikembangkan untuk mencakup *time series* musiman dan pengembangan sederhana yang mencakup proses-proses nonstasioner (ARIMA)[7].

Model AR( $p$ ) atau regresi diri dari orde  $p$  menyatakan bahwa nilai pengamatan pada periode ke- $t$  ( $Z_t$ ) merupakan hasil regresi dari nilai-nilai pengamatan sebelumnya selama  $p$  periode. Bentuk fungsi persamaannya adalah[7] :

$$\bar{Z}_t = \phi_1 \bar{Z}_{t-1} + \phi_2 \bar{Z}_{t-2} + \dots + \phi_p \bar{Z}_{t-p} + a_t$$

atau dapat ditulis

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p) \bar{Z}_t = a_t$$

$$\phi_p(B) \bar{Z}_t = a_t$$

Model AR(1), yaitu  $p = 1, d = 0, q = 0$  dapat ditulis:

$$\bar{Z}_t = \phi_1 \bar{Z}_{t-1} + a_t$$

Model AR(2), yaitu  $p = 2, d = 0, q = 0$  dapat ditulis:

$$\bar{Z}_t = \phi_1 \bar{Z}_{t-1} + \phi_2 \bar{Z}_{t-2} + a_t \tag{2.4}$$

Model MA ( $q$ ) atau rata-rata bergerak orde  $q$  menyatakan bahwa nilai pengamatan pada periode ke- $t$  ( $Z_t$ ) dipengaruhi oleh  $q$  buah

galat sebelumnya. Bentuk fungsi persamaan untuk model MA( $q$ ) adalah[8] :

$$\bar{Z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$$

atau dapat ditulis  $\bar{Z}_t = \theta(B)a_t$  dimana

$$\theta(B) = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q)$$

Model MA(1), yaitu  $p = 0, d = 1, q = 0$  dapat ditulis:

$$\bar{Z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

Model MA(2), yaitu  $p = 0, d = 2, q = 0$  dapat ditulis:

$$\bar{Z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} \quad (2.5)$$

Model ARMA adalah gabungan dari model AR dengan MA.

Bentuk fungsi persamaan untuk model ARMA( $p, q$ ) adalah[8] :

$$\phi_p(B)\bar{Z}_t = \theta_q(B)a_t$$

$$\text{dimana } \phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)$$

$$\text{dan } \theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)$$

Model ARMA(1,1), yaitu  $p = 1, d = 1, q = 0$  dapat ditulis:

$$\bar{Z}_t - \phi_1 B \bar{Z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} \text{ atau,}$$

$$\bar{Z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} + \phi_1 \bar{Z}_{t-1} \quad (2.6)$$

Model ARIMA ( $p, d, q$ ) diperkenalkan oleh Box dan Jenkins.

Orde  $p$  menyatakan operator dari AR, orde  $d$  menyatakan hasil *differencing* (pembedaan), dan orde  $q$  menyatakan operator dari MA. Bentuk fungsi persamaan dari model ARIMA adalah[9]:

$$\phi_p(B)(1 - B)^d \bar{Z}_t = \theta_q(B)a_t \quad (2.7)$$

dengan :

$$\bar{Z}_t = Z_t - \mu$$

$p$  : orde dari AR

$q$  : orde dari MA

$\phi_p$  : koefisien orde  $p$

$\theta_q$  : koefisien orde  $q$

$B$  : *backward shift*

$(1 - B)^d$  : orde *differencing* nonmusiman

$Z_t$  : besarnya pengamatan (kejadian) pada waktu ke- $t$

$a_t$  : suatu proses *white noise* atau galat pada waktu ke- $t$

yang diasumsikan mempunyai *mean* 0 dan varian konstan  $\sigma_a^2$

### 2.1.3 Prosedur ARIMA Box-Jenkins

Pada tahap ini, meliputi empat tahapan yaitu identifikasi, penaksiran dan pengujian parameter, pemeriksaan diagnosis dan peramalan[9]:

#### 1. Identifikasi

Pada tahap ini, dilakukan plot *time series*, ACF, dan PACF. Sehingga ditetapkan model yang telah diketahui orde AR, orde I, dan orde MA.

#### 2. Penaksiran dan Pengujian Parameter

Secara umum, penaksiran parameter model ARIMA Box Jenkins dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, yaitu metode *Moment*, metode *Least Squares (Conditional Least Squares)*, metode *Maximum Likelihood*, metode *Unconditional Least Squares*, metode *Nonlinier Estimation*[9]. Untuk pendugaan parameter dalam *software Eviews 6* menggunakan metode *Least Squares*. Metode *Least Squares* merupakan suatu metode yang dilakukan untuk mencari nilai parameter yang meminimumkan jumlah kuadrat kesalahan (selisih antara nilai aktual dan peramalan). Seperti pada model AR(1) berikut[9]:

$$Z_t - \mu = \phi_1(Z_{t-1} - \mu) + a_t$$

dengan :

$Z_t$  : nilai variabel Z waktu ke  $t$

Model *Least Squares* untuk AR(1) ditunjukkan dalam persamaan berikut[9]:

$$S(\phi, \mu) = \sum_{t=2}^n a_t^2 = \sum_{t=2}^n [(Z_t - \mu) - \phi(Z_{t-1} - \mu)]^2 \quad (2.8)$$

Berdasarkan prinsip dari metode *Least Squares*, ditaksir  $\phi$  dan  $\mu$  dengan cara meminimumkan  $S(\phi, \mu)$ . Hal ini dilakukan dengan menurunkan  $S(\phi, \mu)$  terhadap  $\mu$  dan  $\phi$  kemudian disamadengankan nol. Turunan  $S(\phi, \mu)$  terhadap  $\mu$  menghasilkan:

$$\frac{\partial S}{\partial \mu} = \sum_{t=2}^n 2[(Z_t - \mu) - \phi(Z_{t-1} - \mu)](-1 + \phi) = 0$$

Dengan demikian diperoleh nilai estimasi parameter  $\mu$  dari model AR(1) sebagai berikut[9]:

$$\mu = \frac{\sum_{t=2}^n Z_t - \phi \sum_{t=2}^n Z_{t-1}}{(n-1)(1-\phi)}$$

Sedangkan turunan  $S(\phi, \mu)$  terhadap  $\phi$  menghasilkan:

$$\frac{\partial S}{\partial \phi} = -2 \sum_{t=2}^n [(Z_t - \mu) - \phi(Z_{t-1} - \mu)](Z_{t-1} - \mu) = 0$$

didapatkan nilai estimasi sebagai berikut:

$$\hat{\phi} = \frac{\sum_{t=2}^n (Z_t - \mu)(Z_{t-1} - \mu)}{\sum_{t=2}^n (Z_{t-1} - \mu)^2}$$

Setelah didapatkan nilai estimasi dari masing-masing parameter selanjutnya dilakukan pengujian signifikansi untuk mengetahui apakah model layak atau tidak untuk digunakan. Untuk pengujian signifikansi parameter dengan uji *t-student*.

Hipotesis:

$H_0$  : estimasi parameter = 0 (parameter model tidak signifikan)

$H_1$  : estimasi parameter  $\neq 0$  (parameter model signifikan)

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{\text{estimasi parameter}}{\text{st.deviasi parameter}}, \text{ st. deviasi parameter} \neq 0$$

Kriteria Pengujian:

Dengan  $\alpha = 0.05$ , jika  $|t_{hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2}, (n-p-1)}$ , maka  $H_0$  ditolak artinya parameter model signifikan. Atau menggunakan nilai *P-value*, jika *P-value*  $< \alpha$  maka  $H_0$  ditolak artinya parameter model signifikan.

### 3. Pemeriksaan Diagnostik

Pengujian diagnostik dilakukan setelah pengujian signifikansi estimasi parameter, untuk membuktikan kecukupan model. Asumsi yang harus dipenuhi adalah residual harus bersifat *white noise* dan berdistribusi normal.

#### a. Uji Asumsi Residual *White Noise*

*White noise* artinya tidak ada korelasi pada deret residual. Langkah –langkah pengujian asumsi residual bersifat *white noise*

menggunakan uji Ljung-Box. Pengujiannya dapat dilakukan dengan hipotesis sebagai berikut:

Hipotesis:

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$  (residual *white noise*)

$H_1 : \text{minimal ada } \rho_i \neq 0$  (residual tidak *white noise*)

Statistik Uji:

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^K \frac{\hat{\rho}_k^2}{(n-k)}, \quad n > K$$

dengan:

$K$  : lag maksimum

$n$  : jumlah data (observasi)

$\hat{\rho}_k$  : autokorelasi residual untuk lag ke- $k$

Kriteria Pengujian:

Dengan  $\alpha = 0.05$ , jika  $Q < \chi^2_{(\alpha; df=K-p-q)}$ , maka  $H_0$  diterima artinya residual *white noise*. Atau menggunakan kriteria *P-value*, jika *P-value*  $> \alpha$  maka  $H_0$  diterima artinya residual *white noise*.

#### b. Uji Asumsi Distribusi Normal

Langkah-langkah pengujian asumsi distribusi normal menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov.

Hipotesis :

$H_0 : S(x) = F_0(x)$  untuk semua  $x$  (residual berdistribusi normal)

$H_1 : S(x) \neq F_0(x)$  untuk beberapa  $x$  (residual tidak berdistribusi normal)

Statistik Uji :

$$D_{hitung} = \sup_x |S(x) - F_0(x)|$$

dengan:

$D_{hitung}$  : deviasi maksimum

$\sup_x$  : nilai supremum untuk semua  $x$  dari selisih mutlak  $S(x)$  dan  $F_0(x)$

$F_0(x)$  : fungsi distribusi yang dihipotesiska berdistribusi normal.

$S(x)$  : fungsi distribusi kumulatif dari data sampel.

Kriteria Pengujian :

Dengan menggunakan  $\alpha = 0.05$ , jika  $D_{hitung} < D_{\alpha,n}$  atau  $D_{hitung}$  yang dihitung lebih kecil dari tabel  $D$ , maka  $H_0$  diterima artinya residual model berdistribusi normal. Atau menggunakan P-value jika P-value  $> \alpha$  maka  $H_0$  diterima artinya residual model berdistribusi normal.

c. *Overfitting*

Salah satu prosedur pemeriksaan diagnostik yang dikemukakan Box-Jenkins adalah *overfitting*, yakni dengan menambah satu atau lebih parameter dalam model yang dihasilkan pada tahap identifikasi. Model yang dihasilkan dari hasil *overfitting* dijadikan sebagai model alternatif yang kemudian dicari model yang terbaik diantara model-model yang signifikan.

### 2.1.4 Kriteria Pemilihan Model Terbaik

Pada tahap ini ditemukan model yang sesuai, namun bukan model sebenarnya karena di dalamnya masih terdapat kesalahan. Hasil ramalan dikatakan baik apabila memiliki tingkat kesalahan yang kecil, artinya nilai ramalan mendekati nilai aktualnya. Berikut ini adalah kriteria pemilihan model terbaik sebelum dilakukan peramalan[9]:

1. AIC (*Akaike Information Criterion*)

Suatu kriteria pemilihan model terbaik yang mempertimbangkan banyaknya parameter dalam model. Kriteria AIC dapat dirumuskan sebagai berikut[9]:

$$AIC = n \ln \left( \frac{SSE}{n} \right) + 2f + n + n \ln(2\pi)$$

dengan:

$\ln$  : natural log

$SSE$  : *Sum Square Error*

$n$  : banyaknya pengamatan

$f$  : banyak parameter dalam model

2. SBC (*Schwart's Bayesian Criterion*)

Suatu kriteria pemilihan model terbaik yang berdasarkan pada nilai terkecil. Kriteria SBC dapat dirumuskan sebagai berikut[9]:

$$SBC = n \ln \left( \frac{SSE}{n} \right) + f \ln n + n + n \ln(2\pi)$$

dengan :

$\ln$  : natural log

$SSE$  : *Sum Square Error*

$n$  : banyaknya pengamatan

$f$  : banyak parameter dalam model

## 2.2 Persediaan

Persediaan adalah segala sumber daya organisasi yang disimpan dalam antisipasinya terhadap pemenuhan permintaan. Dalam item persediaan, persediaan dibagi dalam lima kategori, yaitu[10]:

1. Bahan mentah (*raw materials*), yaitu bahan yang dibeli dari pemasok untuk diolah lebih lanjut.
2. Bahan setengah jadi (*work in process*), yaitu bahan yang telah diolah namun masih perlu proses penyelesaian.
3. Barang Jadi (*finished good*), yaitu barang yang telah selesai diproduksi dan siap untuk dipasarkan.
4. Komponen, yaitu barang yang terdiri bagian-bagian yang diperoleh dari perusahaan lain atau hasil produksi untuk pembuatan barang jadi atau barang setengah jadi.
5. Bahan Pembantu (*supplies material*) adalah barang-barang yang diperlukan dalam proses pembuatan atau perakitan barang (bahan penolong), namun bukan merupakan komponen barang jadi seperti bahan bakar, pelumas, listrik, dll.

### 2.2.1 Pengendalian Persediaan Material

Perusahaan mengadakan kegiatan produksi untuk memenuhi kebutuhan pasar. Untuk mengadakan kegiatan produksi harus ada material. Material merupakan salah satu sumber daya yang harus dikendalikan dan dikelola dengan baik karena tidak ada industri yang dapat hidup tanpa adanya material. Material merupakan faktor utama di dalam perusahaan untuk menunjang kelancaran

proses produksi, baik perusahaan besar maupun kecil. Penentuan besarnya persediaan merupakan pengaruh terhadap keuntungan perusahaan. Adanya persediaan material yang terlalu besar dibandingkan kebutuhan perusahaan akan menambah beban bunga, biaya pemeliharaan dan biaya penyimpanan dalam gudang bahkan kemungkinan terjadi penyusutan dan kualitas yang tidak dapat dipertahankan, sehingga mengurangi keuntungan perusahaan. Sebaliknya pula, jika persediaan material yang terlalu kecil dalam perusahaan akan mengakibatkan kemacetan dalam produksi, akibatnya perusahaan akan mengalami kerugian. Cara mengendalikan persediaan material berbeda-beda pada setiap perusahaan baik dalam jumlah unit persediaan material yang ada dalam perusahaan, waktu penggunaannya, maupun jumlah biaya untuk membeli material[10].

Adanya persediaan material pada perusahaan merupakan akibat dari :

1. Mekanisme pemenuhan produksi, proses suatu barang tidak dapat dilaksanakan dengan segera bila material tidak tersedia.
2. Ketidakpastian yang berasal dari adanya permintaan yang bervariasi dalam jumlah dan waktu, waktu pembuatan yang cenderung tidak konstan dan waktu pengiriman material yang cenderung tidak pasti.
3. Keinginan melakukan spekulasi yang bertujuan untuk mendapatkan keuntungan besar dari kenaikan harga material pada waktu mendatang.

### **2.2.2 Faktor Pengaruh Persediaan Material**

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi persediaan material yang akan saling berkaitan, sehingga akan mempengaruhi persediaan material[11]. Faktor yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Peramalan atau perkiraan pemakaian berapa besar atau jumlah material yang digunakan pada perusahaan untuk proses produksi pada periode yang akan datang.

2. Waktu Tunggu (*Lead Time*) adalah tenggang waktu yang diperhatikan antara saat pemesanan material sampai dengan datangnya material.
3. Pemakaian material yang nyata dari periode yang lalu.
4. Biaya persediaan yang berupa biaya pembelian material, biaya penyimpanan, biaya pemesanan.
5. Harga Material faktor penentu persediaan material dan dasar penyusutan besar dana perusahaan yang harus disediakan sebagai investasi persediaan material.

### **2.2.3 Jenis-Jenis Persediaan**

Dalam perusahaan seperti perusahaan manufaktur dan perusahaan dagang memiliki persediaan yang beraneka ragam jenisnya. Jenis-jenis persediaan menurut Agus Ristono terdiri dari[3]:

1. *Safety stock*.

Persediaan pengamanan/*safety stock* adalah persediaan yang dilakukan untuk mengantisipasi unsur ketidakpastian permintaan dan penyediaan seperti kekurangan persediaan (*stock out*).

2. *Stabilization stock*.

Persediaan antisipasi/*stabilization stock* merupakan persediaan yang dilakukan untuk menghadapi fluktuasi permintaan yang sudah diperkirakan sebelumnya.

3. *Transit stock*

Persediaan dalam pengiriman/*transit work* merupakan persediaan yang masih dalam pengiriman yaitu eksternal *transit stock* dan internal *transit stock*.

### **2.2.4 Biaya Persediaan**

Biaya persediaan adalah semua pengeluaran dan kerugian yang timbul sebagai akibat persediaan. Biaya tersebut adalah harga pembelian, biaya pemesanan, biaya penyimpanan, dan biaya kekurangan persediaan[11].

1. Biaya Pembelian (*Purchase Cost*)

- Biaya pembelian adalah harga per unit yang dibayar atau dikeluarkan perusahaan apabila *item* dibeli dari pihak luar atau biaya produksi per unit apabila diproduksi dalam perusahaan.
2. Biaya Pemesanan (*Order Cost/Setup Cost*) Biaya pemesanan atau disebut juga *procurement cost* adalah biaya yang berasal dari pembelian pesanan dari *supplier* atau biaya persiapan (*setup cost*) apabila *item* diproduksi di dalam perusahaan.
  3. Biaya Penyimpanan (*Holding Cost*)  
Biaya penyimpanan atau *carrying cost*, atau *stock holding cost* atau biasa disebut juga *inventory hidden cost* adalah biaya yang dikeluarkan atas investasi dalam persediaan dan pemeliharaan maupun investasi sarana fisik karena adanya penyimpanan material.
  4. Biaya Kekurangan (*Stockout Cost / Depletion Cost*) Biaya kekurangan adalah biaya yang terjadi karena tidak adanya persediaan barang (kehabisan) pada waktu barang dibutuhkan baik dari pihak luar maupun pihak dalam perusahaan. Kekurangan dari luar terjadi apabila pesanan konsumen tidak dapat dipenuhi, sedangkan kekurangan dari dalam terjadi apabila suatu bagian di dalam perusahaan tidak dapat memenuhi kebutuhan bagian yang lain di dalam perusahaan tersebut.

## **2.3 Model Inventory**

Terdapat 2 model dalam penentuan persediaan, yaitu model *inventory* deterministik dan model *inventory* probabilistik.

### **2.3.1 Model Inventory Deterministik**

Dalam sistem *inventory model* deterministik dikenal 2 tipe dasar *inventory*, yaitu *Fixed Order Quantity* (FOQ) dan *Fixed Order Interval* (FOI) [11].

#### **1. Metode *Fixed Order Quantity* (FOQ)**

Metode FOQ (*Fixed Order Quantity*) disebut juga metode EOQ (*Economic Order Quantity*) ini digunakan untuk menentukan berapa jumlah material yang harus dipesan yang

meminimumkan biaya penyimpanan persediaan dan biaya pemesanan persediaan. Metode ini sering dipakai karena mudah untuk dilaksanakan dan mampu memberikan solusi yang terbaik bagi perusahaan, karena dengan perhitungan menggunakan FOQ tidak saja akan diketahui berapa jumlah persediaan yang paling efisien bagi perusahaan, tetapi akan diketahui juga biaya yang akan dikeluarkan perusahaan dengan persediaan material yang dimilikinya (dihitung dengan menggunakan TAC/*Total Annual Cost*) dan waktu yang paling tepat untuk mengadakan pemesanan kembali[11].

TAC (Q) = Biaya Pembelian + Biaya Pemesanan + Biaya Penyimpanan.

$$1. \text{ Total biaya pemesanan} = CT \quad (2.9)$$

$$\text{Dimana } T = \frac{R}{Q} \quad (2.10)$$

Substitusikan persamaan (2.10) ke persamaan (2.9), maka diperoleh total biaya pemesanan yaitu:

$$\text{Total Biaya Pemesanan} = \frac{CR}{Q} \quad (2.11)$$

$$2. \text{ Rata-rata persediaan} = \frac{Q}{2} \text{ sehingga total biaya penyimpanan menjadi } = \frac{HQ}{2} \quad (2.12)$$

Dengan demikian Total biaya persediaan (TAC) dengan menggunakan metode FOQ akan menjadi :

$$\text{TAC (Q)} = PR + \frac{CR}{Q} + \frac{HQ}{2} \quad (2.13)$$

dengan:

P : biaya pembelian material pertahun (rupiah)

C : biaya pemesanan untuk setiap kali pesan

R : jumlah kebutuhan material per tahun

H : biaya penyimpanan per unit per tahun (rupiah)

Q : jumlah unit yang dipesan setiap kali pemesanan

Kuantitas pemesanan optimal diperoleh dengan mencari turunan pertama dari Persamaan (2.13) terhadap Q dan

menjadikan ruas yang lain sama dengan nol. Sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\frac{dTAC}{dQ} = 0, \text{ maka}$$

$$\frac{dTAC}{dQ} = -\frac{CR}{Q^2} + \frac{H}{2} = 0$$

$$\frac{H}{2} = \frac{CR}{Q^2}$$

$$HQ^2 = 2CR$$

$$Q^2 = \frac{2CR}{H}$$

$$|Q| = \sqrt{\frac{2CR}{H}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2CR}{H}}$$

dengan:

$Q^*$  : jumlah optimal material per pemesanan.

Metode FOQ dapat dihitung dengan menghubungkan antara biaya penyimpanan per unit, biaya pemesanan setiap kali pesan, jumlah kebutuhan material untuk satu periode dan harga beli material per unit.

## 2. Metode *Fixed Order Interval* (FOI)

Metode FOI merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui kapan waktu pemesanan yang optimal yang harus dilakukan[11].

*Total Cost* (TC) = biaya pembelian biaya pemesanan + biaya penyimpanan.

$$= P R + \frac{C}{T} + \frac{HRT}{2}$$

dengan :

T : interval pemesanan tiap tahun.

Pada titik EOQ biaya pemesanan akan sama dengan biaya penyimpanan.

$$\begin{aligned} \frac{C}{T} &= \frac{HRT}{2} \\ HRT^2 &= 2C \\ T^2 &= \frac{2C}{HR} \end{aligned}$$

Sehingga persamaan interval pemesanan yang optimal sebagai berikut :

$$T^* = \sqrt{\frac{2C}{HR}} = \text{EOI dalam tahun} \quad (2.14)$$

Diperoleh jumlah pesanan optimal dalam 1 tahun, sebagai berikut:

$$m^* = \frac{1}{T^*} \quad (2.15)$$

Persediaan maksimum :

$$E = \frac{R(T^*+L)}{n} \quad (2.16)$$

dengan :

$T^*$  : Interval pemesanan optimal dalam tahun

$L$  : Lead time order

$M$  : Jumlah order per tahun

$E$  : Maksimum persediaan

$n$  : Hari kerja dalam 1 tahun

Untuk *Economic Order Interval* (EOI) dengan interval pemesanan yang optimal pemesanan total biaya tahunan sebagai berikut :

$$TC(T^*) = PR + HRT^* \quad (2.17)$$

### 2.3.2 Model *Inventory Probabilistik*

Model sebelumnya merupakan model deterministik (semua parameter telah diketahui dengan pasti). Dalam kenyataannya sering terjadi parameter-parameter tersebut merupakan nilai-nilai yang tidak pasti seperti permintaan tahunan, permintaan harian, *lead time*, biaya simpan, biaya pesan, biaya kehabisan dan harga. Probabilistik dalam sistem persediaan akan selalu kita temui

dalam kondisi nyata. Permintaan yang terjadi tidak selamanya konstan (bersifat deterministik). Ada kalanya permintaan atau permintaan suatu barang pada perusahaan dan juga waktu tunggu bervariasi atau mengikuti distribusi probabilistik tertentu yang karakteristiknya diketahui. Saat permintaan material selama *lead time* tetap dan kebutuhan saat *lead time* tidak pasti, faktor kekurangan persediaan harus ditetapkan. Dengan bantuan distribusi normal faktor resiko kekurangan persediaan dan ketidakpastian permintaan material selama *lead time* dapat diketahui. Beberapa rumusan biaya model probabilistik adalah:

1. Biaya Pembelian

Biaya pembelian atau *purchase cost* dapat dirumuskan sebagai:

$$P_r = RP$$

dengan:

$P_r$  : *purchase cost* (biaya pembelian material pertahun)

R : jumlah kebutuhan material per tahun

P : *price* (harga material per unit)

2. Biaya Pemesanan

Biaya Pemesanan atau *order cost* dapat dirumuskan sebagai :

$$OC = \frac{RC}{Q}$$

dengan :

OC : *order cost* (biaya pemesanan material)

C : biaya pemesanan untuk setiap kali pesan

Q : jumlah unit yang dipesan setiap kali pemesanan

3. Biaya Penyimpanan

Biaya penyimpanan atau *holding cost* dapat dirumuskan sebagai :

$$HC = H \left[ \frac{Q}{2} + (B - \bar{M}) \right]$$

dengan :

HC : *holding cost* (biaya penyimpanan material)

H : biaya penyimpanan per unit per tahun

B : titik pemesanan kembali

$\bar{M}$  : rata-rata kebutuhan material selama waktu tunggu

#### 4. Biaya Kekurangan Bahan

Biaya kekurangan bahan atau *stockout cost* merupakan biaya yang timbul akibat kebutuhan material selama waktu tunggu melebihi jumlah persediaan barang yang ada saat melakukan pemesanan[11]. Secara matematis kekurangan material dapat ditulis:

$$E(M): \begin{cases} 0 & \text{jika } M \leq B \\ M - B & \text{jika } M > B \end{cases}$$

Dengan syarat batas tersebut maka ekspektasi kekurangan persediaan per siklusnya adalah :

$$\begin{aligned} E(M > B) &= \int_0^B f(M) dM + \int_B^{\infty} (M - B)f(M)dM \\ &= \int_B^{\infty} (M - B)f(M)dM \end{aligned} \quad (2.18)$$

Sehingga biaya kekurangan persediaan atau *stockouts cost* dapat dirumuskan sebagai :

$$SC = \frac{AR}{Q} E(M > B)$$

dengan :

$SC$  : *stockout cost* (biaya kekurangan persediaan)

$A$  : biaya kekurangan persediaan per unit

$E(M > B)$  : ekspektasi kekurangan persediaan

Apabila distribusi kebutuhan material selama waktu tunggu adalah normal, maka ekspektasi kekurangan persediaan per siklusnya adalah :

$$E(M > B) = 0 + \int_B^{\infty} (M - B)f(M)dM$$

Karena  $M \overset{IID}{\sim} N(\mu, \sigma^2)$ , maka

$$f(M) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{M-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

Sehingga ekspektasi kekurangan persediaan menjadi :

$$E(M > B) = \int_B^{\infty} (M - B) \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{M-\mu}{\sigma}\right)^2} dM$$

$$\begin{aligned}
&= \int_B^{\infty} \frac{[(M - \mu) + (\mu - B)]}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{M-\mu}{\sigma}\right)^2} dM \\
&= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_B^{\infty} \left[ \frac{(M - \mu)}{\sigma} + \frac{(\mu - B)}{\sigma} \right] e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{M-\mu}{\sigma}\right)^2} dM
\end{aligned}$$

Misalkan:

$$\begin{aligned}
\frac{M-\mu}{\sigma} &= y \rightarrow y\sigma = M - \mu \text{ maka } y\sigma = M - \mu \\
\frac{dM}{dy} &= \sigma \rightarrow dM = \sigma dy
\end{aligned}$$

Dengan syarat batas :

$$M = B \text{ maka } y = \frac{B - \mu}{\sigma}$$

$$M \rightarrow \infty \text{ maka } y \rightarrow \infty$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
E(M > B) &= \int_B^{\infty} \frac{M - \mu}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{M-\mu}{\sigma}\right)^2} dM \\
&\quad + \int_B^{\infty} \frac{M - B}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{M-\mu}{\sigma}\right)^2} dM \\
&= \int_{\frac{B-\mu}{\sigma}}^{\infty} \frac{y}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}y^2} \sigma dy + \int_{\frac{B-\mu}{\sigma}}^{\infty} \frac{(\mu - B)}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}y^2} \sigma dy \\
&= \sigma \int_{\frac{B-\mu}{\sigma}}^{\infty} \frac{y}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}y^2} dy + \int_{\frac{B-\mu}{\sigma}}^{\infty} \frac{(\mu - B)}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}y^2} dy
\end{aligned}$$

Untuk :

$$u = \int_{\frac{B-\mu}{\sigma}}^{\infty} \frac{y}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}y^2} dy$$

Misalkan :

$$\begin{aligned}
y^2 &= z \rightarrow y = \sqrt{z} \rightarrow z = y^2 \\
2y dy &= dz \rightarrow y dy = \frac{1}{2} dz
\end{aligned}$$

Syarat batas:

$$y = \frac{B - \mu}{\sigma} \text{ maka } z = \left[ \frac{B - \mu}{\sigma} \right]^2$$

$$y \rightarrow \infty \text{ maka } z \rightarrow \infty$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} u &= \int_{\frac{B-\mu}{\sigma}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} y e^{-\frac{1}{2}y^2} dy \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\left(\frac{B-\mu}{\sigma}\right)^2 = z}^{\infty} e^{-\frac{1}{2}z} \frac{1}{2} dz \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \lim_{\ell \rightarrow \infty} \int_{\left(\frac{B-\mu}{\sigma}\right)^2 = z}^{\ell} \frac{1}{2} e^{-\frac{1}{2}z} dz \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \lim_{\ell \rightarrow \infty} \left[ \frac{1}{2} \frac{1}{-\frac{1}{2}} e^{-\frac{1}{2}z} \Big|_z^{\ell} \right] \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \lim_{\ell \rightarrow \infty} \left[ -e^{-\frac{1}{2}z} \Big|_z^{\ell} \right] \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \lim_{\ell \rightarrow \infty} \left[ -e^{-\frac{1}{2}\ell} + e^{-\frac{1}{2}z} \right] \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \lim_{\ell \rightarrow \infty} \left[ -e^{-\frac{1}{2}\ell} + e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{B-\mu}{\sigma}\right)^2} \right] \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[ 0 + e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{B-\mu}{\sigma}\right)^2} \right] \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{B-\mu}{\sigma}\right)^2} \\ E(M > B) &= \sigma \int_{\frac{B-\mu}{\sigma}}^{\infty} \frac{y}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}y^2} dy + \int_{\frac{B-\mu}{\sigma}}^{\infty} \frac{\mu - B}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}y^2} dy \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \sigma \int_{\frac{B-\mu}{\sigma}}^{\infty} \frac{y}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}y^2} dy + (\mu - B) \int_{\frac{B-\mu}{\sigma}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}y^2} dy \\
&= \sigma \left( \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{B-\mu}{\sigma}\right)^2} \right) + (\mu - B) g \left( \frac{B-\mu}{\sigma} \right) \\
&= \sigma f \left( \frac{B-\mu}{\sigma} \right) + (\mu - B) g \left( \frac{B-\mu}{\sigma} \right)
\end{aligned}$$

Sehingga

$$E(M > B) = \sigma f \left( \frac{B-\mu}{\sigma} \right) + (\mu - B) g \left( \frac{B-\mu}{\sigma} \right)$$

dengan:

$f \left( \frac{B-\mu}{\sigma} \right)$ : fungsi kepadatan probabilitas distribusi normal

$g \left( \frac{B-\mu}{\sigma} \right)$ : fungsi distribusi kumulatif normal

### 2.3.3 Total Annual Cost

Total Biaya persediaan meliputi adanya faktor biaya pembelian, faktor biaya pemesanan, faktor biaya penyimpanan, dan faktor biaya kekurangan persediaan[11].

#### 1. Total Biaya Persediaan

Berdasarkan rumusan yang telah disebutkan, maka total biaya persediaan untuk metode *Economic Order Quantity* adalah

TAC = Biaya Pembelian + Biaya Pemesanan + Biaya Penyimpanan + Biaya Kekurangan Bahan

$$= (RP) + \left( \frac{RC}{Q} \right) + \left( H \left[ \frac{Q}{2} + (B - \bar{M}) \right] \right) + \left( \frac{AR}{Q} E(M > B) \right)$$

$$= (RP) + \left( \frac{R}{Q} [C + AE(M > B)] \right) + \left( H \left[ \frac{Q}{2} + (B - \bar{M}) \right] \right)$$

#### 2. Jumlah Pesanan Optimal

Untuk menentukan kuantitas pemesanan yang optimal, dapat dilakukan dengan mencari turunan dari *TAC* terhadap *Q* dan menjadikan ruas yang lain sama dengan nol. Sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\frac{\partial TAC(Q, B)}{\partial Q} = 0$$

$$\frac{\partial \left[ (RP) + \left( \frac{R}{Q} [C + AE(M > B)] \right) + \left( H \left[ \frac{Q}{2} + (B - \bar{M}) \right] \right) \right]}{\partial Q} = 0$$

$$\frac{-R}{Q^2} [C + AE(M > B)] + \frac{H}{2} = 0$$

$$\frac{H}{2} = \frac{R}{Q^2} [C + AE(M > B)]$$

$$Q^2 = \frac{2R[C + AE(M > B)]}{H}$$

$$|Q| = \sqrt{\frac{2R[C + AE(M > B)]}{H}}$$

Karena Q merupakan kuantitas pemesanan, maka untuk yang bernilai negatif tidak memenuhi, sehingga rumusan kuantitas pemesanan yang optimal yaitu:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2R[C + AE(M > B)]}{H}}$$

### 3. Titik Pemesanan Kembali

Titik pemesanan kembali atau *reorder point* merupakan suatu titik atau batas dari jumlah persediaan yang ada pada saat dimana pemesanan harus diadakan kembali. *Reorder point* berguna untuk mengetahui kapan suatu perusahaan mengadakan pemesanan. Untuk mendapatkan turunan matematis dari titik pemesanan kembali adalah dengan cara mencari turunan *TAC* terhadap *B* dan menjadikan ruas yang lain sama dengan nol agar memperoleh nilai yang maksimal. Sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\frac{\partial TAC(Q, B)}{\partial B} = 0$$

$$\frac{\partial \left[ (RP) + \left( \frac{R}{Q} [C + A \cdot E(M > B)] \right) + \left( H \left[ \frac{Q}{2} + (B - \bar{M}) \right] \right) \right]}{\partial B} = 0$$

$$H + \frac{AR}{Q} \frac{\partial E(M > B)}{\partial B} = 0 \quad (2.19)$$

Dari Persamaan (2.18) disebutkan bahwa:

$$E(M > B) = \int_B^{\infty} (M - B) f(M) dM$$

Maka dengan menurunkan  $E(M > B)$  ke  $-B$  didapat:

$$\begin{aligned} \frac{\partial E(M > B)}{\partial B} &= \int_B^{\infty} (M - B) f(M) dM \\ &= \int_B^{\infty} M f(M) dM - \int_B^{\infty} B f(M) dM \\ &= \frac{-B \int_B^{\infty} f(M) dM}{\partial B} \\ &= - \int_B^{\infty} f(M) dM \end{aligned} \quad (2.20)$$

Substitusi Persamaan (2.20) ke dalam Persamaan (2.19) sebagai berikut rumus titik pemesanan kembali didapat :

$$H + \frac{AR}{Q} \left( - \int_B^{\infty} f(M) dM \right) = 0$$

$$\int_B^{\infty} f(M) dM = \frac{HQ}{AR} \quad (2.21)$$

dengan:

$f(M)$  : fungsi kepadatan probabilitas selama waktu tunggu.

Dikarenakan  $f(M)$  merupakan fungsi kepadatan probabilitas terhadap kebutuhan material selama waktu tunggu, maka kebutuhan material selama waktu tunggu harus berdistribusi normal sehingga perlu dilakukan uji normalitas terhadap data kebutuhan material selama waktu tunggu.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan langkah-langkah yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah sumber data dan langkah-langkah analisis.

#### **3.1 Sumber Data**

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data penjualan semen PT. Semen Gresik (Persero) dan data biaya kebutuhan material yang diperoleh dari Departemen Penjualan semen dan Departemen Pengadaan PT. Semen Gresik (Persero).

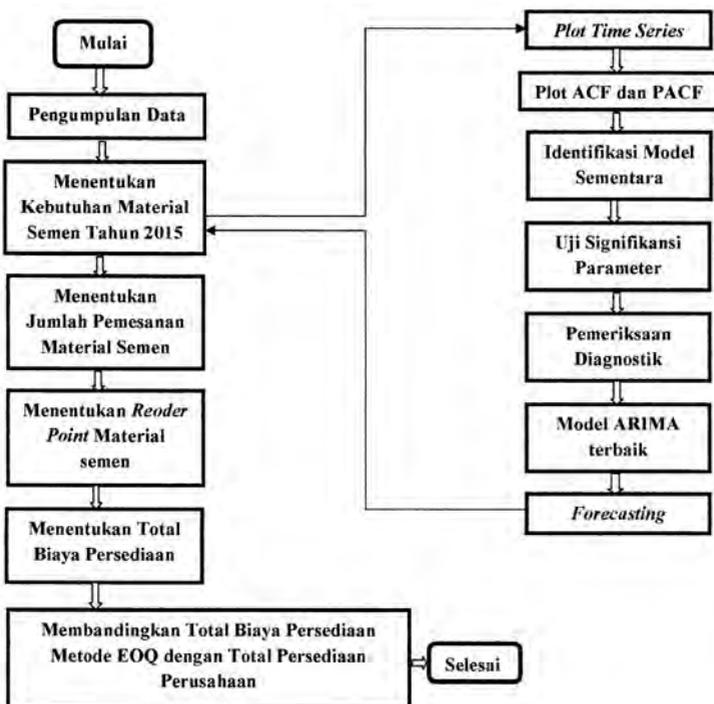
#### **3.2 Langkah-Langkah Analisis**

Terdapat beberapa tahapan dalam melakukan analisis, diantaranya sebagai berikut:

1. Menentukan kebutuhan material semen di PT. Semen Gresik (Persero) dengan menggunakan peramalan metode ARIMA Box-Jenkins berdasarkan data penjualan semen.
2. Membuat plot *time series* pada data *in sample* untuk melakukan identifikasi pola *time series* data penjualan semen PT. Semen Gresik (Persero).
3. Dari plot *time series*, jika terindikasi bahwa data tidak stasioner maka dilakukan transformasi Box-cox dan *differencing*.
4. Pembuatan plot ACF dan PACF.
5. Identifikasi dan pendugaan model sementara berdasarkan plot ACF dan PACF.
6. Uji signifikansi parameter, *white noise*, dan normalitas dengan metode ARIMA Box-Jenkins.
7. Jika semua uji telah terpenuhi, melakukan peramalan beberapa periode ke depan sesuai dugaan model yang telah didapatkan dengan ARIMA Box-Jenkins.
8. Membandingkan beberapa model terpilih yang mungkin diterapkan pada data dengan melihat nilai AIC dan SBC

- pada data *in sample* maupun *out sample*. Model terbaik akan diterapkan untuk prediksi ke depannya.
9. Menentukan jumlah pemesanan material dengan metode EOQ.
  10. Menentukan nilai dari *reorder point* atau titik pemesanan kembali dengan metode EOQ.
  11. Menentukan total biaya persediaan dengan metode EOQ.
  12. Membandingkan total biaya persediaan perusahaan dengan EOQ.

Tahapan-tahapan dalam analisis data dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Metode Penelitian

## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini dijelaskan secara detail mengenai analisis deret berkala dari data penjualan semen pada PT. Semen Gresik (Persero), identifikasi model ARIMA yang sesuai. Dilakukan uji statistika yang meliputi uji signifikansi parameter serta uji *white noise* dan distribusi normal terhadap residu untuk menentukan model peramalan yang baik. Selain itu juga, menentukan *reorder point* material semen, serta menghitung *total annual cost*.

#### **4.1 Variabel dan Data Penelitian**

$Z_t$  adalah hasil penjualan pada waktu  $t$ . Dimana  $t$  adalah bulan Januari 2009 sampai dengan April 2015 yang bersumber dari PT. Semen Gresik (Persero) pada unit Departemen Penjualan yang bertugas dalam pengumpulan data penjualan Semen Gresik di seluruh wilayah Indonesia. Data tersebut dibagi menjadi dua bagian, yaitu data *in sample* dan data *out sample*. Data *in sample* digunakan untuk merumuskan model, dengan periode Januari 2009 sampai dengan Desember 2014. Sedangkan data *out sample* digunakan untuk pemilihan model terbaik, dengan periode Januari sampai dengan April 2015.

Kebutuhan material pokok pada PT. Semen Gresik (Persero) meliputi: batu kapur, tanah liat, pasir besi, dan silika. *Consumption rate* untuk setiap material pokok dari pihak PT. Semen Gresik (Persero) adalah batu kapur sebesar 75% setiap produksi 1 ton, tanah liat sebesar 20% setiap produksi 1 ton, pasir besi 3% untuk produksi 1 ton, dan silika 1% untuk produksi 1 ton.

#### **4.2 Model ARIMA Box-Jenkins**

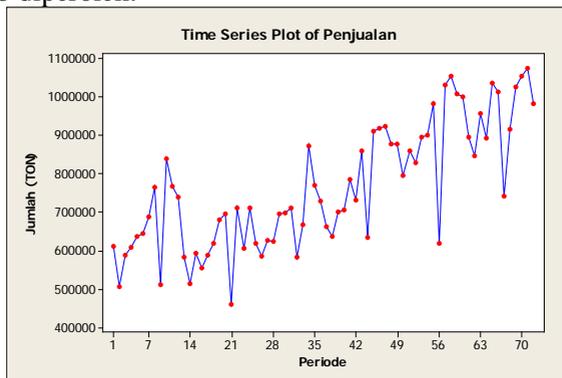
Sebelum melakukan analisa untuk menentukan model terbaik, data sudah dibagi menjadi data *in sample* dan data *out sample*. Data *in sample* digunakan untuk membangun model

peramalan yang tersusun dari data pada bulan Januari 2009 – Desember 2014. Sedangkan data *out sample* digunakan untuk memvalidasi hasil ramalan yang dibangun telah memberikan hasil yang terbaik atau tidak yang terdiri dari data pada bulan Mei – April 2015. Syarat utama suatu data dapat diramalkan dengan metode ARIMA Box-Jenkins adalah data harus stasioner terhadap *mean* maupun *varians*. Secara visual, kestasioneran data *time series plot* dapat digunakan untuk mengetahui pola-pola dari data penjualan semen, selain itu berdasarkan *time series plot* juga dapat diketahui kestasioneran data secara visual.

Berikut ini dijelaskan mengenai langkah-langkah model ARIMA.

### 1. Uji Stasioneritas Data

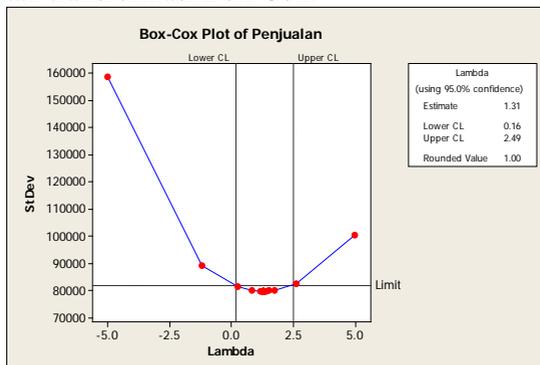
Kestasioneran dapat dilihat dari plot data deret berkala. Data yang digunakan untuk membuat *time series plot* adalah data *in sample* pada jumlah penjualan semen di PT. Semen Gresik (Persero) pada Bulan Januari 2009 – Bulan Desember 2014. Bentuk *time series plot* dari data penjualan semen di PT. Semen Gresik (Persero) ditunjukkan pada Gambar 4.1 dengan minitab diperoleh:



**Gambar 4.1** *Time Series Plot* Penjualan semen di PT. Semen Gresik (Persero) Tahun 2009-2014

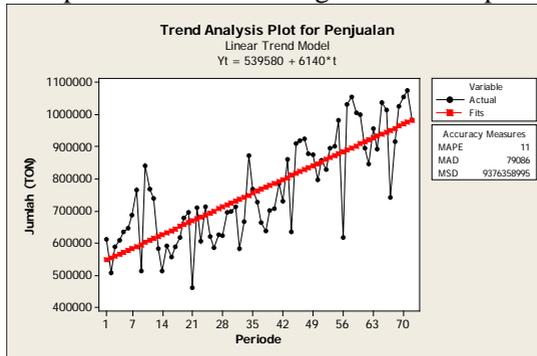
Setelah membuat *time series plot*, dilakukan pengujian kestasioneran data pada jumlah penjualan semen di PT. Semen Gresik (Persero) diolah dengan *software* Minitab 15 dan Eviews 6 untuk memperoleh model ARIMA yang sesuai. Langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah melihat kestasioneran data, karena syarat pembentukan model analisis *time series* adalah dengan mengasumsikan bahwa data dalam keadaan stasioner. *Time Series* dikatakan stasioner apabila tidak terdapat perubahan kecenderungan, baik dalam *mean* maupun *varians*. Dengan kata lain, *time series* stasioner apabila relatif tidak terjadi kenaikan ataupun penurunan nilai secara tajam pada data[9].

Kestasioneran data terhadap *varians* dapat dilihat dari hasil transformasi Box-Cox dimana dikatakan stasioner apabila *rounded value*-nya adalah 1[8]. Dari Gambar 4.2 dapat dilihat pada kotak dialog bahwa nilai *lambda* dengan nilai kepercayaan 95% berada diantara 0,16 dan 2,49, dengan nilai *estimate* sebesar 1,31 dan *rounded value* 1,0. Hal ini berarti data dari Penjualan Semen PT. Semen Gresik (Persero) telah stasioner terhadap *varians* karena *rounded value* sama dengan 1. Sehingga data tersebut tidak perlu distasionerkan dengan menggunakan transformasi Box-Cox.



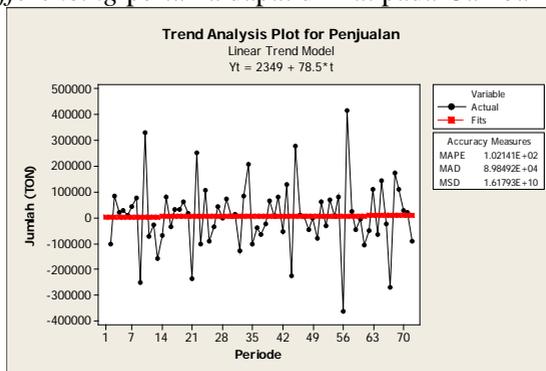
**Gambar 4.2** Box-Cox Plot Penjualan Semen PT. Semen Gresik (Persero) sudah stasioner dalam *varians*.

Setelah melihat kestasioneran dalam *varians*, maka akan dilihat apakah data telah stasioner dalam *mean*. Kestasioneran dalam *mean* dapat dilihat dari plot *trend analysis*. Hasil plot dapat dilihat pada Gambar 4.3 dengan minitab diperoleh:



**Gambar 4.3** *Trend Analysis Plot* Data belum stasioner

Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa data tersebut tidak pada pola yang teratur dan cenderung fluktuatif, artinya data penjualan tersebut tidak stasioner terhadap *mean*. Untuk mencapai stasioner terhadap *mean* diperlukan *differencing* (pembedaan). Setelah *differencing* pertama dilakukan, data tersebut dibuat plot *trend analysis*. Plot *trend analysis* data hasil *differencing* pertama dapat dilihat pada Gambar 4.4.

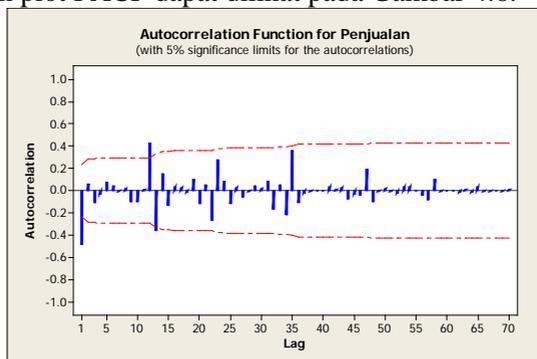


**Gambar 4.4** *Trend Analysis Plot* Data sudah stasioner

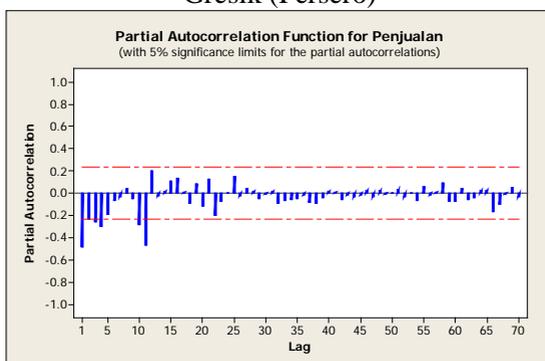
Dari Gambar 4.4 terlihat bahwa data telah stasioner dalam *mean*, terlihat dari rata-rata deret pengamatan yang berfluktuasi di sekitar nilai tengah. Karena data telah stasioner terhadap *mean* dan *varians*, maka uji stasionertitas data sudah selesai.

## 2. Identifikasi Model

Setelah data stasioner, langkah selanjutnya yang dilakukan untuk pemodelan ARIMA adalah identifikasi Model. Tujuannya adalah mendapatkan model ARIMA sementara untuk data penjualan. Plot ACF ditunjukkan pada Gambar 4.5, sedangkan plot PACF dapat dilihat pada Gambar 4.6.



**Gambar 4.5** Plot ACF Penjualan Semen di PT. Semen Gresik (Persero)



**Gambar 4.6** Plot PACF Penjualan Semen di PT. Semen Gresik (Persero)

Berdasarkan Gambar 4.5 dan 4.6 dengan merujuk pada hasil *differencing*, maka plot ACF dan PACF Semen dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 Pada plot ACF dapat diamati bahwa terdapat 3 lag yang berbeda nyata dari nol, yaitu lag 1 dengan koefisien autokorelasi  $-0.484278$ , lag 12 dengan koefisien autokorelasi  $0.430370$ , dan lag 13 dengan koefisien autokorelasi  $-0.357150$ . Sedangkan pada plot PACF terdapat 5 lag yang berbeda nyata dari nol, yaitu lag 1 dengan koefisien auto korelasi parsial  $-0.484278$ , lag 3 dengan koefisien autokorelasi parsial  $-0.256683$ , lag 4 dengan koefisien autokorelasi parsial  $-0.303770$ , lag 10 dengan koefisien autokorelasi parsial  $-0.286860$ , dan lag 11 dengan koefisien autokorelasi parsial  $-0.466002$ . Berdasarkan plot ACF yang tampak menonjol adalah lag 1 dan lag 11 sedangkan plot PACF yang tampak menonjol adalah lag 1, lag 12, dan lag 13 dapat ditentukan dugaan model sementara ARIMA  $([1,11],1,[1,12,13])$ .

### 3. Estimasi dan Pengujian Parameter Model

Berdasarkan pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 model sementara yang dapat diduga adalah ARIMA  $([1,11],1,[1,12,13])$ . Setelah diidentifikasi dugaan model sementara, Selanjutnya akan dibahas estimasi parameter data uji signifikan parameter untuk model ARIMA  $([1,11],1,[1,12,13])$ . Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan software Eviews 6. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Hasil Uji Signifikan Model Sementara

Parameter	Estimasi Parameter	Std.Error	t-hitung	Prob.
$\phi_1$	-0,025032	0,151169	-0,165589	0,8691
$\phi_{11}$	0,371262	0,130370	2,847764	0,0062
$\theta_1$	-0,796584	0,105748	-7,532820	0,0000
$\theta_{12}$	0,863453	0,032181	26,83106	0,0000
$\theta_{13}$	-0,684587	0,086957	-7,872737	0,0000

Terlihat pada Tabel 4.1 estimasi parameter tidak signifikan Berikut akan ditunjukkan uji parameter untuk model ARIMA ([1,11],1,[1,12,13]) dengan menggunakan uji-t *student* untuk melihat kesesuaian dengan data yang ada.

1. Menguji parameter AR(1)=  $\hat{\phi}_1$

Hipotesis:

$H_0: \phi_1 = 0$  (parameter  $\phi_1$  tidak signifikan)

$H_1: \phi_1 \neq 0$  (parameter  $\phi_1$  signifikan)

Statistik uji:

$$\begin{aligned} t_{hitung} &= \frac{\hat{\phi}_1}{st.(\phi_1)} \\ &= \frac{-0,025032}{0,151169} \\ &= -0,165589 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{tabel} &= t_{(0,025;72-2-1)} \\ &= 1.994495 \end{aligned}$$

dengan  $\alpha = 0.05$ ,  $|t_{hitung}| < t_{(0,025;72-2-1)}$  maka  $H_0$  ditolak artinya parameter tidak model signifikan.

2. Menguji parameter AR(11)=  $\hat{\phi}_{11}$

$$\begin{aligned} t_{hitung} &= \frac{\hat{\phi}_{11}}{st.(\phi_{11})} \\ &= \frac{0,371262}{0,130370} \\ &= 2,847764 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{tabel} &= t_{(0,025;72-2-1)} \\ &= 1.994495 \end{aligned}$$

dengan  $\alpha = 0.05$ ,  $|t_{hitung}| > t_{(0,025;72-2-1)}$  maka  $H_0$  diterima artinya parameter model signifikan.

3. Menguji parameter AR(1)=  $\hat{\theta}_1$

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\theta}_1}{st.(\theta_1)}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{-0,796584}{0,105748} \\
&= -7,532820 \\
t_{tabel} &= t_{(0,025;72-2-1)} \\
&= 1.994495
\end{aligned}$$

dengan  $\alpha = 0.05, |t_{hitung}| > t_{(0,025;72-2-1)}$  maka  $H_0$  diterima artinya parameter model signifikan.

4. Menguji parameter AR(12) =  $\hat{\theta}_{12}$

$$\begin{aligned}
t_{hitung} &= \frac{\hat{\theta}_{12}}{st.(\theta_{12})} \\
&= \frac{0,863453}{0,032181} \\
&= 26.83106
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
t_{tabel} &= t_{(0,025;72-2-1)} \\
&= 1.994495
\end{aligned}$$

dengan  $\alpha = 0.05, |t_{hitung}| > t_{(0,025;72-2-1)}$  maka  $H_0$  diterima artinya parameter model signifikan.

5. Menguji parameter AR(13) =  $\hat{\theta}_{13}$

$$\begin{aligned}
t_{hitung} &= \frac{\hat{\theta}_{13}}{st.(\theta_{13})} \\
&= \frac{-0,684587}{0,086957} \\
&= -7,872737
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
t_{tabel} &= t_{(0,025;72-2-1)} \\
&= 1.994495
\end{aligned}$$

dengan  $\alpha = 0.05, |t_{hitung}| > t_{(0,025;72-2-1)}$  maka  $H_0$  diterima artinya parameter model signifikan.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, parameter AR(1) tidak signifikan dalam model, sedangkan parameter AR(11), MA(1), MA(12), MA(13) signifikan dapat disimpulkan bahwa model tidak signifikan.

#### 4. Pemeriksaan Diagnostik

Dalam menentukan model ARIMA yang baik, model harus memenuhi dua asumsi residual yaitu *white noise* dan berdistribusi normal. Berikut ini merupakan pemeriksaan diagnostik terhadap model ARIMA ([1,11],1,[1,12,13]).

##### a. White Noise

Hipotesis:

$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_6 = 0$  (residual *white noise*)

$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \rho_i \text{ yang tidak sama dengan nol}$   
(residual tidak *white noise*)

Statistik uji:

$$Q = 72(72 + 2) \sum_{k=1}^6 \frac{\hat{\rho}_k^2}{72 - k}$$
$$= 72(72 + 2) \left( \frac{-0.182^2}{72 - 1} + \frac{-0.049^2}{72 - 2} + \dots + \frac{0.186^2}{72 - 6} \right)$$
$$= 16,764$$

$$X_{(a;K-p-q)}^2 = X_{(0,05;6-2-3)}^2$$
$$= 3,841$$

dengan  $\alpha = 5\%$ ,  $Q > X_{(0,05;6-2-3)}^2$  maka  $H_0$  ditolak artinya residual bersifat tidak *white noise*.

##### b. Distribusi Normal

Hipotesis:

$H_0 : F(x) = F_0(x)$  untuk semua  $x$  (berdistribusi normal)

$H_1 : F(x) \neq F_0(x)$  untuk beberapa  $x$  (tidak berdistribusi normal)

Statistik uji:

$$D_{hitung} = \sup_x |S(x) - F_0(x)|$$
$$= 0.096$$

$$D_{(0,05;72)} = 0.16028$$

dengan  $\alpha = 5\%$ ,  $D_{hitung} < D_{(0,05;72)}$  maka  $H_0$  diterima, artinya residual model berdistribusi normal.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa model ARIMA  $([1,11],1,[1,12,13])$  merupakan model yang tidak sesuai karena tidak uji signifikan dan tidak *white noise*. Selanjutnya dilakukan *overfitting* untuk mendapatkan model-model lain yang sesuai. Model yang dihasilkan dari hasil *overfitting* dijadikan model alternatif yang kemudian dicari model yang terbaik diantara model-model yang lain. Berdasarkan plot ACF dan PACF, memungkinkan untuk mengikuti lebih dari satu model ARIMA  $(p, 1, q)$ . Hasil *overfitting* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** *Overfitting* Model ARIMA

Model ARIMA	Uji Signifikan Parameter	Uji <i>White Noise</i>	Uji Normal Residual Data
<b>ARIMA (0,1,[1])</b>	<b>Signifikan</b>	<b><i>White noise</i></b>	<b>Distribusi normal</b>
<b>ARIMA (0,1,[1,12,13])</b>	<b>Signifikan</b>	<b><i>White Noise</i></b>	<b>Distribusi normal</b>
ARIMA ([1],1,[1])	Tidak Signifikan	Tidak <i>w.n</i>	Tidak Dist.normal
ARIMA ([1],1,[12])	Signifikan	Tidak <i>w.n</i>	Tidak Dist.normal
ARIMA ([1],1,[13])	Signifikan	Tidak <i>w.n</i>	Tidak Dist.normal
ARIMA ([11],1,[1])	Signifikan	Tidak <i>w.n</i>	Tidak Dist.normal
ARIMA ([11],1,[12])	Signifikan	Tidak <i>w.n</i>	Tidak Dist.normal
ARIMA ([11],1,[1,12,13])	Signifikan	Tidak <i>w.n</i>	Tidak Dist.normal

Dengan demikian, ARIMA  $(0,1,[1])$  dan ARIMA  $(0,1,[1,12,13])$  merupakan model yang baik, karena memenuhi uji signifikansi parameter dan dua asumsi residual.

Model terbaik dapat model yang mempunyai nilai AIC dan SBC paling kecil. memiliki nilai AIC serta SBC yang terkecil dapat dilihat pada Tabel 4.3

**Tabel 4.3** Nilai AIC dan SBC model ARIMA

Model ARIMA	Uji Signifikansi	Uji Asumsi <i>white noise</i>	Uji Residual Normal	AIC	SBC
ARIMA (0,1,[1])	Signifikan	<i>White Noise</i>	Dist. Normal	25.92542	25.95729
<b>ARIMA (0,1,[1,12,13])</b>	<b>Signifikan</b>	<b><i>White Noise</i></b>	<b>Dist. Normal</b>	<b>25.42234</b>	<b>25.51795</b>

Dari Tabel 4.3 terlihat bahwa model ARIMA yang memenuhi uji signifikansi parameter, asumsi residual bersifat *white noise* dan berdistribusi normal, dan memiliki nilai AIC serta SBC terkecil adalah model ARIMA (0,1,[1,12,13]), maka model yang terbaik adalah ARIMA (0,1,[1,12,13]), Untuk merumuskan bentuk model matematika dengan menggunakan Persamaan (2.7), diperoleh model ARIMA dari penjualan PT. Semen Gresik (Persero) Tbk sebagai berikut:

$$(1 - B)^1 Z_t = (1 - \theta_1 B^1 - \theta_{12} B^{12} - \theta_{13} B^{13}) a_t$$

atau

$$Z_t - BZ_t = a_t - \theta_1 B^1 a_t - \theta_{12} B^{12} a_t - \theta_{13} B^{13} a_t$$

atau

$$Z_t - BZ_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_{12} a_{t-12} - \theta_{13} a_{t-13}$$

atau

$$Z_t = Z_{t-1} - a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_{12} a_{t-12} - \theta_{13} a_{t-13}$$

atau

$$Z_t = Z_{t-1} - a_t - (-0.806468) a_{t-1} - 0.853458 a_{t-12} - (-0.685089) a_{t-13}$$

atau

$$Z_t = Z_{t-1} - a_t + 0.806468a_{t-1} - 0.853458a_{t-12} + 0.685089a_{t-13}$$

### 4.3 Peramalan Kebutuhan Persediaan Material Untuk Tahun 2015

Perhitungan kebutuhan persediaan material untuk tahun 2015 dapat dihitung dengan mengalikan jumlah produksi dengan *consumption rate* yang digunakan pada setiap material yang digunakan. *Consumption rate* untuk setiap material dari pihak PT. Semen Gresik (Persero) dapat dilihat Tabel 4.4.

**Tabel 4.4** *Consumption Rate* Setiap Material

<b>Material</b>	<b><i>Consumption Rate</i></b>
Batu Kapur	75% untuk 1 ton produk
Tanah Liat	20% untuk 1 ton produk
Pasir Besi	3% untuk 1 ton produk
Silika	1% untuk 1 ton produk

Dengan *consumption rate* untuk setiap material dapat ditentukan kebutuhan material untuk Tahun 2015 dapat dilihat pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Peramalan Kebutuhan Material Tahun 2015

<b>Bulan</b>	<b>Peramalan</b>	<b>Batu Kapur</b>	<b>Tanah Liat</b>	<b>Silika</b>	<b>Pasir Besi</b>
<b>Jan</b>	1.029.611,93	772.208,9507	205.922,3869	10.296,11934	30.888,35803
<b>Feb</b>	901.990,60	676.492,9515	180.398,1204	9.019,90602	27.059,71806
<b>Mar</b>	902.267,35	676.700,5144	180.453,4705	9.022,673526	27.068,02058
<b>Apr</b>	890.295,98	667.721,9861	178.059,1963	8.902,959815	26.708,87944
<b>Mei</b>	1.003.611,69	752.708,7651	200.722,3374	10.036,11687	30.108,3506
<b>Jun</b>	1.079.850,04	809.887,5311	215.970,0083	10.798,50041	32.395,50124
<b>Jul</b>	1.020.183,26	765.137,445	204.036,652	10.201,8326	30.605,4978
<b>Agu</b>	993.342,32	745.006,7377	198.668,4634	9.933,42317	29.800,26951
<b>Sep</b>	896.116,01	672.087,0097	179.223,2026	8.961,160129	26.883,48039
<b>Okt</b>	915.420,52	686.565,3883	183.084,1035	9.154,205177	27.462,61553
<b>Nov</b>	980.063,44	735.047,5771	196.012,6872	9.800,634362	29.401,90309
<b>Des</b>	928.349,22	696.261,9113	185.669,843	9.283,492151	27.850,47645
<b>JUMLAH</b>	<b>11.541.102,36</b>	<b>8.655.826,768</b>	<b>2.308.220,471</b>	<b>115.411,0236</b>	<b>346.233,0707</b>

#### 4.4 Penentuan Parameter Persediaan

Terdapat dua karakteristik utama pada parameter-parameter persediaan yaitu kebutuhan selama waktu tunggu dan waktu tunggu.

##### 4.4.1 Rancangan Sistem Persediaan

Waktu tunggu untuk proses pemesanan material semen batu kapur adalah 1 hari dengan kebutuhan bahan baku seperti yang terdapat pada Tabel 4.6.

**Tabel 4.6** Data Kebutuhan Material Selama *Leadtime*

No	Kebutuhan Material (kg)
1	287.009.56
2	318.488.49
3	248.692.85
4	271.006.91
5	316.261.23
6	115.118.29
7	300.187.08
8	304.632.34
Total	2.161.396.75

Untuk kebutuhan material selama waktu tunggu lainnya dapat dilihat pada Lampiran 5.

##### 4.4.2 Pengujian Distribusi Normal Kebutuhan Material

Pengujian Distribusi Normal untuk kebutuhan material batu kapur selama waktu tunggu ( $x$ ) adalah sebagai berikut:

Hipotesis :

$H_0 : F(x) = F_0(x)$  untuk  $x$  berdistribusi normal

$H_1 : F(x) \neq F_0(x)$  untuk  $x$  tidak berdistribusi normal

Statistik uji:

$$D_{hitung} = \sup_x |S(x) - F_0(x)| \\ = 0,255$$

$$D_{(0.05;8)} = 0,48083$$

Dengan  $\alpha = 5\%$ ,  $D_{hitung} < D_{(0.05;8)}$  maka  $H_0$  diterima, artinya residual model berdistribusi normal dengan rata-rata 270.175 dan standar deviasi 66.905. Untuk perhitungan material lainnya dapat dilihat pada Lampiran 5.

#### 4.4.3 Menghitung Nilai EOQ Optimal

Untuk mendapatkan hasil yang optimal pada kuantitas pemesanan dan titik pemesanan kembali, perlu dilakukan iterasi agar diperoleh hasil yang optimal apabila  $E(M > B_i) = E(M > B_{i-1})$ . Jika diketahui harga material per unit material, P adalah Rp 325.000,00, biaya penyimpanan per unit, H adalah Rp 18,00, biaya pemesanan untuk setiap kali pesan, C adalah Rp 48.750,00, biaya kekurangan persediaan per unit, A adalah Rp 1.771.207,00, Jumlah kebutuhan material dalam 1 tahun, R adalah 8.655.826,768 ton, rata-rata kebutuhan material berdasarkan *leadtime*,  $\mu$  adalah 270.175, dan standar deviasi kebutuhan material berdasarkan *lead time*,  $\sigma$  adalah 66.905. Untuk perhitungan biaya persediaan material dapat dilihat pada Lampiran 4.

Untuk mendapatkan hasil yang optimal pada kuantitas pemesanan dan titik pemesanan kembali, perlu dilakukan iterasi agar diperoleh hasil yang optimal apabila  $E(M > B_i) = E(M > B_{i-1})$ . Tahapan awal dengan iterasi pertama

Untuk iterasi pertama

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2CR}{H}}$$

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2 \times 48.750 \times 8.655.826,768}{18}}$$

$$= 216.531,1255$$

Tahapan selanjutnya adalah menentukan titik pemesanan kembali yang didefinisikan pada Persamaan 2.23 sebagai

$$\begin{aligned} \int_B^{\infty} f(M)dM &= \frac{HQ_1}{AR} \\ &= \frac{18 \times 216.531,1255}{1.771.207 \times 8.655.826,768} \\ &= 0,0000003 \end{aligned}$$

dimana  $f(M)$  adalah fungsi kepadatan probabilitas terhadap kebutuhan material selama waktu tunggu dengan rata-rata 270.174 dan standar deviasi 66.905 selanjutnya dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{B_1 - \mu}{\sigma} &= Z \\ \frac{B_1 - 270.175}{66.905} &= 4,99 \\ B_1 &= 604.030,95 \end{aligned}$$

Untuk ekspektasi kekurangan persediaannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E(M > B_1) &= \sigma f\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - B)g\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) \\ &= 66.905 \times (0,000002) + (270.175 - 604.030,95) \times (0,0000003) \\ &= 0,033653215 \end{aligned}$$

Untuk iterasi kedua

$$\begin{aligned} Q_2 &= \sqrt{\frac{2R[C + (AE(M > B_1))]}{H}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 8.655.826,768 \times [48.750 + (1.771.207 \times 0,033653215)]}{18}} \\ &= 322.820,5171 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti yang dilakukan pada iterasi pertama maka

$$\int_B^{\infty} f(M)dM = \frac{HQ_2}{AR}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{18 \times 322.820,5171}{1.771.207 \times 8.655.826,768} \\
&= 0,0000003 \\
\frac{B_2 - \mu}{\sigma} &= Z \\
\frac{B_2 - 270.175}{66.905} &= 4,99 \\
B_2 &= 604.030,95
\end{aligned}$$

Untuk ekspektasi kekurangan persediaannya adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}
E(M > B_2) &= \sigma f\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - B)g\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) \\
&= 66.905 \times (0,000002) \\
&\quad + (270.175 - 604.030,95) \times 0,0000003 \\
&= 0,033653215
\end{aligned}$$

Pada iterasi kedua dinyatakan sudah mencapai nilai optimal dikarenakan ekspektasi kekurangan persediaan tidak berubah dari iterasi sebelumnya. Sehingga nilai  $Q = 322.820,5171$  ton  $\approx 322.821$  ton dan ROP = 604.030,95 ton  $\approx 604.031$  ton

Untuk perhitungan *total annual cost* dihitung dengan:

$$\begin{aligned}
TAC &= (RP) + \left(\frac{R}{Q} [C + AE(M > B)]\right) + \left(H \left[\frac{Q}{2} + B - \bar{M}\right]\right) \\
&= (8.655.826,768 \times 325.000) \\
&\quad + \left(\frac{8.655.826,768}{322.821} [1.771.207 \times 0,033653215]\right) \\
&\quad + \left(18 \left[\frac{322.821}{2} + 604.031 - 270.175\right]\right) \\
&= \text{Rp } 2.813.154.213.039,436
\end{aligned}$$

Hasil Jumlah pesanan yang optimal dan titik pesanan kembali dapat dilihat Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil EOQ dan ROP tiap Material

<b>Material</b>	<b>EOQ</b>	<b>ROP</b>
Batu Kapur	322.821 ton	604.031 ton
Tanah Liat	58.259 ton	159.501 ton
Pasir Besi	9.323 ton	7.804 ton
Silika	3.639 ton	8.044 ton

Untuk perhitungan material lainnya dihitung dengan cara yang sama dan dapat dilihat pada Lampiran 6 .

#### **4.4.4 Perbandingan Total Cost Perusahaan dengan *Total Cost EOQ***

PT. Semen Gresik (Persero) menerapkan kebijakan bahwa untuk rencana penjualan pada tahun berikutnya ditingkatkan sekitar 2 % dari penjualan pada tahun sebelumnya.

Sehingga rencana penjualan PT. Semen Gresik (Persero) untuk Tahun 2015 adalah seperti pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8** Rencana Penjualan Semen Tahun 2015

<b>Bulan</b>	<b>Rencana Penjualan (Dalam Ton)</b>
Januari	913.199,1762
Febuari	862.748,9562
Maret	975.078,792
April	909.389,8638
Mei	1.056.489,796
Juni	1.032.603,436
Juli	756.002,6922
Agustus	932.861,1042
September	1.044.839,509
Oktober	1.074.919,605
November	1.095.388,741
Desember	1.002.402,226

Prediksi *total annual cost* perusahaan PT. Semen Gresik (Persero) Tahun 2015 dapat dilihat pada Tabel 4.9.

**Tabel 4.9** *Total Annual Cost* Perusahaan

<b>Material</b>	<b>Total Annual Cost</b>
Batu Kapur	Rp 2.841.131.450.000
Tanah Liat	Rp 659.725.292.600
Pasir Besi	Rp 127.632.366.700
Silika	Rp 8.741.942.923

Adapun perbandingan *total annual cost* perusahaan dengan *total annual cost* EOQ dapat dilihat pada Tabel 4.10.

**Tabel 4.10** Perbandingan TAC perusahaan dan TAC metode EOQ

<b>TAC Perusahaan</b>	<b>TAC Metode EOQ</b>	<b>Selisih</b>
Rp 2.841.131.450.000	Rp 2.813.154.213.039,436	Rp 27.977.236.960,564
Rp 659.725.292.600	Rp 653.237.735.777,53	Rp 6.487.556.822,47
Rp 127.632.366.700	Rp 126.381.771.601,34	Rp 1.250.595.098,66
Rp 8.741.942.923	Rp 8.668.443.865,811	Rp 73.499.057,189

Dengan menggunakan metode EOQ yang optimal terjadi penurunan total biaya persediaan sebesar 0,98% untuk material batu kapur, 0,98% untuk material tanah liat, 0,97% untuk material pasir besi, dan 0,84% untuk material silika. Sehingga secara keseluruhan semua material mengalami rata-rata penurunan total biaya persediaan sebesar 0,94%.

## BAB V PENUTUP

Dari hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Prediksi kebutuhan material untuk Tahun 2015 adalah material batu kapur sebesar 8.655.826,768 ton, material tanah liat sebesar 2.308.220,471 ton, material pasir besi 346.233,0707 ton, dan material silika sebesar 115.411,0236 ton.
2. Jumlah pemesanan material yang optimal untuk material batu kapur sebesar 322.821 ton, material tanah liat sebesar 58.259 ton, material pasir besi sebesar 9.323 ton, dan material silika sebesar 3.696 ton.
3. Titik pemesanan kembali untuk material batu kapur sebesar 604.031 ton, material tanah liat sebesar 159.501 ton, material pasir besi 7.804 ton, dan material silika sebesar 8.044 ton.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chalouiss (2012). “**Pengertian dan Bentuk Perusahaan atau Badan Usaha**”.  
<http://chalouiss.blogspot.com/2012/09/pengertian-dan-bentuk-perusahaan-atau.html>. Diakses pada tanggal 28-01-2015 pukul 21.30 WIB.
- [2] Siagian, P. (1987). “**Penelitian Operasional, Teori dan Praktek**”. UI-Press, Jakarta.
- [3] Ristono, Agus. (2009). “**Manajemen Persediaan**”. Edisi Pertama. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [4] Prasetyo, A. T. (2011). “**Perencanaan dan Pengendalian Persediaan Komponen dengan Menggunakan Metode EOQ pada C. V. Sinar Baja Electric**”. Thesis-Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [5] Dewi, Andina. (2014). “**Perencanaan Pengendalian Persediaan Bahan Baku Pupuk NPK dengan Menggunakan Model *Economic Order Quantity* (Studi kasus: PT. Petrokimia Gresik)**”. Tugas Akhir-Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [6] Schwarz L. B. (2008). “**The Economic Order-Quantity**”. Universitas Purdue, Indiana.
- [7] Makridakis, S., Steven C. Wheelwright, and Victor E. McGee. (1999). “**Metode dan Aplikasi Peramalan**”. Edisi kedua. Binarupa Aksara, Jakarta.
- [8] Wei, W.S. (2006). “**Time Series Analysis Univariate dan Multivariate Methods**”. Pearson Education Inc.: Amerika.

- [9] Aswi dan Sukarna. (2006). “**Analisis Deret Waktu:Teori dan Aplikasi**”. Andira Publisher: Makasar.
- [10] Baroto, Teguh.(2002). “**Perencanaan dan Pengendalian Produksi**”. Edisi Pertama. Ghalia Indonesia, Yogyakarta.
- [11] Tersine, Richard J.(1994). “**Principles of Inventory and Materials Management**”.Fourth Edition, Prentice-Hall, New Jersey.

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Hal</b>
<b>LAMPIRAN 1</b> Data Penjualan Semen di PT. Semen Gresik (Persero)	53
<b>LAMPIRAN 2</b> <i>Diagnostic Check</i> Pada Penetapan Model Sementara	54
<b>LAMPIRAN 3</b> <i>Diagnostic Check</i> pada <i>Overfitting</i> Model ARIMA	56
<b>LAMPIRAN 4</b> Biaya-Biaya Persediaan	64
<b>LAMPIRAN 5</b> Rancangan Sistem Persediaan dan Pengujian Distribusi Normal Kebutuhan Material	68
<b>LAMPIRAN 6</b> EOQ , <i>Reorder Point</i> , dan <i>Total Annual Cost</i>	72

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LAMPIRAN 1

### Data Penjualan Semen PT. Semen Gresik (Persero)

Tahun	Bulan					
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
2009	609.681,83	505.362,42	587.745,85	608.054,88	635.489,12	644.598,12
	Jul	Agus	Sept	Okt	Nov	Des
	687.388,68	764.795,54	764.795,54	839.229,40	766.347,66	738.801,78
2010	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
	581.211,60	512.304,59	591.937,01	554.865,58	588.025,69	617.884,53
	Jul	Agus	Sept	Okt	Nov	Des
678.487,73	694.004,11	458.799,44	709.329,73	605.962,35	711.319,55	
2011	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
	618.194,07	583.760,94	625.880,25	622.105,90	693.721,14	698.036,28
	Jul	Agus	Sept	Okt	Nov	Des
711.167,48	583.175,01	665.949,68	871.013,73	768.658,98	727.571,81	
2012	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
	662.569,31	637.187,38	701.204,95	706.246,95	785.403,20	730.863,67
	Jul	Agus	Sept	Okt	Nov	Des
859.525,13	633.977,51	909.722,71	917.458,71	923.345,85	877.431,07	
2013	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
	875.890,70	795.032,42	857.852,95	827.092,24	895.809,66	899.450,27
	Jul	Agus	Sept	Okt	Nov	Des
981.104,16	617.691,83	1.031.191,67	1.053.573,18	1.006.234,30	1.000.040,91	
2014	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
	895.293,31	845.832,31	955.959,60	891.558,69	1.035.774,31	1.012.356,31
	Jul	Agus	Sept	Okt	Nov	Des
741.179,11	914.569,71	1.024.352,46	1.053.842,75	1.073.910,53	982.747,28	
2015	Jan	Feb	Mar	Apr		
	1.029.611,93	901.990,60	902.267,35	890.295,98		

## LAMPIRAN 2

*Diagnostic Check* Pada Penetapan Model Sementara ARIMA  
 ((1)[11],1,[1][12][13])

### 1. Uji Signifikan Parameter

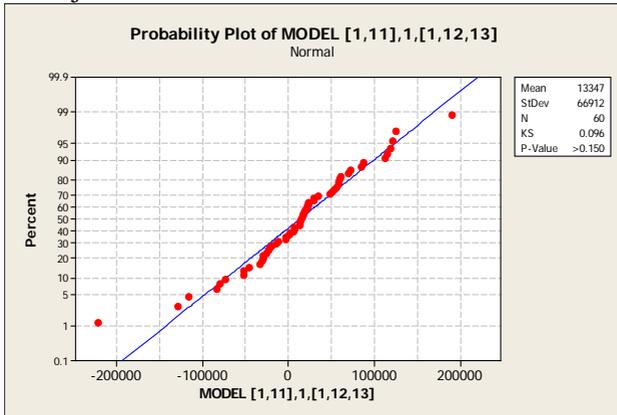
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	-0.025032	0.151169	-0.165589	0.8691
AR(11)	0.371262	0.130370	2.847764	0.0062
MA(1)	-0.796584	0.105748	-7.532820	0.0000
MA(12)	0.863453	0.032181	26.83106	0.0000
MA(13)	-0.684587	0.086957	-7.872737	0.0000
R-squared	0.709266	Mean dependent var	4065.750	
Adjusted R-squared	0.688122	S.D. dependent var	126580.8	
S.E. of regression	70690.42	Akaike info criterion	25.24966	
Sum squared resid	2.75E+11	Schwarz criterion	25.42419	
Log likelihood	-752.4899	Hannan-Quinn criter.	25.31793	
Durbin-Watson stat	2.230814			

### 2. Uji White Noise

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.182	-0.182	2.0823	
		2	-0.049	-0.085	2.2387	
		3	-0.076	-0.106	2.6169	
		4	-0.099	-0.147	3.2684	
		5	0.119	0.058	4.2209	
		6	0.186	0.210	6.6093	0.010

## LAMPIRAN 2.... Lanjutan

### 3. Uji Normal



### LAMPIRAN 3

#### Diagnostic Check pada Overfitting Model ARIMA

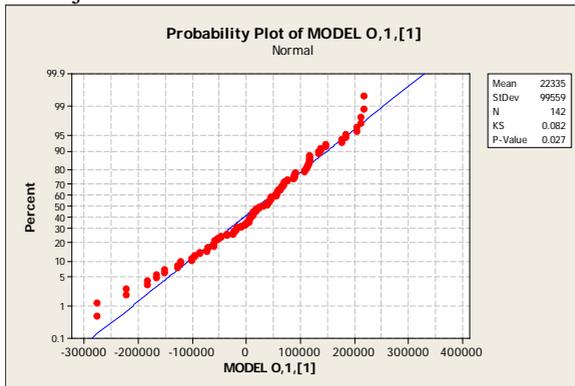
##### 1. Uji Signifikan Parameter model ARIMA ([0],1,[1])

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MA(1)	-0.758227	0.078739	-9.629602	0.0000
R-squared	0.360957	Mean dependent var		5254.437
Adjusted R-squared	0.360957	S.D. dependent var		128113.6
S.E. of regression	102414.2	Akaike info criterion		25.92542
Sum squared resid	7.34E+11	Schwarz criterion		25.95729
Log likelihood	-919.3525	Hannan-Quinn criter.		25.93810
Durbin-Watson stat	1.975099			
Inverted MA Roots	.76			

##### 2. Uji White Noise

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.049	-0.049	0.1793	
		2	-0.046	-0.048	0.3361	0.562
		3	-0.173	-0.178	2.6079	0.271
		4	-0.076	-0.101	3.0547	0.383
		5	0.080	0.052	3.5541	0.470
		6	0.063	0.033	3.8699	0.568

##### 3. Uji Normal



## LAMPIRAN 3....Lanjutan

### 1. Uji Signifikan Model ARIMA ([0],1,[1][12][13])

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MA(1)	-0.806468	0.073182	-11.02002	0.0000
MA(12)	0.853458	0.034865	24.47867	0.0000
MA(13)	-0.685089	0.070277	-9.748342	0.0000

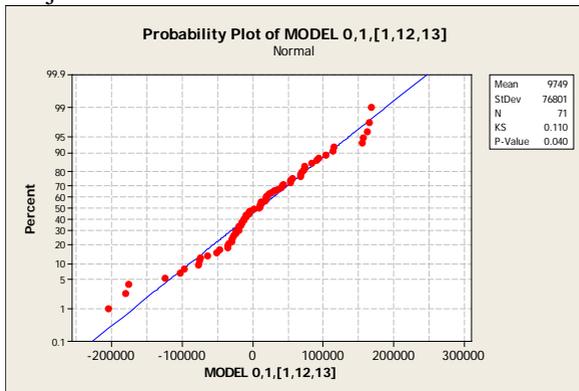
  

R-squared	0.634760	Mean dependent var	5254.437
Adjusted R-squared	0.624018	S.D. dependent var	128113.6
S.E. of regression	78555.93	Akaike info criterion	25.42234
Sum squared resid	4.20E+11	Schwarz criterion	25.51795
Log likelihood	-899.4932	Hannan-Quinn criter.	25.46036
Durbin-Watson stat	2.028696		

### 2. Uji White Noise

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	-0.073	-0.073	0.3946
		2	-0.079	-0.084	0.8576
		3	-0.050	-0.063	1.0473
		4	-0.088	-0.106	1.6499 0.199
		5	0.169	0.147	3.8922 0.143
		6	0.096	0.106	4.6219 0.202

### 3. Uji Normal



## LAMPIRAN 3....Lanjutan

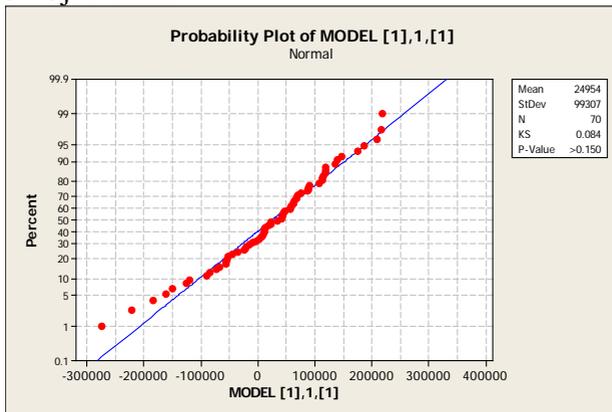
### 1. Uji Signifikan Model ARIMA ([1],1[1])

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	0.021494	0.157984	0.136052	0.8922
MA(1)	-0.774070	0.098324	-7.872672	0.0000
R-squared	0.363042	Mean dependent var	6819.786	
Adjusted R-squared	0.353675	S.D. dependent var	128352.9	
S.E. of regression	103188.5	Akaike info criterion	25.95466	
Sum squared resid	7.24E+11	Schwarz criterion	26.01890	
Log likelihood	-906.4130	Hannan-Quinn criter.	25.98018	
Durbin-Watson stat	1.998658			

### 2. Uji White Noise

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.064	-0.064	0.3030	
		2	-0.036	-0.041	0.4005	
		3	-0.165	-0.171	2.4510	0.117
		4	-0.070	-0.098	2.8200	0.244
		5	0.092	0.066	3.4746	0.324
		6	0.084	0.064	4.0349	0.401

### 3. Uji Normal



## LAMPIRAN 3....Lanjutan

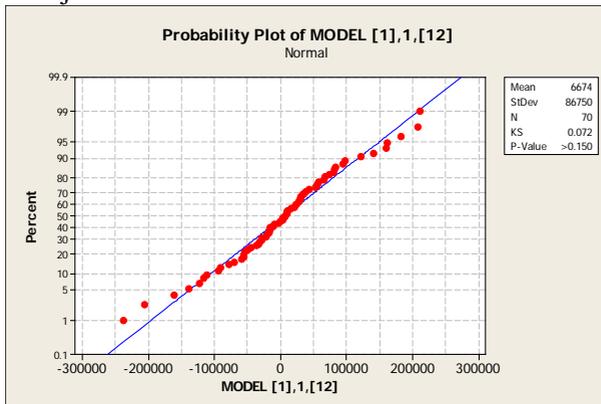
### 1. Uji Signifikan Model ARIMA ([1],1[12])

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	-0.501723	0.105940	-4.735922	0.0000
MA(12)	0.852736	0.028707	29.70471	0.0000
R-squared	0.540451	Mean dependent var	6819.786	
Adjusted R-squared	0.533693	S.D. dependent var	128352.9	
S.E. of regression	87647.95	Akaike info criterion	25.62820	
Sum squared resid	5.22E+11	Schwarz criterion	25.69244	
Log likelihood	-894.9870	Hannan-Quinn criter.	25.65372	
Durbin-Watson stat	2.326767			

### 2. Uji White Noise

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.174	-0.174	2.2153	
		2 -0.330	-0.372	10.299	
		3 -0.046	-0.227	10.461	0.001
		4 -0.116	-0.393	11.496	0.003
		5 0.227	-0.052	15.479	0.001
		6 0.153	0.024	17.329	0.002

### 3. Uji Normal



## LAMPIRAN 3....Lanjutan

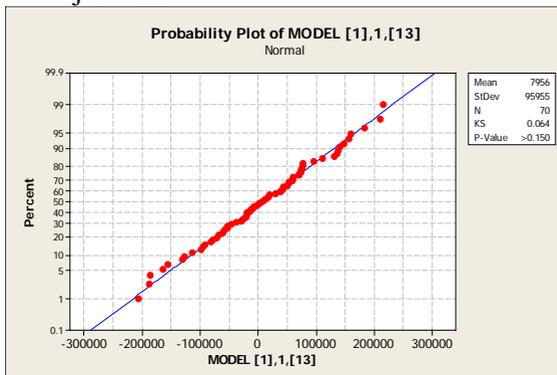
### 1. Uji Signifikan Model ARIMA ([1],1,[13])

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	-0.315105	0.117080	-2.691372	0.0089
MA(13)	-0.844626	0.032588	-25.91827	0.0000
R-squared	0.437218	Mean dependent var	6819.786	
Adjusted R-squared	0.428942	S.D. dependent var	128352.9	
S.E. of regression	96994.21	Akaike info criterion	25.83085	
Sum squared resid	6.40E+11	Schwarz criterion	25.89509	
Log likelihood	-902.0796	Hannan-Quinn criter.	25.85636	
Durbin-Watson stat	2.030484			

### 2. Uji White Noise

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.026	-0.026	0.0512	
		2	-0.089	-0.090	0.6412	
		3	-0.149	-0.156	2.3206	0.128
		4	-0.194	-0.220	5.1807	0.075
		5	0.180	0.138	7.6968	0.053
		6	0.127	0.089	8.9700	0.062

### 3. Uji Normal



## LAMIRAN 3....Lanjutan

### 1. Uji Normal Model ARIMA ([11],1,[1])

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(11)	0.266434	0.123374	2.159575	0.0350
MA(1)	-0.797887	0.078903	-10.11227	0.0000

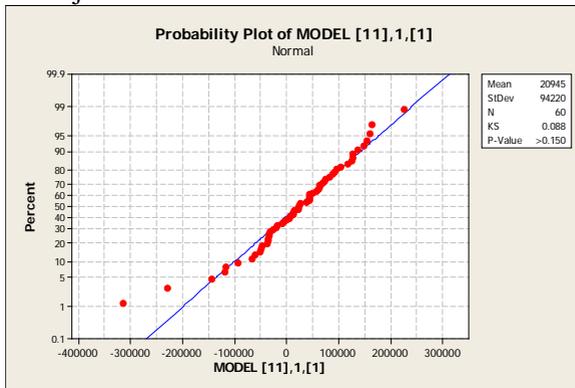
  

R-squared	0.418104	Mean dependent var	4065.750
Adjusted R-squared	0.408072	S.D. dependent var	126580.8
S.E. of regression	97387.35	Akaike info criterion	25.84355
Sum squared resid	5.50E+11	Schwarz criterion	25.91336
Log likelihood	-773.3064	Hannan-Quinn criter.	25.87085
Durbin-Watson stat	2.215003		

### 2. Uji White Noise

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.166	-0.166	1.7383	
		2	0.038	0.011	1.8324	
		3	-0.189	-0.186	4.1694	0.041
		4	-0.032	-0.099	4.2382	0.120
		5	0.092	0.079	4.8069	0.186
		6	0.146	0.152	6.2822	0.179

### 3. Uji Normal



## LAMPIRAN 3....Lanjutan

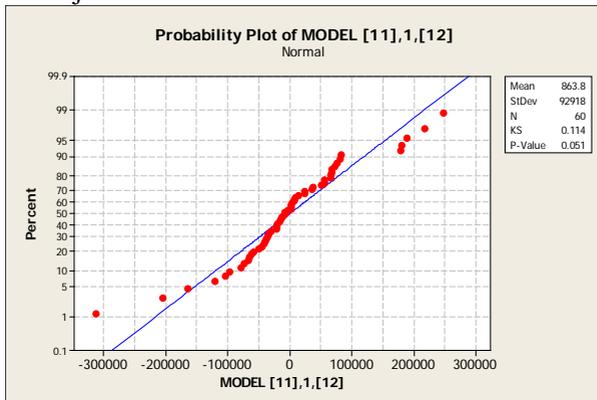
### 1. Uji Signifikan Model ARIMA ([11],1,[12])

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(11)	0.423571	0.145073	2.919719	0.0050
MA(12)	0.888017	0.027433	32.37077	0.0000
R-squared	0.461102	Mean dependent var		4065.750
Adjusted R-squared	0.451811	S.D. dependent var		126580.8
S.E. of regression	93720.20	Akaike info criterion		25.76678
Sum squared resid	5.09E+11	Schwarz criterion		25.83659
Log likelihood	-771.0034	Hannan-Quinn criter.		25.79409
Durbin-Watson stat	3.134986			

### 2. Uji White Noise

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.568	-0.568	20.331	
		2 0.097	-0.333	20.928	
		3 -0.002	-0.197	20.929	0.000
		4 -0.111	-0.307	21.742	0.000
		5 0.073	-0.300	22.099	0.000
		6 0.163	0.069	23.931	0.000

### 3. Uji Normal



## LAMPIRAN 3....Lanjutan

### 1. Uji Signifikan Model ARIMA ([11],1,[1][12][13])

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(11)	0.422301	0.128588	3.284141	0.0018
MA(1)	-0.804085	0.078017	-10.30651	0.0000
MA(12)	0.873303	0.029905	29.20241	0.0000
MA(13)	-0.716928	0.071981	-9.960003	0.0000

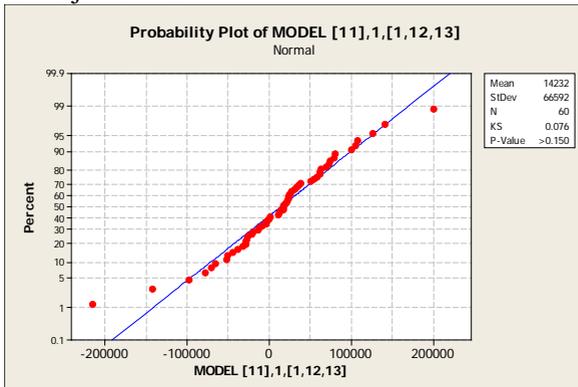
  

R-squared	0.710382	Mean dependent var	4065.750
Adjusted R-squared	0.694867	S.D. dependent var	126580.8
S.E. of regression	69921.85	Akaike info criterion	25.21248
Sum squared resid	2.74E+11	Schwarz criterion	25.35211
Log likelihood	-752.3745	Hannan-Quinn criter.	25.26710
Durbin-Watson stat	2.258012		

### 2. Uji White Noise

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.206	-0.206	2.6674	
		2	-0.019	-0.064	2.6911	
		3	-0.060	-0.081	2.9237	
		4	-0.093	-0.131	3.4969	
		5	0.115	0.063	4.3869	0.036
		6	0.182	0.221	6.6794	0.035

### 3. Uji Normal



## LAMPIRAN 4

### Biaya-Biaya Persediaan

#### **A. Biaya Pembelian (*Purchased Cost*)**

1. Harga untuk material batu kapur adalah sebesar Rp. 325.000,00 untuk 1 ton.
2. Harga untuk material tanah liat adalah sebesar Rp. 283.000,00 untuk 1 ton.
3. Harga untuk material pasir besi adalah sebesar Rp. 365.000,00 untuk 1 ton.
4. Harga untuk material silika adalah sebesar Rp 75.000,00 untuk 1 ton.

#### **B. Biaya Pemesanan (*Order Cost*)**

1. Biaya Telepon / Komunikasi  
(diambil dari [www.c4.telkom.co.id](http://www.c4.telkom.co.id))  
Mengikuti tarif telkom zona 1 (30-200 km) sebesar Rp 1.100,00 .  
Asumsikan untuk sekali menelpon membutuhkan waktu 5 menit dan untuk melakukan pesanan membutuhkan dua kali telepon, sehingga biaya komunikasinya:  
 $= \text{dua kali telepon} \times 5 \text{ menit} \times \text{Rp } 1.100,00 = \text{Rp } 11.000,00$
2. Biaya Administrasi  
Biaya administrasi meliputi kertas, fotokopi, 2 materai dan juga print susah ditentukan maka diasumsikan Rp. 19.000,00
3. Biaya Tenaga Kerja  
Staff pembelian material 1 orang.  
Biaya Tenaga pembeli material 1 orang  $\times$  Rp. 6.500.000,00  
 $= \text{Rp } 6.500.000,00$   
Biaya Masa aktif kerja 22 hari  $= \text{Rp } 6.500.000,00 : 22 \text{ hari}$   
 $= \text{Rp. } 295.454,545 \approx \text{Rp. } 300.000,00$   
Waktu yang dipakai untuk melakukan pesanan diasumsikan rata-rata 30 menit. Maka biaya tenaga untuk sekali melakukan pesanan adalah Rp. 300.000 : 8 jam kerja

## LANJUTAN 4....Lanjutan

$$= 37.500 \text{ per jam} \cdot \text{sehingga total biaya order cost } 37.500 : 2 = 18.750,00$$

= Biaya Komunikasi + Biaya Administrasi + Biaya Tenaga Kerja

$$= \text{Rp } 11.000,00 + \text{Rp } 19.000 + \text{Rp } 18.750 = \text{Rp } 48.750,00$$

### **C. Biaya Penyimpanan ( *Holding Cost* )**

Terdiri dari biaya tenaga kerja di gudang

1. Biaya 2 orang outsourcing gudang

$$= \text{Rp } 3.500.000,00 \times 2 = \text{Rp } 7.000.000,00$$

2. Biaya 3 orang petugas keamanan gudang

$$= \text{Rp } 4.000.000 \times 3 = \text{Rp } 12.000.000,00$$

Total biaya tenaga kerja di gudang = 7.000.000 + 12.000.000

= Rp. 12.700.000,00 . untuk 1 tahun maka biaya tenaga kerja di gudang adalah Rp. 12.700.000,00 x 12 bulan : Rp 152.400.000,00

Menghitung nilai holding cost dibedakan berdasarkan material.

- Material batu kapur dihitung kebutuhan material selama 1 tahun (8.655.826,768 ton).

Sehingga nilai holding cost untuk material batu kapur adalah

$$= \frac{\text{Rp } 152.400.000.000}{8.655.826,768} = \text{Rp } 17,6066302 \approx \text{Rp } 18.$$

- Material tanah liat dihitung kebutuhan material selama 1 tahun (2.308.220,471ton).

Sehingga nilai holding cost untuk material tanah liat adalah

$$= \frac{\text{Rp } 152.400.000.000}{2.308.220,471} = \text{Rp } 66,02488882 \approx \text{Rp } 66.$$

- Material pasir besi dihitung kebutuhan material selama 1 tahun (346.233,0707ton).

Sehingga nilai holding cost untuk material pasir besi adalah

$$= \frac{\text{Rp } 152.400.000.000}{346.233,0707} = \text{Rp } 440,1659255 \approx \text{Rp } 440.$$

## LAMPIRAN 4....Lanjutan

- Material silika dihitung kebutuhan material selama 1 tahun (115.411,0236 ton).

Sehingga nilai holding cost untuk material silika adalah  
$$= \frac{Rp\ 152.400.000.000}{115.411,0236} = Rp\ 1.320,497776 \approx Rp\ 1.320.$$

### **D. Biaya Kekurangan Persediaan (*Stockout Cost*)**

Biaya kekurangan bahan atau *shortage costs* yaitu biaya yang harus dikeluarkan sebagai konsekuensi kekurangan atau kelangkaan persediaan. Mulyono (2002) menyatakan, *shortage* atau *stockout costs* tercipta jika terdapat permintaan yang tak dapat dipenuhi karena kekosongan persediaan. Termasuk dalam kelompok ini adalah ketidakpuasan konsumen dan potensi keuntungan yang tak terealisasi. Sangat sulit memperkirakan *shortage costs*, sebagai gantinya dilakukan perkiraan subjektif.

Laba Tahun 2014 sebesar Rp 26.987.000.000.000 dengan kebutuhan semen Tahun 2014 sebesar 11.427.376,59 ton. Sehingga estimasi keuntungan kebutuhan material adalah Rp 2.361.609,40.

Estimasi laba tiap material adalah

#### 1. Kebutuhan material batu kapur

= estimasi keuntungan kebutuhan material x komposisi  
= Rp 2.361.609,40 x 0,75 = Rp 1.771.207,05

Jadi apabila tidak ada satu ton saja material batu kapur, maka PT. Semen Gresik akan kehilangan keuntungan sebesar Rp 1.771.207,05  $\approx$  Rp 1.771.207.

#### 2. Kebutuhan material tanah liat

= estimasi keuntungan kebutuhan material x komposisi  
= Rp 2.361.609,40 x 0,20 = Rp 472.321,88

Jadi apabila tidak ada satu ton saja material tanah liat, maka PT. Semen Gresik akan kehilangan keuntungan sebesar Rp 472.321,88  $\approx$  Rp 472.322.

#### LAMPIRAN 4....Lanjutan

3. Kebutuhan material pasir besi

= estimasi keuntungan kebutuhan material x komposisi

= Rp 2.361.609,40 x 0,03 = Rp 70.848,28

Jadi apabila tidak ada satu ton saja material pasir besi, maka PT. Semen Gresik akan kehilangan keuntungan sebesar Rp70.848.

4. Kebutuhan material silika

= estimasi keuntungan kebutuhan material x komposisi

= Rp 2.361.609,40 x 0,01 = Rp 23.616,09

Jadi apabila tidak ada satu ton saja material silika, maka PT. Semen Gresik akan kehilangan keuntungan sebesar Rp 23.616.

## LAMPIRAN 5

### Rancangan Sistem Persediaan dan Pengujian Distribusi Normal Kebutuhan Material

#### A. Data Kebutuhan Material

##### 1. Material Tanah Liat

No	Kebutuhan material (TON)
1	41.641,01
2	29.453,11
3	67.628,01
4	74.041,81
5	75.649,54
6	86.856,58
7	85.619,49
8	90.827,19
9	64.290,98
10	63.604,05
11	90.443,76
Total	770.055,53

Pengujian Distribusi Normal untuk kebutuhan material tanah liat selama waktu tunggu ( $x$ ) adalah sebagai berikut:

Hipotesis :

$H_0 : F(x) = F_0(x)$  untuk  $x$  berdistribusi normal

$H_1 : F(x) \neq F_0(x)$  untuk  $x$  tidak berdistribusi normal

Statistik uji:

$$D_{hitung} = \sup_x |S(x) - F_0(x)| \\ = 0,192$$

$$D_{(0.05;8)} = 0,41006$$

## LAMPIRAN 5....Lanjutan

Dengan  $\alpha = 5\%$ ,  $D_{hitung} < D_{(0.05;11)}$  maka  $H_0$  diterima, artinya residual model berdistribusi normal dengan rata-rata 70.005 dan standar deviasi 19.888.

### 2. Material Pasir Besi

No	Kebutuhan material (TON)
1	440,32
2	971,8
3	751,17
4	409,71
5	715,17
6	3.537,57
7	4.637,57
8	3929.78
9	2.819,46
10	776,05
Total	18.988,6

Pengujian Distribusi Normal untuk kebutuhan material pasir besi selama waktu tunggu ( $x$ ) adalah sebagai berikut:

Hipotesis :

$H_0 : F(x) = F_0(x)$  untuk  $x$  berdistribusi normal

$H_1 : F(x) \neq F_0(x)$  untuk  $x$  tidak berdistribusi normal

Statistik uji:

$$\begin{aligned} D_{hitung} &= \sup_x |S(x) - F_0(x)| \\ &= 0,314 \end{aligned}$$

## LAMPIRAN 5....Lanjutan

$$D_{(0.05;8)} = 0,43007$$

Dengan  $\alpha = 5\%$ ,  $D_{hitung} < D_{(0.05;10)}$  maka  $H_0$  diterima, artinya residual model berdistribusi normal dengan rata-rata 1.898 dan standar deviasi 1.645.

### 3. Material Silika

No	Kebutuhan material (TON)
1	584,35
2	1.154,9
3	570,429
4	1.200,75
5	887,04
6	1.358,61
7	4.016,83
8	2.168,09
9	2.266,42
10	1.715,64
11	2.038,39
12	8.188,54
13	1.481,31
Total	27.631,299

Pengujian Distribusi Normal untuk kebutuhan material silika selama waktu tunggu ( $x$ ) adalah sebagai berikut:

Hipotesis :

$H_0 : F(x) = F_0(x)$  untuk  $x$  berdistribusi normal

$H_1 : F(x) \neq F_0(x)$  untuk  $x$  tidak berdistribusi normal

## LAMPIRAN 5...Lanjutan

Statistik uji:

$$\begin{aligned} D_{hitung} &= \sup_x |S(x) - F_0(x)| \\ &= 0,319 \end{aligned}$$

$$D_{(0.05;8)} = 0,37720$$

Dengan  $\alpha = 5\%$ ,  $D_{hitung} < D_{(0.05;13)}$  maka  $H_0$  diterima, artinya residual model berdistribusi normal dengan rata-rata 2.125 dan standar deviasi 2.034.

## LAMPIRAN 6

EOQ , *Reorder Point*, dan *Total Annual Cost*

### 1. Material Tanah Liat

$$P = \text{Rp } 283.000$$

$$H = \text{Rp } 66$$

$$C = \text{Rp } 48.750$$

$$A = \text{Rp } 472.322$$

$$R = 2.308.220,471$$

$$\mu = 70.005$$

$$\sigma = 19.888$$

Untuk iterasi pertama

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2CR}{H}}$$
$$Q_1 = \sqrt{\frac{2 \times 48.750 \times 2.308.220,471}{66}}$$
$$= 58.394,10202$$

Langkah selanjutnya adalah menentukan titik pemesanan kembali yang didefinisikan sebagai

$$\int_B^{\infty} f(M)dM = \frac{HQ_1}{AR}$$
$$= \frac{66 \times 58.394,10202}{472.322 \times 2.308.220,471}$$
$$= 0,0000035$$

Dimana  $f(M)$  adalah fungsi kepadatan probabilitas terhadap kebutuhan material selama waktu tunggu dengan rata-rata 70005 dan standar deviasi 19888 yang selanjutnya dapat dilihat sebagai berikut:

$$\frac{B_1 - \mu}{\sigma} = Z$$

LAMPIRAN 6...Lanjutan

$$\frac{B_1 - 70.005}{19.888} = 4,50$$

$$B_1 = 159.501$$

Untuk ekspektasi kekurangan persediaannya adalah sebagai berikut:

$$E(M > B_1) = \sigma f\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - B)g\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right)$$

$$= 19.888 \times 0,00002 + (70.005 - 159.501) \times 0,0000035$$

$$= 0,084524$$

Untuk iterasi kedua

$$Q_2 = \sqrt{\frac{2R[C + AE(M > B_1)]}{H}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 2.308.220,471 [48.750 + 472.322 \times 0,3639504]}{66}}$$

$$= 78.754,65988$$

Dengan cara yang sama seperti yang dilakukan pada iterasi pertama maka

$$\int_B^{\infty} f(M) dM = \frac{HQ_2}{AR}$$

$$= \frac{66 \times 78.754,65988}{472.322 \times 2.308.220,471}$$

$$= 0,0000048$$

$$\frac{B_2 - \mu}{\sigma} = Z$$

$$\frac{B_2 - 70.005}{19.888} = 4,43$$

$$B_2 = 158.108,84$$

Untuk ekspektasi kekurangan persediaannya adalah sebagai berikut

LAMPIRAN 6...Lanjutan

$$\begin{aligned}
 E(M > B_2) &= \sigma f\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - B)g\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) \\
 &= 19.888 \times (0,00002) \\
 &\quad + (70.005 - 158.108,84) \times 0,0000048 \\
 &= -0,025138432
 \end{aligned}$$

Untuk iterasi ketiga

$$\begin{aligned}
 Q_3 &= \sqrt{\frac{2R[C + AE(M > B_2)]}{H}} \\
 &= \sqrt{\frac{2 \times 2.308.220,471 [48.750 + 472.322 \times (-0,025138432)]}{66}} \\
 &= 50.787,50844
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti yang dilakukan pada iterasi pertama maka

$$\begin{aligned}
 \int_B^{\infty} f(M) dM &= \frac{HQ_3}{AR} \\
 &= \frac{66 \times 50.787,50844}{472.322 \times 2.308.220,471} \\
 &= 0,0000030
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{B_3 - \mu}{\sigma} &= Z \\
 \frac{B_3 - 70.005}{19.888} &= 4,53 \\
 B_3 &= 160.097,64
 \end{aligned}$$

Untuk ekspektasi kekurangan persediaannya adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 E(M > B_3) &= \sigma f\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - B)g\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) \\
 &= 19.888 \times 0,00001 \\
 &\quad + (70.005 - 160.097,64) \times 0,0000030 \\
 &= -0,07139792
 \end{aligned}$$

## LAMPIRAN 6....Lanjutan

Untuk iterasi keempat

$$\begin{aligned} Q_4 &= \sqrt{\frac{2R[C + AE(M > B_3)]}{H}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 2.308.220,471 [48.750 + 472.322 \times (-0,07139792)]}{66}} \\ &= 32.420,56556 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti yang dilakukan pada iterasi pertama maka

$$\begin{aligned} \int_B^{\infty} f(M)dM &= \frac{HQ_4}{AR} \\ &= \frac{66 \times 32.420,56556}{472.322 \times 2.308.220,471} \\ &= 0,0000019 \end{aligned}$$

$$\frac{B_4 - \mu}{\sigma} = Z$$

$$\frac{B_4 - 70.005}{19.888} = 4,62$$

$$B_4 = 161.887,56$$

Untuk ekspektasi kekurangan persediaannya adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} E(M > B_4) &= \sigma f\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - B)g\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) \\ &= 19.888 \times 0,000009 \\ &\quad + (70.005 - 161.887,56) \times 0,0000019 \\ &= 0,004415136 \end{aligned}$$

Untuk iterasi kelima

$$Q_5 = \sqrt{\frac{2R[C + AE(M > B_4)]}{H}}$$

LAMPIRAN 6....Lanjutan

$$= \sqrt{\frac{2 \times 2.308.220,471 [48.750 + 472.322 \times 0,004415136]}{66}}$$

$$= 59.629,97826$$

Dengan cara yang sama seperti yang dilakukan pada iterasi pertama maka

$$\int_B^{\infty} f(M) dM = \frac{HQ_5}{AR}$$

$$= \frac{66 \times 59.629,97826}{472.322 \times 2.308.220,471}$$

$$= 0,0000036$$

$$\frac{B_5 - \mu}{\sigma} = Z$$

$$\frac{B_5 - 70.005}{19.888} = 4,49$$

$$B_5 = 159.302,12$$

Untuk ekspektasi kekurangan persediaannya adalah sebagai berikut

$$E(M > B_5) = \sigma f\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - B)g\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right)$$

$$= 19.888 \times 0,000017$$

$$+ (70.005 - 159.302,12) \times 0,0000036$$

$$= 0,016626368$$

Untuk iterasi keenam

$$Q_6 = \sqrt{\frac{2R[C + AE(M > B_5)]}{H}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 2.308.220,471 [48.750 + 472.322 \times 0,016626368]}{66}}$$

$$= 62.921,83749$$

## LAMPIRAN 6...Lanjutan

Dengan cara yang sama seperti yang dilakukan pada iterasi pertama maka

$$\begin{aligned}\int_B^{\infty} f(M)dM &= \frac{HQ_6}{AR} \\ &= \frac{66 \times 62.921,83749}{472.322 \times 2.308.220,471} \\ &= 0,0000038\end{aligned}$$

$$\frac{B_6 - \mu}{\sigma} = Z$$

$$\frac{B_6 - 70.005}{19.888} = 4,48$$

$$B_6 = 159.103,24$$

Untuk ekspektasi kekurangan persediaannya adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}E(M > B_6) &= \sigma f\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - B)g\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) \\ &= 19.888 \times 0,000017 \\ &\quad + (70.005 - 159.103,24) \times 0,0000038 \\ &= -0,000477312\end{aligned}$$

Untuk iterasi ketujuh

$$\begin{aligned}Q_7 &= \sqrt{\frac{2R[C + AE(M > B_6)]}{H}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 2.308.220,471 [48.750 + 472.322 \times (-0,000477312)]}{66}} \\ &= 58.258,92344\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti yang dilakukan pada iterasi pertama maka

$$\int_B^{\infty} f(M)dM = \frac{HQ_7}{AR}$$

## LAMPIRAN 6...Lanjutan

$$= \frac{66 \times 58.258,92344}{472.322 \times 2.308.220,471}$$

$$= 0,0000035$$

$$\frac{B_7 - \mu}{\sigma} = Z$$

$$\frac{B_7 - 70.005}{19.888} = 4,50$$

$$B_7 = 159.501$$

Untuk ekspektasi kekurangan persediaannya adalah sebagai berikut

$$E(M > B_7) = \sigma f\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - B)g\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right)$$

$$= 19.888 \times 0,00002$$

$$+ (70.005 - 159.501) \times 0,0000035$$

$$= 0,084524$$

Pada iterasi ketujuh dinyatakan sudah mencapai nilai optimal dikarenakan ekspektasi kekurangan persediaan tidak berubah dari iterasi pertama. Sehingga nilai  $Q = 58.258,92344$  ton  $\approx 58.259$  ton dan  $ROP = 159.501$  ton.

Untuk perhitungan *total annual cost* dihitung dengan:

$$TAC = (RP) + \left(\frac{R}{Q} [C + A \cdot E(M > B)]\right) + \left(H \left[\frac{Q}{2} + B - \bar{M}\right]\right)$$

$$= (2.308.220,471 \times 283.000)$$

$$+ \left(\frac{2.308.220,471}{58.259} \times [48.750$$

$$+ 472.322 \times 0,084524]\right)$$

$$+ \left(66 \left[\frac{58.259}{2} + 159.501 - 70.005\right]\right)$$

$$= Rp 653.237.735.777,53$$

## LAMPIRAN 6....Lanjutan

### 2. Material Pasir Besi

$$P = \text{Rp } 365.000$$

$$H = \text{Rp } 440$$

$$C = \text{Rp } 48.750$$

$$A = \text{Rp } 70848$$

$$R = 346.233,0707$$

$$\mu = 1.898$$

$$\sigma = 1.645$$

Untuk iterasi pertama

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2CR}{H}}$$

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2 \times 48.750 \times 346.233,0707}{440}}$$
$$= 8.759,115303$$

Tahapan selanjutnya adalah menentukan titik pemesanan kembali yang didefinisikan sebagai

$$\int_B^{\infty} f(M) dM = \frac{HQ_1}{AR}$$
$$= \frac{440 \times 8.759,115303}{70.848 \times 346.233,0707}$$
$$= 0,00015$$

Dimana  $f(M)$  adalah fungsi kepadatan probabilitas terhadap kebutuhan material selama waktu tunggu dengan rata-rata 1.898 dan standar deviasi 1.645 yang selanjutnya dapat dilihat sebagai berikut:

$$\frac{B_1 - \mu}{\sigma} = Z$$

$$\frac{B_1 - 1.898}{1.645} = 3,61$$

$$B_1 = 7.836,45$$

## LAMPIRAN 6...Lanjutan

Untuk ekspektasi kekurangan persediaannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E(M > B_1) &= \sigma f\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - B)g\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) \\ &= 1.645 \times 0,00059 + (1.898 - 7.836,45) \times 0,00015 \\ &= 0,0797825 \end{aligned}$$

Untuk iterasi kedua

$$\begin{aligned} Q_2 &= \sqrt{\frac{2R[C + AE(M > B_1)]}{H}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 346.233,0707 [48.750 + 70.848 \times 0,0797825]}{440}} \\ &= 9.252,989833 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti yang dilakukan pada iterasi pertama maka

$$\begin{aligned} \int_B^{\infty} f(M) dM &= \frac{HQ_2}{AR} \\ &= \frac{440 \times 9.252,989833}{70.848 \times 346.233,0707} \\ &= 0,00016 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{B_2 - \mu}{\sigma} &= Z \\ \frac{B_2 - 1.898}{1.645} &= 3,59 \\ B_2 &= 7.803,55 \end{aligned}$$

Untuk ekspektasi kekurangan persediaannya adalah sebagai berikut

$$E(M > B_2) = \sigma f\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - B)g\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right)$$

## LAMPIRAN 6...Lanjutan

$$\begin{aligned} &= 1.645 \times 0,00063 \\ &\quad + (1.898 - 7.803,55) \times 0,00016 \\ &= 0,091462 \end{aligned}$$

Untuk iterasi ketiga

$$\begin{aligned} Q_3 &= \sqrt{\frac{2R[C + AE(M > B_2)]}{H}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 346.233,0707 [48.750 + 70.848 \times 0,091462]}{440}} \\ &= 9.323,093954 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti yang dilakukan pada iterasi pertama maka

$$\begin{aligned} \int_B^{\infty} f(M) dM &= \frac{HQ_3}{AR} \\ &= \frac{440 \times 9.323,093954}{70.848 \times 346.233,0707} \\ &= 0,00016 \end{aligned}$$

$$\frac{B_3 - \mu}{\sigma} = Z$$

$$\frac{B_3 - 1.898}{1.645} = 3,59$$

$$B_3 = 7.803,55$$

Untuk ekspektasi kekurangan persediaannya adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} E(M > B_3) &= \sigma f\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - B)g\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) \\ &= 1.645 \times 0,00063 \\ &\quad + (1.898 - 7.803,55) \times 0,00016 \\ &= 0,091462 \end{aligned}$$

## LAMPIRAN 6...Lanjutan

Pada iterasi ketiga dinyatakan sudah mencapai nilai optimal dikarenakan ekspektasi kekurangan persediaan tidak berubah dari iterasi kedua. Sehingga nilai  $Q = 9.323,093954 \text{ ton} \approx 9.323 \text{ ton}$  dan  $ROP = 7.803,55 \text{ ton} \approx 7.804 \text{ ton}$

Untuk perhitungan *total annual cost* dihitung dengan:

$$\begin{aligned} TAC &= (RP) + \left( \frac{R}{Q} [C + AE(M > B)] \right) + \left( H \left[ \frac{Q}{2} + B - \bar{M} \right] \right) \\ &= (346.233,0707 \times 365.000) \\ &\quad + \left( \frac{346.233,0707}{9.323} \times [48.750 \right. \\ &\quad \left. + (70.848 \times 0,091462)] \right) \\ &\quad + \left( 440 \left[ \frac{9.323}{2} + 7.804 - 1.898 \right] \right) \\ &= \text{Rp } 126.381.771.601,34 \end{aligned}$$

### 3. Material Silika

$$P = \text{Rp } 75.000$$

$$H = \text{Rp } 1.320$$

$$C = \text{Rp } 48.750$$

$$A = \text{Rp } 23.616$$

$$R = 115.411,0236$$

$$\mu = 2.125$$

$$\sigma = 2.034$$

Untuk iterasi pertama

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2CR}{H}}$$

## LAMPIRAN 6...Lanjutan

$$\begin{aligned} Q_1 &= \sqrt{\frac{2 \times 48.750 \times 115.411,0236}{1.320}} \\ &= 2.919,705101 \end{aligned}$$

Langkah selanjutnya adalah menentukan titik pemesanan kembali yang didefinisikan sebagai

$$\begin{aligned} \int_B^{\infty} f(M)dM &= \frac{HQ_1}{AR} \\ &= \frac{1.320 \times 2.919,705101}{23.616 \times 115.411,0236} \\ &= 0,0014 \end{aligned}$$

Dimana  $f(M)$  adalah fungsi kepadatan probabilitas terhadap kebutuhan material selama waktu tunggu dengan rata-rata 2.125 dan standar deviasi 2.034 yang selanjutnya dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{B_1 - \mu}{\sigma} &= Z \\ \frac{B_1 - 2.125}{2.034} &= 2,99 \\ B_1 &= 8.206,66 \end{aligned}$$

Untuk ekspektasi kekurangan persediaannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E(M > B_1) &= \sigma f\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - B)g\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) \\ &= 2.034 \times 0,0046 + (2.125 - 8.206,66)(0,0014) \\ &= 0,842076 \end{aligned}$$

Untuk iterasi kedua

$$Q_2 = \sqrt{\frac{2R[C + AE(M > B_1)]}{H}}$$

LAMPIRAN 6...Lanjutan

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{2 \times 115.411,0236 [48.750 + 23.616 \times 0,842076]}{1.320}} \\
 &= 3.464,408842
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti yang dilakukan pada iterasi pertama maka

$$\begin{aligned}
 \int_B^{\infty} f(M) dM &= \frac{HQ_2}{AR} \\
 &= \frac{1.320 \times 3.464,408842}{23.616 \times 115.411,0236} \\
 &= 0,0016
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{B_2 - \mu}{\sigma} &= Z \\
 \frac{B_2 - 2.125}{2.034} &= 2,94 \\
 B_2 &= 8.104,96
 \end{aligned}$$

Untuk ekspektasi kekurangan persediaannya adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 E(M > B_2) &= \sigma f\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - B)g\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) \\
 &= 2.034 \times (0,0053) \\
 &\quad + (2.125 - 8.104,96) \times 0,0016 \\
 &= 1,212264
 \end{aligned}$$

Untuk iterasi ketiga

$$\begin{aligned}
 Q_3 &= \sqrt{\frac{2R[C + AE(M > B_2)]}{H}} \\
 &= \sqrt{\frac{2 \times 115.411,0236 [48.750 + 23.616 \times 1,212264]}{1.320}} \\
 &= 3.678,43214
 \end{aligned}$$

## LAMPIRAN 6...Lanjutan

Dengan cara yang sama seperti yang dilakukan pada iterasi kedua maka

$$\begin{aligned}\int_B^{\infty} f(M)dM &= \frac{HQ_3}{AR} \\ &= \frac{1.320 \times 3.678,43214}{23.616 \times 115.411,0236} \\ &= 0,0017\end{aligned}$$

$$\frac{B_3 - \mu}{\sigma} = Z$$

$$\frac{B_3 - 2.125}{2.034} = 2,92$$

$$B_3 = 8.064,28$$

Untuk ekspektasi kekurangan persediaannya adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}E(M > B_3) &= \sigma f\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - B)g\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) \\ &= 2.034 \times (0,0056) \\ &\quad + (2.125 - 8.064,28) \times 0,0017 \\ &= 1,293624\end{aligned}$$

Untuk iterasi keempat

$$\begin{aligned}Q_4 &= \sqrt{\frac{2R[C + AE(M > B_3)]}{H}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 115.411,0236 [48.750 + 23.616 \times 1,293624]}{1.320}} \\ &= 3.723,821772\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti yang dilakukan pada iterasi ketiga maka

$$\int_B^{\infty} f(M)dM = \frac{HQ_4}{AR}$$

LAMPIRAN 6...Lanjutan

$$= \frac{1.320 \times 3.723,821772}{23.616 \times 115.411,0236}$$

$$= 0,0018$$

$$\frac{B_4 - \mu}{\sigma} = Z$$

$$\frac{B_4 - 2.125}{2.034} = 2,91$$

$$B_4 = 8.043,94$$

Untuk ekspektasi kekurangan persediaannya adalah sebagai berikut

$$E(M > B_4) = \sigma f\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - B)g\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right)$$

$$= 2.034 \times (0,0058)$$

$$+ (2.125 - 8.043,94) \times 0,0018$$

$$= 1,143108$$

Untuk iterasi kelima

$$Q_5 = \sqrt{\frac{2R[C + AE(M > B_4)]}{H}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 115.411,0236 [48.750 + 23.616 \times 1,143108]}{1.320}}$$

$$= 3.639,405895$$

Dengan cara yang sama seperti yang dilakukan pada iterasi ketiga maka

$$\int_B^{\infty} f(M) dM = \frac{HQ_5}{AR}$$

$$= \frac{1.320 \times 3.639,405895}{23.616 \times 115.411,0236}$$

$$= 0,0018$$

$$\frac{B_5 - \mu}{\sigma} = Z$$

## LAMPIRAN 6...Lanjutan

$$\frac{B_5 - 2.125}{2.034} = 2,91$$
$$B_5 = 8.043,94$$

Untuk ekspektasi kekurangan persediaannya adalah sebagai berikut

$$E(M > B_5) = \sigma f\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - B)g\left(\frac{B - \mu}{\sigma}\right)$$
$$= 2.034 \times (0,0058) + (2.125 - 8.043,94) \times 0,0018$$
$$= 1,143108$$

Pada iterasi kelima dinyatakan sudah mencapai nilai optimal dikarenakan ekspektasi kekurangan persediaan tidak berubah dari iterasi keempat. Sehingga nilai  $Q = 3.639,405895 \text{ ton} \approx 3.639 \text{ ton}$  dan  $ROP = 8.043,94 \text{ ton} \approx 8.044 \text{ ton}$ .

Untuk perhitungan *total annual cost* dihitung dengan:

$$TAC = (RP) + \left(\frac{R}{Q}[C + AE(M > B)]\right) + \left(H\left[\frac{Q}{2} + B - \bar{M}\right]\right)$$
$$= (115.411,0236 \times 75.000) +$$
$$\left(\frac{115.411,0236}{3.639} \times [48.750 + (23.616 \times 1,143108)]\right)$$
$$+ \left(1.320 \left[\frac{3.639}{2} + 8.044 - 2.125\right]\right)$$
$$= \text{Rp } 8.668.443.865,811$$

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BIODATA PENULIS**



Penulis bernama lengkap Sahara Kautsar Harrisma yang lahir di Surabaya pada tanggal 20 Oktober 1992, merupakan putri dari Bapak Aris Zainuddin dan Ibu Hartini. Penulis merupakan putri kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri Pacar Keling V Surabaya, SMP Negeri 29 Surabaya, SMA Negeri 9 Surabaya. Setelah lulus dari pendidikan SMA Tahun 2011, penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Matematika FMIPA-ITS. Selama kuliah di ITS penulis aktif dibidang akademik maupun non akademik. Berperan aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Matematika (HIMATIKA) FMIPA-ITS sebagai staff perekonomian serta berperan aktif dalam unit kegiatan mahasiswa sepakbola ITS. Penulis memiliki pengalaman kerja praktek pada bulan Juli-Agustus 2014 di Badan Kepegawaian dan Diklat Pemerintah Kota Surabaya. Penulis dapat dihubungi melalui email [saharakautsar@gmail.com](mailto:saharakautsar@gmail.com) .

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*