



TESIS PM147501

**PENENTUAN BAURAN PRODUK *TIMER* UNTUK
MEMAKSIMALKAN KEUNTUNGAN MENGGUNAKAN
PEMROGRAMAN LINIER**

ANISSA PUTRI HARWIYANI
09211650014014

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Bobby Oedy P. Soepangkat, M.Sc., Ph.D.

**DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

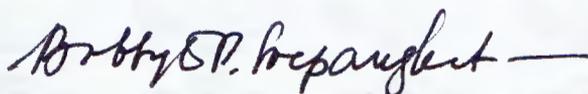
Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ANISSA PUTRI HARWIYANI
NRP. 09211650014014

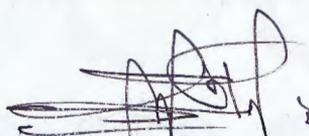
Tanggal Ujian : 19 Juli 2018
Periode Wisuda : September 2018

Disetujui oleh:



1. Ir. Bobby Oedy P. Soepangkat, M.Sc., Ph.D.
NIP. 1953 0516 1978 031001

(Pembimbing)



2. Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T.
NIP. 1963 1008 1990 021001

(Penguji)



3. Dr. Sutikno, S.Si., M.Si.
NIP. 1971 0313 1997 021001

(Penguji)

Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi,



Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc.
NIP. 1959 0318 1987 011001

PENENTUAN BAURAN PRODUK *TIMER* UNTUK MEMAKSIMALKAN KEUNTUNGAN MENGGUNAKAN PEMROGRAMAN LINIER

Nama Mahasiswa : Anissa Putri Harwiyani
NRP : 09211650014014
Dosen Pembimbing : Ir. Bobby Oedy P. Soepangkat, Msc., PhD

ABSTRAK

PT. X adalah perusahaan yang bergerak dibidang industri komponen elektronik yang memproduksi 60 jenis *timer*. Namun, hanya 10 jenis *timer* yang memberikan kontribusi sebesar 80% dari total penjualan. Data penjualan perusahaan menunjukkan bahwa hanya 84% permintaan yang dapat dipenuhi. Hal ini menunjukkan masih terdapat potensi sebesar 16% untuk meningkatkan keuntungan perusahaan. Oleh karena itu perusahaan perlu mengetahui kuantitas yang tepat untuk ke 10 jenis *timer* yang akan diproduksi, dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya dan biaya-biaya yang diperlukan pada proses produksi.

Untuk menentukan kuantitas yang tepat dari ke 10 jenis *timer* yang akan diproduksi, langkah pertama yang dilakukan adalah meramalkan penjualan dari 10 jenis *timer* yang paling menguntungkan untuk periode 12 bulan (Januari 2018 sampai dengan Desember 2018). Langkah selanjutnya adalah melakukan optimasi menggunakan metode pemrograman linier. Variabel-variabel keputusan terdiri dari jumlah produk yang akan diproduksi, *set up* mesin, persediaan *part*, persediaan produk jadi dan kekurangan produk. Batasan-batasan yang digunakan adalah jumlah permintaan, jumlah simpanan produk jadi, kapasitas *common part*, kapasitas produksi, waktu *set up* mesin dan ketersediaan dana.

Hasil optimasi menunjukkan bahwa keuntungan maksimal yang dapat diperoleh adalah sebesar \$428.114,6 USD. Jumlah produk yang dapat dibuat adalah sebanyak 963.448 unit *timer* untuk waktu produksi selama 12 bulan. Model matematis yang dibuat dapat memenuhi semua jumlah permintaan dari setiap jenis produk sesuai dengan hasil peramalan. Hasil analisis kepekaan dari model optimasi menunjukkan bahwa keuntungan terbesar dapat diperoleh dengan meningkatkan jumlah permintaan sebesar 30%. Perubahan harga jual memberikan pengaruh yang besar terhadap keuntungan, yaitu setiap prosentase kenaikan harga jual akan meningkatkan prosentase keuntungan sebesar 17 kali. Kenaikan biaya *part* melebihi 9% dan kenaikan biaya produksi melebihi 20% akan mengakibatkan kerugian.

Kata Kunci: Maksimasi Keuntungan, Program Linier, Peramalan, Bauran Produk.

Halaman ini sengaja dikosongkan

AGGREGATE PLANNING OF TIMER TO MAXIMIZE PROFIT USING LINEAR PROGRAMMING

Student's Name : Anissa Putri Harwiyani
NRP : 09211650014014
Supervisor : Ir. Bobby Oedy P. Soepangkat, Msc., PhD

ABSTRACT

PT.X is an electrical component company that produce 60 types of timer product, but only 10 types of timer product contribute to 80% of total sales. The company's sales data shows that only 84% of demand can be achieved, its means there is 16% potential to increase corporate profits. Therefore the company needs to know the right quantity for the 10 types of product that will be produce, with consideration of limited resources and costs incurred in the production process.

To determine the right quantity of 10 types of timer that will be produced, the first step is forecast sales for 10 most profitable product types for 12 months period (January 2018 to Desember 2018). The next step is to do optimization with linear programming method. The decision variable consists of the number of products to be produce, the set up of machine, parts inventory, the finished product inventory and the product shortage. The limitis used are the number of demand, the number of finished products inventory, capacity of common part, production capacity, time set up of machine and availability of funds.

From the optimization results obtained a maximum profit of \$428.114,6 USD with total production for 12 months is 963.448 units of timers. Mathematical models created can meet all the demand quantities of each type of product in accordance with forecasting results. Sensitivity analysis results show that the highest profit can be gained by increasing 30% of demand. Changes in selling price give a big effect on profit, that is any percentage increase in the selling price will increase the profit percentage by 17 times. An increase in part cost exceeds 9% and an increase in production costs exceeds 20% will result in losses.

Keywords: *Profit Maximization, Linear Programming, Forecasting, Aggregate Planning.*

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
KATA PENGANTAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.2.1 Batasan Masalah	4
1.2.2 Asumsi	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Peramalan	7
2.1.1 Metode–Metode Peramalan.....	7
2.1.2 Metode <i>Time Series</i>	8
2.1.3 Model ARIMA	8
2.2 Pengertian Optimasi	11
2.3 Pemrograman linier	11
2.4 Posisi Penelitian.....	13
BAB III METODOLOGI	15
3.1 Tahap Persiapan.....	15
3.2 Tahap Pengumpulan Data.....	15
3.3 Tahap Pemodelan	17
3.3.1 Peramalan	17
3.3.2 Pembuatan Model Optimasi	17
3.4 Tahap Analisis dan Pengambilan Kesimpulan	25
BAB IV PENGUMPULAN DATA DAN PEMODELAN	27
4.1 Pengumpulan Data.....	27
4.1.1 Data Permintaan untuk Setiap Jenis <i>Timer</i>	27
4.1.2 Data Harga Jual Setiap Jenis <i>Timer</i>	27
4.1.3 Data-Data Biaya Produksi untuk Setiap Jenis <i>Timer</i>	28
4.1.4 Data Waktu Proses untuk Memproduksi Satu Unit <i>Timer</i>	31
4.1.5 Data Kebutuhan <i>Common Part</i> untuk Setiap Jenis <i>Timer</i>	31
4.1.6 Data Waktu <i>Set Up</i> untuk Setiap Kali Pergantian Jenis <i>Timer</i>	31
4.1.7 Data Kapasitas dan Ketersediaan Dana.....	31

4.2 Peramalan.....	33
4.2.1 Kestasioneran Terhadap Variansi.....	33
4.2.2 Kestasioneran Terhadap Rata-Rata	34
4.2.3 Identifikasi Model	35
4.2.4 Uji Statistik Parameter Model	36
4.2.5 Diagnosa Model.....	40
4.2.6 Hasil Peramalan.....	43
BAB V ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN	47
5.1 Hasil Model Optimasi	47
5.1.1 Variabel Keputusan X_{ijk}	47
5.1.2 Variabel Keputusan I_{ik}	47
5.1.3 Variabel Keputusan SU_{ijk}	47
5.1.4 Variabel Keputusan M_{ik}	47
5.1.5 Variabel Keputusan LP_{ik}	47
5.2 Analisis Kepekaan	52
5.2.1 Perubahan Jumlah Permintaan	52
5.2.2 Perubahan Harga Jual	52
5.2.3 Perubahan Biaya $Part$	53
5.2.4 Perubahan Biaya Produksi.....	53
5.3 Pembahasan	54
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	55
6.1 Kesimpulan.....	55
6.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN A	
LAMPIRAN B	
LAMPIRAN C	
LAMPIRAN D	
LAMPIRAN E	
LAMPIRAN F	
LAMPIRAN G	
LAMPIRAN H	
LAMPIRAN I	
LAMPIRAN J	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Penjualan <i>Timer</i> Tahun 2016-2017	1
Gambar 1. 2 Grafik Permintaan dan Persediaan <i>Timer</i> Tahun 2016-2017	2
Gambar 1. 3 <i>Bill of Material Timer</i>	3
Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	16
Gambar 4. 1 Plot Box-Cox Permintaan Produk A (Sebelum Transformasi).....	33
Gambar 4. 2 Plot Box-Cox Permintaan Produk A (Setelah Transformasi).....	34
Gambar 4.3 Plot <i>Time Series</i> Permintaan Produk A Setelah Proses Differensiasi Tingkat Kedua	35
Gambar 4. 4 Grafik Autokorelasi (ACF) Permintaan Produk A	36
Gambar 4. 5 Grafik Autokorelasi Parsial (PACF) Permintaan Produk A	36
Gambar 4. 6 Grafik Autokorelasi (ACF) Residual Model ARIMA (0,2,1) Permintaan Produk A	41
Gambar 4.7 Grafik Autokorelasi Parsial (PACF) Residual Model ARIMA (0,2,1) Permintaan Produk A	41
Gambar 4.8 Plot Distribusi Residual Model ARIMA (0,2,1) untuk Permintaan Produk A	43

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Produk <i>Timer</i> PT. X	3
Tabel 2. 1 Posisi Penelitian.....	13
Tabel 3. 1 Penentuan i, j dan k	18
Tabel 4. 1 Harga Jual Setiap Jenis <i>Timer</i>	27
Tabel 4. 2 Biaya <i>Part</i>	28
Tabel 4. 3 Biaya Simpan <i>Part</i> dan Produk	28
Tabel 4. 4 Biaya Tenaga Kerja Langsung	29
Tabel 4. 5 Biaya Tenaga Kerja Tidak Langsung	29
Tabel 4. 6 Biaya Mesin dan Peralatan Produksi.....	30
Tabel 4. 7 Biaya <i>Set Up</i> Mesin	30
Tabel 4. 8 Waktu Proses Produksi.....	31
Tabel 4. 9 Kapasitas Mesin.....	32
Tabel 4. 10 Parameter Model ARIMA untuk Data Permintaan Produk A.....	38
Tabel 4. 11 Parameter Model ARIMA untuk Data Permintaan Produk A.....	39
Tabel 4. 12 Residual Model ARIMA (0,2,1) untuk Permintaan Produk A.....	40
Tabel 4. 13 Hasil Peramalan dan Setelah Proses Re-Transformasi Permintaan Produk A	43
Tabel 4. 14 Hasil Peramalan Permintaan <i>Timer</i> Pada Periode	44
Tabel 4. 15 Hasil Peramalan Permintaan <i>Timer</i> Pada Periode	45
Tabel 5. 1 Hasil Optimasi untuk Variabel Keputusan X_{ijk}	48
Tabel 5. 2 Hasil Optimasi untuk Variabel Keputusan I_{ik}	49
Tabel 5. 3 Hasil Optimasi untuk Variabel Keputusan SU_{ijk}	50
Tabel 5. 4 Hasil Optimasi untuk Variabel Keputusan M_{ik}	51
Tabel 5. 5 Pengaruh Perubahan Jumlah Permintaan Terhadap Keuntungan.....	52
Tabel 5. 6 Pengaruh Perubahan Harga Jual Terhadap Keuntungan	52
Tabel 5. 7 Pengaruh Perubahan Biaya <i>Part</i> Terhadap Keuntungan	53
Tabel 5. 8 Pengaruh Perubahan Biaya Produksi Terhadap Keuntungan.....	54

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tesis yang berjudul "**Penentuan Bauran Produk *Timer* untuk Memaksimalkan Keuntungan Menggunakan Pemrograman Linier**" dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Tulisan ini tidak dapat terwujud tanpa adanya bantuan dari semua pihak. Maka dari itu ucapan terima kasih ditujukan kepada:

1. Kedua orang tua, Harwiyono, S.H. dan Endang Sriastuti yang selalu memberikan kasih sayang dan perhatian tak terbatas kepada penulis.
2. Keluarga besar yang telah banyak memberikan semangat dan dorongan, terutama kepada Anita Primamonica, Amalia Rozaiza Ightikoma dan Muhammad Sulton Algifari.
3. Bapak Ir. Bobby Oedy Soepangkat, M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang banyak memberikan penulis arahan dan masukan yang membangun.
4. Bapak Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T., dan Dr. Sutikno, S.Si, M.Si., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran yang membangun.
5. Seluruh rekan-rekan seperjuangan kelas Manajemen Industri angkatan 2016/2017 atas segala bantuan dan dukungannya.
6. Semua Pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari akan kekurangan pada penyusunan tesis ini, maka kritik dan saran yang membangun diperlukan untuk memperbaiki dan mengembangkan tesis ini, agar nantinya dapat bermanfaat bagi pihak terkait.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

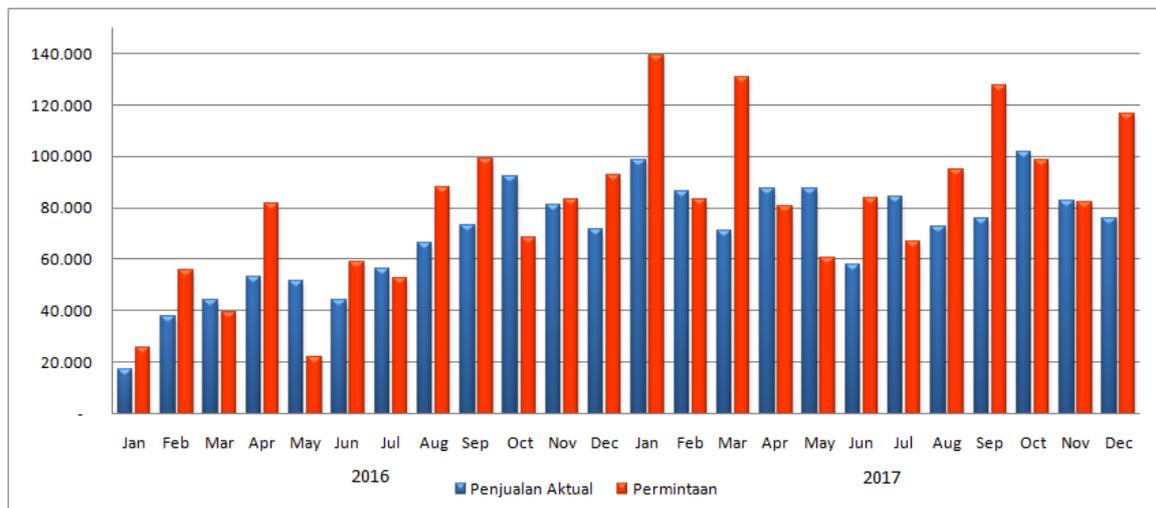
BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah yang terdiri dari batasan masalah dan asumsi, tujuan penelitian, serta manfaat penelitian.

1.1 Latar Belakang

Time delay relay (TDR) atau disebut sebagai *timer* adalah alat penunda batas waktu yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari untuk membantu kegiatan atau aktivitas manusia. Fungsi dari *timer* adalah sebagai pengatur waktu bagi peralatan yang dikendalikannya atau sebagai alat untuk merubah sistem *delay* waktu tertentu. *Timer* dapat dibedakan dari cara kerjanya, yaitu *timer* yang bekerja dengan menggunakan induksi motor dan yang menggunakan rangkaian elektronik. Aplikasi *timer* terdapat pada alat-alat elektronik seperti televisi, mesin cuci, *oven*, *air conditioner*, *traffic light* untuk pejalan kaki, *automatic control* air mancur dan alat elektronik lainnya yang didalamnya terdapat fungsi pengatur waktu.

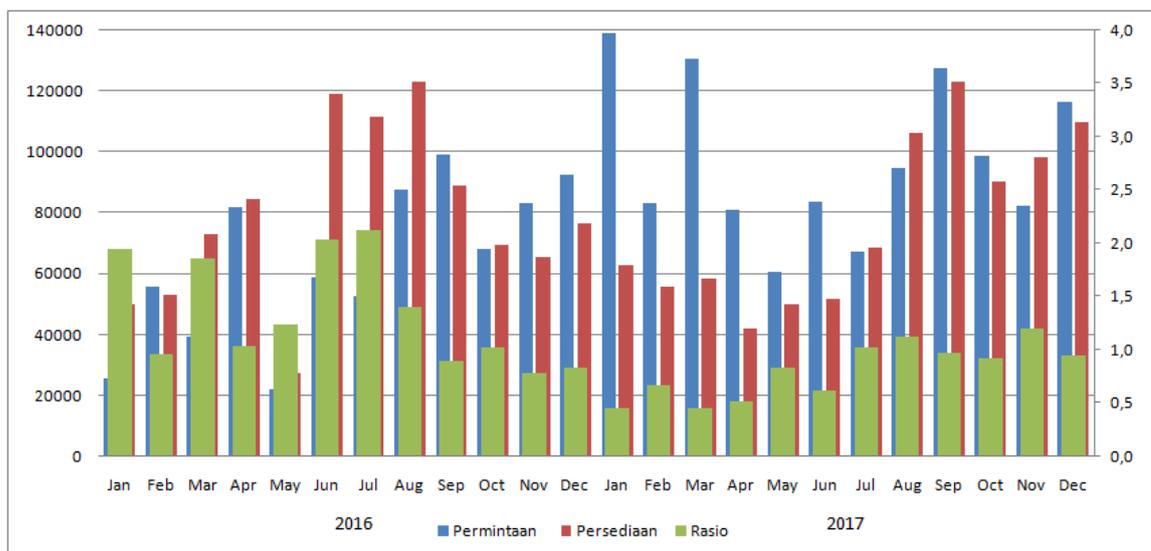
PT. X adalah perusahaan multinasional yang bergerak dibidang industri komponen elektronik seperti *relay*, *switch*, *sensor* dan *timer*, dimana hasil produksinya 90% diekspor ke Asia, Amerika, Australia dan Eropa. Saat ini PT. X sedang mengembangkan bisnis produk *timer*, karena adanya peningkatan penjualan *timer* sebesar 152% pada tahun 2017 dibandingkan dengan penjualan *timer* pada tahun 2016. Jumlah permintaan ini akan terus meningkat secara signifikan untuk tahun-tahun mendatang dengan adanya *transfer line* dari Cina ke PT. X untuk produksi *timer*.



Gambar 1. 1 Grafik Penjualan *Timer* Tahun 2016-2017

Grafik penjualan *timer* tahun 2016-2017 dibuat berdasarkan data penjualan aktual dan permintaan *timer* di PT. X. Gambar 1.1 menunjukkan adanya selisih antara permintaan yang diterima dan penjualan aktual. Jumlah permintaan lebih besar dibanding jumlah penjualan aktual di tiap bulannya kecuali pada bulan Mei dan Oktober. Penjualan aktual pada bulan Mei lebih besar dikarenakan pembelian yang dilakukan lebih cepat oleh konsumen sebagai persiapan untuk libur hari raya di bulan Juli. Pembelian lebih cepat dilakukan juga di bulan Oktober sebagai persiapan hari libur natal dan akhir tahun. Secara keseluruhan perusahaan hanya dapat memenuhi sebesar 84% dari total permintaan pada tahun 2017. Hal ini berarti masih terdapat kesempatan untuk meningkatkan penjualan sebesar 16%. *Gap* yang terjadi ini mengakibatkan adanya *backlog sales*, sehingga permintaan tidak dapat langsung dipenuhi.

Selama ini PT. X memiliki simpanan produk jadi *timer* dengan rata-rata rasio persediaan (perbandingan antara jumlah persediaan dengan jumlah permintaan) bulanan sebesar 1,2 yang ditunjukkan pada Gambar 1.2. Simpanan produk jadi ini dikatakan sebagai *dead-stock* yang tidak dapat terjual dikarenakan jenis produk yang diminta tidak sesuai dengan persediaan produk jadi yang telah dibuat. Ketidaksiesuaian ini terjadi akibat dari buruknya perencanaan produksi untuk jenis produk yang akan diproduksi. Hal ini mengakibatkan biaya simpan yang tinggi.



Gambar 1. 2 Grafik Permintaan dan Persediaan *Timer* Tahun 2016-2017

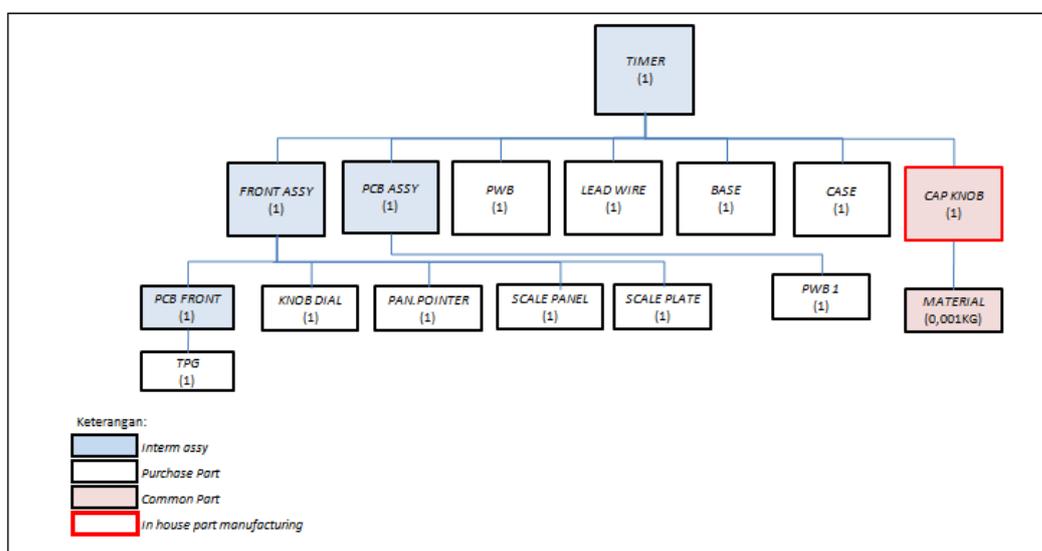
Produk *timer* ini memiliki berbagai macam jenis berdasarkan tipe *terminal form*, *contact output*, *transistor output* dan *instaneous output contact* yang terdapat pada PCB yang dirangkai didalamnya. PT. X memiliki 60 jenis *timer* berdasarkan spesifikasinya masing-masing, namun dari seluruh jenis tersebut yang memiliki

kontribusi 80% terhadap total penjualan hanya 10 jenis *timer*, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.1. 10 jenis *timer* ini ialah produk yang paling menguntungkan.

Tabel 1. 1 Produk *Timer* PT. X

No	Nama	Spesifikasi
1	Produk A	<i>TIMER-H8L AC/DC24 12S</i>
2	Produk B	<i>TIMER-H8L AC200/220/240 12S</i>
3	Produk C	<i>TIMER-G8EL AC200/220/240</i>
4	Produk D	<i>TIMER-G8L AC200/220/240</i>
5	Produk E	<i>TIMER-A8E AC100-240/DC100-125 300H</i>
6	Produk F	<i>TIMER-F8 AC100-240</i>
7	Produk G	<i>TIMER-A8 AC24-48/DC12-48 300H</i>
8	Produk H	<i>TIMER-A AC24-48/DC12-48 300H</i>
9	Produk I	<i>TIMER-A AC100-240/DC100-125 300H</i>
10	Produk J	<i>TIMER-A8 AC100-240/DC100-125 300H</i>

Masing-masing jenis produk yang terdapat pada Tabel 1.1 memiliki waktu proses perakitan yang berbeda-beda menyesuaikan dengan spesifikasi setiap jenis produk. Setiap jenis produk tersusun dari beberapa *part* yang berbeda-beda sesuai dengan jenis produk tersebut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.3. Selain itu, setiap jenis produk membutuhkan satu jenis *part* yang sama (*common part*) yaitu *part cap knob*. *Common part* ini memiliki batasan kapasitas perbulan, sehingga perlu dilakukan perencanaan produksi untuk dapat memenuhi permintaan dengan memperhatikan waktu proses dan kebutuhan *part* masing-masing jenis produk.



Gambar 1. 3 *Bill of Material Timer*

PT. X memiliki tiga lintasan produksi untuk memproduksi *timer*. Setiap lintasan produksi memiliki kapasitas 1225 menit atau ± 20 jam per hari. Setiap lintasan produksi ini dapat memproduksi semua jenis *timer* dengan melakukan *set up* terlebih dahulu untuk setiap pergantian jenis *timer* pada lintasan produksi yang sama, hal ini mengakibatkan berkurangnya kapasitas mesin yang dapat digunakan. Jika proses *set up* ini sering terjadi maka *loss time* akan semakin banyak. Saat ini, produksi mencoba meminimalkan waktu *set up* total. Faktor yang memiliki dampak lebih besar pada total waktu penyiapan adalah jumlah perubahan pesanan produksi. Akibatnya bagian produksi mencoba meminimalkan jumlah pesanan produksi dengan memaksimalkan ukuran *batch* (Fernandes dkk, 2012).

Ditengah ketatnya persaingan industri *timer*, perusahaan perlu melakukan optimasi dalam memenuhi permintaan, dengan tujuan memaksimalkan keuntungan. Untuk memaksimalkan keuntungan perlu dilakukan maksimasi produksi berdasarkan hasil peramalan menggunakan data historis untuk 10 jenis produk yang paling menguntungkan dan memaksimalkan alokasi sumber daya dengan batasan-batasan yang dijelaskan sebelumnya. Selain itu perlu dilakukan optimasi terhadap biaya-biaya berdasarkan ketersediaan dana yang dianggarkan yang terdiri dari biaya bahan baku, biaya *set-up*, biaya tenaga kerja, biaya mesin, serta biaya persediaan bahan baku dan produk jadi. Optimasi keuntungan ini dilakukan dengan metode pemrograman linier. Pemrograman linier adalah representasi matematis dari masalah optimasi yang dibatasi (Nigel dkk, 2016). Pemrograman linier dapat membantu untuk menemukan jumlah produk yang harus diproduksi dan mengoptimalkan sumber daya dan penggunaan biaya.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana menentukan bauran produk untuk masing-masing jenis *timer* agar diperoleh keuntungan yang maksimal.

1.2.1 Batasan Masalah

Batasan yang diberlakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada lintasan produksi *timer* di PT. X.
2. Produk yang dijadikan obyek penelitian adalah 10 jenis produk *timer* yang paling menguntungkan.
3. Peramalan untuk menentukan data permintaan periode Januari 2018 sampai dengan Desember 2018 dilakukan dengan menggunakan data permintaan periode Januari 2013 sampai dengan Desember 2017.

1.2.2 Asumsi

Asumsi-asumsi yang diberlakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Selama penelitian tidak terjadi kerusakan mesin pada lintasan produksi.
2. Selama penelitian tidak terdapat perubahan kapasitas mesin.
3. Selama penelitian tidak dihasilkan produk cacat dari proses produksi
4. Biaya-biaya yang berkaitan dengan proses produksi yang digunakan selama penelitian ini tidak mengalami perubahan.
5. Proses pengadaan *part* berlangsung normal.
6. Dalam proses peramalan, pola data historis akan berulang untuk masa depan
7. Waktu kerja produksi ialah 1225 menit per hari.
8. Pabrik berproduksi selama 22 hari per bulan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan ramalan penjualan untuk mengestimasi jumlah permintaan masing-masing jenis *timer*.
2. Menentukan bauran produk untuk masing-masing jenis *timer* yang dapat memberikan keuntungan maksimal berdasarkan permintaan dan sumber daya yang dimiliki.
3. Menentukan pengaruh perubahan batasan-batasan terhadap keuntungan yang didapat perusahaan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi untuk memberi masukan kepada PT. X dalam menentukan jumlah *timer* yang akan diproduksi.
2. Pengalokasian mesin dan penentuan jumlah produk yang optimal diharapkan dapat meningkatkan keuntungan perusahaan.

1.5 Sistematika Penulisan

Struktur penelitian ini disusun sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi uraian teori, temuan dan bahan penelitian yang digunakan sebagai landasan untuk melakukan penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab metodologi penelitian menjelaskan kerangka penelitian dan pendekatan yang akan digunakan dalam menjawab permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya.

BAB 4 PENGUMPULAN DATA DAN PEMODELAN

Pengumpulan data dijelaskan pada bab ini yang berisi tentang data yang akan digunakan. Selain itu, pada bab ini juga dijelaskan prosedur pemodelan yang sesuai pada metodologi penelitian.

BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai hasil pemodelan yang dilakukan sehingga memiliki nilai dan manfaat sesuai dengan tujuan penelitian.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab terakhir pada penelitian ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran bagi perusahaan dan penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peramalan

Peramalan merupakan aktivitas fungsi bisnis yang memperkirakan penjualan dan penggunaan produk sehingga produk-produk tersebut dapat dibuat dalam kuantitas yang tepat (Gaspersz, 1998). Peramalan dibutuhkan disejumlah level di organisasi manufaktur. Tujuan dari peramalan adalah memberikan informasi secara umum untuk mendukung pengambilan keputusan dan mengantisipasi perubahan agar tindakan yang tepat dapat dilakukan. Ada tiga macam jangka waktu peramalan (Harrison dan Petty, 2002), yaitu:

1. Jangka pendek.
Peramalan jangka pendek biasanya sangat rinci.
2. Jangka menengah.
Peramalan jangka menengah ini biasanya kurang rinci namun membutuhkan perhatian manajemen yang lebih besar.
3. Jangka panjang.
Peramalan jangka panjang berkaitan dengan tren penting untuk masa depan yang relatif jauh.

2.1.1 Metode–Metode Peramalan

Tiga metode dasar peramalan adalah sebagai berikut (Harrison dan Petty, 2002):

1. Intuisi
Perkiraan intuitif adalah penilaian subjektif terhadap masa depan. Ada tiga cara untuk melakukan peramalan jenis ini, yaitu mengacu pada pendapat seseorang, berdasarkan hasil *partisipasi* dalam konferensi dan peramalan yang dilakukan dengan melibatkan kelompok secara independen atau disebut sebagai metode *delphi*.
2. Ekstrapolasi
Ekstrapolasi adalah pendekatan analisis terhadap peramalan. Premis mendasar dari pendekatan ini adalah bahwa masa depan dapat diperkirakan oleh pemeriksaan masa lalu. Oleh karena itu ekstrapolasi didasarkan pada kejadian sebelumnya untuk satu variabel tunggal.
3. Prediksi
Prediksi adalah penilaian masa depan berdasarkan sejumlah variabel. Prediksi mengkaji kondisi saat ini untuk meramalkan masa depan.

2.1.2 Metode *Time Series*

Metode *time series* adalah metode peramalan dengan menggunakan analisis pola hubungan antara variabel yang akan diperkirakan dengan variabel waktu dan dapat digambarkan dalam bentuk grafik. Peramalan *time series* ini perlu memperhatikan tipe atau pola data. Terdapat empat macam pola data *time series* (Hanke dan Reitsch, 2001), yaitu:

1. Horizontal (*stationery*)
Karakteristik dari tipe data horizontal adalah data observasi berubah-ubah disekitar tingkatan atau rata-rata konstan. Metode yang biasa digunakan dalam melakukan peramalan dengan data horizontal adalah *simple moving average, moving average, simple exponential smoothing* dan *Box-Jenkins*.
2. Musiman (*seasonal*)
Karakteristik data musiman adalah pola data dipengaruhi oleh musiman, yang ditandai dengan adanya pola perubahan yang berulang secara otomatis dari tahun ke tahun. Metode yang dapat digunakan dalam melakukan peramalan untuk data musiman adalah *decomposition, Winter's exponential smoothing, multiple regression* dan *Box-Jenkins*.
3. Tren
Tipe tren terjadi jika data pengamatan mengalami kenaikan atau penurunan selama periode jangka panjang. Metode yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan dengan data tren adalah *linear moving average, Brown's linear exponential smoothing, Holt's linear exponential smoothing, simple regression* dan *exponential model*.
4. Siklus (*Cyclical*)
Tipe siklus terjadi jika deret data dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang. Metode yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan dengan data siklus adalah *decomposition, economis indicators, econometric models* dan *multiple regression*.

2.1.3 Model ARIMA

Model *autoregresif integrated moving average* (ARIMA) atau disebut dengan metode runtun waktu *Box-Jenkins* merupakan metode sistematis yang tidak mengasumsikan model spesifik tertentu, namun menganalisis data historis untuk melakukan peramalan untuk menentukan model yang sesuai. Oleh karena itu, dengan menggunakan metode ini dapat dihasilkan peramalan yang lebih akurat berdasarkan keterkaitan dengan data masa lalu.

Terdapat tiga langkah dasar yang harus dilakukan secara berurutan dalam menggunakan metode ARIMA (Hanke dan Reitsch, 2001), yaitu:

1. Tahap identifikasi

Prosedur pertama sebelum melakukan peramalan menggunakan ARIMA adalah memastikan bahwa data harus bersifat stasioner baik terhadap variansi maupun terhadap rata-rata. Jika data tidak stasioner maka perlu dilakukan transformasi terlebih dahulu hingga data bersifat stasioner. Proses identifikasi dapat dilakukan setelah data stasioner, dimana identifikasi ini dilakukan terhadap parameter-parameter model dengan menggunakan metode autokorelasi dan autokorelasi parsial. Parameter-parameter model tersebut yaitu:

- nilai p , yang menyatakan jumlah proses *autoregressive* (AR).
- nilai d , yang menyatakan jumlah pembeda (*differencing*) agar suatu data berderet berkala dapat stasioner.
- nilai q , yang menyatakan jumlah proses *moving average* (MA).

Parameter-parameter model ini dapat ditentukan nilainya dengan cara menganalisis grafik fungsi koefisien korelasi (ACF) dan fungsi koefisien autokorelasi parsial (PACF).

2. Tahap Estimasi

Proses estimasi dilakukan terhadap komponen-komponen *autoregressive* (AR) dan *moving average* (MA) untuk melihat apakah komponen-komponen tersebut secara signifikan memberikan kontribusi terhadap model. Uji statistik parameter dilakukan dengan cara menguji signifikansi dari parameter AR (p) atau MA (q).

Hipotesis yang digunakan dalam uji statistik parameter adalah:

$$H_0: \theta_i = 0 \text{ (parameter tidak signifikan terhadap model)}$$

$$H_1: \theta_i \neq 0 \text{ (parameter signifikan terhadap model)}$$

$$\text{Statistik uji: } t_{\text{hitung}} = \frac{\hat{\theta}}{SE(\hat{\theta})}$$

Kriteria uji: tolak H_0 jika $|t_{\text{hitung}}| > t_{(\frac{\alpha}{2}, n-1)}$ atau p-value < alpha

θ adalah koefisien parameter AR (p) atau MA (q). Jika nilai p pada parameter model ARIMA lebih besar dari nilai α , maka H_0 gagal ditolak. Hal ini berarti nilai parameter tidak cukup signifikan dalam model.

3. Tahap Pemeriksaan

Pemeriksaan dilakukan untuk memastikan kecocokan model ARIMA dengan data yang digunakan. Salah satu cara pemeriksaan yang dapat dilakukan adalah mengamati residual dari model, jika residual berupa *white noise* (tidak berkorelasi) maka model yang dipilih cocok dengan data. Sebaliknya jika residual tidak berupa *white noise* maka model yang dipilih tidak cocok dengan data dan harus dilakukan proses identifikasi ulang.

Model *Box-Jenkins* (ARIMA) dibagi menjadi 3 kelompok (Makridakis dkk, 1991), yaitu:

1. Model *Autoregressive* (AR)

Autoregressive adalah suatu bentuk regresi namun bukan menghubungkan variabel tak bebas (item yang diramalkan) dengan variabel bebas, melainkan menghubungkan nilai-nilai sebelumnya (*past value*) diri sendiri (masing-masing variabel) pada *time lag* (selang waktu) yang bermacam-macam. Jadi suatu model autoregresif akan menyatakan suatu ramalan sebagai fungsi nilai-nilai sebelumnya dari deret berkala tertentu. Bentuk umum model *autoregressive* dengan ordo p (AR(p)) atau model ARIMA ($p,0,0$) dinyatakan sebagai berikut:

$$X_t = \mu' + \vartheta_1 X_{t-1} + \vartheta_2 X_{t-2} + \dots + \vartheta_p X_{t-p} + e_t \quad (2.1)$$

Dengan:

- μ' : suatu konstanta
- $\vartheta_1, \vartheta_2, \vartheta_p$: parameter autoregresif ke- p
- e_t : nilai kesalahan pada saat t

2. Model *Moving Average* (MA)

Moving Average menunjukkan nilai deret berkala pada waktu t dipengaruhi oleh unsur kesalahan pada saat ini dan unsur kesalahan terbobot pada masa lalu. Bentuk umum model *moving average* dengan ordo q (MA(q)) atau model ARIMA ($0,0,q$) dinyatakan sebagai berikut:

$$X_t = \mu' + e_t - \vartheta_1 e_{t-1} - \vartheta_2 e_{t-2} - \dots - \vartheta_q e_{t-q} \quad (2.2)$$

Dengan:

- μ' : suatu konstanta
- $\vartheta_1, \vartheta_2, \vartheta_q$: parameter autoregresif ke- q
- e_{t-k} : nilai kesalahan pada saat t

3. Model Campuran

a. Proses ARMA

Peramalan model ARMA dinyatakan sebagai suatu fungsi nilai-nilai sebelumnya (autoregresif) maupun dari nilai-nilai kesalahan sebelumnya (*moving average*). Model umum untuk campuran proses AR(1) murni dan MA(1) murni, misal ARIMA (1,0,1) dinyatakan sebagai berikut:

$$X_t = \mu' + \vartheta_1 X_{t-1} + e_t - \vartheta_1 e_{t-1}$$

atau

$$(1 - \vartheta_1 \mathbf{B})X_t = \mu' + (1 - \vartheta_1 \mathbf{B})e_t \quad (2.3)$$

b. Proses ARIMA

Apabila nonstasioneritas ditambahkan pada campuran proses ARMA, maka model umum ARIMA (p,d,q) terpenuhi. Persamaan untuk kasus sederhana ARIMA $(1,1,1)$ adalah sebagai berikut:

$$(1 - \mathbf{B})(1 - \vartheta_1 \mathbf{B})X_t = \mu' + (1 - \vartheta_1 \mathbf{B})e_t \quad (2.4)$$

2.2 Pengertian Optimasi

Optimum didefinisikan sebagai kondisi yang paling menguntungkan atau kompromi terbaik antara kecenderungan yang berlawanan, yang terbaik atau paling menguntungkan. Sebelum melakukan optimasi, perlu dilakukan penentuan fungsi objektif. Fungsi objektif adalah definisi kuantitatif dari suatu tujuan masalah seperti memaksimalkan keuntungan, memaksimalkan penjualan atau meminimalkan biaya. Setelah fungsi objektif ditentukan proses optimasi akan bersifat analitis dan kuantitatif (Harrison dan Petty, 2002).

2.3 Pemrograman linier

Masalah yang sering kali terjadi adalah optimasi dari variabel yang dibatasi oleh *constraint*. Teknik yang secara umum digunakan untuk masalah semacam ini adalah pemrograman linier (Harrison dan Petty, 2002). Model pemrograman linier mengandung asumsi-asumsi tertentu yang harus dipenuhi agar definisinya sebagai suatu masalah pemrograman linier menjadi absah (Mulyono, 2007). Asumsi-asumsi tersebut adalah:

1. *Linearity dan Additivity*
Semua fungsi tujuan dan semua kendala harus linier dan jumlah variabel kriteria dan jumlah penggunaan sumber daya harus aditif, dimana aktivitas total sama dengan penjumlahan aktivitas individu.
2. *Divisibility*
Nilai solusi yang diperoleh tidak harus berupa bilangan bulat.
3. *Deterministic*
Parameter model diasumsikan diketahui konstan dan semua parameter diketahui dengan kepastian.

Pemrograman linier menunjukkan hubungan fungsional dalam model matematis yang bersifat linier dan teknik pemecahan yang terdiri atas tahapan matematis (Taylor, 2010). Model pemrograman linier dapat diformulasikan sebagai berikut:

Fungsi tujuan:

$$\text{Maks atau Min } Z = \sum_{j=1}^n c_j \cdot X_j \quad (2.5)$$

Pembatas:

$$\sum_{j=1}^n a_{qj} \cdot X_j = b_q, (q = 1, 2, \dots, m) \quad (2.6)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{rj} \cdot X_j \leq b_r, (r = 1, 2, \dots, m) \quad (2.7)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{sj} \cdot X_j \geq b_s, (s = 1, 2, \dots, m) \quad (2.8)$$

$$X_j \geq 0, (j = 1, 2, \dots, n) \quad (2.9)$$

Dengan:

Z : nilai fungsi tujuan

X_j : variabel keputusan j , ($j=1, 2, \dots, n$)

c_j : penambahan terhadap Z yang diakibatkan oleh peningkatan tiap unit di variabel keputusan j

a_{qj} : jumlah sumber daya q yang dipakai oleh tiap variabel keputusan j

b_q : jumlah sumber daya q yang tersedia untuk tiap variabel keputusan ($q = 1, 2, \dots, m$)

a_{rj} : jumlah sumber daya r yang dipakai oleh tiap variabel keputusan j

b_r : jumlah sumber daya r yang tersedia untuk tiap variabel keputusan ($r = 1, 2, \dots, m$)

a_{sj} : jumlah sumber daya s yang dipakai oleh tiap variabel keputusan j

b_s : jumlah sumber daya s yang tersedia untuk tiap variabel keputusan ($s = 1, 2, \dots, m$)

2.4 Posisi Penelitian

Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tentang topik riset operasi, khususnya optimasi yang terkait dengan penelitian ini, dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Posisi Penelitian

No	Tahun	Penulis	Judul	Metode
1	2011	Windarti, T.	Optimasi Perencanaan Produksi Besi Beton pada <i>Rolling Mill</i> dengan Menggunakan Metode <i>Integer Programming</i> di PT. HJS	<i>Integer Programming</i>
2	2012	Mulyono, M.F.	Optimasi Perencanaan Produksi Cat di PT. XYZ dengan Metode <i>Mixed Integer Programming</i>	<i>Mixed Integer Programming</i>
3	2012	Adi, P.	Optimasi Keuntungan dengan Menggunakan Bauran Produk di PT. XX	Pemrograman linier
4	2016	Mustafa, B.	Penentuan Bauran Produk Minyak Goreng untuk Memaksimalkan Keuntungan dengan Menggunakan Metode <i>Pure Integer Programming</i>	<i>Pure Integer Programming</i>
5	2016	Wulandhari, D.	Perencanaan Produksi Pakan Ternak pada PT. ABC Menggunakan Metode Pemrograman linier	Pemrograman linier
6	2018	Harwiyani, A.P.	Penentuan Bauran Produk <i>Timer</i> untuk Memaksimalkan Keuntungan Menggunakan Pemrograman Linier	Pemrograman linier

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

Bab ini menjelaskan mengenai metodologi penelitian yang terdiri dari empat tahap, yaitu tahap persiapan, tahap pengumpulan data, tahap pemodelan dan tahap analisis serta pengambilan kesimpulan. Diagram alir metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

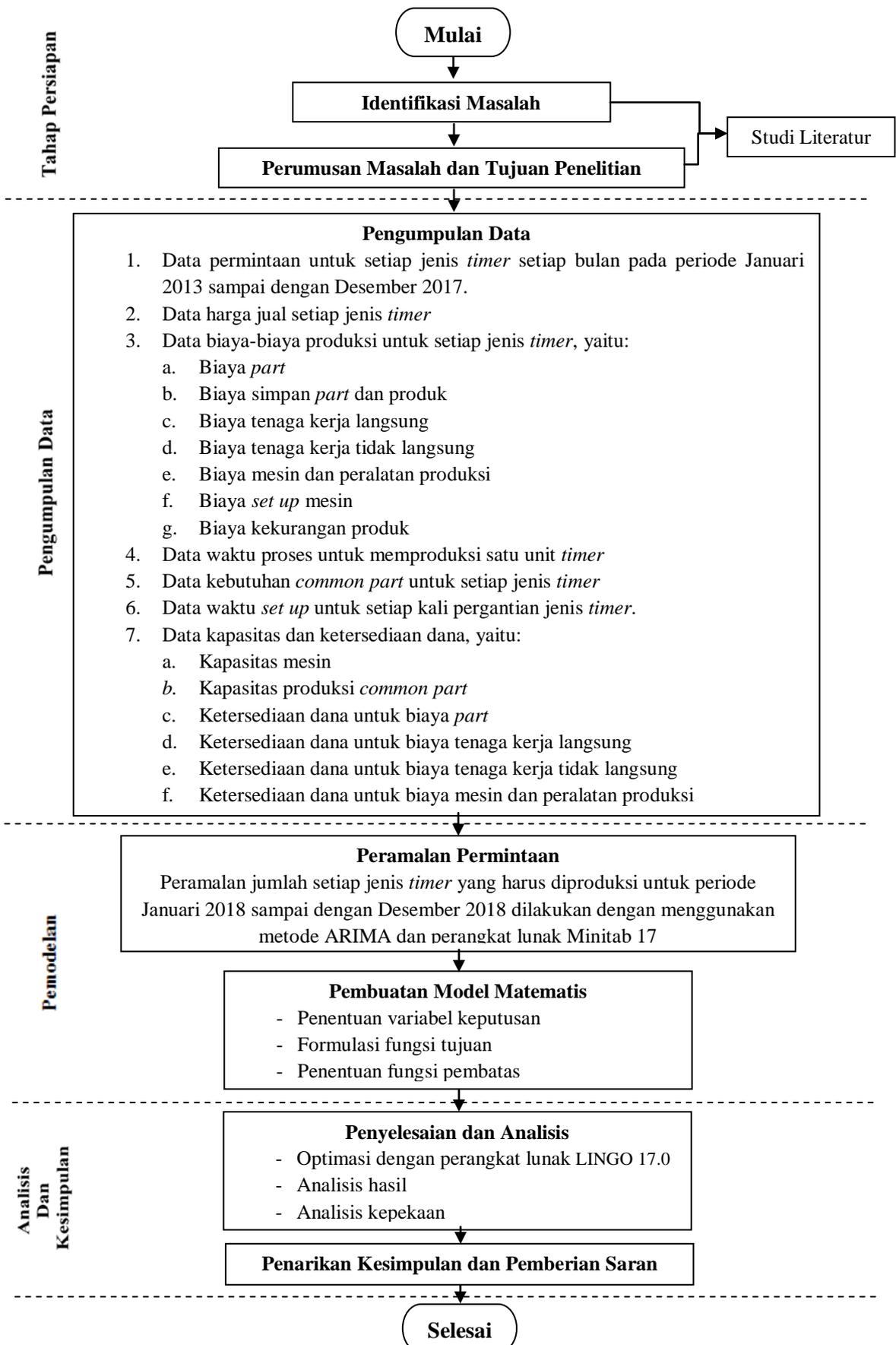
3.1 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan ini dilakukan proses identifikasi dan perumusan masalah dengan menentukan tujuan dari penelitian berdasarkan latar belakang permasalahan yang ada dalam dunia industri, serta melakukan studi terhadap teori-teori pendukung untuk menentukan metode pemodelan yang nantinya akan digunakan untuk menyelesaikan masalah.p

3.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data aktual perusahaan yang bersangkutan untuk digunakan sebagai input dari pemodelan dalam memperoleh solusi yang sesuai dengan tujuan penelitian ini. Data-data yang diperlukan yaitu:

1. Data permintaan untuk setiap jenis *timer* setiap bulan pada periode Januari 2013 sampai dengan Desember 2017.
2. Data harga jual setiap jenis *timer*
3. Data biaya-biaya produksi untuk setiap jenis *timer*, yaitu:
 - a. Biaya *part*
 - b. Biaya simpan *part* dan produk
 - c. Biaya tenaga kerja langsung
 - d. Biaya tenaga kerja tidak langsung
 - e. Biaya mesin dan peralatan produksi
 - f. Biaya *set up* mesin
 - g. Biaya kekurangan produk
4. Data waktu proses untuk memproduksi satu unit *timer*
5. Data kebutuhan *common part* untuk setiap jenis *timer*
6. Data waktu *set up* untuk setiap kali pergantian jenis *timer*.
7. Data kapasitas dan ketersediaan dana, yaitu:
 - a. Kapasitas mesin
 - b. Kapasitas produksi *common part*
 - c. Ketersediaan dana untuk biaya *part*
 - d. Ketersediaan dana untuk biaya tenaga kerja langsung
 - e. Ketersediaan dana untuk biaya tenaga kerja tidak langsung
 - f. Ketersediaan dana untuk biaya mesin dan peralatan produksi



Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

3.3 Tahap Pemodelan

Tahap pemodelan terdiri dari dua tahap, yaitu tahap peramalan permintaan untuk jumlah unit setiap jenis *timer* dan pembuatan model optimasi program linier.

3.3.1 Peramalan

Peramalan dilakukan untuk menentukan jumlah unit setiap jenis *timer* pada periode Januari 2018 sampai dengan Desember 2018. Peramalan dibuat berdasarkan data historis permintaan pada periode Januari 2013 sampai dengan Desember 2017 dengan menggunakan metode peramalan ARIMA.

3.3.2 Pembuatan Model Optimasi

Penyelesaian untuk penelitian ini dilakukan dengan mengembangkan model optimasi berbasis pemrograman linier dan menggunakan bantuan perangkat lunak LINGO 17.0. Pada pembuatan model optimasi perlu ditetapkan hal-hal yang berperan dalam proses optimasi dengan pemrograman linier, yaitu:

3.3.2.1 Penentuan Variabel-Variabel Keputusan

Variabel-variabel keputusan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

X_{ijk} : Jumlah unit produk i yang diproduksi di lintasan produksi j pada bulan k

I_{ik} : Jumlah unit produk i yang disimpan pada bulan k

SU_{ijk} : Variabel *set up* mesin untuk produk i yang diproduksi di lintasan produksi j pada bulan k yang merupakan bilangan biner (bernilai 1 jika butuh *set up* dan 0 jika sebaliknya)

M_{ik} : Jumlah unit *part* produk i yang disimpan pada bulan k

LP_{ik} : Jumlah kekurangan unit produk i pada bulan k

Dengan indeks:

i : Jenis produk ($i = A, B, \dots J$)

j : Lintasan produksi yang digunakan ($j = 1, 2, 3$)

k : Bulan ($k = 1, 2, \dots 12$)

Tabel 3. 1 Penentuan i, j dan k

Produk		Mesin		Bulan	
Item	Indeks	Item	Indeks	Item	Indeks
Produk A	i_1	Mesin 1	j_1	Januari	k_1
Produk B	i_2	Mesin 2	j_2	Februari	k_2
Produk C	i_3	Mesin 3	j_3	Maret	k_3
Produk D	i_4			April	k_4
Produk E	i_5			Mei	k_5
Produk F	i_6			Juni	k_6
Produk G	i_7			Juli	k_7
Produk H	i_8			Agustus	k_8
Produk I	i_9			September	k_9
Produk J	i_{10}			Oktober	k_{10}
				Nopember	k_{11}
				Desember	k_{12}

Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- α_i : Harga jual produk i (USD/ unit)
- β_i : Biaya *part* produk i (USD/unit)
- τ_i : Biaya simpan *part* produk i (USD/unit)
- γ_i : Biaya tenaga kerja langsung untuk produk i (USD/unit)
- δ_i : Biaya tenaga kerja tidak langsung untuk produk i (USD/unit)
- ε_i : Biaya mesin dan peralatan produksi untuk produk i (USD/unit)
- ω_i : Biaya *set up* mesin untuk produk i (USD)
- μ_i : Biaya simpan produk i (USD/unit)
- π_i : Biaya kekurangan produk i (USD/unit)
- ρ_{ij} : Waktu proses produk i di lintasan produksi j (menit/unit)
- θ_i : Jumlah kebutuhan *common part* produk i (pcs/unit)
- φ_i : Jumlah waktu *set up* untuk produk i (menit)
- D_{ik} : Jumlah permintaan unit produk i pada bulan k (unit)
- KM_{ij} : Kapasitas mesin produksi produk i di lintasan produksi j (menit/bulan)
- KP : Kapasitas produksi *common part* (unit/bulan)
- MS : Ketersediaan dana untuk biaya *part* (USD/bulan)
- DL : Ketersediaan dana untuk biaya tenaga kerja langsung (USD/bulan)
- IL : Ketersediaan dana untuk biaya tenaga kerja tidak langsung (USD/bulan)
- MC : Ketersediaan dana untuk biaya mesin dan peralatan produksi (USD/bulan)

3.3.2.2 Penentuan Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memaksimalkan keuntungan dengan mengurangi total penjualan dengan total biaya.

$$Z_{\max} = \text{Penjualan Total} - \text{Biaya Total} \quad (3.1)$$

1. Persamaan Penjualan Total

Total penjualan diperoleh dari total perkalian dari harga jual produk i dengan jumlah produk yang dihasilkan di lintasan produksi j pada bulan k .

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^m \alpha_i \cdot X_{ijk} \quad (3.2)$$

α_i : Harga jual produk i (USD/ unit)

X_{ijk} : Jumlah unit produk i yang diproduksi di lintasan produksi j pada bulan k

2. Persamaan Biaya

Biaya produksi untuk masing-masing jenis *timer* berbeda-beda berdasarkan spesifikasinya. Biaya-biaya tersebut adalah:

1. Biaya *Part*

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^m \beta_i \cdot X_{ijk} \quad (3.3)$$

β_i : Biaya *part* produk i (USD/unit)

X_{ijk} : Jumlah unit produk i yang diproduksi di lintasan produksi j pada bulan k

2. Biaya Simpan *Part*

$$\sum_{i=1}^k \sum_{k=1}^m \tau_i \cdot M_{ik} \quad (3.4)$$

τ_i : Biaya simpan *part* produk i (USD/unit)

M_{ik} : Jumlah unit *part* produk i yang disimpan pada bulan k

3. Biaya Tenaga Kerja Langsung

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^m \gamma_i \cdot X_{ijk} \quad (3.5)$$

γ_i : Biaya tenaga kerja langsung untuk produk i (USD/unit)

X_{ijk} : Jumlah unit produk i yang diproduksi di lintasan produksi j pada bulan k

4. Biaya Tenaga Kerja Tidak Langsung

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^m \delta_i \cdot X_{ijk} \quad (3.6)$$

δ_i : Biaya tenaga kerja tidak langsung untuk produk i (USD/unit)

X_{ijk} : Jumlah unit produk i yang diproduksi di lintasan produksi j pada bulan k

5. Biaya Mesin dan Peralatan Produksi

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^m \varepsilon_i \cdot X_{ijk} \quad (3.7)$$

ε_i : Biaya mesin dan peralatan produksi untuk produk i (USD/unit)

X_{ijk} : Jumlah unit produk i yang diproduksi di lintasan produksi j pada bulan k

6. Biaya *Set Up* Mesin

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^m \omega_i \cdot SU_{ijk} \quad (3.8)$$

ω_i : Biaya *set up* mesin untuk produk i (USD)

SU_{ijk} : Variabel *set up* mesin untuk produk i yang diproduksi di lintasan produksi j pada bulan k yang merupakan bilangan biner (bernilai 1 jika butuh *set up* dan 0 jika sebaliknya)

7. Biaya Simpan Produk jadi

$$\sum_{i=1}^k \sum_{k=1}^m \mu_i \cdot I_{ik} \quad (3.9)$$

μ_i : Biaya simpan produk i (USD/unit)

I_{ik} : Jumlah unit produk i yang disimpan pada bulan k

8. Biaya Kekurangan Produk

$$\sum_{i=1}^k \sum_{k=1}^m \pi_i \cdot LP_{ik} \quad (3.10)$$

π_i : Biaya kekurangan produk i (USD/unit)

LP_{ik} : Jumlah kekurangan unit produk i pada bulan k

Model Fungsi Tujuan:

$$\begin{aligned}
 & Z_{\max} \\
 = & \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^m \alpha_i \cdot X_{ijk} - \left\{ \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^m \beta_i \cdot X_{ijk} + \sum_{i=1}^k \sum_{k=1}^m \tau_i \cdot M_{ik} + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^m \gamma_i \cdot X_{ijk} \right. \\
 & + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^m \delta_i \cdot X_{ijk} + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^m \varepsilon_i \cdot X_{ijk} + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^m \omega_i \cdot SU_{ijk} \\
 & \left. + \sum_{i=1}^k \sum_{k=1}^m \mu_i \cdot I_{ik} + \sum_{i=1}^k \sum_{k=1}^m \pi_i \cdot LP_{ik} \right\} \quad (3.11)
 \end{aligned}$$

3.3.2.3 Penentuan Fungsi Pembatas

Ada beberapa batasan-batasan yang harus dipenuhi untuk mencapai fungsi tujuan, yaitu:

1. Batasan Keseimbangan Penyimpanan Produk Jadi

Jumlah unit produk i yang disimpan pada bulan k adalah jumlah unit produk i yang disimpan pada bulan $k-1$ ditambahkan dengan jumlah unit produk i yang diproduksi pada bulan k dan dikurangi dengan jumlah permintaan unit produk i pada bulan k . Formulasi batasan keseimbangan penyimpanan produk jadi adalah:

$$I_{ik-1} + X_{ijk} = D_{ik} + I_{ik} \quad (3.12)$$

dengan:

I_{ik-1} : Jumlah unit produk i yang disimpan pada bulan $k-1$

X_{ijk} : Jumlah unit produk i yang diproduksi di lintasan produksi j pada bulan k

D_{ik} : Jumlah permintaan unit produk i pada bulan k (unit)

I_{ik} : Jumlah unit produk i yang disimpan pada bulan k

2. Batasan Penyimpanan Produk Jadi

Jumlah unit produk i yang disimpan pada bulan k tidak boleh lebih dari 150% dari jumlah permintaan pada bulan tersebut. Formulasi batasan penyimpanan produk jadi adalah:

$$\sum_{i=1}^k \sum_{k=1}^m I_{ik} \leq 1,5 * D_{ik} \quad (3.13)$$

dengan:

I_{ik} : Jumlah unit produk i yang disimpan pada bulan k

D_{ik} : Jumlah permintaan unit produk i pada bulan k (unit)

3. Batasan Kapasitas *Common Part*

Setiap jenis produk membutuhkan satu unit *part* yang sama, sehingga perlu dibuat batasan kapasitas produksi *common part* agar jumlah unit produk yang diproduksi tidak melebihi kemampuan produksi *common part* tersebut. Formulasi batasan kapasitas *common part* adalah:

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^m \theta_i \cdot X_{ijk} \leq KP \quad (3.14)$$

dengan:

θ_i : Jumlah kebutuhan *common part* produk i (pcs/unit)

X_{ijk} : Jumlah unit produk i yang diproduksi di lintasan produksi j pada bulan k

KP : Kapasitas *common part* (unit/bulan)

4. Batasan Kapasitas lintasan produksi

Setiap lintasan produksi memiliki waktu produksi maksimal per bulan dan setiap jenis produk memiliki waktu proses yang berbeda-beda untuk memproduksi satu unit produk. Total waktu proses untuk memproduksi sejumlah produk dalam satu bulan tidak boleh melebihi kapasitas lintasan produksi dalam bulan tersebut. Waktu *set up* diperlukan untuk setiap kali pergantian jenis *timer* dalam lintasan produksi untuk mengubah pengaturan mesin-mesin dan menyesuaikan dengan spesifikasi jenis *timer* yang akan diproduksi, sehingga waktu *set up* ini akan menjadi faktor pengurang dalam kapasitas lintasan produksi. Formulasi batasan kapasitas lintasan produksi adalah:

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^m \rho_{ij} \cdot X_{ijk} + (\varphi_i \cdot SU_{ijk}) \leq KM_{ij} \quad (3.15)$$

dengan:

ρ_{ij} : Waktu proses produk i di lintasan produksi j (menit/unit)

X_{ijk} : Jumlah unit produk i yang diproduksi di lintasan produksi j pada bulan k

φ_i : Jumlah waktu *set up* untuk produk i (menit)

SU_{ijk} : Variabel *set up* mesin untuk produk i yang diproduksi di lintasan produksi j pada bulan k yang merupakan bilangan biner (bernilai 1 jika butuh *set up* dan 0 jika sebaliknya)

KM_{ij} : Kapasitas mesin produksi produk i di lintasan produksi j (menit/bulan)

5. Batasan *Set Up* Mesin

Batasan *set up* digunakan untuk memastikan bahwa variabel *set up* biner memiliki efek pada keseluruhan waktu produksi dengan menggunakan bilangan besar. Formulasi batasan *set up* mesin adalah:

$$X_{ijk} - B_{ij} \cdot SU_{ijk} \leq 0 \quad (3.16)$$

dengan:

X_{ijk} : Jumlah unit produk i yang diproduksi di lintasan produksi j pada bulan k

B_{ij} : Bilangan besar untuk memastikan efek dari variabel *set up* biner

SU_{ijk} : Variabel *set up* mesin untuk produk i yang diproduksi di lintasan produksi j pada bulan k merupakan bilangan biner (bernilai 1 jika butuh *set up* dan 0 jika sebaliknya)

6. Batasan Persediaan *Part*

Batasan persediaan *part* digunakan untuk memastikan bahwa jumlah unit *part* yang tersedia mencukupi untuk memproduksi produk dalam bulan tersebut. Formulasi batasan persediaan *part* adalah:

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^m X_{ijk} - M_{ik} \leq 0 \quad (3.17)$$

dengan:

X_{ijk} : Jumlah unit produk i yang diproduksi di lintasan produksi j pada bulan k

M_{ik} : Jumlah unit *part* produk i yang disimpan pada bulan k

7. Batasan Biaya *Part*

Jumlah keseluruhan biaya pengadaan *part* untuk produksi dalam satu tahun tidak boleh melebihi jumlah ketersediaan dana yang telah ditentukan. Formulasi batasan biaya *part* adalah:

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^m \beta_i \cdot X_{ijk} \leq MS \quad (3.18)$$

dengan:

β_i : Biaya *part* produk i (USD/unit)

X_{ijk} : Jumlah unit produk i yang diproduksi di lintasan produksi j pada bulan k

MS : Ketersediaan dana untuk biaya *part* (USD/tahun)

8. Batasan Biaya Tenaga Kerja Langsung

Tenaga kerja langsung ialah operator yang secara langsung melakukan proses produksi dalam lintasan produksi. Jumlah keseluruhan biaya tenaga kerja langsung untuk produksi dalam satu tahun tidak boleh melebihi jumlah ketersediaan dana yang telah ditentukan. Formulasi batasan biaya tenaga kerja langsung adalah:

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^m \gamma_i \cdot X_{ijk} \leq DL \quad (3.19)$$

dengan:

γ_i : Biaya tenaga kerja langsung untuk produk i (USD/unit)

X_{ijk} : Jumlah unit produk i yang diproduksi di lintasan produksi j pada bulan k

DL : Ketersediaan dana untuk biaya tenaga kerja langsung (USD/tahun)

9. Batasan Biaya Tenaga Kerja Tidak Langsung

Tenaga kerja tidak langsung ialah karyawan yang tidak bersentuhan langsung dengan proses produksi, namun mendukung jalannya proses produksi tersebut seperti *line leader*, *supervisor*, *product engineer* dan sebagainya. Jumlah keseluruhan biaya tenaga kerja tidak langsung dalam satu tahun tidak boleh melebihi jumlah ketersediaan dana yang telah ditentukan. Formulasi batasan biaya tenaga kerja tidak langsung adalah:

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^m \delta_i \cdot X_{ijk} \leq IL \quad (3.20)$$

dengan:

δ_i : Biaya tenaga kerja tidak langsung untuk produk i (USD/unit)

X_{ijk} : Jumlah unit produk i yang diproduksi di lintasan produksi j pada bulan k

IL : Ketersediaan dana untuk biaya tenaga kerja tidak langsung (USD/tahun)

10. Batasan Biaya Mesin dan Peralatan Produksi

Setiap jenis produk memiliki biaya mesin dan peralatan masing-masing, yang ditentukan dari perhitungan nilai penyusutan mesin tersebut atau disebut dengan biaya depresiasi. Jumlah keseluruhan biaya mesin dalam satu tahun tidak

boleh melebihi jumlah ketersediaan dana yang telah ditentukan. Formulasi batasan biaya mesin adalah:

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^m \varepsilon_i \cdot X_{ijk} \leq MC \quad (3.21)$$

dengan:

ε_i : Biaya mesin dan peralatan produksi untuk produk i (USD/unit)

X_{ijk} : Jumlah unit produk i yang diproduksi di lintasan produksi j pada bulan k

MC : Ketersediaan dana untuk biaya mesin dan peralatan produksi (USD/tahun)

11. Pembatas Non Negatif

$$X_{ijk}, I_{ik}, SU_{ijk}, M_{ik}, LP_{ik} \geq 0$$

3.4 Tahap Analisis dan Pengambilan Kesimpulan

Tahap ini merupakan tahap terakhir dari penelitian ini yang terdiri dari tahap analisis dan interpretasi hasil pengumpulan data dan pemodelan, yang kemudian ditarik kesimpulan penelitian dan pemberian saran untuk penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV PENGUMPULAN DATA DAN PEMODELAN

Pada bab ini berisi mengenai data-data yang digunakan dan pemodelan sesuai dengan tujuan penelitian ini.

4.1 Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan sebagai input untuk pengolahan data agar memperoleh solusi yang sesuai dengan tujuan penelitian ini. Data-data ini diperoleh secara langsung dari PT. X yang terdiri dari data yang digunakan untuk peramalan dan data yang digunakan untuk proses optimasi. Data yang digunakan untuk proses optimasi terdiri dari data harga jual, data biaya-biaya produksi, data waktu proses, data kebutuhan *common part*, data waktu *set up*, data kapasitas produksi, dan data ketersediaan dana. Data yang digunakan untuk proses optimasi ini adalah data periode tahun 2017.

4.1.1 Data Permintaan untuk Setiap Jenis *Timer*

Data permintaan yang digunakan adalah data historis permintaan untuk setiap jenis *timer* pada periode Januari 2013 sampai dengan Desember 2017. Jenis *timer* yang digunakan ada 10 jenis. Periode waktu yang digunakan adalah bulanan. Data permintaan dapat dilihat pada Lampiran A.

4.1.2 Data Harga Jual Setiap Jenis *Timer*

Harga jual untuk masing-masing jenis *timer* ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Harga Jual Setiap Jenis *Timer*

No	Nama Produk	Harga Jual (USD/Unit)
1	Produk A	10,28
2	Produk B	10,75
3	Produk C	9,93
4	Produk D	8,72
5	Produk E	9,42
6	Produk F	8,82
7	Produk G	6,81
8	Produk H	7,05
9	Produk I	7,26
10	Produk J	7,02

4.1.3 Data-Data Biaya Produksi untuk Setiap Jenis *Timer*

Data-data biaya yang berkaitan dengan proses produksi setiap jenis *timer*, yaitu:

4.1.3.1 Biaya *Part*

Besarnya biaya *part* untuk setiap jenis *timer* ditunjukkan pada Tabel 4.2. Biaya *part* untuk setiap jenis *timer* berbeda-beda sesuai dengan komponen *part* penyusunnya.

Tabel 4. 2 Biaya *Part*

No	Nama Produk	Biaya <i>Part</i> (USD/Unit)
1	Produk A	7,38
2	Produk B	7,75
3	Produk C	7,16
4	Produk D	6,17
5	Produk E	6,73
6	Produk F	6,24
7	Produk G	4,66
8	Produk H	4,92
9	Produk I	5,02
10	Produk J	4,82

4.1.3.2 Biaya Simpan *Part* dan Produk

Biaya simpan *part* dan produk jadi berbeda-beda untuk setiap jenis *timer*. Besarnya biaya simpan *part* dan produk jadi ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Biaya Simpan *Part* dan Produk

No	Nama Produk	Biaya Simpan <i>Part</i> (USD/Unit)	Biaya Simpan Produk Jadi (USD/Unit)
1	Produk A	0,10	0,29
2	Produk B	0,10	0,31
3	Produk C	0,09	0,28
4	Produk D	0,08	0,25
5	Produk E	0,09	0,27
6	Produk F	0,08	0,25
7	Produk G	0,06	0,19
8	Produk H	0,07	0,20
9	Produk I	0,07	0,21
10	Produk J	0,07	0,20

4.1.3.3 Biaya Tenaga Kerja Langsung

Biaya tenaga kerja langsung didapatkan dari biaya pekerja yang secara langsung melakukan proses produksi *timer*. Setiap jenis *timer* memiliki biaya tenaga kerja langsung yang ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Biaya Tenaga Kerja Langsung

No	Nama Produk	Biaya Tenaga Kerja Langsung (USD/Unit)
1	Produk A	0,52
2	Produk B	0,53
3	Produk C	0,47
4	Produk D	0,49
5	Produk E	0,48
6	Produk F	0,53
7	Produk G	0,48
8	Produk H	0,41
9	Produk I	0,48
10	Produk J	0,48

4.1.3.4 Biaya Tenaga Kerja Tidak Langsung

Biaya tenaga kerja tidak langsung didapatkan dari biaya pekerja yang tidak secara langsung melakukan proses produksi. Setiap jenis *timer* memiliki biaya tenaga kerja tidak langsung yang ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Biaya Tenaga Kerja Tidak Langsung

No	Nama Produk	Biaya Tenaga Kerja Tidak Langsung (USD/Unit)
1	Produk A	1,51
2	Produk B	1,58
3	Produk C	1,46
4	Produk D	1,28
5	Produk E	1,38
6	Produk F	1,29
7	Produk G	1,00
8	Produk H	1,04
9	Produk I	1,07
10	Produk J	1,03

4.1.3.5 Biaya Mesin dan Peralatan Produksi

Biaya mesin dan peralatan produksi yang digunakan pada lintasan produksi didapatkan dari perhitungan nilai penyusutan mesin dan peralatan produksi. Biaya mesin dan peralatan produksi untuk setiap jenis *timer* berbeda-beda berdasarkan proses produksinya. Biaya mesin dan peralatan produksi ini ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Biaya Mesin dan Peralatan Produksi

No	Nama Produk	Biaya Mesin dan Peralatan Produksi (USD/Unit)
1	Produk A	0,23
2	Produk B	0,23
3	Produk C	0,23
4	Produk D	0,23
5	Produk E	0,25
6	Produk F	0,22
7	Produk G	0,25
8	Produk H	0,25
9	Produk I	0,25
10	Produk J	0,25

4.1.3.6 Biaya Set Up Mesin

Biaya *set up* muncul ketika proses *set up* perlu dilakukan untuk pergantian jenis *timer* pada lintasan produksi. Biaya *set up* mesin adalah 0,5% dari biaya tenaga kerja langsung. Tabel 4.7 menunjukkan biaya *set up* mesin untuk setiap jenis *timer*.

Tabel 4. 7 Biaya Set Up Mesin

No	Nama Produk	Biaya Set Up (USD)
1	Produk A	0,0026
2	Produk B	0,0026
3	Produk C	0,0023
4	Produk D	0,0025
5	Produk E	0,0024
6	Produk F	0,0027
7	Produk G	0,0024
8	Produk H	0,0021
9	Produk I	0,0024
10	Produk J	0,0024

4.1.3.7 Biaya Kekurangan Produk

Biaya kekurangan produk akan diberlakukan apabila jumlah yang diproduksi kurang dari jumlah permintaan pada bulan tersebut. Biaya kekurangan produk dihitung dari biaya transportasi untuk pengiriman satu unit produk yang terlambat. Biaya kekurangan produk ditetapkan sebesar 0,0003 USD/unit.

4.1.4 Data Waktu Proses untuk Memproduksi Satu Unit *Timer*

Setiap jenis *timer* memiliki waktu proses masing-masing sesuai dengan proses perakitannya. Proses perakitan untuk setiap jenis *timer* bergantung pada spesifikasi jenis *timer* tersebut. Waktu proses ini dinyatakan dalam satuan menit per unit. Tabel 4.8 menunjukkan waktu proses untuk setiap jenis *timer*.

Tabel 4. 8 Waktu Proses Produksi

No	Nama Produk	Waktu Proses (Menit/Unit)
1	Produk A	0.72
2	Produk B	0.75
3	Produk C	0.71
4	Produk D	0.73
5	Produk E	0.70
6	Produk F	0.72
7	Produk G	0.72
8	Produk H	0.78
9	Produk I	0.74
10	Produk J	0.78

4.1.5 Data Kebutuhan *Common Part* untuk Setiap Jenis *Timer*

Setiap jenis *timer* membutuhkan satu unit *part* yang sama atau disebut dengan *common part*. Data kebutuhan *common part* ini akan digunakan untuk memastikan bahwa jumlah produk yang diproduksi tidak melebihi kapasitas produksi *common part*.

4.1.6 Data Waktu *Set Up* untuk Setiap Kali Pergantian Jenis *Timer*

Waktu *set up* yang diperlukan untuk setiap kali pergantian jenis *timer* adalah 5 menit.

4.1.7 Data Kapasitas dan Ketersediaan Dana

Dalam proses optimasi dibutuhkan data kapasitas dan ketersediaan dana. Data kapasitas dan ketersediaan dana ini akan digunakan sebagai faktor pembatas.

4.1.7.1 Kapasitas Mesin

Kapasitas mesin diartikan sebagai kapasitas waktu produksi untuk setiap lintasan produksi. PT. X memiliki tiga lintasan produksi yang dapat memproduksi setiap jenis *timer*. Setiap lintasan produksi memiliki waktu 1225 menit per hari untuk proses produksi. Kapasitas mesin ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Kapasitas Mesin

No	Nama Produk	Lintasan Produksi		
		1	2	3
1	Produk A	√	√	√
2	Produk B	√	√	√
3	Produk C	√	√	√
4	Produk D	√	√	√
5	Produk E	√	√	√
6	Produk F	√	√	√
7	Produk G	√	√	√
8	Produk H	√	√	√
9	Produk I	√	√	√
10	Produk J	√	√	√
Kapasitas (Menit/Hari)		1225	1225	1225

4.1.7.2 Kapasitas Produksi *Common Part*

Kapasitas produksi *common part* per bulan adalah 960.000 unit.

4.1.7.3 Ketersediaan Dana untuk Biaya *Part*

Biaya *part* didapatkan dari biaya variabel *part* dari produksi *timer*. Ketersediaan dana yang dianggarkan untuk biaya pengadaan *part* adalah \$1.367.250 USD/Bulan.

4.1.7.4 Ketersediaan Dana untuk Biaya Tenaga Kerja Langsung

Ketersediaan dana yang dianggarkan untuk biaya tenaga kerja langsung untuk produksi *timer* adalah \$56.250 USD/Bulan

4.1.7.5 Ketersediaan Dana untuk Biaya Tenaga Kerja Tidak Langsung

Ketersediaan dana yang dianggarkan untuk biaya tenaga kerja tidak langsung untuk produksi *timer* adalah \$110.875 USD/Bulan

4.1.7.6 Ketersediaan Dana untuk Biaya Mesin dan Peralatan Produksi

Alokasi biaya mesin dan peralatan produksi didapatkan dari perhitungan estimasi nilai penyusutan. Biaya mesin dan peralatan produksi yang dianggarkan adalah \$61.000 USD/Bulan.

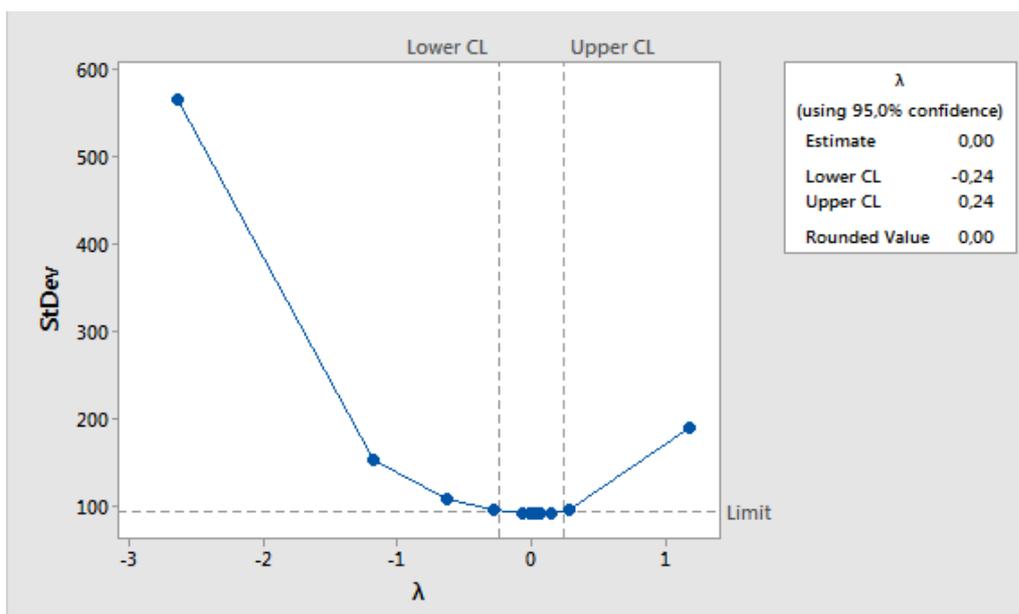
4.2 Peramalan

Peramalan dilakukan untuk menentukan jumlah permintaan *timer* untuk bulan Januari 2018 sampai dengan Desember 2018. Data historis yang digunakan untuk peramalan adalah data permintaan *timer* pada bulan Januari 2013 sampai dengan Desember 2017. Model peramalan yang digunakan dalam menentukan jumlah permintaan adalah model ARIMA. Langkah awal yang dilakukan sebelum peramalan dengan model ARIMA adalah memeriksa kestasioneran data. Kestasioneran data dapat ditentukan dari dua hal, yaitu kestasioneran terhadap variansi dan kestasioneran terhadap rata-rata.

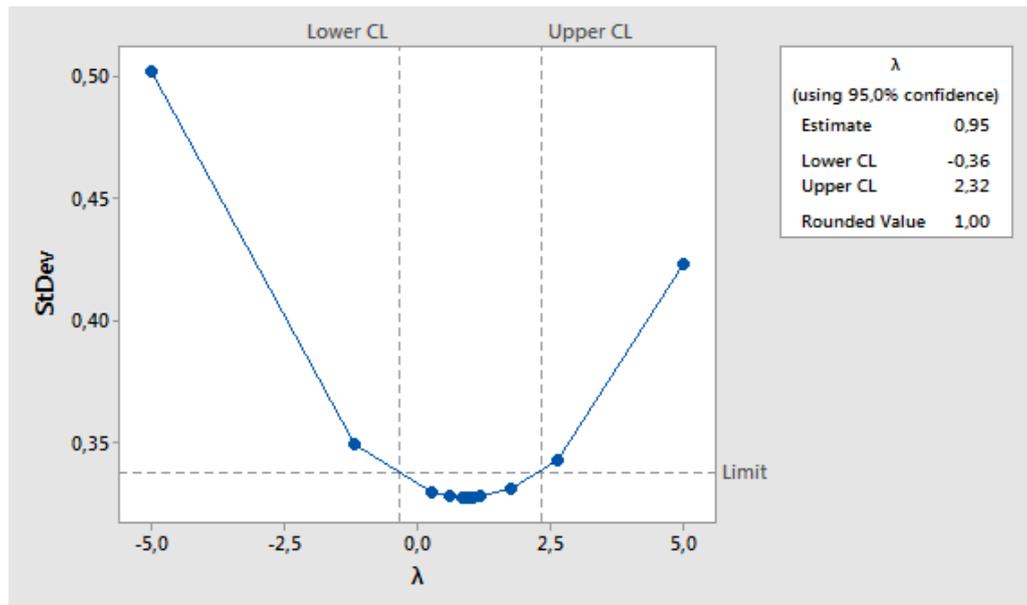
4.2.1 Kestasioneran Terhadap Variansi

Kestasioneran terhadap variansi dapat dilihat dari plot Box-Cox. Pada plot Box-Cox dapat diketahui nilai λ (*rounded value*). Data dapat dikatakan stasioner apabila nilai $\lambda = 1$. Apabila nilai $\lambda \neq 1$, maka perlu dilakukan proses transformasi.

Plot Box-Cox untuk permintaan produk A ditunjukkan pada Gambar 4.1. Pada Gambar 4.1 diketahui bahwa nilai λ adalah 0,00 maka perlu dilakukan proses transformasi. Proses transformasi mengikuti formula transformasi yang terdapat pada lampiran B. Hasil proses transformasi Box-Cox permintaan produk A dapat dilihat pada Gambar 4.2. Dari hasil transformasi didapatkan nilai $\lambda = 1$, sehingga permintaan produk A telah stasioner terhadap variansi.



Gambar 4. 1 Plot Box-Cox Permintaan Produk A (Sebelum Transformasi)

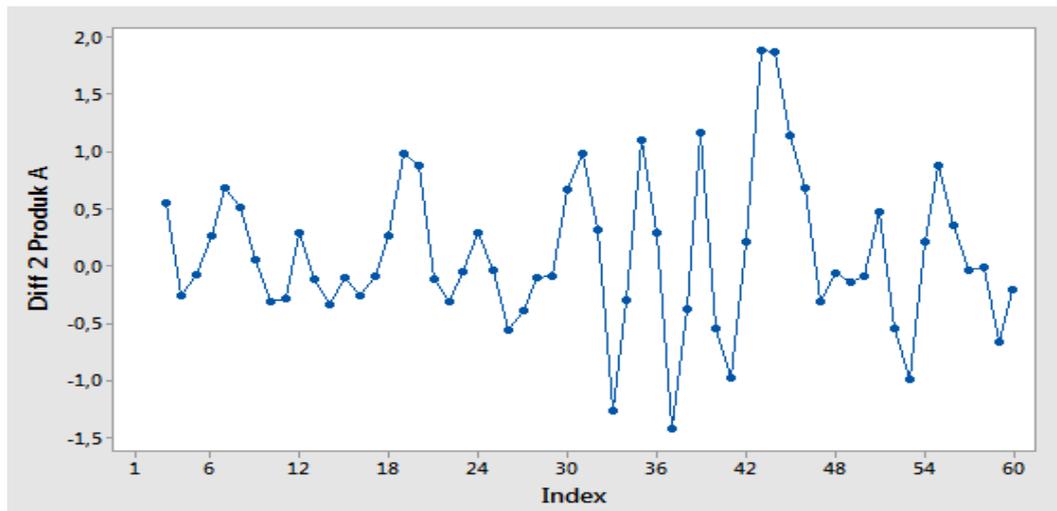


Gambar 4. 2 Plot Box-Cox Permintaan Produk A (Setelah Transformasi)

Plot Box-Cox untuk permintaan masing-masing produk selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran C.

4.2.2 Kestasioneran Terhadap Rata-Rata

Data dikatakan stasioner terhadap rata-rata apabila rata-rata data homogen dan tidak ada pola tren naik atau turun. Bila data tidak stasioner terhadap rata-rata maka perlu dilakukan proses differensiasi. Gambar 4.3 menunjukkan plot permintaan produk A setelah proses differensiasi tingkat kedua. Proses differensiasi tingkat kedua dilakukan karena hasil dari differensiasi tingkat pertama belum stasioner. Dari plot data tersebut dapat dilihat bahwa pola data naik dan turun disekitar nilai rata-rata, sehingga data telah stasioner terhadap rata-rata. Plot *time series* untuk permintaan masing-masing produk setelah proses differensiasi dapat dilihat pada Lampiran D.



Gambar 4. 3 Plot *Time Series* Permintaan Produk A Setelah Proses Differensiasi Tingkat Kedua

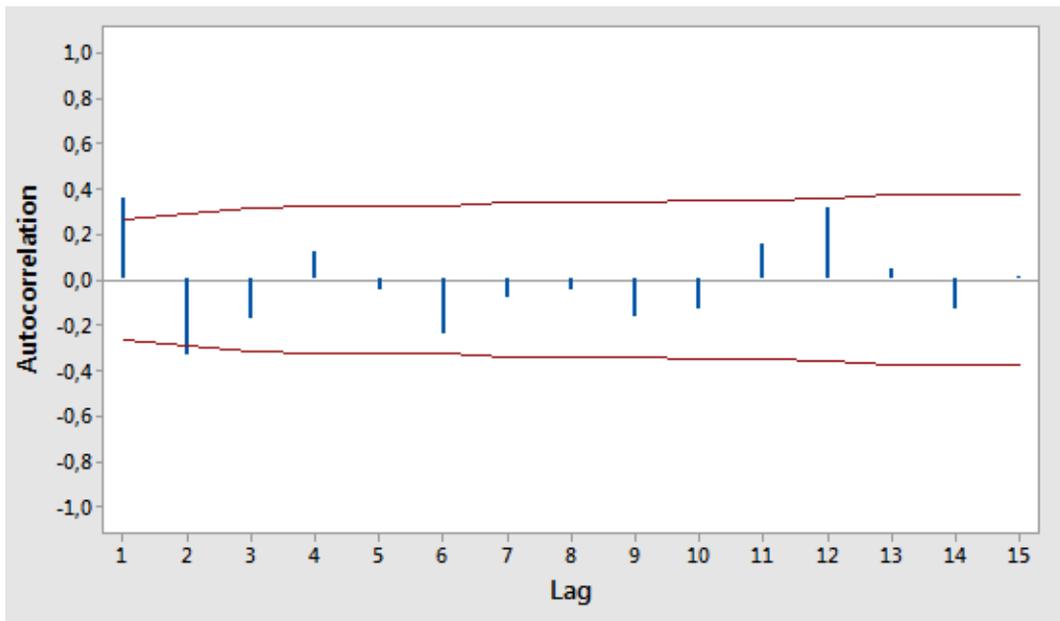
4.2.3 Identifikasi Model

Setelah data stasioner terhadap variansi dan rata-rata, maka tahap selanjutnya adalah melakukan identifikasi model. Identifikasi model dilakukan dengan menentukan nilai *autoregressive* (AR), *differencing* (d) dan *moving average* (MA). Proses identifikasi ini dilakukan dengan mengamati grafik autokorelasi (ACF) untuk menentukan nilai q (tingkat *moving average* tertinggi) dan grafik parsial autokorelasi (PACF) untuk menentukan nilai p (tingkat *autoregressive* tertinggi). Nilai d didapatkan dari perbedaan data *time series*.

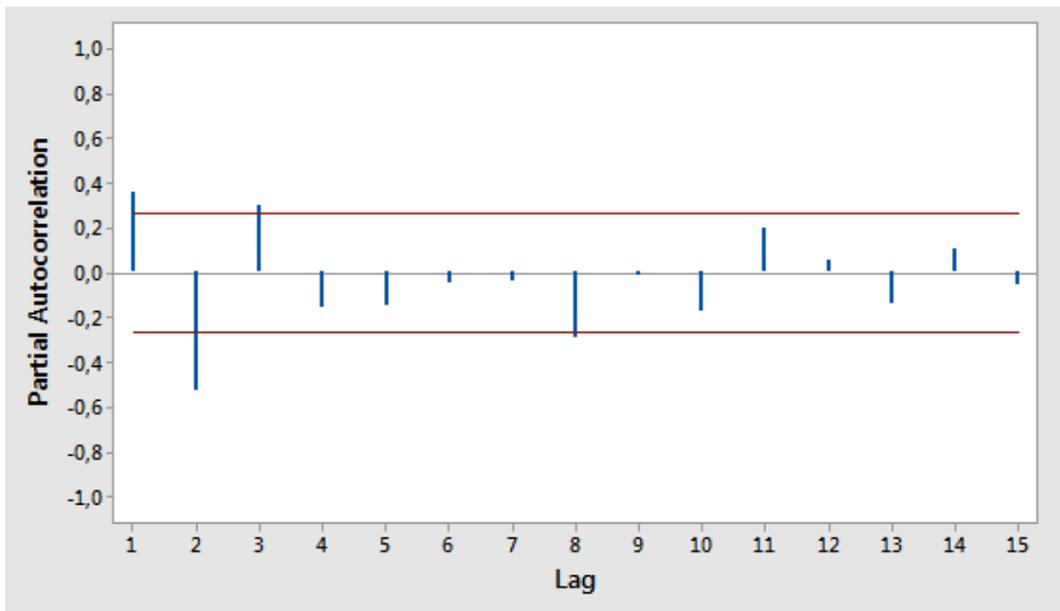
Grafik ACF dan PACF untuk permintaan produk A ditunjukkan pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5. Grafik ACF dan PACF untuk permintaan produk A ini dibuat setelah dilakukan proses differensiasi tingkat kedua, sehingga nilai d adalah 2.

Dari grafik ACF untuk permintaan produk A dapat dilihat bahwa lag 1 dan 2 tidak berada dalam batas signifikansi, sehingga nilai MA = 2. Dari grafik PACF untuk data permintaan produk A dapat dilihat bahwa lag 1, 2, dan 3 tidak berada dalam batas signifikansi, sehingga nilai AR = 3. Model ARIMA yang mungkin untuk permintaan produk A adalah:

- ARIMA (1,2,0)
- ARIMA (2,2,0)
- ARIMA (3,2,0)
- ARIMA (0,2,1)
- ARIMA (0,2,2)
- ARIMA (1,2,1)
- ARIMA (2,2,1)
- ARIMA (3,2,1)
- ARIMA (1,2,2)
- ARIMA (2,2,2)
- ARIMA (3,2,2)



Gambar 4. 4 Grafik Autokorelasi (ACF) Permintaan Produk A (dengan Limit-Limit Signifikansi Sebesar 5% untuk Autokorelasi)



Gambar 4. 5 Grafik Autokorelasi Parsial (PACF) Permintaan Produk A (dengan Limit-Limit Signifikansi Sebesar 5% untuk Autokorelas Parsial)

Grafik analisis autokorelasi (ACF) dan autokorelasi parsial (PACF) untuk data permintaan masing-masing produk dapat dilihat pada Lampiran E.

4.2.4 Uji Statistik Parameter Model

Nilai (p,d,q) yang telah diidentifikasi kemudian akan diuji signifikansi dari parameter-parameternya menggunakan uji hipotesis. Uji statistik parameter model

dilakukan dengan cara menguji signifikansi dari 2 parameter untuk tiap model ARIMA, yaitu konstanta dan parameter AR (p) atau MA (q). Hipotesa yang digunakan dalam uji statistik parameter adalah:

$$H_0: \varphi = 0$$

$$H_1: \varphi \neq 0$$

φ adalah koefisien parameter AR (p) atau MA (q).

Jika nilai p pada parameter model ARIMA lebih besar daripada nilai α , maka H_0 gagal ditolak. Hal ini berarti nilai parameter tidak cukup signifikan untuk dimasukkan ke model.

Tabel 4. 10 Parameter Model ARIMA untuk Data Permintaan Produk A
(Dengan Parameter Konstanta)

Model ARIMA	Parameter	Koefisien	Nilai P	MSE
(1,2,0)	AR 1	0,3615	0,0050	0,3861
	Constant	0,0600	0,4650	
(2,2,0)	AR 1	0,5571	0,0000	0,2764
	AR 2	-0,5511	0,0000	
	Constant	0,1025	0,1430	
(3,2,0)	AR 1	0,7412	0,0000	0,2492
	AR 2	-0,7430	0,0000	
	AR 3	0,3404	0,0110	
	Constant	0,0681	0,3030	
(0,2,1)	MA 1	-0,9233	0,0000	0,2503
	Constant	0,1071	0,3810	
(0,2,2)	MA 1	-0,6920	0,0000	0,2465
	MA 2	0,3419	0,0000	
	Constant	0,0621	0,4660	
(1,2,1)	AR 1	-0,0687	0,6360	0,2550
	MA 1	-0,9417	0,0000	
	Constant	0,1123	0,3660	
(2,2,1)	AR 1	1,2412	0,0000	0,3335
	AR 2	-0,4988	0,0000	
	MA 1	0,9619	0,0000	
	Constant	0,0265	0,0000	
(3,2,1)	AR 1	0,3721	0,2470	0,2460
	AR 2	-0,5421	0,0130	
	AR 3	0,1411	0,5510	
	MA 1	-0,4332	0,1630	
	Constant	0,1088	0,2490	
(1,2,2)	AR 1	0,6880	0,0000	0,2277
	MA 1	0,0308	0,7610	
	MA 2	0,9081	0,0000	
	Constant	0,0328	0,0000	
(2,2,2)	AR 1	0,7947	0,0000	0,2278
	AR 2	-0,1414	0,3550	
	MA 1	0,0578	0,5510	
	MA 2	0,8824	0,0000	
	Constant	0,0367	0,0000	
(3,2,2)	AR 1	-0,3005	0,0650	0,2231
	AR 2	-0,6403	0,0000	
	AR 3	0,0886	0,5750	
	MA 1	-1,1740	0,0000	
	MA 2	-0,9584	0,0000	
	Constant	0,1773	0,2850	

Tabel 4. 11 Parameter Model ARIMA untuk Data Permintaan Produk A
(Tanpa Parameter Konstanta)

Model ARIMA	Parameter	Koefisien	Nilai P	MSE
(1,2,0)	AR 1	0,3739	0,0040	0,3828
(2,2,0)	AR 1	0,5728	0,0000	0,2815
	AR 2	-0,5319	0,0000	
(3,2,0)	AR 1	0,7633	0,0000	0,2486
	AR 2	-0,7436	0,0000	
	AR 3	0,3654	0,0050	
(0,2,1)	MA 1	-0,9243	0,0000	0,2482
(0,2,2)	MA 1	-0,8905	0,0000	0,2546
	MA 2	0,1078	0,0200	
(1,2,1)	AR 1	-0,0582	0,6850	0,2529
	MA 1	-0,9409	0,0000	
(2,2,1)	AR 1	0,1550	0,3300	0,2416
	AR 2	-0,3841	0,0100	
	MA 1	-0,6807	0,0000	
(3,2,1)	AR 1	0,4590	0,1420	0,2465
	AR 2	-0,5737	0,0080	
	AR 3	0,2149	0,3320	
	MA 1	-0,3622	0,2410	
(1,2,2)	AR 1	0,6521	0,0320	0,2469
	MA 1	-0,1236	0,6050	
	MA 2	0,7654	0,0010	
(2,2,2)	AR 1	0,2309	0,6090	0,2436
	AR 2	-0,2857	0,0650	
	MA 1	-0,6306	0,1810	
	MA 2	0,1989	0,6510	
(3,2,2)	AR 1	-0,3003	0,0590	0,2214
	AR 2	-0,6225	0,0000	
	AR 3	0,0982	0,5270	
	MA 1	-1,1741	0,0000	
	MA 2	-0,9625	0,0000	

Pada Tabel 4.10 dapat diketahui bahwa model ARIMA yang memiliki parameter AR (p) dan MA (q) dengan nilai $p < 0,05$ adalah ARIMA (2,2,1). Pada Tabel 4.11 dapat diketahui bahwa model ARIMA yang memiliki parameter AR (p) dan MA (q) dengan nilai $p < 0,05$ adalah ARIMA (0,2,1). Model terbaik yang dipilih untuk permintaan produk A adalah ARIMA (0,2,1) tanpa parameter konstanta dengan nilai MSE yang lebih kecil.

Jika nilai dari parameter-parameter tersebut telah signifikan terhadap model, maka model tersebut dapat digunakan untuk melakukan peramalan. Hasil uji signifikansi parameter-parameter tersebut dapat dilihat pada Lampiran F.

4.2.5 Diagnosa Model

Diagnosa model dilakukan untuk mendeteksi adanya korelasi dan kenormalan antar residual. Residual dari model ARIMA (0,2,1) untuk permintaan produk A ditunjukkan pada Tabel 4.12. Residual dari model ARIMA yang diterima untuk permintaan setiap jenis produk dapat dilihat pada Lampiran G.

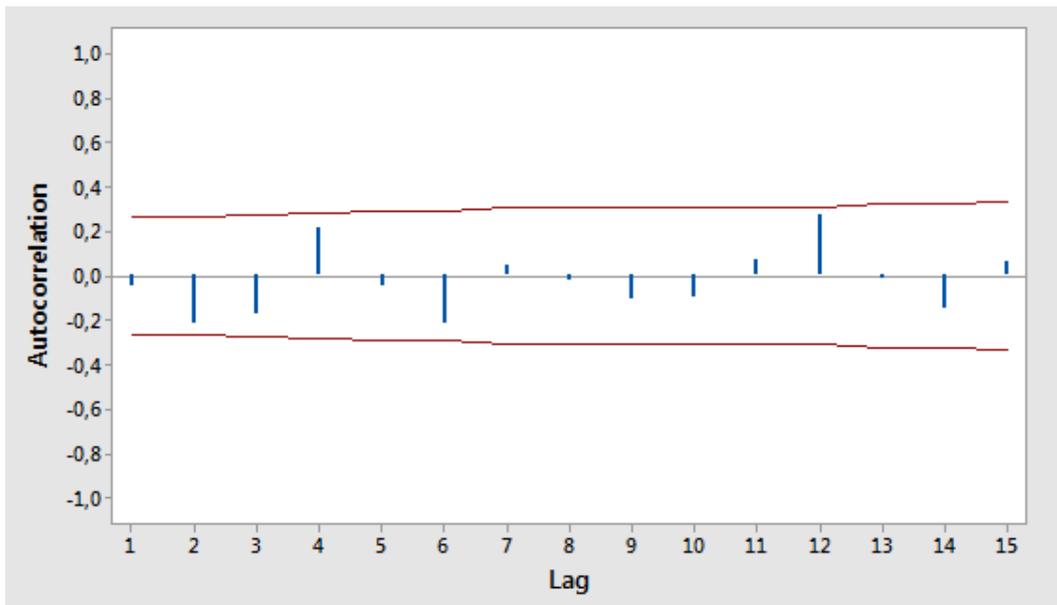
Tabel 4. 12 Residual Model ARIMA (0,2,1) untuk Permintaan Produk A

Bulan ke-	Residual	Bulan ke-	Residual	Bulan ke-	Residual
1	*	21	-0,2155	41	-0,2387
2	*	22	-0,1095	42	0,4258
3	0,0166	23	0,0486	43	1,4864
4	-0,2731	24	0,2428	44	0,5015
5	0,1751	25	-0,2705	45	0,6681
6	0,0960	26	-0,3085	46	0,0551
7	0,5928	27	-0,1016	47	-0,3615
8	-0,0349	28	-0,0156	48	0,2655
9	0,0777	29	-0,0726	49	-0,3942
10	-0,3801	30	0,7309	50	0,2720
11	0,0637	31	0,3024	51	0,2194
12	0,2288	32	0,0324	52	-0,7548
13	-0,3293	33	-1,3057	53	-0,2910
14	-0,0405	34	0,8993	54	0,4746
15	-0,0680	35	0,2708	55	0,4381
16	-0,2055	36	0,0353	56	-0,0513
17	0,1029	37	-1,4569	57	0,0122
18	0,1633	38	0,9632	58	-0,0253
19	0,8299	39	0,2763	59	-0,6501
20	0,1026	40	-0,8092	60	0,3895

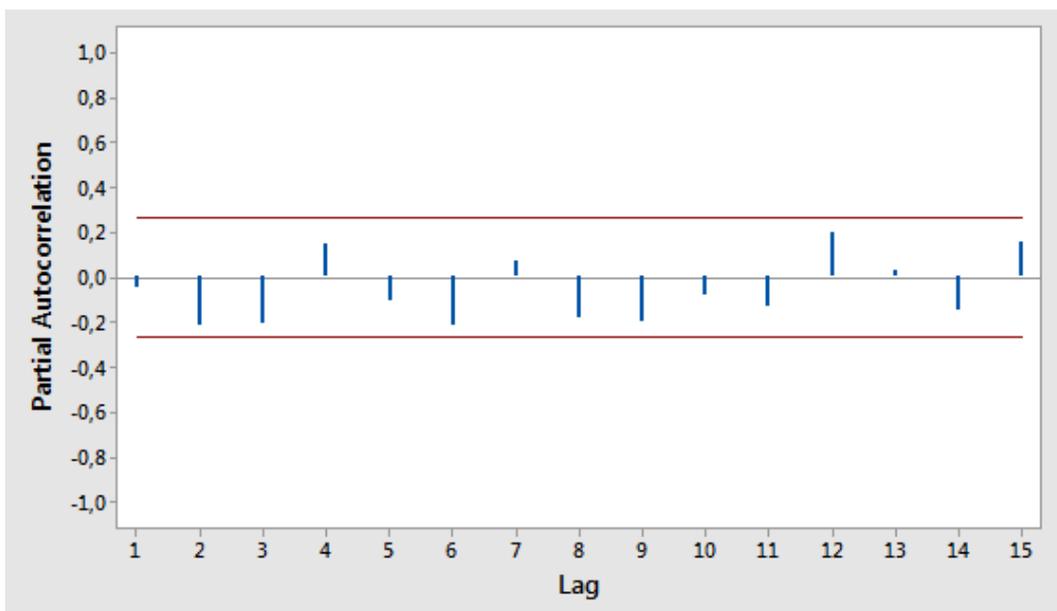
Dalam data deret waktu ada asumsi bahwa residual mengikuti proses *white noise*, yang berarti residual harus independen atau tidak berkorelasi dan memiliki distribusi normal dengan rata-rata mendekati nol ($\mu = 0$) dan dengan deviasi standar tertentu. *White noise* dapat dideteksi dengan cara diagnosa model sebagai berikut:

4.2.5.1 Uji Independensi Residual

Pengujian dilakukan untuk mendeteksi independensi residual antar lag. Uji independensi residual dilakukan dengan melihat grafik autokorelasi (ACF) dan grafik autokorelasi parsial (PACF) dari residual. Grafik ACF dan PACF residual untuk model ARIMA (0,2,1) ditunjukkan pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



Gambar 4. 6 Grafik Autokorelasi (ACF) Residual Model ARIMA (0,2,1) Permintaan Produk A (dengan Limit-Limit Signifikansi Sebesar 5% untuk Autokorelasi)



Gambar 4. 7 Grafik Autokorelasi Parsial (PACF) Residual Model ARIMA (0,2,1) Permintaan Produk A (dengan Limit-Limit Signifikansi Sebesar 5% untuk Autokorelasi Parsial)

Dari grafik ACF dan PACF residual pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa tidak ada lag yang keluar dari batas signifikansi. Hal ini menunjukkan bahwa residual dari model ARIMA (0,2,1) independen, sehingga model layak

diterima. Grafik ACF dan PACF residual untuk permintaan setiap jenis produk dapat dilihat pada Lampiran H.

Apabila dari grafik ACF dan PACF residual terdapat lag yang keluar dari batas signifikansi, maka pengujian independensi residual dilakukan dengan menggunakan *runs test*. *Run test* adalah pengujian statistik nonparametrik untuk memeriksa apakah susunan data bersifat acak atau tidak. Uji statistik nonparametrik menggunakan hipotesis sebagai berikut:

H_0 : Residual bersifat acak

H_1 : Residual tidak bersifat acak

Jika nilai p lebih besar daripada nilai α , maka H_0 gagal ditolak. Hal ini berarti susunan data residual bersifat acak sehingga model dapat digunakan.

4.2.5.2 Uji Distribusi Normal dari Residual

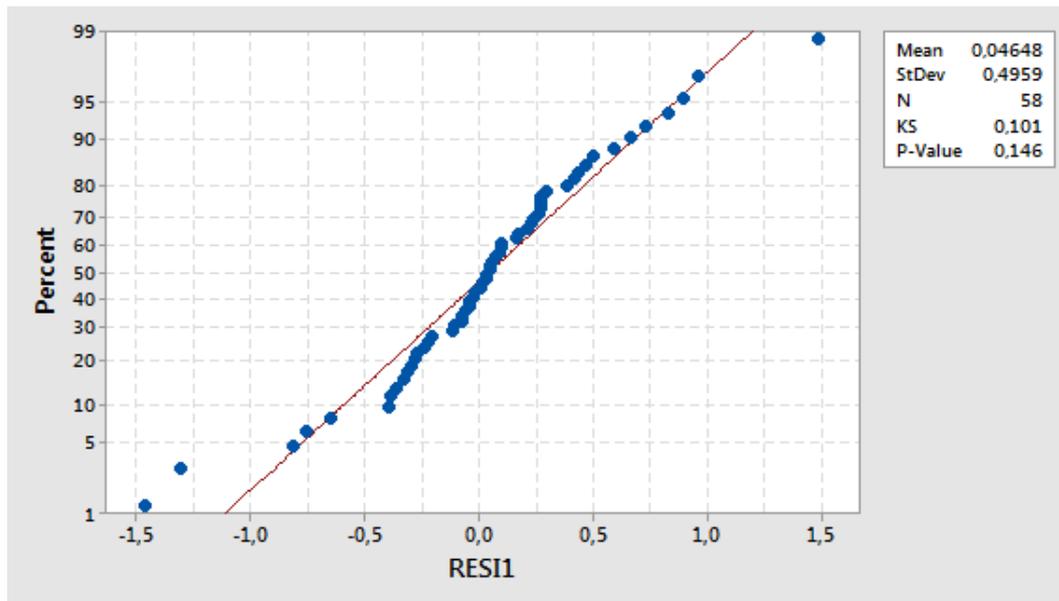
Pengujian dilakukan untuk mendeteksi kenormalan residual pada model ARIMA yang diterima. Uji kenormalan residual dilakukan dengan melihat plot distribusi normal melalui uji Kolmogorov-Smirnov. Hipotesis yang digunakan dalam uji Kolmogorov-Smirnov adalah:

H_0 : Residual berdistribusi normal

H_1 : Residual tidak berdistribusi normal

Jika nilai p lebih besar dari nilai α , maka H_0 gagal ditolak. Hal ini berarti residual model berdistribusi normal. Gambar 4.8 menunjukkan plot distribusi normal residual model ARIMA (0,2,1) untuk permintaan produk A.

Pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa nilai p lebih besar dari nilai α , maka H_0 gagal ditolak. Hal ini berarti residual pada model ARIMA (0,2,1) telah mengikuti distribusi normal, sehingga model dapat digunakan. Plot distribusi residual untuk permintaan setiap jenis produk dapat dilihat pada Lampiran I.



Gambar 4. 8 Plot Distribusi Residual Model ARIMA (0,2,1) untuk Permintaan Produk A

Berdasarkan hasil pengujian independensi dan kenormalan dari residual yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa model ARIMA (0,2,1) untuk permintaan produk A adalah signifikan dan residualnya telah mengikuti proses *white noise*, sehingga model dapat diandalkan untuk peramalan.

4.2.6 Hasil Peramalan

Proses peramalan dilakukan dengan re-transformasi Box-Cox untuk mendapatkan peramalan jumlah permintaan yang sebenarnya. Tabel 4.13 menunjukkan hasil peramalan dan setelah dilakukan proses re-transformasi untuk permintaan produk A.

Tabel 4. 13 Hasil Peramalan dan Setelah Proses Re-Transformasi untuk Permintaan Produk A

Bulan	Hasil Peramalan	Peramalan Setelah Re-Transformasi
1	7,2308	1382
2	7,2755	1445
3	7,3202	1511
4	7,3649	1580
5	7,4096	1652
6	7,4543	1728
7	7,4990	1807
8	7,5437	1889
9	7,5884	1976
10	7,6331	2066
11	7,6778	2160
12	7,7225	2259

Berikut ini adalah beberapa data yang digunakan dalam peramalan permintaan produk A dengan model ARIMA (0,2,1).

Koefisien MA = - 0,9243
 Data ke-59 (X59) = 769
 Data ke-60 (X60) = 1321
 Residual ke-60 (e60) = 0,3895
 Residual ke-61 (e61) = 0

Dari persamaan 2.4 dapat dihitung permintaan produk A untuk periode ke-61 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} X_{61} &= \mu' + e_{61} + X_{60} - \theta_1 \cdot e_{60} - \vartheta_1(X_{59} - X_{60}) \\ &= 7,2308 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kemudian di re-transformasi sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Ramalan periode ke-61} &= \text{EXP}(X_{61}) \\ &= 1382 \end{aligned}$$

Cara yang sama dilakukan untuk mendapatkan ramalan permintaan untuk periode ke-62 sampai dengan periode ke-72.

Hasil peramalan untuk jumlah permintaan masing-masing *timer* untuk periode Januari 2018 sampai dengan Desember 2018 setelah proses re-transformasi dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15.

Tabel 4. 14 Hasil Peramalan Permintaan *Timer* Pada Periode Januari-Desember 2018 untuk Produk A-E

Bulan	Produk A	Produk B	Produk C	Produk D	Produk E
1	1.382	1.420	879	2.239	3.233
2	1.445	1.587	933	2.027	3.095
3	1.511	1.705	991	2.196	3.062
4	1.580	1.791	1.053	2.541	3.082
5	1.652	1.860	1.118	2.601	3.128
6	1.728	1.918	1.187	2.736	3.188
7	1.807	1.972	1.261	3.020	3.257
8	1.889	2.023	1.339	3.211	3.332
9	1.976	2.073	1.422	3.395	3.411
10	2.066	2.123	1.511	3.668	3.493
11	2.160	2.174	1.604	3.932	3.578
12	2.259	2.225	1.704	4.185	3.666

Tabel 4. 15 Hasil Peramalan Permintaan *Timer* Pada Periode Januari-Desember 2018 untuk Produk F-J

Bulan	Produk F	Produk G	Produk H	Produk I	Produk J
1	5.527	5.390	6.317	13.655	30.925
2	5.803	5.716	6.468	13.559	32.049
3	6.101	5.570	6.622	13.607	32.570
4	6.422	5.634	6.778	13.583	33.281
5	6.769	5.606	6.937	13.595	33.961
6	7.146	5.618	7.099	13.589	34.673
7	7.554	5.613	7.264	13.592	35.400
8	7.999	5.615	7.431	13.591	36.146
9	8.484	5.614	7.602	13.592	36.913
10	9.014	5.615	7.775	13.591	37.700
11	9.596	5.614	7.951	13.591	38.508
12	10.236	5.614	8.131	13.591	39.337

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan disajikan hasil analisis dan pembahasan dari optimasi yang telah dilakukan dengan perangkat lunak LINGO 17.0.

5.1 Hasil Model Optimasi

Berdasarkan hasil *running* model matematis pada program LINGO diperoleh keuntungan maksimal sebesar \$428.114,6 USD dengan total produksi selama 12 bulan adalah 963.448 unit *timer*.

5.1.1 Variabel Keputusan X_{ijk}

Jumlah setiap jenis *timer* yang harus diproduksi setiap bulan pada tiap lintasan produksi (X_{ijk}) dapat dilihat pada Tabel 5.1. Model matematis pada optimasi ini dapat memenuhi semua jumlah permintaan setiap jenis produk sesuai dengan hasil peramalan.

5.1.2 Variabel Keputusan I_{ik}

Pada sub bab sebelumnya dapat diketahui jumlah setiap jenis *timer* yang harus diproduksi setiap bulannya, maka dapat diketahui jumlah persediaan produk jadi yang dapat dibuat dengan memaksimalkan sumber daya yang ada. Jumlah setiap jenis produk yang dapat disimpan setiap bulan (I_{ik}) dapat dilihat pada Tabel 5.2.

5.1.3 Variabel Keputusan SU_{ijk}

Set up mesin (SU_{ijk}) dilakukan setiap kali terjadi pergantian jenis produk pada lintasan produksi yang sama. Tabel 5.3 menunjukkan variabel *set up*. Nilai variabel *set up* adalah 1 jika terdapat pergantian jenis produk, sehingga membutuhkan *set up* mesin, dan 0 jika tidak diperlukan *set up* mesin.

5.1.4 Variabel Keputusan M_{ik}

Dengan diketahui jumlah produk yang harus diproduksi tiap bulannya maka dapat ditetapkan jumlah persediaan *part* tiap bulannya (M_{ik}). Persediaan *part* untuk setiap jenis produk per bulan dapat dilihat pada Tabel 5.4.

5.1.5 Variabel Keputusan LP_{ik}

Jumlah kekurangan produk tiap bulannya (LP_{ik}) harus diminimalkan karena terdapat penambahan biaya apabila jumlah yang diproduksi kurang dari jumlah permintaan pada bulan tersebut. Hasil dari optimasi menunjukkan bahwa variabel keputusan LP_{ik} bernilai 0 untuk semua jenis produk di setiap bulannya. Hal ini berarti semua permintaan dapat terpenuhi.

Tabel 5. 1 Hasil Optimasi untuk Variabel Keputusan X_{ijk}

NO	PRODUK	BULAN																	
		1			2			3			4			5			6		
		MESIN			MESIN			MESIN			MESIN			MESIN			MESIN		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	PRODUK A	0	1382	0	0	1445	0	1511	0	0	0	1580	0	0	0	1652	1728	0	0
2	PRODUK B	0	1420	0	1587	0	0	1705	0	0	0	1791	0	1860	0	0	1918	0	0
3	PRODUK C	0	0	879	0	933	0	0	0	991	1053	0	0	0	0	1118	0	0	1187
4	PRODUK D	0	2239	0	2027	0	0	0	0	2196	0	2541	0	2601	0	0	2736	0	0
5	PRODUK E	0	0	3233	0	3095	0	3062	0	0	0	3082	0	0	0	3128	3188	0	0
6	PRODUK F	5527	0	0	0	0	5803	6101	0	0	0	6422	0	6769	0	0	0	7146	0
7	PRODUK G	0	5390	0	5716	0	0	5570	0	0	5634	0	0	0	0	5606	5618	0	0
8	PRODUK H	6317	0	0	0	0	6468	0	0	6622	0	6778	0	6937	0	0	0	7099	0
9	PRODUK I	13655	0	0	0	13559	0	13607	0	0	0	13583	0	0	0	13595	13589	0	0
10	PRODUK J	6418	0	24507	0	32049	0	12267	20303	0	6986	26295	0	0	17802	16159	0	5382	29291

Tabel 5.1 Hasil Optimasi untuk Variabel Keputusan X_{ijk} – Lanjutan

NO	PRODUK	BULAN																	
		7			8			9			10			11			12		
		MESIN			MESIN			MESIN			MESIN			MESIN			MESIN		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	PRODUK A	0	0	1807	0	0	1889	0	0	1976	0	0	2066	2160	0	0	0	0	2259
2	PRODUK B	0	1972	0	0	2023	0	0	2073	0	0	0	2123	0	0	2174	0	0	2225
3	PRODUK C	0	0	1261	0	1339	0	1422	0	0	0	1511	0	0	1604	0	0	0	1704
4	PRODUK D	3020	0	0	0	0	3211	0	3395	0	0	3668	0	3932	0	0	0	0	10462
5	PRODUK E	3257	0	0	0	3332	0	0	0	3411	0	0	3493	0	0	3578	0	3666	0
6	PRODUK F	0	0	7554	0	7999	0	0	8484	0	9014	0	0	9596	0	0	0	0	10236
7	PRODUK G	0	0	5613	0	0	5615	0	0	5614	0	5615	0	0	0	5614	0	0	5614
8	PRODUK H	0	0	7264	0	7431	0	0	0	7602	0	0	7775	0	0	7951	8131	0	0
9	PRODUK I	0	13592	0	0	13591	0	0	1	13591	0	13591	0	0	13591	0	0	13591	0
10	PRODUK J	0	18045	17355	34544	1602	0	6853	30060	0	22256	0	15444	0	9284	29224	20611	0	19359

Tabel 5. 2 Hasil Optimasi untuk Variabel Keputusan I_{ik}

NO	PRODUK	BULAN											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	PRODUK A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	PRODUK B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	PRODUK C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	PRODUK D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6277
5	PRODUK E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	PRODUK F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	PRODUK G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	PRODUK H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	PRODUK I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	PRODUK J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	633

Tabel 5. 3 Hasil Optimasi untuk Variabel Keputusan SU_{ijk}

NO	PRODUK	BULAN																	
		1			2			3			4			5			6		
		MESIN			MESIN			MESIN			MESIN			MESIN			MESIN		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	PRODUK A	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
2	PRODUK B	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	
3	PRODUK C	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	
4	PRODUK D	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	
5	PRODUK E	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	
6	PRODUK F	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	
7	PRODUK G	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	
8	PRODUK H	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	
9	PRODUK I	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	
10	PRODUK J	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	

Tabel 5.3 Hasil Optimasi untuk Variabel Keputusan SU_{ijk} - Lanjutan

NO	PRODUK	BULAN																	
		7			8			9			10			11			12		
		MESIN			MESIN			MESIN			MESIN			MESIN			MESIN		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	PRODUK A	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1
2	PRODUK B	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
3	PRODUK C	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
4	PRODUK D	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
5	PRODUK E	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
6	PRODUK F	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
7	PRODUK G	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1
8	PRODUK H	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
9	PRODUK I	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
10	PRODUK J	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1

Tabel 5. 4 Hasil Optimasi untuk Variabel Keputusan M_{ik}

PRODUK	BULAN											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PRODUK A	460	481	503	526	550	576	602	629	658	688	720	753
PRODUK B	473	529	568	597	620	639	657	674	691	707	724	741
PRODUK C	293	311	330	351	372	395	420	446	474	503	534	568
PRODUK D	746	675	732	847	867	912	1006	1070	1131	1222	1310	3487
PRODUK E	1077	1031	1020	1027	1042	1062	1085	1110	1137	1164	1192	1222
PRODUK F	1842	1934	2033	2140	2256	2382	2518	2666	2828	3004	3198	3412
PRODUK G	1796	1905	1856	1878	1868	1872	1871	1871	1871	1871	1871	1879
PRODUK H	2105	2156	2207	2259	2312	2366	2421	2477	2534	2591	2650	2710
PRODUK I	4551	4519	4535	4527	4531	4529	4530	4530	4530	4530	4530	4530
PRODUK J	10308	10683	10856	11093	11320	11557	11800	12048	12304	12566	12836	13323

5.2 Analisis Kepekaan

Berdasarkan model yang telah dibuat dan hasil optimasi yang didapat, dilakukan analisis kepekaan terhadap perubahan satu atau lebih dari parameter-parameter yang mempengaruhi keuntungan pada produksi *timer* di PT.X. Analisis kepekaan dilakukan untuk mengetahui keandalan model yang telah dibuat terhadap perubahan-perubahan pembatasnya.

5.2.1 Perubahan Jumlah Permintaan

Uji kepekaan terhadap parameter permintaan dilakukan dengan menaikkan jumlah permintaan antara 0% sampai dengan 30%. Perubahan jumlah permintaan akan mempengaruhi total keuntungan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5. 5 Pengaruh Perubahan Jumlah Permintaan Terhadap Keuntungan

Perubahan Permintaan	Keuntungan	Perubahan Keuntungan
0%	\$ 428.114,60	-
10%	\$ 467.772,80	9%
20%	\$ 495.795,20	16%
30%	\$ 509.824,00	19%
> 30%	Tidak menghasilkan solusi	

Pada Tabel 5.5 dapat diketahui bahwa prosentase perubahan terbesar terhadap permintaan yang dapat meningkatkan keuntungan adalah sebesar 30%. Kenaikan prosentase permintaan sebesar 30% akan meningkatkan keuntungan sebesar 19%. Prosentase perubahan permintaan lebih besar dari 30% tidak menghasilkan solusi dikarenakan tidak terpenuhinya salah satu fungsi pembatas.

5.2.2 Perubahan Harga Jual

Uji kepekaan terhadap parameter harga jual produk dilakukan dengan menaikkan harga jual antara 0% sampai dengan 20%. Parameter harga jual dipilih untuk melihat seberapa besar pengaruh perubahan harga jual terhadap keuntungan. Hasil uji kepekaan untuk perubahan harga jual ditunjukkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5. 6 Pengaruh Perubahan Harga Jual Terhadap Keuntungan

n	Perubahan Harga Jual	Keuntungan	Perubahan Keuntungan
0	0%	\$ 428.114,60	0%
1	0,50%	\$ 467.308,50	9%
2	1%	\$ 501.521,60	17%
3	1,5%	\$ 540.668,90	26%
4	2%	\$ 576.752,10	35%
5	2,5%	\$ 614.644,70	44%
6	3%	\$ 648.296,80	51%

Tabel 5.6 menunjukkan bahwa perubahan harga jual memberikan pengaruh yang besar terhadap keuntungan. Prosentase perubahan keuntungan adalah sebesar prosentase perubahan harga jual dikali rasio antara prosentase perubahan keuntungan dibagi dengan prosentase perubahan harga jual pada nilai prosentase perubahan sebelumnya atau

$$PK_n = PH_n \cdot (PK_{n-1} / PH_{n-1})$$

$$PK_n = PH_n \cdot (17)$$

Dengan:

PK = Prosentase perubahan keuntungan

PH = Prosentase perubahan harga jual

n = urutan penambahan prosentase perubahan harga jual

5.2.3 Perubahan Biaya Part

Uji kepekaan terhadap parameter biaya *part* dilakukan dengan menaikkan biaya *part* antara 0% sampai dengan 20%. Parameter biaya *part* dipilih karena biaya *part* merupakan penyumbang terbesar dari total biaya. Hasil uji kepekaan untuk perubahan biaya *part* ditunjukkan pada Tabel 5.7.

Tabel 5. 7 Pengaruh Perubahan Biaya *Part* Terhadap Keuntungan

Perubahan Biaya Part	Keuntungan	Perubahan Keuntungan
0%	\$ 428.114,60	-
5%	\$ 173.446,80	-59%
10%	\$ (80.009,82)	-119%
15%	\$ (134.481,90)	-131%
20%	\$ (166.286,20)	-139%

Tabel 5.7 menunjukkan pengaruh perubahan biaya *part* terhadap keuntungan. Semakin tinggi kenaikan biaya *part* maka keuntungan akan semakin rendah. Keuntungan terkecil akan diperoleh ketika kenaikan biaya *part* antara 5-9%. Apabila kenaikan biaya *part* melebihi 9% maka tidak akan diperoleh keuntungan.

5.2.4 Perubahan Biaya Produksi

Perubahan biaya produksi meliputi biaya tenaga kerja langsung, biaya tenaga kerja tidak langsung dan biaya mesin produksi. Uji kepekaan terhadap parameter biaya produksi dilakukan dengan menaikkan biaya produksi antara 0% sampai dengan 20%. Hasil uji kepekaan untuk perubahan biaya produksi dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5. 8 Pengaruh Perubahan Biaya Produksi Terhadap Keuntungan

Perubahan Biaya Produksi	Keuntungan	Perubahan Keuntungan
0%	\$ 428.114,60	-
5%	\$ 331.628,90	-23%
10%	\$ 244.247,10	-43%
15%	\$ 154.648,40	-64%
20%	\$ 50.060,98	-88%

Tabel 5.8 menunjukkan pengaruh perubahan biaya produksi terhadap keuntungan. Semakin tinggi biaya produksi maka keuntungan akan semakin rendah. Kerugian akan terjadi apabila kenaikan biaya produksi melebihi 20%.

5.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil optimasi untuk 10 jenis *timer* keuntungan maksimal yang dapat diperoleh adalah sebesar \$428.114,6 USD. Keuntungan ini meningkat sebesar 51% dari keuntungan tahun 2017. Hasil optimasi menunjukkan bahwa jumlah setiap jenis *timer* yang harus diproduksi setiap bulan dapat memenuhi semua jumlah permintaan yang telah diramalkan. Pengalokasian lintasan produksi atau mesin juga dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah permintaan untuk tiap produk per bulan. Semakin tinggi permintaan maka penggunaan lintasan produksi akan semakin tinggi diiringi dengan jumlah *set up* mesin yang semakin banyak.

Berdasarkan hasil uji kepekaan yang telah dilakukan, perubahan jumlah permintaan akan berbanding lurus dengan perubahan keuntungan, semakin tinggi jumlah permintaan maka keuntungan yang akan diperoleh semakin tinggi pula. Tabel 5.5 menunjukkan bahwa prosentase perubahan terbesar terhadap permintaan yang dapat meningkatkan keuntungan adalah sebesar 30%. Kenaikkan harga jual akan memberikan dampak yang besar terhadap peningkatan keuntungan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.6. Setiap prosentase kenaikan harga jual akan meningkatkan prosentase keuntungan sebesar 17 kali. Perubahan biaya *part* dan biaya produksi memberikan pengaruh yang besar terhadap keuntungan yang diperoleh. Hasil perhitungan kepekaan terhadap perubahan biaya *part* dan biaya produksi ditunjukkan pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8. Kerugian akan dialami apabila peningkatan biaya *part* lebih dari 9%. Selain itu kenaikan biaya produksi lebih dari 20% akan mengakibatkan perolehan keuntungan yang negatif.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini diberikan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan pemberian saran.

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan proses optimasi dan analisis hasil, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil peramalan dengan model ARIMA didapatkan jumlah permintaan selama 12 bulan adalah 963.448 unit *timer*.
2. Berdasarkan hasil optimasi yang sesuai dengan jumlah ramalan permintaan dan sumber daya yang dimiliki, maka:
 1. Perusahaan memiliki potensi keuntungan sebesar \$428.114,6 USD.
 2. Urutan produk yang memberikan keuntungan terbesar hingga terkecil adalah produk J, produk I, produk F, produk H, produk G, produk E, produk D, produk B, produk A, dan produk C.
3. Model optimasi pada penelitian ini mempunyai kepekaan terhadap perubahan dari beberapa parameter. Berikut ini adalah urutan dari parameter yang memberikan keuntungan terbesar hingga terkecil dari hasil uji kepekaan:
 1. Harga jual
Peningkatan keuntungan terbesar dapat dicapai dengan meningkatkan harga jual. Setiap prosentase kenaikan harga jual akan meningkatkan prosentase keuntungan sebesar 17 kali.
 2. Jumlah permintaan
Keuntungan terbesar dapat diperoleh dengan meningkatkan jumlah permintaan sebesar 30%.
 3. Biaya produksi
Peningkatan biaya produksi menyebabkan penurunan keuntungan, dimana kenaikan biaya produksi lebih dari 20% akan mengakibatkan perolehan keuntungan yang negatif.
 4. Biaya *part*
Penurunan keuntungan terbesar dapat terjadi dengan adanya peningkatan biaya *part*. Kerugian akan terjadi apabila peningkatan biaya *part* lebih dari 9%.

6.2 Saran

Untuk mengembangkan hasil penelitian ini, maka disarankan untuk:

1. Memperhitungkan faktor jam kerja lembur disamping jam kerja normal.
2. Memperhitungkan prosentase produk cacat yang dihasilkan.
3. Melakukan validasi model peramalan.
4. Mengkaji *life time* model peramalan.
5. Mempertimbangkan penggunaan model-model peramalan yang lain.
6. Mengimplementasikan hasil penelitian pada perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Fernandes, R., Gouveia, J. B., dan Pinho, C., (2012), "Product Mix Strategy and Manufacturing Flexibility," *Journal of Manufacturing Systems*, Vol.31, hal.301-311.
- Gaspersz, V., (1998), *Production Planning and Inventory Control*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hanke, J. E., dan Reitsch, A. G., (2001), *Business Forecasting; Seventh Edition*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Harrison, D. K., dan Petty, D. J., (2002), *Systems for Planning and Control in Manufacturing Systems and Management for Competitive Manufacture, IIE textbook series*, Newnes An Imprint of Elsevier Science, Oxford.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., dan McGee, V. E., (1991), *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Erlangga, Jakarta.
- Mulyono, S., (2007), *Riset Operasi*, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta.
- Nigel, S., Alistair, B. J., dan Robert, J., (2016), *Operations Management*. McGraw-Hill/Irwin, New York.
- Taylor, B. W., (2010), *Introduction to Management Science: Tenth Edition*. Prentice Hall, Inc., New Jersey.

LAMPIRAN A
DATA PERMINTAAN TIMER

A1. Data Permintaan Setiap Jenis *Timer* pada Periode Januari-Desember 2013

No	Nama Produk	2013											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	Produk A	54	88	94	68	87	88	172	147	180	108	135	144
2	Produk B	632	465	609	736	547	338	306	289	154	185	398	261
3	Produk C	148	167	169	148	113	196	116	167	307	245	362	350
4	Produk D	107	103	103	85	70	94	474	409	178	228	90	65
5	Produk E	1.099	1.309	1.257	1.030	917	838	953	1.151	1.050	1.310	941	987
6	Produk F	1.091	944	1.481	939	887	837	947	840	896	2.160	1.223	1.108
7	Produk G	1.531	1.305	1.970	1.296	1.080	1.219	1.117	1.273	1.467	1.837	1.606	1.881
8	Produk H	2.012	1.212	1.350	900	1.367	1.171	1.001	971	916	2.119	798	779
9	Produk I	6.481	2.816	3.161	2.095	3.557	2.934	2.455	2.324	2.478	3.079	3.414	2.627
10	Produk J	7.962	6.546	7.513	6.690	6.344	6.637	7.807	9.085	8.129	7.319	9.427	10.506

A2. Data Permintaan Setiap Jenis *Timer* pada Periode Januari-Desember 2014

No	Nama Produk	2014											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	Produk A	120	102	108	78	99	101	264	241	234	177	222	236
2	Produk B	727	534	700	846	628	389	469	475	345	303	653	429
3	Produk C	170	177	194	170	429	511	478	575	503	402	1.086	274
4	Produk D	123	119	118	97	80	108	726	671	208	373	147	107
5	Produk E	1.263	900	870	924	809	849	801	1.445	1.395	2.151	1.545	1.620
6	Produk F	1.254	1.070	1.702	1.080	1.090	1.147	1.257	1.179	1.213	2.546	1.293	1.275
7	Produk G	2.449	1.750	2.264	1.664	1.892	1.401	1.712	2.089	2.408	3.345	2.637	3.088
8	Produk H	1.771	1.393	1.945	1.598	1.369	1.645	1.299	1.780	1.478	2.279	2.311	2.278
9	Produk I	7.450	3.236	3.633	2.408	4.089	3.372	3.762	3.816	4.069	5.055	5.606	4.313
10	Produk J	6.809	7.524	8.635	7.690	7.292	7.629	11.964	14.918	18.274	15.302	15.480	17.250

A3. Data Permintaan Setiap Jenis *Timer* pada Periode Januari-Desember 2015

No	Nama Produk	2015											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	Produk A	212	135	144	121	132	235	351	321	98	236	295	314
2	Produk B	485	712	934	1.128	838	518	625	633	541	403	870	571
3	Produk C	114	102	258	227	172	167	237	366	670	536	1.448	765
4	Produk D	82	158	157	130	107	144	968	894	510	497	196	142
5	Produk E	842	933	1.160	966	945	1.131	1.068	993	2.860	2.867	2.060	2.160
6	Produk F	1.036	1.293	2.270	1.239	1.053	1.129	2.343	1.338	1.350	3.727	1.590	1.300
7	Produk G	1.633	2.000	2.818	1.914	1.730	1.868	2.583	2.476	2.720	3.459	3.816	4.117
8	Produk H	2.633	2.015	2.890	2.131	1.825	1.794	2.044	2.125	2.005	2.680	2.747	2.704
9	Produk I	4.967	4.315	4.844	3.211	5.451	4.496	5.015	5.088	5.425	6.739	7.474	5.750
10	Produk J	14.540	10.032	11.514	10.253	9.723	10.172	15.952	19.890	24.365	20.402	20.639	23.000

A4. Data Permintaan Setiap Jenis *Timer* pada Periode Januari-Desember 2016

No	Nama Produk	2016											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	Produk A	71	214	228	123	85	151	557	985	1.727	1.930	1.266	1.802
2	Produk B	769	1.130	1.481	1.789	1.329	822	991	1.004	1.804	1.724	1.583	2.644
3	Produk C	580	460	409	359	255	233	375	580	545	583	659	625
4	Produk D	130	250	249	205	169	227	1.535	1.419	527	1.000	1.471	1.836
5	Produk E	1.860	1.480	1.841	1.532	1.499	1.795	1.695	1.940	2.505	2.215	2.665	1.927
6	Produk F	1.327	1.452	3.602	2.284	2.071	2.092	3.718	2.917	4.945	3.910	4.410	4.284
7	Produk G	4.004	3.440	4.290	3.851	4.019	3.965	4.623	4.421	5.990	6.110	6.039	6.011
8	Produk H	2.864	2.948	4.115	3.382	2.896	2.847	3.244	3.373	6.145	4.230	5.540	3.987
9	Produk I	3.121	6.848	7.688	5.096	8.652	7.135	7.960	8.075	13.950	15.475	12.990	13.715
10	Produk J	7.205	15.923	18.275	16.274	15.432	16.145	25.320	31.571	32.335	45.695	32.690	28.500

A5. Data Permintaan Setiap Jenis *Timer* pada Periode Januari-Desember 2017

No	Nama Produk	2017											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	Produk A	1.091	1.643	1.747	946	650	1.162	1.562	1.655	1.508	1.632	769	1.321
2	Produk B	1.761	1.294	1.697	2.050	1.522	942	1.404	1.367	1.824	1.424	1.860	1.176
3	Produk C	1.140	950	1.298	1.139	764	740	754	773	1.216	836	894	827
4	Produk D	1.356	1.304	1.300	1.068	881	1.187	1.445	1.183	1.816	2.091	1.396	1.818
5	Produk E	2.660	2.291	2.850	2.371	2.320	2.779	1.967	3.050	2.679	3.133	2.969	3.616
6	Produk F	4.438	3.432	6.025	3.820	3.794	3.998	4.062	3.914	7.279	5.235	3.132	4.577
7	Produk G	7.011	5.551	7.973	4.937	5.413	5.187	5.418	6.857	6.553	6.101	4.539	6.147
8	Produk H	4.558	4.006	6.977	4.608	5.425	5.359	5.599	5.677	5.706	5.164	5.673	7.098
9	Produk I	18.398	12.300	13.605	9.154	10.152	12.817	9.701	10.780	12.620	14.200	13.847	13.464
10	Produk J	40.079	28.365	25.150	28.990	35.020	23.761	18.210	38.612	32.436	37.544	25.564	32.096

LAMPIRAN B TRANSFORMASI BOX COX

Transformasi dilakukan jika belum diperoleh nilai $\lambda = 1$, nilai ini berarti data telah stasioner dalam variansi. Berikut ini adalah nilai λ beserta formula transformasinya.

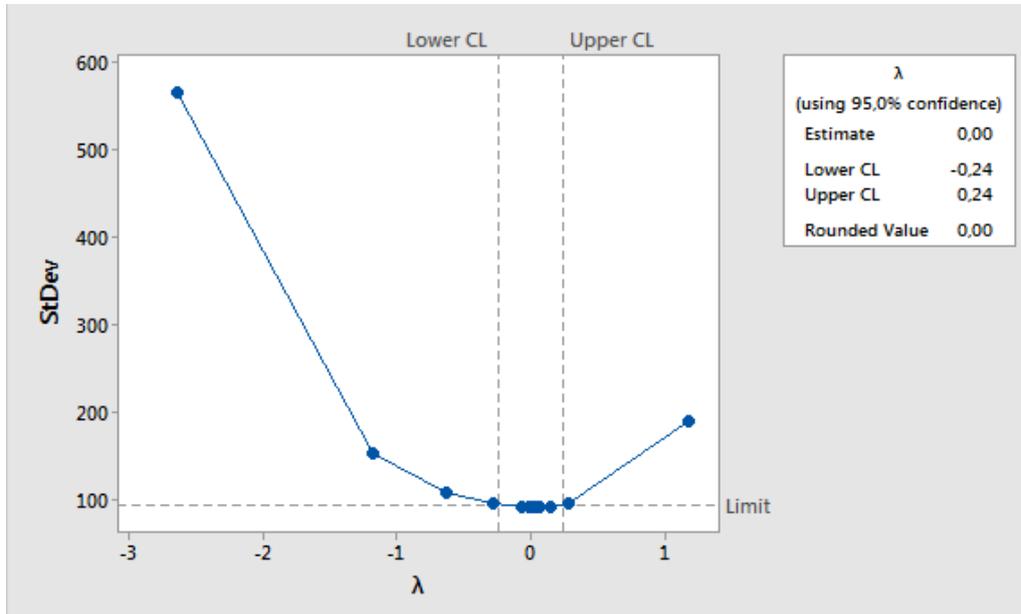
Tabel Nilai λ dan Transformasinya

λ	Transformasi
-1	$1/Z_t$
-0,5	$1/\sqrt{Z_t}$
0	$\ln Z_t$
0,5	$\sqrt{Z_t}$
1	Z_t

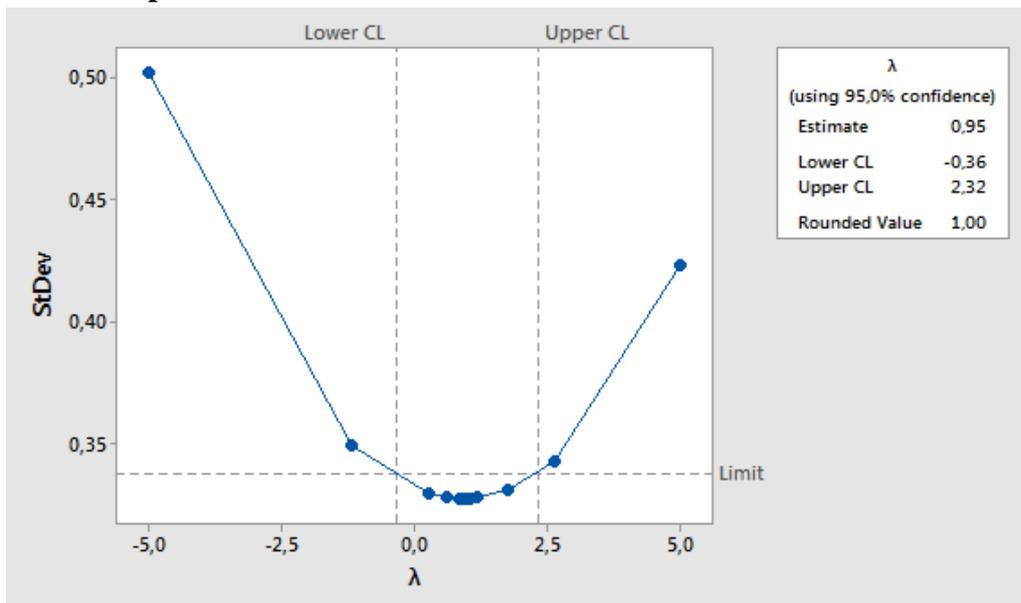
LAMPIRAN C
PLOT TRANSFORMASI BOX-COX PERMINTAAN *TIMER*

C1. Plot Transformasi Box-Cox untuk Permintaan Produk A

a. Sebelum proses transformasi

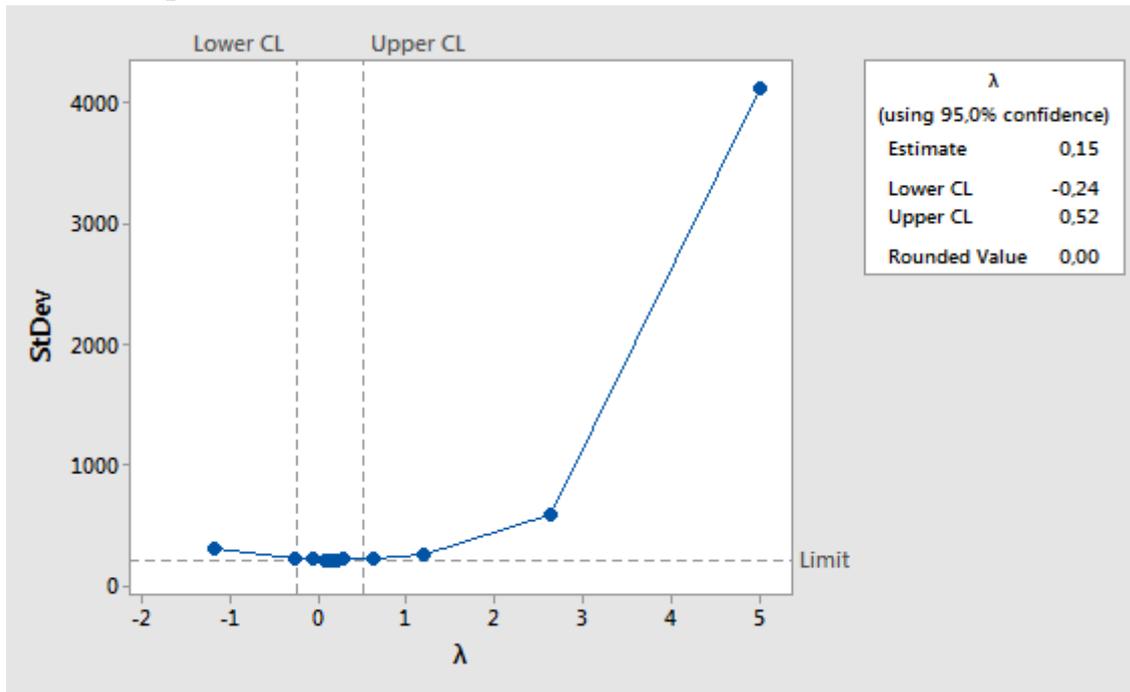


b. Setelah proses transformasi

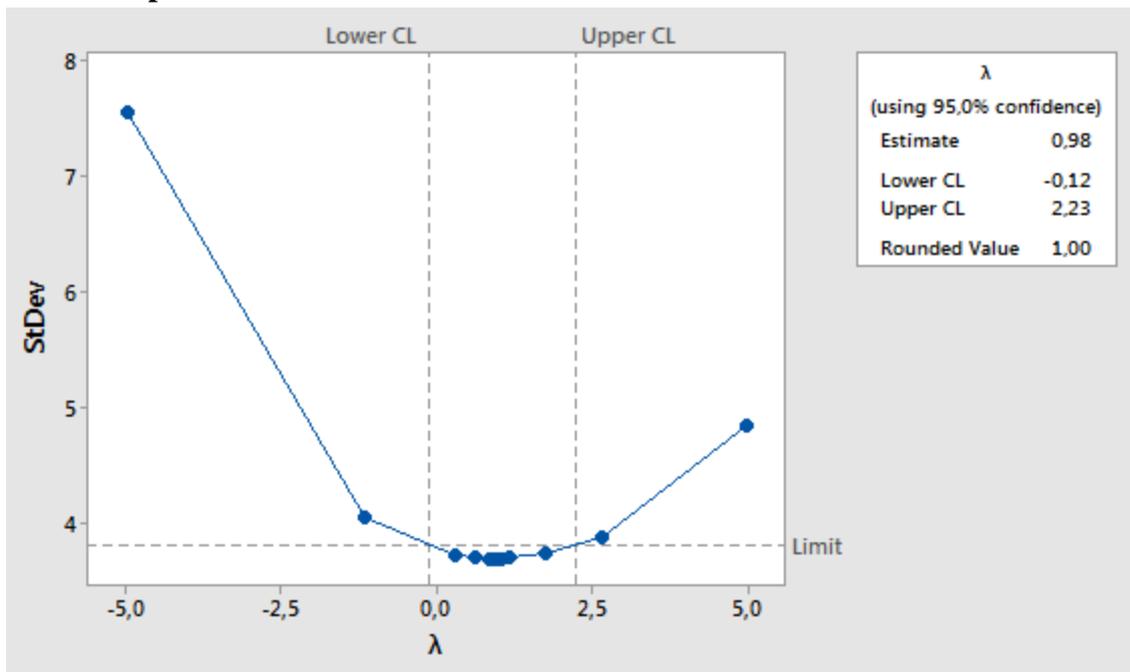


C2. Plot Transformasi Box-Cox untuk Permintaan Produk B

a. Sebelum proses transformasi

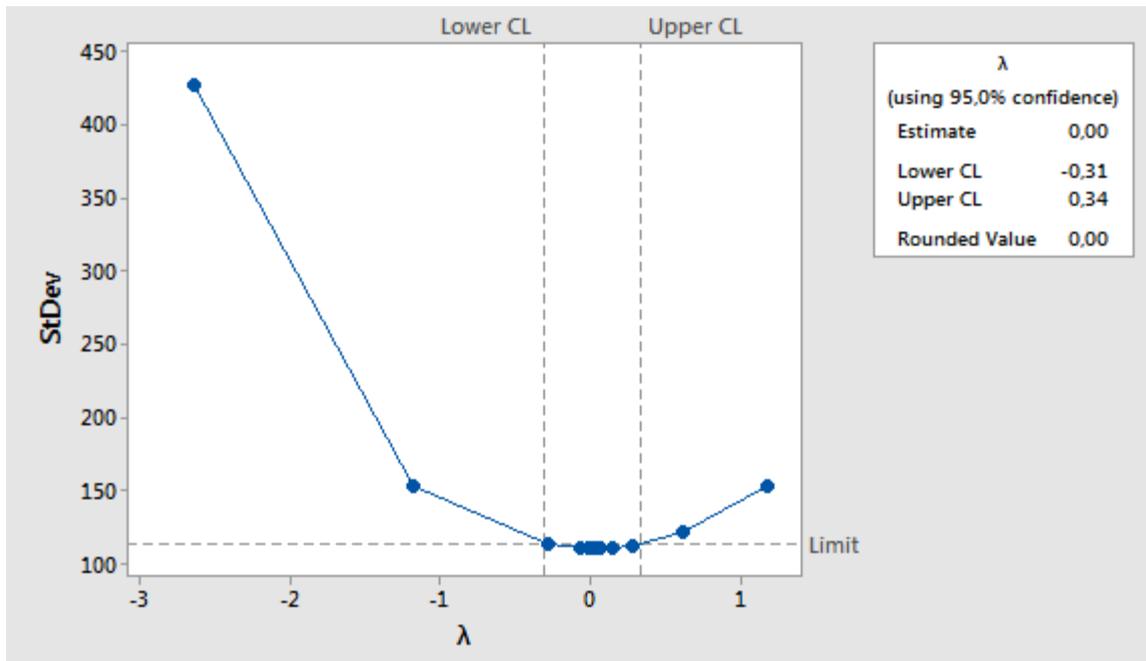


b. Setelah proses transformasi

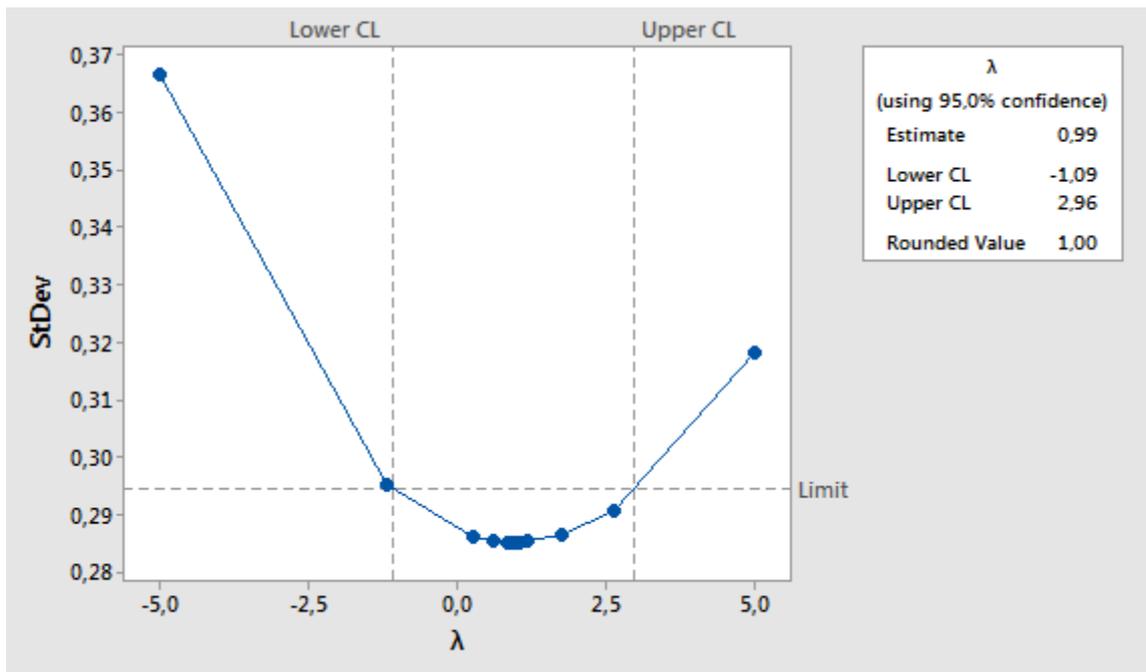


C3. Plot Transformasi Box-Cox untuk Permintaan Produk C

a. Sebelum proses transformasi

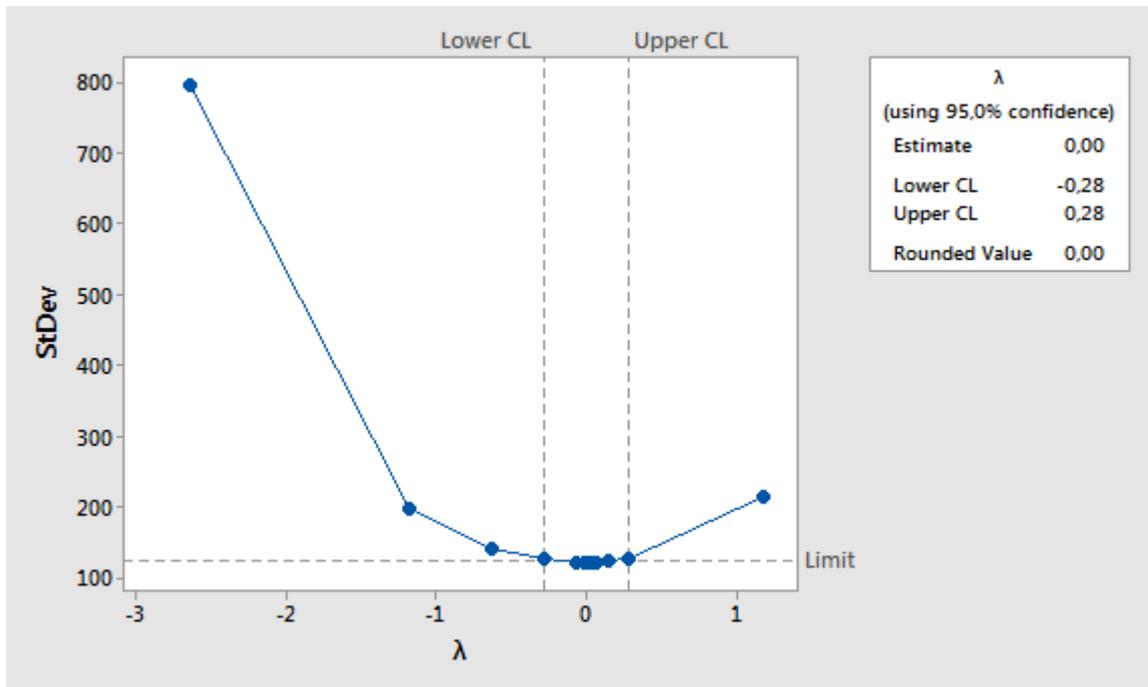


b. Setelah proses transformasi

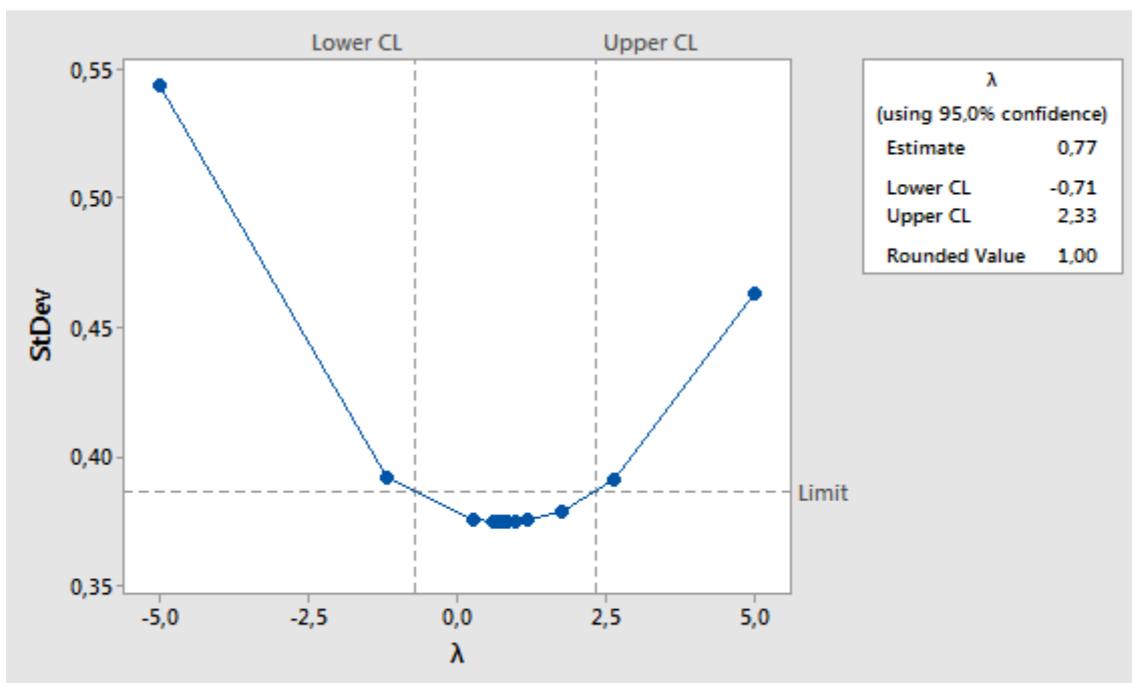


C4. Plot Transformasi Box-Cox untuk Permintaan Produk D

a. Sebelum proses transformasi

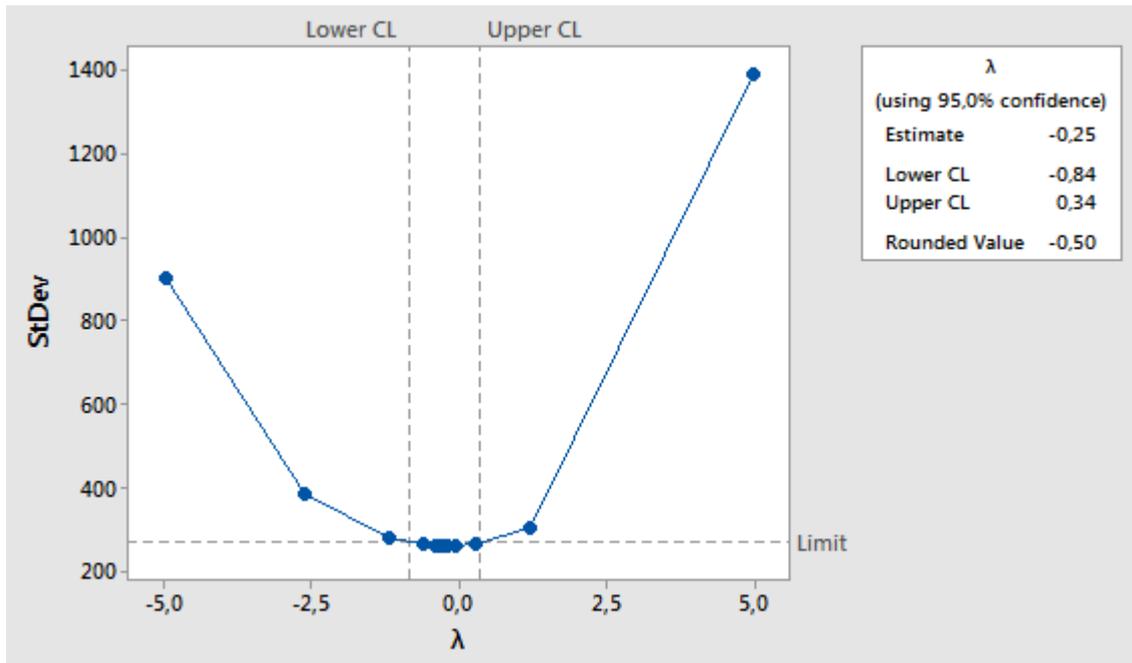


b. Setelah proses transformasi

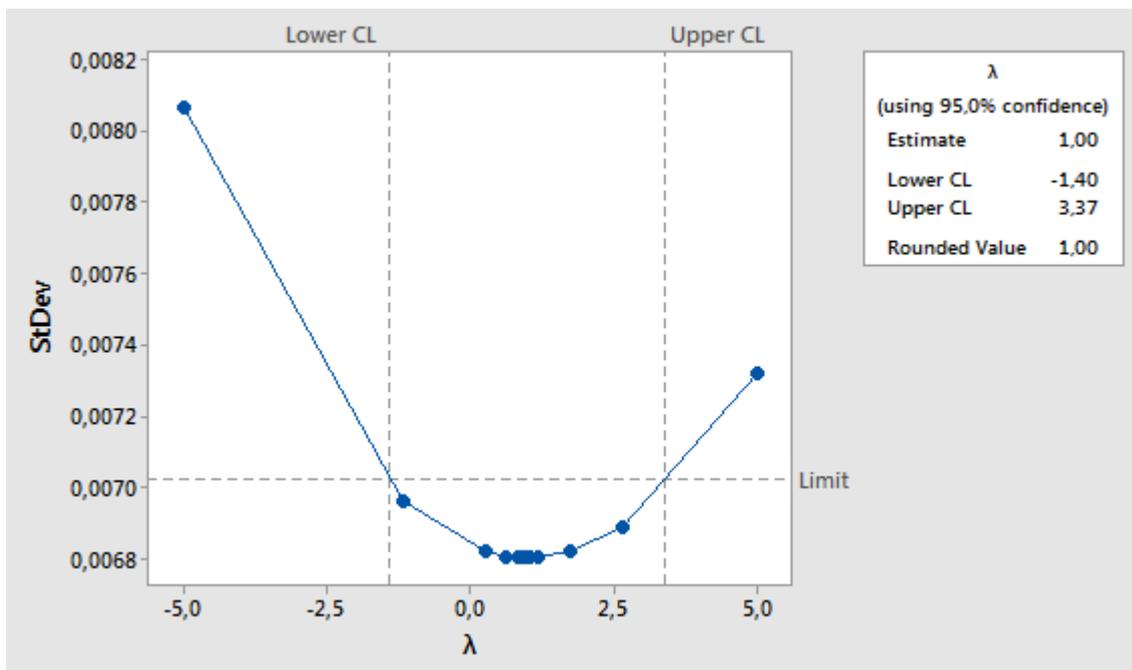


C5. Plot Transformasi Box-Cox untuk Permintaan Produk E

a. Sebelum proses transformasi

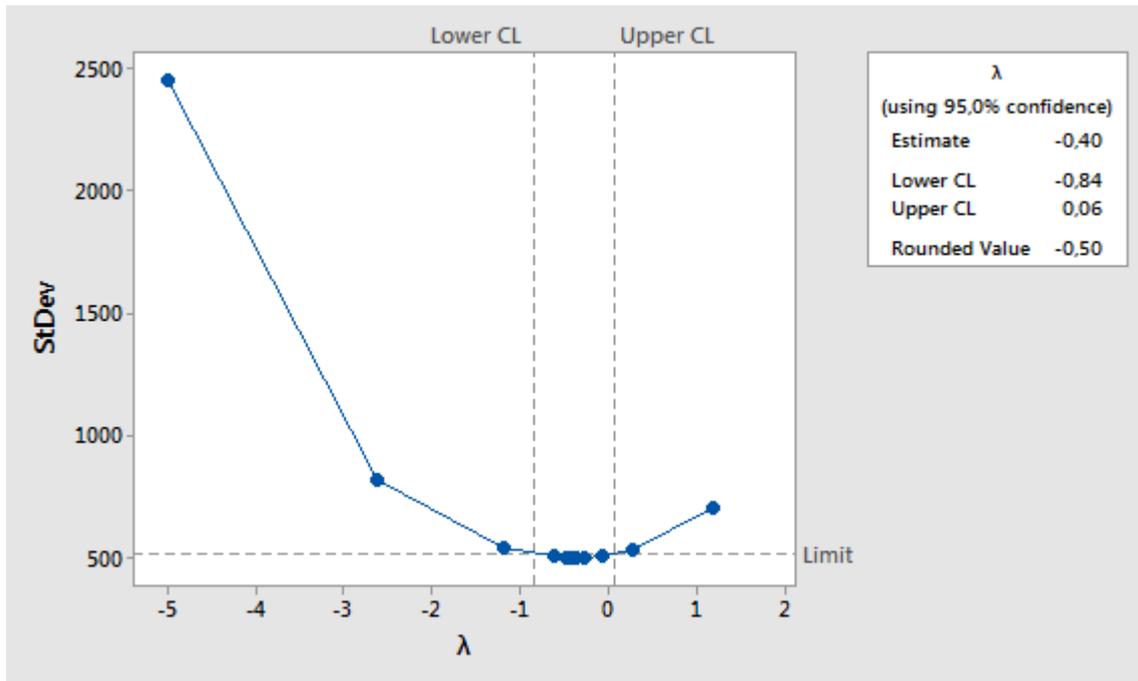


b. Setelah proses transformasi

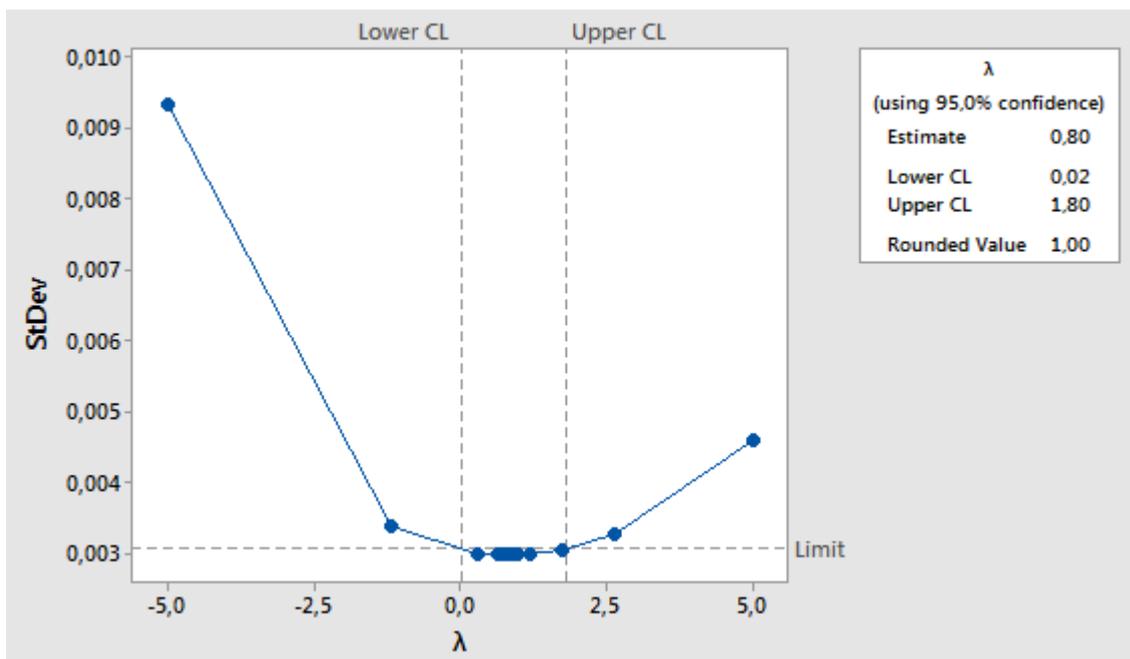


C6. Plot Transformasi Box-Cox untuk Permintaan Produk F

a. Sebelum proses transformasi

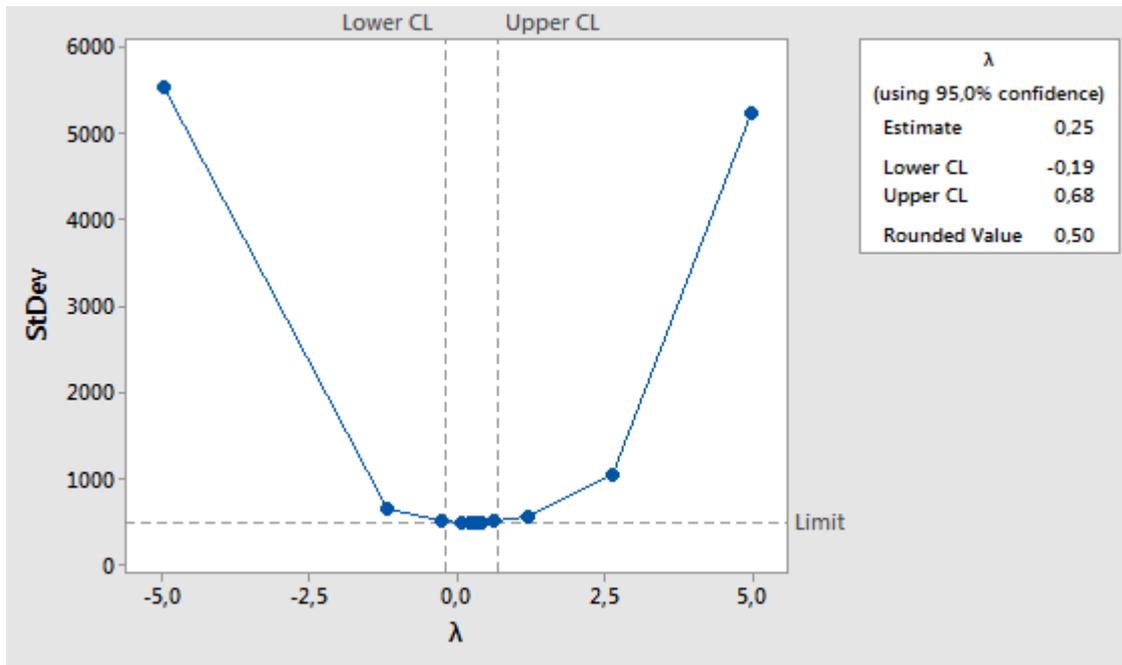


b. Setelah proses transformasi

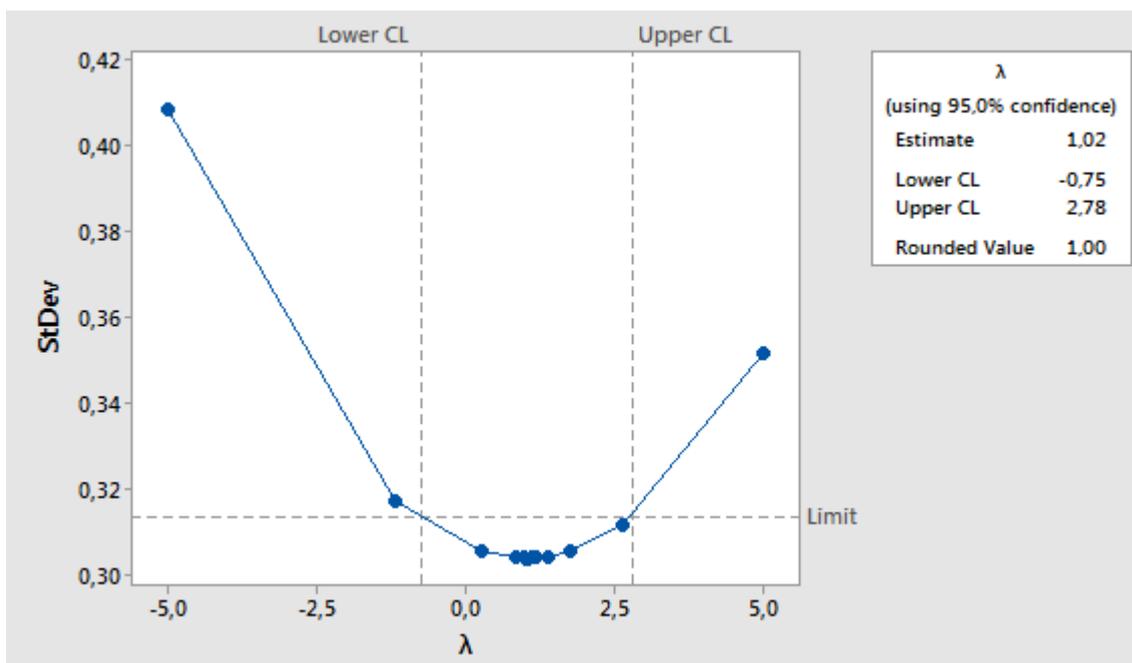


C7. Plot Transformasi Box-Cox untuk Permintaan Produk G

a. Sebelum proses transformasi

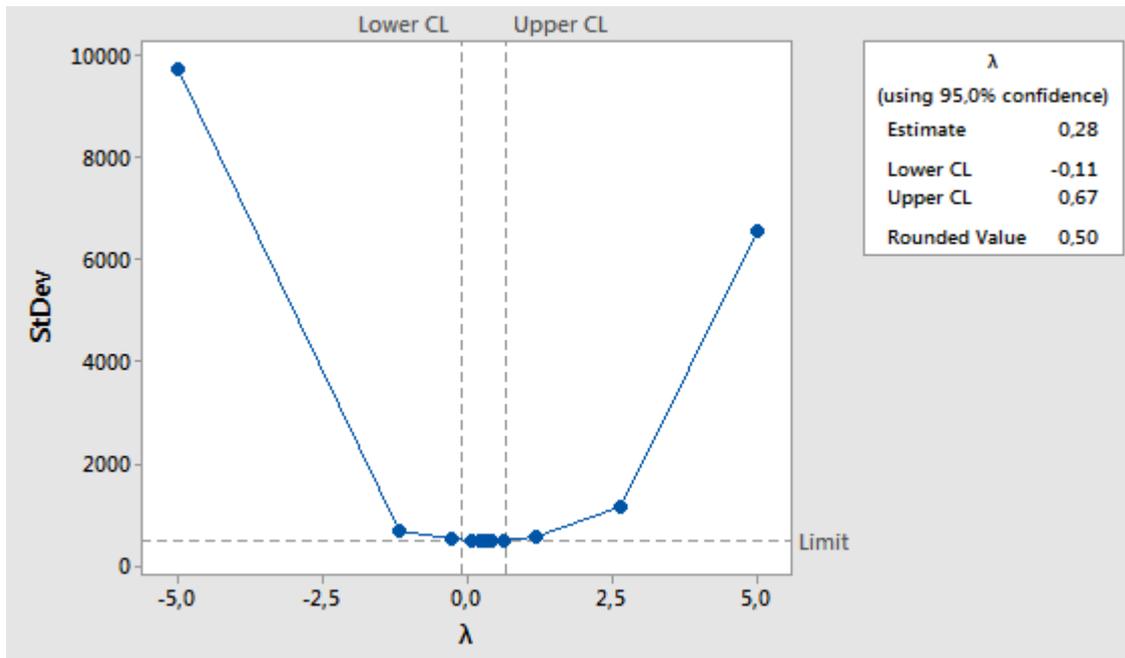


b. Setelah proses transformasi

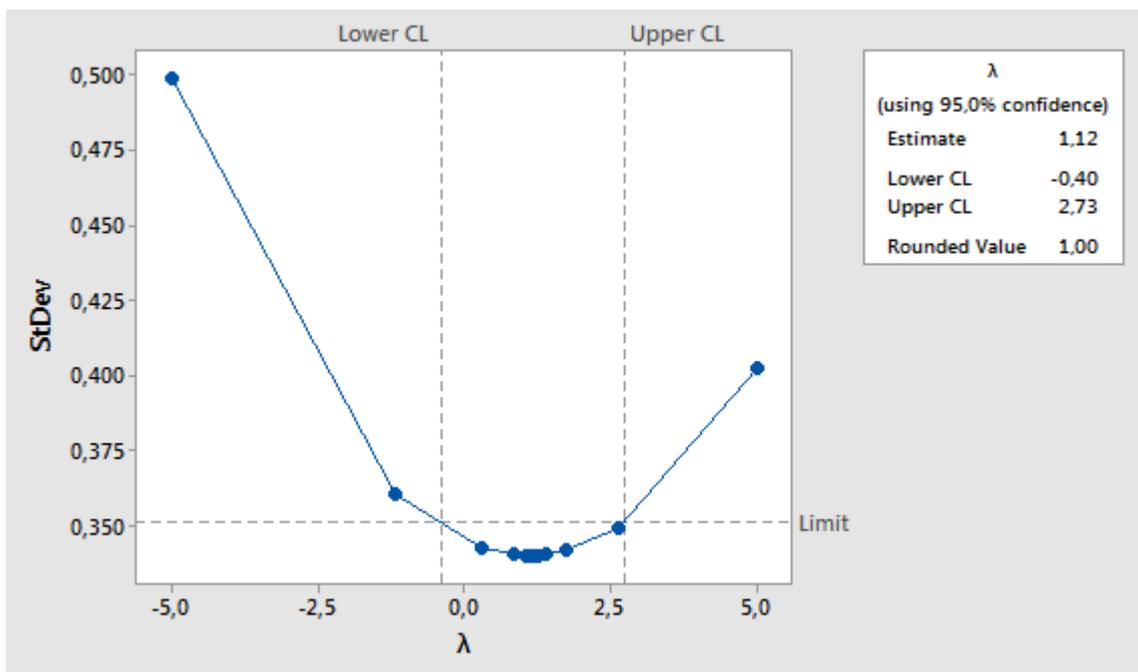


C8. Plot Transformasi Box-Cox untuk Permintaan Produk H

a. Sebelum proses transformasi

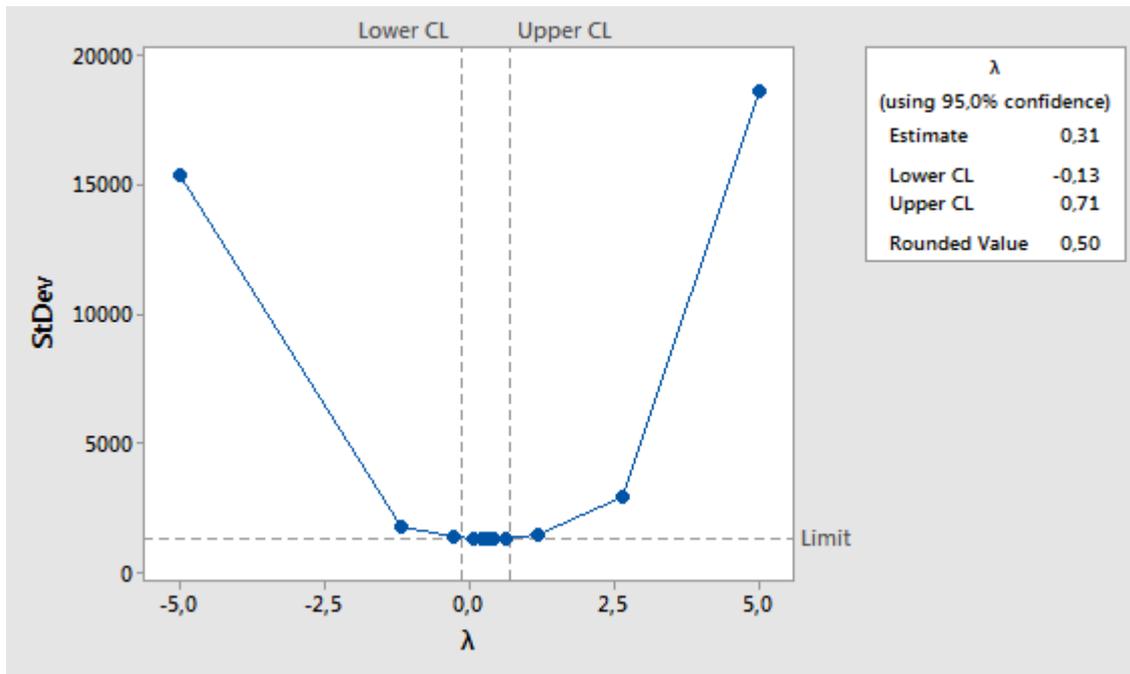


b. Setelah proses transformasi

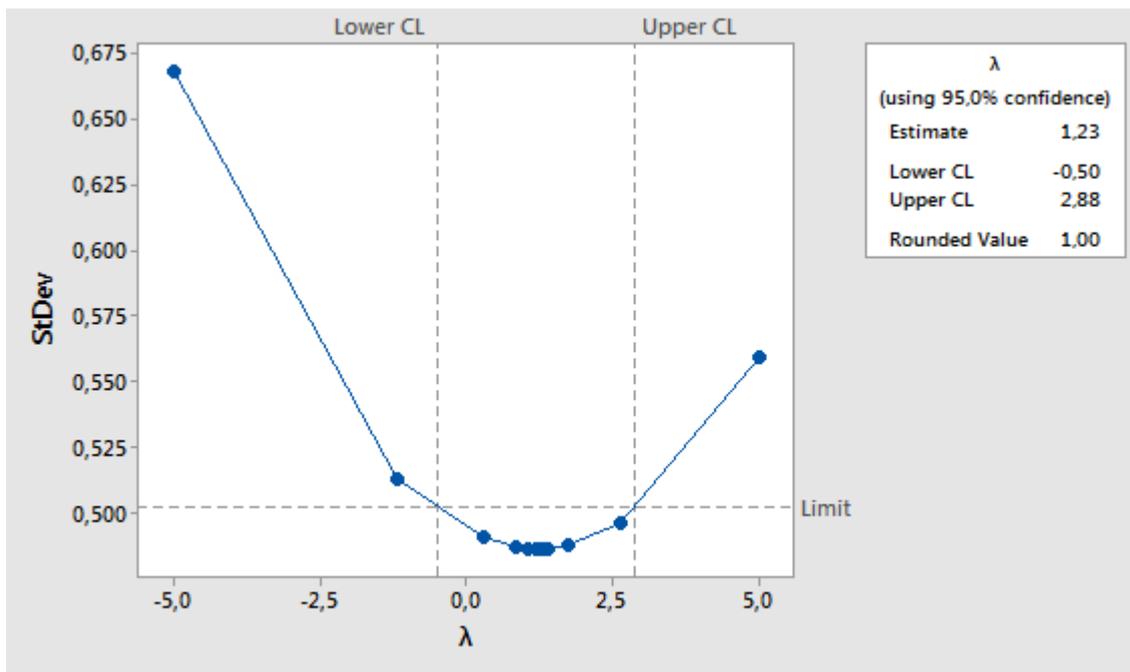


C9. Plot Transformasi Box-Cox untuk Permintaan Produk I

a. Sebelum proses transformasi

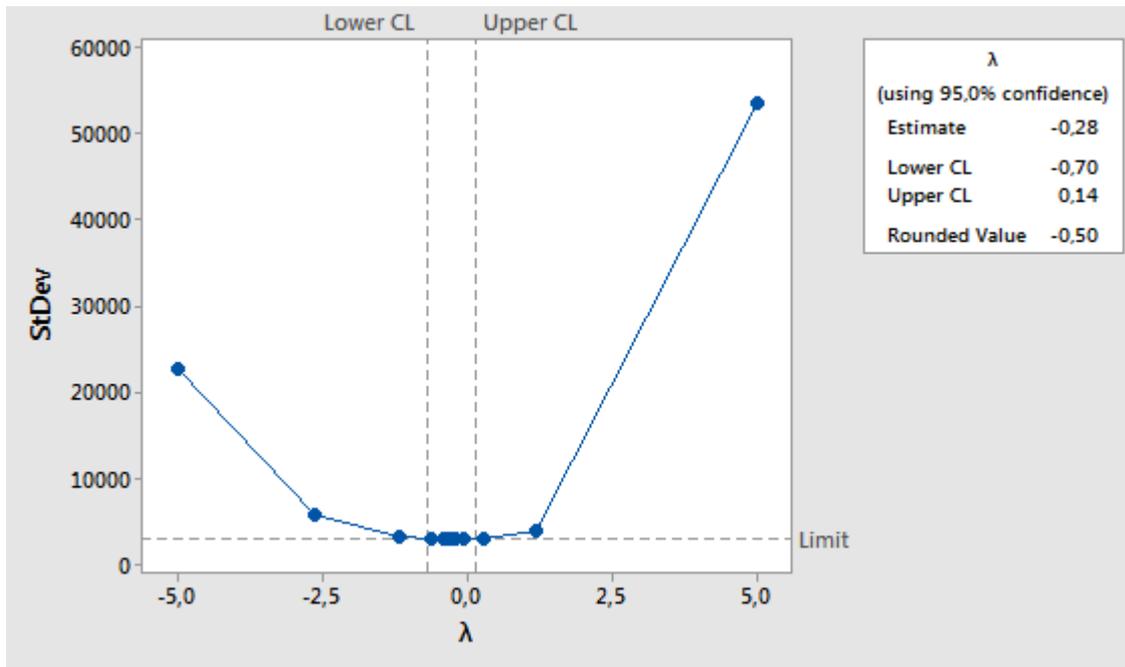


b. Setelah proses transformasi

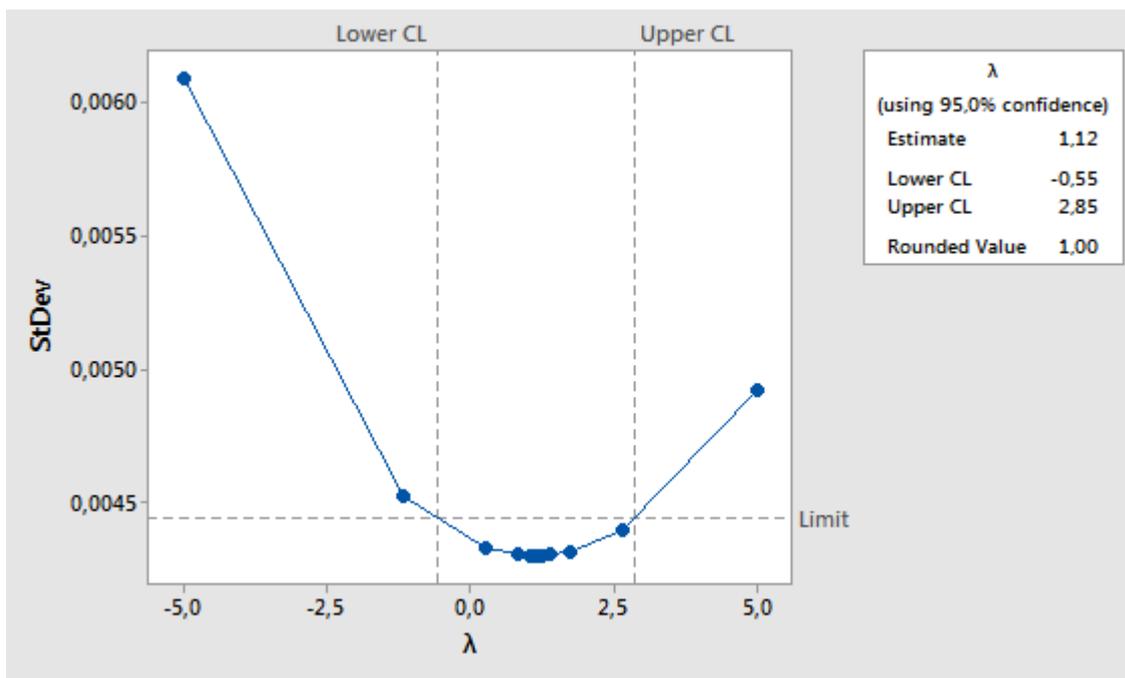


C10. Plot Transformasi Box-Cox untuk Permintaan Produk J

a. Sebelum proses transformasi

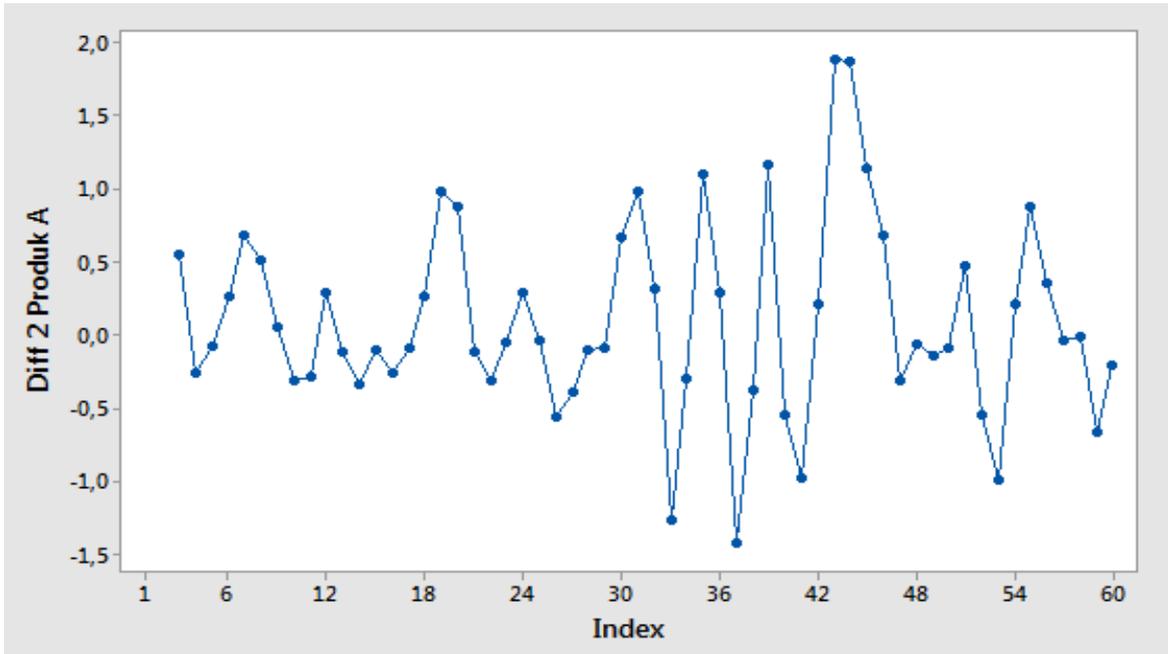


b. Setelah proses transformasi

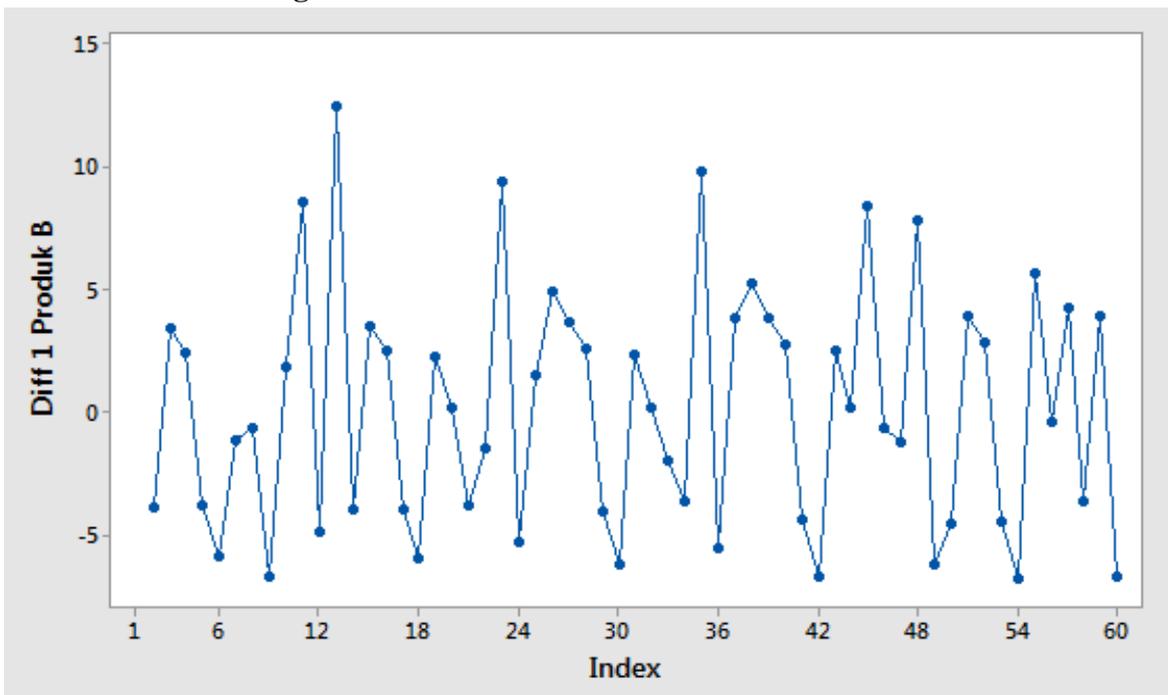


LAMPIRAN D
PLOT *TIME SERIES* PERMINTAAN *TIMER* SETELAH PROSES DIFFERENSIASI

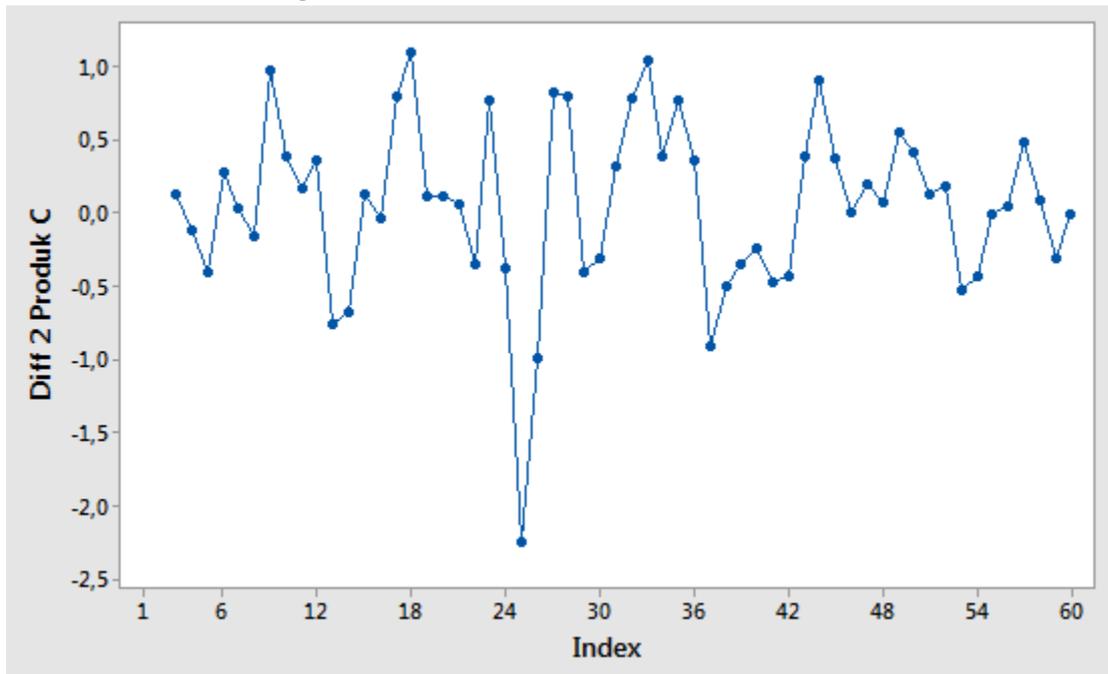
D1. Differensiasi Tingkat Kedua Permintaan Produk A



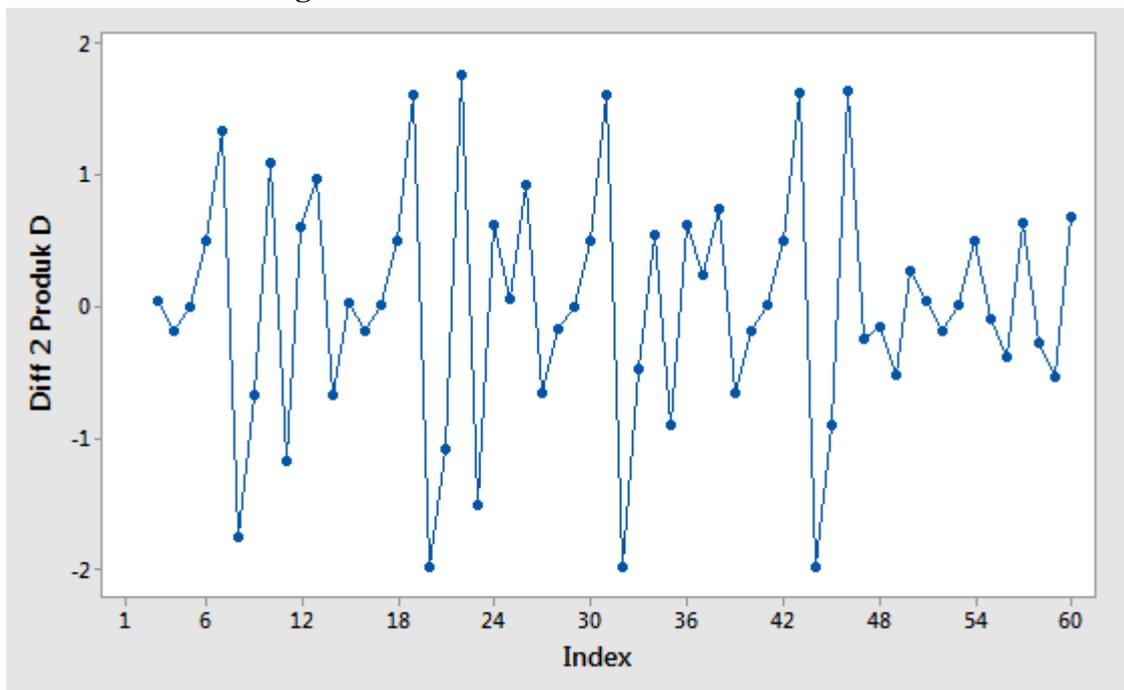
D2. Differensiasi Tingkat Pertama Permintaan Produk B



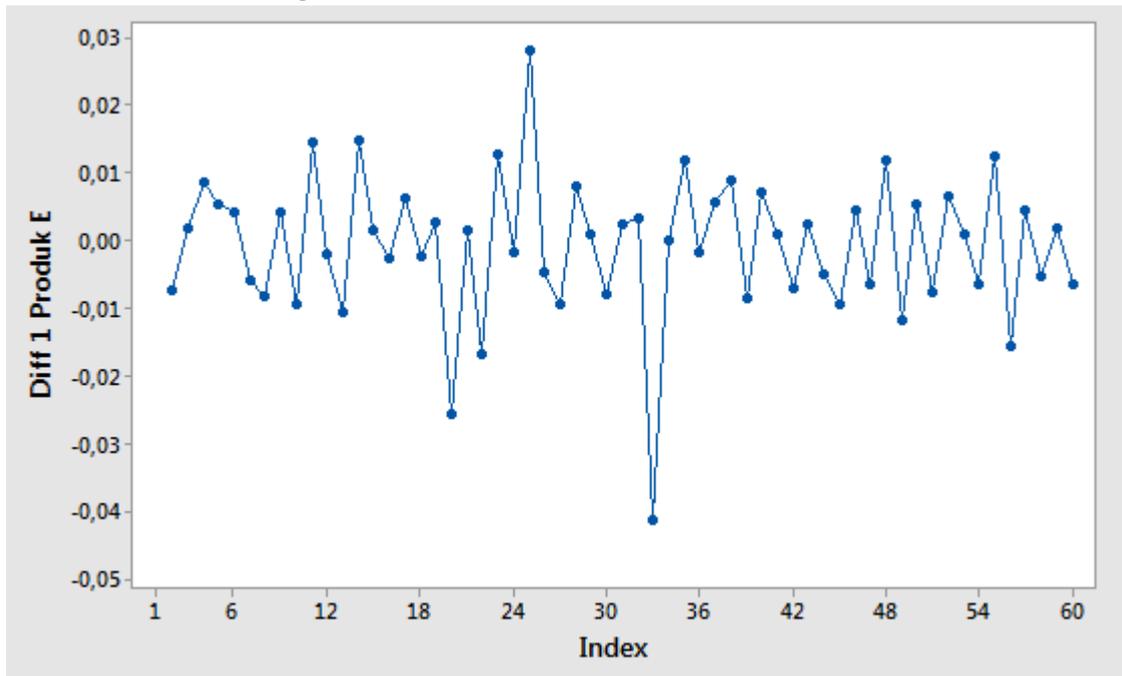
D3. Differensiasi Tingkat Kedua Permintaan Produk C



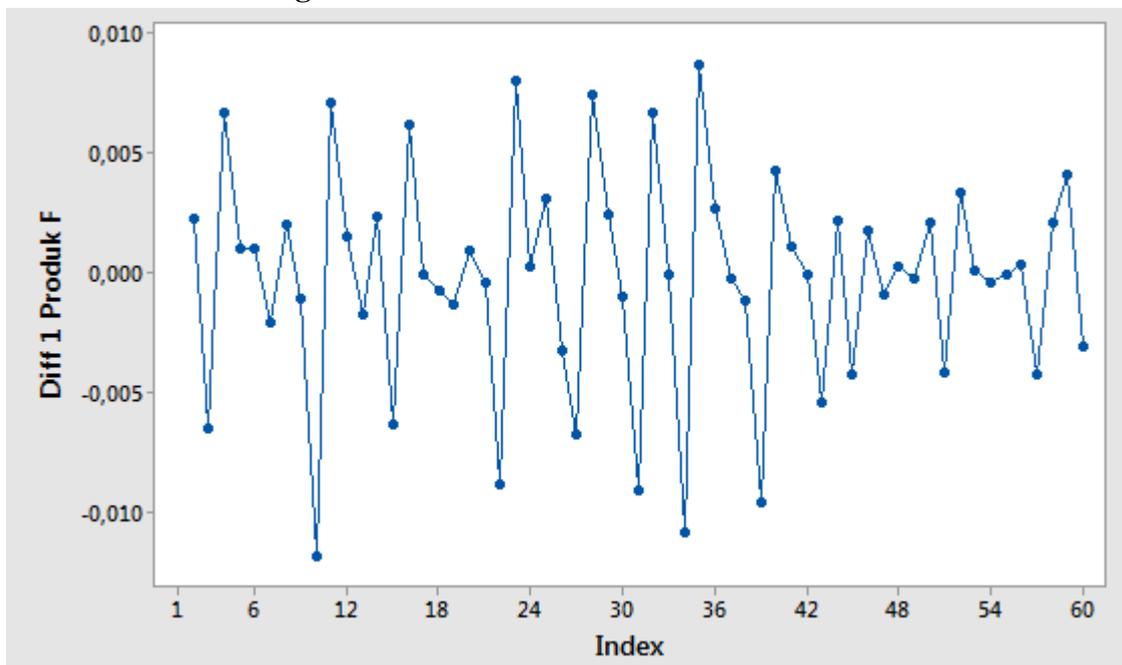
D4. Differensiasi Tingkat Kedua Permintaan Produk D



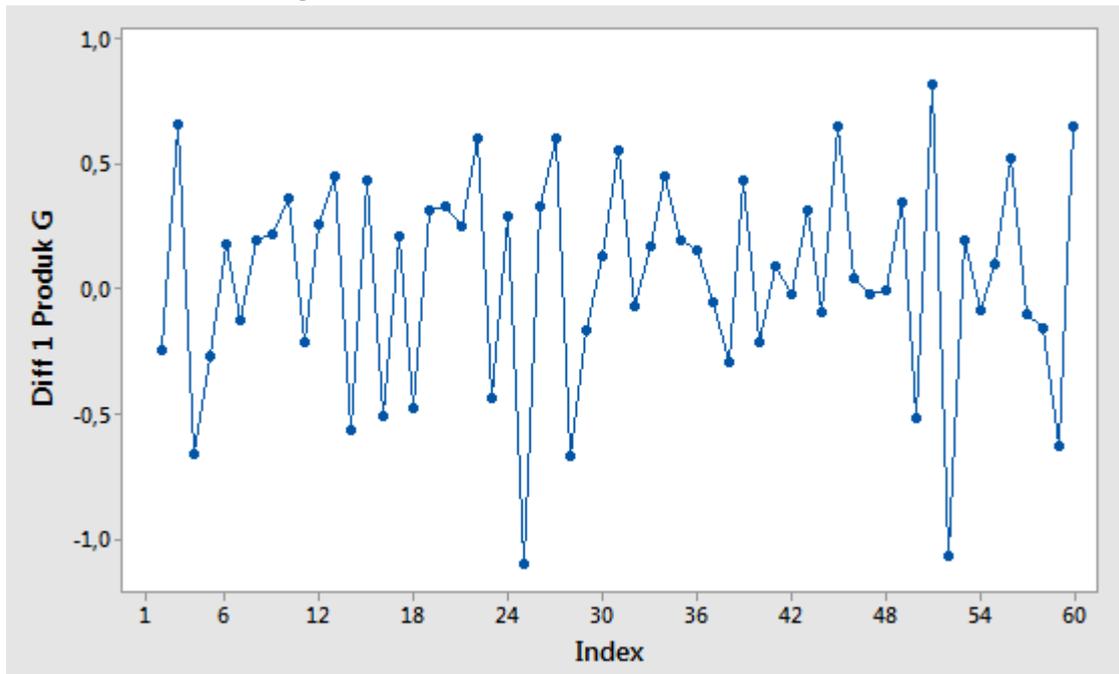
D5. Differensiasi Tingkat Pertama Permintaan Produk E



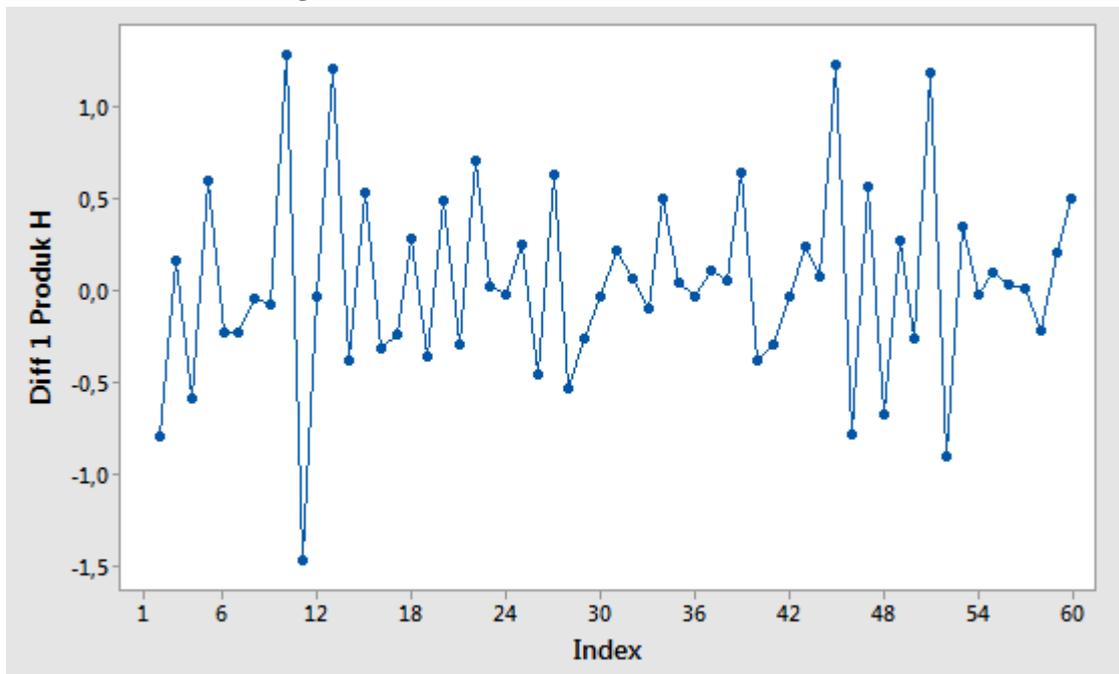
D6. Differensiasi Tingkat Pertama Permintaan Produk F



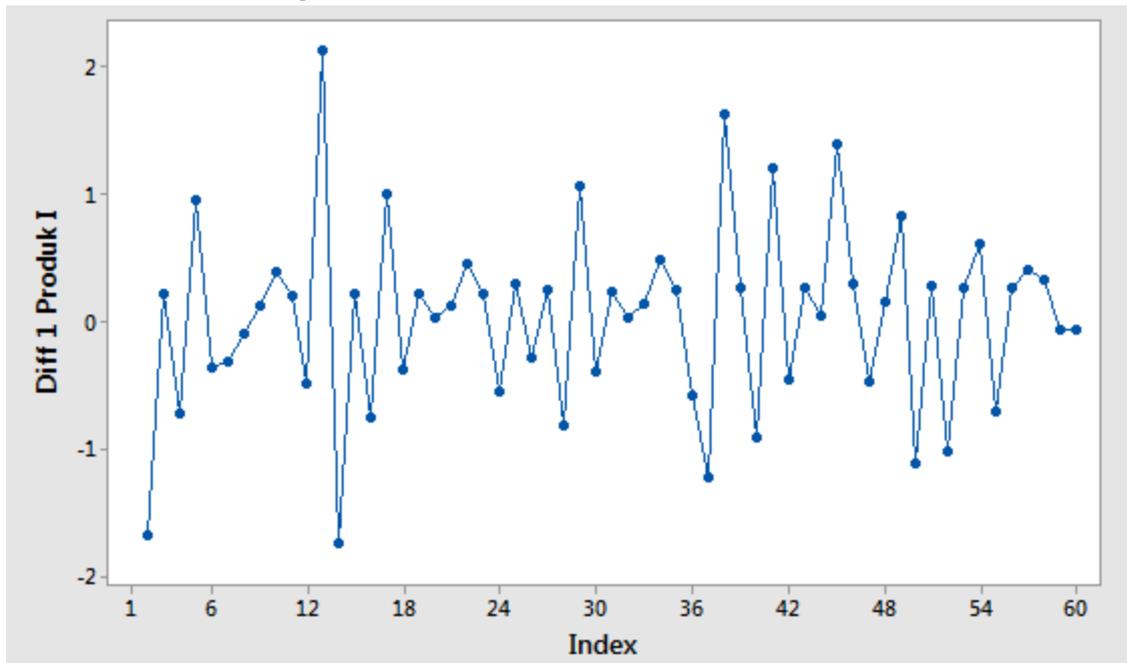
D7. Differensiasi Tingkat Pertama Permintaan Produk G



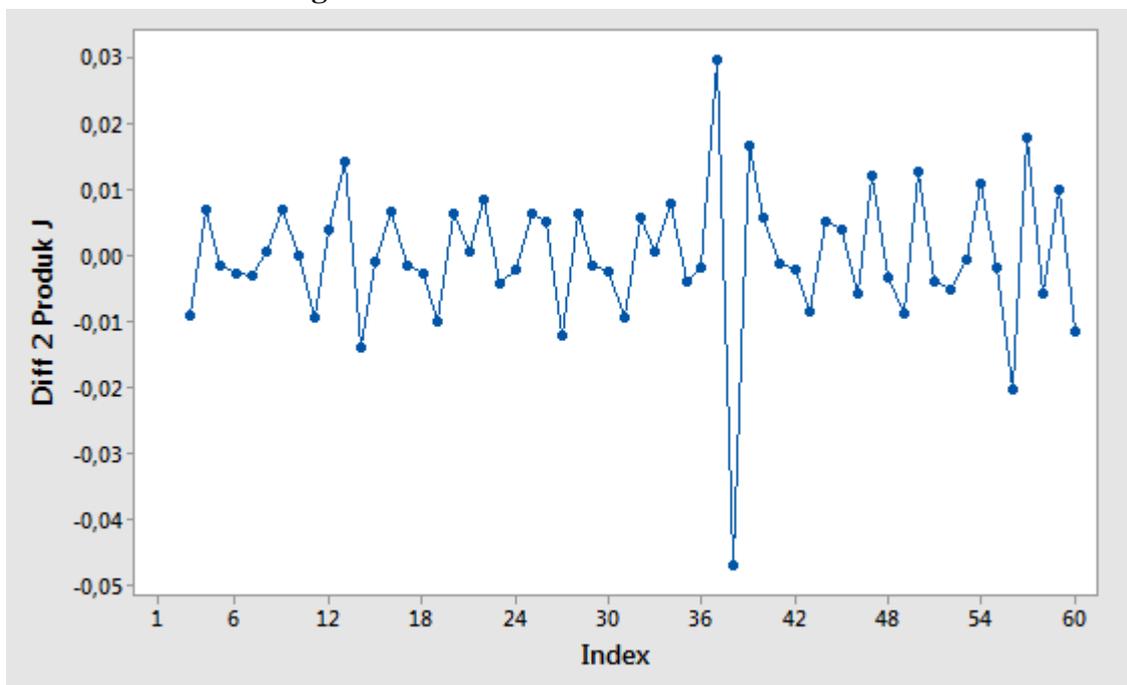
D8. Differensiasi Tingkat Pertama Permintaan Produk H



D9. Differensiasi Tingkat Pertama Permintaan Produk I

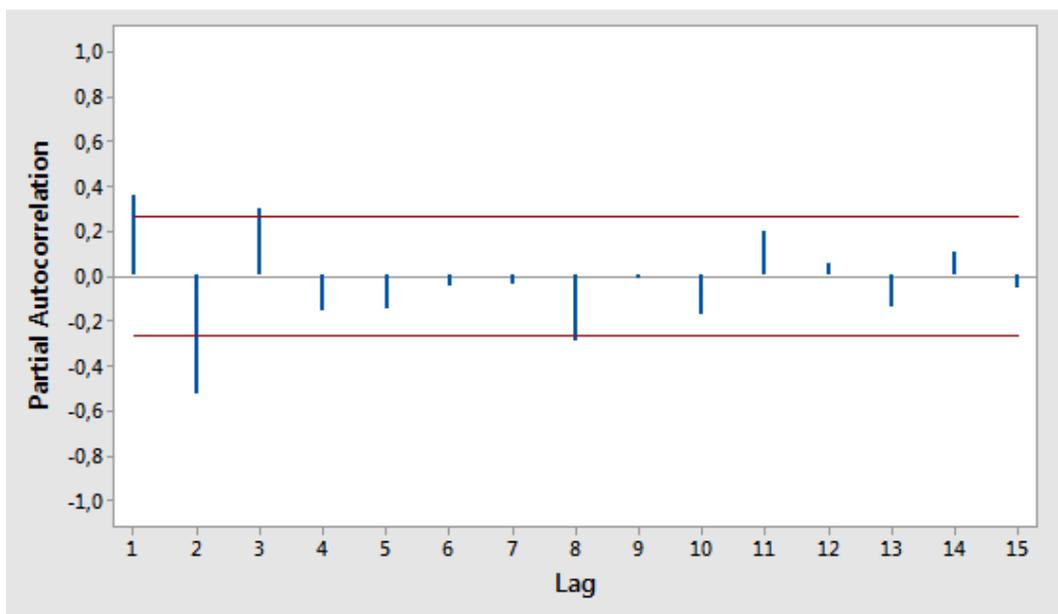
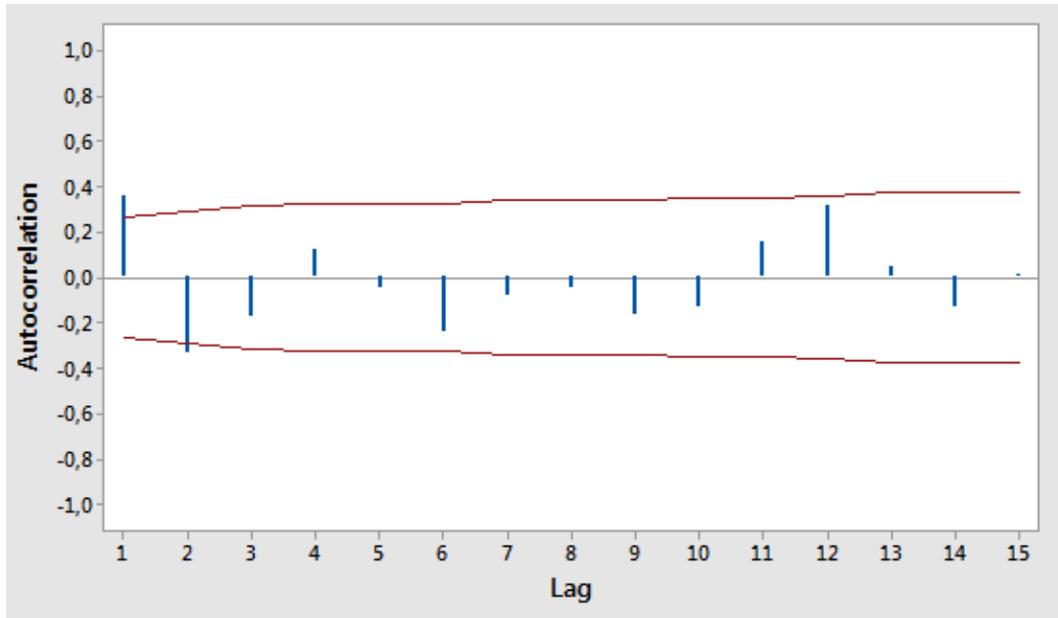


D10. Differensiasi Tingkat Kedua Permintaan Produk J

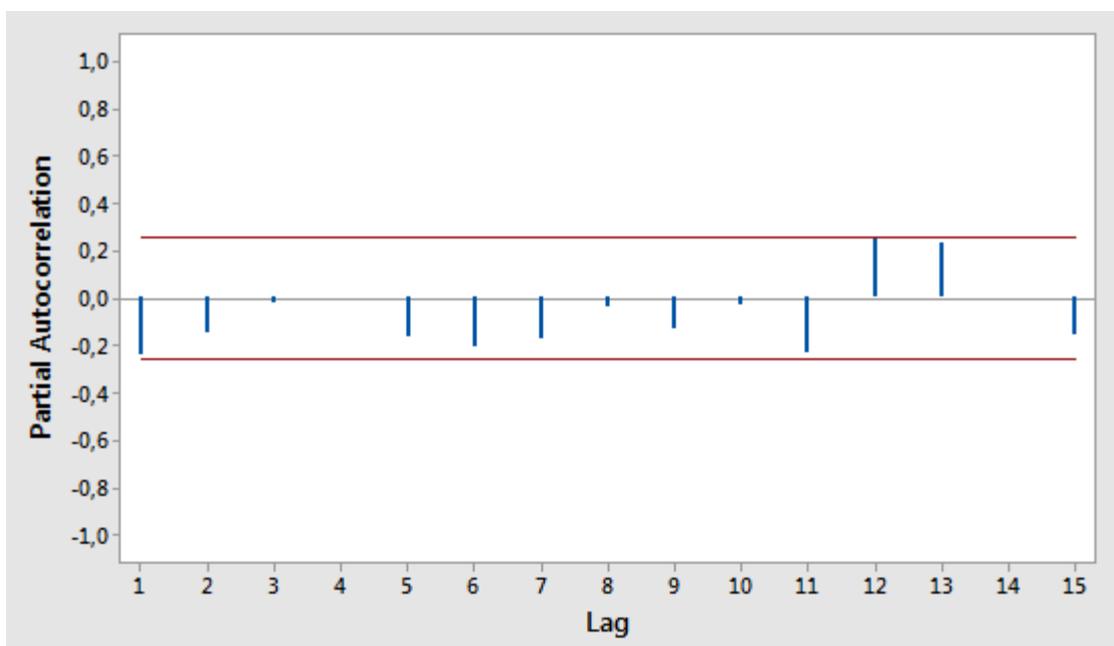
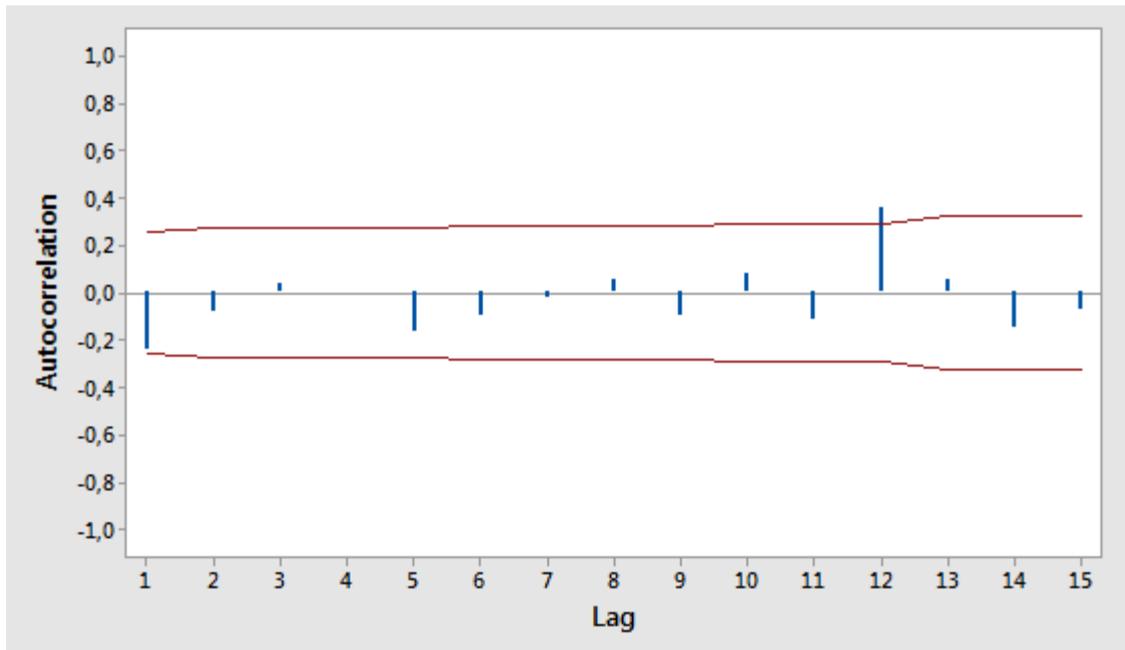


LAMPIRAN E
GRAFIK AUTOKORELASI (ACF) DAN AUTOKORELASI PARSIAL (PACF)
PERMINTAAN *TIMER* SETELAH DILAKUKAN PROSES DIFFERENSIASI

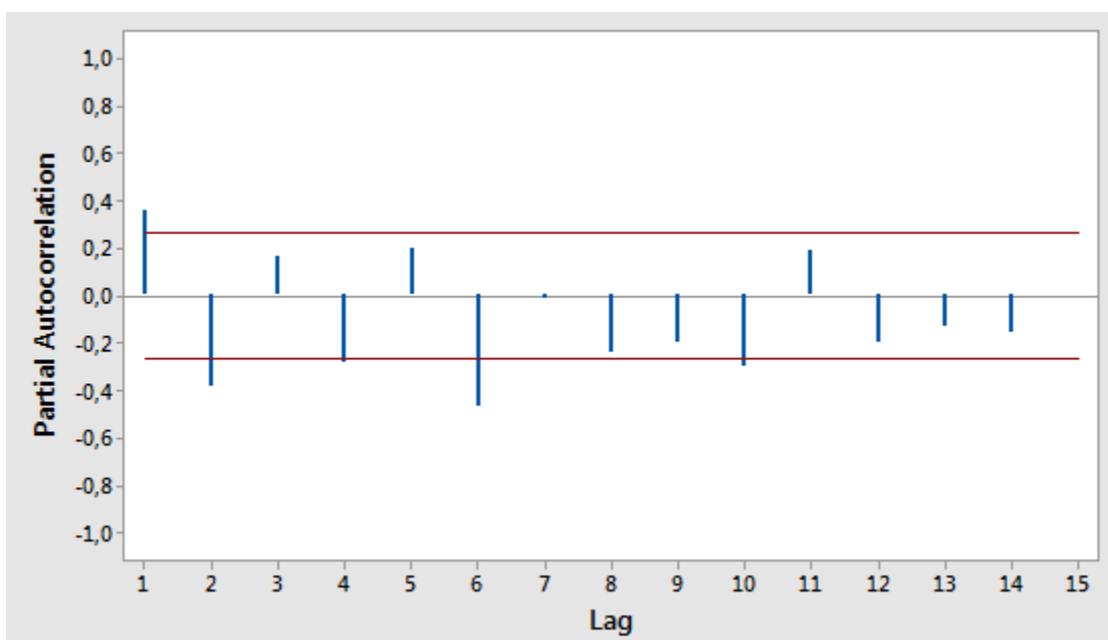
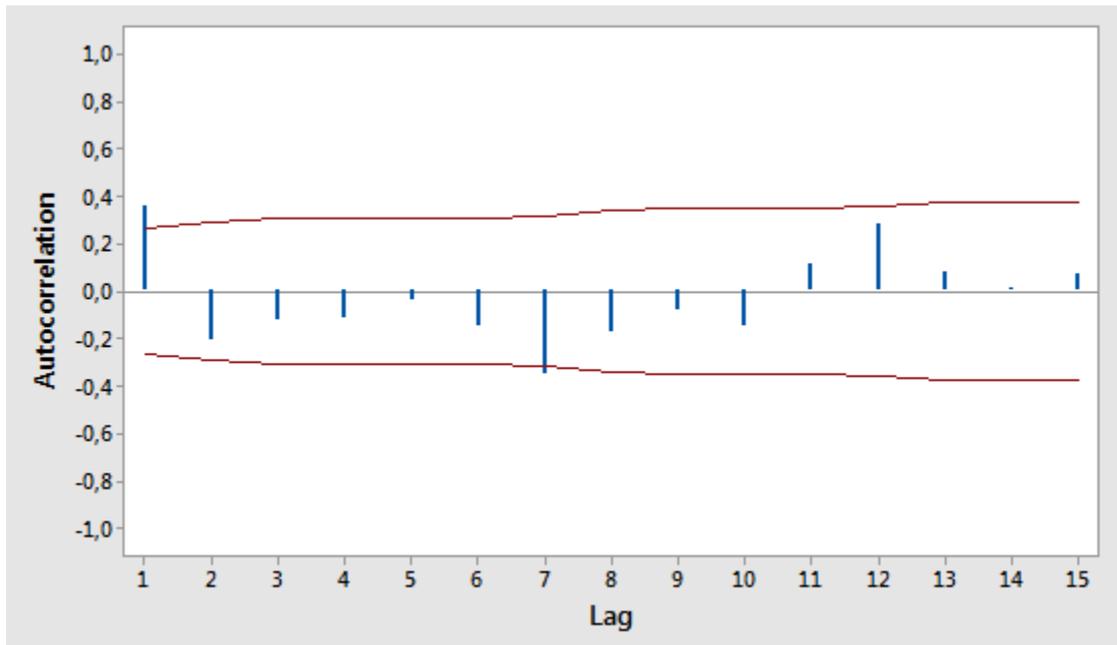
E1. Grafik ACF dan PACF Permintaan Produk A



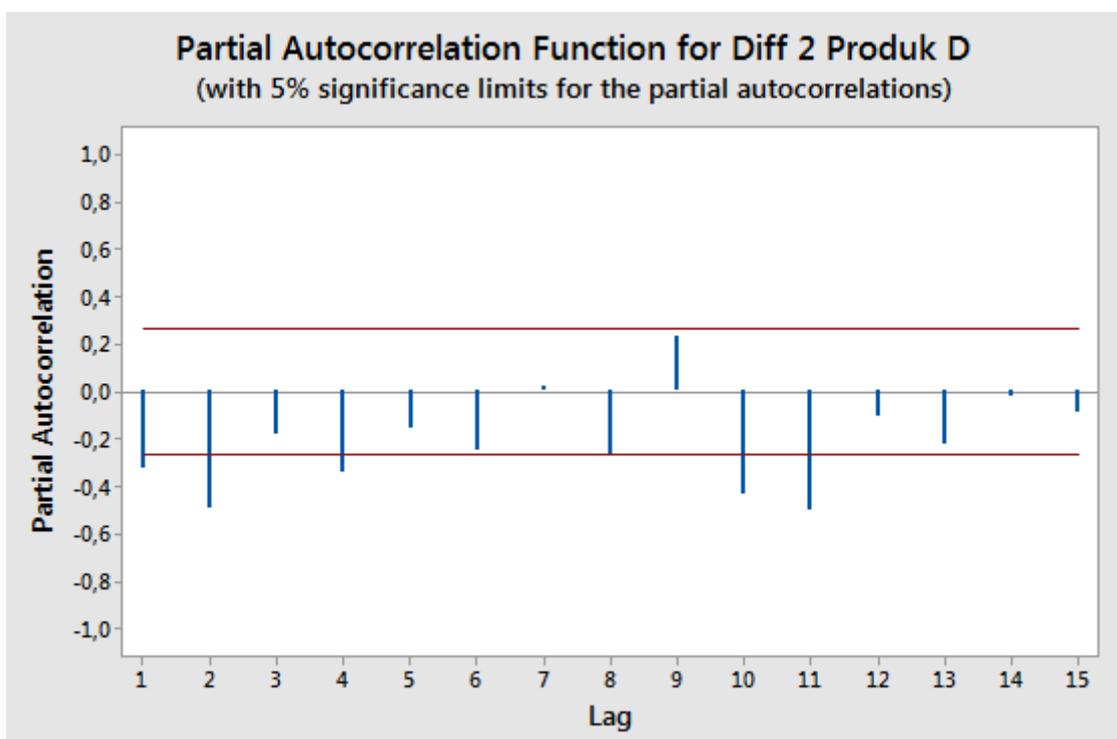
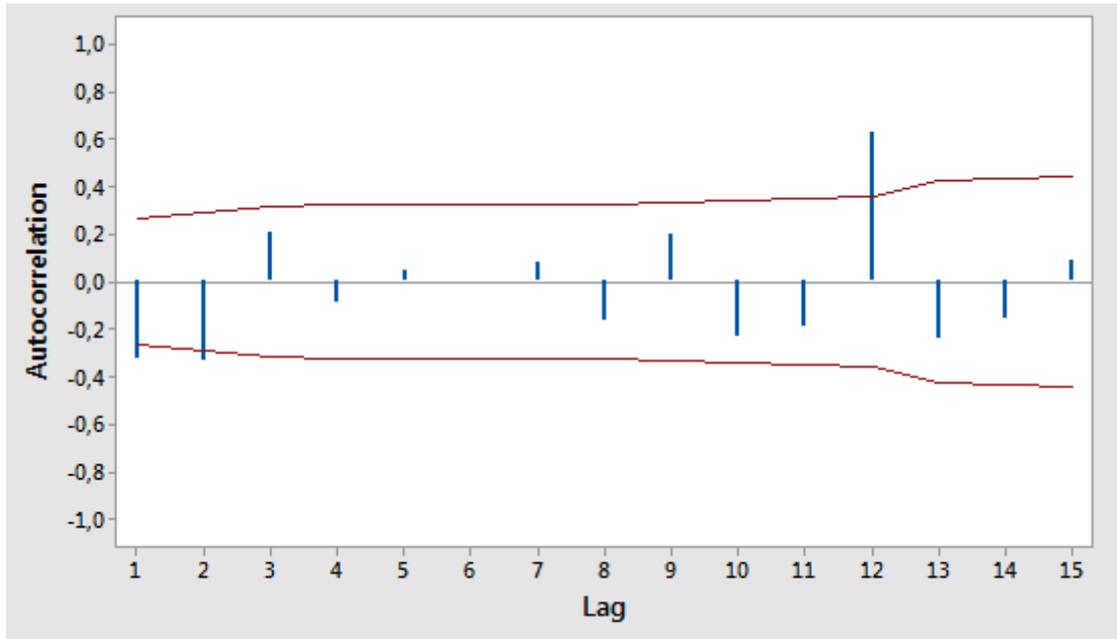
E2. Grafik ACF dan PACF Permintaan Produk B



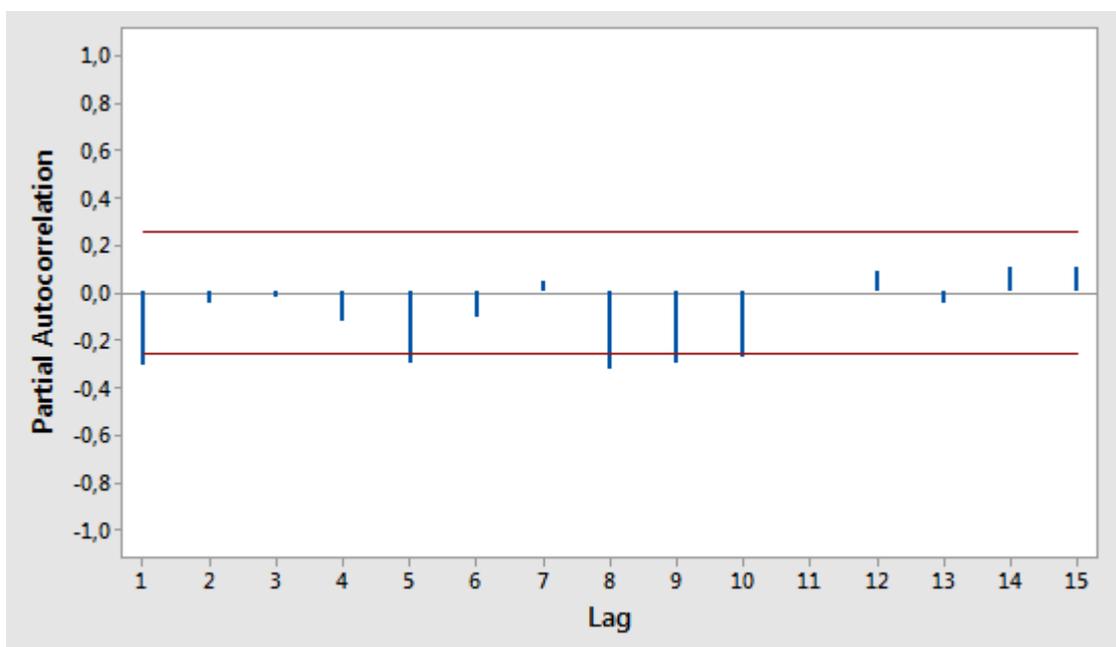
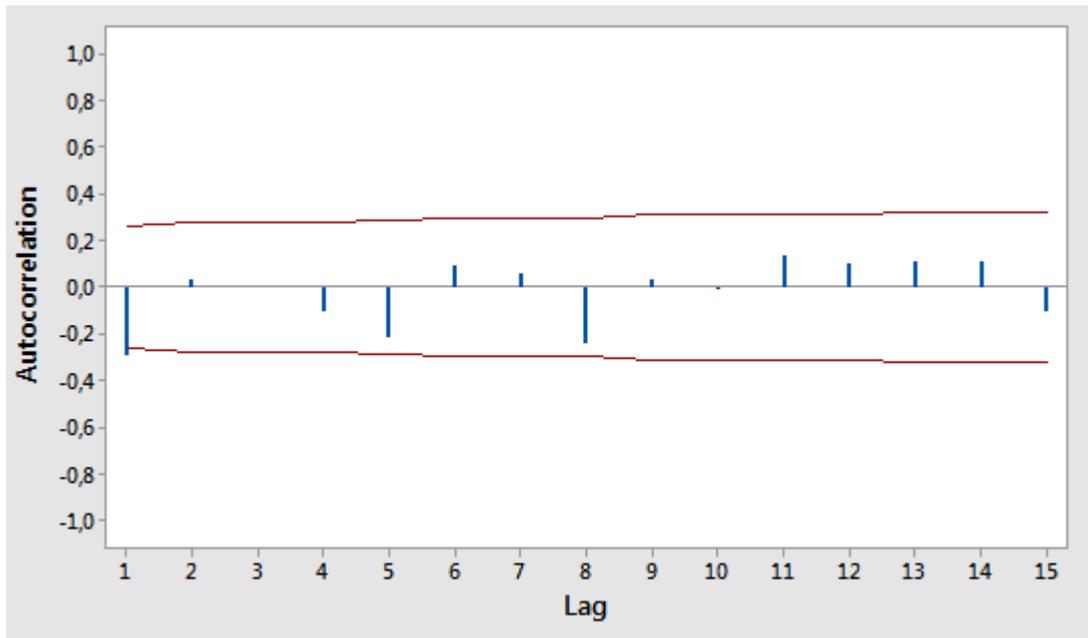
E3. Grafik ACF dan PACF Permintaan Produk C



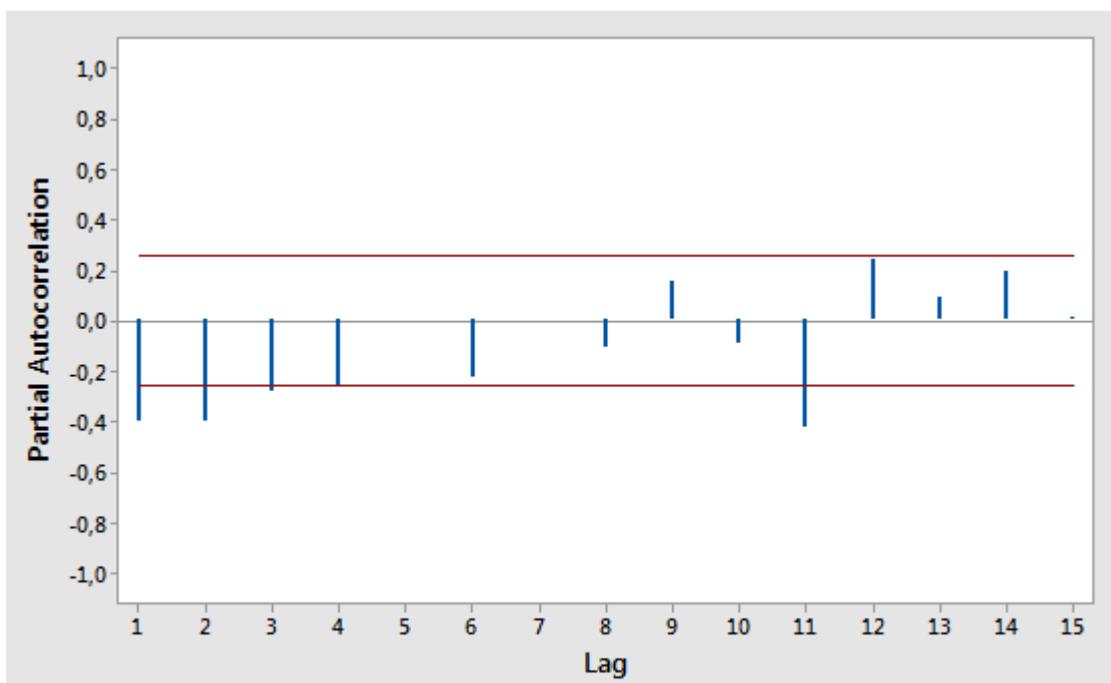
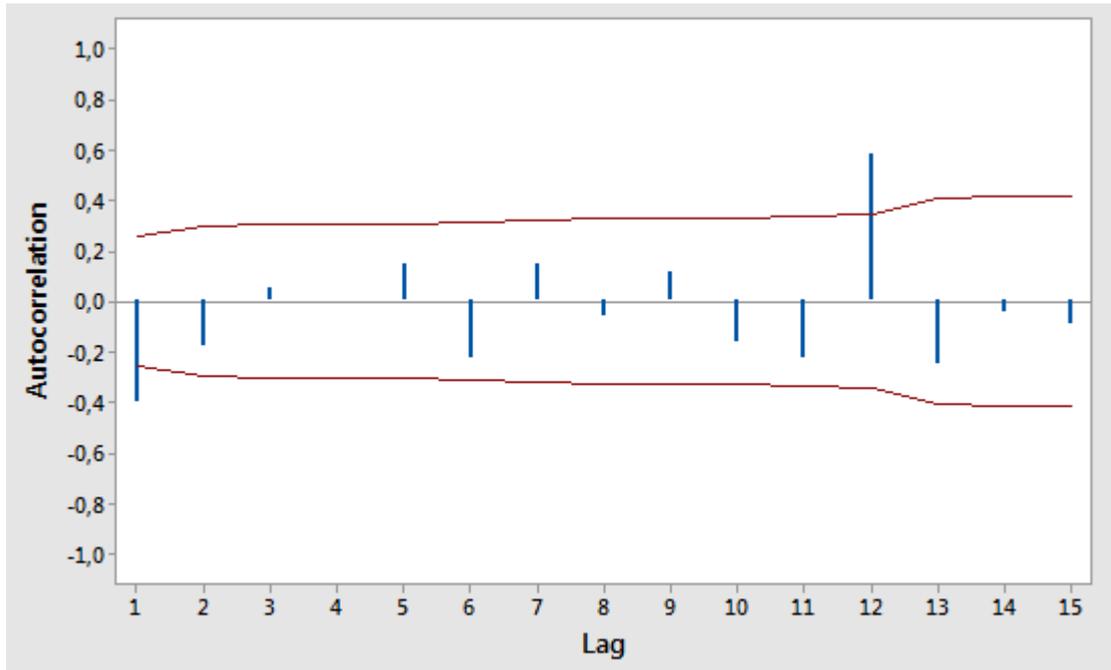
E4. Grafik ACF dan PACF Permintaan Produk D



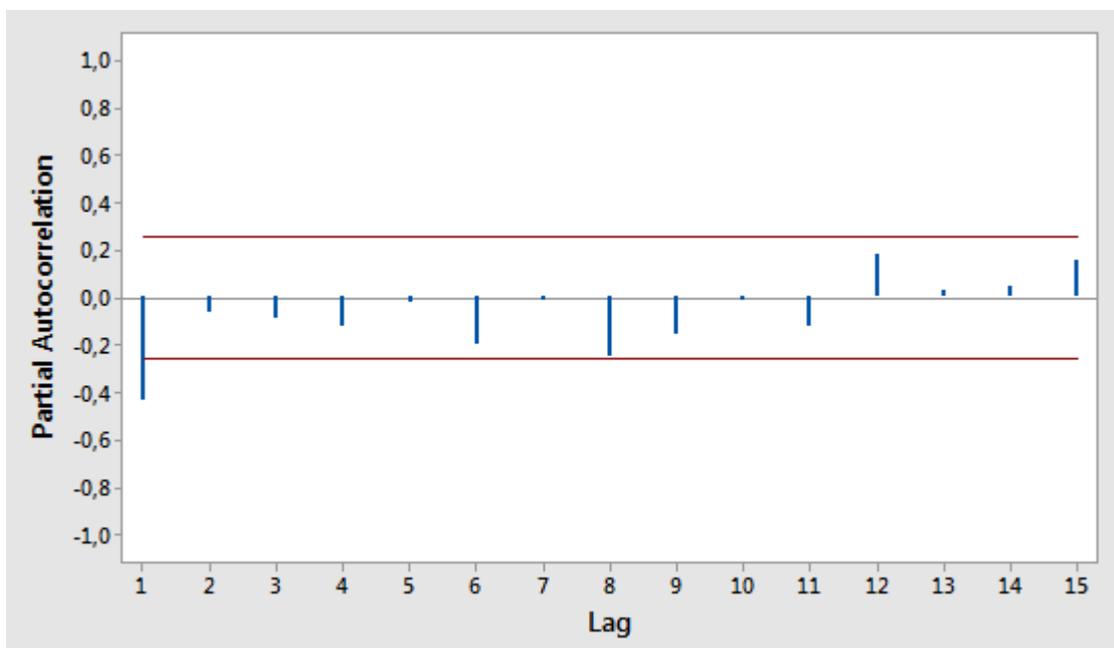
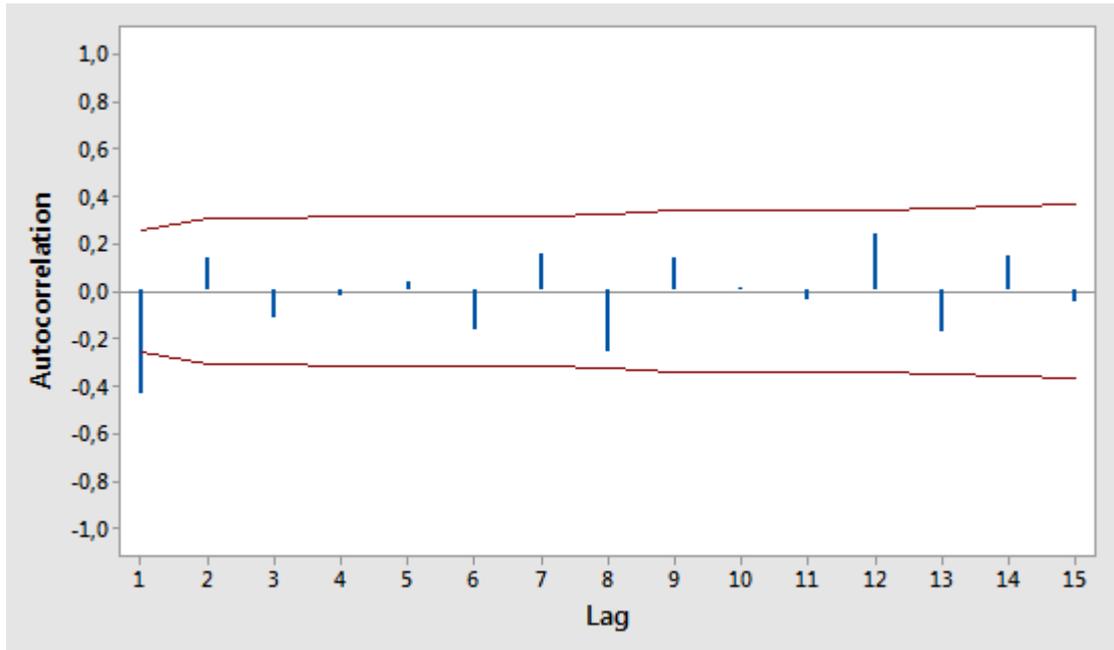
E5. Grafik ACF dan PACF Permintaan Produk E



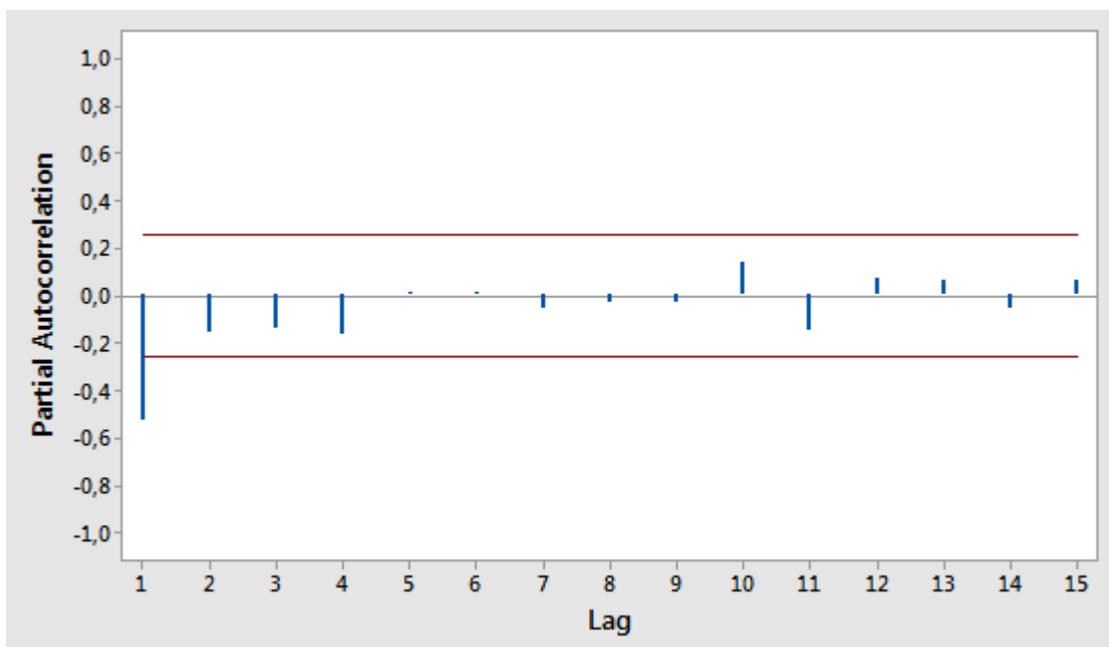
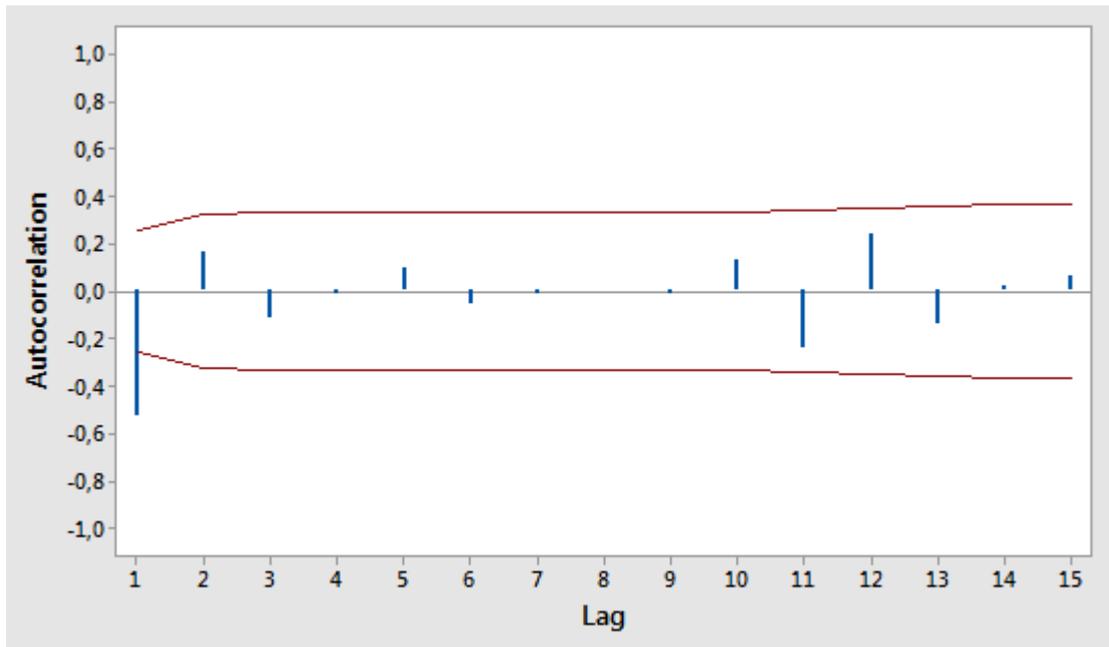
E6. Grafik ACF dan PACF Permintaan Produk F



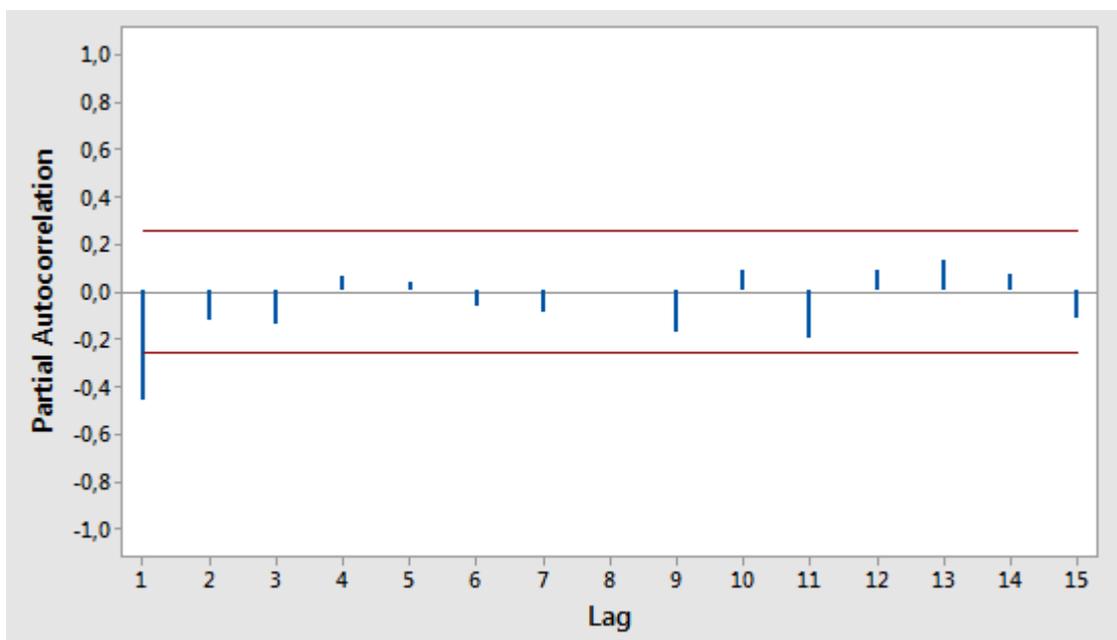
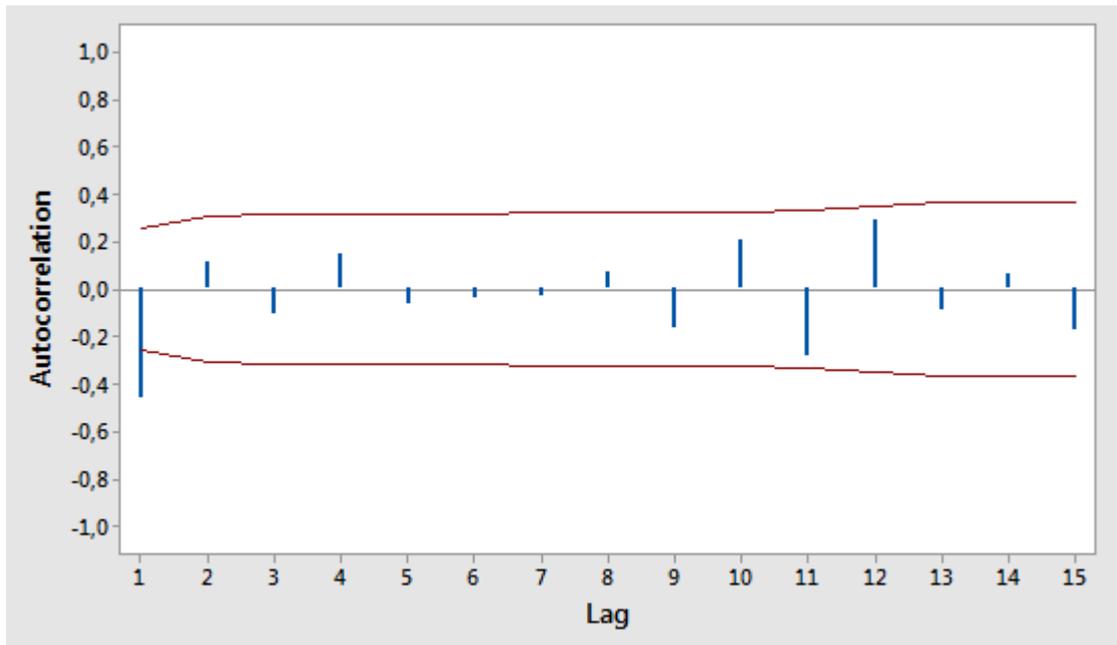
E7. Grafik ACF dan PACF Permintaan Produk G



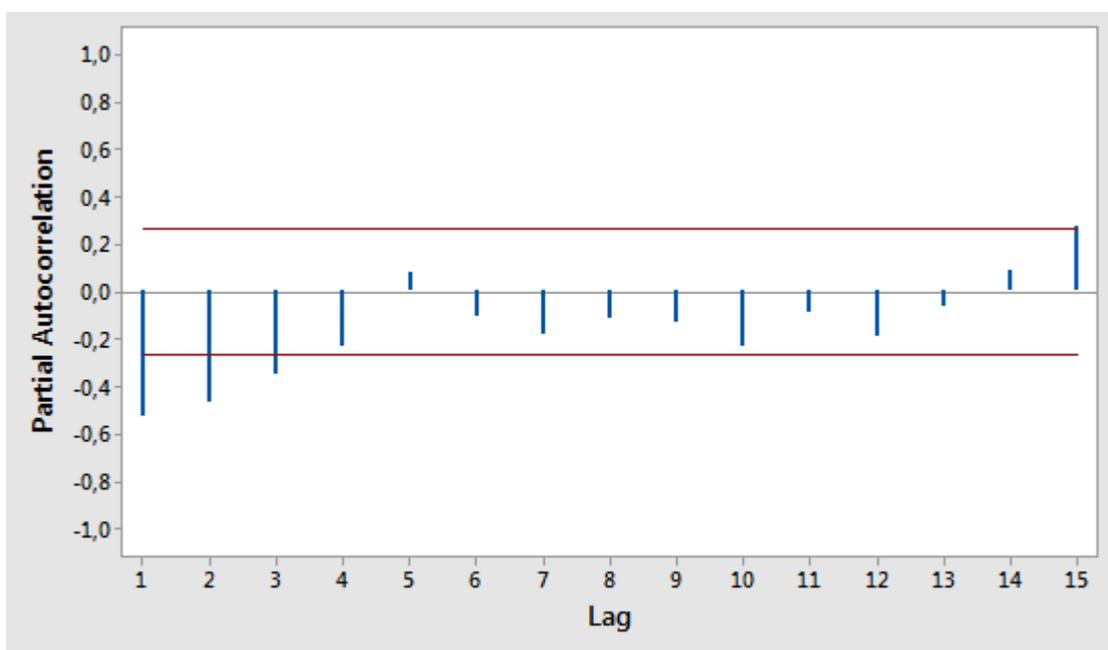
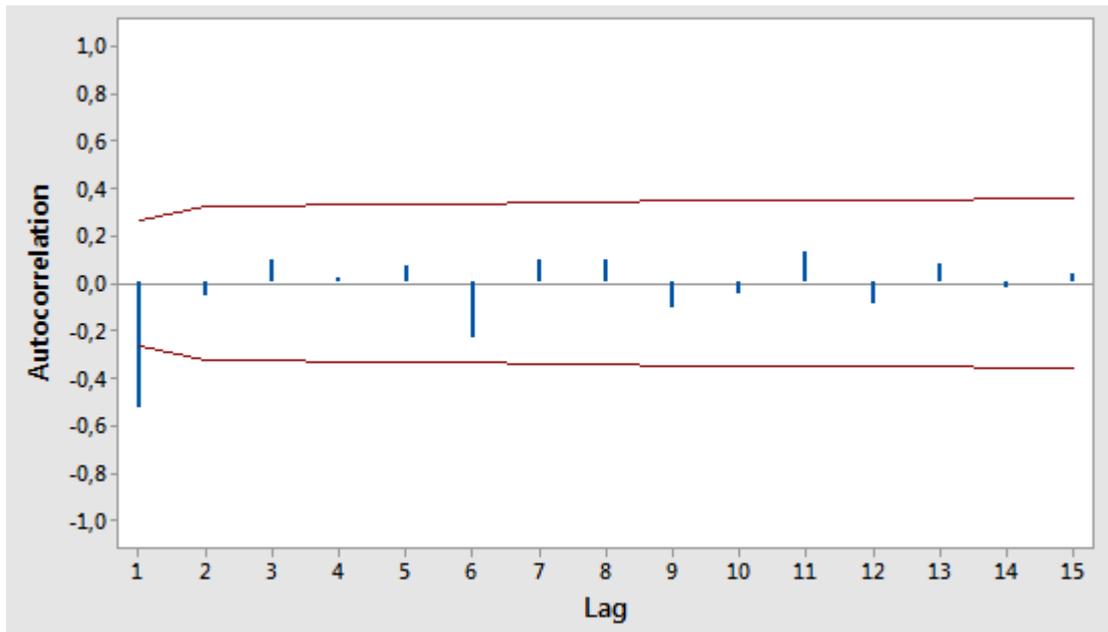
E8. Grafik ACF dan PACF Permintaan Produk H



E9. Grafik ACF dan PACF Permintaan Produk I



E10. Grafik ACF dan PACF Permintaan Produk J



LAMPIRAN F PARAMETER MODEL ARIMA

F1. Parameter Model ARIMA untuk Permintaan Produk A ARIMA (0,2,1)

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
MA 1	-0,9243	0,0516	-17,90	0,000

Number of observations: 58

Residuals: SS = 14,1446 (backforecasts excluded)
MS = 0,2482 DF = 57

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	19,0	31,7	39,9	43,0
DF	11	23	35	47
P-Value	0,061	0,106	0,262	0,639

F2. Parameter Model ARIMA untuk Permintaan Produk B ARIMA (1,1,1)

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	0,5473	0,1297	4,22	0,000
MA 1	0,9629	0,0784	12,28	0,000
Constant	0,16063	0,04396	3,65	0,001
Mean	0,35486	0,09712		

Number of observations: 59

Residuals: SS = 1126,84 (backforecasts excluded)
MS = 20,12 DF = 56

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	14,0	30,1	38,9	51,1
DF	9	21	33	45
P-Value	0,123	0,090	0,222	0,247

F3. Parameter Model ARIMA untuk Permintaan Produk C ARIMA (0,2,1)

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
MA 1	-0,9983	0,0347	-28,77	0,000

Number of observations: 58

Residuals: SS = 10,8511 (backforecasts excluded)
MS = 0,1904 DF = 57

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	18,3	28,2	38,4	44,9

DF	11	23	35	47
P-Value	0,076	0,207	0,317	0,560

F4. Parameter Model ARIMA untuk Permintaan Produk D ARIMA (2,2,0)

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	-0,4935	0,1161	-4,25	0,000
AR	2	-0,5022	0,1165	-4,31	0,000

Number of observations: 58

Residuals: SS = 31,4122 (backforecasts excluded)
MS = 0,5609 DF = 56

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	50,6	81,4	92,2	94,9
DF	10	22	34	46
P-Value	0,000	0,000	0,000	0,000

F5. Parameter Model ARIMA untuk Permintaan Produk E ARIMA (1,1,1) with constant

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	0,5056	0,1349	3,75	0,000
MA	1	0,9899	0,0736	13,45	0,000
Constant		-0,00038850	0,00008179	-4,75	0,000
Mean		-0,0007857	0,0001654		

Number of observations: 59

Residuals: SS = 0,00481842 (backforecasts excluded)
MS = 0,00008604 DF = 56

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	16,5	30,6	42,5	44,1
DF	9	21	33	45
P-Value	0,058	0,081	0,124	0,510

F6. Parameter Model ARIMA untuk Permintaan Produk F ARIMA (0,1,1) with constant

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
MA	1	0,9083	0,0564	16,10	0,000
Constant		-0,00032432	0,00004881	-6,64	0,000
Mean		-0,00032432	0,00004881		

Number of observations: 59

Residuals: SS = 0,000734112 (backforecasts excluded)
MS = 0,000012879 DF = 57

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	22,4	44,5	54,5	57,0
DF	10	22	34	46
P-Value	0,013	0,003	0,014	0,128

F7. Parameter Model ARIMA untuk Permintaan Produk G ARIMA (1,1,0)

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0,4433	0,1206	-3,67	0,001

Number of observations: 59

Residuals: SS = 8,52291 (backforecasts excluded)
MS = 0,14695 DF = 58

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	11,6	26,4	42,5	52,7
DF	11	23	35	47
P-Value	0,397	0,284	0,181	0,263

F8. Parameter Model ARIMA untuk Permintaan Produk H ARIMA (0,1,1) with constant

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
MA 1	0,8476	0,0675	12,56	0,000
Constant	0,052771	0,008425	6,26	0,000
Mean	0,052771	0,008425		

Number of observations: 59

Residuals: SS = 9,05238 (backforecasts excluded)
MS = 0,15881 DF = 57

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	4,7	13,4	21,3	29,6
DF	10	22	34	46
P-Value	0,913	0,920	0,956	0,971

F9. Parameter Model ARIMA untuk Permintaan Produk I ARIMA (1,1,0)

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0,5002	0,1129	-4,43	0,000

Number of observations: 59

Residuals: SS = 23,5900 (backforecasts excluded)
MS = 0,4067 DF = 58

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	10,5	17,6	30,2	48,4
DF	11	23	35	47
P-Value	0,484	0,779	0,699	0,418

F10. Parameter Model ARIMA untuk Permintaan Produk J ARIMA (1,2,1)

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	-0,2697	0,1307	-2,06	0,044
MA	1	0,9684	0,0472	20,51	0,000

Number of observations: 58

Residuals: SS = 0,00250750 (backforecasts excluded)
MS = 0,00004478 DF = 56

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	17,5	32,3	36,8	48,0
DF	10	22	34	46
P-Value	0,065	0,072	0,340	0,393

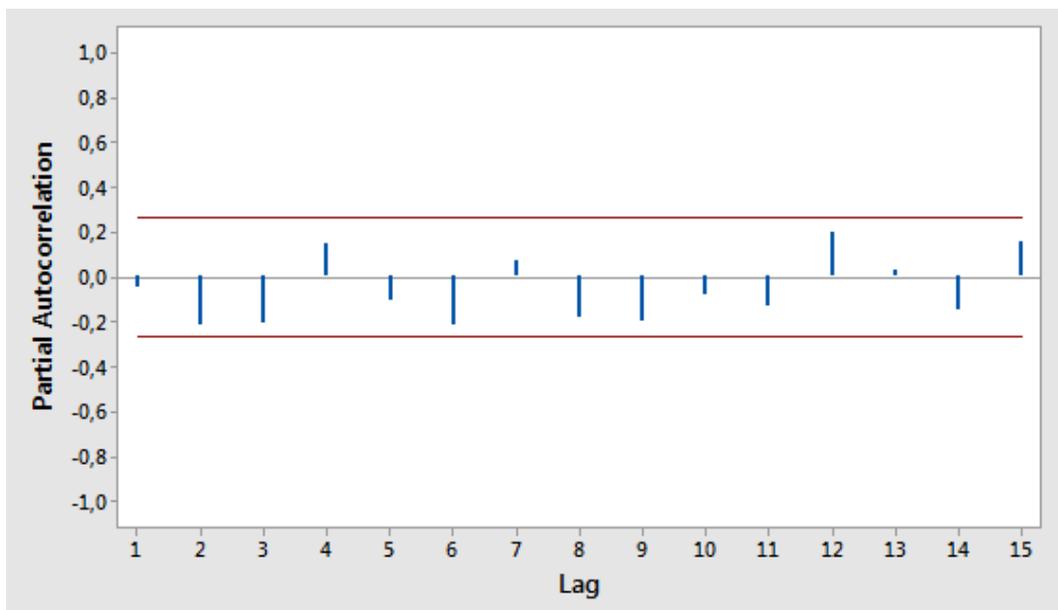
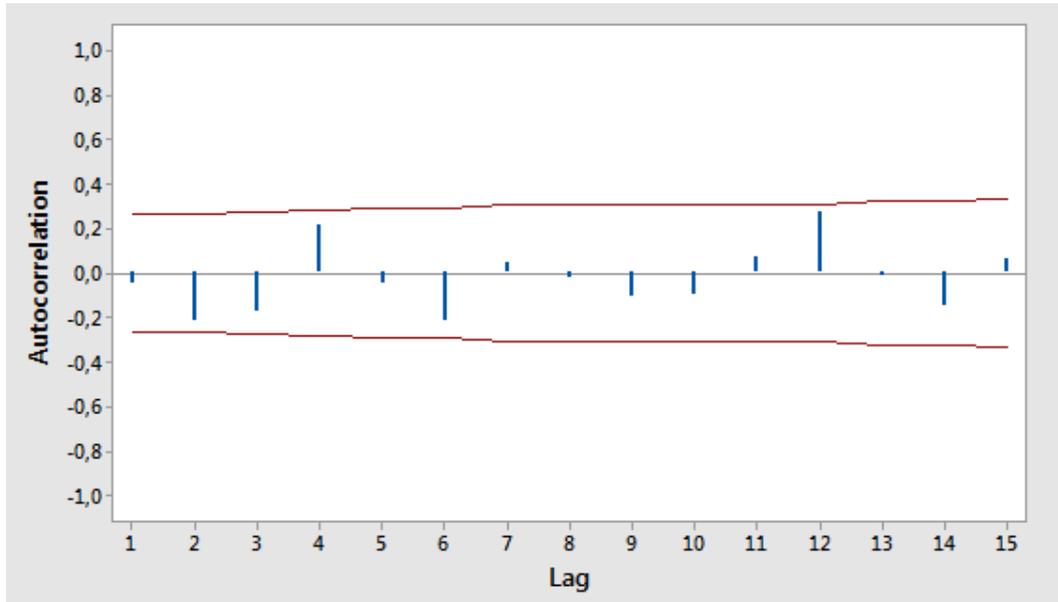
LAMPIRAN G

RESIDUAL MODEL ARIMA

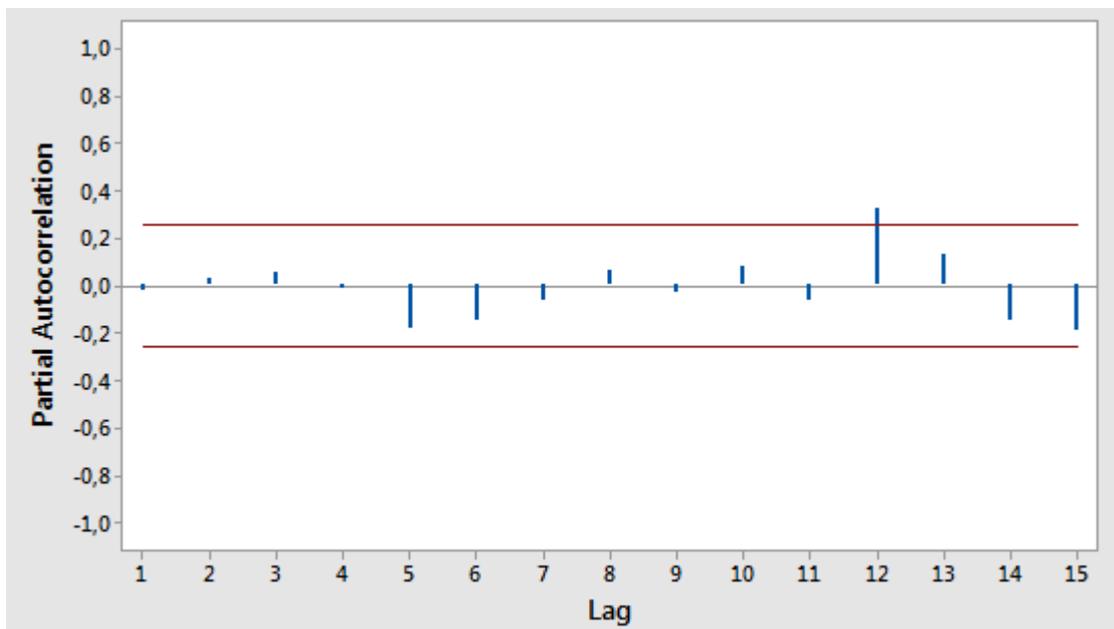
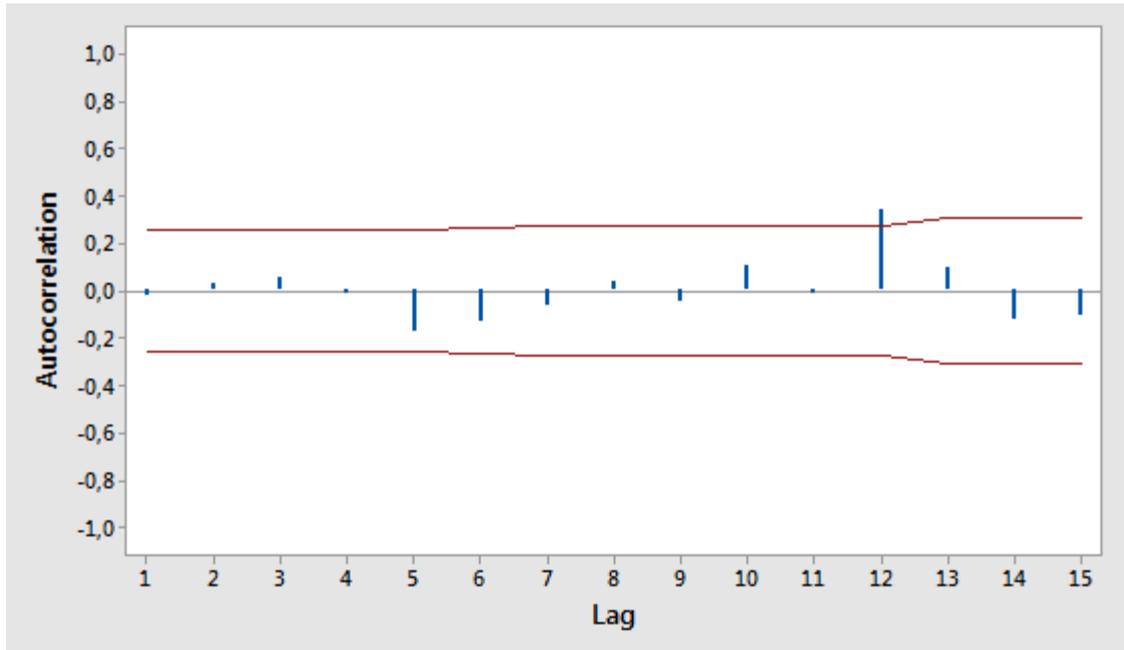
Bulan ke-	Produk A	Produk B	Produk C	Produk D	Produk E	Produk F	Produk G	Produk H	Produk I	Produk J
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	*	-1,7602	*	*	-0,0120	0,0002	-0,1967	-0,0445	-1,2655	*
3	0,0166	3,6459	-0,0580	0,0476	-0,0061	-0,0061	0,5433	0,0707	-0,6307	-0,0028
4	-0,2731	3,9612	-0,0629	-0,1343	0,0021	0,0015	-0,3733	-0,5771	-0,6259	0,0018
5	0,1751	-1,5256	-0,3397	-0,0777	0,0033	0,0026	-0,5609	0,0613	0,5908	0,0019
6	0,0960	-5,3715	0,6201	0,3915	0,0052	0,0037	0,0577	-0,2315	0,1159	-0,0013
7	0,5928	-3,2858	-0,5928	1,5633	-0,0024	0,0016	-0,0496	-0,4740	-0,5023	-0,0052
8	-0,0349	-3,3470	0,4317	-0,8670	-0,0073	0,0038	0,1355	-0,4972	-0,2563	-0,0054
9	0,0777	-9,7647	0,5422	-0,8912	0,0013	0,0027	0,3008	-0,5550	0,0643	0,0017
10	-0,3801	-3,9943	-0,1581	-0,1448	-0,0098	-0,0092	0,4535	0,7602	0,4498	0,0034
11	0,0637	3,5490	0,3226	-0,9881	0,0098	-0,0009	-0,0576	-0,8782	0,3917	-0,0061
12	0,2288	-6,3162	0,0346	0,5654	0,0007	0,0009	0,1593	-0,8291	-0,3873	-0,0046
13	-0,3293	8,8751	-0,7904	0,6702	-0,0085	-0,0006	0,5622	0,4486	1,8888	0,0107
14	-0,0405	-2,3997	0,1073	0,1078	0,0122	0,0021	-0,3678	-0,0504	-0,6822	0,0001
15	-0,0680	3,1752	0,0249	0,1773	0,0065	-0,0041	0,1788	0,4362	-0,6530	-0,0046
16	-0,2055	3,5137	-0,0652	-0,5123	0,0033	0,0028	-0,3204	-0,0014	-0,6478	0,0020
17	0,1029	-2,0837	0,8587	-0,0769	0,0112	0,0027	-0,0182	-0,2938	0,6121	0,0021
18	0,1633	-5,9590	0,2433	0,4002	0,0061	0,0020	-0,3849	-0,0160	0,1196	-0,0011
19	0,8299	-0,3806	-0,1347	1,8501	0,0103	0,0008	0,1029	-0,4314	0,0232	-0,0119
20	0,1026	-1,6107	0,2525	-0,9446	-0,0166	0,0020	0,4675	0,0735	0,1337	-0,0080
21	-0,2155	-5,6367	-0,2011	-1,2654	-0,0015	0,0017	0,3900	-0,2855	0,1411	-0,0054
22	-0,1095	-4,9871	-0,1572	0,2198	-0,0187	-0,0070	0,7083	0,4142	0,5088	0,0033
23	0,0486	5,2225	0,9266	-1,1976	0,0031	0,0020	-0,1731	0,3224	0,4436	0,0013
24	0,2428	-5,5268	-1,3084	0,7473	-0,0049	0,0023	0,0939	0,1956	-0,4385	-0,0020
25	-0,2705	-1,0957	-0,9479	-0,4066	0,0246	0,0055	-0,9697	0,3678	0,0165	0,0037
26	-0,3085	2,8578	-0,0419	1,2555	0,0058	0,0020	-0,1561	-0,2044	-0,1446	0,0103
27	-0,1016	3,5502	0,8586	-0,1814	-0,0011	-0,0046	0,7450	0,4061	0,0926	-0,0009
28	-0,0156	3,8835	-0,0572	-0,0461	0,0122	0,0035	-0,4063	-0,2463	-0,6960	0,0020
29	-0,0726	-1,9427	-0,3484	-0,4285	0,0094	0,0059	-0,4628	-0,5198	0,6572	0,0021
30	0,7309	-6,0376	0,0409	0,3972	0,0013	0,0047	0,0518	-0,5213	0,1287	-0,0008
31	0,3024	-0,1740	0,2798	1,8481	0,0082	-0,0045	0,6102	-0,2789	0,0247	-0,0109
32	0,0324	-1,4683	0,5053	-0,9443	0,0104	0,0029	0,1709	-0,2235	0,1439	-0,0073
33	-1,3057	-3,6656	0,5347	-0,6535	-0,0323	0,0028	0,1345	-0,3402	0,1517	-0,0049
34	0,8993	-6,2147	-0,1523	-0,6990	-0,0108	-0,0080	0,5216	0,1624	0,5465	0,0032
35	0,2708	5,6617	0,9227	-0,8824	0,0015	0,0018	0,3889	0,1294	0,4767	0,0014
36	0,0353	-5,6099	-0,5655	0,4307	-0,0058	0,0046	0,2351	0,0284	-0,4712	-0,0017
37	-1,4569	1,3285	-0,3504	0,0798	0,0011	0,0042	0,0112	0,0757	-1,5287	0,0274
38	0,9632	4,2648	-0,1588	1,1631	0,0076	0,0030	-0,3209	0,0645	1,0055	-0,0124
39	0,2763	4,9416	-0,1907	-0,1742	-0,0051	-0,0066	0,3033	0,6426	1,0785	-0,0081
40	-0,8092	5,2703	-0,0575	-0,1424	0,0068	-0,0014	-0,0228	0,1086	-0,7812	0,0021
41	-0,2387	-0,9790	-0,4151	-0,4230	0,0044	0,0001	-0,0110	-0,2508	0,7379	0,0022
42	0,4258	-5,3949	-0,0179	0,3932	-0,0028	0,0003	0,0106	-0,2966	0,1442	-0,0004
43	1,4864	0,8457	0,4035	1,8578	0,0034	-0,0048	0,2986	-0,0619	0,0279	-0,0094
44	0,5015	-0,5592	0,5091	-0,9472	-0,0025	-0,0020	0,0461	-0,0313	0,1614	-0,0062
45	0,6681	7,6465	-0,1344	-1,0822	-0,0088	-0,0058	0,6027	1,1537	1,4053	-0,0008
46	0,0551	1,9023	0,1393	0,1818	0,0008	-0,0031	0,3289	0,1359	0,9800	-0,0055
47	-0,3615	0,7778	0,0508	0,0923	-0,0077	-0,0035	-0,0064	0,6252	-0,3347	0,0053
48	0,2655	9,1018	0,0188	0,5291	0,0079	-0,0026	-0,0217	-0,2040	-0,0929	0,0050
49	-0,3942	-1,9172	0,5293	-0,7336	-0,0094	-0,0023	0,3408	0,0447	0,8976	-0,0049
50	0,2720	-3,1023	-0,1097	-0,0775	0,0023	0,0003	-0,3658	-0,2758	-0,7028	0,0055
51	0,2194	3,2801	0,2393	-0,0972	-0,0077	-0,0036	0,5878	0,8971	-0,2890	0,0047
52	-0,7548	3,6773	-0,0575	-0,0432	0,0031	0,0004	-0,7046	-0,1926	-0,8841	-0,0016
53	-0,2910	-2,6310	-0,4727	-0,0733	0,0009	0,0007	-0,2779	0,1271	-0,2531	-0,0037
54	0,4746	-7,0577	0,0406	0,3955	-0,0054	0,0005	-0,0045	0,0287	0,7306	0,0072
55	0,4381	2,3910	-0,0537	0,1427	0,0107	0,0007	0,0526	0,0658	-0,4144	0,0080
56	-0,0513	-1,3235	0,0973	-0,2004	-0,0109	0,0012	0,5616	0,0330	-0,0928	-0,0131
57	0,0122	3,0245	0,3808	0,3819	0,0019	-0,0028	0,1281	-0,0138	0,5421	-0,0002
58	-0,0253	-3,2299	-0,3018	-0,1766	-0,0053	-0,0001	-0,2048	-0,2786	0,5220	-0,0012
59	-0,6501	2,6810	-0,0063	-0,3713	-0,0004	0,0043	-0,7005	-0,0873	0,0902	0,0072
60	0,3895	-6,4340	-0,0046	0,2548	-0,0074	0,0011	0,3673	0,3733	-0,1101	-0,0020

LAMPIRAN H
GRAFIK AUTOKORELASI (ACF) DAN AUTOKORELASI PARSIAL (PACF)
RESIDUAL MODEL ARIMA

H1. Grafik ACF dan PACF Residual Model ARIMA Produk A



H2. Grafik ACF dan PACF Residual Model ARIMA Produk B



Runs test for RESI1

Runs above and below $K = -0,402675$

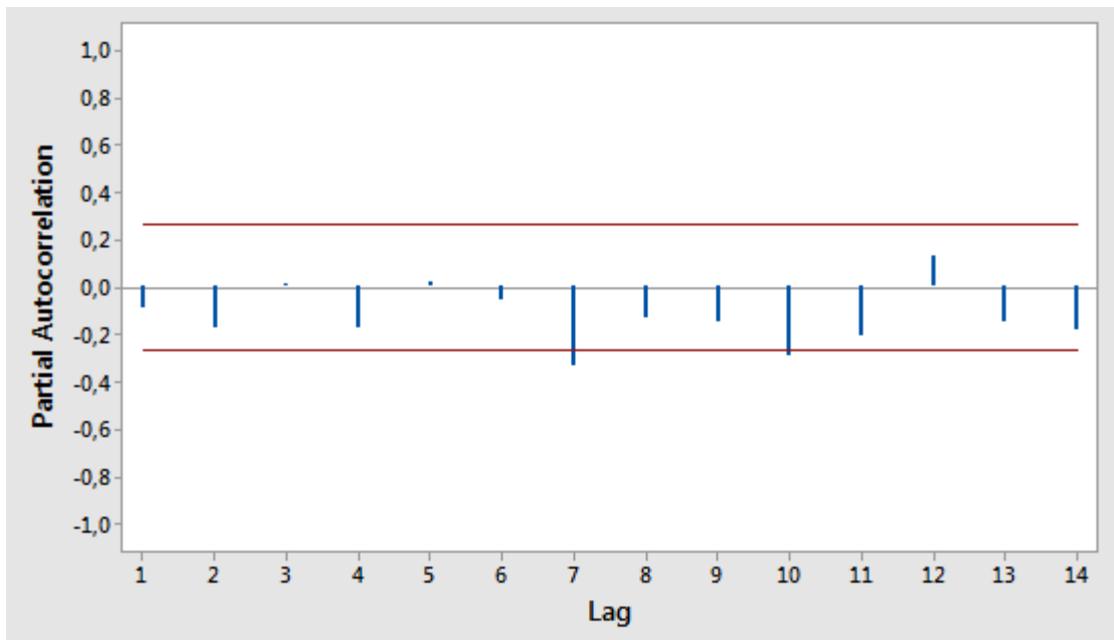
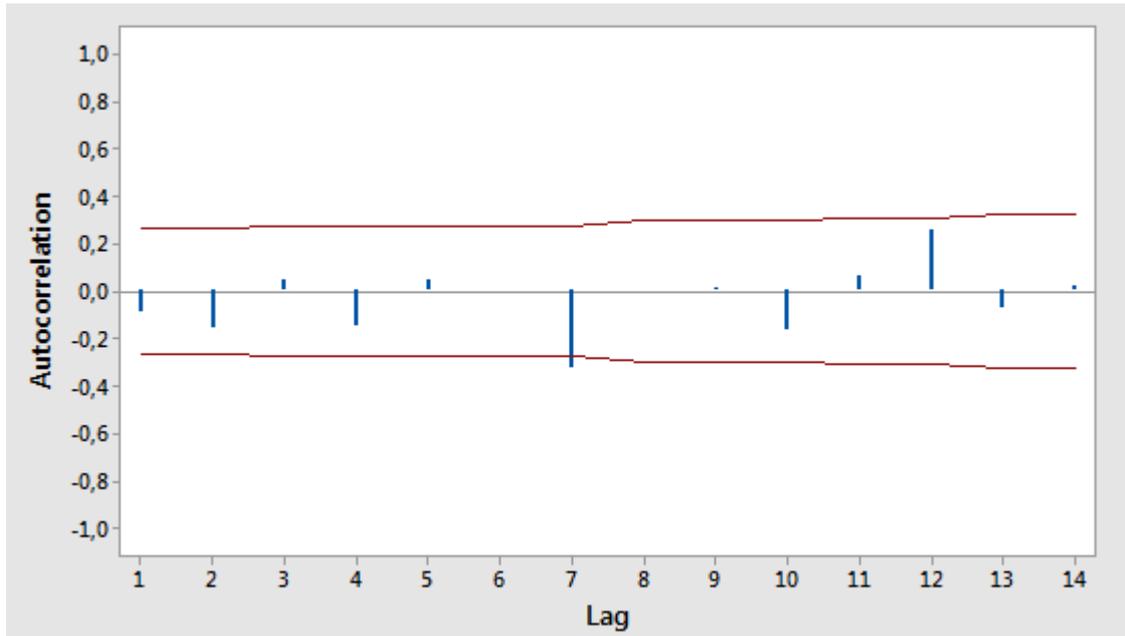
The observed number of runs = 33

The expected number of runs = 30,2881

27 observations above K ; 32 below

P-value = 0,473

H3. Grafik ACF dan PACF Residual Model ARIMA Produk C



Runs test for RESI1

Runs above and below $K = 0,0276355$

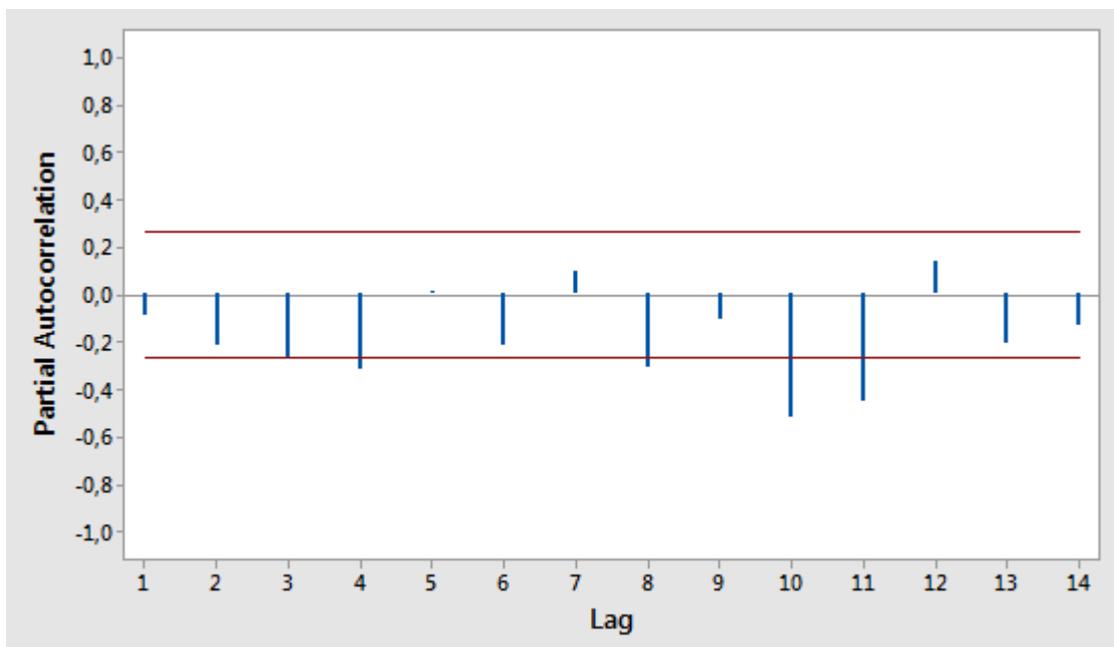
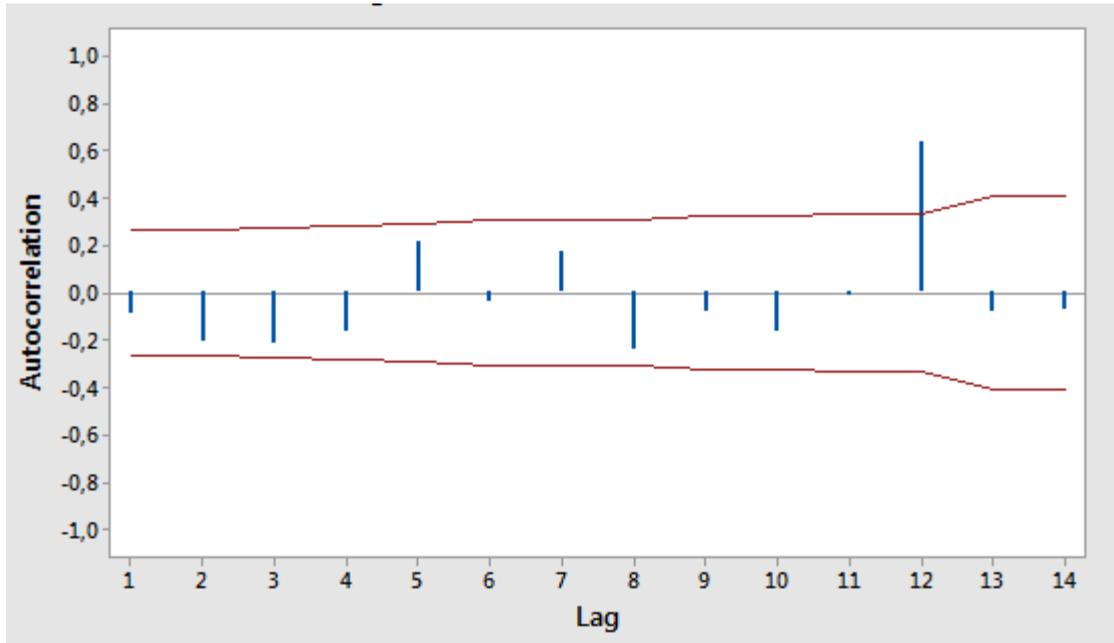
The observed number of runs = 33

The expected number of runs = 29,4483

25 observations above K ; 33 below

P-value = 0,337

H4. Grafik ACF dan PACF Residual Model ARIMA Produk D



Runs test for RESI1

Runs above and below $K = 0,00448385$

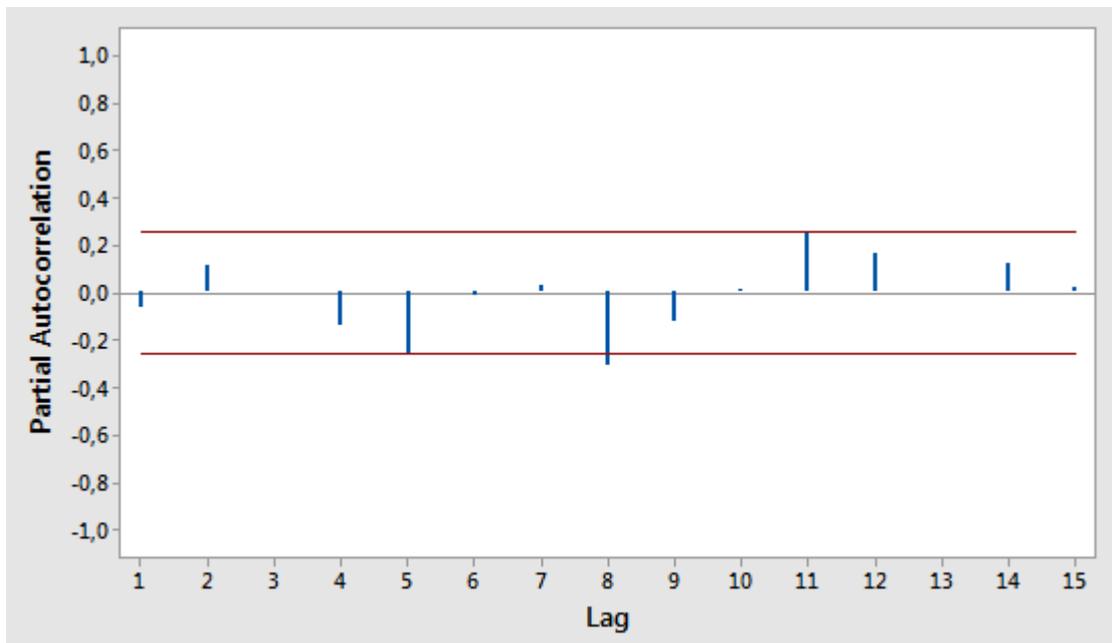
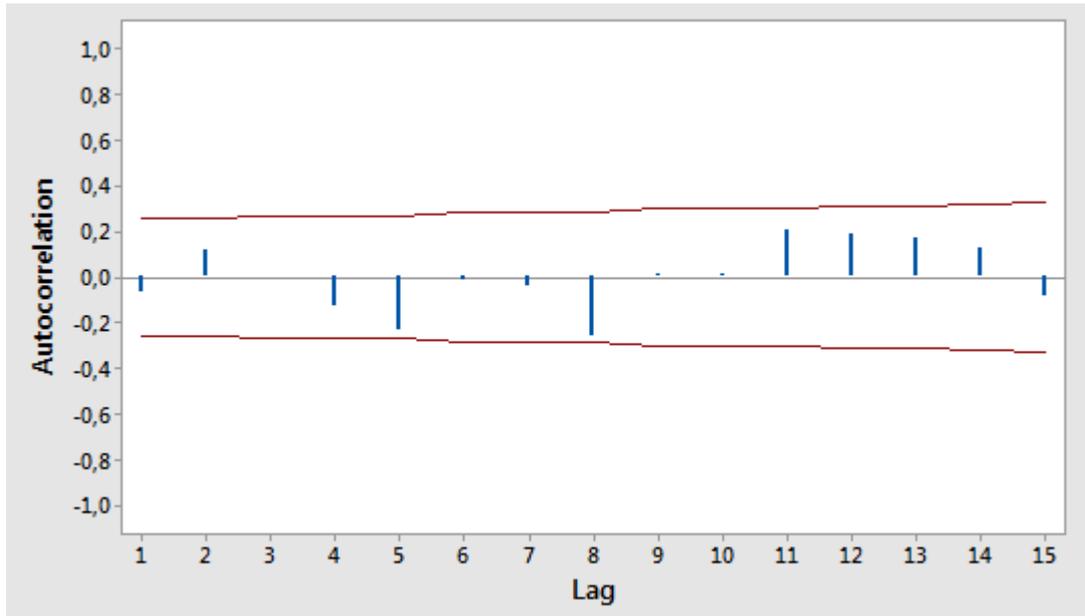
The observed number of runs = 27

The expected number of runs = 29,6897

26 observations above K ; 32 below

P-value = 0,471

H5. Grafik ACF dan PACF Residual Model ARIMA Produk E



Runs test for RESI1

Runs above and below K = -0,000199255

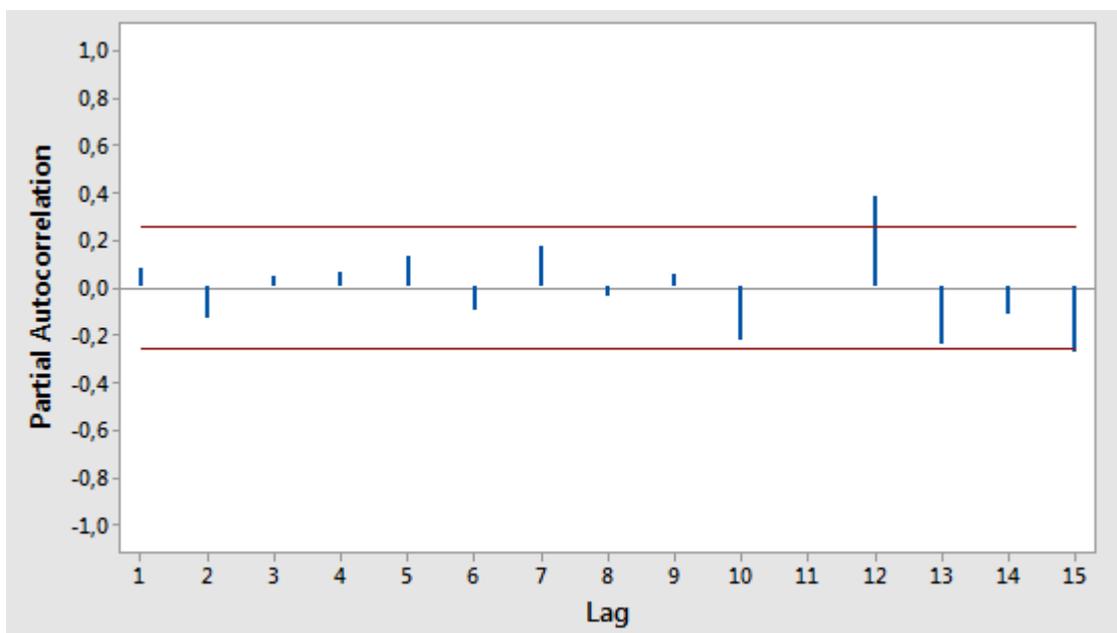
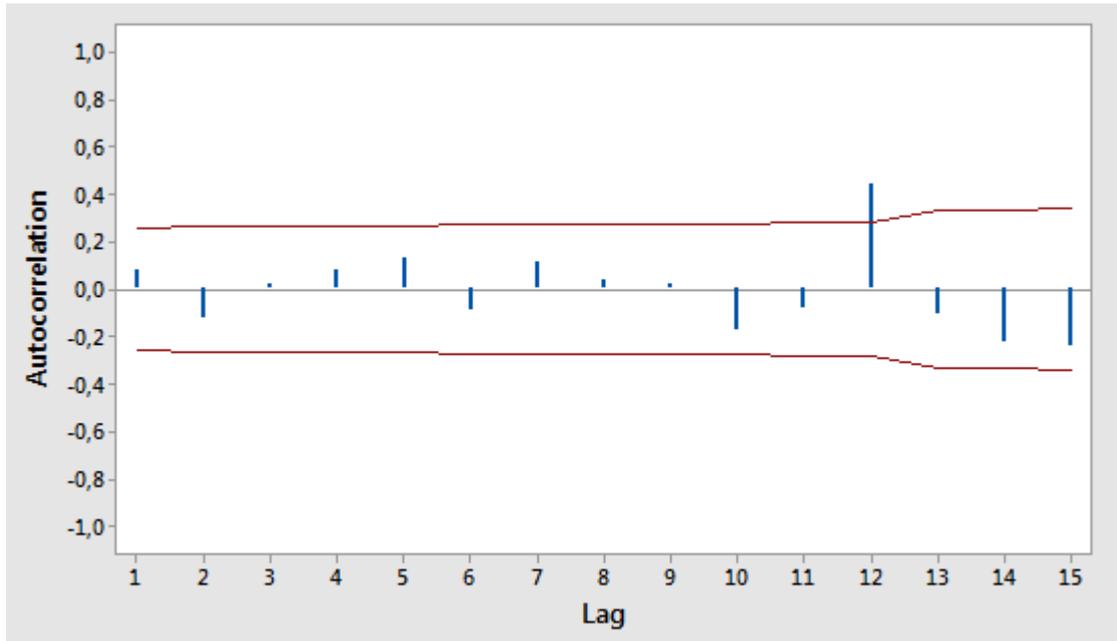
The observed number of runs = 35

The expected number of runs = 30,0847

33 observations above K; 26 below

P-value = 0,190

H6. Grafik ACF dan PACF Residual Model ARIMA Produk F



Runs test for RESI1

Runs above and below $K = 0,0000403467$

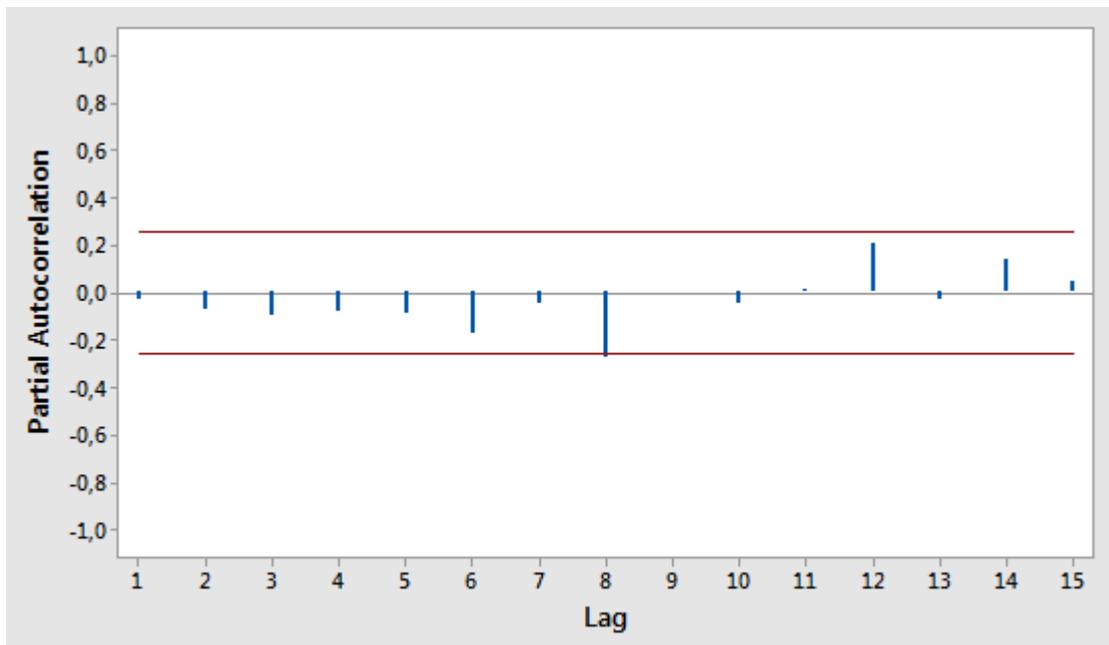
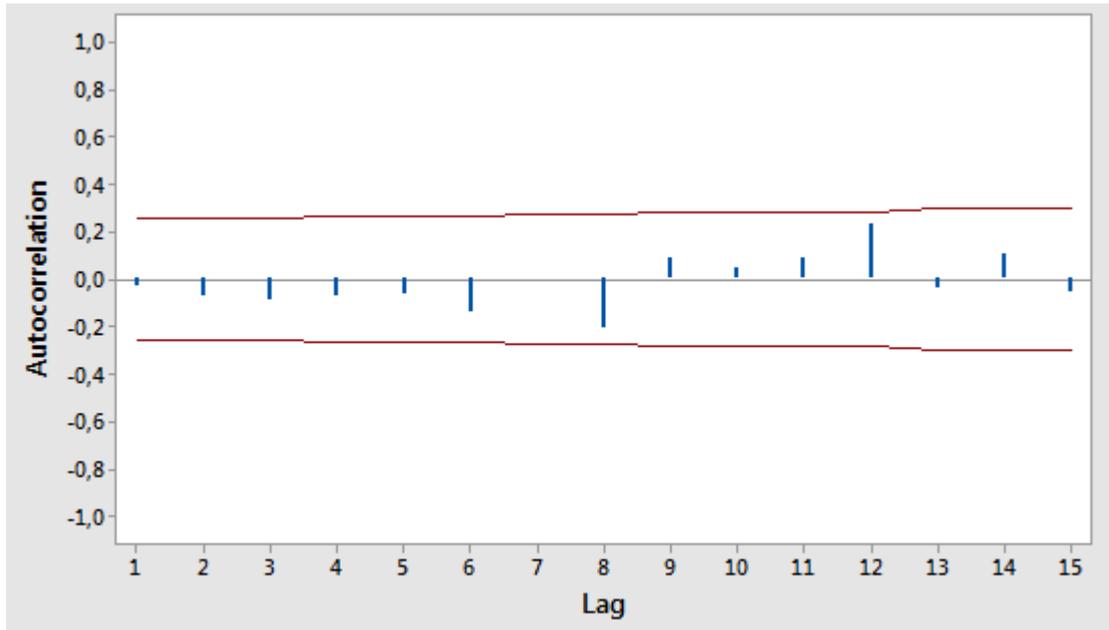
The observed number of runs = 25

The expected number of runs = 28,0508

38 observations above K ; 21 below

P-value = 0,381

H7. Grafik ACF dan PACF Residual Model ARIMA Produk G



Runs test for RESI1

Runs above and below $K = 0,0595435$

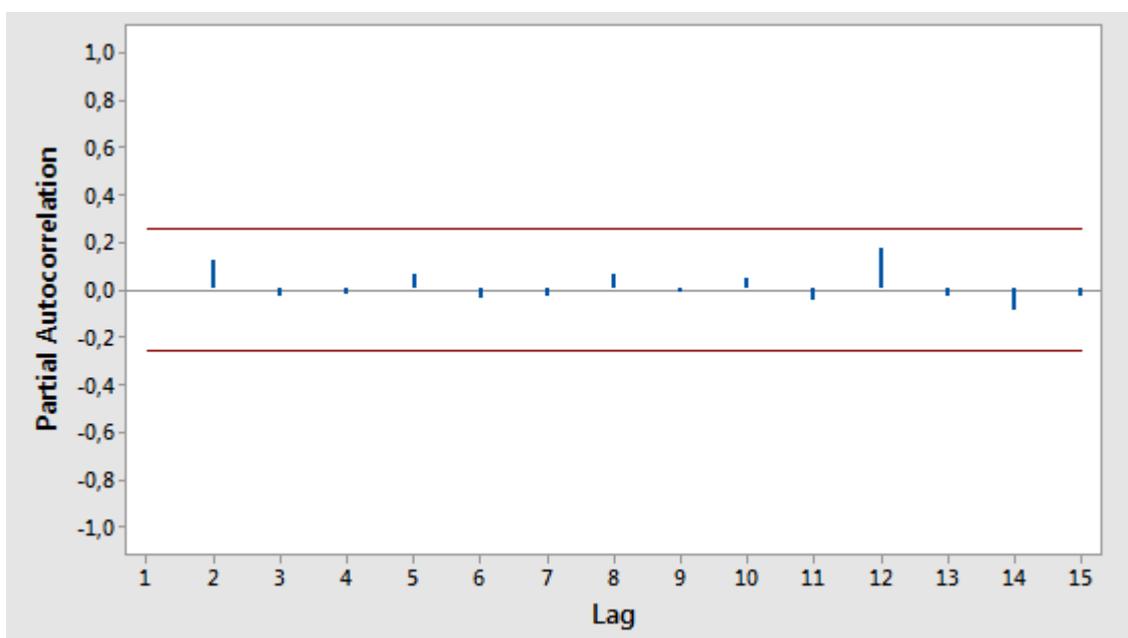
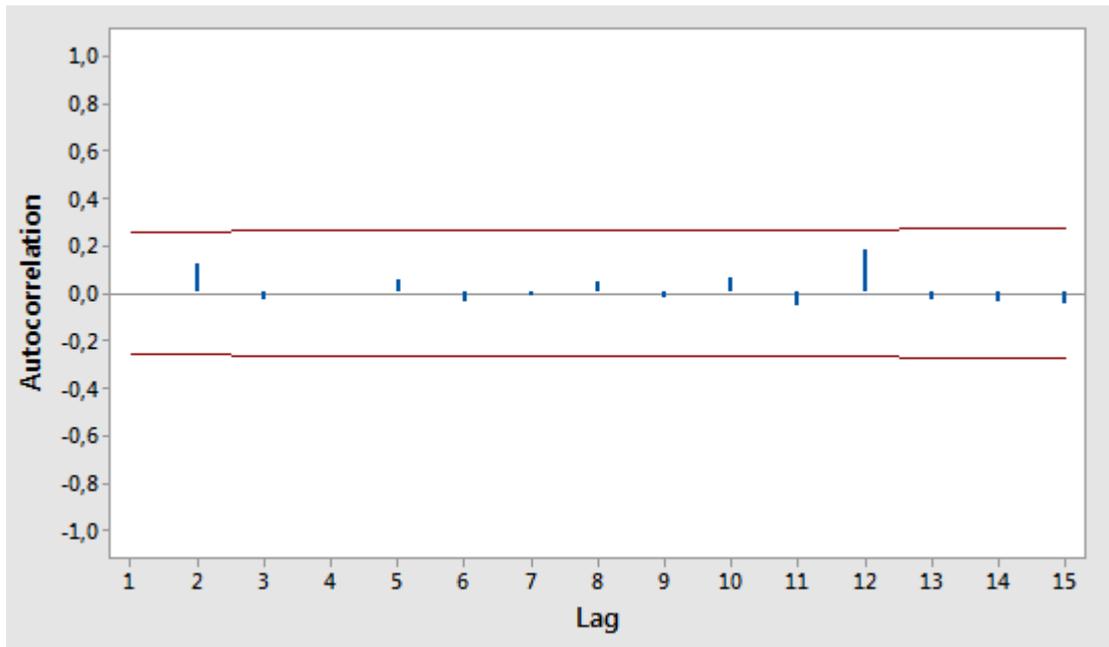
The observed number of runs = 30

The expected number of runs = 30,4237

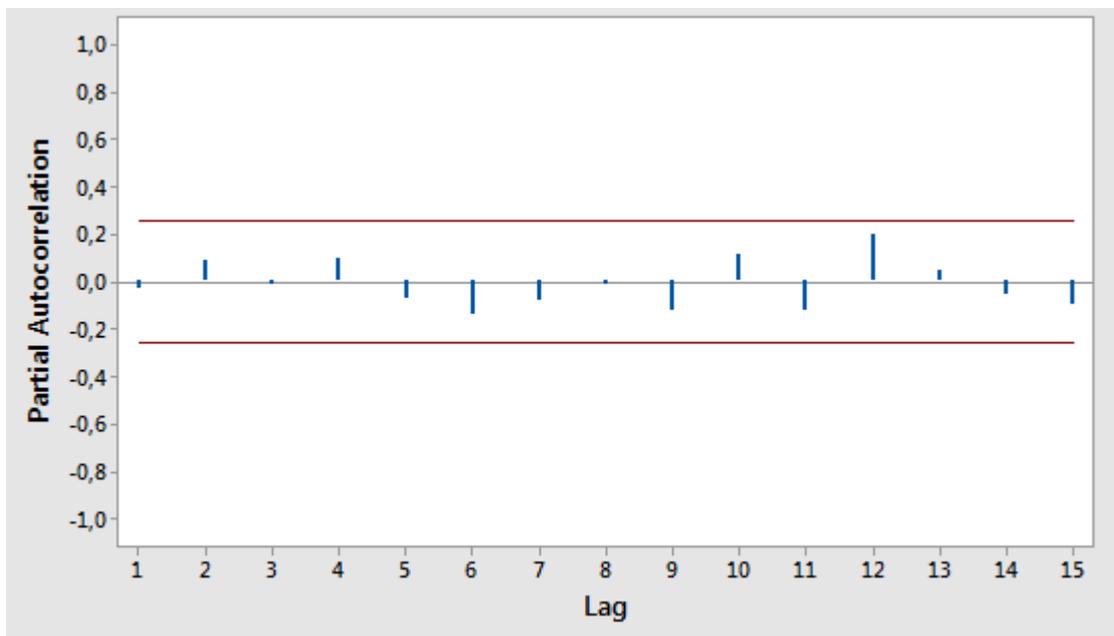
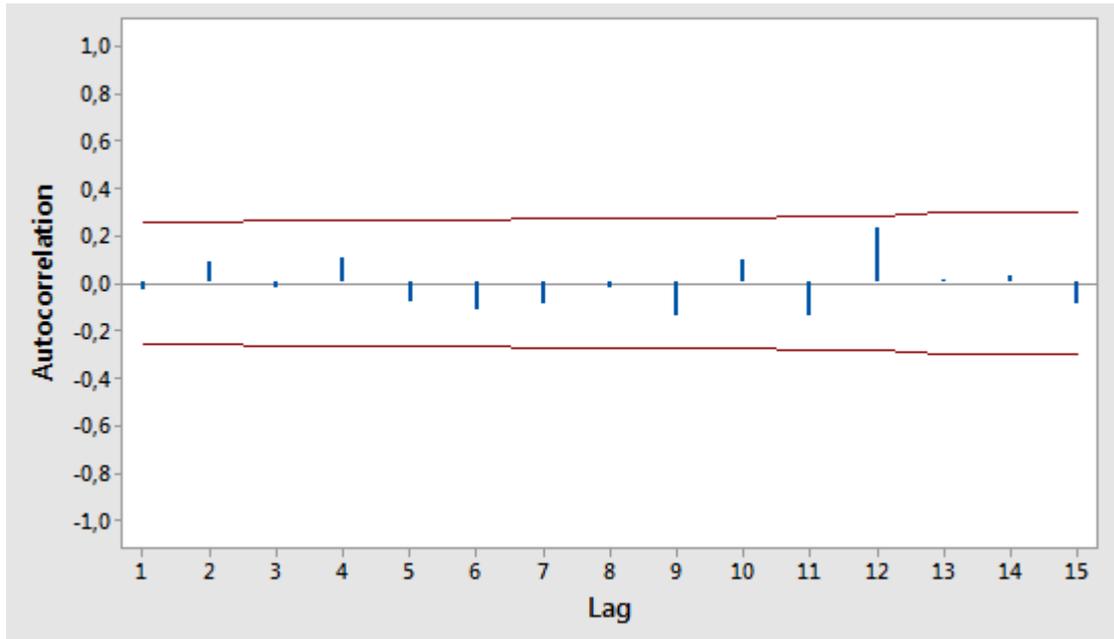
28 observations above K ; 31 below

P-value = 0,911

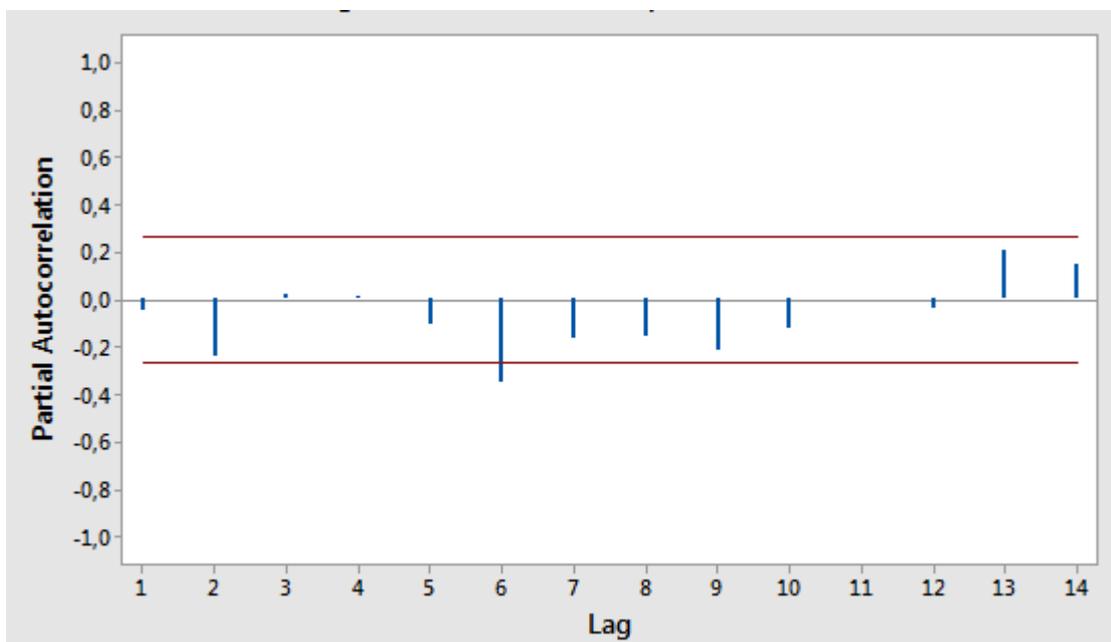
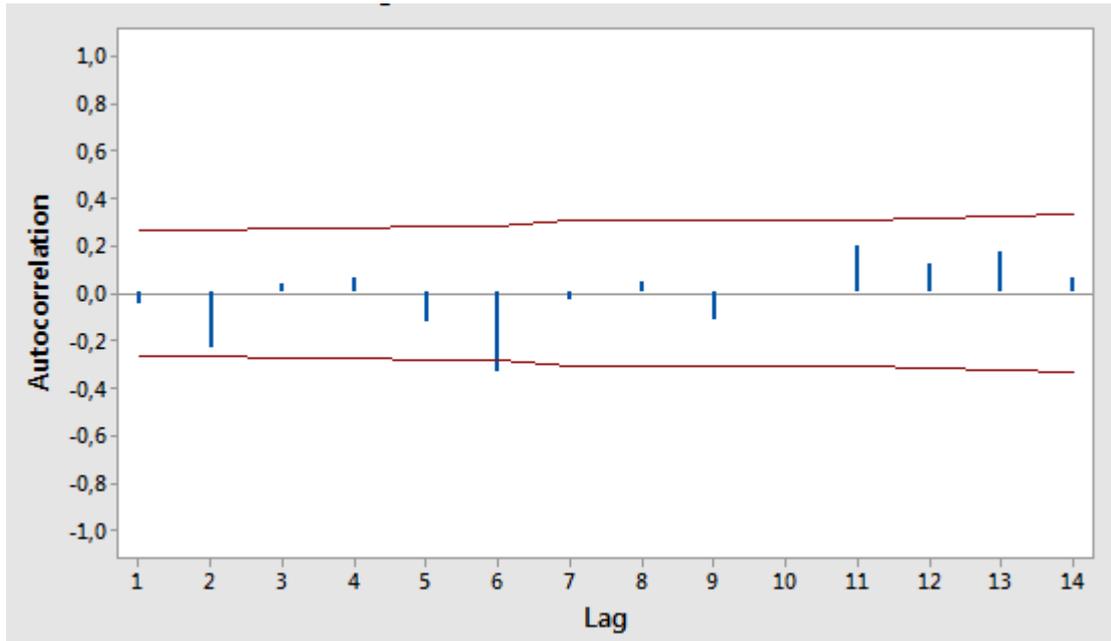
H8. Grafik ACF dan PACF Residual Model ARIMA Produk H



H9. Grafik ACF dan PACF Residual Model ARIMA Produk I



H10. Grafik ACF dan PACF Residual Model ARIMA Produk J



Runs test for RESI1

Runs above and below $K = -0,000493786$

The observed number of runs = 31

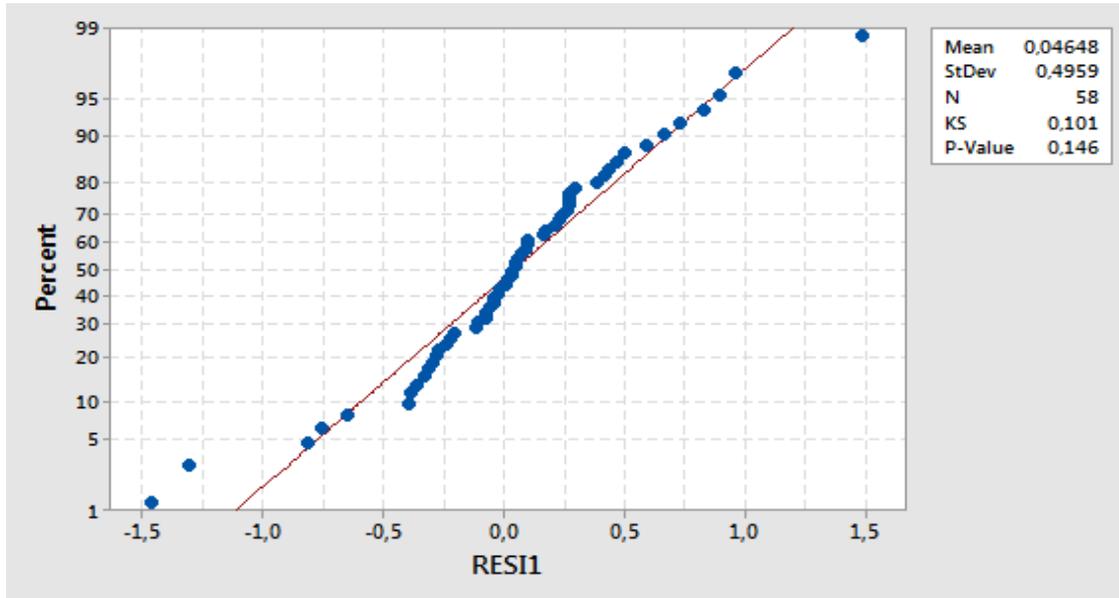
The expected number of runs = 29,9655

28 observations above K ; 30 below

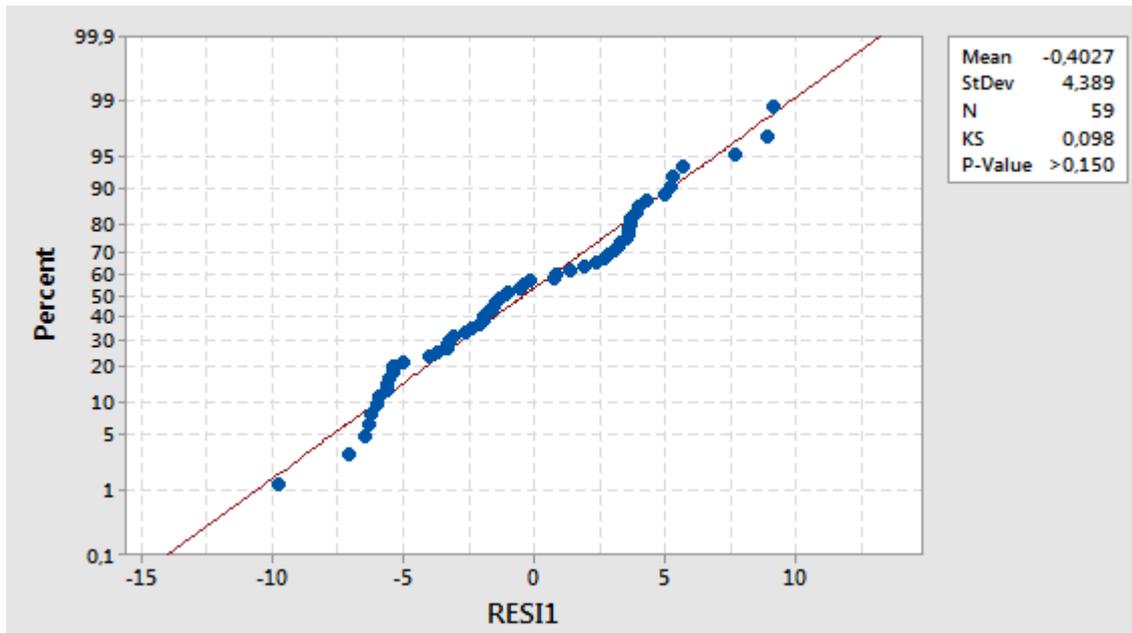
P-value = 0,784

LAMPIRAN I
PLOT DISTRIBUSI NORMAL RESIDUAL MODEL ARIMA

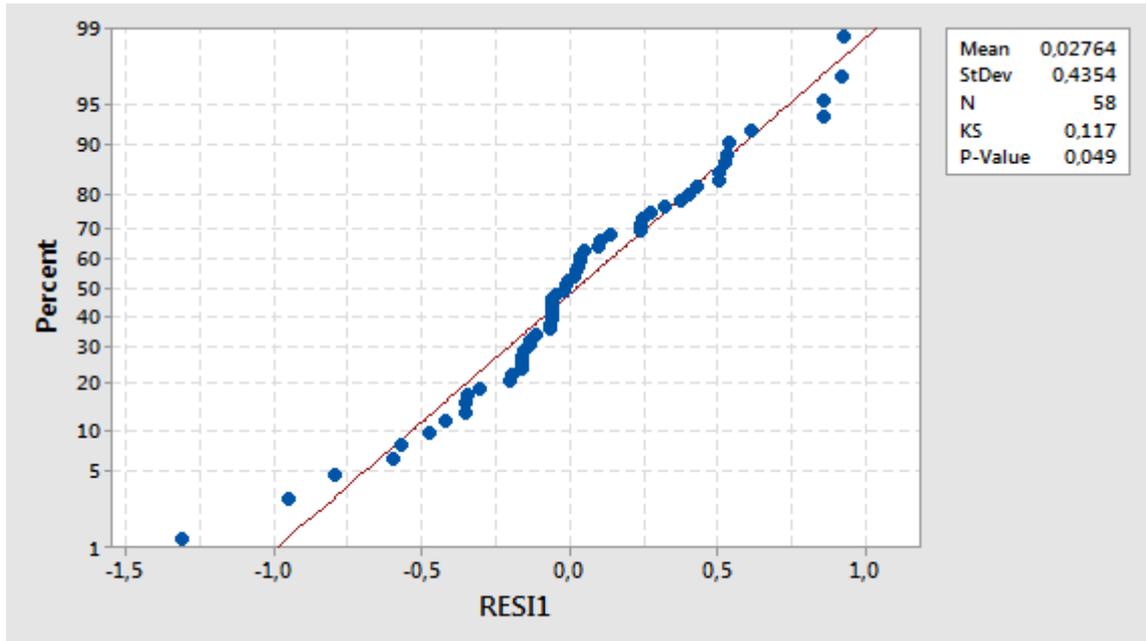
I1. Plot Distribusi Residual Model ARIMA Produk A



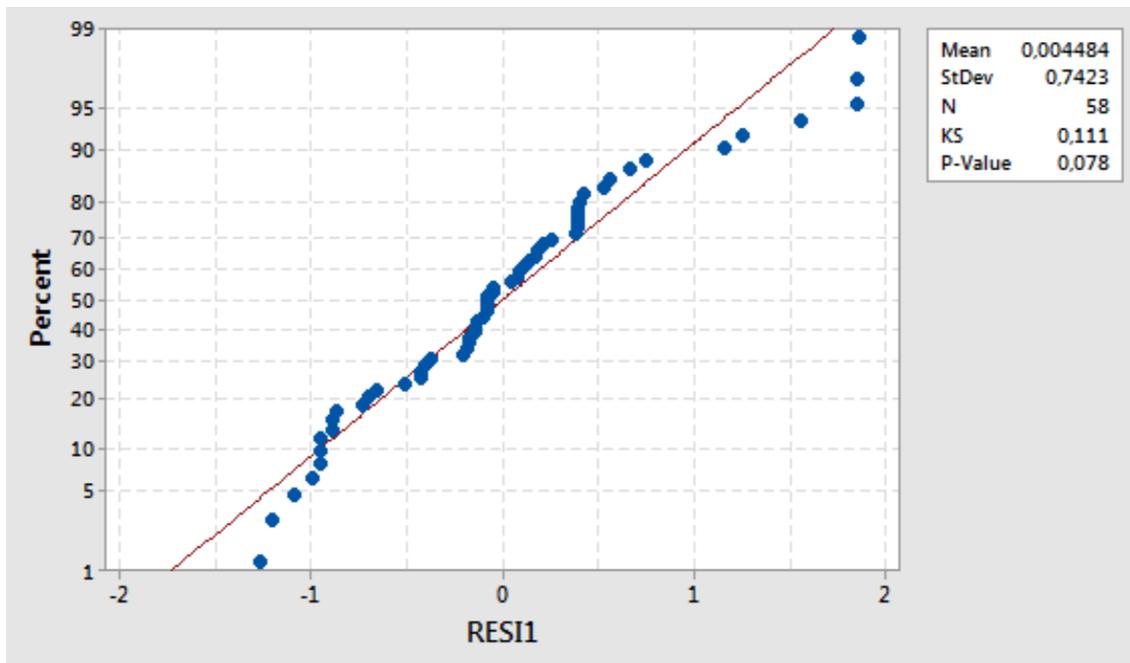
I2. Plot Distribusi Residual Model ARIMA Produk B



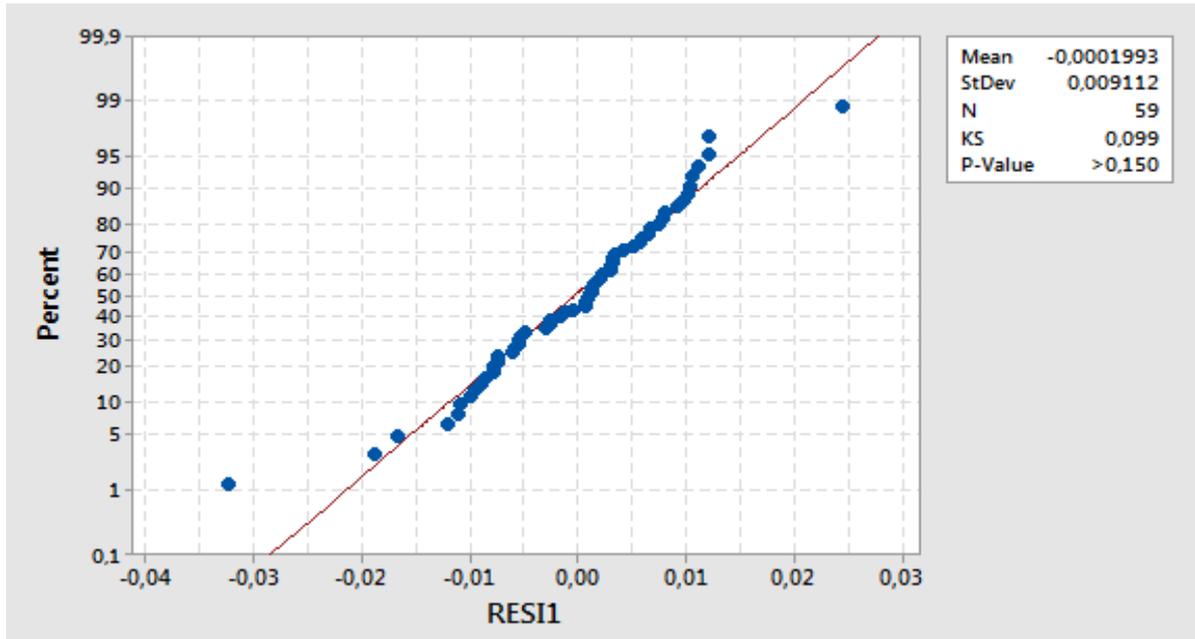
I3. Plot Distribusi Residual Model ARIMA Produk C



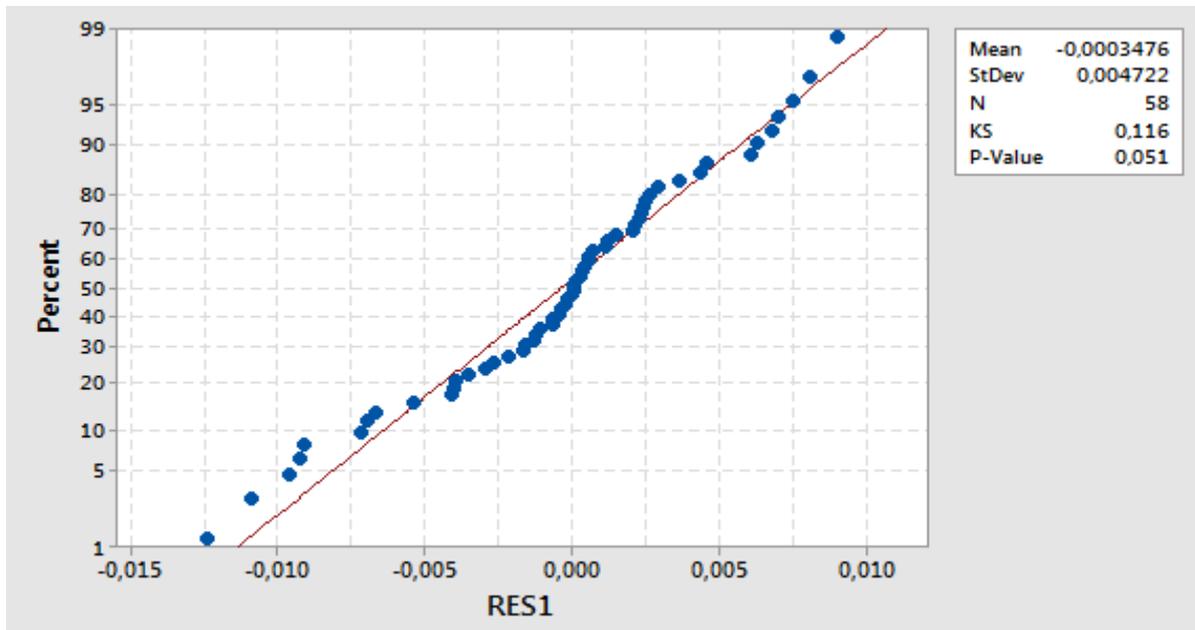
I4. Plot Distribusi Residual Model ARIMA Produk D



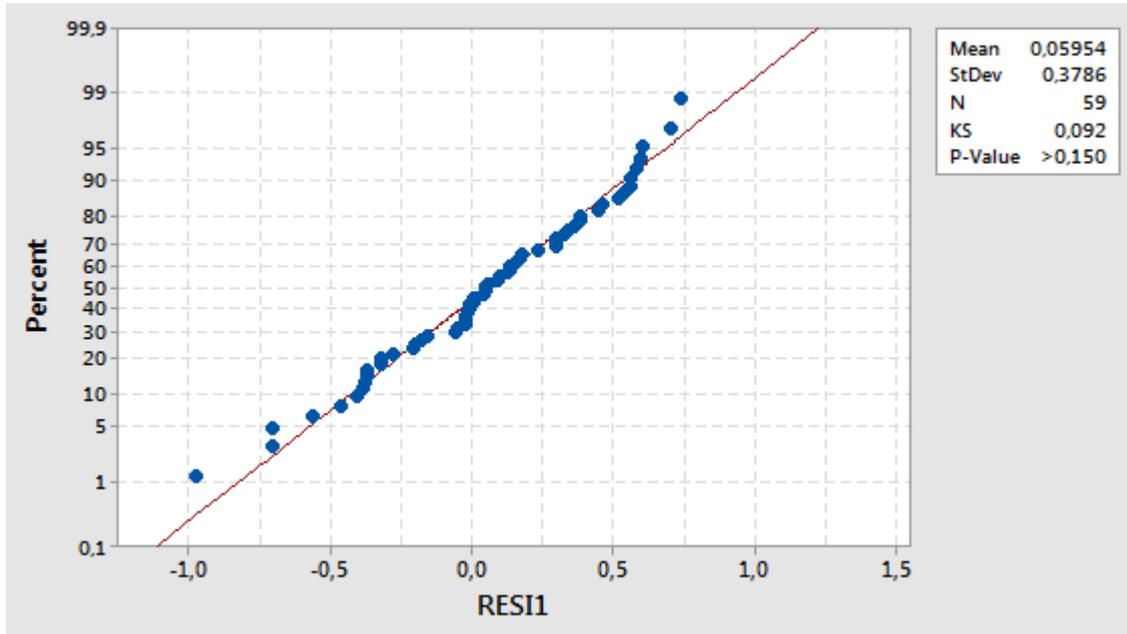
I5. Plot Distribusi Residual Model ARIMA Produk E



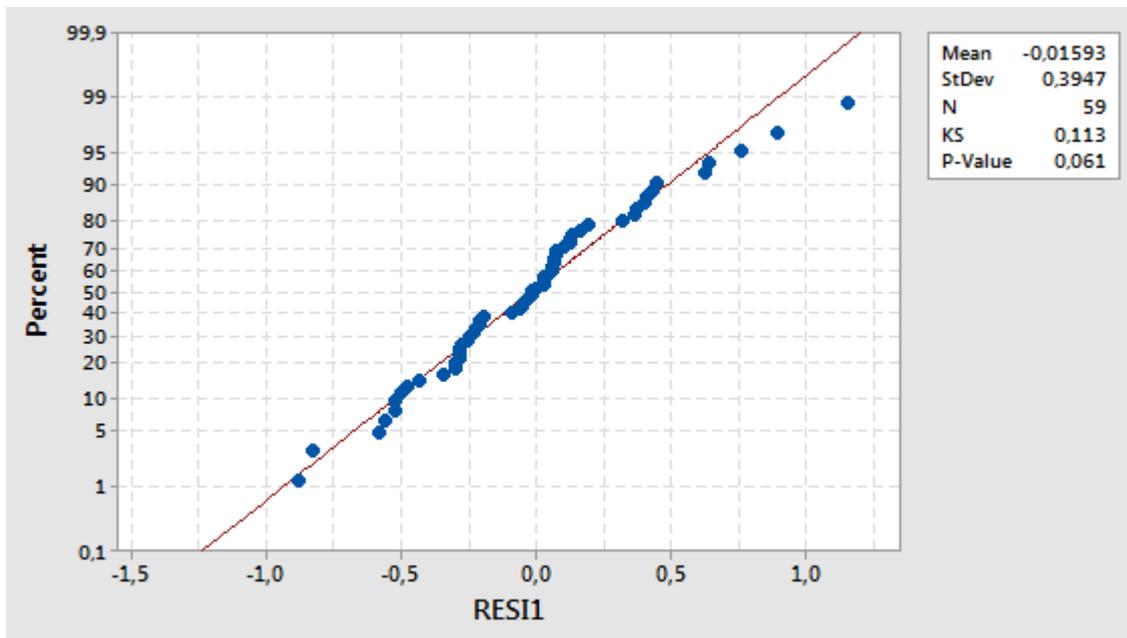
I6. Plot Distribusi Residual Model ARIMA Produk F



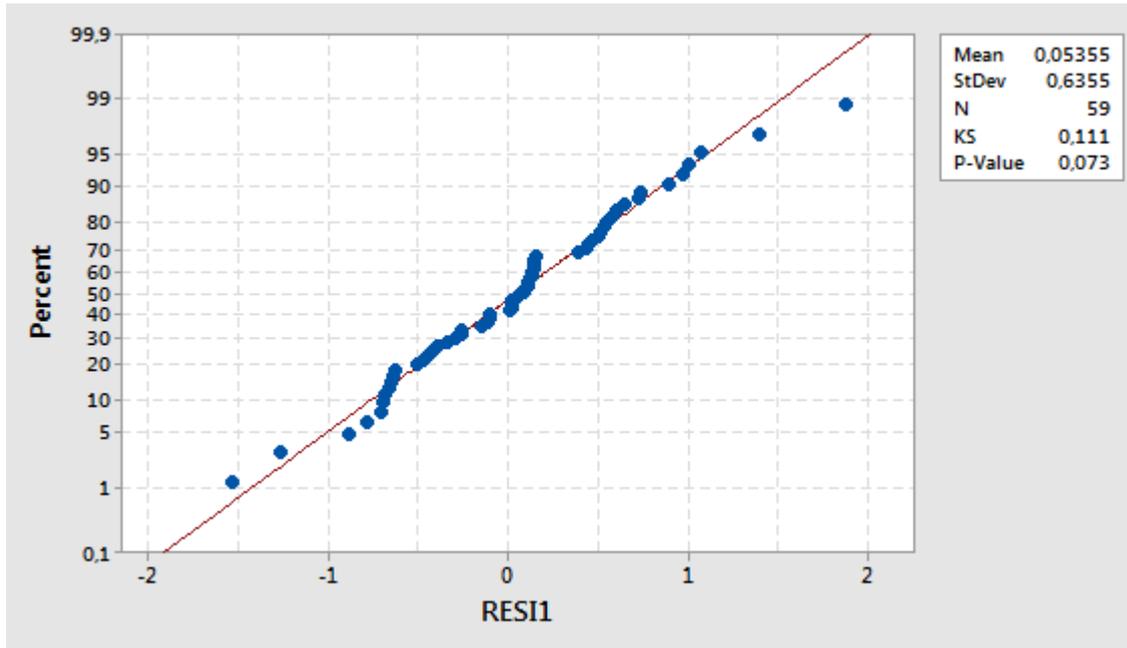
I7. Plot Distribusi Residual Model ARIMA Produk G



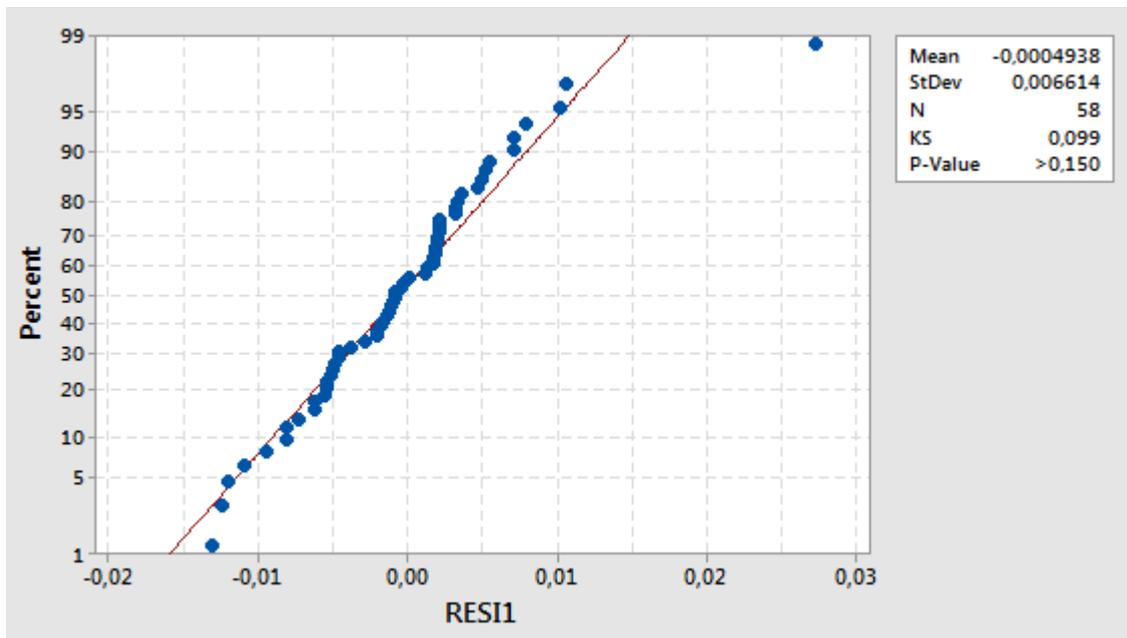
I8. Plot Distribusi Residual Model ARIMA Produk H



I9. Plot Distribusi Residual Model ARIMA Produk I



I10. Plot Distribusi Residual Model ARIMA Produk J



LAMPIRAN J

INPUT DATA PADA PERANGKAT LUNAK LINGO 17.0

MODEL:

!Optimasi Perencanaan Produksi Timer ;

SETS:

```

Produk /i1 . . i10/ : HARGA, BPART, BDL, BIL, SETUP, COMPART;
Mesin /j1 . . j3/ : ;
Bulan /k1 . . k12/ : ;
Indeks1 (Produk, Mesin, Bulan) :ACTIME , X, BS ;
Indeks2 (Produk, Bulan): BSPRODUK, BSPART, BKPRODUK, DEMAND, IK, M,
LP ;
Indeks3 (Produk, Mesin): BSETUP, BMESIN,KAPMESIN ;
Indeks4 (Mesin, Bulan): ;
Indeks5 (Bulan): ;

```

ENDSETS

DATA :

HARGA = 10.28 10.75 9.93 8.72 9.42 8.82 6.81 7.05 7.26 7.02; !USD PER UNIT;

BPART = 7.38 7.75 7.16 6.17 6.73 6.24 4.66 4.92 5.02 4.82; !USD PER UNIT;

BDL = 0.52 0.53 0.47 0.49 0.48 0.53 0.48 0.41 0.48 0.48; !USD PER UNIT;

BIL = 1.51 1.58 1.46 1.28 1.38 1.29 1.00 1.04 1.07 1.03; !USD PER UNIT;

SETUP = 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5; !DALAM MENIT;

COMPART = 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1; !DALAM UNIT;

```

BSPRODUK = 0.29 0.29 0.29 0.29 0.29 0.29 0.29 0.29 0.29 0.29 0.29 0.29 0.29
0.31 0.31 0.31 0.31 0.31 0.31 0.31 0.31 0.31 0.31 0.31 0.31 0.31
0.28 0.28 0.28 0.28 0.28 0.28 0.28 0.28 0.28 0.28 0.28 0.28 0.28
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.27 0.27 0.27 0.27 0.27 0.27 0.27 0.27 0.27 0.27 0.27 0.27 0.27
0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25
0.19 0.19 0.19 0.19 0.19 0.19 0.19 0.19 0.19 0.19 0.19 0.19 0.19
0.20 0.20 0.20 0.20 0.20 0.20 0.20 0.20 0.20 0.20 0.20 0.20 0.20
0.21 0.21 0.21 0.21 0.21 0.21 0.21 0.21 0.21 0.21 0.21 0.21 0.21
0.20 0.20 0.20 0.20 0.20 0.20 0.20 0.20 0.20 0.20 0.20 0.20 0.20;

```

!USD PER UNIT PER BULAN;

```

BSPART = 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10
0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10
0.09 0.09 0.09 0.09 0.09 0.09 0.09 0.09 0.09 0.09 0.09 0.09 0.09
0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08
0.09 0.09 0.09 0.09 0.09 0.09 0.09 0.09 0.09 0.09 0.09 0.09 0.09
0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08 0.08
0.06 0.06 0.06 0.06 0.06 0.06 0.06 0.06 0.06 0.06 0.06 0.06 0.06
0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07
0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07
0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07 0.07;

```

!USD PER UNIT PER BULAN;

BKPRODUK = 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003
0.0003 0.0003 0.0003 0.0003
0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003
0.0003 0.0003 0.0003 0.0003
0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003
0.0003 0.0003 0.0003 0.0003
0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003
0.0003 0.0003 0.0003 0.0003
0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003
0.0003 0.0003 0.0003 0.0003
0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003
0.0003 0.0003 0.0003 0.0003
0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003
0.0003 0.0003 0.0003 0.0003
0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003
0.0003 0.0003 0.0003 0.0003
0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003
0.0003 0.0003 0.0003 0.0003
0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003 0.0003
0.0003 0.0003 0.0003 0.0003; !USD PER UNIT PER BULAN;

DEMAND = 1382 1445 1511 1580 1652 1728 1807 1889 1976
2066 2160 2259
1420 1587 1705 1791 1860 1918 1972 2023 2073
2123 2174 2225
879 933 991 1053 1118 1187 1261 1339 1422
1511 1604 1704
2239 2027 2196 2541 2601 2736 3020 3211 3395
3668 3932 4185
3233 3095 3062 3082 3128 3188 3257 3332 3411
3493 3578 3666
5527 5803 6101 6422 6769 7146 7554 7999 8484
9014 9596 10236
5390 5716 5570 5634 5606 5618 5613 5615 5614
5615 5614 5614
6317 6468 6622 6778 6937 7099 7264 7431 7602
7775 7951 8131
13655 13559 13607 13583 13595 13589 13592 13591 13592
13591 13591 13591
30925 32049 32570 33281 33961 34673 35400 36146 36913
37700 38508 39337; !UNIT PER BULAN ;

BSETUP = 0.0026 0.0026 0.0026
0.0026 0.0026 0.0026
0.0023 0.0023 0.0023
0.0025 0.0025 0.0025
0.0024 0.0024 0.0024
0.0027 0.0027 0.0027
0.0024 0.0024 0.0024
0.0021 0.0021 0.0021
0.0024 0.0024 0.0024
0.0024 0.0024 0.0024; !USD PER SEKALI SET UP;

BMESIN = 0.23 0.23 0.23
0.23 0.23 0.23


```

1225 1225 1225
1225 1225 1225
1225 1225 1225
1225 1225 1225; !DALAM MENIT;

ENDDATA

!FUNGSI TUJUAN;
!Zmax = Total Penjualan - Total Biaya;

Max=@sum(Indeks1(i,j,k):HARGA(i)*X(i,j,k))-
@sum(Indeks1(i,j,k):(BPART(i)*X(i,j,k)) +
(BDL(i)*X(i,j,k)) + (BIL(i)*X(i,j,k)) + (BMESIN(i,j)*X(i,j,k)) +
(BSETUP(i,j)*X(i,j,k))) -
@sum(Indeks2(i,k): (BSPRODUK(i,k)*IK(i,k)) + (BSPART(i,k)*M(i,k)) +
(BKPRODUK(i,k)*LP(i,k)));

!BATASAN KESEIMBANGAN PERSEDIAAN PRODUK JADI;
@FOR (Indeks2(i,k) | k#EQ#1 : @SUM(Mesin(j) : X(i,j,k)) =
(DEMAND(i,k) + IK(i,k)));
@FOR (Indeks2(i,k) | k#GT#1 : @SUM(Mesin(j) : X(i,j,k) + IK(i,k-1))
= (DEMAND(i,k) + IK(i,k)));

!BATASAN KAPASITAS COMMON PART;
@FOR (Indeks5(k) : @FOR (bulan(k) : @SUM(indeks1(i,j,k) : X(i,j,k))
<= 960000));

!BATASAN KAPASITAS MESIN;
@for (indeks4(j,k) : @for (bulan(k) : @sum(indeks1(i,j,k) :
(ACTIME(i,j,k)*X(i,j,k)) + (SETUP(i)*BS(i,j,k))) <= 26950) );

!BATASAN SETUP MESIN;
@FOR (Indeks1(i,j,k) :( X(i,j,k) - (100000000*BS(i,j,k)))<= 0);

!BATASAN BIAYA PART;
@FOR (Indeks5(k) : @SUM(indeks1(i,j,k) : BPART(i)*X(i,j,k)) <=
1367250);

!BATASAN BIAYA TENAGA KERJA LANGSUNG;
@FOR (Indeks5(k) : @sum(indeks1(i,j,k) : BDL(i)*X(i,j,k))<= 56250);

!BATASAN BIAYA TENAGA KERJA TIDAK LANGSUNG;
@FOR (Indeks5(k) : @sum(indeks1(i,j,k) : BIL(i)*X(i,j,k))<= 110875);

!BATASAN BIAYA MESIN DAN PERALATAN PRODUKSI;
@FOR (Indeks5(k) : @sum(indeks1(i,j,k) : BMESIN(i,j)*X(i,j,k))<=
61000);

!BATASAN PERSEDIAAN PART;
@FOR (Indeks2(i,k) : @sum(MESIN(j):X(i,j,k) - M(i,k)) <= 0) ;

!BATASAN KELEBIHAN PRODUK;
@FOR (Indeks2(i,k) : @sum(PRODUK(i):IK(i,k)) <=
(1.5*(DEMAND(i,k))));

```

```
!FUNGSI BINER;  
@FOR(Indeks1:@BIN(BS));  
  
!FUNGSI INTEGER;  
@FOR(Indeks1:@GIN(X));  
@FOR(Indeks1:@GIN(IK));  
  
END
```