



TUGAS AKHIR – TI 141501

**PENENTUAN METODE *FORECAST* DAN
PERENCANAAN PENGADAAN *RAW MATERIAL* DI
INDUSTRI MANUFAKTUR *FILTER ROKOK***

RATIH DEWI RAMADHANI
NRP 2513 100 144

Dosen Pembimbing
Prof. Iwan Vanany ST., MT., Ph.D.
NIP. 19710927 199903 1002

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



FINAL PROJECT – TI 141501

**DETERMINING A FORECAST METHOD AND RAW
MATERIAL PLANNING IN A CIGARETTE FILTER
INDUSTRY**

RATIH DEWI RAMADHANI
NRP 2513 100 144

Dosen Pembimbing
Prof. Iwan Vanany ST., MT., Ph.D.
NIP. 19710927 199903 1002

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

LEMBAR PENGESAHAN

PENENTUAN METODE *FORECAST* DAN PERENCANAAN PENGADAAN *RAW MATERIAL* DI INDUSTRI MANUFAKTUR *FILTER ROKOK*

TUGAS AKHIR

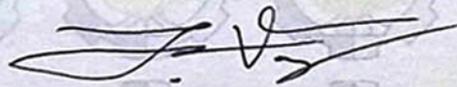
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi S-1 Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :

RATHI DEWI RAMADHANI

NRP 2513 100 144

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :



Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 19710927 199903 1002



PENENTUAN METODE *FORECAST* DAN PERENCANAAN PENGADAAN *RAW MATERIAL* DI INDUSTRI MANUFAKTUR *FILTER ROKOK*

Nama : Ratih Dewi Ramadhani
NRP : 2513100144
Pembimbing : Prof. Iwan Vanany, ST., MT., Ph.D

ABSTRAK

Perencanaan penjualan dan produksi merupakan isu penting dalam industri manufaktur. Hal ini tidak terkecuali industri rokok. Dibutuhkan perencanaan produksi yang baik agar operasional perusahaan dapat berjalan dengan lancar. Salah satu kegiatan yang dilakukan dalam perencanaan produksi yakni peramalan permintaan konsumen. Hasil prediksi permintaan tersebut akan menjadi dasar bagi perusahaan dalam menentukan jumlah unit produk yang perlu diproduksi.

Pada penelitian ini digunakan metode *forecasting simple exponential smoothing*, Holt's, dan ARIMA untuk melakukan peramalan permintaan konsumen. Berdasarkan metode tersebut akan dipilih metode peramalan yang paling sesuai dengan pola permintaan produk *filter* rokok dengan menilai persentase *error* pada *forecast*. Hasil peramalan permintaan tersebut kemudian akan digunakan sebagai *input* dalam menentukan jumlah bahan baku atau *lot size* yang perlu disediakan untuk melakukan proses produksi.

Penentuan *lot size* untuk tiap bahan baku produk *filter* dilakukan dengan cara optimasi. Dilakukan formulasi model matematis *linear programming*, kemudian dimodelkan dengan bantuan *software* optimasi. *Output* dari model tersebut yakni *lot size* dalam membeli bahan baku pada suatu *supplier* dengan moda transportasi tertentu. Hasil akhir dari penentuan *lot size* yakni dengan membandingkan hasil optimasi dengan skema pengadaan dilihat dari besarnya *cost saving* yang didapatkan.

Kata kunci : *filter* rokok, *forecasting*, ARIMA, optimasi, perencanaan produksi, *lot sizing*, *linear programming*

DETERMINING A FORECAST METHOD AND RAW MATERIAL PLANNING IN A CIGARETTE FILTER INDUSTRY

Name : Ratih Dewi Ramadhani
Student ID : 2513100144
Supervisor : Prof. Iwan Vanany, ST., MT., Ph.D

ABSTRACT

Production planning is one of an important issue in manufacturing industry, including tobacco industry. It is required to have a good production planning in order for a company to operate well operationally. Demand forecasting is a part of production planning activity that being carried out by a company. The result of the forecasted demand will served as one of foundation for a company in determining the number of units to be produced.

This thesis use exponential smoothing, Holt's, and ARIMA as the method of forecasting consumers demand. The forecasting method will be chosen based on the calculation of forecast error. The lesser the value of error, the method will be chosen. The result of the forecasted demand will be used as an input for the company to determine the lot size to procure raw material from suppliers with an alternatives of transportation mode.

The calculation on how to determine the number of lot size for each raw material of the product is by using a method of optimization. The first step is to formulate the mathematical model to be developed with an optimization software. The end result of determining lot size is to compare the optimization results with the procurement scenario with regards to cost saving.

Keywords : cigarette filter, forecasting, ARIMA, optimization, production planning, lot sizing, linear programming

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir dengan baik. Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan studi Strata 1 di Departemen Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir, penulis banyak mendapatkan bimbingan dan arahan, serta bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak Bimo Agus Prihatono dan Ibu Hesti Silvyanti, serta kedua adik penulis yakni Alysha dan Rasya yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan moral maupun material.
2. Prof. Iwan Vanany ST., MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing penulis dalam penelitian Tugas Akhir yang selalu dengan sabar memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
3. Bapak Dody Hartanto, ST, MT selaku dosen penguji seminar proposal, Ibu Niniet Indah Arvitrida, ST., MT., selaku dosen penguji pada saat seminar dan siding Tugas Akhir, dan Prof. Ir. Suparno, MSIE, Ph.D. selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah memberikan kritik dan saran kepada penulis.
4. Pihak perusahaan manufaktur *filter*, terutama divisi *supply chain* yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk dapat melakukan magang dan penelitian tugas akhir di perusahaan, serta kesediannya untuk membantu penulis dalam pengerjaan penelitian.
5. Bapak Nurhadi Siswanto, ST., MSIE, Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Bapak Dr. Adithya Sudiarno, ST., MT., selaku Kaprodi S1, serta seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Industri yang telah membantu dan memberikan pelajaran kepada penulis selama menempuh studi di Departemen Teknik Industri ITS.

6. Teman-teman TI-29 Cyprium yang selalu menemani dan saling memberi semangat serta motivasi kepada penulis selama menempuh studi di Departemen Teknik Industri ITS.
7. Seluruh pihak lainnya yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis selama proses pengerjaan penelitian Tugas Akhir ini yang tidak dapat dituliskan satu per satu.

Dalam melakukan penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran guna meningkatkan kelengkapan dari laporan Tugas Akhir ini. Penulis juga memohon maaf apabila terdapat kesalahan isi maupun kesalahan penulisan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir. Pada akhirnya, semoga penelitian Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan perusahaan penelitian.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	6
1.5.1 Batasan	6
1.5.2 Asumsi.....	6
1.6 Sistematika Penulisan	7
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 <i>Production Planning</i>	9
2.2 <i>Demand Forecasting</i>	10
2.3 <i>Metode Forecasting</i>	12
2.4 <i>Bill of Material (BOM Tree)</i>	17
2.5 <i>Lot Sizing Raw Material</i>	19
2.6 <i>Linear Programming (LP)</i>	20
2.7 Model penentuan <i>lot size</i> dengan <i>supplier</i> dan <i>carrier selection</i> (Choudhary & Shankar, 2013)	22
2.8 Model penentuan <i>lot size</i> dengan <i>supplier</i> dan <i>carrier selection</i> mempertimbangkan <i>lead time</i> (Songhori, et al, 2011).....	23
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Tahap Persiapan	29
3.2 Tahap Pengumpulan Data	29

3.3	Tahap Pengolahan Data	30
3.3.1	Forecast permintaan.....	30
3.3.2	Pembuatan model matematis lot size.....	31
3.3.3	Verifikasi dan Validasi	31
3.3.4	Pencarian solusi optimal dengan software optimasi	32
3.4	Analisis Data dan Interpretasi Hasil	32
3.5	Penarikan Kesimpulan dan Saran.....	32
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		33
4.1	Pengumpulan Data.....	33
4.1.1	Historis permintaan produk	33
4.1.2	Material penyusun filter.....	35
4.1.3	Harga setiap raw material dan supplier	37
4.2	Pengolahan Data	41
4.2.1	Forecasting produk ACE065927	41
4.2.2	Forecasting produk ACE068869	54
4.2.3	Forecasting produk RYO060502	63
4.2.4	Forecasting produk RYO060503	72
4.2.5	Forecasting produk RYO060001	82
4.2.6	Pembuatan model integer linear programming.....	89
4.2.7	Verifikasi dan validasi model optimasi	91
4.2.8	Running model optimasi.....	94
BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA		107
5.1	Analisis dan interpretasi data <i>forecast</i> produk	107
5.1.1	Forecast produk ACE065927	107
5.1.2	Forecast produk ACE068869	107
5.1.3	Forecast produk RYO060502	108
5.1.4	Forecast produk RYO060503	109

5.1.5	Forecast produk RYO060001.....	109
5.2	Analisis hasil <i>running</i> model optimasi	110
5.3	Skema pembelian <i>raw material adhesive</i>	113
5.4	Skema pembelian <i>raw material plug wrap</i>	115
5.5	Analisis optimasi alokasi pembelian <i>raw material impor</i>	118
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		123
6.1	Kesimpulan	123
6.2	Saran.....	124
DAFTAR PUSTAKA		125
LAMPIRAN		129
BIOGRAFI PENULIS.....		147

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan tiap metode forecasting	17
Tabel 2. 2 Ilustrasi indented BOM single level.....	18
Tabel 3. 1 Indented bill of material ACE068869	30
Tabel 4. 1 Historis permintaan produk ACE065927 (juta unit <i>rod</i>)	33
Tabel 4. 2 Historis permintaan produk ACE068869 (juta unit <i>rod</i>).....	34
Tabel 4. 3 Historis permintaan produk RYO060502 (juta unit <i>rod</i>)	34
Tabel 4. 4 Historis permintaan produk RYO060503 (juta unit <i>rod</i>).....	35
Tabel 4. 5 Historis permintaan produk RYO060001 (juta unit <i>rod</i>).....	35
Tabel 4. 6 Indented bill of material ACE065927	36
Tabel 4. 7 Indented bill of material RYO060502.....	36
Tabel 4. 8 Indented bill of material RYO060503.....	36
Tabel 4. 9 Indented bill of material RYO060001.....	37
Tabel 4. 10 Moda transportasi pengiriman barang impor	37
Tabel 4. 11 Data <i>supplier</i> dan harga <i>raw material</i>	38
Tabel 4. 12 Moda transportasi darat	40
Tabel 4. 13 Pembagian in sample dan out sample ACE065927	42
Tabel 4. 14 Parameter transformasi data	45
Tabel 4. 15 Hasil transformasi data in sample ACE065927	46
Tabel 4. 16 Perhitungan MAPE metode <i>exponential smoothing</i> ACE065927	51
Tabel 4. 17 Perhitungan MAPE metode Holt's ACE065927	52
Tabel 4. 18 Perhitungan MAPE metode ARIMA (1, 0, 1) ACE065927	53
Tabel 4. 19 Hasil <i>forecast</i> dengan ARIMA (1, 0, 1).....	53
Tabel 4. 20 Perhitungan MAPE metode <i>exponential smoothing</i> ACE068869	60
Tabel 4. 21 Perhitungan MAPE metode ARIMA (1, 0, 1) ACE068869	61
Tabel 4. 22 Perhitungan MAPE metode ARIMA (1, 0, 0) ACE068869	61
Tabel 4. 23 Perhitungan MAPE metode Holt's ACE068869	62
Tabel 4. 24 Hasil <i>forecast</i> dengan <i>exponential smoothing</i> $\alpha = 0.1$	63
Tabel 4. 25 Perhitungan MAPE metode <i>exponential smoothing</i> RYO060502.....	69
Tabel 4. 26 Perhitungan MAPE metode ARIMA RYO060502.....	70

Tabel 4. 27 Perhitungan MAPE metode Holt's RYO060502.....	71
Tabel 4. 28 Hasil <i>forecast</i> dengan ARIMA (0, 1, 1) RYO060502	72
Tabel 4. 29 Perhitungan MAPE untuk <i>exponential smoothing</i> RYO060503	79
Tabel 4. 30 Perhitungan MAPE metode ARIMA RYO060503	80
Tabel 4. 31 Perhitungan MAPE metode Holt's RYO060503	81
Tabel 4. 32 Hasil <i>forecast</i> dengan ARIMA (0, 1, 1) RYO060503	82
Tabel 4. 33 Perhitungan MAPE untuk <i>exponential smoothing</i> RYO060001	86
Tabel 4. 34 Perhitungan MAPE metode ARIMA RYO060001	87
Tabel 4. 35 Perhitungan MAPE metode Holt's RYO060001	88
Tabel 4. 36 Hasil <i>forecast</i> dengan ARIMA (1, 1, 0) RYO060001	89
Tabel 4. 37 Hasil debug model untuk verifikasi.....	92
Tabel 4. 38 Data dummy untuk demand.....	92
Tabel 4. 39 Data dummy untuk cost.....	92
Tabel 4. 40 Data dummy holding cost, LT, MOQ, kapasitas moda dan biaya transportasi.....	93
Tabel 4. 41 Pemenuhan konstrain untuk validasi	93
Tabel 4. 42 Output hasil running data dummy	94
Tabel 4. 43 Output inventory tiap raw material.....	94
Tabel 4. 44 Hasil running model adhesive	95
Tabel 4. 45 <i>Output</i> jumlah unit <i>adhesive</i> 1 yang dipesan.....	95
Tabel 4. 46 <i>Output</i> jumlah unit <i>adhesive</i> 2 yang dipesan.....	96
Tabel 4. 47 <i>Output inventory adhesive</i> 1 dan <i>adhesive</i> 2	97
Tabel 4. 48 <i>Output</i> biner pemakaian moda untuk pengiriman <i>adhesive</i>	97
Tabel 4. 49 Hasil running model Plug Wrap	98
Tabel 4. 50 <i>Output</i> jumlah unit <i>plug wrap</i> 27MM yang dipesan	98
Tabel 4. 51 Output jumlah unit plug wrap 27.5MM yang dipesan.....	99
Tabel 4. 52 <i>Output</i> jumlah unit <i>plug wrap</i> 24.5MM yang dipesan	99
Tabel 4. 53 Output jumlah unit plug wrap 21MM yang dipesan.....	100
Tabel 4. 54 <i>Output inventory plug wrap</i>	100
Tabel 4. 55 <i>Output</i> biner pemakaian moda untuk pengiriman <i>plug wrap</i>	101
Tabel 4. 56 Hasil running model impor	102
Tabel 4. 57 <i>Output</i> jumlah unit TOW A yang dipesan.....	102

Tabel 4. 58	<i>Output</i> jumlah unit TOW B yang dipesan.....	103
Tabel 4. 59	<i>Output</i> jumlah unit PZ yang dipesan.....	104
Tabel 4. 60	<i>Output inventory raw material</i> impor	104
Tabel 4. 61	<i>Output</i> biner pemakaian moda untuk pengiriman raw material impor 105	
Tabel 5. 1	Perbandingan skema pembelian <i>raw material adhesive</i>	114
Tabel 5. 2	<i>Lot size adhesive</i>	115
Tabel 5. 3	Perbandingan skema pembelian raw material Plug Wrap	116
Tabel 5. 4	<i>Lot size</i> plug wrap	118
Tabel 5. 5	Perbandingan skema pembelian raw material kategori impor	119
Tabel 5. 6	<i>Lot size</i> material impor	121
Tabel 1	<i>Lot size</i> material <i>adhesive 1</i> dengan <i>supplier</i> Henkel dan Fuller A	130
Tabel 2	<i>Lot size</i> material <i>adhesive 2</i> dengan <i>supplier</i> Henkel dan Fuller A	131
Tabel 3	<i>Lot size</i> material <i>adhesive 1</i> dengan <i>supplier</i> Henkel dan Fuller B	131
Tabel 4	<i>Lot size</i> material <i>adhesive 2</i> dengan <i>supplier</i> Henkel dan Fuller B	132
Tabel 5	<i>Lot size</i> material <i>plug wrap</i> 27MM dengan <i>supplier</i> BMJ	132
Tabel 6	<i>Lot size</i> material <i>plug wrap</i> 27.5MM dengan <i>supplier</i> BMJ	133
Tabel 7	<i>Lot size</i> material <i>plug wrap</i> 21MM dengan <i>supplier</i> BMJ	133
Tabel 8	<i>Lot size</i> material <i>plug wrap</i> 24.5MM dengan <i>supplier</i> BMJ	134
Tabel 9	<i>Lot size</i> material <i>plug wrap</i> 27MM dengan <i>supplier</i> PPM	134
Tabel 10	<i>Lot size</i> material <i>plug wrap</i> 27.5MM dengan <i>supplier</i> PPM	134
Tabel 11	<i>Lot size</i> material <i>plug wrap</i> 21MM dengan <i>supplier</i> PPM	135
Tabel 12	<i>Lot size</i> material <i>plug wrap</i> 24.5MM dengan <i>supplier</i> PPM	135
Tabel 13	<i>Lot size</i> material impor (TOW A) dengan <i>supplier</i> Daicel dan Jiangsu 136	
Tabel 14	<i>Lot size</i> material impor (TOW B) dengan <i>supplier</i> Daicel dan Jiangsu 136	
Tabel 15	<i>Lot size</i> material impor (PZ) dengan <i>supplier</i> Daicel dan Jiangsu	137
Tabel 16	<i>Lot size</i> material impor (TOW A) dengan <i>supplier</i> Daicel, Solvay, dan Jiangsu 137	

Tabel 17 Lot size material impor (TOW B) dengan supplier Daicel, Solvay, dan Jiangsu	138
Tabel 18 Lot size material impor (PZ) dengan supplier Daicel, Solvay, dan Jiangsu	138
Tabel 19 Purchasing cost untuk tiap raw material dengan lot size hasil optimasi	141
Tabel 20 <i>Inventory holding cost</i> tiap <i>raw material</i> dengan <i>lot size</i> hasil optimasi	142
Tabel 21 <i>Transportation cost</i> dengan moda transportasi 1	143
Tabel 22 <i>Transportation cost</i> dengan moda transportasi 2	144
Tabel 23 <i>Transportation cost</i> dengan moda transportasi 3 & 4	145

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Forecasting, production plan, MPS, dan MRP (Arnold, et al., 2008)	
10	
Gambar 2. 2 Klasifikasi dalam Forecasting (Tersine, 1994).....	11
Gambar 2. 3 Contoh pola pada demand (Ballou, 1999).....	13
Gambar 2. 4 Ilustrasi BOM Tree single level dan multi level	18
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> metodologi (1)	27
Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> metodologi (2)	28
Gambar 3. 3 <i>Flowchart</i> metodologi (3)	29
Gambar 4. 1 Grafik time series permintaan ACE065927	41
Gambar 4. 2 Plot forecast in sample ACE065927 exponential smoothing $\alpha = 0.1$	
43	
Gambar 4. 3 Plot forecast in sample ACE065927 exponential smoothing $\alpha = 0.2$	
43	
Gambar 4. 4 Plot forecast in sample ACE065927, Holt's ($\alpha = 0.2$ $\beta = 0.2$).....	43
Gambar 4. 5 Plot forecast in sample ACE065927, Holt's ($\alpha = 0.2$ $\beta = 0.1$).....	44
Gambar 4. 6 Plot forecast in sample ACE065927, Holt's ($\alpha = 0.1$ $\beta = 0.2$).....	44
Gambar 4. 7 Plot forecast in sample ACE065927, Holt's ($\alpha = 0.1$ $\beta = 0.1$).....	44
Gambar 4. 8 Box-Cox plot in sample ACE065927	45
Gambar 4. 9 Grafik ACF data transformasi ACE05927	46
Gambar 4. 10 Grafik PACF data transformasi ACE065927	47
Gambar 4. 11 Plot distribusi normal data residual ARIMA (1, 0, 1) ACE065927	49
Gambar 4. 12 Plot forecast in sample transformasi ACE065927, ARIMA (1, 0, 1)	
50	
Gambar 4. 13 Grafik time series permintaan ACE068869	54
Gambar 4. 14 Grafik ACF data transformasi ACE068869	56
Gambar 4. 15 Grafik PACF data transformasi ACE068869	56
Gambar 4. 16 Plot distribusi normal data residual ARIMA (1, 0, 1) ACE068869	58
Gambar 4. 17 Plot distribusi normal data residual ARIMA (1, 0, 0) ACE068869	59
Gambar 4. 18 Grafik time series permintaan RYO060502	64

Gambar 4. 19 Grafik ACF data in sample RYO060502.....	65
Gambar 4. 20 Grafik ACF data differencing RYO060502.....	66
Gambar 4. 21 Grafik PACF data differencing RYO060502	66
Gambar 4. 22 Plot distribusi normal data residual ARIMA (1, 1, 0) RYO060502 67	
Gambar 4. 23 Plot distribusi normal data residual ARIMA (0, 1, 1) RYO060502 68	
Gambar 4. 24 Grafik time series permintaan RYO060503	73
Gambar 4. 25 Grafik ACF data differencing RYO060503.....	74
Gambar 4. 26 Grafik PACF data differencing RYO060503	74
Gambar 4. 27 Plot distribusi normal data residual ARIMA (2, 1, 0) RYO060503 76	
Gambar 4. 28 Plot distribusi normal data residual ARIMA (1, 1, 0) RYO060503 77	
Gambar 4. 29 Plot distribusi normal data residual ARIMA (0, 1, 1) RYO060503 78	
Gambar 4. 30 Grafik time series permintaan RYO060001	83
Gambar 4. 31 Grafik ACF data differencing RYO060001.....	84
Gambar 4. 32 Grafik PACF data differencing RYO060001	84
Gambar 4. 33 Plot distribusi normal data residual ARIMA (1, 1, 0) RYO060001 86	
Gambar 5. 1 Purchasing cost raw material dalam setahun	111
Gambar 5. 2 Purchasing cost raw material per bulan.....	111
Gambar 5. 3 Inventory holding cost dalam setahun	112
Gambar 5. 4 Inventory holding cost per bulan	112
Gambar 5. 5 Perbandingan purchasing cost adhesive	114
Gambar 5. 6 Perbandingan inventory cost adhesive.....	115
Gambar 5. 7 Perbandingan purchasing cost plug wrap	117
Gambar 5. 8 Perbandingan inventory cost plug wrap.....	117
Gambar 5. 9 Perbandingan transportation cost plug wrap.....	117
Gambar 5. 10 Perbandingan purchasing cost material impor	120
Gambar 5. 11 Perbandingan inventory cost material impor	120

Gambar 5. 12 Perbandingan transportation cost material impor.....	121
Gambar 1 Box-Cox plot in sample ACE068869.....	129
Gambar 2 Box-Cox plot in sample RYO060502.....	129
Gambar 3 Box-Cox plot in sample RYO060503.....	130
Gambar 4 Box-Cox plot in sample RYO060001.....	130

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan ruang lingkup dari penelitian yang dilakukan.

1.1 Latar Belakang

Penggabungan penjualan dan perencanaan produksi menjadi isu penting bagi industri manufaktur, tidak terkecuali industri rokok. Tanpa adanya perencanaan penjualan dan produksi yang terintegrasi maka dapat menyebabkan operasional perusahaan berjalan kurang baik. Kegiatan *forecasting demand* dan menentukan *lot size* memiliki hubungan yang sangat erat, sebab keduanya merupakan bagian dari perencanaan produksi. Awalnya perusahaan melakukan *forecasting* terhadap permintaan konsumen, kemudian hasil prediksi permintaan tersebut akan menjadi alat penentu keputusan perusahaan mengenai berapa unit produk yang harus diproduksi. Jumlah produk yang diproduksi akan berhubungan dengan *lot size*. *Lot size* adalah banyaknya unit yang ditetapkan baik untuk pembelian *raw material* maupun produksi barang. Rondonuwu (2011) melakukan penelitian yang sesuai dengan teori ini, yakni melakukan perencanaan produksi yang dimulai dari *forecasting* hingga *material requirements planning* (MRP), dimana dapat ditentukan *lot size* untuk tiap material penyusun produk.

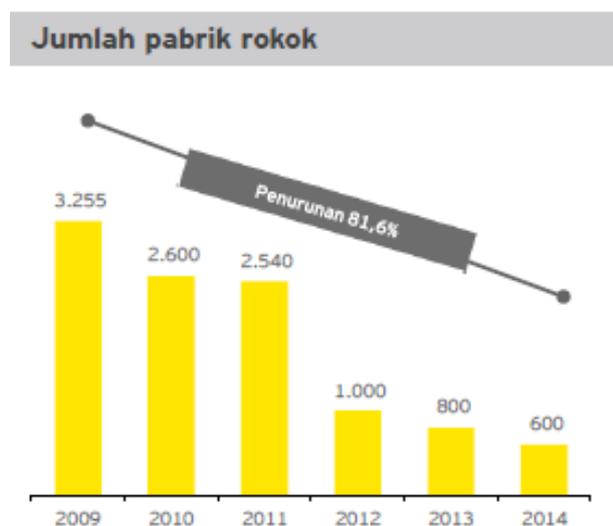
Demand management merupakan kegiatan dimana perusahaan mengatur dan mengkoordinir seluruh permintaan akan produk yang dipasarkan (Arnold, et al., 2008). Salah satu kegiatan dari *demand management* adalah *forecasting* atau peramalan permintaan. *Forecasting* dilakukan sebelum adanya *order* yang masuk ke perusahaan. Hasil dari *forecasting* tersebut merupakan acuan atau gambaran sementara dari jumlah produk yang harus diproduksi pada periode perencanaan tertentu. Indikator *forecast* yang baik dapat dinilai dari persentase *error*. Semakin kecil persentase *error* maka metode *forecast* tersebut dapat dikatakan semakin baik.

Metode umum yang dipakai untuk *forecasting* salah satunya adalah *exponential smoothing*. Metode ini digunakan oleh Susanti & Sahli (2013) untuk melakukan peramalan terhadap permintaan akan produk yang dijualnya, sehingga dapat menentukan kebijakan persediaan yang sesuai untuk meminimalisir biaya penyimpanan. Tannady & Andrew (2013) pada penelitiannya menggunakan metode Holt's, Winter's, dan regresi linear untuk melakukan *forecasting* permintaan terhadap pakan untuk pembudidayaan benur. Utami & Darsyah (2015) menggunakan metode Winter's untuk melakukan peramalan data saham.

Penentuan *lot size* dalam perencanaan produksi merupakan salah satu hal yang penting. Hal ini karena *lot size* berhubungan dengan *inventory* produk. *Lot size* memiliki manfaat untuk mengontrol jumlah *inventory*, baik *end product* maupun pembelian *raw material*, sesuai pada kisaran ditentukan untuk meminimalisir *holding cost*. Selain itu, dengan adanya *lot size* juga dapat mencegah adanya pembelian material dalam jumlah yang sedikit namun di setiap periode yang dapat menyebabkan tingginya *ordering cost*. Tersine (1994) memaparkan bahwa terdapat beberapa metode yang digunakan pada *lot sizing*. Metode yang umum dan sederhana untuk digunakan yakni *lot for lot*, *economic order quantity* (EOQ), dan *periodic order quantity* (POQ). *Lot for lot* merupakan metode yang paling sering dianut oleh perusahaan *make to order* (Hachicha, et.al, 2010), yakni perusahaan memesan material sejumlah *demand* yang akan diproduksi. EOQ merupakan jumlah material optimal yang dipesan untuk meminimalisir total biaya. Sedangkan POQ tidak menentukan jumlah kuantitas material yang dipesan, namun menentukan interval periode dimana dapat dilakukan pemesanan. Soegihardjo (1999) dalam penelitiannya menggunakan *lot-for-lot* dan *economic order quantity* untuk menentukan kebutuhan bahan baku sudu pompa. Sedangkan penerapan metode *lot sizing* dengan POQ, Silver-Meal, dan *Least Unit Cost* dilakukan oleh Rahmayanti & Fauzan (2013) untuk menentukan ukuran pemesanan bahan baku lateks. Hal serupa juga dilakukan pada jurnal oleh Meilani & Saputra (2013), dengan metode yang sama namun dengan objek *raw material crumb rubber*.

Industri di Indonesia mengalami peningkatan seiring dengan banyaknya permintaan dan kebutuhan manusia. Namun hal ini tidak berlaku pada industri

rokok. Jumlah perusahaan rokok di Indonesia mengalami penurunan yang dimana pada tahun 2009 terdapat 3.225 perusahaan, kemudian menjadi 600 perusahaan di tahun 2014. Penurunan jumlah perusahaan rokok disebabkan karena terdapat akuisisi perusahaan lokal dengan asing. Contohnya yakni akuisisi Sampoerna oleh Philip Morris, dan Bentoel oleh British American Tobacco (BAT). Pada dasarnya rokok merupakan komoditas oligopoli, dimana pangsa pasar rokok sebagian besar hanya dikuasai oleh beberapa industri besar. Akibatnya industri besar tersebut memiliki kemampuan untuk menentukan harga tembakau sebagai bahan baku rokok. Hal ini menyebabkan industri rokok kecil kesulitan dalam bersaing dengan industri rokok besar yang akhirnya menyebabkan kebangkrutan pada industri rokok kecil.

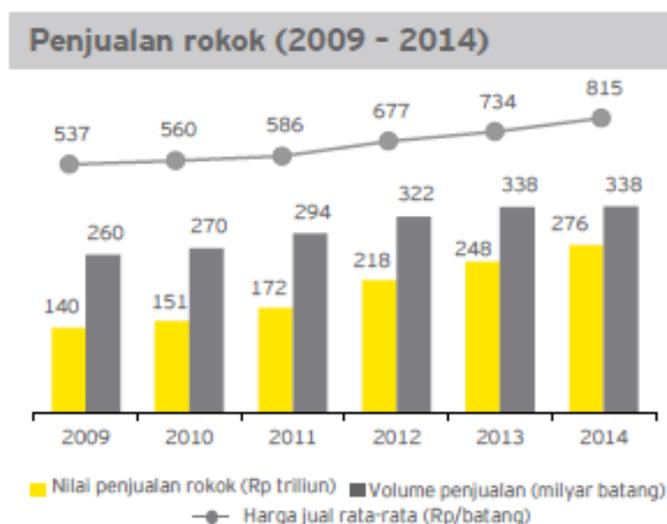


Gambar 1. 1 Jumlah Pabrik Rokok (EY, 2015)

Berkurangnya jumlah perusahaan rokok tidak serta merta menurunkan penjualan rokok. Terdapat 81,6% penurunan jumlah perusahaan rokok selama 2009-2014, dengan rata-rata 531 pabrik yang tutup tiap tahunnya. Namun rata-rata penjualan batang rokok diperkirakan naik sebesar 5,4% selama 2009-2014. Pertumbuhan rata-rata nilai penjualan rokok 14,6% lebih tinggi dibandingkan dengan industri lainnya.

PT X merupakan perusahaan asal Inggris yang bergerak dalam bidang manufaktur, yang dimana salah satu unit bisnis yang dimiliki yakni produksi *filter*

rokok. PT X memasok *filter* rokok tidak hanya untuk perusahaan ternama internasional namun juga untuk perusahaan rokok lokal dengan komposisi *market* 70% ekspor dan 30% lokal. Pada dasarnya proses pembuatan *filter* rokok tidak rumit. Perusahaan rokok dapat dengan mudah membuat *filter* untuk produk rokoknya sendiri. Maka dari itu agar dapat bertahan pada bidang industri ini, PT X terus menerus berinovasi menciptakan variasi *filter* rokok yang bermacam-macam. Adanya berbagai variasi *filter* yang ditawarkan merupakan *bargaining point* dari perusahaan agar dapat mempertahankan eksistensinya. Selain itu, agar dapat bersaing dengan baik maka tiap perusahaan harus dapat memposisikan diri di pasar dengan baik. Hal ini salah satunya dapat dilakukan dengan penerapan strategi *product positioning*. Strategi ini mengacu pada strategi yang dipilih oleh sebuah perusahaan berdasarkan tipe *inventory* yang dipilih untuk dikelola.



Gambar 1. 2 Penjualan Rokok pada tahun 2009-2014 (EY, 2015)

Dalam proses produksinya, PT X menerapkan strategi *Make to Order*. Proses produksi akan dimulai setelah menerima permintaan dari konsumen, dengan *lead time* selama 1-2 bulan. *Lead time* merupakan waktu tunggu yang ditolerir oleh konsumen dari proses pemesanan hingga barang didapatkan. Pada dasarnya, perusahaan memiliki berbagai variasi *filter* rokok yang ditawarkan kepada konsumen. Namun dengan strategi produk yang dianut, maka perusahaan

juga dapat mengakomodasi permintaan *filter* sesuai dengan spesifikasi tertentu yang diinginkan konsumen.

Permasalahan yang terjadi pada PT X adalah tingginya tingkat *error* dari *forecasting* yang telah dilakukan. Hal ini merupakan salah satu penyebab adanya *oversupply raw material*. *Lead time raw material* memiliki durasi yang cukup lama yakni selama 3 bulan. *Supplier* yang digunakan oleh PT X adalah *supplier* dari luar negeri, yang menjelaskan mengapa *lead time* pengiriman *raw material* cukup panjang. Selain tingginya tingkat *error* pada *forecasting* yang memengaruhi tingkat kebutuhan *raw material*, *lead time* dari *supplier* juga menjadi pertimbangan bagi perusahaan untuk membeli *raw material* yang berlebih. Dampak positif dari kelebihan pasokan *raw material* yakni dapat memenuhi *order* yang tiba-tiba masuk. Namun hal yang seringkali terjadi adalah *raw material* berlebih tersebut tidak terpakai. *Raw material* sisa produksi tersebut tidak dapat digunakan untuk diproses lagi karena dapat menyebabkan penurunan kualitas produk jadi *filter* rokok, sehingga akhirnya bahan menjadi *waste* yang menumpuk di gudang. Maka dari itu, penelitian ini akan membahas mengenai metode *forecasting demand* yang sesuai untuk meminimalisir tingkat *error*. Tingkat *error* pada *forecasting* akan dievaluasi melalui nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). MAPE berfungsi untuk memberikan indikasi mengenai besarnya *error* pada *forecast* relatif terhadap nilai permintaan yang sebenarnya. MAPE juga digunakan untuk membandingkan akurasi antara metode *forecast*. Selain itu penelitian ini juga akan membahas mengenai penentuan jumlah *raw material* yang diperlukan sesuai dengan hasil *forecast* dengan teknik *lot sizing*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana melakukan peramalan permintaan yang dengan meminimalisir *error* dan menentukan besar *lot size* dari *raw material* untuk di industri manufaktur *filter* rokok.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan metode *forecasting* yang paling baik dengan *error* terkecil.
2. Menentukan jumlah *lot size* bahan baku dengan *total cost* terendah untuk memproduksi permintaan berdasarkan *forecasting* yang telah dilakukan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian Tugas Akhir yakni dapat memberikan rekomendasi bagi perusahaan mengenai peramalan permintaan yang lebih baik dengan menggunakan metode *forecast* yang sesuai dengan pola permintaan, serta dapat memberikan rekomendasi dalam menentukan kebijakan *lot sizing* pada proses pengadaan *raw material*.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian terdiri dari batasan dan asumsi yang digunakan dalam melakukan penelitian tugas akhir. Berikut ini merupakan batasan dan asumsi yang digunakan dalam pelaksanaan tugas akhir.

1.5.1 Batasan

Berikut ini merupakan batasan yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir.

1. Produk yang diteliti adalah produk *filter* rokok yang memiliki *demand* tiap tahunnya.
2. Data penjualan yang digunakan yakni data bulan Januari 2012 – Desember 2016.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir adalah sebagai berikut.

1. Kapasitas gudang penyimpanan *raw material* tidak terbatas.
2. Setiap *raw material* sekali datang sesuai dengan jumlah pemesanan.

3. Tidak ada *raw material* dari pemesanan sebelumnya yang belum dikirim oleh *supplier*.
4. Kurs mata uang \$1.00 sama dengan Rp 13,333.33
5. Faktor-faktor selain biaya seperti performansi dan kualitas tiap *supplier* dianggap setara.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan pada penelitian ini akan terbagi dalam 6 bab, dengan penjelasan sebagai berikut.

- **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab pendahuluan menjelaskan mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat, serta ruang lingkup dari penelitian yang terdiri dari batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian. Di akhir bab ini juga terdapat penjelasan mengenai sistematika penulisan dari keseluruhan laporan penelitian.

- **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Teori-teori dan tinjauan pustaka yang dapat menunjang penelitian ini dijelaskan pada bab kedua. Adapun tinjauan pustaka pada bab ini mencakup *production planning*, *demand forecasting*, metode pada *forecasting*, *BOM tree*, *lot sizing raw material*, *linear programming*, dan model matematis dari jurnal. Sumber yang digunakan untuk tinjauan pustaka berasal dari sumber-sumber yang kredibel.

- **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Metodologi penelitian akan dijelaskan pada bab 3 ini. Metodologi yang digunakan disajikan dalam bentuk *flowchart*, yang merupakan langkah-langkah yang digunakan sebagai acuan agar penelitian dapat berjalan secara sistematis.

- **BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Data-data yang digunakan dalam penelitian kemudian diolah sesuai dengan metodologi yang telah ditetapkan pada bab sebelumnya. Hasil dari pengolahan data ditunjukkan pada bab ini.

- **BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA**

Dilakukan analisis dan interpretasi data dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Hasil analisis yang didapatkan akan membantu dalam penarikan kesimpulan yang akan dijelaskan pada bab selanjutnya.

- **BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya, maka dilakukan penarikan kesimpulan yang menjawab tujuan dari penelitian. Selain kesimpulan juga terdapat saran baik untuk penelitian ini maupun untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tinjauan pustaka yang digunakan sebagai pedoman dalam mengerjakan penelitian tugas akhir. Tinjauan pustaka yang akan dibahas meliputi *production planning*, *demand forecasting*, metode *forecasting*, *BOM tree*, *lot sizing raw material*, *Linear Programming (LP)*, model dari Choudhary & Shankar (2013), dan model dari Songhori, et al (2011).

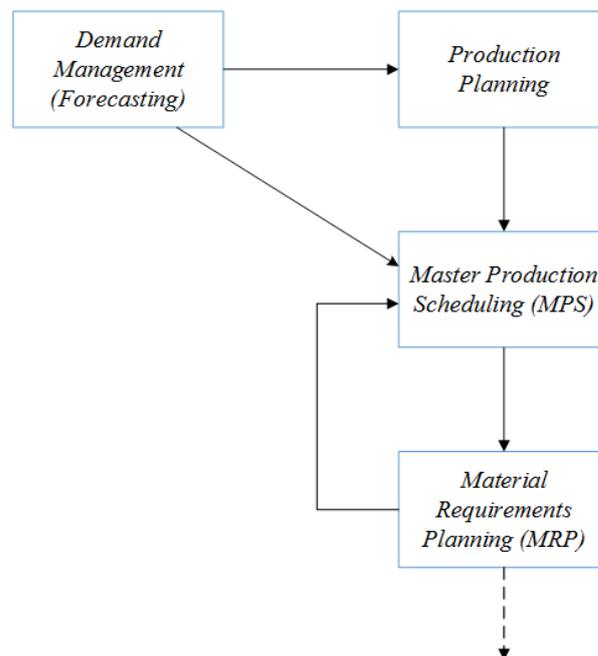
2.1 *Production Planning*

Dalam melakukan proses produksi pada suatu perusahaan tidak dapat dilakukan tanpa suatu perencanaan terlebih dahulu. Tahap pertama dalam perencanaan produksi yakni melakukan *forecasting* untuk permintaan konsumen. Hasil *forecasting* akan menjadi *input* dari 2 proses perencanaan, yakni *production planning* dan *master production scheduling (MPS)*. Pada *production planning*, *forecast* menjadi proyeksi akan total unit produk yang akan diproduksi. Kemudian, jumlah tersebut disesuaikan dengan sumber daya yang tersedia. Singkatnya, *production planning* yakni merencanakan bagaimana caranya agar dapat melakukan produksi dan memenuhi *demand* dengan menggunakan sumber daya yang ada yang dialokasikan dengan sebaik-baiknya.

MPS dibuat dengan *forecast* dan *actual demand* untuk suatu produk tertentu sebagai *input*-nya. MPS berkenaan dengan produk *end item* apa saja yang akan diproduksi, berapa banyak, serta pada periode kapan produk tersebut harus diproduksi agar dapat memenuhi permintaan. *Production planning* dan MPS merupakan perencanaan yang dilakukan untuk di bagian manufaktur dan produksi, agar dapat dilakukan penyeimbangan antara sumber daya dan bahan baku dengan *forecasted demand*. Namun perlu diperhatikan bahwa MPS merupakan perencanaan akan apa yang akan dan dapat dilakukan oleh pihak produksi.

Tahap selanjutnya yakni pembuatan *material requirements planning (MRP)*. *Input* dari MRP adalah MPS dan *bill of material* (subbab 2.4). Seperti

yang telah dipahami sebelumnya bahwa MPS berisi perencanaan jumlah produksi *end item*. Sebuah *end item* tentunya memiliki komponen-komponen penyusunnya. Maka dari itu, MRP digunakan untuk merencanakan kebutuhan setiap komponen-komponen yang dibutuhkan pada tiap level *assembly*, berdasarkan *lead time* dan menghitung kapan komponen tersebut dibutuhkan agar dapat memenuhi jumlah pada MPS.

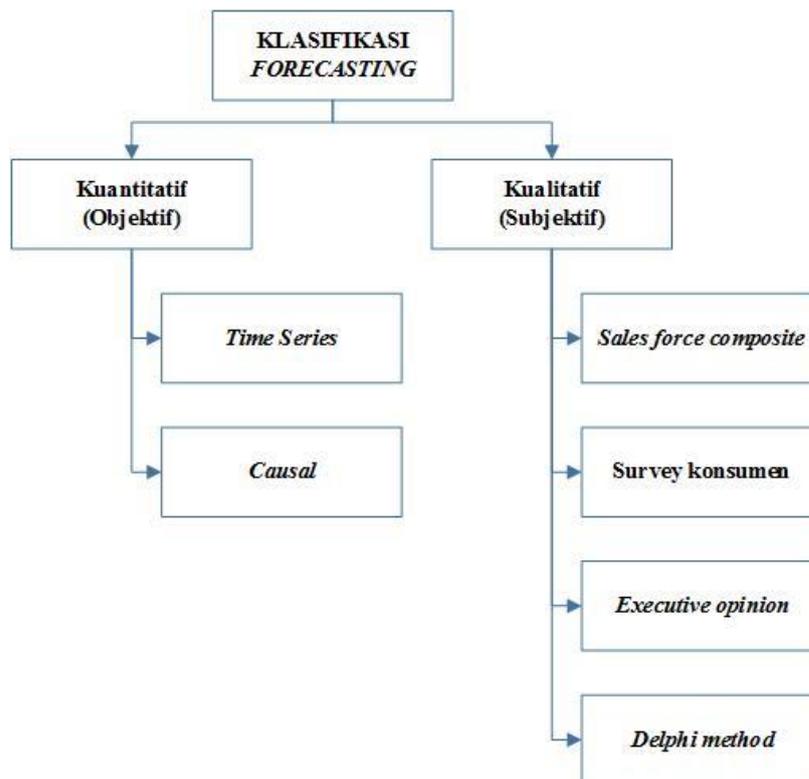


Gambar 2. 1 *Forecasting, production plan, MPS, dan MRP* (Arnold, et al., 2008)

2.2 *Demand Forecasting*

Demand forecasting merupakan elemen kegiatan yang penting dalam *supply chain*. *Demand forecasting* merupakan suatu kegiatan yang dilakukan untuk mendapatkan estimasi jumlah permintaan barang atau jasa pada suatu periode waktu tertentu dan juga pada wilayah pemasaran tertentu (Pujawan, 2010). Pada dasarnya, kejadian di masa depan memiliki ketidakpastian yang tinggi. Maka dari itu, perusahaan melakukan *forecasting* berdasarkan data historis agar dapat memprediksi permintaan konsumen sehingga dapat menentukan kebijakan atau tindakan yang diambil untuk menyikapi permintaan tersebut.

Terdapat 4 karakteristik dari *forecast* yang perlu diperhatikan. Hal paling utama yakni *forecast* umumnya selalu salah. Selain itu, setiap *forecast* harus memiliki perhitungan estimasi *error*. Karakteristik ketiga yakni *forecast* lebih akurat ketika digunakan untuk memprediksi pola permintaan terhadap *product family* atau grup (*aggregate forecasts*). Hal ini disebabkan karena produk individual dari suatu grup memiliki karakteristik yang fluktuatif dimana akan lebih sulit untuk diprediksi. Karakteristik yang terakhir yakni semakin panjang periode *forecast* maka hasilnya akan semakin tidak akurat. Meski *forecasting* dikatakan selalu salah, namun pendekatan ini masih digunakan karena belum ada pendekatan lainnya. Maka dari itu, diperlukan tingkat *error* yang sedikit dalam melakukan *forecasting* agar dapat meminimalisir kesalahan pada *supply chain*.



Gambar 2. 2 Klasifikasi dalam *Forecasting* (Tersine, 1994)

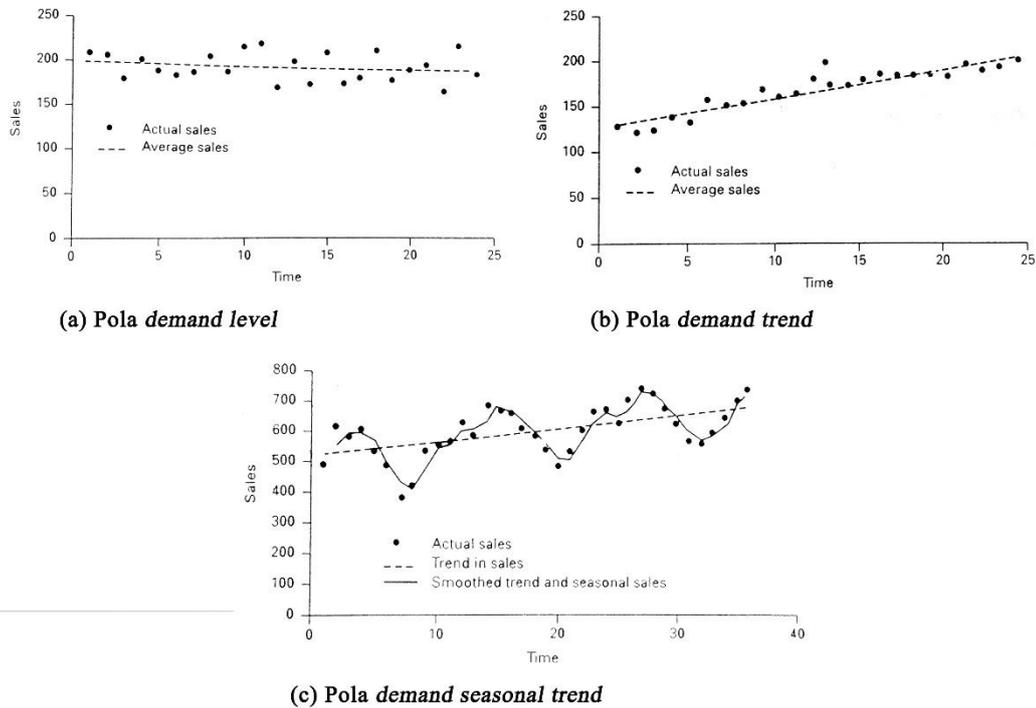
Forecasting memiliki 2 pendekatan utama, yakni pendekatan secara kualitatif dan pendekatan secara kuantitatif. Pendekatan kualitatif yakni pendekatan secara subjektif atau *judgemental* yang terdiri dari *sales force*

composite, survei terhadap konsumen, *expert opinion*, dan metode *Delphi*. Sedangkan pendekatan secara kuantitatif yakni dengan menggunakan metode statistik, yang terbagi menjadi *Time Series* dan *Causal*. *Time series* terdiri dari data historis yang telah dikumpulkan selama periode waktu tertentu (dalam mingguan, bulanan, atau tahunan) yang dimana berfokus pada pola data yang terbentuk. Contoh metode yang digunakan yakni *exponential smoothing* dan Box-Jenkins (ARIMA). Sedangkan metode *causal* dengan data historis yang ada mengidentifikasi korelasi antara variabel-variabel yang akan dilakukan *forecasting* dan variabel lainnya yang mempengaruhi. Salah satu contoh metode yang termasuk *causal forecasting* yakni metode regresi.

2.3 Metode Forecasting

Time series forecasting memiliki 4 komponen, yakni *trend* (T), *seasonality* (S), *cycles* (C), dan *randomness*. *Trend* yakni ketika data memiliki kecenderungan untuk naik atau turun selama periode waktu tertentu. *Seasonality* menunjukkan ketika permintaan mengalami kenaikan pada musim tertentu dalam suatu periode waktu, contohnya seperti meningkatnya permintaan payung pada musim hujan, atau meningkatnya permintaan akan alat tulis pada saat memasuki tahun ajaran baru. *Cycles* atau siklus, merupakan pola yang terjadi pada kurun waktu tahunan. Sedangkan *randomness* yakni ketika data historis tidak terbentuk pola spesifik (berbentuk acak) dan umumnya tidak terdapat pengulangan.

Metode *forecast* yang dapat digunakan bergantung pada pola yang ditunjukkan oleh data. Apabila data tidak memiliki pola *trend* maupun *seasonal*, maka dapat digunakan metode *Moving Average* dan *Simple Exponential Smoothing*. Metode *Holt* dapat digunakan apabila data memiliki pola *trend*. Kemudian, apabila data memiliki pola *trend* dan *seasonal* maka dapat digunakan metode *Winter's*. Sedangkan *causal forecasting*, yakni mengidentifikasi korelasi yang ada antara variabel independen (variabel yang akan diprediksi nilainya) dan variabel-variabel dependennya. Salah satu metode sederhana yang digunakan pada *causal forecasting* yakni regresi linear yang melihat adanya pola korelasi linear antara variabel independen dan dependen.



Gambar 2. 3 Contoh pola pada *demand* (Ballou, 1999)

Berikut ini merupakan metode-metode umum yang digunakan pada *forecasting*.

- Simple Exponential Smoothing

Metode *simple exponential smoothing* merupakan perhitungan *forecasting* dengan menggunakan konstanta α sebagai indikator *smoothing*. Konstanta tersebut digunakan untuk mereduksi (*smoothing*) pola permintaan yang fluktuatif. Konstanta α memiliki nilai $0 < \alpha < 1$.

$$F_t = \alpha (D_{t-1}) + (1-\alpha)F_{t-1} \tag{2.1}$$

$$F_{t-1} = \alpha (D_{t-2}) + (1-\alpha)F_{t-2} \tag{2.2}$$

$$F_{t+k} = F_t \tag{2.3}$$

- F_t : nilai *forecast* pada periode t
- F_{t-1} : nilai *forecast* pada periode $t - 1$
- F_{t+k} : nilai *forecast* untuk periode $t + k$
- k : banyaknya periode yang akan di *forecast*
- α : *smoothing constant*, $0 < \alpha < 1$
- D_{t-1} : *demand* pada periode $t - 1$

- Metode Holt (Double Exponential Smoothing)

Metode *Holt* adalah metode perhitungan *forecasting* apabila data historis yang dimiliki memiliki pola data *trend*, yakni mengalami kenaikan atau penurunan permintaan. Konsep utama dari metode ini yakni dilakukannya *smoothing* terhadap pola *trend* yang ada. Konstanta yang digunakan untuk *smoothing trend* yakni β , dengan nilai $0 < \beta < 1$.

Langkah 1 *Smoothing series forecast* S_t

$$S_t = \alpha D_t + (1-\alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (2.4)$$

Langkah 2 *Smoothing trend forecast* T_t

$$T_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (2.5)$$

Langkah 3 Menghitung *forecast* untuk k periode di masa depan F_{t+k} dengan *series* dan *trend*

$$F_{t+k} = S_t + k T_t \quad (2.6)$$

S_t : nilai *series* dari *forecast* pada periode t

S_{t-1} : nilai *series* dari *forecast* pada periode $t-1$

T_{t-1} : nilai *trend* dari *forecast* pada periode $t-1$

T_t : nilai *trend* dari *forecast* pada periode t

β : konstanta *smoothing trend*, $0 < \beta < 1$

- Metode ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)

ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) atau dikenal juga dengan metode Box-Jenkins, termasuk dalam metode peramalan permintaan untuk *time series*. Dalam membuat model *forecast* ARIMA, terdapat beberapa tahap yang perlu dilakukan:

1. *Identifikasi data untuk model ARIMA*, dimana data harus stasioner terhadap variansi dan rata-rata. Uji stasioneritas dapat dilakukan dengan menggunakan Box-Cox (untuk stasioner terhadap variasi) dan dengan melihat plot data pada grafik *auto correlation function* (ACF) untuk melihat stasioneritas terhadap rata-rata.
2. Penentuan orde untuk MA (*Moving Average*) dan AR (*Autoregressive*).
3. Uji asumsi untuk tiap model ARIMA yang memungkinkan.

Model ARIMA memiliki notasi (p,d,q) yang dimana p merepresentasikan orde autoregresi, d merepresentasikan orde integrasi atau *differencing*, dan q merepresentasikan orde *moving average*. Orde *moving average* (q) dapat dilihat dari plot *autocorrelation function*, sedangkan orde autoregresi (p) dapat dilihat dari plot *partial autocorrelation function*. Setelah didapatkan beberapa model ARIMA (p,d,q) yang memungkinkan, maka perlu dilakukan uji asumsi. Model ARIMA yang sesuai adalah model yang telah memenuhi semua asumsi yang ada, sehingga dapat dikatakan model yang *valid*. Model yang *valid* kemudian dapat digunakan untuk peramalan permintaan.

Berikut ini merupakan asumsi yang perlu diperhatikan:

1. Estimasi parameter AR dan atau MA signifikan apabila $p\text{-value} < \alpha$.
2. Data *white noise*, dimana berdasarkan uji *modified Box-Pierce (Ljung-Box)* $p\text{-value}$ dari setiap kelipatan *lag* lebih dari nilai α . ($p\text{-value} > \alpha$)
3. *Residual* data berdistribusi normal, dimana $p\text{-value} > \alpha$.

- Metode Regresi Linear

Metode regresi linear mempertimbangkan variabel independen dan variabel dependen. Pada *time series forecasting*, variabel yang akan diprediksi yakni *demand*, merupakan variabel dependen. Sedangkan variabel yang digunakan untuk memprediksi adalah variabel independen, yakni waktu atau periode. Dapat diasumsikan bahwa perubahan pada *demand* disebabkan oleh perubahan yang terjadi pada periode. Regresi linear berarti hubungan korelasi antara variabel independen dan variabel dependen berbentuk linear. Pada dasarnya, garis plot regresi dapat merespon data yang bersifat *trend*, namun tidak *seasonal*. Berikut ini merupakan persamaan pada regresi linear.

$$\hat{Y}_t = \alpha + \beta t \tag{2.11}$$

$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n t_i Y_i - (\sum_{i=1}^n t_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{n \sum_{i=1}^n t_i^2 - (\sum_{i=1}^n t_i)^2} \tag{2.12}$$

$$\alpha = \hat{Y}_t - \beta t = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i - [\beta \sum_{i=1}^n t_i]}{n} \tag{2.13}$$

Y	:	demand	β	:	slope
t	:	periode	n	:	jumlah periode
α	:	intercept	r ²	:	koefisien korelasi

Regresi memperhatikan relasi antar variabel yang dapat dilihat dari koefisien korelasi. Koefisien korelasi memiliki nilai antara -1 dan +1. Semakin mendekati 1 suatu perhitungan koefisien korelasi maka mengindikasikan bahwa tiap variabel memiliki hubungan korelasi yang kuat.

$$r^2 = \frac{[n \sum_{i=1}^n t_i Y_i - (\sum_{i=1}^n t_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)]^2}{[n \sum_{i=1}^n t_i^2 - (\sum_{i=1}^n t_i)^2][n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]} \quad (2.14)$$

Setelah dilakukan *forecasting*, maka perlu diketahui seberapa akurat hasil peramalan tersebut. Hal ini disebut juga dengan *forecast errors*. Nilai *error* didapat dari hasil selisih antara *forecast* pada periode t dengan *demand* aktual pada periode t. Berikut ini merupakan perhitungan untuk *forecast errors*.

$$e_t = F_t - D_t \quad (2.15)$$

$$\text{Mean Absolute Deviation} = \text{MAD} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_i| \quad (2.16)$$

$$\text{Mean Square Error} = \text{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (2.17)$$

$$\text{Mean Absolute Percentage Error} = \text{MAPE} = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{e_i}{D_i} \right| \right] \times 100\% \quad (2.18)$$

Mean Absolute Deviation atau MAD menghitung akurasi dari *forlecast* dengan menghitung nilai rata-rata dari besaran *forecast errors*. Persamaan ini memiliki kelebihan yakni cara perhitungannya yang mudah. *Mean Squared Error* atau MSE merupakan metode lainnya dalam menghitung akurasi *forecast*, dimana nilai absolut dari *error* dikuadratkan. Hal ini mengakibatkan nilai *error* yang besar akan semakin diperbesar. Metode ini berguna untuk situasi apabila nilai *error* yang kecil tidak memiliki pengaruh yang signifikan namun nilai *error* yang sangat besar memberikan pengaruh yang besar. *Mean Absolute Percentage Error* atau MAPE merupakan perhitungan akurasi *forecast* dalam persentase. Metode ini berguna apabila data aktual memiliki nilai yang besar sehingga berpengaruh terhadap nilai rentang *error* menjadi besar.

Berdasarkan metode-metode *forecasting* yang telah dijelaskan diatas, berikut ini merupakan tabel perbandingan tiap metode berdasarkan karakteristiknya masing-masing.

Tabel 2. 1 Perbandingan tiap metode *forecasting*

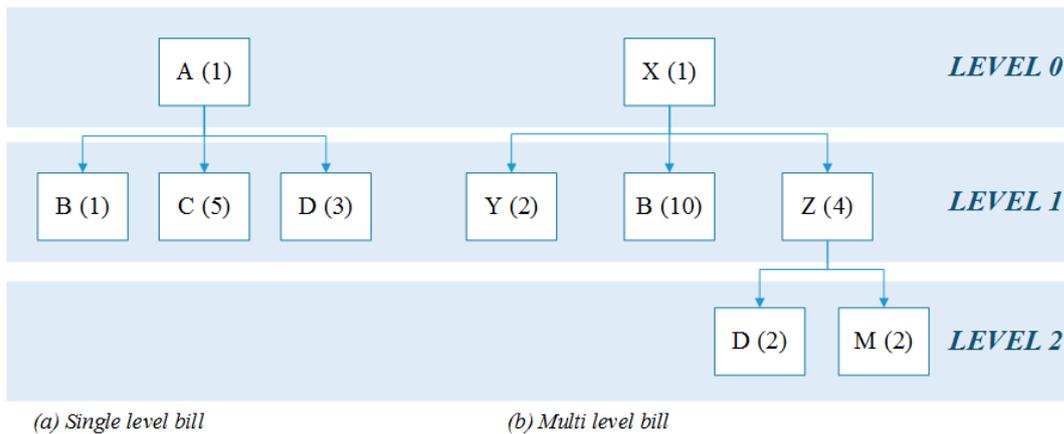
Metode	Karakteristik
<i>Exponential Smoothing</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Relatif sederhana dan mudah untuk digunakan - Dapat digunakan dengan data yang relatif sedikit - Tidak dapat digunakan pada data yang mengandung unsur <i>trend</i> - Tidak dapat digunakan pada data yang mengandung unsur <i>seasonality</i>
Holt's	<ul style="list-style-type: none"> - Dapat menangkap unsur <i>trend</i> pada suatu data - Dapat digunakan dengan data yang relatif sedikit - Memiliki 2 <i>smoothing factor</i>
Regresi Linear	<ul style="list-style-type: none"> - Dapat menangkap korelasi antara variabel-variabel yang dianalisa - Dapat digunakan untuk peramalan jangka pendek maupun jangka panjang - Data yang digunakan berdistribusi normal
ARIMA	<ul style="list-style-type: none"> - Dapat digunakan untuk menganalisa data dengan situasi <i>random, trend, maupun seasonal</i> - Hanya pada data stasioner - Baik untuk peramalan jangka pendek - Diperlukan data dalam jumlah banyak

2.4 *Bill of Material (BOM Tree)*

APICS (*America Productions and Inventory Control Society*) mendefinisikan *bill of material* sebagai daftar komponen-komponen yang dibutuhkan serta jumlah dari masing-masing komponen tersebut untuk dapat menyusun sebuah *end product* atau *parent*. Terdapat 3 poin penting yang perlu diperhatikan, yakni *bill of material* menunjukkan *parts* yang dibutuhkan untuk membuat satu produk, setiap *parts* masing-masing memiliki nomor identitas yang berbeda, dan suatu *part* diidentifikasi dari bentuknya, kegunaan, maupun kesesuaiannya. Apabila suatu *part* merupakan satu jenis, namun memiliki warna yang berbeda maka *part* tersebut memiliki nomor identifikasi yang berbeda yang mengindikasikan *part* tersebut memiliki warna yang berbeda. Hal ini tentunya untuk memudahkan dalam proses *assembly* produk nantinya.

Struktur BOM dapat digambarkan seperti bagan pohon dan membentuk relasi *parent-component*, dapat juga dalam bentuk tabel *indented* yang

menunjukkan level komponen tersebut. *BOM tree* terbagi menjadi 2 yakni *single level bill* dan *multi level bill*. *End product* diidentifikasi dengan level 0, sedangkan komponen-komponennya diidentifikasi dengan level 1, dan seterusnya. Berikut ini merupakan ilustrasi dari *BOM tree*.



Gambar 2. 4 Ilustrasi *BOM Tree single level* dan *multi level*

Tabel 2. 2 Ilustrasi *indented BOM single level*

Level	Item atau material	Kebutuhan (unit)
0	A	
1	B	1
1	C	5
1	D	3

Berdasarkan gambar 2.4, diketahui bahwa produk A memiliki *single level BOM tree* dan produk X memiliki *multi level BOM tree*. Jadi untuk melakukan *assembly* 1 unit produk A, dibutuhkan 1 unit komponen B, 5 unit komponen C dan 3 unit komponen D. Sedangkan untuk menyusun 1 unit produk X, maka dibutuhkan 2 komponen Y, 10 komponen B, dan 4 komponen D. Komponen Z memiliki sub-komponen yang dibutuhkan yakni sub-komponen D dan sub-komponen M. Kebutuhan sub-komponen yang tercantum pada *BOM tree* yakni kebutuhan untuk membuat 1 unit komponen Z. Maka dari itu, secara total untuk membuat 4 komponen Z maka dibutuhkan 8 unit sub-komponen D dan 8 unit sub-komponen M.

2.5 Lot Sizing Raw Material

Salah satu topik yang berkenaan dengan *lot sizing* yakni mengenai pengadaan *raw material* pada suatu perusahaan. Pada dasarnya *lot sizing* merupakan kebijakan berapa unit *raw material* yang harus dipesan oleh perusahaan agar dapat memenuhi permintaan yang ada. Terdapat 3 pendekatan yang dapat dilakukan untuk penentuan *lot sizing raw material* dengan permintaan bersifat *time-varying* (*demand rate* tidak konstan, berbeda-beda tiap waktu):

1. *Economic Order Quantity* (EOQ), merupakan pendekatan yang paling mudah. Konsep dari pendekatan ini yakni penggunaan *fixed* EOQ berdasarkan rata-rata tingkat permintaan. Setelah didapatkan nilai EOQ, maka nominal tersebut yang dijadikan acuan untuk jumlah pemesanan *raw material* ketika tiba waktunya *replenishment*.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 D k}{r uc}} \quad \text{atau} \quad EOQ = \sqrt{\frac{2 D k}{H}} \quad (2.19)$$

EOQ	:	<i>economic order quantity</i> (unit)
D	:	jumlah <i>demand</i> (unit/tahun atau unit/bulan)
k	:	<i>ordering cost</i> atau <i>fixed cost</i>
r	:	<i>rate holding cost</i> (dalam fraksi)
uc	:	<i>unit cost</i> , atau harga produk per unit
H	:	<i>holding cost/unit/tahun</i>

Dapat disimpulkan juga bahwa dalam pendekatan EOQ, jumlah unit bahan yang dipesan konstan namun periode pemesanan berbeda-beda atau tidak bergantung pada interval tertentu.

2. *Pendekatan dengan menggunakan model matematis yang memberikan hasil paling optimal*. Pada pendekatan ini tentunya terdapat asumsi-asumsi tersendiri yang digunakan. Pendekatan ini dikenal juga dengan algoritma Wagner-Whitin, yang memiliki fungsi tujuan minimasi total biaya yang relevan. Namun kelemahan dari algoritma ini yakni dibutuhkannya perhitungan yang panjang dan kompleks sehingga cukup sulit untuk dipahami.
3. *Pendekatan dengan menggunakan metode heuristik*. Pendekatan ini memiliki tujuan untuk menangkap dengan baik kompleksitas pada periode-periode

waktu, namun cukup simpel untuk dipahami dan tidak membutuhkan runtutan perhitungan yang panjang. Contoh dari metode heuristik ini yakni algoritma Silver-Meal, *Least Unit Cost*, dan *Part Period Algorithm*.

Pendekatan paling sederhana dari *lot sizing raw material* adalah *lot-for-lot ordering* (LAL). *Lot-for-lot* merupakan metode dimana suatu perusahaan memesan bahan baku kepada *supplier* dengan jumlah yang sesuai dengan *demand* yang masuk. Maka dari itu, kuantitas pemesanan yang dilakukan akan memiliki ukuran yang berbeda pada tiap periode. Namun dengan jumlah pemesanan bahan baku yang sesuai dengan jumlah *demand*, maka tidak akan ada *inventory*.

POQ atau *periodic order quantity* merupakan metode yang memiliki prinsip yang hampir sama dengan EOQ. Berbeda dengan EOQ yang mana menentukan besaran unit yang perlu dipesan setiap pemesanan, POQ juga dikenal dengan EOI atau *Economic Order Interval*. POQ menentukan kapan periode yang tepat untuk melakukan pemesanan bahan baku. Sehingga hasil dari POQ yakni interval waktu kapan dilakukannya pemesanan material. Jadi, POQ memiliki interval waktu pemesanan yang tetap dengan kuantitas berbeda tiap pemesanannya sedangkan EOQ memiliki kuantitas yang tetap namun memiliki waktu pemesanan yang berbeda-beda dalam satu periode.

$$EOI = \frac{EOQ}{\bar{R}} = \sqrt{\frac{2k}{\bar{R}ucr}} \quad (2.20)$$

EOI : *economic order interval* dalam periode

\bar{R} : rata-rata *demand* per periode

2.6 *Linear Programming* (LP)

Pada tahun 1947, George Dantzig mengembangkan metode *simplex* yang dapat digunakan untuk memecahkan permasalahan *linear programming*. Dapat disimpulkan bahwa *linear programming* merupakan alat untuk memecahkan permasalahan terkait optimasi suatu sistem. Metode *simplex linear programming* banyak diterapkan karena memiliki kemampuan untuk memodelkan permasalahan yang sederhana maupun kompleks untuk membantu pemilihan keputusan. Selain itu, solusi dari permodelan tersebut bisa didapatkan dalam waktu yang relatif singkat (Bazaara & Jarvis, 1977).

Permasalahan *linear programming* merupakan permasalahan yang berkaitan dengan minimasi atau maksimasi suatu fungsi linear atau disebut juga dengan *objective function*. Terdapat 4 komponen utama yang perlu didefinisikan pada saat memodelkan *linear programming*, yakni variabel keputusan, *objective function*, *constraint*, dan *non-negativity constraint*. Berikut ini merupakan contoh model *linear programming*:

1. *Objective function*: $\max z = 3x_1 + 2x_2$
2. Variabel keputusan: $X_1 =$ jumlah mainan tentara yang diproduksi/minggu
 $X_2 =$ jumlah mainan kereta yang diproduksi/minggu
3. *Constraint*:
 - a. Waktu kerja untuk *finishing* tidak lebih dari 100 jam tiap minggu.
 - b. Waktu kerja untuk pemahatan kayu tidak lebih dari 80 jam tiap minggu.
 - c. Setidaknya 40 unit mainan tentara diproduksi tiap minggu,

Maka *constraint* tersebut dapat dimodelkan menjadi...

$$2x_1 + x_2 \leq 100 \quad (\text{constraint a})$$

$$x_1 + x_2 \leq 80 \quad (\text{constraint b})$$

$$x_1 \geq 40 \quad (\text{constraint c})$$

4. *Non-negativity constraint*: $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$

Dari penjelasan diatas maka didapatkan model optimasi dari *linear programming* yakni sebagai berikut:

Objective function $\max z = 3x_1 + 2x_2$

Variabel keputusan $X_1 =$ jumlah mainan tentara yang diproduksi/minggu

$X_2 =$ jumlah mainan kereta yang diproduksi/minggu

Subject to (s.t)

$$2x_1 + x_2 \leq 100$$

$$x_1 + x_2 \leq 80$$

$$x_1 \geq 40$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0$$

(Winston, 2003)

2.7 Model penentuan *lot size* dengan *supplier* dan *carrier selection* (Choudhary & Shankar, 2013)

Pada jurnal yang disusun oleh Choudhary & Shankar (2013) diformulasikan model matematis untuk pemilihan *supplier* dan *order quantity* optimal pada kandidat-kandidat *supplier* dengan pemilihan moda transportasi. Terdapat 3 fungsi tujuan, yakni minimasi *purchasing cost*, minimasi *transaction cost*, dan minimasi *inventory holding cost*. Berikut ini merupakan formulasi model matematis berdasarkan jurnal.

Index

- i : *supplier*, $i = 1, \dots, I$.
 t : periode, $t = 1, \dots, T$.
 j : moda transportasi, $j = 1, \dots, J$.

Parameter

- d_t *demand* produk pada periode t
 p_{it} biaya per unit pembelian produk dari *supplier* i pada periode t dengan *carrier* j
 o_{it} *ordering cost* *supplier* i di periode t
 t_{tj} *transportation cost* dari *supplier* i pada periode t dengan moda transportasi j
 C_{it} kapasitas *supplier* i pada periode t
 Ω_j kapasitas *full truck loads* moda transportasi j
 V_{tj} jumlah moda transportasi j yang tersedia
 h_t *holding cost* barang pada periode t
 w_t kapasitas penyimpanan pembeli pada periode t
 I_t^+ *intermediate variable*, menandakan *inventory* produk yang dibawa selama periode t hingga periode $t+1$

Decision variable

- X_{itj} jumlah unit yang dibeli di *supplier* i di periode t dengan moda transportasi j
 u_{itj} variabel biner untuk menentukan pemilihan moda transportasi j untuk membeli barang dari *supplier* i di periode t
 Z_{it} variabel biner untuk menentukan pemilihan *supplier* i pada periode t

Fungsi objektif

$$\text{Minimasi } Z = Z_1 + Z_2 + Z_3$$

$$Z_1 = \sum_i \sum_t \sum_j p_{it} X_{itj} \quad (2.21)$$

$$Z_2 = \sum_i \sum_t o_{it} Z_{it} + \sum_i \sum_t \sum_j t_{itj} u_{itj} \quad (2.22)$$

$$Z_3 = \sum_t h_t I_t^+ \quad (2.23)$$

Konstrain

$$I_{t-1}^+ + \sum_i \sum_j X_{ijt} - d_t = I_t^+ \quad \forall t, k = t - 1 \quad (2.24)$$

$$X_{itj} \leq (\sum_{k=t}^T d_k) Z_{it} \quad \forall i, \forall t, \forall j \quad (2.25)$$

$$X_{itj} \leq \Omega_j u_{ijt} \quad \forall i, \forall t, \forall j \quad (2.26)$$

$$\sum_i u_{ijt} = V_{tj} \quad (2.27)$$

$$I_t^+ \leq w_t \quad \forall t \quad (2.28)$$

$$I_t^+ \geq 0 \quad \forall t \quad (2.29)$$

$$X_{itj} \geq 0, \text{ integer} \quad \forall i, \forall t, \forall j \quad (2.30)$$

$$u_{itj} \in \{0,1\} \quad \forall i, \forall t, \forall j \quad (2.31)$$

$$Z_{it} \in \{0,1\} \quad \forall i, \forall t \quad (2.32)$$

Fungsi objektif dari model yakni minimasi *total cost*, yang mana terdiri dari *purchasing cost* (persamaan 2.21), *transaction cost* (2.22), dan *inventory cost* (2.23). Persamaan 2.24 merupakan konstrain terkait jumlah *inventory* selama *planning horizon*. Konstrain 2.25 menyatakan bahwa ketika pembeli melakukan pemesanan maka akan dikenakan *ordering cost*. Konstrain 2.26 menyatakan bahwa pembelian material dilakukan dalam kondisi *full truck load*. Konstrain 2.27 menunjukkan banyaknya moda transportasi yang tersedia. Konstrain 2.28 menyatakan bahwa kapasitas gudang penyimpanan pembeli dapat menyimpan *inventory*, dan konstrain 2.29 menyatakan bahwa *inventory* selalu lebih besar sama dengan 0.

2.8 Model penentuan *lot size* dengan *supplier* dan *carrier selection* mempertimbangkan *lead time* (Songhori, et al., 2011)

Pada jurnal yang disusun oleh Songhori, et al. (2011), diformulasikan model matematis untuk penentuan alokasi *order* terhadap *supplier* dengan moda transportasi yang bermacam-macam. Tahap awal pada jurnal ini yakni

mengevaluasi kandidat *supplier* hingga didapatkan nilai untuk tiap-tiap *supplier*. Setelah didapatkan hasil penilaian tiap *supplier*, dilakukan formulasi model matematis untuk penentuan *order quantity* dan moda transportasi alternatif. Namun pada penelitian ini, model yang dijadikan acuan yakni model matematis terkait *order quantity lot size*. Berikut ini merupakan formulasi model matematis.

Index

- i : *supplier*
j : moda transportasi
t : periode

Parameter

- D_t : *demand* produk pada periode t
 h_t : *holding cost* produk pada periode t
 O_{ij} : *ordering cost supplier* i dengan menggunakan moda transportasi j
 CT_{ij} : *transportation cost* untuk *supplier* i dengan moda transportasi j
 P_{it} : kapasitas *supplier* i pada periode t
 CP_j : kapasitas moda transportasi j
 CP_T : kapasitas penyimpanan yang dimiliki oleh pembeli
 C_{it} : *unit cost* per produk dari *supplier* i pada periode t
 L_{ij} : *lead time supplier* i dengan menggunakan moda transportasi j

Decision variable

- X_{ijt} : unit produk yang dipesan pada *supplier* i dengan moda transportasi j pada periode t
 S_{ijt} : variabel biner untuk mengalokasikan moda transportasi j ke *supplier* i pada periode t
 I_t : *inventory* produk dari periode t hingga periode t + 1, ($I_0 = 0$)

Fungsi Objektif

$$\text{Minimasi total cost} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T \left[\frac{O_{ij} + CT_{ij}}{CP_j} + L_{ij} \times (C_{it} + h_t) \right] \times X_{ijt} + I_t h_t \quad (2.33)$$

Konstrain

$$\sum_{j=1}^m X_{ijt} \leq P_{it} , \quad i = 1, \dots, n; t = 1, \dots, T \quad (2.34)$$

$$D_t \leq I_{t-1} + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n X_{ijt}, \quad t = 1, \dots, T \quad (2.35)$$

$$I_t = I_{t-1} + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n X_{ijt}, \quad t = 1, \dots, T \quad (2.36)$$

$$\frac{X_{ijt}}{CP_j} \leq \frac{n_j}{L_{ij}}, \quad i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m; t = 1, \dots, T \quad (2.37)$$

$$X_{ijt} \leq M \times S_{ijt}, X_{ijt} \geq S_{ijt}, \quad i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m; t = 1, \dots, T \quad (2.38)$$

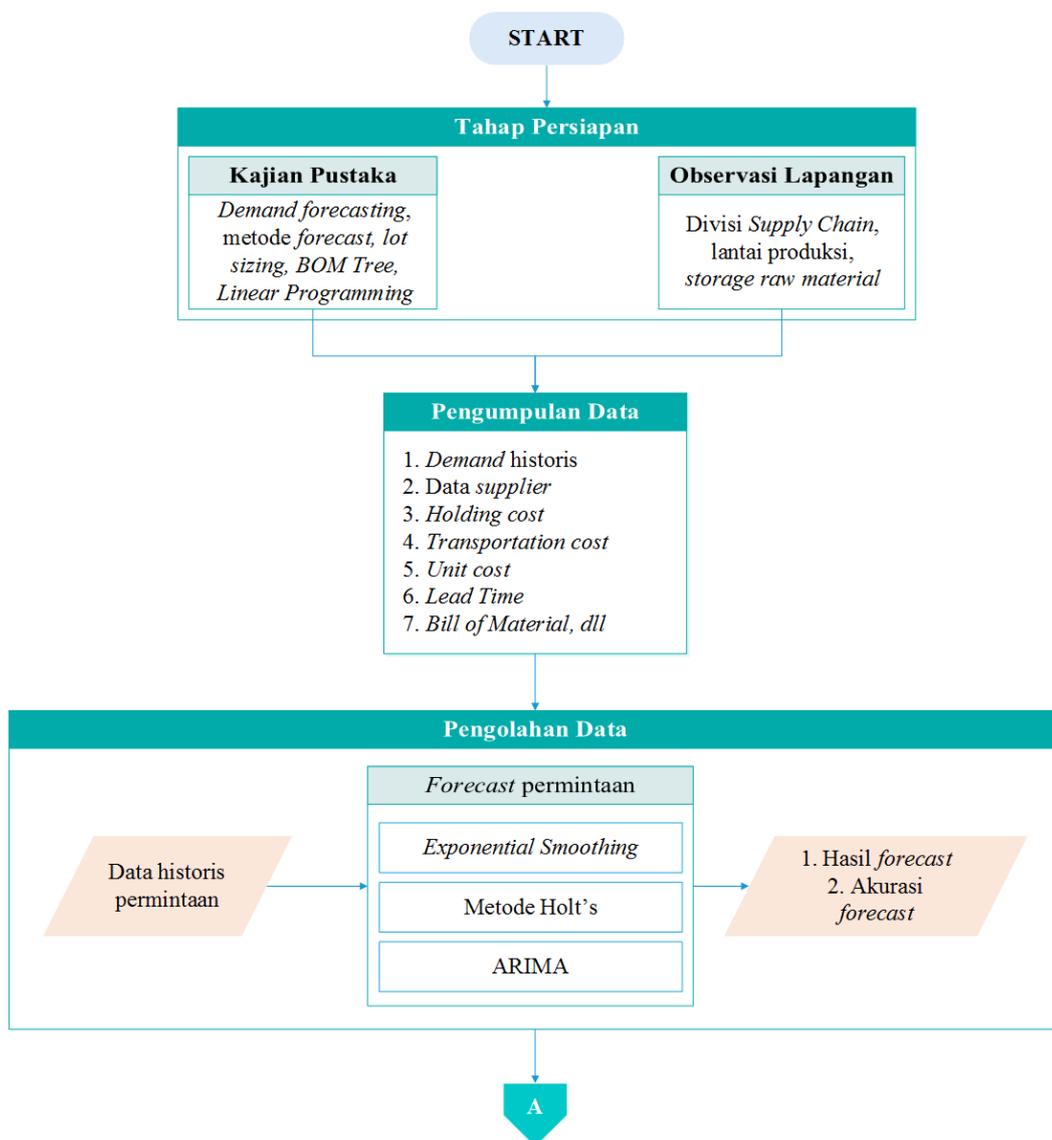
Konstrain 2.34 menunjukkan bahwa pembelian material tidak dapat melebihi kapasitas *supplier*. Konstrain 2.38 merupakan konstrain pemenuhan *demand*, dimana jumlah unit material yang dibeli ditambah dengan *inventory* pada periode sebelumnya melebihi jumlah *demand*. Konstrain 2.36 merupakan konstrain *inventory balance*.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

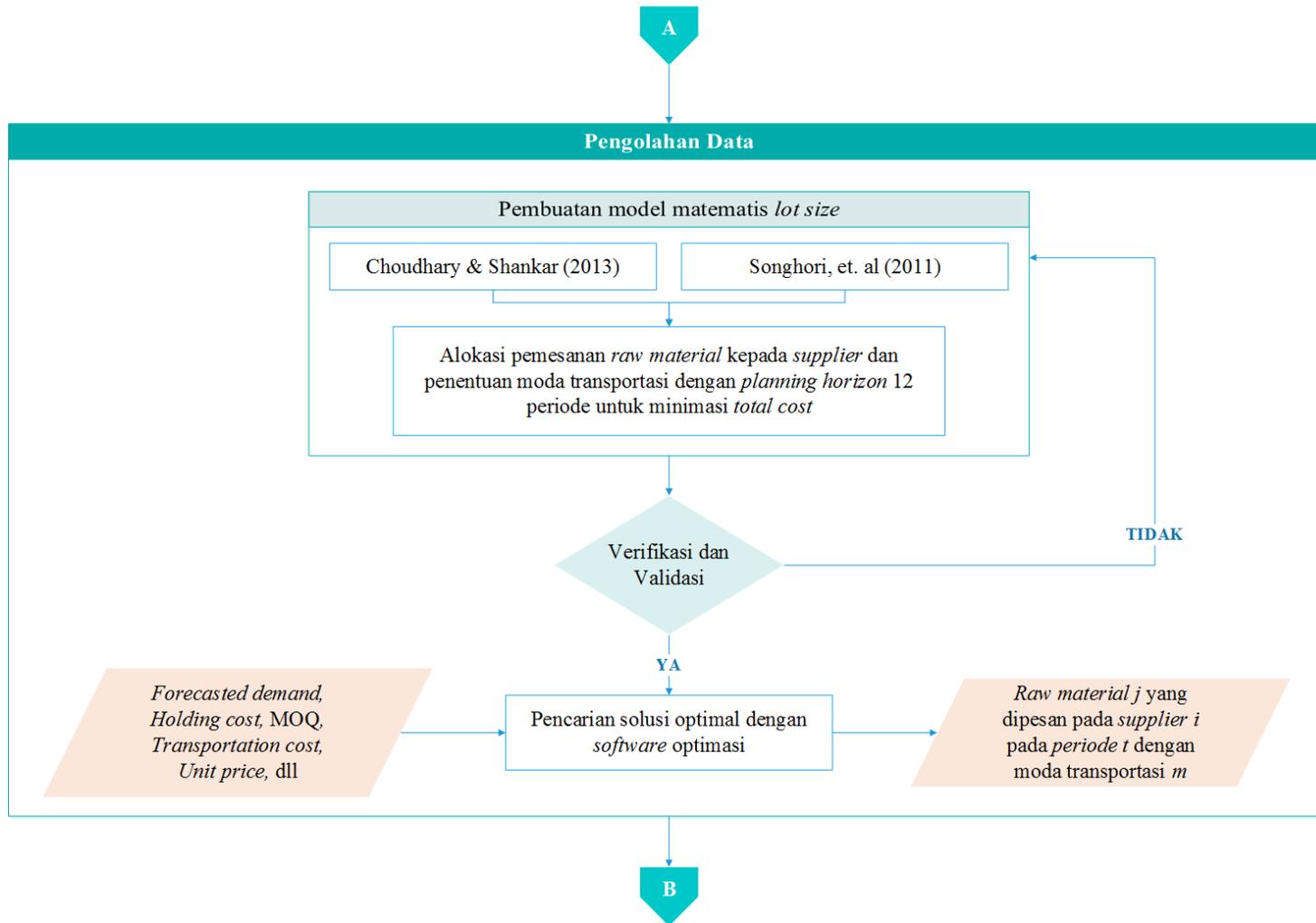
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

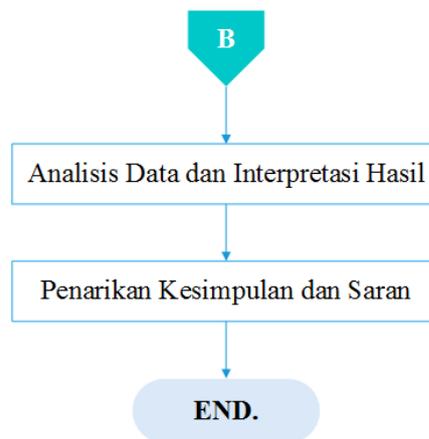
Pada bab metodologi penelitian akan dijelaskan mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam menyelesaikan permasalahan pada penelitian tugas akhir. Metodologi penelitian disusun sebagai kerangka atau *framework* dari penelitian agar dapat berjalan secara sistematis.



Gambar 3. 1 *Flowchart* metodologi (1)



Gambar 3. 2 Flowchart metodologi (2)



Gambar 3. 3 *Flowchart* metodologi (3)

3.1 Tahap Persiapan

Setelah masalah teridentifikasi maka penelitian ini dapat dimulai dengan kajian pustaka dan observasi lapangan. Hal yang pertama dilakukan yakni kegiatan observasi di divisi *supply chain* pada PT X, serta observasi di rantai produksi dan tempat penyimpanan *raw material*. Selain observasi, dilakukan juga kajian pustaka terkait permasalahan yang diambil. Hal ini dilakukan agar dapat memberikan dasar yang baik untuk penelitian yang dilakukan. Hal-hal yang dikaji mencakup *demand forecasting*, metode umum yang digunakan untuk *forecasting*, *BOM Tree (Bill of Material)*, *lot sizing*, dan *linear programming (LP)*. Kajian pustaka didapatkan dari berbagai sumber yang kredibel, yakni buku teks, jurnal-jurnal ilmiah, *report*, dan artikel *online*.

3.2 Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data-data yang dibutuhkan untuk tahap selanjutnya. Data-data tersebut berkaitan dengan perencanaan produksi dan pengadaan bahan baku. Data tersebut terdiri dari *demand* historis, *holding cost*, data *supplier*, *transportation cost* pengiriman dari *supplier*, harga material per unit, *lead time*, *bill of material* produk, dan lain-lain. Berdasarkan studi lapangan yang telah dilakukan terdapat sekitar 500 lebih variasi *filter* rokok, namun tidak semua produk bersifat aktif diproduksi. Dari data *demand* selama 5 tahun terakhir, diketahui bahwa terdapat 5 produk *filter* yang memiliki *demand* tiap tahun dan

tiap periode. Berikut ini merupakan *bill of material* dari salah satu produk tersebut.

Tabel 3. 1 *Indented bill of material* ACE068869

Level	Material	Coefficient factor	Satuan
0	ACE068869	1	ribu unit
1	033-1394 (<i>adhesive</i>)	0.009	kg
1	27.00mm 27 GSM 6000m (<i>plug wrap</i>)	0.02	<i>bobbin</i> (BB)
1	334-2950 Hotmelt (<i>adhesive II</i>)	0.0035	kg
1	TOW A	0.5984	kg
1	PZ	0.0528	kg

3.3 Tahap Pengolahan Data

Setelah pengumpulan data, tahap yang dilakukan selanjutnya yakni pengolahan data. Tahap pengolahan data terbagi menjadi sebagai berikut:

3.3.1 Forecast permintaan

Untuk dapat dilakukan *forecasting*, data yang dibutuhkan yakni data historis permintaan sebagai *input* untuk pengolahan data. Data historis permintaan selama 5 tahun (2012-2016) digunakan sebagai dasar untuk melakukan peramalan permintaan untuk 15 periode. Metode yang digunakan untuk *forecasting* yakni metode *exponential smoothing*, Holt's, dan ARIMA. Metode tersebut dipilih karena data yang ada memiliki kecenderungan akan fluktuasi serta terdapat stasioneritas pada data *demand* tersebut. *Output* dari proses *forecast* permintaan yakni data permintaan hasil *forecast* dan akurasi dari *forecast* tersebut. Metode yang menghasilkan nilai *forecast* dengan nilai *error* atau MAPE yang paling rendah menunjukkan bahwa hasil tersebut semakin baik dan metode yang digunakan sesuai dengan pola data yang ada. Digunakan MAPE sebagai indikator akurasi *forecast* untuk melihat relatif *error forecast* terhadap nilai aktual permintaan. Hal ini dikarenakan nilai *demand* pada umumnya dapat memiliki satuan yang berbeda, seperti dalam ratusan ribu maupun juta. Selain itu untuk mengetahui akurasi dari *forecast* yang telah dilakukan, perusahaan juga menggunakan MAPE. *Output* persentase dari MAPE sebagai indikator akurasi *forecast* memberikan kemudahan bagi perusahaan dalam mengukur *error* karena

nilai yang dapat dibandingkan yakni dengan skala dari 0% hingga 100% dari nilai aktual. Dengan menggunakan data yang sama, nilai persentase tersebut dapat digunakan untuk dilakukan perbandingan terhadap metode yang paling sesuai untuk *forecasting* berdasarkan nilai MAPE terendah.

3.3.2 *Pembuatan model matematis lot size*

Setelah didapatkan hasil peramalan permintaan, maka hal selanjutnya yakni pembuatan model matematis untuk menentukan *lot size*. Tujuan dari model ini yakni minimasi total biaya yang berkaitan dengan pembelian bahan baku seperti *holding cost*, *transportation cost*, dan *purchasing cost*. Model yang dibuat yakni mengacu pada model oleh pada subbab 2.7 dan 2.8. Beberapa formulasi model matematis dari kedua jurnal tersebut digabungkan dan dimodifikasi sesuai dengan keadaan yang ada di perusahaan. Variabel keputusan yang digunakan yakni jumlah pemesanan *raw material* j pada *supplier* i di periode t dengan menggunakan moda transportasi m , jumlah *inventory* bahan baku di tiap periode, dan jumlah moda transportasi m yang dibutuhkan untuk mengirim bahan baku dari *supplier* i pada periode t . Fungsi tujuan dari penyesuaian model yakni minimasi *total cost* yang terdiri dari *purchasing cost*, *transportation cost*, dan *holding cost*. *Purchasing cost* terdiri dari jumlah perkalian antara *unit cost* dan unit bahan baku yang dipesan. *Transportation cost* yakni jumlah perkalian antara moda transportasi yang terpilih untuk mengirim dari *supplier* i dan biaya yang dikenakan ketika menggunakan moda transportasi tersebut. Sedangkan *inventory holding cost* terdiri dari jumlah perkalian antara *inventory* tiap periode dengan *holding cost* ditambah biaya *inventory* ketika bahan baku sedang dalam proses pengiriman.

3.3.3 *Verifikasi dan Validasi*

Model matematis yang telah diformulasikan kemudian dimodelkan dengan bantuan *software* optimasi. Setelah fungsi tujuan dan konstrain dimodelkan, model tersebut kemudian di uji verifikasi dan validasi. Verifikasi berfungsi untuk mengetahui apakah model optimasi dapat dijalankan. Sedangkan validasi berfungsi untuk mengetahui apakah model yang telah dibuat sesuai

dengan kondisi nyata. Validasi yang dilakukan pada model optimasi ini yakni dengan menjalankan model dengan data kecil (data *dummy*). Hasil *running* dengan data *dummy* tersebut kemudian dievaluasi apakah telah memenuhi semua konstrain yang ada. Apabila tidak ada konstrain yang dilanggar, maka model tersebut dapat dikatakan *valid*.

3.3.4 Pencarian solusi optimal dengan software optimasi

Model matematis yang telah diformulasikan pada *software* optimasi kemudian digunakan untuk mencari solusi optimal dari permasalahan yang ada. Data-data yang digunakan sebagai *input* yakni nilai *demand* hasil *forecast* dengan metode yang paling sesuai, *holding cost*, *transportation cost*, harga material per unit, kapasitas *supplier*, *lead time*, dan *minimum order quantity*. *Output* atau hasil dari model ini yakni kombinasi jumlah pemesanan *raw material* kepada *supplier* menggunakan moda transportasi apa pada periode berapa saja selama 12 periode yang memberikan biaya paling minimum.

3.4 Analisis Data dan Interpretasi Hasil

Hasil yang didapatkan dari pengolahan data kemudian dianalisis dan diberi interpretasi. Analisis dan interpretasi data mencakup hasil *forecast* selama 15 periode dari tiap produk yang diramalkan. Dari hasil *forecast* tersebut untuk tiap produk yang diteliti, ditentukan metode peramalan yang paling sesuai antara *exponential smoothing*, Holt's, dan ARIMA pada pola permintaan tiap produk. Selain itu, tahap ini juga mencakup analisis *output lot sizing raw material* berdasarkan perhitungan model matematis dari *software* optimasi.

3.5 Penarikan Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir pada penelitian ini yakni penarikan kesimpulan dan pemberian saran. Kesimpulan yang didapat akan memberikan jawaban terhadap tujuan dilakukannya penelitian, yakni metode *forecast* yang paling baik untuk tiap produk yang diteliti dan jumlah *lot size* untuk pembelian *raw material*. Saran yang diberikan dapat berupa perbaikan terhadap penelitian ini maupun rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengumpulan data serta pengolahan data. Pengumpulan data terdiri dari data historis permintaan produk, data material penyusun produk, dan data terkait *supplier*. Pengolahan data terdiri dari peramalan permintaan serta pembuatan dan *running* model matematis dari optimasi.

4.1 Pengumpulan Data

Pada subbab ini akan dipaparkan mengenai data-data yang relevan untuk digunakan dalam pengolahan data.

4.1.1 *Historis permintaan produk*

Peramalan permintaan atau *forecasting* menggunakan data historis permintaan selama 5 tahun terakhir, yakni dari tahun 2012 hingga tahun 2016. Berdasarkan data permintaan, terdapat 5 produk yang selalu memiliki *demand* tiap tahun dan tiap periode. Produk-produk tersebut yakni 2 *filter* yang termasuk kategori MONO (ACE065927 dan ACE068869) dan 3 *filter* yang termasuk dalam kategori CUTTING (RYO060502, RYO060001, dan RYO060503). Berikut ini merupakan data permintaan untuk produk-produk tersebut.

Tabel 4. 1 Historis permintaan produk ACE065927 (juta unit *rod*)

	2012	2013	2014	2015	2016
Januari	19.94	21.30	24.20	48.39	8.71
Februari	12.39	12.58	38.33	30.40	14.91
Maret	...	...	...	...	...
April	...	...	...	...	...
Mei	...	...	...	...	...
Juni	...	...	...	...	...
Juli	...	...	...	...	...
Agustus	...	...	...	...	...
September	...	...	...	...	...

Tabel 4. 1 Historis permintaan produk ACE065927 (juta unit rod)

	2012	2013	2014	2015	2016
Oktober	...	...	...	...	...
November	...	...	...	...	...
Desember	9.68	70.46	44.33	14.72	24.59

Sumber: Data Perusahaan

Tabel 4. 2 Historis permintaan produk ACE068869 (juta unit rod)

	2012	2013	2014	2015	2016
Januari	16.67	13.67	10.72	11.91	4.37
Februari	16.07	9.53	4.37	13.79	4.37
Maret	...	...	...	...	...
April	...	...	...	...	...
Mei	...	...	...	...	...
Juni	...	...	...	...	...
Juli	...	...	...	...	...
Agustus	...	...	...	...	...
September	...	...	...	...	...
Oktober	...	...	...	...	...
November	...	...	...	...	...
Desember	9.13	16.47	23.93	35.97	10.91

Sumber: Data Perusahaan

Tabel 4. 3 Historis permintaan produk RYO060502 (juta unit rod)

	2012	2013	2014	2015	2016
Januari	4.15	8.19	4.84	2.73	13.26
Februari	7.66	14.51	16.38	15.99	8.49
Maret	...	...	...	...	...
April	...	...	...	...	...
Mei	...	...	...	...	...
Juni	...	...	...	...	...
Juli	...	...	...	...	...
Agustus	...	...	...	...	...
September	...	...	...	...	...
Oktober	...	...	...	...	...
November	...	...	...	...	...
Desember	9.48	11.70	8.70	13.69	3.71

Sumber: Data Perusahaan

Tabel 4. 4 Historis permintaan produk RYO060503 (juta unit *rod*)

	2012	2013	2014	2015	2016
Januari	0.18	3.168	2.124	1.5264	2.56
Februari	1.26	3.024	0.288	1.98	2.178
Maret	...	...	...	...	...
April	...	...	...	...	...
Mei	...	...	...	...	...
Juni	...	...	...	...	...
Juli	...	...	...	...	...
Agustus	...	...	...	...	...
September	...	...	...	...	...
Oktober	...	...	...	...	...
November	...	...	...	...	...
Desember	1.44	3.528	1.368	5.6196	1.224

Sumber: Data Perusahaan

Tabel 4. 5 Historis permintaan produk RYO060001 (juta unit *rod*)

	2012	2013	2014	2015	2016
Januari	23.184	17.388	14.49	11.592	5.796
Februari	5.796	5.796	5.796	14.49	8.568
Maret	...	...	...	...	...
April	...	...	...	...	...
Mei	...	...	...	...	...
Juni	...	...	...	...	...
Juli	...	...	...	...	...
Agustus	...	...	...	...	...
September	...	...	...	...	...
Oktober	...	...	...	...	...
November	...	...	...	...	...
Desember	17.388	23.184	23.184	11.592	14.49

Sumber: Data Perusahaan

4.1.2 *Material penyusun filter*

Produk-produk *filter* rokok yang diamati memiliki komponen penyusunnya masing-masing. Produk dengan kode ACE termasuk kategori produk *filter* rokok yang paling sederhana yakni MONO, dimana hanya hanya terdapat 1 *level BOM Tree*. Sedangkan untuk produk dengan kode RYO termasuk

ke dalam kategori CUTTING, dimana satu batang *filter* rokok kategori MONO dipotong kecil-kecil sesuai dengan ketentuan panjang produk RYO tersebut. RYO memiliki 2 level BOM Tree.

Secara lebih rinci, berikut ini merupakan *bill of material* produk dalam bentuk tabel. Tabel *bill of material* untuk produk ACE068869 sebelumnya telah ditambahkan pada subbab 3.2. Tabel berikut merupakan tabel *bill of material* untuk empat produk lainnya.

Tabel 4. 6 *Indented bill of material* ACE065927

Level	Material	Coefficient factor	Satuan
0	ACE065927	1	ribu unit
1	033-1394 (<i>adhesive</i>)	0.009	kg
1	27.50mm 27 GSM 6000m (<i>plug wrap</i>)	0.02	<i>bobbin</i> (BB)
1	334-2950 (<i>adhesive</i> II)	0.0035	kg
1	TOW A	0.566	kg
1	PZ	0.049	kg

Tabel 4. 7 *Indented bill of material* RYO060502

Level	Material	Coefficient factor	Satuan
0	RYO060502	1	ribu unit
1	<i>Base Rod</i>	0.0163	ribu unit
2	033-1394 (<i>adhesive</i>)	0.006	kg
2	21mm 27 GSM 6000m (<i>plug wrap</i>)	0.02	<i>bobbin</i> (BB)
2	334-2950 (<i>adhesive</i> II)	0.0035	kg
2	TOW B	0.493	kg
2	PZ	0.059	kg

Tabel 4. 8 *Indented bill of material* RYO060503

Level	Material	Coefficient factor	Satuan
0	RYO060503	1	ribu unit
1	<i>Base Rod</i>	0.015	ribu unit
2	033-1394 (<i>adhesive</i>)	0.009	kg
2	24.5mm 27 GSM 6000m (<i>plug wrap</i>)	0.02	<i>bobbin</i> (BB)
2	334-2950 (<i>adhesive</i> II)	0.0035	kg
2	TOW B	0.53	kg
2	PZ	0.0511	kg

Tabel 4. 9 *Indented bill of material* RYO060001

Level	Material	Coefficient factor	Satuan
0	RYO060001	1	ribu unit
1	<i>Base Rod</i>	0.015	ribu unit
2	033-1394 (<i>adhesive</i>)	0.006	kg
2	21mm 27 GSM 6000m (<i>plug wrap</i>)	0.02	<i>bobbin</i> (BB)
2	334-2950 (<i>adhesive II</i>)	0.0035	kg
2	TOW B	0.493	kg
2	PZ	0.059	kg

4.1.3 Harga setiap raw material dan supplier

Bahan baku penyusun *filter* rokok terdapat bermacam-macam. Material tersebut dipasok oleh *supplier-supplier* tertentu yang bekerjasama dengan PT X. Terdapat *raw material* yang hanya memiliki satu *supplier* dan terdapat juga *raw material* yang dipasok oleh beberapa *supplier*. Berikut ini merupakan data-data harga *raw material*, *end product*, serta ketentuan dari *supplier*. Harga material yang diberikan oleh *supplier* merupakan harga yang *fixed*, dimana harga tersebut berlaku selama satu tahun sesuai dengan perjanjian antara pihak *procurement* PT X dan *supplier*. Selain itu, terdapat juga data terkait biaya transportasi berdasarkan modanya. Moda transportasi tersebut dibagi menjadi dua, yakni untuk barang dari *supplier* lokal memiliki empat moda, dan barang dari *supplier* impor menggunakan moda via laut atau via udara.

Tabel 4. 10 Moda transportasi pengiriman barang impor

Moda transportasi	Supplier	Transport cost @ unit	Harga konversi	LT mth	Caps
<i>Container</i> 20ft	Daicel	\$ 0.11	Rp 29,333,400	2	20 ton
	Solvay	\$ 0.22	Rp 58,666,600	2.75	
	Eastman	\$ 0.16	Rp 42,666,600	2.25	
	Jiangsu Ruijia	\$ 0.10	Rp 26,666,600	1.75	
<i>Container</i> 40ft	Daicel	\$ 0.19	Rp 70,933,240	2	28 ton
	Solvay	\$ 0.30	Rp 112,000,000	2.75	
	Eastman	\$ 0.23	Rp 85,866,760	2.25	
	Jiangsu Ruijia	\$ 0.18	Rp 67,200,000	1.75	
<i>Air freight</i>	Daicel	\$ 1.00	Rp 53,333,320	0.964	4 ton
	Solvay	\$ 1.25	Rp 66,666,640	1.107	
	Eastman	\$ 1.11	Rp 59,200,000	0.964	6 ton
	Jiangsu Ruijia	\$ 1.00	Rp 79,999,980	0.964	

Tabel 4. 11 Data *supplier* dan harga *raw material*

Bahan Baku	Deskripsi	unit	Produk	Supplier	Harga per unit	Harga (konversi)	 Holding cost	MOQ		
Adhesive I	033-134	kg	ACE	Henkel	\$ 2.48	Rp 33,067	Rp 3,307	100 kg		
			RYO							
Adhesive II	334-2950 Hotmelt Tobacoll	kg	ACE RYO	Fuller	\$ 2.97	Rp 39,600	Rp 3,960	100 kg		
	132-039A Tobacoll		Fuller	\$ 2.87	Rp 38,267	Rp 3,960				
Plug Wrap	27MM 27 GSM 6000M	bb	ACE068869	BMJ	\$ 2.64	Rp 35,200	Rp 3,520	280bb		
	27.5MM 27 GSM 6000M			PPM	\$ 2.60	Rp 34,667	Rp 3,520			
			21MM 27GSM 6000M	ACE065927	BMJ	\$ 2.64	Rp 35,200		Rp 3,520	
	PPM			\$ 2.60	Rp 34,667	Rp 3,520				
	24.5MM 27GSM 6000M		RYO060502	BMJ	\$ 2.64	Rp 35,200	Rp 3,520			
			RYO060001	PPM	\$ 2.60	Rp 34,667	Rp 3,520			
	6.0Y28		kg	ACE	Daicel	\$ 5.00	Rp 66,667		Rp 6,667	600kg x 6
					Solvay	\$ 4.60	Rp 61,333		Rp 6,667	600kg x 14
7.3Y36			Eastman	\$ 5.30	Rp 70,667	Rp 6,667	600kg x 16			

Tabel 4. 11 Data *supplier* dan harga *raw material*

Bahan Baku	Deskripsi	unit	Produk	Supplier	Harga per unit	Harga (konversi)	 Holding cost	MOQ
TOW B	5.0Y30	kg	RYO	Daicel	\$ 4.50	Rp 60,000	Rp 6,000	600kg x 8
	5.0Y30			Solvay	\$ 4.60	Rp 61,333	Rp 6,000	600kg x 10
	5.0Y30			Eastman	\$ 4.80	Rp 64,000	Rp 6,000	600kg x 12
PZ	Plasticizer	kg	ACE	Jiangsu Ruijia	\$ 2.00	Rp 26,667	Rp 2,667	3,000 kg
			RYO					

Tabel 4. 12 Moda transportasi darat

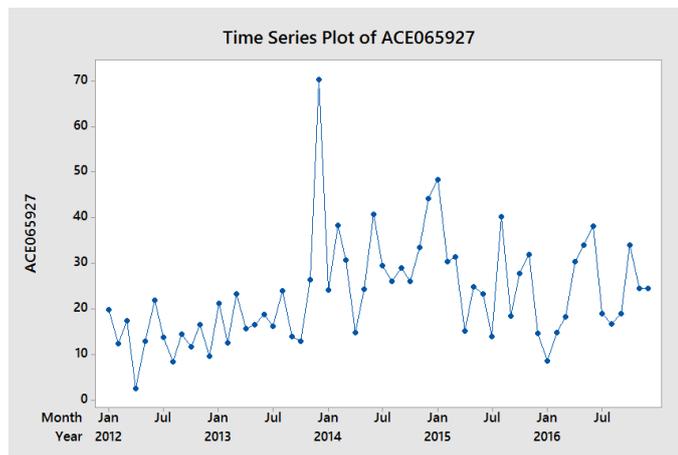
Moda transportasi lokal	Nama	Supplier	Transport cost (FTL)	Lead Time (bulan)	Kapasitas
	Truk Engkel	Henkel	Rp 750,000	1	2,000 kg
		Fuller	Rp 800,000	1	2,000 kg
		BMJ	Rp 3,000,000	1.25	140 bb
		PPM	Rp 13,750,000	1.5	140 bb
	Colt Diesel	Henkel	Rp 1,150,000	1	4,000 kg
		Fuller	Rp 1,050,000	1	4,000 kg
		BMJ	Rp 2,650,000	1.25	280 bb
		PPM	Rp 20,000,000	1.5	280 bb
	Tronton	Henkel	Rp 2,350,000	1	10,000 kg
		Fuller	Rp 2,100,000	1	10,000 kg
		BMJ	Rp 9,500,000	1.25	700 bb
		PPM	Rp 28,500,000	1.5	700 bb
	Fuso	Henkel	Rp 1,800,000	1	7,000 kg
		Fuller	Rp 1,600,000	1	7,000 kg
		BMJ	Rp 5,500,000	1.25	420 bb
		PPM	Rp 25,250,000	1.5	420 bb

4.2 Pengolahan Data

Pada subbab ini akan dilakukan pengolahan data yakni melakukan peramalan permintaan untuk setiap produk, pembuatan model matematis, verifikasi dan validasi model optimasi, serta hasil *running* dari model optimasi dengan data asli.

4.2.1 Forecasting produk ACE065927

Dari data permintaan yang telah didapatkan, maka dapat dilakukan *plotting* grafik permintaan berdasarkan waktu. Berikut ini merupakan grafik *time series* permintaan pada produk ACE065927 dengan *software* pengolahan statistik.



Gambar 4. 1 Grafik *time series* permintaan ACE065927

Berdasarkan gambar 4.1, dapat dilihat bahwa tidak terlihat secara langsung pola yang ada pada data historis permintaan tersebut. Maka dari itu, dilakukan peramalan permintaan dengan menggunakan metode *simple exponential smoothing*, metode Holt's, dan ARIMA. *Exponential smoothing* digunakan untuk *smoothing* data yang fluktuatif. Sedangkan metode Holt's digunakan untuk menangkap data yang memiliki kecenderungan *trend* dan *smoothing* data yang fluktuatif, dan ARIMA dapat digunakan untuk data dengan pola *trend*, *level*, maupun *seasonal* namun dengan syarat bahwa data tersebut stasioner. Pada penelitian ini, *smoothing factor* α yang digunakan pada *exponential smoothing* yakni $\alpha = 0.1$ dan $\alpha = 0.2$. Sedangkan *smoothing* dan *trend factor* yang digunakan

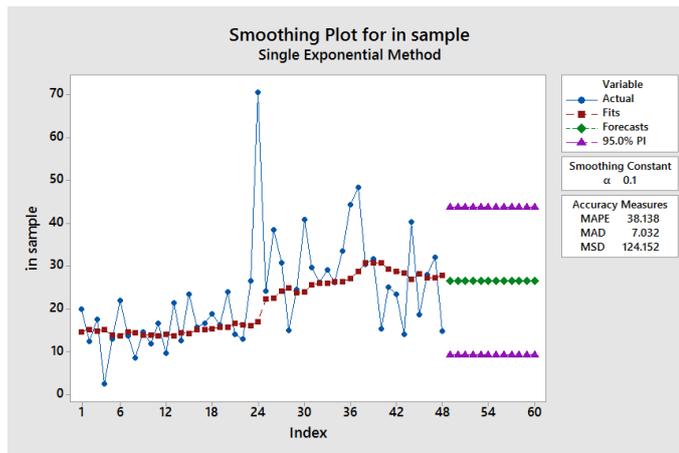
pada metode Holt's yakni kombinasi $\alpha = 0.1; \beta = 0.1, \alpha = 0.2; \beta = 0.1, \alpha = 0.1; \beta = 0.2$, dan $\alpha = 0.2; \beta = 0.2$.

Hal pertama yang dilakukan sebelum meramalkan permintaan yakni membagi data yang ada menjadi data *in sample* dan *out sample*. Data *in sample* digunakan untuk mencari model *forecasting* yang sesuai, sedangkan data *out sample* digunakan untuk menguji kebaikan model. Uji kebaikan model dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan MAPE, dimana semakin kecil persentase MAPE maka dapat disimpulkan bahwa model tersebut semakin baik. Terdapat 60 data historis permintaan, yang kemudian dibagi menjadi 48 data *in sample* dan 12 data *out sample*. Data *in sample* berfungsi untuk mencari model *forecast* yang sesuai, sedangkan data *out sample* digunakan untuk menguji keakuratan metode *forecast* yang digunakan.

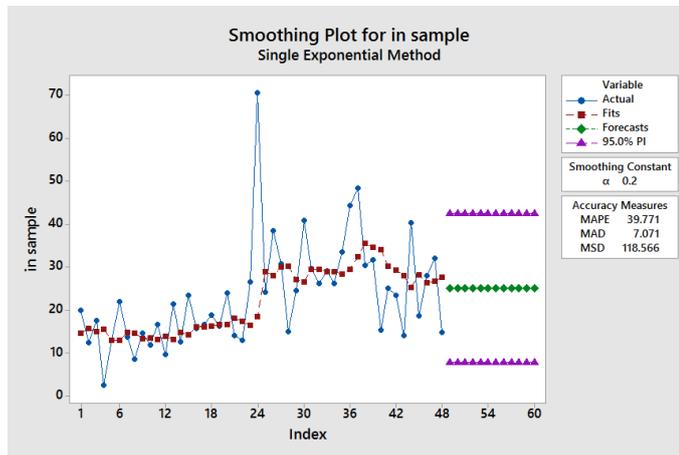
Tabel 4. 13 Pembagian *in sample* dan *out sample* ACE065927

<i>In Sample</i>				<i>Out Sample</i>
19.94	...	...	...	8.71
12.39	...	...	...	14.91
...
...
...
...
...
...
...
...
...
...	...	...	14.72	24.59

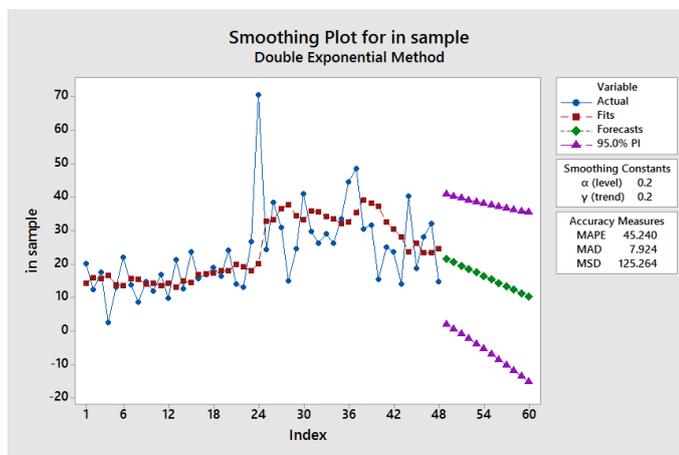
Setelah dilakukan pembagian data, maka dilakukan *forecast* untuk 12 periode dengan menggunakan data *in sample*. Hasil *forecast* tersebut kemudian digunakan untuk dibandingkan dengan data *out sample*. Dari hasil perbandingan tersebut maka akan didapatkan nilai *error* antara hasil *forecast* dan *demand* aktual. Setelah didapatkan nilai *error* maka dapat dilakukan evaluasi *error* dengan menghitung MAPE dari tiap metode *forecast* yang digunakan. Berikut ini merupakan grafik *plotting forecast data in sample*.



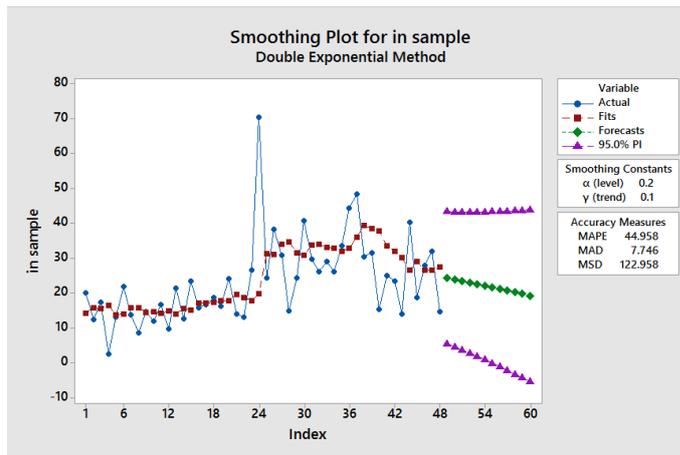
Gambar 4. 2 Plot forecast in sample ACE065927 exponential smoothing $\alpha = 0.1$



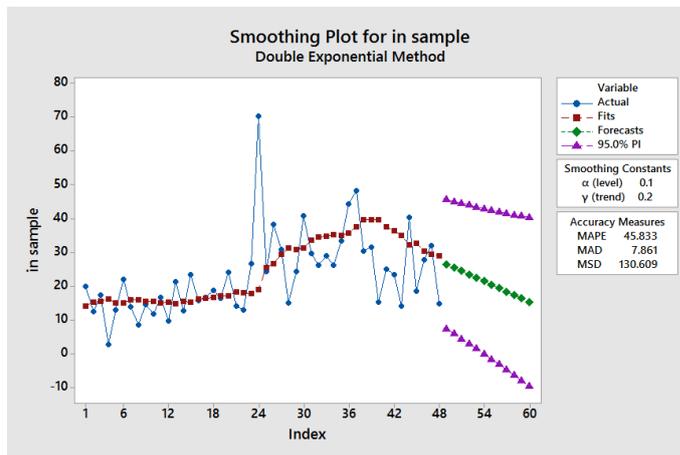
Gambar 4. 3 Plot forecast in sample ACE065927 exponential smoothing $\alpha = 0.2$



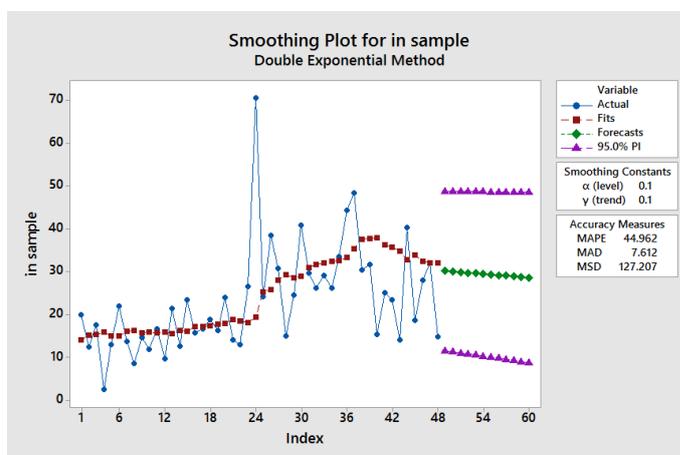
Gambar 4. 4 Plot forecast in sample ACE065927, Holt's ($\alpha = 0.2$ $\beta = 0.2$)



Gambar 4. 5 Plot forecast in sample ACE065927, Holt's ($\alpha = 0.2$ $\beta = 0.1$)



Gambar 4. 6 Plot forecast in sample ACE065927, Holt's ($\alpha = 0.1$ $\beta = 0.2$)

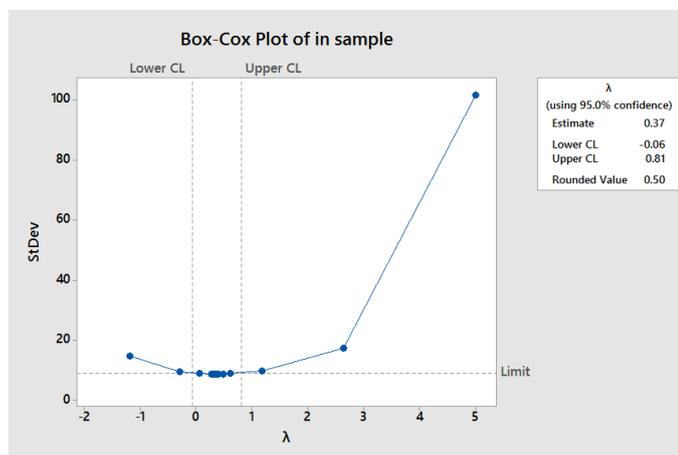


Gambar 4. 7 Plot forecast in sample ACE065927, Holt's ($\alpha = 0.1$ $\beta = 0.1$)

Dalam melakukan *forecasting* dengan metode ARIMA, terdapat beberapa tahapan tersendiri yang perlu dilakukan. Hal pertama yang perlu dilakukan yakni uji stasioneritas data, dimana data harus stasioner terhadap rata-rata. Digunakan plot Box-Cox untuk mereduksi variansi data. Apabila nilai *rounded value* (λ) = 1, atau *upper CL* atau *lower CL* > 1 maka dapat dikatakan bahwa variansi data sudah tidak terlalu besar sehingga dapat digunakan untuk peramalan. Apabila tidak memenuhi syarat tersebut, maka dilakukan transformasi data dengan memberi pangkat sebesar λ pada data *in sample*. Sedangkan untuk melihat stasioneritas terhadap rata-rata dapat dilihat dengan grafik ACF (*autocorrelation function*).

Tabel 4. 14 Parameter transformasi data

λ (<i>rounded value</i>)	Transformasi
2	Y^2
0.5	\sqrt{Y}
0	$\ln Y$
-0.5	$1/\sqrt{Y}$
-1	$1/Y$



Gambar 4. 8 Box-Cox plot in sample ACE065927

Berdasarkan gambar box-cox plot diatas, didapatkan hasil bahwa *rounded value* $\neq 1$ dan *lower CL* dan *upper CL* < 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa data memiliki variansi yang cukup besar. Maka dari itu, dilakukan

transformasi data *in sample* agar variansi tereduksi. Berikut ini merupakan contoh perhitungan transformasi data.

$$\text{nilai transformasi} = (\text{nilai demand})^\lambda$$

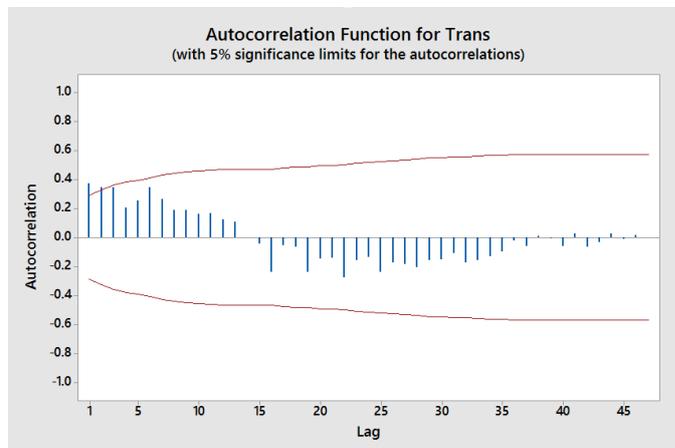
$$\text{nilai transformasi} = \sqrt{19.9408}$$

$$\text{nilai transformasi} = 4.46551$$

Tabel 4. 15 Hasil transformasi data *in sample* ACE065927

<i>Data transformasi</i>			
4.46551	...	...	...
3.52000	...	...	...
...
...
...
...
...
...
...
...
...	...	...	3.83640

Setelah dilakukan transformasi data, hal yang selanjutnya dilakukan yakni dilakukan *plotting* ACF. Input dari *plotting* ACF yakni data hasil transformasi yang telah dilakukan sebelumnya. Data dapat dikatakan stasioner apabila terdapat maksimal 3 *lag* yang melewati batas atas maupun batas bawah secara berurutan.

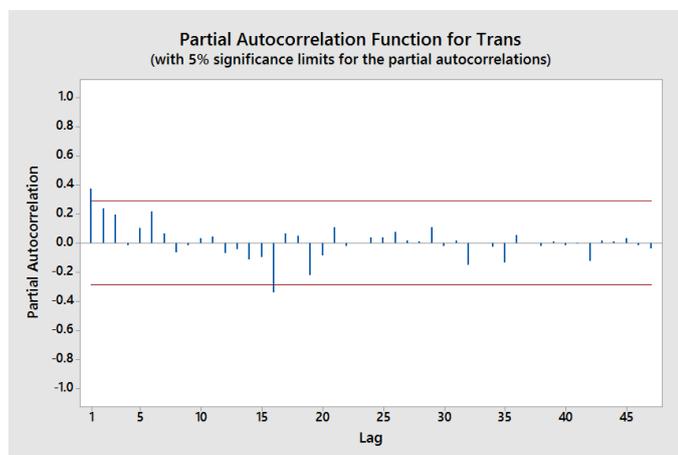


Gambar 4. 9 Grafik ACF data transformasi ACE05927

Dari gambar diatas, diketahui bahwa *lag* 1 dan *lag* 2 melebihi batas atas dari fungsi autokorelasi sehingga dapat disimpulkan bahwa data stasioner terhadap rata-rata. ACF juga berfungsi sebagai orde *q* pada ARIMA. Selanjutnya dilakukan *plotting* PACF (*partial autocorrelation function*) terhadap data transformasi. PACF digunakan untuk untuk menentukan orde *p* pada ARIMA. Berdasarkan hasil plot pada gambar berikut, didapatkan bahwa terdapat 2 *lag* yang melebihi batas yakni *lag* 1 dan *lag* 16 yang tidak berurutan. Maka dari itu, yang akan diperhatikan adalah *lag* 1 saja. Seperti yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya, model ARIMA memiliki pola (*p*, *d*, *q*). Tidak ada perlakuan *differencing* pada data maka nilai $d = 0$. Berdasarkan tahapan yang telah dilakukan maka didapatkan kombinasi model ARIMA (1, 0, 2); (1, 0, 1); (1, 0, 0); (0, 0, 2); dan (0, 0, 1).

Tahap selanjutnya yang dilakukan yakni melakukan pengujian pada tiap model ARIMA yang telah didapatkan. Pengujian yang dilakukan yakni model tersebut dapat memenuhi semua asumsi yang ada. Seperti yang telah dipaparkan pada subbab 2.3, berikut ini merupakan asumsi yang perlu diperhatikan untuk menentukan model ARIMA yang paling sesuai:

1. Estimasi parameter AR dan atau MA signifikan apabila $p\text{-value} < \alpha$.
2. Data *white noise*, dimana berdasarkan uji *modified Box-Pierce (Ljung-Box)* $p\text{-value}$ dari setiap kelipatan *lag* lebih dari nilai α . ($p\text{-value} > \alpha$)
3. *Residual* data berdistribusi normal, dimana $p\text{-value} > \alpha$.



Gambar 4. 10 Grafik PACF data transformasi ACE065927

- ARIMA (1, 0, 2)

Dimasukkan data *autoregressive*, $p = 1$, $d = 0$, dan *moving average*, $q = 2$ pada menu ARIMA pada *software*. *Series* atau data yang digunakan yakni data *in sample* setelah dilakukan transformasi. Setelah didapatkan hasil ARIMA model (1, 0, 2) dari *software* pengolahan statistik, maka dapat dilakukan pengujian apakah model tersebut memenuhi asumsi yang ada atau tidak. Asumsi pertama yang dievaluasi yakni, parameter signifikan memiliki $p\text{-value} < 0.05$ ($\alpha = 95\%$). Hasil estimasi parameter yang didapatkan yakni sebagai berikut.

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	1.0006	0.0078	127.69	0.000
MA	1	0.8079	0.1543	5.24	0.000
MA	2	-0.0146	0.1546	-0.09	0.925

Berdasarkan hasil tersebut, diketahui bahwa untuk parameter MA (2) memiliki $p\text{-value}$ sebesar 0.925. Hal tersebut tidak memenuhi syarat, dimana $p\text{-value}$ untuk parameter tersebut memiliki nilai lebih dari 0.05. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa model ARIMA (1, 0, 2) bukan merupakan model yang sesuai karena terdapat asumsi yang tidak terpenuhi.

- ARIMA (1, 0, 1)

Pada *tools* ARIMA pada *software* pengolahan statistik, dimasukkan data untuk *autoregressive*, *differencing*, dan MA secara berurutan ($p = 1$, $d = 0$, $q = 1$). Dari *output* yang dikeluarkan dari *software* maka dapat dilakukan pengujian apakah model tersebut memenuhi ketiga asumsi atau tidak. Apabila terdapat satu saja yang tidak memenuhi, maka dapat disimpulkan bahwa model tersebut tidak sesuai untuk digunakan dalam peramalan produk terkait.

Asumsi pertama yang dievaluasi yakni parameter signifikan memiliki $p\text{-value} < 0.05$. Berikut ini merupakan *output* ARIMA terkait estimasi parameter.

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	1.0003	0.0078	128.63	0.000
MA	1	0.7935	0.1034	7.68	0.000

Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan bahwa p -value untuk parameter AR (1) dan MA (1) memiliki p -value < 0.05 , yakni sebesar 0.00. Maka dapat disimpulkan bahwa model ARIMA (1, 0, 1) memenuhi asumsi pertama.

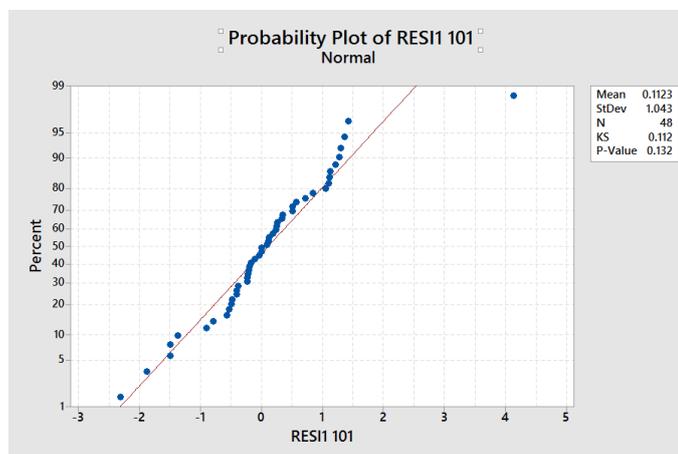
Asumsi kedua yakni dilakukan evaluasi untuk *white noise*. Apabila p -value > 0.05 , maka dapat disimpulkan bahwa data memiliki *white noise*. Berikut ini merupakan *output* ARIMA terkait evaluasi *white noise*.

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

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	2.9	16.9	22.1	*
DF	10	22	34	*
P-Value	0.983	0.766	0.943	*

Berdasarkan hasil diatas, didapatkan hasil bahwa p -value pada setiap interval *lag* memiliki nilai > 0.05 . Maka dapat disimpulkan bahwa data memiliki *white noise*.

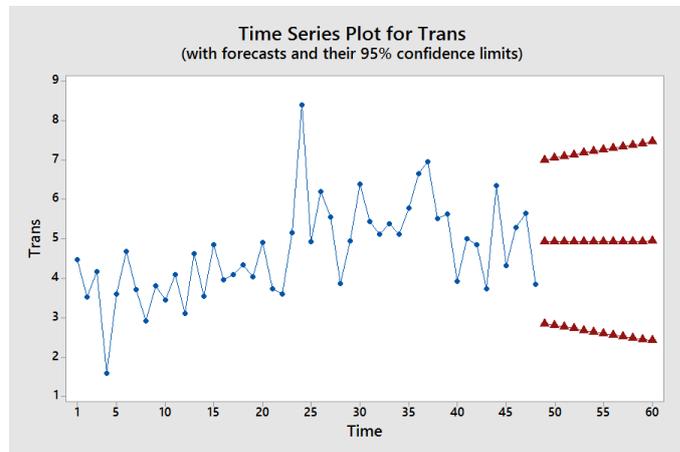
Asumsi ketiga yakni data *residual* berdistribusi normal, dimana p -value > 0.05 . Maka dari itu, dilakukan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov pada data *residual* ARIMA (1, 0, 1). Berikut ini merupakan hasil uji normalitas.



Gambar 4. 11 Plot distribusi normal data residual ARIMA (1, 0, 1) ACE065927

Berdasarkan gambar tersebut, diketahui bahwa uji normalitas nilai *residual* memiliki p -value sebesar 0.132, yang berarti lebih besar dari 0.05. Maka dari itu, model ARIMA (1, 0, 1) memenuhi asumsi yang ketiga. Dari ketiga asumsi yang perlu dievaluasi untuk menentukan model ARIMA yang sesuai, didapatkan hasil

bahwa model ARIMA (1, 0, 1) memenuhi semua asumsi sehingga dapat disimpulkan bahwa model tersebut dapat digunakan untuk peramalan permintaan.



Gambar 4. 12 Plot *forecast in sample* transformasi ACE065927, ARIMA (1, 0, 1)

Setelah dilakukan *plotting* dan model yang sesuai berdasarkan data dari *in sample*, maka tahap selanjutnya yakni melakukan pengecekan kebaikan model *forecast* yang telah digunakan. Dengan menggunakan metode-metode *forecast* yang telah diidentifikasi sebelumnya, dilakukan *forecast* selama 12 periode. Kemudian hasil *forecast* tersebut akan dibandingkan dengan data *out sample*. Hasil perbandingan tersebut akan menghasilkan nilai MAPE, yang dapat digunakan sebagai indikator penentu akurasi *forecast*. Semakin kecil MAPE suatu metode, maka metode tersebut yang terpilih untuk digunakan. Dalam model ARIMA (1, 0, 1), data yang digunakan untuk *forecast* adalah data transformasi. Kemudian data transformasi tersebut harus dikembalikan nilainya, dengan memperhatikan *rounded value*. Apabila sebelumnya dalam melakukan transformasi data, data diakarkan, maka untuk mengembalikan nilai transformasi yakni dengan memangkatkan data transformasi tersebut. Contoh *rounded value* yakni 0.5, maka ketika melakukan transformasi data menjadi memiliki nilai $\sqrt{x} = y$. Sedangkan ketika mengembalikan nilai transformasi tersebut, maka data akan memiliki nilai $y^2 = x$. Berikut ini merupakan tabel-tabel hasil *forecast* dari data *in sample* serta perbandingannya dengan data *out sample*.

Tabel 4. 16 Perhitungan MAPE metode *exponential smoothing* ACE065927

<i>Out Sample</i>	<i>Exponential Smoothing (α = 0.2)</i>			<i>Exponential Smoothing (α = 0.1)</i>		
	<i>Forecast</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>	<i>Forecast</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>
8.71	25.08	16.37	1.88	26.44	17.73	2.03
14.91	25.08	10.17	0.68	26.44	11.53	0.77
...
...
...
...
...
...
...
...
...
24.59	25.08	0.49	0.02	26.44	1.85	0.08
Sum			5.14			5.64
MAPE			42.86%			46.98%

*dalam *million rods*

Tabel 4. 17 Perhitungan MAPE metode Holt's ACE065927

<i>Out sample</i>	Holt's ($\alpha = 0.2, \beta = 0.2$)			Holt's ($\alpha = 0.2, \beta = 0.1$)			Holt's ($\alpha = 0.1, \beta = 0.2$)			Holt's ($\alpha = 0.1, \beta = 0.1$)		
	<i>Forecast</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>									
8.71	21.45	12.74	1.46	24.40	15.69	1.80	26.49	17.77	2.04	30.11	21.40	2.46
14.91	20.43	5.52	0.37	23.93	9.02	0.61	25.47	10.56	0.71	29.98	15.07	1.01
...
...
...
...
...
...
...
...
...
24.59	10.18	14.41	0.59	19.21	5.37	0.22	15.28	9.30	0.38	28.60	4.01	0.16
Sum			5.76			4.99			5.55			6.76
MAPE			48.03%			41.58%			46.26%			56.35%

*dalam *million rods*

Tabel 4. 18 Perhitungan MAPE metode ARIMA (1, 0, 1) ACE065927

<i>Out Sample</i>	ARIMA (1, 0, 1)			
	<i>Forecast transformasi (x)</i>	<i>Forecast (x²)</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>
8.71	4.92035	24.21	15.50	1.78
14.91	4.92166	24.22	9.32	0.62
...
...
...
...
...
...
...
...
...
24.59	4.93482	24.35	0.23	0.01
Sum				4.88
MAPE				40.71%

*dalam *million rods*

Berdasarkan tabel-tabel perhitungan MAPE, didapatkan hasil bahwa metode ARIMA (1, 0, 1) memiliki nilai MAPE yang paling kecil diantara metode lainnya. Nilai MAPE untuk ARIMA (1, 0, 1) yakni sebesar 40.71%. Sehingga, metode yang paling sesuai untuk melakukan *forecast* permintaan produk ACE065927 yakni dengan ARIMA (1, 0, 1). Langkah selanjutnya yakni melakukan *forecasting* dengan menggunakan data permintaan keseluruhan, selama 15 periode berikutnya. Berikut ini merupakan hasil dari *forecasting demand*.

Tabel 4. 19 Hasil *forecast* dengan ARIMA (1, 0, 1)

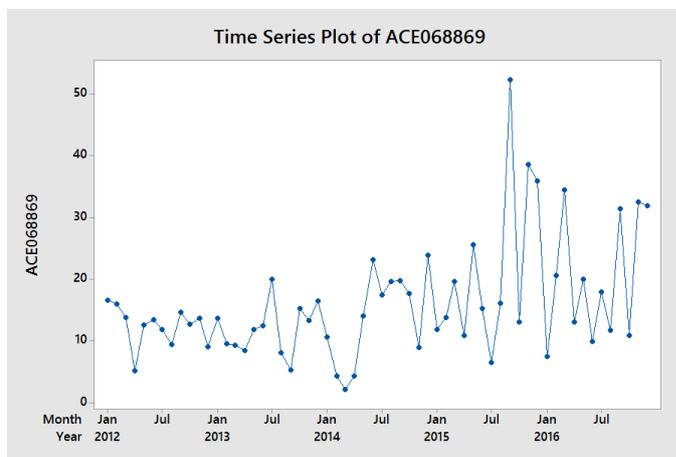
Periode	Forecast (juta rod)
Januari 2017	25.0474
Februari 2017	25.0770
Maret 2017	...
April 2017	...
Mei 2017	...

Tabel 4. 19 Hasil *forecast* dengan ARIMA (1, 0, 1)

Periode	Forecast (juta rod)
Juni 2017	...
Juli 2017	...
Agustus 2017	...
September 2017	...
Oktober 2017	...
November 2017	...
Desember 2017	...
Januari 2018	...
Februari 2018	25.4349
Maret 2018	25.4650

4.2.2 Forecasting produk ACE068869

Berdasarkan data permintaan yang telah didapatkan, maka dapat dilakukan *plotting* grafik permintaan berdasarkan deret waktu. Berikut ini merupakan grafik *time series* permintaan pada produk ACE068869 dengan *software* pengolahan statistik.



Gambar 4. 13 Grafik *time series* permintaan ACE068869

Berdasarkan gambar diatas, dapat diketahui bahwa pola permintaan tidak dapat teridentifikasi dengan jelas. Langkah-langkah yang digunakan dalam melakukan *forecasting* yakni sama dengan yang telah dipaparkan pada subbab 4.1.2. Setelah dilakukan *plotting* grafik permintaan dilakukan pembagian data tersebut menjadi data *in sample* dan *out sample*.

Setelah dilakukan pembagian data, maka dilakukan *forecast* untuk 12 periode dengan menggunakan data *in sample*. Hasil *forecast* tersebut kemudian digunakan untuk dibandingkan dengan data *out sample*. Dari hasil perbandingan tersebut maka akan didapatkan nilai *error* antara hasil *forecast* dan *demand* aktual. Setelah didapatkan nilai *error* maka dapat dilakukan evaluasi *error* dengan menghitung MAPE dari tiap metode *forecast* yang digunakan. Grafik *plotting forecast data in sample* disajikan pada bagian lampiran

Selanjutnya dilakukan *forecasting* dengan metode ARIMA. Untuk mendapatkan metode ARIMA yang sesuai, terdapat tahapan-tahapan yang perlu dilalui. Hal pertama yang perlu dilakukan yakni uji stasioneritas data, dimana data harus stasioner terhadap rata-rata. Digunakan plot Box-Cox untuk mereduksi variansi data. Apabila nilai *rounded value* (λ) = 1, atau *upper CL* atau *lower CL* > 1 maka dapat dikatakan bahwa variansi data sudah tidak terlalu besar sehingga dapat digunakan untuk peramalan. Apabila tidak memenuhi syarat tersebut, maka dilakukan transformasi data dengan memberi pangkat sebesar λ pada data *in sample*. Sedangkan untuk melihat stasioneritas terhadap rata-rata dapat dilihat dengan grafik ACF (*autocorrelation function*).

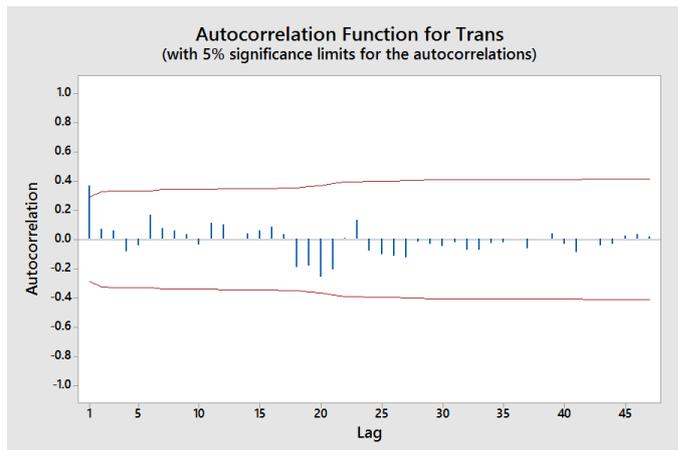
Berdasarkan box-cox plot, didapatkan hasil bahwa *rounded value* = 0 dan *lower CL* dan *upper CL* < 1 sehingga dapat disimpulkan bahwa variansi dianggap masih besar. Maka dari itu, dilakukan transformasi data *in sample* agar variansi tereduksi. Berikut ini merupakan contoh perhitungan transformasi data.

$$\text{nilai transformasi} = \ln(\text{nilai demand})$$

$$\text{nilai transformasi} = \ln 16.67$$

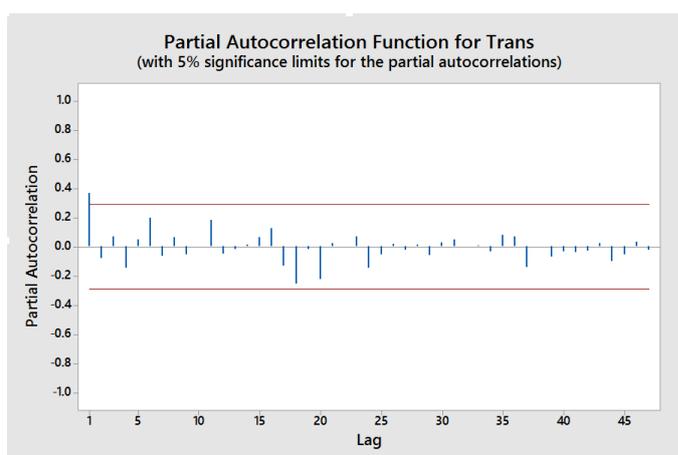
$$\text{nilai transformasi} = 2.81355$$

Setelah dilakukan transformasi data, hal yang selanjutnya dilakukan yakni dilakukan *plotting ACF*. *Input* dari *plotting ACF* yakni data hasil transformasi yang telah dilakukan sebelumnya. Data dapat dinyatakan stasioner apabila terdapat maksimal 3 *lag* yang melewati batas atas maupun batas bawah secara berurutan.



Gambar 4. 14 Grafik ACF data transformasi ACE068869

Dari gambar diatas, diketahui bahwa *lag* 1 melebihi batas atas dari fungsi autokorelasi sehingga dapat disimpulkan bahwa data stasioner terhadap rata-rata. ACF juga berfungsi sebagai orde *q* pada ARIMA. Selanjutnya dilakukan *plotting* PACF (*partial autocorrelation function*) terhadap data transformasi. PACF digunakan untuk untuk menentukan orde *p* pada ARIMA. Berdasarkan hasil plot PACF pada gambar berikut, didapatkan bahwa *lag* 1 melebihi batas atas. Selain itu, tidak adanya perlakuan *differencing* pada data. Maka kombinasi model ARIMA yang akan diuji lebih lanjut yakni ARIMA (1, 0, 1); (1, 0, 0); dan (0, 0, 1).



Gambar 4. 15 Grafik PACF data transformasi ACE068869

Setelah didapatkan kombinasi model ARIMA, selanjutnya dilakukan uji asumsi untuk tiap model tersebut. Model ARIMA dapat digunakan untuk peramalan permintaan apabila telah memenuhi seluruh asumsi yang ada. Seperti yang telah dipaparkan sebelumnya, terdapat 3 asumsi yang harus dipenuhi. Asumsi tersebut yakni terkait parameter signifikan $\alpha < 0.05$, *white noise* $p\text{-value} > 0.05$, dan data *residual* berdistribusi normal dengan $p\text{-value} > 0.05$.

- ARIMA (1, 0, 1)

Dimasukkan data untuk orde p (*autoregressive*) = 1, $d = 0$, dan q (MA) = 1 pada menu ARIMA di *software* pengolahan statistik. *Series* yang digunakan yakni data *in sample* yang telah dilakukan transformasi. Setelah didapatkan hasil perhitungan dari ARIMA model (1, 0, 1), maka dapat dilakukan pengujian terhadap tiap asumsi. Asumsi pertama yang dievaluasi yakni apabila parameter signifikan memiliki $p\text{-value} < 0.05$ ($\alpha = 95\%$). Hasil estimasi parameter yang dihasilkan dari *running software* yakni sebagai berikut.

Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	1.0003	0.0060	166.40	0.000
MA 1	0.8172	0.0989	8.26	0.000

Berdasarkan hasil tersebut, diketahui bahwa parameter signifikan AR (1) dan MA (1) masing-masing memiliki $p\text{-value} = 0$. Hal ini memenuhi asumsi yakni parameter signifikan memiliki $p\text{-value} < 0.05$. Maka dapat disimpulkan bahwa model ARIMA (1, 0, 1) memenuhi asumsi pertama.

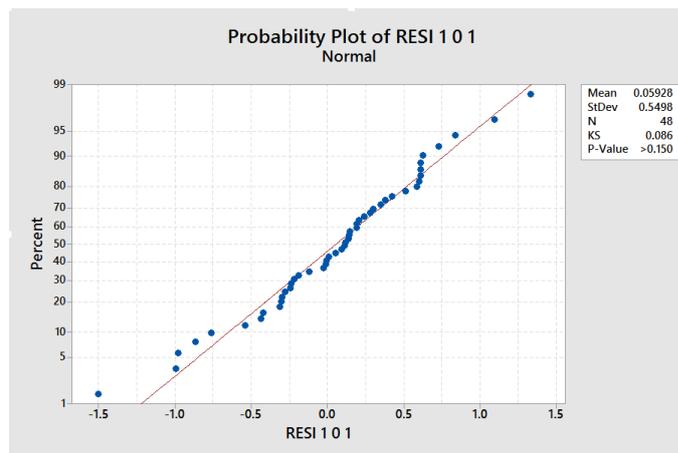
Asumsi kedua yang diuji yakni terkait *white noise* pada data. Apabila $p\text{-value} > 0.05$ maka dapat disimpulkan bahwa data memiliki *white noise*. Berikut ini merupakan *output* ARIMA terkait evaluasi *white noise*.

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

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	9.4	22.6	26.1	*
DF	10	22	34	*
P-Value	0.498	0.427	0.830	*

Berdasarkan hasil diatas, didapatkan hasil bahwa p -value pada setiap interval lag memiliki nilai > 0.05 . Hal ini menunjukkan bahwa data memiliki *white noise*, sehingga memenuhi asumsi kedua.

Asumsi ketiga yakni data *residual* berdistribusi normal, dimana p -value < 0.05 . Untuk mengetahuinya maka dilakukan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov pada data *residual* ARIMA (1, 0, 1). Berikut ini merupakan hasil uji normalitas.



Gambar 4. 16 Plot distribusi normal data residual ARIMA (1, 0, 1) ACE068869

Berdasarkan gambar plot distribusi diatas, diketahui bahwa uji normalitas *residual* memiliki p -value > 0.015 . Nilai ini lebih besar dari 0.05. Maka dari itu, model ARIMA (1, 0, 1) memenuhi asumsi yang ketiga. Dari ketiga asumsi yang telah dievaluasi, didapatkan hasil bahwa model ARIMA (1, 0, 1) memenuhi ketiga asumsi tersebut sehingga dapat disimpulkan bahwa model tersebut sesuai dan dapat digunakan untuk peramalan permintaan.

- ARIMA (1, 0, 0)

Dimasukkan data untuk orde p (*autoregressive*) = 1, d = 0, dan q (MA) = 0 ke dalam *software*. Dari *output* yang dihasilkan kemudian dilakukan evaluasi apakah model ARIMA tersebut memenuhi seluruh asumsi yang ada atau tidak. Apabila tidak memenuhi salah satu asumsi, maka model tersebut kurang sesuai untuk pola permintaan produk terkait. Asumsi pertama yang diuji yakni terkait parameter signifikan dimana p -value < 0.05 . Berikut ini merupakan *output* yang digunakan untuk uji asumsi pertama.

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	0.9975	0.0345	28.93	0.000

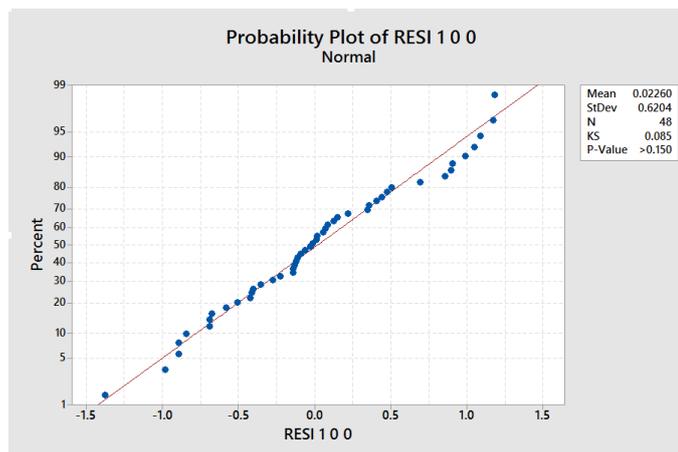
Berdasarkan hasil *output* diatas, diketahui bahwa *p-value* memiliki nilai 0.00. Hal ini sesuai dengan asumsi pertama, dimana $p\text{-value} < 0.05$. Maka dapat disimpulkan bahwa model memenuhi asumsi pertama.

Asumsi kedua yakni data memiliki *white noise* apabila $p\text{-value} > 0.05$. Berikut ini merupakan *output* yang digunakan untuk uji asumsi kedua,

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic				
Lag	12	24	36	48
Chi-Square	13.4	30.6	36.0	*
DF	11	23	35	*
P-Value	0.266	0.132	0.422	*

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, diketahui bahwa *p-value* pada setiap interval *lag* memiliki nilai > 0.05 Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa model ARIMA (1, 0, 0) memenuhi syarat asumsi yang kedua.

Asumsi ketiga yakni data *residual* berdistribusi normal, dimana $p\text{-value} > 0.05$. Maka dari itu, dilakukan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov pada data *residual* ARIMA (1, 0, 0). Berikut ini merupakan hasil uji normalitas.



Gambar 4. 17 Plot distribusi normal data residual ARIMA (1, 0, 0) ACE068869

Berdasarkan gambar tersebut, diketahui bahwa uji normalitas nilai *residual* memiliki $p\text{-value} > 0.015$. Hal ini memenuhi asumsi ketiga, dimana dinyatakan

bahwa $p\text{-value} > 0.05$ dan berdistribusi normal. Dari ketiga asumsi yang dievaluasi, model ARIMA (1, 0, 0) memenuhi semua asumsi yang diperlukan. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa model tersebut sesuai dan dapat digunakan untuk peramalan permintaan.

Setelah dilakukan *plotting* dan model yang sesuai berdasarkan data dari *in sample*, maka selanjutnya dilakukan pengecekan kebaikan model *forecast* yang telah digunakan. Dengan menggunakan metode-metode *forecast* yang telah diidentifikasi sebelumnya, dilakukan *forecast* selama 12 periode. Hasil *forecast* tersebut kemudian dibandingkan dengan data *out sample*. Metode *forecast* yang akan dipilih yakni metode yang memiliki nilai MAPE terendah. Berikut ini merupakan tabel-tabel hasil *forecast* dari data *in sample* serta perbandingannya dengan data *out sample*.

Tabel 4. 20 Perhitungan MAPE metode *exponential smoothing* ACE068869

<i>Out Sample</i>	<i>Exponential Smoothing</i> ($\alpha = 0.2$)			<i>Exponential Smoothing</i> ($\alpha = 0.1$)		
	<i>Forecast</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>	<i>Forecast</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>
7.55	26.58	26.58	3.52	21.64	14.09	1.87
20.65	26.58	5.93	0.29	21.64	0.99	0.05
...
...
...
...
...
...
...
...
...
32.00	26.58	5.42	0.17	21.64	10.36	0.32
Sum			10.73			7.18
MAPE			89.44%			59.86%

* dalam *million rods*

Tabel 4. 21 Perhitungan MAPE metode ARIMA (1, 0, 1) ACE068869

<i>Out Sample</i>	ARIMA (1, 0, 1)			
	<i>Forecast transformasi (x)</i>	<i>Forecast [exp(x)]</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>
7.55	3.08316	21.83	14.28	1.89
20.65	3.08395	21.84	1.19	0.06
...
...
...
...
...
...
...
...
...
32.00	3.09187	22.02	9.98	0.31
Sum				7.31
MAPE				60.91%

Tabel 4. 22 Perhitungan MAPE metode ARIMA (1, 0, 0) ACE068869

<i>Out Sample</i>	ARIMA (1, 0, 0)			
	<i>Forecast transformasi (x)</i>	<i>Forecast [exp(x)]</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>
7.55	3.57368	35.65	28.10	3.72
20.65	3.56464	35.33	14.68	0.71
...
...
...
...
...
...
...
...
...
...
32.00	3.47555	32.32	0.32	0.01
Sum				14.03
MAPE				116.88%

Tabel 4. 23 Perhitungan MAPE metode Holt's ACE068869

<i>Out sample</i>	Holt's ($\alpha = 0.2, \beta = 0.2$)			Holt's ($\alpha = 0.2, \beta = 0.1$)			Holt's ($\alpha = 0.1, \beta = 0.2$)			Holt's ($\alpha = 0.1, \beta = 0.1$)		
	<i>Forecast</i>	<i>Abs error</i>	Abs/out sample	Forecast	Abs error	Abs/out sample	Forecast	Abs error	Abs/out sample	Forecast	Abs error	<i>Abs/out sample</i>
7.55	31.18	23.63	3.13	29.65	22.10	2.93	27.03	19.48	2.58	24.68	17.13	2.27
20.65	32.96	12.31	0.60	30.76	10.11	0.49	28.38	7.73	0.37	25.44	4.79	0.23
...
...
...
...
...
...
...
...
...
32.00	50.78	18.78	0.59	41.76	9.76	0.30	41.86	9.86	0.31	32.96	0.96	0.03
Sum			18.34			14.82			13.86			10.14
MAPE			152.87%			123.49%			115.48%			84.53%

*dalam *million rods*

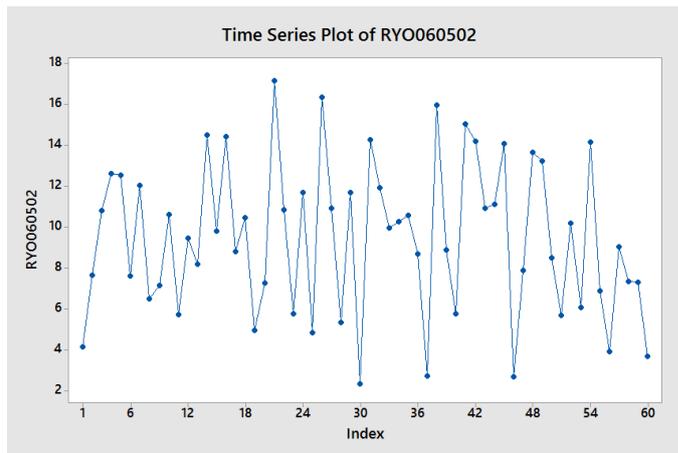
Berdasarkan tabel-tabel perhitungan MAPE, didapatkan hasil bahwa metode *exponential smoothing* $\alpha = 0.1$ memiliki nilai MAPE yang paling kecil diantara metode lainnya. Maka dari itu, metode yang akan digunakan untuk *forecasting demand* produk ACE068869 untuk 15 periode selanjutnya yakni dengan *exponential smoothing* $\alpha = 0.1$. *Forecasting demand* dilakukan dengan menggunakan data permintaan keseluruhan. Berikut ini merupakan hasil dari *forecast*.

Tabel 4. 24 Hasil *forecast* dengan *exponential smoothing* $\alpha = 0.1$

Periode	Forecast (juta rod)
Januari 2017	21.6032
Februari 2017	21.6032
Maret 2017	...
April 2017	...
Mei 2017	...
Juni 2017	...
Juli 2017	...
Agustus 2017	...
September 2017	...
Oktober 2017	...
November 2017	...
Desember 2017	...
Januari 2018	...
Februari 2018	21.6032
Maret 2018	21.6032

4.2.3 Forecasting produk RYO060502

Berdasarkan data permintaan yang telah didapatkan, maka dapat dilakukan *plotting* grafik permintaan berdasarkan deret waktu. Berdasarkan *plotting* grafik permintaan, dapat diketahui bahwa pola permintaan tidak dapat teridentifikasi dengan mudah. Langkah yang digunakan dalam melakukan *demand forecasting* yakni sama dengan yang telah dipaparkan pada subbab 4.1.2. Setelah dilakukan *plotting* grafik permintaan dilakukan pembagian data tersebut menjadi data *in sample* dan *out sample*.



Gambar 4. 18 Grafik *time series* permintaan RYO060502

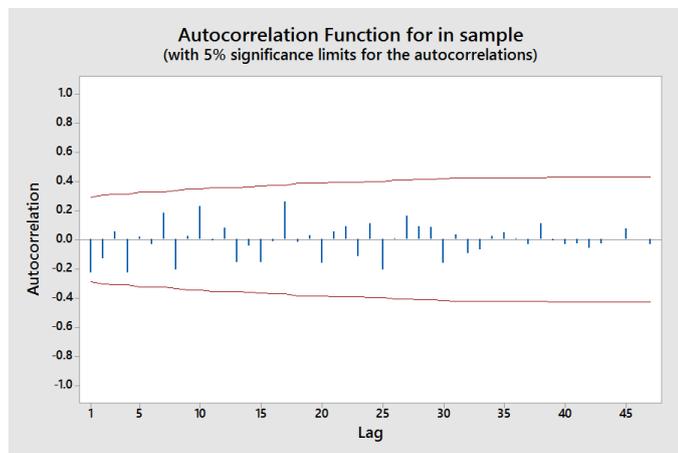
Setelah dilakukan pembagian data, maka dapat dilakukan *forecast* untuk 12 periode dengan menggunakan data *in sample*. Hasil *forecast* tersebut kemudian digunakan untuk dibandingkan dengan data *out sample*. Dari hasil perbandingan tersebut maka akan didapatkan nilai *error* antara hasil *forecast* dan *demand* aktual. Setelah didapatkan nilai *error* maka dapat dilakukan evaluasi *error* dengan menghitung MAPE dari tiap metode *forecast* yang digunakan. Grafik *plotting forecast* dengan data *in sample* disajikan pada bagian lampiran.

Selanjutnya dilakukan *forecasting* dengan metode ARIMA. Untuk mendapatkan metode ARIMA yang sesuai, terdapat tahapan-tahapan yang perlu dilalui. Hal pertama yang perlu dilakukan yakni uji stasioneritas data, dimana data harus stasioner terhadap rata-rata. Digunakan plot Box-Cox untuk mereduksi variansi data. Apabila nilai *rounded value* (λ) = 1, atau *upper CL* atau *lower CL* > 1 maka dapat dikatakan bahwa variansi data sudah tidak terlalu besar sehingga dapat digunakan untuk peramalan. Apabila tidak memenuhi syarat tersebut, maka dilakukan transformasi data dengan memberi pangkat sebesar λ pada data *in sample*. Sedangkan untuk melihat stasioneritas terhadap rata-rata dapat dilihat dengan grafik ACF (*autocorrelation function*).

Berdasarkan box-cox plot dari *software* pengolahan statistik, didapatkan hasil *rounded value* (λ) = 1. Nilai tersebut menunjukkan bahwa variansi data telah cukup (tidak terlalu besar). Maka dari itu, tidak perlu dilakukan transformasi pada data. Setelah dilakukan plot box-cox, hal yang selanjutnya dilakukan yakni

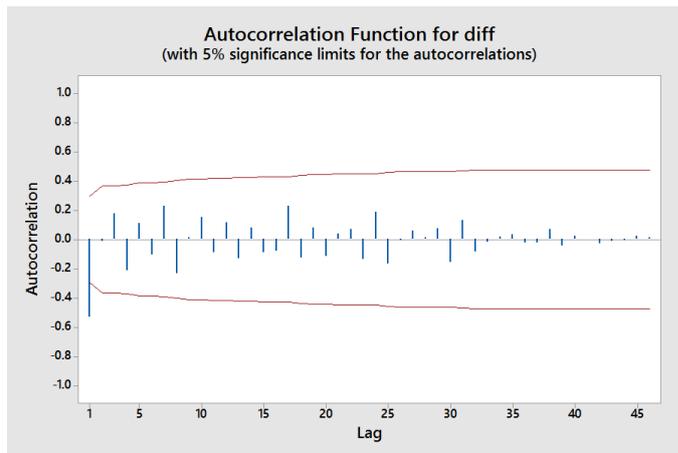
membuat *plotting* ACF. *Input* dari plot ACF yakni data *in sample*. Data dapat dinyatakan stasioner apabila terdapat maksimal 3 *lag* yang melewati batas atas maupun batas bawah secara berurutan.

Dari gambar berikut, diketahui bahwa tidak terdapat *lag* yang melebihi batas atas maupun batas bawah. Hal ini mengindikasikan bahwa data-data tersebut tidak stasioner terhadap rata-rata. Maka dari itu, dilakukan pendekatan dengan *differencing* agar data stasioner. Data *differencing* kemudian digunakan sebagai *input* untuk *plotting* ACF untuk menguji kembali apakah data telah stasioner.

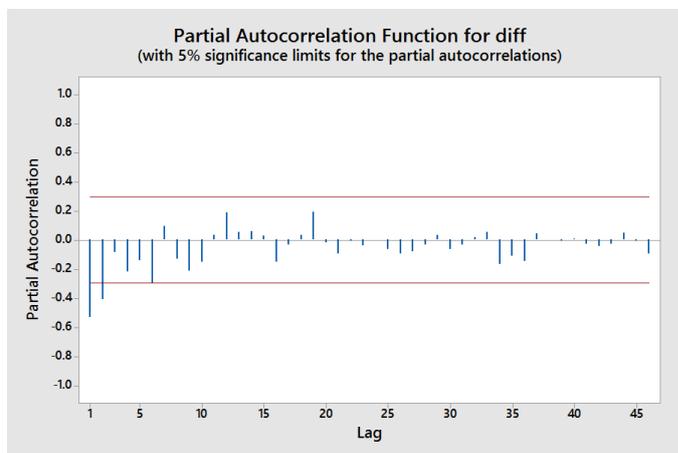


Gambar 4. 19 Grafik ACF data *in sample* RYO060502

Berdasarkan grafik ACF data *differencing*, *lag* 1 melebihi batas bawah dari fungsi tersebut. Maka dapat disimpulkan bahwa data telah stasioner terhadap rata-rata. Selanjutnya dapat dilakukan plot grafik PACF. Plot ACF dan plot PACF akan digunakan untuk menentukan kombinasi model ARIMA. Grafik ACF merepresentasikan orde q pada ARIMA, dan grafik PACF merepresentasikan orde p . Selain itu, dilakukan proses *differencing* sebanyak satu kali. Maka dari itu, kombinasi model ARIMA yang akan diuji lebih lanjut kesesuaiannya yakni ARIMA (2, 1, 1); (2, 1, 0); (1, 1, 1); (1, 1, 0); dan (0, 1, 1). Kombinasi model tersebut kemudian dilakukan pengujian asumsi. Apabila ketiga asumsi terpenuhi, maka model tersebut dapat disimpulkan sesuai dengan pola permintaan.



Gambar 4. 20 Grafik ACF data *differencing* RYO060502



Gambar 4. 21 Grafik PACF data *differencing* RYO060502

- ARIMA (1, 1, 0)

Dimasukkan data $p = 1$, $d = 1$, dan $q = 0$ pada menu ARIMA. *Series* yang digunakan yakni data *in sample*. Setelah didapatkan hasil perhitungan dari ARIMA model (1, 1, 0) maka dapat dilakukan pengujian terhadap tiap asumsi. Asumsi pertama yakni terkait parameter signifikan memiliki $p\text{-value} < 0.05$ ($\alpha = 95\%$). Berdasarkan *output software*, parameter signifikan AR (1) yakni 0.00. Hal ini sesuai dengan asumsi parameter signifikan memiliki $p\text{-value} < 0.05$.

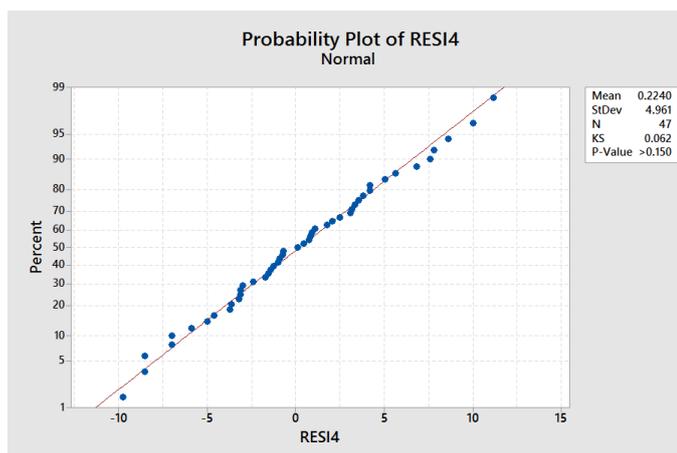
Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0.5446	0.1254	-4.34	0.000

Asumsi kedua yang diuji yakni terkait *white noise* pada data. Apabila *p-value* > 0.05 maka dapat disimpulkan bahwa data memiliki *white noise*. Berdasarkan *output* dari *software*, setiap interval *lag* memenuhi asumsi kedua yang dimana *p-value* > 0.05. Hal yang selanjutnya dilakukan yakni mengevaluasi apakah model memenuhi asumsi yang ketiga. Asumsi ketiga yakni data *residual* berdistribusi normal, dimana *p-value* < 0.05. Untuk mengetahuinya maka dilakukan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov pada data *residual* ARIMA (1, 1, 0).

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

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	19.6	30.7	43.2	*
DF	11	23	35	*
P-Value	0.051	0.130	0.160	*



Gambar 4. 22 Plot distribusi normal data residual ARIMA (1, 1, 0) RYO060502

Berdasarkan gambar diatas, didapatkan hasil bahwa *p-value* dari uji normalitas yakni diatas 0.15. Hal ini memenuhi asumsi ketiga, yakni *p-value* > 0.05 dan data berdistribusi normal. Dari ketiga asumsi yang dievaluasi, model ARIMA (1, 1, 0) memenuhi semua asumsi yang diperlukan. Dapat disimpulkan bahwa model tersebut sesuai dan dapat digunakan untuk peramalan permintaan produk terkait.

- ARIMA (0, 1, 1)

Dimasukkan data $p = 0$, $d = 1$, dan $q = 1$ pada menu ARIMA. *Series* yang digunakan yakni data *in sample*. Setelah didapatkan hasil perhitungan dari

ARIMA model (0, 1, 1) maka dapat dilakukan pengujian terhadap tiap asumsi. Asumsi pertama yakni terkait parameter signifikan memiliki $p\text{-value} < 0.05$ ($\alpha = 95\%$). Berdasarkan *output software*, parameter signifikan MA (1) yakni 0.00. Hal ini sesuai dengan asumsi parameter signifikan memiliki $p\text{-value} < 0.05$.

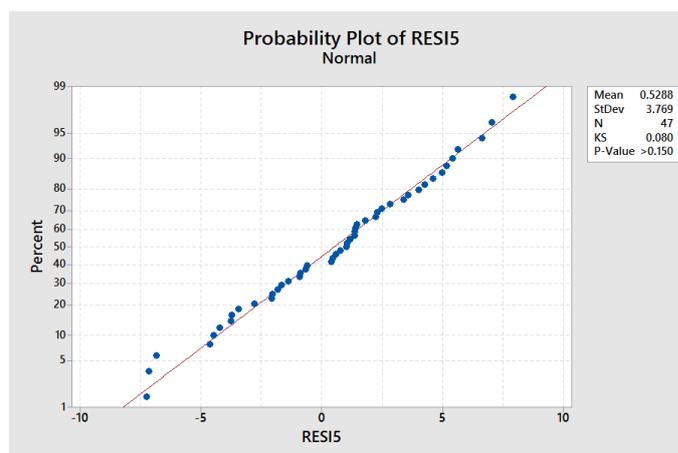
Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
MA 1	0.9701	0.0628	15.46	0.000

Asumsi kedua yang diuji yakni terkait *white noise* pada data. Apabila $p\text{-value} > 0.05$ maka dapat disimpulkan bahwa data memiliki *white noise*. Berdasarkan *output* dari *software*, setiap interval *lag* memenuhi asumsi kedua yang dimana $p\text{-value} > 0.05$. Hal selanjutnya dilakukan yakni mengevaluasi apakah model memenuhi asumsi yang ketiga. Asumsi ketiga tersebut yakni data *residual* berdistribusi normal, dimana $p\text{-value} < 0.05$. Untuk mengetahuinya maka dilakukan uji normalitas Kolomogorov-Smirnov pada data *residual* ARIMA (0, 1, 1).

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

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	15.1	26.8	39.3	*
DF	11	23	35	*
P-Value	0.177	0.266	0.285	*



Gambar 4. 23 Plot distribusi normal data residual ARIMA (0, 1, 1) RYO060502

Berdasarkan gambar diatas, didapatkan hasil bahwa *p-value* dari uji normalitas yakni diatas 0.15. Hal ini memenuhi asumsi ketiga, yakni *p-value* > 0.05 dan data berdistribusi normal. Dari ketiga asumsi yang dievaluasi, model ARIMA (0, 1, 1) memenuhi semua asumsi yang diperlukan. Dapat disimpulkan bahwa model tersebut sesuai dan dapat digunakan untuk peramalan permintaan produk terkait.

Setelah dilakukan *plotting* dan model yang sesuai berdasarkan data dari *in sample*, maka selanjutnya dilakukan pengecekan kebaikan model *forecast* yang telah digunakan. Dengan menggunakan metode-metode *forecast* yang telah diidentifikasi sebelumnya, dilakukan *forecast* selama 12 periode. Hasil *forecast* tersebut kemudian dibandingkan dengan data *out sample*. Metode *forecast* yang akan dipilih yakni metode yang memiliki nilai MAPE terendah. Berikut ini merupakan tabel-tabel hasil *forecast* dari data *in sample* serta perbandingannya dengan data *out sample*.

Tabel 4. 25 Perhitungan MAPE metode *exponential smoothing* RYO060502

<i>Out Sample</i>	<i>Exponential Smoothing (α = 0.2)</i>			<i>Exponential Smoothing (α = 0.1)</i>		
	<i>Forecast</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>	<i>Forecast</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>
13.26	10.29	2.97	0.22	10.19	3.07	0.23
8.49	10.29	1.80	0.21	10.19	1.70	0.20
...
...
...
...
...
...
...
...
3.71	10.29	6.59	1.78	10.19	6.49	1.75
Sum			7.08			6.94
MAPE			58.98%			57.79%

* dalam *million rods*

Tabel 4. 26 Perhitungan MAPE metode ARIMA RYO060502

<i>Out Sample</i>	ARIMA (1, 1, 0)			ARIMA (0, 1, 1)		
	<i>Forecast</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>	<i>Forecast</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>
13.26	10.53	2.73	0.21	9.79	3.47	0.26
8.49	12.25	3.76	0.44	9.79	1.29	0.15
...
...
...
...
...
...
...
...
...
3.71	11.65	7.94	2.14	9.79	6.08	1.64
Sum			9.15			6.42
MAPE			76.26%			53.52%

* dalam *million rods*

Tabel 4. 27 Perhitungan MAPE metode Holt's RYO060502

<i>Out sample</i>	Holt's ($\alpha = 0.2, \beta = 0.2$)			Holt's ($\alpha = 0.2, \beta = 0.1$)			Holt's ($\alpha = 0.1, \beta = 0.2$)			Holt's ($\alpha = 0.1, \beta = 0.1$)		
	<i>Forecast</i>	<i>Abs error</i>	<i>Abs/out sample</i>									
13.26	10.57	2.69	0.20	10.46	2.80	0.21	10.46	2.80	0.21	10.42	2.84	0.21
8.49	10.58	2.09	0.25	10.48	1.99	0.23	10.50	2.01	0.24	10.45	1.95	0.23
...
...
...
...
...
...
...
...
...
3.71	10.71	7.01	1.89	10.73	7.02	1.90	10.94	7.23	1.95	10.69	6.98	1.88
Sum			7.62			7.57			7.76			7.51
MAPE			63.48%			63.09%			64.70%			62.60%

* dalam *million rods*

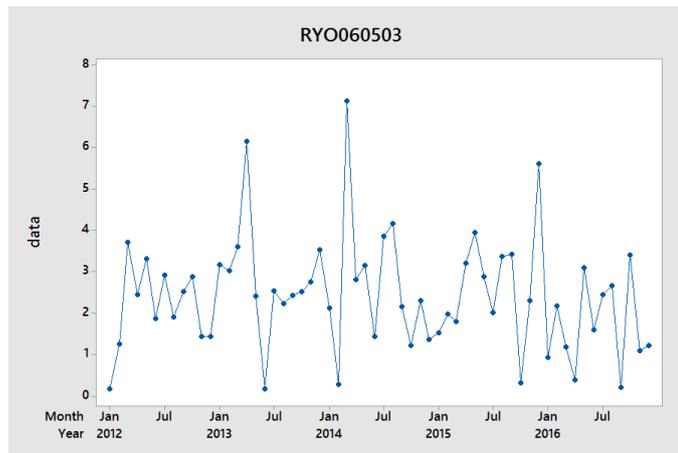
Berdasarkan tabel-tabel perhitungan MAPE, didapatkan hasil bahwa metode ARIMA (0, 1, 1) memiliki nilai MAPE terkecil dibandingkan dengan metode lainnya. Maka dari itu, metode yang akan digunakan untuk *forecasting demand* produk RYO060502 untuk 15 periode selanjutnya yakni dengan ARIMA (0, 1, 1). *Forecasting demand* dilakukan dengan menggunakan data permintaan keseluruhan.

Tabel 4. 28 Hasil *forecast* dengan ARIMA (0, 1, 1) RYO060502

Periode	Forecast (juta rod)
Januari 2017	9.2080
Februari 2017	9.2080
Maret 2017	...
April 2017	...
Mei 2017	...
Juni 2017	...
Juli 2017	...
Agustus 2017	...
September 2017	...
Oktober 2017	...
November 2017	...
Desember 2017	...
Januari 2018	...
Februari 2018	9.2080
Maret 2018	9.2080

4.2.4 Forecasting produk RYO060503

Berdasarkan data permintaan yang telah didapatkan, maka dapat dilakukan *plotting* grafik permintaan berdasarkan deret waktu. Dari hasil *plotting* grafik permintaan untuk produk RYO060503 dapat diketahui bahwa pola permintaan tidak dapat teridentifikasi dengan mudah. Langkah yang digunakan dalam melakukan *demand forecasting* yakni sama dengan yang telah dipaparkan pada subbab 4.1.2. Setelah dilakukan *plotting* grafik permintaan dilakukan pembagian data tersebut menjadi data *in sample* dan *out sample*.



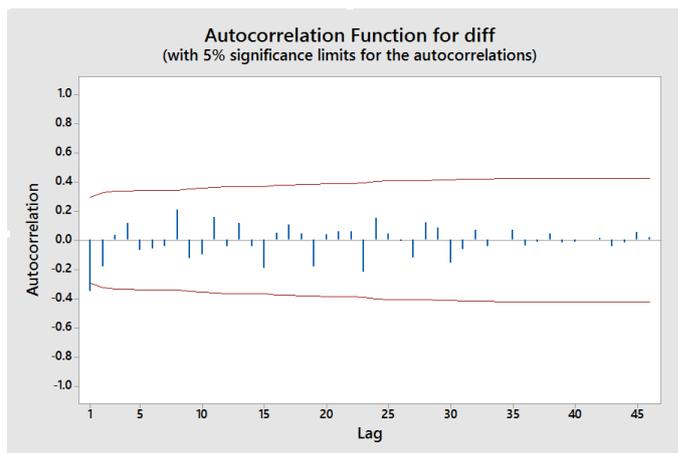
Gambar 4. 24 Grafik *time series* permintaan RYO060503

Setelah dilakukan pembagian data, maka dapat dilakukan *forecast* untuk 12 periode dengan menggunakan data *in sample*. Hasil *forecast* tersebut kemudian digunakan untuk dibandingkan dengan data *out sample*. Dari hasil perbandingan tersebut maka akan didapatkan nilai *error* antara hasil *forecast* dan *demand* aktual. Setelah didapatkan nilai *error* maka dapat dilakukan evaluasi *error* dengan menghitung MAPE dari tiap metode *forecast* yang digunakan. Grafik *plotting forecast* dengan data *in sample* disajikan pada bagian lampiran.

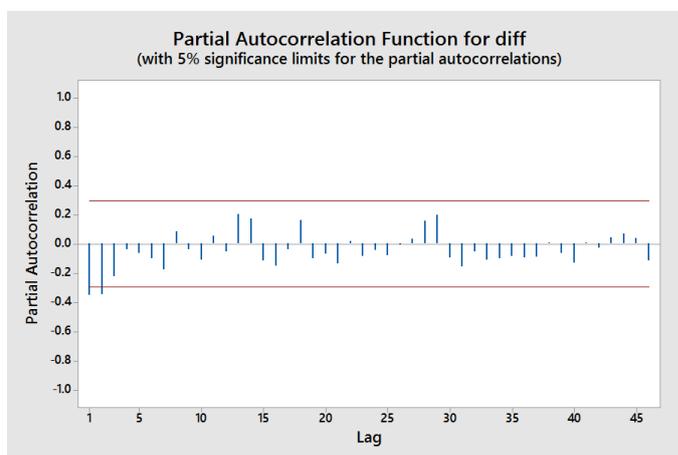
Selanjutnya dilakukan *forecasting* dengan metode ARIMA. Hal pertama yang perlu dilakukan yakni uji stasioneritas data, dimana data harus stasioner terhadap rata-rata. Digunakan plot Box-Cox untuk mereduksi variansi data. Apabila nilai *rounded value* (λ) = 1, atau *upper CL* atau *lower CL* > 1 maka dapat dikatakan bahwa variansi data sudah tidak terlalu besar sehingga dapat digunakan untuk peramalan. Apabila tidak memenuhi syarat tersebut, maka dilakukan transformasi data dengan memberi pangkat sebesar λ pada data *in sample*. Sedangkan untuk melihat stasioneritas terhadap rata-rata dapat dilihat dengan grafik ACF (*autocorrelation function*).

Berdasarkan box-cox plot dari *software* pengolahan statistik, didapatkan hasil *upper CL* > 1. Nilai tersebut menunjukkan bahwa variansi data tidak terlalu besar sehingga dapat digunakan untuk peramalan. Maka dari itu, tidak perlu dilakukan transformasi pada data. Setelah didapatkan plot box-cox, selanjutnya dilakukan *plotting* grafik ACF dengan *input* data *in sample*. Namun berdasarkan

hasil *plotting*, diketahui bahwa tidak terdapat *lag* yang melebihi batas atas maupun batas bawah. Hal ini mengindikasikan bahwa data-data tidak stasioner terhadap rata-rata. Maka dari itu, dilakukan pendekatan dengan *differencing* agar data stasioner. Data *differencing* kemudian digunakan sebagai *input* untuk *plotting* ACF untuk menguji kembali apakah data telah stasioner.



Gambar 4. 25 Grafik ACF data *differencing* RYO060503



Gambar 4. 26 Grafik PACF data *differencing* RYO060503

Berdasarkan grafik ACF data *differencing*, *lag* 1 melebihi batas bawah dari fungsi tersebut. Maka dapat disimpulkan bahwa data telah stasioner terhadap rata-rata. Selanjutnya dapat dilakukan plot grafik PACF. Grafik ACF merepresentasikan orde q pada ARIMA dan grafik PACF merepresentasikan orde p . Dilakukan proses *differencing* sebanyak satu kali, maka orde $d = 1$. Maka dari

itu, kombinasi model ARIMA yang akan diuji lebih lanjut kesesuaiannya yakni ARIMA (2, 1, 1); (2, 1, 0); (1, 1, 1); (1, 1, 0); dan (0, 1, 1). Kombinasi model tersebut masing-masing dilakukan pengujian asumsi. Apabila ketiga asumsi terpenuhi, maka model tersebut dapat disimpulkan sesuai dengan pola permintaan.

- ARIMA (2, 1, 0)

Dimasukkan data $p = 2$, $d = 1$, dan $q = 0$ pada menu ARIMA. *Series* yang digunakan yakni data *in sample*. Setelah didapatkan hasil perhitungan dari ARIMA model (2, 1, 0) maka dapat dilakukan pengujian terhadap tiap asumsi. Berdasarkan *output software*, parameter signifikan AR (1) dan AR (2) memiliki $p\text{-value} < 0.05$ ($\alpha = 95\%$). Hal ini menunjukkan bahwa asumsi pertama telah terpenuhi.

Final Estimates of Parameters

Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	-0.5839	0.1410	-4.14	0.000
AR	2	-0.4789	0.1427	-3.36	0.002

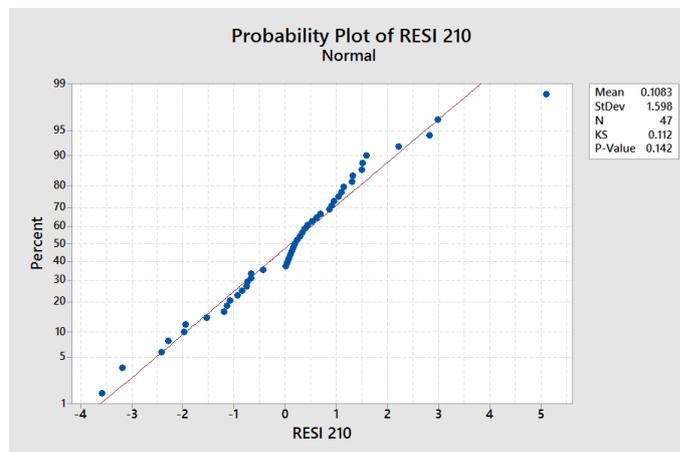
Asumsi kedua yang perlu dipenuhi yakni terkait adanya *white noise* pada data. Berdasarkan *output software* di bawah, didapatkan hasil bahwa $p\text{-value}$ pada setiap *lag* memiliki nilai diatas 0.05 ($p\text{-value} > 0.05$). Hal ini membuktikan bahwa asumsi terkait *white noise* dapat dipenuhi. Asumsi ketiga yang perlu dievaluasi yakni terkait normalitas data *residual*, dengan $p\text{-value} > 0.05$. Untuk mengetahuinya maka dilakukan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov pada data *residual* ARIMA (2, 1, 0).

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

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	9.8	23.4	31.7	*
DF	10	22	34	*
P-Value	0.456	0.380	0.580	*

Berdasarkan gambar plot distribusi normal, didapatkan hasil bahwa $p\text{-value}$ dari uji normalitas yakni diatas 0.15. Hal ini memenuhi asumsi ketiga, yakni $p\text{-value} > 0.05$ dan data berdistribusi normal. Dari ketiga asumsi yang dievaluasi, model ARIMA (2, 1, 0) memenuhi semua asumsi yang diperlukan. Dapat

disimpulkan bahwa model tersebut sesuai dan dapat digunakan untuk peramalan permintaan produk terkait.



Gambar 4. 27 Plot distribusi normal data residual ARIMA (2, 1, 0) RYO060503

- ARIMA (1, 1, 0)

Dimasukkan data $p = 1$, $d = 1$, dan $q = 0$ pada menu ARIMA. *Series* yang digunakan yakni data *in sample*. Setelah didapatkan hasil perhitungan dari ARIMA model (1, 1, 0) maka dapat dilakukan pengujian terhadap tiap asumsi. Asumsi pertama yakni terkait parameter signifikan memiliki $p\text{-value} < 0.05$ ($\alpha = 95\%$). Berdasarkan *output software*, parameter signifikan AR (1) yakni 0.00. Hal ini sesuai dengan asumsi parameter signifikan memiliki $p\text{-value} < 0.05$.

Final Estimates of Parameters

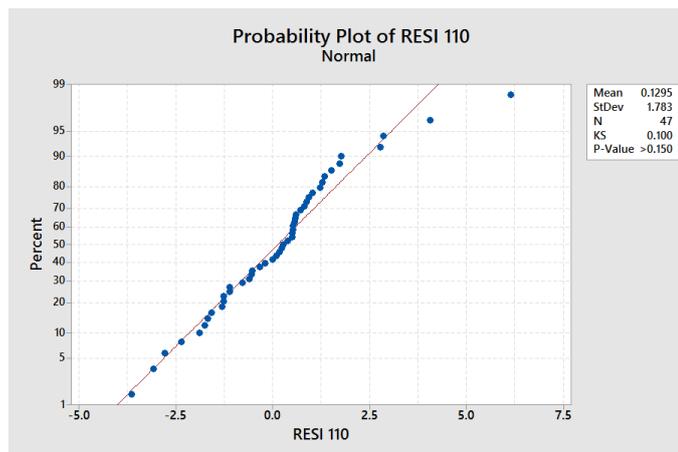
Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	-0.3759	0.1420	-2.65	0.011

Asumsi kedua yang diuji yakni terkait *white noise* pada data. Apabila $p\text{-value} > 0.05$ maka dapat disimpulkan bahwa data memiliki *white noise*. Berdasarkan *output* dari *software*, setiap interval *lag* memenuhi asumsi kedua yang dimana $p\text{-value} > 0.05$. Hal yang selanjutnya dilakukan yakni mengevaluasi apakah model memenuhi asumsi yang ketiga. Asumsi ketiga yakni data *residual* berdistribusi normal, dimana $p\text{-value} < 0.05$. Untuk mengetahuinya maka

dilakukan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov pada data *residual* ARIMA (1, 1, 0).

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

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	15.9	33.1	49.1	*
DF	11	23	35	*
P-Value	0.145	0.080	0.057	*



Gambar 4. 28 Plot distribusi normal data residual ARIMA (1, 1, 0) RYO060503

Berdasarkan gambar diatas, didapatkan hasil bahwa *p-value* dari uji normalitas yakni diatas 0.15. Hal ini memenuhi asumsi ketiga, yakni *p-value* > 0.05 dan data berdistribusi normal. Dari ketiga asumsi yang dievaluasi, model ARIMA (1, 1, 0) memenuhi semua asumsi yang diperlukan. Dapat disimpulkan bahwa model tersebut sesuai dan dapat digunakan untuk peramalan permintaan produk terkait.

- ARIMA (0, 1, 1)

Dimasukkan data $p = 0$, $d = 1$, dan $q = 1$ pada menu ARIMA. *Series* yang digunakan yakni data *in sample*. Setelah didapatkan hasil perhitungan dari ARIMA model (0, 1, 1) maka dapat dilakukan pengujian terhadap tiap asumsi. Asumsi pertama yakni terkait parameter signifikan memiliki *p-value* < 0.05 ($\alpha = 95\%$). Berdasarkan *output software*, parameter signifikan MA (1) yakni 0.00. Hal ini sesuai dengan asumsi parameter signifikan memiliki *p-value* < 0.05.

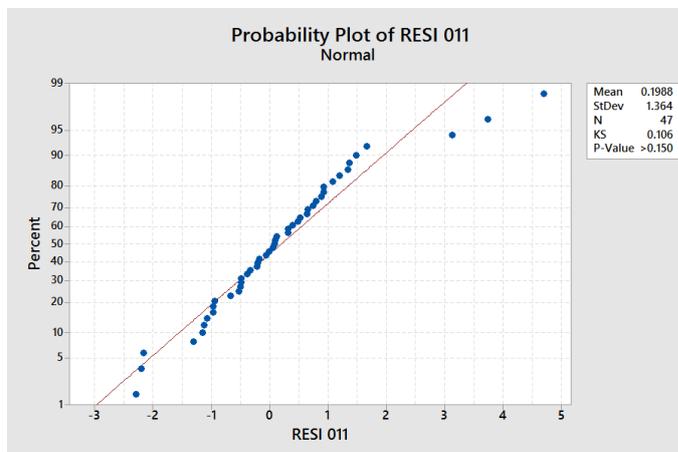
Final Estimates of Parameters

Type	Coef	SE Coef	T	P
MA 1	0.9838	0.0628	15.65	0.000

Asumsi kedua yang diuji yakni terkait *white noise* pada data. Apabila *p-value* > 0.05 maka dapat disimpulkan bahwa data memiliki *white noise*. Berdasarkan *output* dari *software*, setiap interval *lag* memenuhi asumsi kedua yang dimana *p-value* > 0.05. Hal selanjutnya dilakukan yakni mengevaluasi apakah model memenuhi asumsi yang ketiga. Asumsi ketiga tersebut yakni data *residual* berdistribusi normal, dimana *p-value* < 0.05. Untuk mengetahuinya maka dilakukan uji normalitas Kolomogorov-Smirnov pada data *residual* ARIMA (0, 1, 1).

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

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	8.1	20.6	33.6	*
DF	11	23	35	*
P-Value	0.706	0.603	0.537	*



Gambar 4. 29 Plot distribusi normal data residual ARIMA (0, 1, 1) RYO060503

Berdasarkan gambar diatas, didapatkan hasil bahwa *p-value* dari uji normalitas yakni diatas 0.15. Hal ini memenuhi asumsi ketiga, yakni *p-value* > 0.05 dan data berdistribusi normal. Dari ketiga asumsi yang dievaluasi, model ARIMA (0, 1, 1) memenuhi semua asumsi yang diperlukan. Dapat disimpulkan

bahwa model tersebut sesuai dan dapat digunakan untuk peramalan permintaan produk terkait.

Setelah dilakukan *plotting* dan model yang sesuai berdasarkan data dari *in sample*, maka selanjutnya dilakukan pengecekan kebaikan model *forecast* yang telah digunakan. Dengan menggunakan metode-metode *forecast* yang telah diidentifikasi sebelumnya, dilakukan *forecast* selama 12 periode. Hasil *forecast* tersebut kemudian dibandingkan dengan data *out sample*. Metode *forecast* yang akan dipilih yakni metode yang memiliki nilai MAPE terendah. Berikut ini merupakan tabel-tabel hasil *forecast* dari data *in sample* serta perbandingannya dengan data *out sample*.

Tabel 4. 29 Perhitungan MAPE untuk *exponential smoothing* RYO060503

<i>Out Sample</i>	<i>Exponential Smoothing</i> ($\alpha = 0.2$)			<i>Exponential Smoothing</i> ($\alpha = 0.1$)		
	<i>Forecast</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>	<i>Forecast</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>
2.56	3.00	0.44	0.17	2.77	0.21	0.08
2.18	3.00	0.82	0.38	2.77	0.59	0.27
...
...
...
...
...
...
...
...
1.22	3.00	1.77	1.45	2.77	1.55	1.27
Sum			6.29			5.22
MAPE			52.40%			43.47%

* dalam *million rods*

Tabel 4. 30 Perhitungan MAPE metode ARIMA RYO060503

<i>Out Sample</i>	ARIMA (2, 1, 0)			ARIMA (1, 1, 0)			ARIMA (0, 1, 1)		
	<i>Forecast</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/ out sample</i>	<i>Forecast</i>	<i>Abs error</i>	<i>Abs/out sample</i>	<i>Forecast</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>
2.56	2.74	0.18	0.07	4.37	1.81	0.71	2.54	0.02	0.01
2.18	2.83	0.65	0.30	4.84	2.66	1.22	2.54	0.36	0.16
...
...
...
...
...
...
...
...
...
1.22	3.47	2.24	1.83	4.71	3.49	2.85	2.54	1.31	1.07
Sum			8.72			16.18			4.21
MAPE			72.69%			134.83%			35.06%

* dalam *million rods*

Tabel 4. 31 Perhitungan MAPE metode Holt's RYO060503

<i>Out sample</i>	Holt's ($\alpha = 0.2, \beta = 0.2$)			Holt's ($\alpha = 0.2, \beta = 0.1$)			Holt's ($\alpha = 0.1, \beta = 0.2$)			Holt's ($\alpha = 0.1, \beta = 0.1$)		
	<i>Forecast</i>	<i>Abs error</i>	<i>Abs/out sample</i>									
2.56	3.08	0.52	0.20	2.99	0.43	0.17	2.59	0.03	0.01	2.73	0.17	0.07
2.18	3.19	1.01	0.46	3.03	0.85	0.39	2.62	0.44	0.20	2.74	0.56	0.26
...
...
...
...
...
...
...
...
1.22	4.28	3.05	2.49	3.44	2.22	1.81	2.91	1.68	1.37	2.83	1.61	1.31
Sum			10.18			7.36			5.10			5.26
MAPE			84.81%			61.35%			42.46%			43.86%

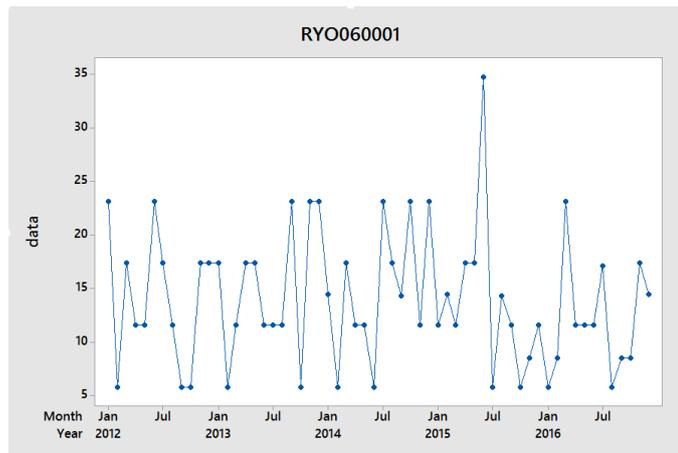
Berdasarkan tabel-tabel perhitungan MAPE, didapatkan hasil bahwa metode ARIMA (0, 1, 1) memiliki nilai MAPE terkecil dibandingkan dengan metode lainnya. Maka dari itu, metode yang akan digunakan untuk *forecasting demand* produk RYO060503 untuk 15 periode selanjutnya yakni dengan ARIMA (0, 1, 1). *Forecasting demand* dilakukan dengan menggunakan data permintaan keseluruhan. Berikut ini merupakan hasil dari *forecast*.

Tabel 4. 32 Hasil *forecast* dengan ARIMA (0, 1, 1) RYO060503

Periode	Forecast (juta rod)
Januari 2017	2.2969
Februari 2017	2.2969
Maret 2017	...
April 2017	...
Mei 2017	...
Juni 2017	...
Juli 2017	...
Agustus 2017	...
September 2017	...
Oktober 2017	...
November 2017	...
Desember 2017	...
Januari 2018	...
Februari 2018	2.2969
Maret 2018	2.2969

4.2.5 Forecasting produk RYO060001

Berdasarkan data permintaan yang telah didapatkan, maka dapat dilakukan *plotting* grafik permintaan berdasarkan deret waktu. Dari hasil *plotting* grafik *time series* permintaan pada produk RYO060001, dapat diketahui bahwa pola permintaan tidak dapat teridentifikasi dengan mudah. Langkah yang digunakan dalam melakukan *demand forecasting* yakni sama dengan yang telah dipaparkan pada subbab 4.1.2. Setelah dilakukan *plotting* grafik permintaan dilakukan pembagian data tersebut menjadi data *in sample* dan *out sample*.



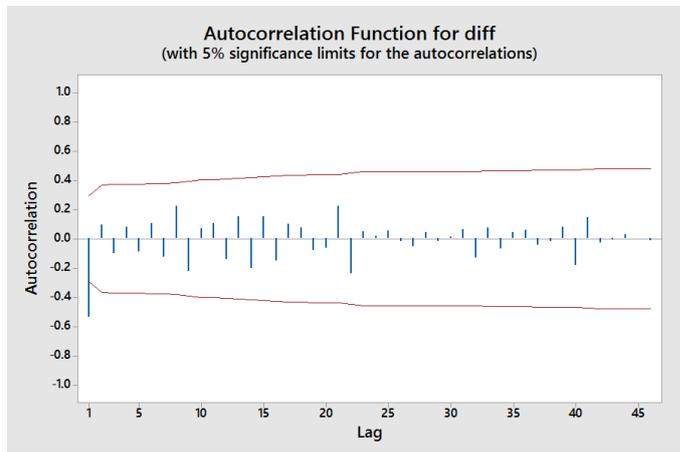
Gambar 4. 30 Grafik *time series* permintaan RYO060001

Setelah dilakukan pembagian data, maka dapat dilakukan *forecast* untuk 12 periode dengan menggunakan data *in sample*. Hasil *forecast* tersebut kemudian digunakan untuk dibandingkan dengan data *out sample*. Dari hasil perbandingan tersebut maka akan didapatkan nilai *error* antara hasil *forecast* dan *demand* aktual. Setelah didapatkan nilai *error* maka dapat dilakukan evaluasi *error* dengan menghitung MAPE dari tiap metode *forecast* yang digunakan.

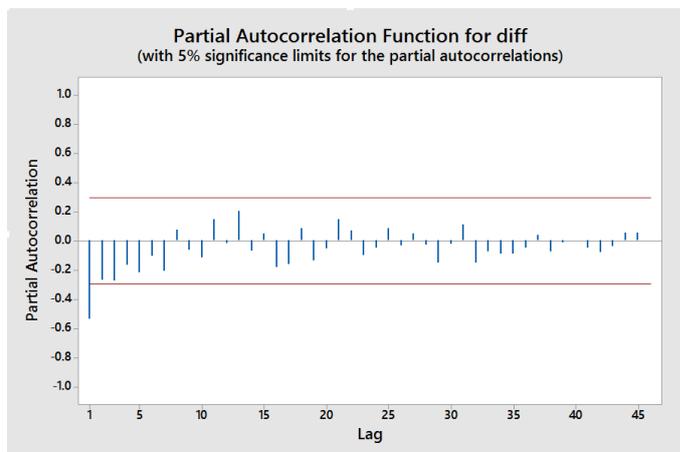
Selanjutnya dilakukan *forecasting* dengan metode ARIMA. Hal pertama yang perlu dilakukan yakni uji stasioneritas data, dimana data harus stasioner terhadap rata-rata. Digunakan plot Box-Cox untuk mereduksi variansi data. Apabila nilai *rounded value* (λ) = 1, atau *upper CL* atau *lower CL* > 1 maka dapat dikatakan bahwa variansi data sudah tidak terlalu besar sehingga dapat digunakan untuk peramalan. Apabila tidak memenuhi syarat tersebut, maka dilakukan transformasi data dengan memberi pangkat sebesar λ pada data *in sample*. Sedangkan untuk melihat stasioneritas terhadap rata-rata dapat dilihat dengan grafik ACF (*autocorrelation function*).

Berdasarkan box-cox plot dari *software* pengolahan statistik, didapatkan hasil *upper CL* > 1. Nilai tersebut menunjukkan bahwa variansi cukup. Maka dari itu, tidak perlu dilakukan transformasi pada data. Setelah didapatkan plot box-cox, selanjutnya dilakukan *plotting* grafik ACF dengan *input* data *in sample*. Namun berdasarkan hasil *plotting*, diketahui bahwa tidak terdapat *lag* yang melebihi batas atas maupun batas bawah. Hal ini mengindikasikan bahwa data-data tidak

stasioner terhadap rata-rata. Maka dari itu, dilakukan pendekatan dengan *differencing* agar data stasioner. Data *differencing* kemudian digunakan sebagai *input* untuk *plotting* ACF untuk menguji kembali apakah data telah stasioner.



Gambar 4. 31 Grafik ACF data *differencing* RYO060001



Gambar 4. 32 Grafik PACF data *differencing* RYO060001

Berdasarkan grafik ACF data *differencing*, *lag* 1 melebihi batas bawah dari fungsi tersebut. Maka dapat disimpulkan bahwa data telah stasioner terhadap rata-rata. Selanjutnya dapat dilakukan plot grafik PACF, yang dimana *lag* 1 melebihi batas bawah. Grafik ACF merepresentasikan orde q pada ARIMA dan grafik PACF merepresentasikan orde p . Dilakukan proses *differencing* sebanyak satu kali, maka orde $d = 1$. Maka dari itu, kombinasi model ARIMA yang akan diuji lebih lanjut kesesuaiannya yakni ARIMA $(1, 1, 1)$; $(1, 1, 0)$; dan $(0, 1, 1)$.

Kombinasi model tersebut masing-masing dilakukan pengujian asumsi. Apabila ketiga asumsi terpenuhi, maka model tersebut dapat disimpulkan sesuai dengan pola permintaan.

- ARIMA (1, 1, 0)

Dimasukkan data $p = 1$, $d = 1$, dan $q = 0$ pada menu ARIMA. *Series* yang digunakan yakni data *in sample*. Setelah didapatkan hasil perhitungan dari ARIMA model (1, 1, 0) maka dapat dilakukan pengujian terhadap tiap asumsi. Berdasarkan *output software*, parameter signifikan AR (1) memiliki $p\text{-value} < 0.05$ ($\alpha = 95\%$). Hal ini menunjukkan bahwa asumsi pertama telah terpenuhi.

Final Estimates of Parameters

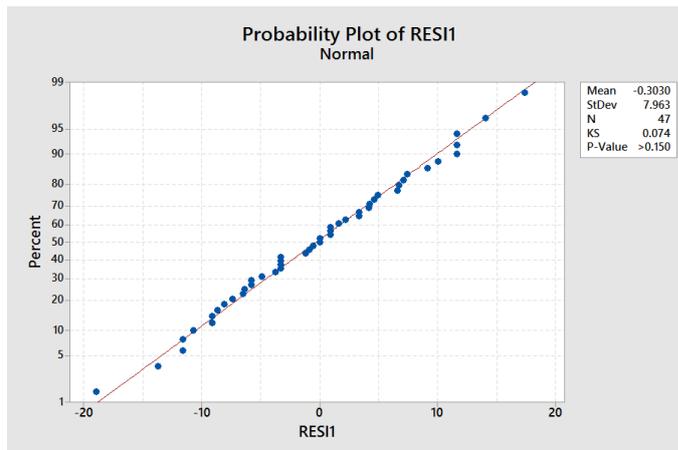
Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	-0.5759	0.1200	-4.80	0.000

Asumsi kedua yang perlu dipenuhi yakni terkait adanya *white noise* pada data. Berdasarkan *output software* di bawah, didapatkan hasil bahwa $p\text{-value}$ pada setiap *lag* memiliki nilai diatas 0.05 ($p\text{-value} > 0.05$). Hal ini membuktikan bahwa asumsi terkait *white noise* dapat dipenuhi. Asumsi ketiga yang perlu dievaluasi yakni terkait normalitas data *residual*, dengan $p\text{-value} > 0.05$. Untuk mengetahuinya maka dilakukan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov pada data *residual* ARIMA (1, 1, 0).

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

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	12.1	27.9	38.0	*
DF	11	23	35	*
P-Value	0.355	0.220	0.332	*

Berdasarkan gambar plot distribusi normal, didapatkan hasil bahwa $p\text{-value}$ dari uji normalitas yakni diatas 0.15. Hal ini memenuhi asumsi ketiga, yakni $p\text{-value} > 0.05$ dan data berdistribusi normal. Dari ketiga asumsi yang dievaluasi, model ARIMA (1, 1, 0) memenuhi semua asumsi yang diperlukan. Dapat disimpulkan bahwa model tersebut sesuai dan dapat digunakan untuk peramalan permintaan produk terkait.



Gambar 4. 33 Plot distribusi normal data residual ARIMA (1, 1, 0) RYO060001

Setelah dilakukan *plotting* dan model yang sesuai berdasarkan data dari *in sample*, maka selanjutnya dilakukan pengecekan kebaikan model *forecast* yang telah digunakan. Dengan menggunakan metode-metode *forecast* yang telah diidentifikasi sebelumnya, dilakukan *forecast* selama 12 periode. Hasil *forecast* tersebut kemudian dibandingkan dengan data *out sample*. Metode *forecast* yang akan dipilih yakni metode yang memiliki nilai MAPE terendah. Berikut ini merupakan tabel-tabel hasil *forecast* dari data *in sample* serta perbandingannya dengan data *out sample*.

Tabel 4. 33 Perhitungan MAPE untuk *exponential smoothing* RYO060001

<i>Out Sample</i>	<i>Exponential Smoothing</i> ($\alpha = 0.2$)			<i>Exponential Smoothing</i> ($\alpha = 0.1$)		
	<i>Forecast</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>	<i>Forecast</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>
5.80	12.30	6.51	1.12	13.75	7.95	1.37
8.57	12.30	3.74	0.44	13.75	5.18	0.60
...
...
...
...
...
...
...
...

Tabel 4. 33 Perhitungan MAPE untuk *exponential smoothing* RYO060001

<i>Out Sample</i>	<i>Exponential Smoothing ($\alpha = 0.2$)</i>			<i>Exponential Smoothing ($\alpha = 0.1$)</i>		
	<i>Forecast</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>	<i>Forecast</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>
14.49	12.30	2.19	0.15	13.75	0.74	0.05
Sum			4.93			5.98
MAPE			41.10%			49.86%

* dalam *million rods*

Tabel 4. 34 Perhitungan MAPE metode ARIMA RYO060001

<i>Out Sample</i>	ARIMA (1, 1, 0)		
	<i>Forecast</i>	<i>Absolut error</i>	<i>Abs/out sample</i>
5.80	9.85	4.05	0.70
8.57	10.85	2.29	0.27
...
...
...
...
...
...
...
...
...
...
14.49	10.49	4.00	0.28
Sum			4.12
MAPE			34.36%

* dalam *million rods*

Tabel 4. 35 Perhitungan MAPE metode Holt's RYO060001

<i>Out sample</i>	Holt's ($\alpha = 0.2, \beta = 0.2$)			Holt's ($\alpha = 0.2, \beta = 0.1$)			Holt's ($\alpha = 0.1, \beta = 0.2$)			Holt's ($\alpha = 0.1, \beta = 0.1$)		
	<i>Forecast</i>	<i>Abs error</i>	<i>Abs/out sample</i>									
5.80	10.87	5.07	0.88	11.89	6.09	1.05	13.98	8.18	1.41	14.23	8.43	1.45
8.57	10.10	1.53	0.18	11.56	2.99	0.35	13.59	5.02	0.59	14.10	5.53	0.65
...
...
...
...
...
...
...
...
...
14.49	2.43	12.06	0.83	8.24	6.25	0.43	9.68	4.81	0.33	12.86	1.63	0.11
Sum			5.95			4.31			5.14			6.01
MAPE			49.60%			35.92%			42.86%			50.07%

* dalam *million rods*

Berdasarkan tabel-tabel perhitungan MAPE, didapatkan hasil bahwa metode ARIMA (1, 1, 0) memiliki nilai MAPE terkecil dibandingkan dengan metode lainnya. Maka dari itu, metode yang akan digunakan untuk *forecasting demand* produk RYO060001 untuk 15 periode selanjutnya yakni dengan ARIMA (1, 1, 0) *Forecasting demand* dilakukan dengan menggunakan data permintaan keseluruhan. Berikut ini merupakan hasil dari *forecast*.

Tabel 4. 36 Hasil *forecast* dengan ARIMA (1, 1, 0) RYO060001

Periode	Forecast (juta rod)
Januari 2017	16.1038
Februari 2017	15.2051
Maret 2017	...
April 2017	...
Mei 2017	...
Juni 2017	...
Juli 2017	...
Agustus 2017	...
September 2017	...
Oktober 2017	...
November 2017	...
Desember 2017	...
Januari 2018	...
Februari 2018	15.5263
Maret 2018	15.5267

4.2.6 *Pembuatan model integer linear programming*

Pada subbab ini akan ditampilkan mengenai pengembangan model matematis dari jurnal acuan. Berdasarkan data yang telah dikumpulkan, diketahui bahwa terdapat *raw material* yang dipasok oleh *supplier* dalam negeri (lokal) dan terdapat juga *raw material* yang dipasok oleh *supplier* luar (impor). Selain itu, unit satuan untuk material tersebut juga berbeda-beda. Untuk dapat menentukan jumlah unit material yang dipesan, *raw material* dibagi menjadi kelompok material lokal dan impor karena moda transportasi yang digunakan berbeda. Setelah dibagi berdasarkan lokasi *supplier*, selanjutnya dikelompokkan kembali berdasarkan unit satuan yang sama.

Secara umum terdapat 2 model matematis yang digunakan, namun hanya berbeda dari penggunaan indeks. Model 1 digunakan untuk *raw material adhesive*, dan model 2 digunakan untuk *raw material* kelompok *plug wrap*, dan material impor. Berikut ini merupakan formulasi pengembangan model matematis *linear programming*.

Indeks

i	:	<i>supplier</i>	t	:	periode
j	:	<i>raw material</i>	m	:	moda transportasi

Parameter

D_{jt}	<i>demand</i> (kg, untuk <i>plug wrap</i> = bb)
C_{ijt}	<i>unit price</i> (Rupiah)
LT_{ijm}	<i>lead time</i> (bulan)
MOQ_{ijt}	jumlah unit minimal yang harus dipesan (kg, untuk <i>plug wrap</i> = bb)
V_{imt}	<i>transportation cost</i> (Rupiah)
HC_{jt}	<i>holding cost</i> (Rupiah/bulan)
Cap_{imt}	kapasitas moda transportasi (kg, untuk <i>plug wrap</i> = bb)
IO_j	<i>inventory awal raw material j</i> ($t = 0$)

Variabel keputusan

X_{ijtm}	jumlah <i>raw material j</i> yang dipesan pada <i>supplier i</i> dengan moda transportasi <i>m</i> pada periode <i>t</i>
INV_{jt}	jumlah <i>inventory raw material j</i> pada periode <i>t</i>
Y_{imt}	variabel biner, keputusan menggunakan moda
Z_{ijtm}	koefisien pengali untuk MOQ

Fungsi Objektif

$$\text{Minimasi } Z = Z_1 + Z_2 + Z_3$$

$$Z_1 = \sum_i \sum_j \sum_t \sum_m X_{ijtm} \times C_{ijt} \quad (4.1)$$

$$Z_2 = \sum_i \sum_j \sum_t \sum_m X_{ijtm} \times LT_{ijm} \times HC_{jt} + \sum_j \sum_t INV_{jt} \times HC_{jt} \quad (4.2)$$

$$Z_3 = \sum_i \sum_m \sum_t V_{imt} \times Y_{imt} \quad (4.3)$$

Konstrain

$$\sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M X_{ijtm} + IO_j \geq D_{jt} \quad \forall t = 1; \forall j = 1, \dots, J \quad (4.4)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M X_{ijtm} + INV_{jt-1} \geq D_{jt} \quad \forall t \neq 1; \forall j = 1, \dots, J \quad (4.5)$$

$$\sum_{m=1}^M X_{ijtm} \geq MOQ_{ijt} \quad \forall i = 1, \dots, I; \forall j = 1, \dots, J; \forall t = 1, \dots, T \quad (4.6)$$

$$Z_{ijtm} \times MOQ_{ijt} = X_{ijtm} \quad \forall i = 1, \dots, I; \forall j = 1, \dots, J; \forall t = 1, \dots, T; \forall m = 1, \dots, M \quad (4.7)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M X_{ijtm} + IO_j - INV_{jt} = D_{jt} \quad \forall t = 1; \forall j = 1, \dots, J \quad (4.8)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M X_{ijtm} + INV_{jt-1} - INV_{jt} = D_{jt} \quad \forall t \neq 1; \forall j = 1, \dots, J \quad (4.9)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{ijtm} \leq Cap_{imt} \times Y_{imt} \quad \forall j = 1, \dots, J; \forall t = 1, \dots, T; \forall m = 1, \dots, M \quad (4.10)$$

$$X_{ijtm}; INV_{jt}; Z_{ijtm} \in \{integer\} \quad (4.11)$$

$$Y_{jmt} \in \{0, 1\} \quad (4.12)$$

Fungsi objektif dari model matematis yakni minimasi *total cost*. Komponen biaya *total cost* yakni terdiri dari *purchasing cost* (4.1), *inventory holding cost* (4.2), dan *transportation cost* (4.3). Konstran yang digunakan mengacu pada jurnal (Choudhary & Shankar, 2013), yakni konstran 4.4 – 4.5 dan konstran 4.8 – 4.9. Sedangkan konstran yang mengacu pada jurnal (Songhori, et al., 2011) yakni konstran 4.10. Konstran untuk pemenuhan *demand* adalah (4.4) dan (4.5). Konstran 4.6 merupakan pengembangan dari model, yang dimana menyatakan bahwa unit yang dibeli harus melebihi ketentuan MOQ dari *supplier*. Konstran 4.7 merupakan faktor pengali, dimana unit yang dibeli harus kelipatan dari MOQ. Konstran tersebut juga merupakan pengembangan dari model. Konstran 4.8 dan 4.9 merupakan konstran yang mendefinisikan *inventory* pada periode 1 dan periode lebih dari 1. Konstran 4.10 menyatakan bahwa unit pembelian yang diangkut tidak melebihi kapasitas moda transportasi yang digunakan. Konstran 4.11 menyatakan bilangan *integer*, dan konstran 4.12 menyatakan adanya variabel biner.

4.2.7 Verifikasi dan validasi model optimasi

Berdasarkan model matematis yang diformulasikan, hal yang selanjutnya dilakukan yakni memasukkan model tersebut kedalam *software* optimasi. Terdapat 3 model optimasi yang dibuat, dimana masing-masing menyesuaikan

dengan kondisi yang ada. Model tersebut dikelompokkan berdasarkan lokasi *supplier* (lokal dan impor) dan satuan unit. Model yang termasuk dalam lokasi *supplier* lokal yakni *adhesive* dan *plug wrap*. Model yang termasuk dalam lokasi *supplier* impor yakni 1 model yang mencakup *raw material* adalah *tow* dan PZ (*plasticizer* atau bahan pengeras). Selanjutnya dilakukan verifikasi untuk tiap model tersebut.

Tabel 4. 37 Hasil *debug* model untuk verifikasi

<i>Error Code:</i> 123
<i>Error Text:</i> <i>Models must be either infeasible or unbounded to be debugged.</i>

Hasil verifikasi menunjukkan bahwa model dapat dijalankan tanpa adanya *error*. Setelah model terverifikasi, tahap selanjutnya yakni melakukan uji validasi model. Uji validasi dilakukan dengan memasukkan data *dummy* pada model. Hasil *running* dari model tersebut kemudian dievaluasi apakah telah memenuhi semua konstrain yang ditetapkan. Berikut ini merupakan data *dummy* yang digunakan untuk uji validasi. Jumlah data yang digunakan yakni 2 *supplier*, 2 *raw material*, 3 periode, dan 2 moda transportasi. Selain itu, tidak terdapat *inventory* di awal period ($IO=0$).

Tabel 4. 38 Data *dummy* untuk *demand*

D	T1	T2	T3
RM1	50	70	65
RM2	30	45	22

Tabel 4. 39 Data *dummy* untuk *cost*

C	RM1			RM2		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
S1	10	10	10	3	3	3
S2	4	4	4	5	5	5

Tabel 4. 40 Data *dummy holding cost*, LT, MOQ, kapasitas moda dan biaya transportasi

HC	T1	T2	T3			
RM1	2	2	2			
RM2	1	1	1			
LT	RM1		RM2			
	M1	M2	M1	M2		
S1	1	1	1.5	1.5		
S2	2	2	0.5	0.5		
MOQ	RM1			RM2		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
S1	2	2	2	2	2	2
S2	3	3	3	3	3	3
CapM	M1			M2		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
S1	2000	2000	2000	4000	4000	4000
S2	2000	2000	2000	4000	4000	4000
V	M1			M2		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3
RM1	50	50	50	30	30	30
RM2	20	20	20	10	10	10

Data-data tersebut dimasukkan kedalam model untuk didapatkan hasil optimasinya. Untuk mengetahui apakah data tersebut telah *valid* atau tidak, dapat dilakukan pemeriksaan terhadap solusi optimasi dan pemenuhan terhadap kosntrein yang ada. Contoh data yang diambil untuk mengecek pemenuhan kosntrein yakni data *output unit raw material 1* pada periode 1 periode 2.

Tabel 4. 41 Pemenuhan kosntrein untuk validasi

Konstrain	Nilai	Terpenuhi?
$X_{ij1m} + IO_j \geq D_{jt}$	$2 + 48 + 0 \geq 50$	YA
$X_{ijtm} + INV_{jt-1} \geq D_{jt}$	$4 + 66 + 0 \geq 70$	YA
$X_{ijtm} \geq MOQ_{ijt}$	$X_{ijtm} = 2 \geq 2$ $X_{ijtm} = 48 \geq 2$	YA
$Z_{ijtm} \times MOQ_{ijt} = X_{ijtm}$	$1 \times 2 = 2 (X_{1112})$ $24 \times 2 = 48 (X_{2112})$	YA
$X_{ijtm} + INV_{jt-1} - INV_{jt} = D_{jt}$	$\Sigma X + 0 - 0 = 50$ $\Sigma X_{ijtm} = 50$	YA
$X_{ijtm} \leq Caps \times Y_{imt}$	$X \leq 2000 \times 1$ $50 \leq 2000$	YA

Berikut ini merupakan hasil *output running data dummy* dengan *software optimasi*.

Tabel 4. 42 *Output hasil running data dummy*

Xijtm	RM1						RM2					
	T1		T2		T3		T1		T2		T3	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
S1	0	2	0	4	0	2	0	28	0	42	0	18
S2	0	48	0	66	0	63	0	3	0	3	0	3

Tabel 4. 43 *Output inventory tiap raw material*

INV	T0	T1	T2	T3
RM1	0	0	0	0
RM2	0	1	1	0

Berdasarkan hasil *running software*, didapatkan hasil alokasi pembelian material ke tiap-tiap *supplier* dan moda transportasinya. Hasil perhitungan dan model itu sendiri *valid*, karena tidak ada konstrain yang dilanggar.

4.2.8 *Running model optimasi*

Model optimasi yang dibuat dalam *software* dibagi untuk tiap *raw material* dengan satuan unit yang sama. Pembagian model tersebut yakni model 1 untuk *adhesive*, model 2 untuk alokasi *raw material plug wrap*, dan model 3 untuk alokasi *raw material* yang diimpor oleh perusahaan. Setiap model tersebut dijalankan dengan menggunakan data nilai yang sesungguhnya terkait parameter.

- Model untuk pemesanan *adhesive*

Berdasarkan *BOM tree* pada tiap produk *filter*, diketahui bahwa terdapat 2 jenis *raw material adhesive* yang berbeda. Terdapat 1 bahan baku untuk *adhesive 1* dan terdapat 1 *supplier* yang memasoknya. Sedangkan untuk *adhesive 2*, terdapat 1 *supplier* yang memasoknya dimana *supplier* tersebut menyediakan 2 jenis produk. Berikut ini merupakan hasil *running* dari *software optimasi*. *Script* koding optimasi disajikan pada bagian lampiran.

Tabel 4. 44 Hasil *running* model *adhesive*

Solver Status		Variables	
<i>Model Class:</i>	ILP	<i>Total:</i>	700
<i>State:</i>	Global Opt	<i>Nonlinear:</i>	0
<i>Objective</i>	3.55109e+008	<i>Integers:</i>	696
<i>Infeasibility:</i>	0	Constraints	
<i>Iterations:</i>	116635	<i>Total:</i>	377
		<i>Nonlinear:</i>	0
Extended Solver Status		Nonzeros	
<i>Solver Type:</i>	B-and-B	<i>Total:</i>	2328
<i>Best Obj:</i>	3.55109e+008	<i>Nonlinear:</i>	0
<i>Obj Bound:</i>	3.55109e+008	Generator Memory Used (K)	
<i>Steps:</i>	808	172	
<i>Active:</i>	0	Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	
		00:00:16	

Hasil *running* model optimasi pada *software* menyatakan bahwa dibutuhkan waktu selama 16 detik untuk mendapatkan hasil fungsi objektif hingga *Global Optimum*. Hal ini menunjukkan bahwa solusi tersebut merupakan hasil yang paling optimum secara keseluruhan dan memenuhi seluruh konstrain yang ada. Berdasarkan model, variabel keputusan yang dikeluarkan yakni variabel X_{ijtm} , INV_{jt} , dan Y_{jt} . Variabel tersebut secara berurutan menunjukkan unit yang dibeli pada *supplier* tertentu dengan moda, *inventory* yang ada selama *planning horizon*, serta variabel biner untuk menunjukkan moda transportasi apa yang terpilih untuk digunakan.

Tabel 4. 45 *Output* jumlah unit *adhesive* 1 yang dipesan

X_{ijtm}	Adhesive 1											
	Jan				Feb				Mar			
<i>Supplier</i>	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Henkel	600	0	0	0	500	0	0	0	...	...	...	...
Fuller A	0	0	0	0	0	0	0	0	...	...	...	...
Fuller B	0	0	0	0	0	0	0	0	...	...	...	...
	Apr				May				Jun			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Henkel	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fuller A	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fuller B	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul				Aug				Sep			

Tabel 4. 45 *Output* jumlah unit *adhesive 1* yang dipesan

X_{ijtm}	<i>Adhesive 1</i>											
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Henkel
Fuller A
Fuller B
	Oct				Nov				Dec			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Henkel	500	0	0	0	500	0	0	0
Fuller A	0	0	0	0	0	0	0	0
Fuller B	0	0	0	0	0	0	0	0

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa *supplier* untuk *adhesive 1* hanya 1, yakni Henkel. Keputusan pembelian *raw material adhesive 1* yakni dilakukan pengadaan setiap bulan, dimana bulan Januari dan Juli membeli 600kg dengan menggunakan moda 1 yakni truk engkel. Sedangkan untuk bulan Februari-Juni dan Agustus-Desember dilakukan pembelian *adhesive 1* sebesar 500kg dengan menggunakan moda truk engkel. *Raw material adhesive 2* dipasok oleh 1 *supplier*, namun terdapat 2 produk yang dapat digunakan sebagai *adhesive 2*. Berdasarkan hasil optimasi, didapatkan hasil keputusan pembelian *raw material adhesive 2* yakni pembagian 50:50 antara produk utama dan alternatif. Pengadaan dilakukan setiap bulan sebesar masing-masing 100kg untuk tiap *raw material* yang ditawarkan *supplier* Fuller, dan dengan menggunakan moda truk engkel. Selain *output* unit yang perlu dibeli, terdapat juga *output inventory raw material* untuk setiap akhir periode serta variabel biner untuk menunjukkan moda mana yang digunakan untuk pengiriman dari *supplier*.

Tabel 4. 46 *Output* jumlah unit *adhesive 2* yang dipesan

X_{ijtm}	<i>Adhesive 2</i>											
	Jan				Feb				Mar			
<i>Supplier</i>	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Henkel	0	0	0	0	0	0	0	0	...	...	...	...
Fuller A	100	0	0	0	100	0	0	0	...	...	...	...
Fuller B	100	0	0	0	100	0	0	0	...	...	...	...
	Apr				May				Jun			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4

Tabel 4. 46 Output jumlah unit adhesive 2 yang dipesan

X_{jtm}	Adhesive 2											
Henkel	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fuller A	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fuller B	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul				Aug				Sep			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Henkel	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fuller A	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fuller B	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct				Nov				Dec			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Henkel	...	...	...	...	0	0	0	0	0	0	0	0
Fuller A	...	...	...	...	100	0	0	0	100	0	0	0
Fuller B	...	...	...	...	100	0	0	0	100	0	0	0

Tabel 4. 47 Output inventory adhesive 1 dan adhesive 2

INV_{jt}	Inventory							
	T=0	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	
Adhesive 1 (AD1)	0	87	71	56	40	24	8	
Adhesive 2 (AD2)	0	20	40	60	80	100	120	
		Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Adhesive 1 (AD1)		92	75	58	41	24	7	
Adhesive 2 (AD2)		140	159	178	197	216	235	

Tabel 4. 48 Output biner pemakaian moda untuk pengiriman adhesive

Y_{jt}	Moda 1 = Engkel											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
AD1	1	1	...	...	...	...	...	...	...	...	1	1
AD2	1	1	...	...	...	...	...	...	...	...	1	1
	Moda 2 = Colt Diesel											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
AD1	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0
AD2	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0
	Moda 3 = Tronton											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
AD1	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0
AD2	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0
	Moda 4 = Fusu											

Tabel 4. 48 *Output* biner pemakaian moda untuk pengiriman *adhesive*

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
AD1	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0
AD2	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0

- Model untuk pemesanan *plug wrap*

Secara keseluruhan dari 5 jenis *filter* rokok yang diobservasi, terdapat 4 *raw material plug wrap* yang dibutuhkan. Terdapat 2 *supplier* yang digunakan untuk memasok kebutuhan *plug wrap* tersebut, yakni BMJ dan PPM. Berikut ini merupakan hasil *running* dari *software* optimasi.

Tabel 4. 49 Hasil *running* model *Plug Wrap*

Solver Status		Variables	
<i>Model Class:</i>	ILP	<i>Total:</i>	916
<i>State:</i>	Global Opt	<i>Nonlinear:</i>	0
<i>Objective</i>	1.52271e+009	<i>Integers:</i>	912
<i>Infeasibility:</i>	0	Constraints	
<i>Iterations:</i>	1422	<i>Total:</i>	965
		<i>Nonlinear:</i>	0
Extended Solver Status		Nonzeros	
<i>Solver Type:</i>	B-and-B	<i>Total:</i>	4268
<i>Best Obj:</i>	1.52271e+009	<i>Nonlinear:</i>	0
<i>Obj Bound:</i>	1.52271e+009	Generator Memory Used (K)	
<i>Steps:</i>	0	263	
<i>Active:</i>	0	Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	
		00:00:02	

Hasil *running* model optimasi pada *software* menyatakan bahwa dibutuhkan waktu selama 2 detik untuk mendapatkan hasil fungsi objektif hingga *Global Optimum*. Hal ini menunjukkan bahwa solusi tersebut merupakan hasil yang paling optimum secara keseluruhan dan memenuhi seluruh konstrain yang ada.

Tabel 4. 50 *Output* jumlah unit *plug wrap* 27MM yang dipesan

X _{ijtm}	27MM 27GSM 6000M											
	Jan				Feb				Mar			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	0	280	0	0	0	280	0	0	...	...	...	...
PPM	280	0	0	0	280	0	0	0	...	...	...	...

Tabel 4. 50 Output jumlah unit *plug wrap* 27MM yang dipesan

X _{ijtm}	27MM 27GSM 6000M											
	Apr				May				Jun			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ
PPM
	Jul				Aug				Sep			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ
PPM
	Oct				Nov				Dec			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	0	280	0	0	0	280	0	0
PPM	280	0	0	0	280	0	0	0

Tabel 4. 51 Output jumlah unit *plug wrap* 27.5MM yang dipesan

X _{ijtm}	27.5MM 27GSM 6000M											
	Jan				Feb				Mar			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	0	280	0	0	0	280	0	0	...	...	...	...
PPM	280	0	0	0	280	0	0	0	...	...	...	...
	Apr				May				Jun			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
PPM	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul				Aug				Sep			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
PPM	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct				Nov				Dec			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	...	...	...	...	0	280	0	0	0	280	0	0
PPM	...	...	...	...	280	0	0	0	280	0	0	0

Tabel 4. 52 Output jumlah unit *plug wrap* 24.5MM yang dipesan

X _{ijtm}	24.5MM 27GSM 6000M											
	Jan				Feb				Mar			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	0	280	0	0	0	280	0	0	...	...	...	...
PPM	280	0	0	0	280	0	0	0	...	...	...	...

Tabel 4. 52 *Output* jumlah unit *plug wrap* 24.5MM yang dipesan

X_{ijtm}	24.5MM 27GSM 6000M											
	Apr				May				Jun			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ
PPM
	Jul				Aug				Sep			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ
PPM
	Oct				Nov				Dec			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	0	280	0	0	0	280	0	0
PPM	280	0	0	0	280	0	0	0

Tabel 4. 53 *Output* jumlah unit *plug wrap* 21MM yang dipesan

X_{ijtm}	21MM 27GSM 6000M											
	Jan				Feb				Mar			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	0	280	0	0	0	280	0	0	...	...	...	...
PPM	280	0	0	0	280	0	0	0	...	...	...	...
	Apr				May				Jun			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
PPM	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul				Aug				Sep			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
PPM	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct				Nov				Dec			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	...	...	...	...	0	280	0	0	0	280	0	0
PPM	...	...	...	...	280	0	0	0	280	0	0	0

Tabel 4. 54 *Output inventory plug wrap*

INV_{jt}	Inventory						
	T=0	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
27MM	0	280	560	840	1120	1400	1680
27.5MM	0	56	111	165	219	272	325
21MM	0	85	175	262	351	439	527

Tabel 4. 54 *Output inventory plug wrap*

INV _{jt}	<i>Inventory</i>						
	0	514	1,028	1,542	2,056	2,570	3,084
		Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
24.5MM		1,960	2,240	2,520	2,800	3,080	3,360
27MM		377	428	479	529	580	631
21MM		615	703	791	879	967	1,055
24.5MM		3,598	4,112	4,626	5,140	5,654	6,168

Tabel 4. 55 *Output biner pemakaian moda untuk pengiriman plug wrap*

Y _{it}	Moda 1 = Truk Engkel											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
BMJ	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0
PPM	1	1	...	...	...	...	...	...	...	...	1	1
	Moda 2 = Colt Diesel											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
BMJ	1	1	...	...	...	...	...	...	...	...	1	1
PPM	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0
	Moda 3 = Tronton											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
BMJ	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0
PPM	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0
	Moda 4 = Fuso											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
BMJ	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0
PPM	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0

- Model untuk pemesanan material impor

Raw material yang diimpor oleh perusahaan terdapat 2 produk, yakni TOW, yang merupakan bahan utama penyusun *filter* rokok, dan PZ atau *plasticizer* sebagai bahan pengeras. Kedua material tersebut memiliki satuan unit yang sama, yakni dalam kilogram. Moda transportasi pengiriman material impor terdapat 2 jenis, yakni via laut dan via udara. *Supplier* untuk material PZ hanya terdapat 1, yakni Jiangsu Ruijia yang berlokasi di Cina. Sedangkan *supplier* untuk TOW terdapat 3, yakni Daicel (lokasi Jepang), Solvay (lokasi Jerman), dan Eastman (lokasi Korea). Berikut ini merupakan hasil *running* dari *software* optimasi terkait *lot sizing*, *inventory*, dan variabel biner pemilihan moda.

Tabel 4. 56 Hasil *running* model impor

Solver Status		Variables	
<i>Model Class:</i>	ILP	<i>Total:</i>	1048
<i>State:</i>	Global Opt	<i>Nonlinear:</i>	0
<i>Objective</i>	4.47734e+010	<i>Integers:</i>	1044
<i>Infeasibility:</i>	0	Constraints	
<i>Iterations:</i>	5171065	<i>Total:</i>	557
		<i>Nonlinear:</i>	0
Extended Solver Status		Nonzeros	
<i>Solver Type:</i>	B-and-B	<i>Total:</i>	3598
<i>Best Obj:</i>	4.47734e+010	<i>Nonlinear:</i>	0
<i>Obj Bound:</i>	4.47734e+009	Generator Memory Used (K)	
<i>Steps:</i>	135687	246	
<i>Active:</i>	0	Elapsed Runtime (hh:mm:ss)	
		00:13:47	

Hasil *running* model optimasi pada *software* menyatakan bahwa dibutuhkan waktu selama 13 menit 47 detik untuk mendapatkan hasil fungsi objektif hingga *Global Optimum*. Hal ini menunjukkan bahwa solusi tersebut merupakan hasil yang paling optimum secara keseluruhan dan memenuhi seluruh konstrain yang ada.

Tabel 4. 57 *Output* jumlah unit TOW A yang dipesan

X_{ijtm}	TOW A								
	Jan			Feb			Mar		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	7,200	0	0	3,600	0	0	...	...	...
Solvay	8,400	0	0	8,400	0	0	...	...	...
Eastman	9,600	0	0	9,600	0	0	...	...	...
Jiangsu	0	0	0	0	0	0	...	...	...
	Apr			May			Jun		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Solvay	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Eastman	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Jiangsu	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul			Aug			Sep		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Solvay	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Eastman	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Tabel 4. 57 Output jumlah unit TOW A yang dipesan

X_{ijtm}	TOW A								
Jiangsu
	Oct			Nov			Dec		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	3,600	0	0	3,600	0	0
Solvay	8,400	0	0	8,400	0	0
Eastman	9,600	0	0	9,600	0	0
Jiangsu	0	0	0	0	0	0

Tabel 4. 58 Output jumlah unit TOW B yang dipesan

X_{ijtm}	TOW B								
	Jan			Feb			Mar		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	4,800	0	0	4,800	0	0	...	...	...
Solvay	6,000	0	0	6,000	0	0	...	...	...
Eastman	7,200	0	0	7,200	0	0	...	...	...
Jiangsu	0	0	0	0	0	0	...	...	...
	Apr			May			Jun		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Solvay	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Eastman	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Jiangsu	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul			Aug			Sep		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Solvay	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Eastman	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Jiangsu	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct			Nov			Dec		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	4,800	0	0	4,800	0	0
Solvay	...	...	...	6,000	0	0	6,000	0	0
Eastman	...	...	...	7,200	0	0	7,200	0	0
Jiangsu	...	...	...	0	0	0	0	0	0

Tabel 4. 59 *Output* jumlah unit PZ yang dipesan

X_{ijtm}	PZ								
	Jan			Feb			Mar		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	0	0	0	0	0	0	...	...	...
Solvay	0	0	0	0	0	0	...	...	...
Eastman	0	0	0	0	0	0	...	...	...
Jiangsu	6,000	0	0	3,000	0	0	...	...	...
	Apr			May			Jun		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Solvay	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Eastman	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Jiangsu	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul			Aug			Sep		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Solvay	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Eastman	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Jiangsu	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct			Nov			Dec		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	0	0	0	0	0	0
Solvay	...	...	...	0	0	0	0	0	0
Eastman	...	...	...	0	0	0	0	0	0
Jiangsu	...	...	...	3,000	0	0	3,000	0	0

Tabel 4. 60 *Output inventory raw material impor*

INV_{jt}	Inventory						
	T = 0	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
TOW A	0	2,569	1,521	456	2,974	1,875	759
TOW B	0	5,208	10,346	15,523	20,678	25,845	31,005
PZ	0	2,510	2,034	1,548	1,065	578	91
		Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
TOW A		3,226	2,076	909	3,376	2,226	1,059
TOW B		36,169	41,331	46,494	51,657	56,820	61,983
PZ		2,602	2,112	1,620	1,127	637	145

Tabel 4. 61 *Output* biner pemakaian moda untuk pengiriman *raw material* impor

Y _{it}	Moda 1 = <i>Container</i> 20 ft											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Daicel	1	1	...	...	...	...	...	...	...	...	1	1
Solvay	1	1	...	...	...	...	...	...	...	...	1	1
Eastman	1	1	...	...	...	...	...	...	...	...	1	1
Jiangsu	1	1	...	...	...	...	...	...	...	...	1	1
	Moda 2 = <i>Container</i> 40 ft											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Daicel	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0
Solvay	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0
Eastman	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0
Jiangsu	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0
	Moda 3 = <i>Pesawat</i> kargo											
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Daicel	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0
Solvay	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0
Eastman	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0
Jiangsu	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	0	0

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5

ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini akan di paparkan mengenai analisa dan interpretasi data hasil dari pengolahan data pada subbab sebelumnya.

5.1 Analisis dan interpretasi data *forecast* produk

5.1.1 Forecast produk ACE065927

Dilakukan peramalan permintaan sebanyak 15 periode dengan data historis selama 5 tahun. Metode peramalan yang digunakan yakni metode *exponential smoothing* dengan $\alpha = 0.2$ dan $\alpha = 0.1$, metode Holt's, dan ARIMA. Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan nilai MAPE untuk metode *exponential smoothing* dengan $\alpha = 0.2$ yakni sebesar 42.86%. Nilai MAPE hasil *forecast* dengan metode *exponential smoothing* $\alpha = 0.1$ yakni sebesar 46.98%. Nilai MAPE hasil *forecast* dengan metode Holt's dengan koefisien $\alpha = 0.2$, $\beta = 0.2$ yakni sebesar 48.03%. Sedangkan dengan metode Holt's koefisien $\alpha = 0.2$, $\beta = 0.1$, didapatkan nilai MAPE sebesar 41.58%.

Peramalan permintaan dengan metode Holt's koefisien $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.2$ menghasilkan nilai MAPE sebesar 46.26%, sedangkan peramalan permintaan dengan metode Holt's koefisien $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.1$ dihasilkan nilai MAPE sebesar 56.35%. Metode lainnya yang digunakan untuk peramalan permintaan yakni model ARIMA (1, 0, 1), dimana didapatkan nilai MAPE sebesar 40.71%. Apabila semua nilai MAPE dari semua metode dibandingkan, didapatkan hasil bahwa nilai MAPE untuk peramalan permintaan dengan metode ARIMA model (1, 0, 1) memiliki nilai MAPE terkecil. Maka dari itu, metode ARIMA model (1, 0, 1) kemudian digunakan sebagai metode untuk meramalkan permintaan *filter* rokok selama 15 periode selanjutnya.

5.1.2 Forecast produk ACE068869

Dilakukan peramalan permintaan sebanyak 15 periode dengan data historis selama 5 tahun. Metode peramalan yang digunakan yakni metode *exponential smoothing* dengan $\alpha = 0.2$ dan $\alpha = 0.1$, metode Holt's, dan ARIMA.

Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan nilai MAPE untuk metode *exponential smoothing* dengan $\alpha = 0.2$ yakni sebesar 89.44%. Nilai MAPE hasil *forecast* dengan metode *exponential smoothing* $\alpha = 0.1$ yakni sebesar 59.86%. Nilai MAPE hasil *forecast* dengan metode Holt's dengan koefisien $\alpha = 0.2$, $\beta = 0.2$ yakni sebesar 152.87%. Sedangkan dengan metode Holt's koefisien $\alpha = 0.2$, $\beta = 0.1$, didapatkan nilai MAPE sebesar 123.49%.

Peramalan permintaan dengan metode Holt's koefisien $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.2$ menghasilkan nilai MAPE sebesar 115.48%, sedangkan peramalan permintaan dengan metode Holt's koefisien $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.1$ dihasilkan nilai MAPE sebesar 84.53%. Metode lainnya yang digunakan untuk peramalan permintaan yakni model ARIMA (1, 0, 1) dan ARIMA (1, 0, 0) dimana didapatkan nilai MAPE sebesar 60.91% dan 116.88%. Apabila semua nilai MAPE dari semua metode dibandingkan, didapatkan hasil bahwa nilai MAPE untuk peramalan permintaan dengan metode *exponential smoothing* $\alpha = 0.1$ memiliki nilai MAPE terkecil. Maka dari itu, metode *exponential smoothing* dengan koefisien $\alpha = 0.1$ merupakan metode yang paling sesuai untuk digunakan dalam peramalan permintaan *filter* rokok.

5.1.3 Forecast produk RYO060502

Dilakukan peramalan permintaan sebanyak 15 periode dengan data historis selama 5 tahun. Metode peramalan yang digunakan yakni metode *exponential smoothing* dengan $\alpha = 0.2$ dan $\alpha = 0.1$, metode Holt's, dan ARIMA. Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan nilai MAPE untuk metode *exponential smoothing* dengan $\alpha = 0.2$ yakni sebesar 58.98%. Nilai MAPE hasil *forecast* dengan metode *exponential smoothing* $\alpha = 0.1$ yakni sebesar 57.79%. Nilai MAPE hasil *forecast* dengan metode Holt's dengan koefisien $\alpha = 0.2$, $\beta = 0.2$ yakni sebesar 63.48%. Sedangkan dengan metode Holt's koefisien $\alpha = 0.2$, $\beta = 0.1$, didapatkan nilai MAPE sebesar 63.09%.

Peramalan permintaan dengan metode Holt's koefisien $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.2$ menghasilkan nilai MAPE sebesar 64.70%, sedangkan peramalan permintaan dengan metode Holt's koefisien $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.1$ dihasilkan nilai MAPE sebesar 62.60%. Metode lainnya yang digunakan untuk peramalan permintaan yakni model ARIMA (1, 1, 0) dan ARIMA (0, 1, 1) dimana didapatkan nilai MAPE

sebesar 76.26% dan 53.52%. Apabila nilai MAPE dari semua metode dibandingkan, didapatkan hasil bahwa nilai MAPE untuk peramalan permintaan dengan metode ARIMA (0, 1, 1) memiliki nilai MAPE terkecil. Maka dari itu, metode ARIMA model (0, 1, 1) merupakan metode yang paling sesuai untuk digunakan dalam peralaman permintaan *filter* rokok.

5.1.4 Forecast produk RYO060503

Dilakukan peramalan permintaan sebanyak 15 periode dengan data historis selama 5 tahun. Metode peramalan yang digunakan yakni metode *exponential smoothing* dengan $\alpha = 0.2$ dan $\alpha = 0.1$, metode Holt's, dan ARIMA. Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan nilai MAPE untuk metode *exponential smoothing* dengan $\alpha = 0.2$ yakni sebesar 52.40%. Nilai MAPE hasil *forecast* dengan metode *exponential smoothing* $\alpha = 0.1$ yakni sebesar 43.47%. Nilai MAPE hasil *forecast* dengan metode Holt's dengan koefisien $\alpha = 0.2$, $\beta = 0.2$ yakni sebesar 84.81%. Sedangkan dengan metode Holt's koefisien $\alpha = 0.2$, $\beta = 0.1$, didapatkan nilai MAPE sebesar 61.35%.

Peramalan permintaan dengan metode Holt's koefisien $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.2$ menghasilkan nilai MAPE sebesar 42.46%, sedangkan peramalan permintaan dengan metode Holt's koefisien $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.1$ dihasilkan nilai MAPE sebesar 43.86%. Metode lainnya yang digunakan untuk peramalan permintaan yakni model ARIMA (2, 1, 0); ARIMA (1, 1, 0); dan (ARIMA (0, 1, 1). Nilai MAPE dari ARIMA (2, 1, 0) yakni sebesar 72.69%. Nilai MAPE dari metode ARIMA (1, 1, 0) yakni sebesar 135.83%. Sedangkan nilai MAPE dari metode ARIMA (0, 1, 1) sebesar 35.06%, yang dimana merupakan nilai MAPE terkecil dibandingkan dengan metode peramalan lainnya. Maka dari itu dengan nilai persentase *forecast error* terkecil, metode ARIMA model (0, 1, 1) merupakan metode yang paling sesuai untuk digunakan dalam peralaman permintaan *filter* rokok RYO060503.

5.1.5 Forecast produk RYO060001

Dilakukan peramalan permintaan sebanyak 15 periode dengan data historis selama 5 tahun. Metode peramalan yang digunakan yakni metode *exponential smoothing* dengan $\alpha = 0.2$ dan $\alpha = 0.1$, metode Holt's, dan ARIMA. Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan nilai MAPE untuk metode *exponential smoothing* dengan $\alpha = 0.2$ yakni sebesar 41.10%. Nilai MAPE hasil

forecast dengan metode *exponential smoothing* $\alpha = 0.1$ yakni sebesar 49.86%. Nilai MAPE hasil *forecast* dengan metode Holt's dengan koefisien $\alpha = 0.2$, $\beta = 0.2$ yakni sebesar 49.60%. Sedangkan dengan metode Holt's koefisien $\alpha = 0.2$, $\beta = 0.1$, didapatkan nilai MAPE sebesar 35.92%.

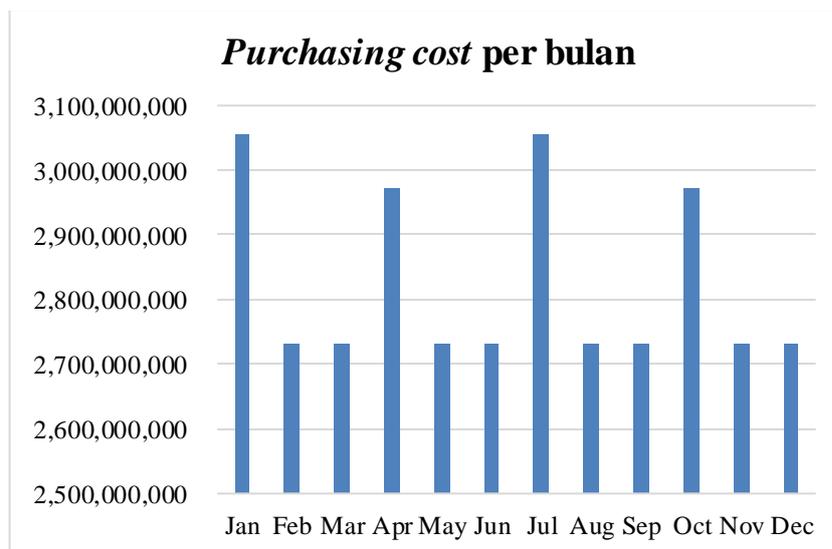
Peramalan permintaan dengan metode Holt's koefisien $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.2$ menghasilkan nilai MAPE sebesar 42.86%, sedangkan peramalan permintaan dengan metode Holt's koefisien $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.1$ dihasilkan nilai MAPE sebesar 50.07%. Metode lainnya yang digunakan untuk peramalan permintaan yakni model ARIMA (1, 1, 0) dengan nilai MAPE sebesar 34.36%. Model ARIMA (1, 1, 0) memiliki nilai MAPE terkecil dibandingkan dengan metode peramalan lainnya. Dengan nilai persentase *forecast error* terkecil tersebut, metode ARIMA model (1, 1, 0) merupakan metode yang paling sesuai untuk digunakan dalam peramalan permintaan *filter* rokok RYO060001.

5.2 Analisis hasil *running* model optimasi

Model optimasi yang dijalankan yakni untuk penentuan *lot sizing raw material* pada *supplier*. Pada *raw material* yang hanya memiliki 1 *supplier*, maka pengadaan bahan hanya akan dialokasikan kepada *supplier* tersebut. Namun ketika terdapat lebih dari 1 *supplier* maka pembelian *raw material* akan dialokasikan ke setiap *supplier* tersebut. Hasil *output lot size* tersebut kemudian dirincikan hingga didapatkan biaya yang dikeluarkan untuk tiap *raw material* pada fungsi tujuan 1 (minimasi biaya pembelian) dan fungsi tujuan 2 (minimasi *holding cost*), serta biaya transportasi yang dikeluarkan apabila menggunakan suatu moda transportasi tertentu untuk melakukan pengiriman dari *supplier*. Tabel perincian biaya untuk tiap fungsi tujuan pada *raw material adhesive, plug wrap*, dan material impor yakni PZ dan TOW disajikan pada bagian lampiran. Berdasarkan hasil tabel rincian biaya tersebut, dapat dirangkum ke dalam grafik terkait *purchasing cost* dan *holding cost*.

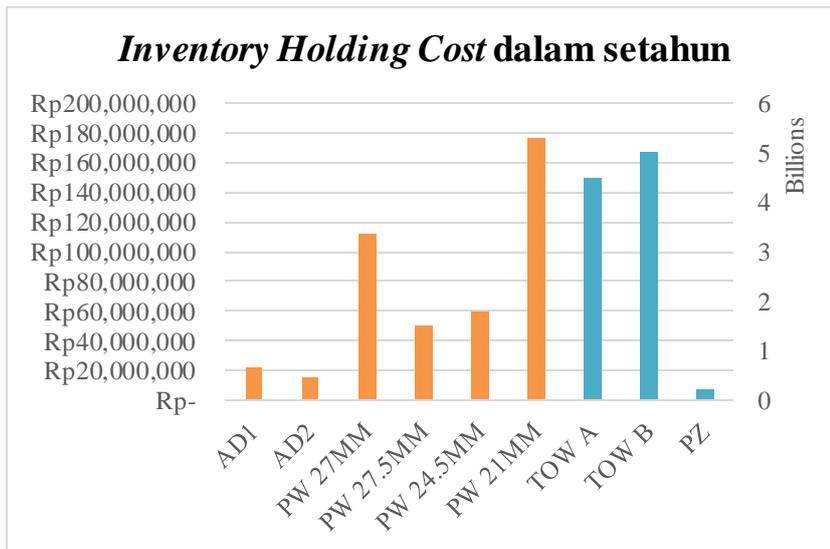


Gambar 5. 1 *Purchasing cost raw material* dalam setahun

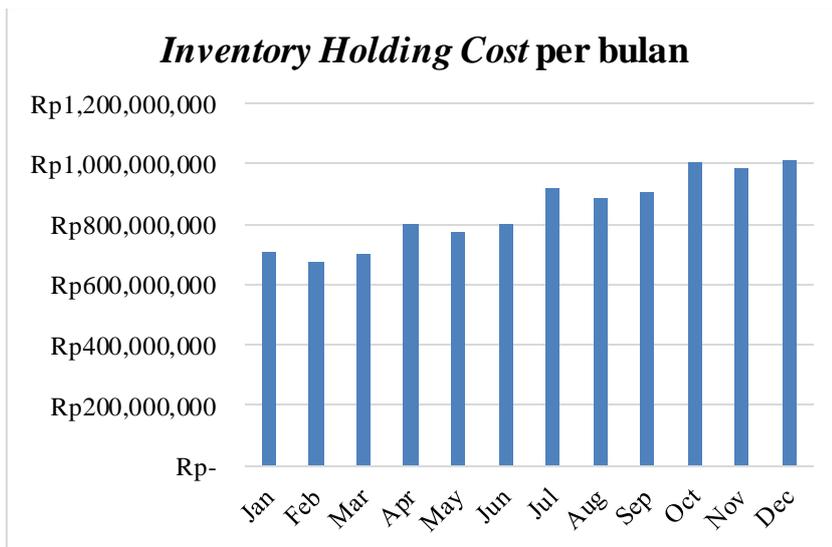


Gambar 5. 2 *Purchasing cost raw material* per bulan

Berdasarkan gambar tersebut, diketahui bahwa *raw material* yang paling besar pengeluarannya yakni material TOW A. Hal ini dikarenakan selain *demand* yang banyak, namun juga karena material tersebut merupakan material impor. Sedangkan berdasarkan gambar 5.2 mengenai *purchasing cost* per bulan, didapatkan hasil bahwa pengeluaran bulan Januari dan Juli merupakan bulan dimana pengeluaran untuk membeli *raw material* paling tinggi.



Gambar 5. 3 *Inventory holding cost* dalam setahun



Gambar 5. 4 *Inventory holding cost* per bulan

Untuk fungsi tujuan kedua, yakni minimasi *holding cost*, diketahui bahwa *material* yang memiliki *inventory cost* paling tinggi yakni TOW B. *Inventory cost* terdiri dari *inventory in transit* dan *warehouse inventory*. Sedangkan untuk pengeluaran *inventory holding cost* per bulan, didapatkan hasil bahwa bulan Desember berkontribusi paling tinggi dalam pengeluaran *holding cost* per bulan. Sedangkan untuk *transportation cost*, berdasarkan rekapitulasi data didapatkan hasil bahwa moda transportasi yang paling sering digunakan untuk pengiriman *raw material* yakni truk engkel untuk *supplier lokal*. Hal ini

disebabkan karena *demand* yang pada umumnya cukup untuk diangkut dalam truk kapasitas 2 ton. Moda transportasi untuk material impor terdiri dari *container 20 feet*, *container 40 feet*, dan pesawat kargo. Berdasarkan hasil optimasi, didapatkan hasil bahwa moda transportasi yang digunakan untuk material impor adalah *container 20 feet*.

5.3 Skema pembelian *raw material adhesive*

Hasil dari *running* optimasi menunjukkan bahwa *adhesive 1* dipasok hanya oleh Henkel karena *single supplier*. Sedangkan untuk *adhesive 2*, terdapat pembagian alokasi antara 2 material yang tersedia untuk memasok *adhesive 2* tersebut. Fungsi objektif yang dihasilkan dari hasil optimasi tersebut yakni sebesar Rp 355,109,381. Berikut merupakan rincian hasil fungsi tujuan.

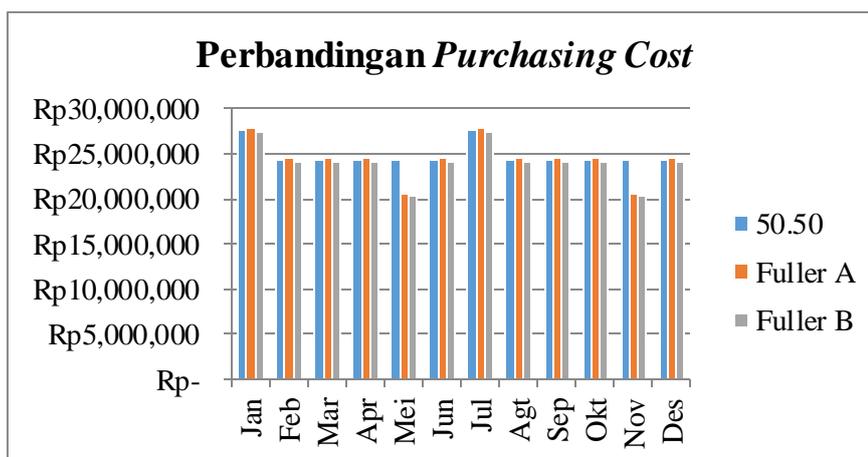
TOTAL COST	Rp 355,109,381
<i>Purchasing cost</i>	Rp 298,455,800
<i>Inventory holding cost</i>	Rp 38,053,581
<i>Transport cost</i>	Rp 18,600,000

Ketika dilakukan perubahan, dimana *raw material adhesive 2* sudah langsung ditentukan akan menggunakan pilihan pertama (Hotmelt Tobacoll), maka dilakukan perubahan jumlah indeks dan dilakukan *running* optimasi kembali. Didapatkan hasil bahwa dengan pembelian *adhesive 1* dari Henkel dan *adhesive 2* Hotmelt Tobacoll dari Fuller memiliki *total cost* sebesar Rp 344,036,981. Dengan diberlakukannya *single sourcing* untuk material, maka tentunya alokasi dari jumlah pembelian secara keseluruhan langsung dipenuhi oleh *supplier* tersebut. Ketika dilakukan perubahan skema pembelian, yakni membeli *raw material adhesive 2* pilihan kedua, yakni Tobacoll dari Fuller maka dilakukan perubahan jumlah indeks dan dilakukan *running* optimasi kembali. Ditemukan bahwa *total cost* yang dikeluarkan apabila membeli Tobacoll untuk *raw material adhesive 2* sebesar Rp 341,104,281.

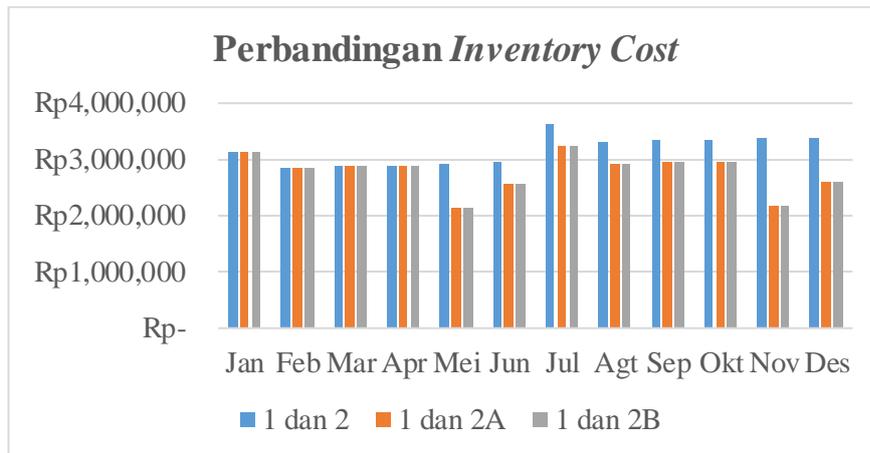
Tabel 5. 1 Perbandingan skema pembelian *raw material adhesive*

Material Adhesive 2	Hotmelt Tobacoll (2)	Cost saving (1 & 2)	Hotmelt Tobacoll & Tobacoll (1)	Cost saving (1 & 3)	Tobacoll (3)
TOTAL COST	Rp 344,036,981	Rp 11,072,400	Rp 355,109,381	Rp 14,005,000	Rp 341,104,381
Purchasing cost	Rp 292,135,400	Rp 6,320,400	Rp 298,455,800	Rp 9,253,000	Rp 289,202,800
Inventory holding cost	Rp 33,301,581	Rp 4,752,000	Rp 38,053,581	Rp 4,752,000	Rp 33,301,581
Transport cost	Rp 18,600,000	Rp -	Rp 18,600,000	Rp -	Rp 18,600,000

Berdasarkan ketiga hasil yang dipaparkan tersebut, ketika perusahaan menerapkan pembelian *raw material single sourcing* untuk *adhesive 1* dan *adhesive 2* didapatkan *total cost* yang rendah dibandingkan dengan *multiple sourcing*. Selain itu, didapatkan bahwa skema pembelian yang memberikan *cost saving* paling banyak yakni apabila perusahaan membeli *adhesive 1* dari Henkel dan *adhesive 2* Tobacoll dari Fuller. Apabila *total cost* dirinci, maka dapat diketahui bahwa komponen biaya yang menyebabkan perbedaan harga tersebut yakni dari komponen *purchasing cost* dan *inventory holding cost*.



Gambar 5. 5 Perbandingan purchasing cost adhesive



Gambar 5. 6 Perbandingan inventory cost adhesive

Berikut merupakan rekapitulasi skema *lot size* untuk 12 periode ke depan dengan pembelian *raw material adhesive 1* dari Henkel dan *adhesive 2* Tobacoll dari Fuller. Keputusan pengiriman tiap material dari tiap *supplier* adalah dengan menggunakan moda truk engkel.

Tabel 5. 2 Lot size adhesive

Lot size (kg)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
Adhesive 1	600	500	500	500	500	500
Adhesive 2	200	200	200	200	100	200
	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Adhesive 1	600	500	500	500	500	500
Adhesive 2	200	200	200	200	100	200

5.4 Skema pembelian raw material plug wrap

Diketahui bahwa untuk tiap *raw material plug wrap* dipasok oleh 2 *supplier*, yakni BMJ dan PPM. Berdasarkan hasil *output running* unit pembelian material tiap bulannya, diketahui bahwa untuk mencapai fungsi tujuan, alokasi pembelian *raw material* dari tiap *supplier* memiliki komposisi yang sama, yakni sebesar 50:50. *Total cost* yang dihasilkan dari skema pembelian tersebut yakni Rp 1,325,906,240.

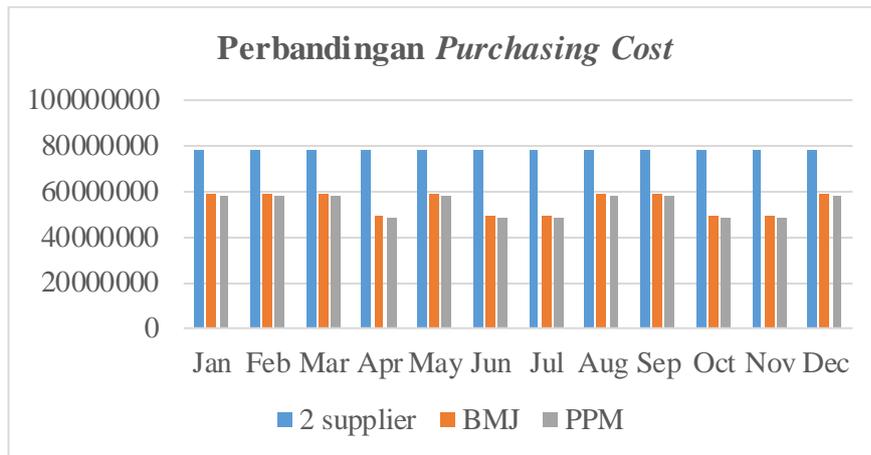
TOTAL COST	Rp 1,325,906,240
Purchasing cost	Rp 939,012,480
Inventory holding cost	Rp 386,893,760
Transport cost	Rp 196,800,000

Apabila dilakukan perubahan *supplier*, yakni hanya memakai 1 *supplier* saja antara BMJ dan PPM, maka perlu dilakukan *running* model kembali dan dievaluasi *total cost* nya. Berdasarkan *running* optimasi, didapatkan hasil bahwa apabila perusahaan memilih untuk *single sourcing* dari PPM saja maka *total cost* yang perlu dikeluarkan yakni sebesar Rp 990,835,480. Sedangkan apabila hanya memakai 1 *supplier* saja yakni BMJ, didapatkan hasil *total cost* sebesar Rp 851,125,760

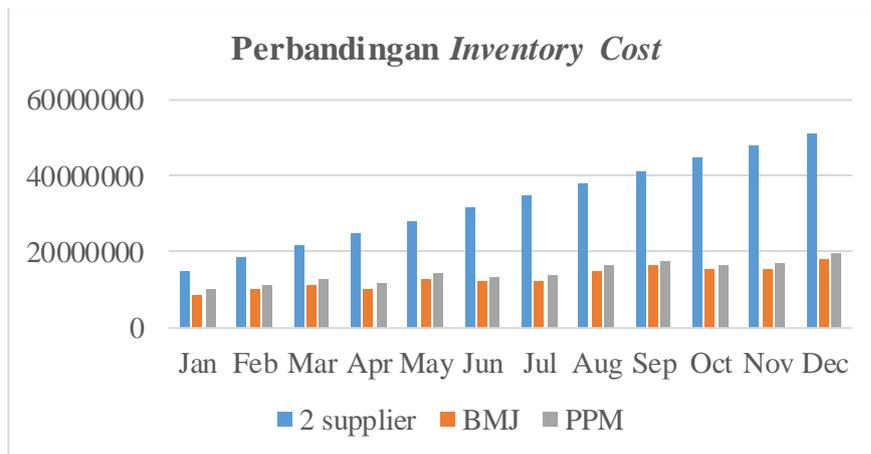
Tabel 5. 3 Perbandingan skema pembelian *raw material Plug Wrap*

	<i>PPM</i> (3)	<i>Cost saving</i> (1 & 3)	BMJ dan PPM (1)	<i>Cost saving</i> (1 & 2)	BMJ (2)
TOTAL COST	Rp 990,834,560	Rp 335,071,680	Rp 1,325,906,240	Rp 474,780,480	Rp 851,125,760
<i>Purchasing cost</i>	Rp 650,352,000	Rp 288,660,480	Rp 939,012,480	Rp 278,660,480	Rp 660,352,000
<i>Inventory holding cost</i>	Rp 175,482,560	Rp 211,411,200	Rp 386,893,760	Rp 227,920,000	Rp 158,973,760
<i>Transport cost</i>	Rp 165,000,000	Rp 31,800,000	Rp 196,800,000	Rp 165,000,000	Rp 31,800,000

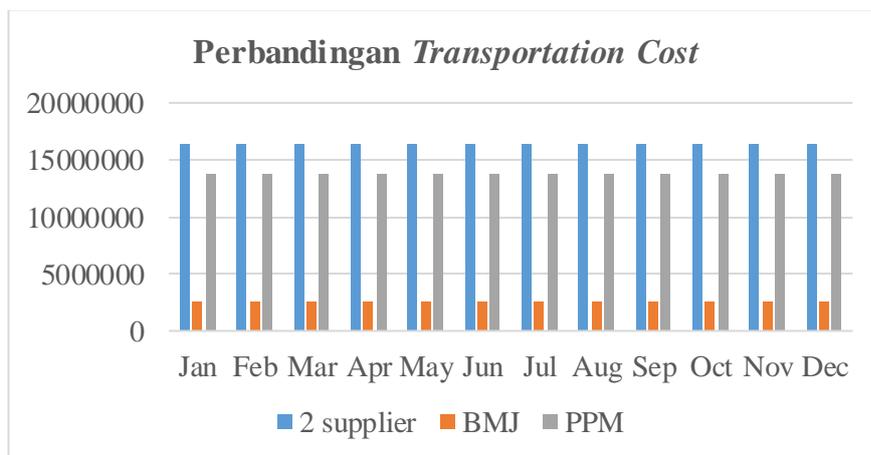
Berdasarkan perbandingan skema pembelian diatas, diketahui bahwa apabila skema pembelian *raw material* dari 1 *supplier* memberikan *cost saving* yang signifikan. Skema pembelian yang memberikan *cost saving* paling besar yakni apabila melakukan pengadaan *raw material single sourcing* dari BMJ. Komponen biaya yang menyebabkan perbedaan terbesar yakni dari *transportation cost*, kemudian diikuti oleh *inventory holding cost* dan *purchasing cost*. Meskipun diketahui bahwa *unit cost plug wrap* dari PPM lebih murah dari *unit cost* yang ditawarkan oleh BMJ, namun terdapat faktor-faktor lainnya yang mempengaruhi keputusan. Salah satu faktor yang paling signifikan yakni pemilihan moda transportasi dan biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan tersebut.



Gambar 5. 7 Perbandingan purchasing cost plug wrap



Gambar 5. 8 Perbandingan inventory cost plug wrap



Gambar 5. 9 Perbandingan transportation cost plug wrap

Gambar grafik perbandingan tiap komponen *cost* menunjukkan perbandingan *costing* tiap bulannya. Pada *purchasing cost*, skema pembelian dari 2 *supplier* menyebabkan besarnya *purchasing cost*. Salah satu penyebabnya yakni ketentuan pembelian dari tiap *supplier* yang berbeda sehingga jumlah pembelian dari setiap *supplier* berbeda. Hal ini kemudian berpengaruh pada *inventory cost*, yang dimana jumlah unit *inventory* bertambah setiap bulannya karena pembelian material. *Transportation cost* apabila menggunakan 2 *supplier* juga lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena *supplier* yang berbeda masing-masing mengantarkan produknya dari lokasi yang berbeda-beda. Berikut merupakan rekapitulasi skema *lot size* untuk 12 periode selanjutnya pembelian *raw material plug wrap* dengan *supplier* BMJ. Keputusan pengiriman tiap material dari *supplier* BMJ yakni dengan menggunakan truk *colt diesel*.

Tabel 5. 4 *Lot size plug wrap*

<i>Supplier BMJ, dengan moda transportasi truk colt diesel</i>						
<i>Lot size (bb)</i>	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
27MM	280	280	280	280	280	280
27.5MM	560	560	560	560	560	280
21MM	560	560	560	280	560	560
24.5MM	280	280	280	280	280	280
	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
27MM	280	280	280	280	280	280
27.5MM	560	560	560	560	280	560
21MM	280	560	560	280	560	560
24.5MM	280	280	280	280	280	280

5.5 Analisis optimasi alokasi pembelian *raw material impor*

Diketahui bahwa terdapat 2 *raw material* yang termasuk dalam kategori impor. Material TOW dapat dipasok oleh 3 *supplier* yang berbeda-beda, sedangkan untuk material PZ dapat dipasok oleh 1 *supplier*. Berdasarkan hasil *running* optimasi, didapatkan hasil bahwa alokasi pembelian *raw material* TOW pada tiap *supplier* memiliki komposisi yang berbeda-beda tiap tahunnya guna memenuhi fungsi tujuan minimasi *total cost*. *Total cost* yang dihasilkan dari skema pembelian tersebut, seperti yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya

yakni sebesar Rp 44,773,378,465. Berikut merupakan *rincian* untuk masing-masing fungsi tujuan.

<i>TOTAL COST</i>	Rp 44,773,378,465
<i>Purchasing cost</i>	Rp 32,684,814,000
<i>Inventory holding cost</i>	Rp 10,200,566,065
<i>Transport cost</i>	Rp 1,887,998,400

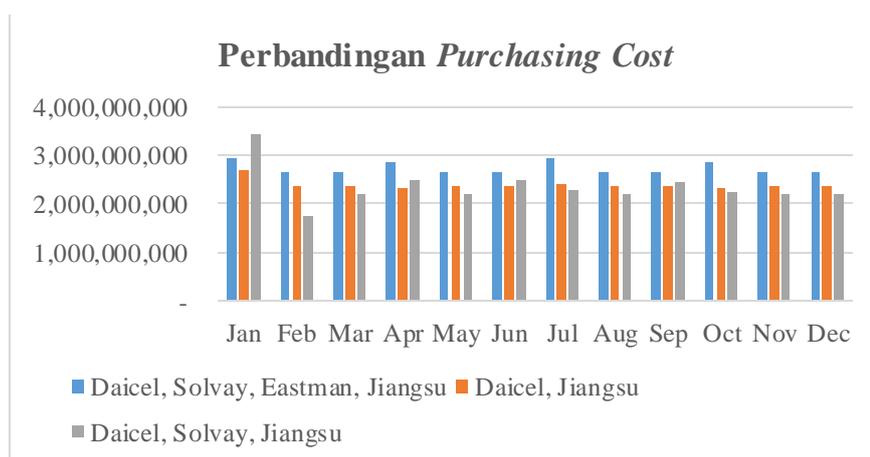
Dilakukan perbandingan dengan 2 skema pengadaan lainnya, yakni apabila hanya memakai *supplier* TOW Daicel dan apabila memakai *supplier* TOW Daicel dan Solvay. Selanjutnya, hasil dari *running* model terkait masing-masing skema tersebut akan menghasilkan nilai *total cost* dan komponen biaya lainnya. Biaya-biaya tersebut kemudian dievaluasi dan dibandingkan antara tiap skema pengadaan. Apabila perusahaan hanya menggunakan Daicel sebagai *supplier* TOW, maka *total cost* yang dikeluarkan yakni sebesar Rp 36,543,835,345. Sedangkan apabila perusahaan menggunakan Daicel dan Solvay sebagai *supplier* material TOW, didapatkan hasil pengeluaran *total cost* sebesar Rp 37,028,502,179.

Tabel 5. 5 Perbandingan skema pembelian *raw material* kategori impor

	<i>Daicel, Jiangsu</i> (2)	<i>Cost saving</i> (1 & 2)	<i>Daicel, Solvay, Eastman, Jiangsu</i> (1)	<i>Cost saving</i> (1 & 3)	<i>Daicel, Solvay, Jiangsu</i> (3)
TOTAL COST	Rp 36,543,835,345	Rp 8,229,543,120	Rp 44,773,378,465	Rp 7,744,876,286	Rp 37,028,502,179
<i>Purchasing cost</i>	Rp 28,864,105,200	Rp 3,820,708,800	Rp 32,684,814,000	Rp 4,470,402,000	Rp 28,214,412,000
<i>Inventory holding cost</i>	Rp 6,156,531,265	Rp 4,044,034,800	Rp 10,200,566,065	Rp 3,147,541,286	Rp 7,053,024,779
<i>Transport cost</i>	Rp 1,523,198,880	Rp 364,799,520	Rp 1,887,998,400	Rp 126,933,000	Rp 1,761,065,400

Berdasarkan perbandingan skema pembelian diatas, diketahui bahwa skema pembelian *raw material* TOW dengan *supplier* Daicel dan pembelian

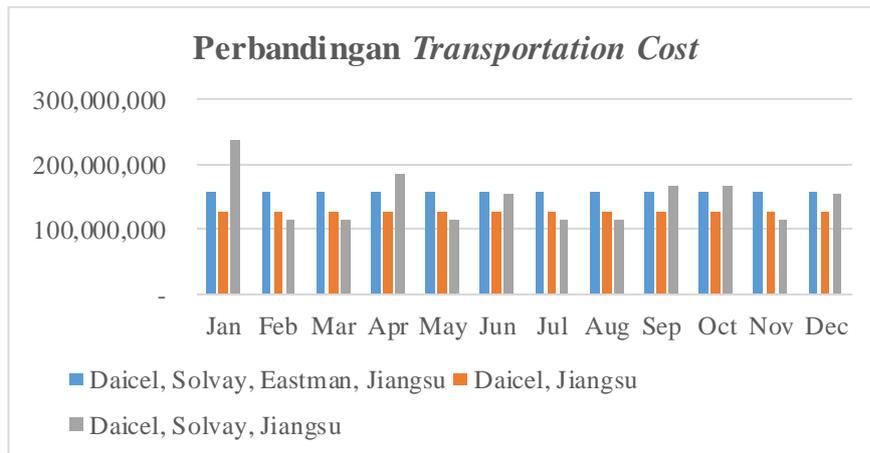
dengan menggunakan *supplier* Daicel dan Solvay terhadap pembelian TOW dari 3 *supplier* memberikan *cost saving* yang signifikan. Skema pembelian yang memberikan *cost saving* paling besar dilihat dari *total cost* yakni pembelian TOW dari *supplier* Daicel dan PZ dari Jiangsu Ruijia. Namun, dapat diketahui juga bahwa *total cost saving* antara pembelian TOW dengan *supplier* Daicel dan dengan *supplier* Daicel dan Solvay memiliki selisih yang kecil yakni sebesar Rp 484,666,384 atau sebesar 1.31%. Hal tersebut dapat menjadi salah satu pertimbangan, dengan mengkaji faktor-faktor lainnya, dalam menentukan keputusan *single sourcing* atau *multiple sourcing* pada penelitian selanjutnya. Berikut ini merupakan grafik perbandingan *purchasing cost*, *inventory holding cost*, dan *transportation cost* tiap skema pembelian material.



Gambar 5. 10 Perbandingan *purchasing cost* material impor



Gambar 5. 11 Perbandingan *inventory cost* material impor



Gambar 5. 12 Perbandingan *transportation cost* material impor

Berdasarkan perhitungan *total cost*, didapatkan hasil bahwa skema pembelian material dengan *total cost* terendah yakni dengan Daicel sebagai *supplier* TOW dan Jiangsu Ruijia sebagai *supplier* PZ. Berikut adalah rekapitulasi alokasi *lot size* material dengan pengiriman menggunakan *container 20ft* dan *container 40ft*.

Tabel 5. 6 *Lot size* material impor

<i>Supplier Daicel, dengan moda transportasi container 20ft</i>						
Lot size (kg)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
TOW A	3,600	10,800	18,000	0	7,200	7,200
TOW B	9,600	4,800	0	9,600	9,600	9,600
PZ	6,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
TOW A	7,200	0	7,200	0	0	3,600
TOW B	9,600	9,600	9,600	9,600	9,600	14,400
PZ	6,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
<i>Supplier Daicel, dengan moda transportasi container 40ft</i>						
Lot size (kg)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
TOW A	21,600	10,800	3,600	25,200	14,400	14,400
TOW B	4,800	9,600	14,400	0	4,800	4,800
PZ	0	0	0	0	0	0
	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
TOW A	18,000	21,600	14,400	25,200	21,600	18,000
TOW B	0	4,800	4,800	0	4,800	0
PZ	0	0	0	0	0	0

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai penarikan kesimpulan yang menjawab tujuan penelitian, serta diberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, dilakukan penarikan kesimpulan yang menjawab tujuan dari penelitian.

1. Dalam melakukan peramalan permintaan untuk produk ACE065927, metode yang paling sesuai yakni dengan ARIMA (1, 0, 1). Metode yang paling sesuai untuk peramalan permintaan produk ACE068869 adalah metode *exponential smoothing* $\alpha = 0.1$. Sedangkan metode peramalan permintaan yang sesuai untuk produk RYO060502 yakni dengan metode ARIMA (0, 1, 1). Untuk produk *filter* RYO060503, metode peramalan permintaan yang paling sesuai yakni metode ARIMA model (0, 1, 1). Metode peramalan permintaan yang paling sesuai untuk produk RYO060001 adalah metode ARIMA (1, 1, 0). Metode *forecasting* yang sesuai untuk tiap produk tersebut dipilih berdasarkan nilai *forecast error* MAPE terendah diantara metode lainnya yang dievaluasi.
2. *Lot size* untuk pemesanan *raw material adhesive* dengan *total cost* terendah adalah dengan menggunakan skema pembelian *adhesive 1* dari Henkel dan *adhesive 2* Tobacoll dari Fuller. Jumlah unit yang dibeli yakni sebesar 600kg pada bulan Januari dan Juli, dan sebesar 500kg pada bulan lainnya untuk *adhesive 1*. Sedangkan *lot size* untuk pembelian *adhesive 2* Tobacoll yakni sebanyak 100kg pada bulan Mei dan November, dan sebanyak 200kg pada bulan lainnya. Pada skema ini, perencanaan pengadaan menggunakan moda transportasi truk engkel.
3. *Lot size* untuk pemesanan *raw material plug wrap* dengan *total cost* terendah adalah dengan skema pembelian material dari BMJ. *Lot size plug wrap 27MM* yakni sebanyak 280bb selama 12 periode dengan

menggunakan moda transportasi *colt diesel*. Sedangkan untuk *plug wrap* 27.5MM, skema pembelian yakni selama 12 periode pada bulan Juni dan Desember membeli 280bb, dan 560bb pada bulan lainnya. *Lot size* untuk *plug wrap* 21MM yakni sebesar 280bb pada bulan Apr, Jul, dan Okt, dan sebesar 560bb pada bulan lainnya. *Lot size* untuk *plug wrap* 24.5MM yakni sebesar 280bb selama 12 periode.

4. *Lot sizing* untuk *raw material* impor TOW adalah dengan menggunakan *supplier* Daicel dan PZ dengan *supplier* Jiangsu Ruijia. *Lot size* TOW A dengan moda *container 20ft* pada bulan Jan = 3,600kg, Feb = 10,800kg, Mar = 18,000kg, Mei, Jun, Jul, dan Sep = 7,200kg, dan Des = 3,600kg. Sedangkan dengan *container 40ft*, *lot size* TOW A pada bulan Jan, Aug, dan Nov = 21,600kg, Feb = 10,800kg, Mar = 3,600kg, Apr dan Okt = 25,200kg, Mei, Jun dan Sep = 14,400kg, Jul dan Des = 18,000kg. *Lot size* untuk TOW B dengan moda *container 20ft* yakni sebesar 9,600kg pada bulan Jan dan Apr-Nov, sebesar 4,800kg pada bulan Feb, dan sebesar 14,400kg pada bulan Des. Sedangkan *lot size* TOW B dengan *container 40ft* yakni sebesar 4,800kg pada bulan Jan, Mei, Jun, Aug, Sep, dan Nov, sebesar 9,600kg pada bulan Feb, dan sebesar 14,400kg pada bulan Mar. *Lot size* untuk material PZ menggunakan moda *container 20ft* sebesar 6,000kg pada bulan Januari dan Juli, dan sebesar 3,000kg pada bulan lainnya.

6.2 Saran

Berikut ini merupakan saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya.

1. Model penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model dimana perencanaan pengadaan *raw material* dapat terintegrasi hanya pada satu model optimasi.
2. Penelitian selanjutnya dapat mengkaji lebih lanjut mengenai kebijakan *single sourcing* maupun *multiple sourcing* untuk pembelian *raw material* yang paling sesuai, dengan mempertimbangkan faktor-faktor lainnya selain *cost*, seperti performansi tiap *supplier*, kualitas, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

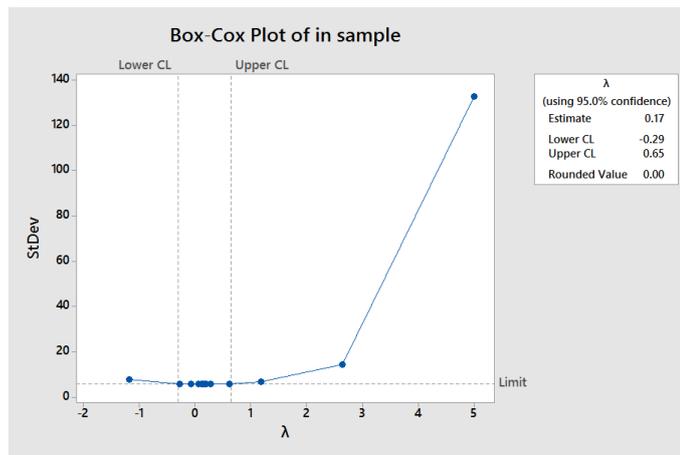
- Arnold, J. T., Chapman, S. N. & Clive, L. M., 2008. *Introduction to Materials Management*. 6th ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Ballou, R. H., 1999. *Business Logistics Management*. 4th ed. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.
- Bazaara, M. S. & Jarvis, J. J., 1977. *Linear Programming and Network Flows*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Chopra, S. & Meindl, P., 2007. *Supply Chain Management: strategy, planning and operation*. 3rd ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Choudhary, D. & Shankar, R., 2013. Joint decision of procurement lot-size, supplier selection, and carrier selection. *Journal of Purchasing & Supply Management*, Volume 19, pp. 16-26.
- DeLurgio, S. A., 1998. *Forecasting Principles and Applications*. International ed. Singapore: McGraw-Hill.
- Fogarty, D. W., Blackstone, Jr., J. H. & Hoffmann, T. R., 1991. *Production & Inventory Management*. 2nd ed. Cincinnati, Ohio: South-Western Publishing Co.
- Hachicha, W., Masmoudi, F., Ammeri, A. & Chabchoub, H., 2010. Case Study for Lot-Sizing Problem in MTO Supply Chain Based on Simulation Optimization Approach. *8th International Conference of Modeling and Simulation*.
- Lezzano, F., 2005. *Kelebihan dan Kelemahan Metode ARIMA*. Diakses pada 7 April 2017 <<https://www.scribd.com/doc/310324455/kelebihan-kekurangan>>
- Meilani, D. & Saputra, R. E., 2013. Pengendalian Persediaan Bahan Baku Vulkanisir Ban. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, pp. 326-334.
- Prima, D. S., Setyanto, N. W. & Tantrika, C. F. M., 2014. Penerapan Sistem MRP untuk Pengendalian Persediaan Bahan Baku Animal Feedmill dengan Lot Sizing Berdasarkan Algoritma Wagner-Within dan Silver-Meal (Studi

- Kasus: PT Sierad Produce, Tbk.). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, pp. 896-906.
- PT Ernst & Young Indonesia, 2015. *Kajian Singkat Potensi Dampak Ekonomi Industri Rokok di Indonesia*.
- Pujawan, I. N. & ER, M., 2010. *Supply Chain Management*. 2nd ed. Surabaya: Guna Widya.
- Rahmayanti, D. & Fauzan, A., 2013. Optimalisasi Sistem Persediaan Bahan Baku Karet Mentah dengan Metode Lot Sizing. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, pp. 317-325.
- Rondonuwu, C. R. M., 2011. *Analisis Perencanaan Produksi dengan Penerapan Sales and Operation Planning (S&OP) di PT Sigma Utama*. Bandung(Jawa Barat): Universitas Widyatama.
- Setiawan, A., Wibowo, A. & Wijaya, S., 2013. *Aplikasi Peramalan Penjualan Kosmetik dengan Metode ARIMA*. Lombok, p. 7.
- Silver, E. A., Pyke, D. F. & Peterson, R., 1998. *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Soegihardjo, O., 1999. Studi Kasus Perbandingan antara Lot-for-lot dan Economic Order Quantity sebagai Metode Perencanaan Penyediaan Bahan Baku. *Jurnal Keilmuan dan terapan Teknik Mesin*, pp. 151-155.
- Songhori, M. J., Tavana, M., Azadeh, A. & Khakbaz, M. H., 2011. A supplier selection and order allocation model with multiple transportation alternatives. *International Journal Advanced Manufacturing Technology*, Volume 52, pp. 365-376.
- Susanti, N. & Sahli, M., 2013. Penerapan Metode Exponential Smoothing dalam Sistem Informasi Pengendalian Persediaan Bahan Baku (Studi Kasus: Toko Tirta Harum). *SIMETRIS*.
- Tannady, H. & Andrew, F., 2013. Analisis Perbandingan Metode Regresi Linier dan Exponential Smoothing dalam Parameter Tingkat Error. *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer*, pp. 242-250.

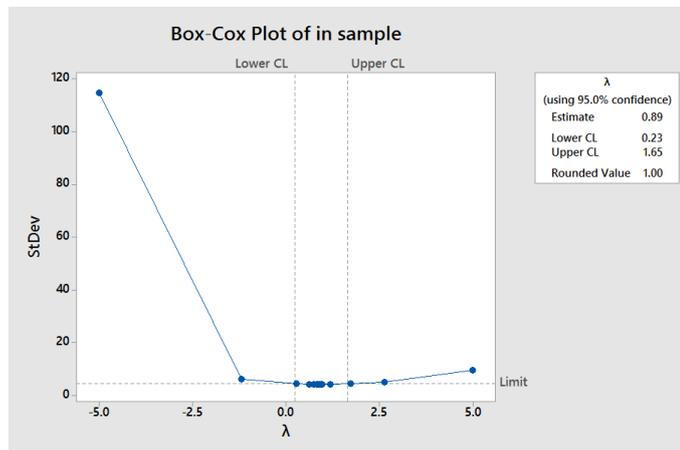
- TCSC-IAKMI, 2012. *TCSC Indonesia*. Diakses pada 13 Maret 2017. <http://tcsc-indonesia.org/wp-content/uploads/2012/08/Fact_Sheet_Industri_Rokok_di_Indonesia.pdf>
- Tersine, R. J., 1994. *Principles of Inventory and Materials Management*. 4th ed. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Utami, T. W. & Darsyah, M. Y., 2015. Peramalan Data Saham dengan Model Winter's. *Statistika*, pp. 41-44.
- Winston, W., 2003. *Operations Research Applications and Algorithms*. 4th ed. Belmont: Brooks/Cole.

LAMPIRAN

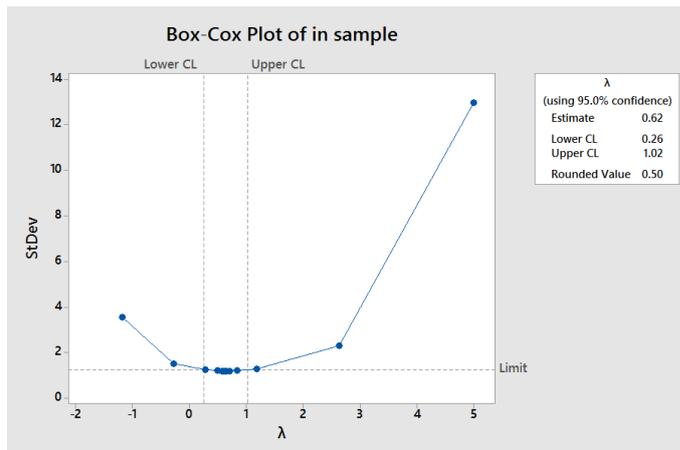
Pada bagian ini akan dilampirkan grafik yang digunakan dalam pengolahan data serta hasil dari pengolahan data lainnya seperti *lot size* selain skema terpilih dan hasil rincian perhitungan *cost*.



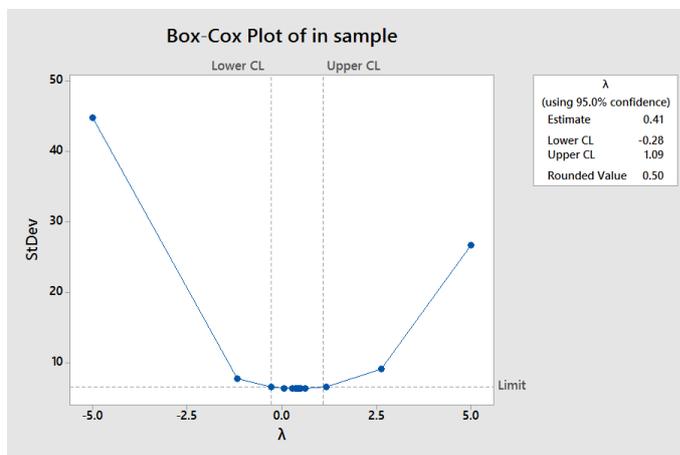
Gambar 1 *Box-Cox plot in sample* ACE068869



Gambar 2 *Box-Cox plot in sample* RYO060502



Gambar 3 Box-Cox plot in sample RYO060503



Gambar 4 Box-Cox plot in sample RYO060001

Tabel 1 Lot size material adhesive 1 dengan supplier Henkel dan Fuller A

Xijtm	Adhesive 1											
	Jan				Feb				Mar			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Henkel	600	0	0	0	500	0	0	0	...	...	...	...
Fuller A	0	0	0	0	0	0	0	0	...	...	...	...
	Apr				May				Jun			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Henkel	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fuller A	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul				Aug				Sep			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Henkel	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fuller A	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Tabel 1 Lot size material adhesive 1 dengan supplier Henkel dan Fuller A

Xijtm	Adhesive 1											
	Oct				Nov				Dec			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Henkel	500	0	0	0	500	0	0	0
Fuller A	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 2 Lot size material adhesive 2 dengan supplier Henkel dan Fuller A

Xijtm	Adhesive 2											
	Jan				Feb				Mar			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Henkel	0	0	0	0	0	0	0	0	...	...	...	...
Fuller A	200	0	0	0	200	0	0	0	...	...	...	...
	Apr				May				Jun			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
	Henkel	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fuller A	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul				Aug				Sep			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
	Henkel	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fuller A	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct				Nov				Dec			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
	Henkel	...	...	...	0	0	0	0	0	0	0	0
Fuller A	...	...	...	100	0	0	0	200	0	0	0	

Tabel 3 Lot size material adhesive 1 dengan supplier Henkel dan Fuller B

Xijtm	Adhesive 1											
	Jan				Feb				Mar			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Henkel	600	0	0	0	500	0	0	0	...	...	...	...
Fuller B	0	0	0	0	0	0	0	0	...	...	...	...
	Apr				May				Jun			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
	Henkel	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fuller B	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul				Aug				Sep			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
	Henkel	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Tabel 3 Lot size material adhesive 1 dengan supplier Henkel dan Fuller B

Xijtm	Adhesive 1											
Fuller B
	Oct				Nov				Dec			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Henkel	500	0	0	0	500	0	0	0
Fuller B	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 4 Lot size material adhesive 2 dengan supplier Henkel dan Fuller B

Xijtm	Adhesive 2											
	Jan				Feb				Mar			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Henkel	0	0	0	0	0	0	0	0	...	...	...	...
Fuller B	200	0	0	0	200	0	0	0	...	...	...	...
	Apr				May				Jun			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Henkel	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fuller B	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul				Aug				Sep			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Henkel	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Fuller B	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct				Nov				Dec			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
Henkel	...	...	...	...	0	0	0	0	0	0	0	0
Fuller B	...	...	...	...	100	0	0	0	200	0	0	0

Tabel 5 Lot size material plug wrap 27MM dengan supplier BMJ

Xijtm	27MM											
	Jan				Feb				Mar			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	0	280	0	0	0	280	0	0	...	...	...	...
	Apr				May				Jun			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul				Aug				Sep			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Tabel 5 Lot size material plug wrap 27MM dengan supplier BMJ

Xijtm	27MM											
	Oct				Nov				Dec			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	0	280	0	0	0	280	0	0

Tabel 6 Lot size material plug wrap 27.5MM dengan supplier BMJ

Xijtm	27.5MM											
	Jan				Feb				Mar			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	0	560	0	0	0	560	0	0	...	...	...	...
	Apr				May				Jun			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul				Aug				Sep			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct				Nov				Dec			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	...	...	...	...	0	560	0	0	0	280	0	0

Tabel 7 Lot size material plug wrap 21MM dengan supplier BMJ

Xijtm	21MM											
	Jan				Feb				Mar			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	0	560	0	0	0	560	0	0	...	...	...	...
	Apr				May				Jun			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul				Aug				Sep			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct				Nov				Dec			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	...	...	...	...	0	560	0	0	0	560	0	0

Tabel 8 Lot size material plug wrap 24.5MM dengan supplier BMJ

Xijtm	24.5MM											
	Jan				Feb				Mar			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	0	280	0	0	0	280	0	0	...	...	...	...
	Apr				May				Jun			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul				Aug				Sep			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct				Nov				Dec			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
BMJ	...	...	...	...	0	280	0	0	0	280	0	0

Tabel 9 Lot size material plug wrap 27MM dengan supplier PPM

Xijtm	27MM 27GSM 6000M											
	Jan				Feb				Mar			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
PPM	280	0	0	0	280	0	0	0	...	...	...	...
	Apr				May				Jun			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
PPM	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul				Aug				Sep			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
PPM	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct				Nov				Dec			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
PPM	...	...	...	...	280	0	0	0	280	0	0	0

Tabel 10 Lot size material plug wrap 27.5MM dengan supplier PPM

Xijtm	27.5MM 27GSM 6000M											
	Jan				Feb				Mar			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
PPM	560	0	0	0	560	0	0	0	...	...	...	...
	Apr				May				Jun			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
PPM	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul				Aug				Sep			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4

Tabel 10 Lot size material plug wrap 27.5MM dengan supplier PPM

Xijtm	27.5MM 27GSM 6000M											
PPM	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct				Nov				Dec			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
PPM	...	...	...	...	280	0	0	0	560	0	0	0

Tabel 11 Lot size material plug wrap 21MM dengan supplier PPM

Xijtm	21MM 27GSM 6000M											
	Jan				Feb				Mar			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
PPM	560	0	0	0	560	0	0	0	...	...	...	...
	Apr				May				Jun			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
PPM	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul				Aug				Sep			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
PPM	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct				Nov				Dec			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
PPM	...	...	...	...	560	0	0	0	560	0	0	0

Tabel 12 Lot size material plug wrap 24.5MM dengan supplier PPM

Xijtm	24.5MM 27GSM 6000M											
	Jan				Feb				Mar			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
PPM	280	0	0	0	280	0	0	0	...	...	...	...
	Apr				May				Jun			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
PPM	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul				Aug				Sep			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
PPM	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct				Nov				Dec			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
PPM	...	...	...	...	280	0	0	0	280	0	0	0

Tabel 13 Lot size material impor (TOW A) dengan supplier Daicel dan Jiangsu

Xijtm	TOW A								
	Jan			Feb			Mar		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	3600	21600	0	10800	10800	0	...	...	...
Jiangsu	0	0	0	0	0	0	...	...	...
	Apr			May			Jun		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Jiangsu	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul			Aug			Sep		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Jiangsu	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct			Nov			Dec		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	0	21600	0	3600	18000	0
Jiangsu	...	...	...	0	0	0	0	0	0

Tabel 14 Lot size material impor (TOW B) dengan supplier Daicel dan Jiangsu

Xijtm	TOW B								
	Jan			Feb			Mar		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	9600	4800	0	4800	9600	0	...	...	...
Jiangsu	0	0	0	0	0	0	...	...	...
	Apr			May			Jun		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Jiangsu	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul			Aug			Sep		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Jiangsu	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct			Nov			Dec		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	9600	4800	0	14400	0	0
Jiangsu	...	...	...	0	0	0	0	0	0

Tabel 15 Lot size material impor (PZ) dengan *supplier* Daicel dan Jiangsu

Xijtm	PZ								
	Jan			Feb			Mar		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	0	0	0	0	0	0	...	...	...
Jiangsu	6000	0	0	3000	0	0	...	...	...
	Apr			May			Jun		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Jiangsu	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul			Aug			Sep		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Jiangsu	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct			Nov			Dec		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	0	0	0	0	0	0
Jiangsu	...	...	...	3000	0	0	3000	0	0

Tabel 16 Lot size material impor (TOW A) dengan *supplier* Daicel, Solvay, dan Jiangsu

Xijtm	TOW A								
	Jan			Feb			Mar		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	10800	10800	0	7200	0	0	...	...	...
Solvay	0	8400	0	8400	0	0	...	...	...
Jiangsu	0	0	0	0	0	0	...	...	...
	Apr			May			Jun		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Solvay	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Jiangsu	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul			Aug			Sep		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Solvay	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Jiangsu	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct			Nov			Dec		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	14400	0	0	0	14400	0

Tabel 16 *Lot size* material impor (TOW A) dengan *supplier* Daicel, Solvay, dan Jiangsu

Xijtm	TOW A								
Solvay	8400	0	0	8400	0	0
Jiangsu	0	0	0	0	0	0

Tabel 17 *Lot size* material impor (TOW B) dengan *supplier* Daicel, Solvay, dan Jiangsu

Xijtm	TOW B								
	Jan			Feb			Mar		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	4800	4800	0	4800	0	0	...	...	...
Solvay	0	12000	0	6000	0	0	...	...	...
Jiangsu	0	0	0	0	0	0	...	...	...
	Apr			May			Jun		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Solvay	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Jiangsu	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul			Aug			Sep		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Solvay	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Jiangsu	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct			Nov			Dec		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	4800	0	0	0	4800	0
Solvay	...	...	...	6000	0	0	6000	0	0
Jiangsu	...	...	...	0	0	0	0	0	0

Tabel 18 *Lot size* material impor (PZ) dengan *supplier* Daicel, Solvay, dan Jiangsu

Xijtm	PZ								
	Jan			Feb			Mar		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	0	0	0	0	0	0	...	...	...
Solvay	0	0	0	0	0	0	...	...	...
Jiangsu	6000	0	0	3000	0	0	...	...	...
	Apr			May			Jun		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3

Daicel	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Solvay	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Jiangsu	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Jul			Aug			Sep		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Solvay	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Jiangsu	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	Oct			Nov			Dec		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Daicel	...	...	...	0	0	0	0	0	0
Solvay	...	...	...	0	0	0	0	0	0
Jiangsu	...	...	...	3000	0	0	3000	0	0

Tabel 19 *Purchasing cost* untuk tiap *raw material* dengan *lot size* hasil optimasi

<i>Raw Material</i>	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	TOTAL
AD1	19,840,200	16,533,500	...	...	...	...	...	...	...	...	...	16,533,500	205,015,400
AD2	7,786,700	7,786,700	...	...	...	...	...	...	...	...	...	7,786,700	93,440,400
PW 27MM	19,562,760	19,562,760	...	...	...	...	...	...	...	...	...	19,562,760	234,753,120
PW 27.5MM	19,562,760	19,562,760	...	...	...	...	...	...	...	...	...	19,562,760	234,753,120
PW 24.5MM	19,562,760	19,562,760	...	...	...	...	...	...	...	...	...	19,562,760	234,753,120
PW 21MM	19,562,760	19,562,760	...	...	...	...	...	...	...	...	...	19,562,760	234,753,120
TOW A	1,673,602,800	1,433,601,600	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1,433,601,600	18,163,224,000
TOW B	1,116,798,000	1,116,798,000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1,116,798,000	13,401,576,000
PZ	160,002,000	80,001,000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	80,001,000	1,120,014,000
TOTAL per mth	3,056,280,740	2,732,971,840	2,732,971,840	2,972,973,040	2,732,971,840	2,732,971,840	3,056,280,740	2,732,971,840	2,732,971,840	2,972,973,040	2,732,971,840	2,732,971,840	

Tabel 20 *Inventory holding cost* tiap *raw material* dengan *lot size* hasil optimasi

Raw Mat	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	TOTAL per material
AD1	Rp 2,271, 909	Rp 1,888, 297	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Rp 1,676,6 49	Rp 22,431,38 1
AD2	Rp 871,20 0	Rp 950,40 0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Rp 1,722,6 00	Rp 15,622,20 0
PW 27MM	Rp 3,942, 400	Rp 4,928, 000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Rp 14,784, 000	Rp 112,358,4 00
PW 27.5M M	Rp 3,153, 920	Rp 3,347, 520	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Rp 5,177,9 20	Rp 50,167,04 0
PW 24.5M M	Rp 3,256, 000	Rp 3,572, 800	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Rp 6,670,4 00	Rp 59,590,08 0
PW 21MM	Rp 4,766, 080	Rp 6,575, 360	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Rp 24,668, 160	Rp 176,605,4 40
TOW A	Rp 411,14 7,223	Rp 356,15 7,807	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Rp 353,077 ,653	Rp 4,497,731 ,542
TOW B	Rp 247,24 8,000	Rp 278,07 6,000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Rp 587,898 ,000	Rp 5,010,354 ,000

Tabel 20 *Inventory holding cost* tiap *raw material* dengan *lot size* hasil optimasi

Raw Mat	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	TOTAL per material
PZ	Rp 34,697 ,670	Rp 19,426 ,428	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Rp 14,388, 465	Rp 238,880,5 23
TOTAL per mth	Rp711 ,354,4 02	Rp674 ,922,6 12	Rp700 ,908,8 90	Rp798 ,665,1 63	Rp776 ,356,3 89	Rp801 ,894,6 76	Rp922 ,002,5 20	Rp884 ,968,9 71	Rp910 ,157,5 99	Rp 1,007,5 70,318	Rp984 ,875,2 19	Rp 1,010,0 63,847	

Tabel 21 *Transportation cost* dengan moda transportasi 1

	M1											
SUPPLIER	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Henkel	Rp750, 000	Rp 750,000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Rp 750,000
Fuller	Rp800, 000	Rp 800,000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Rp 800,000
BMJ	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	0
PPM	Rp13,7 50,000	Rp 13,750, 000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Rp 13,750, 000
Daicel	Rp29,3 33,400	Rp 29,333, 400	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Rp 29,333, 400
Solvay	Rp58,6	Rp	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Rp

Tabel 21 *Transportation cost* dengan moda transportasi 1

	M1											
SUPPLIER	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
	66,600	58,666,600										58,666,600
Eastman	Rp42,666,600	Rp42,666,600	Rp42,666,600
Jiangsu Ruijia	Rp26,666,600	Rp26,666,600	Rp26,666,600
TOTAL per mth	Rp172,633,200											

Tabel 22 *Transportation cost* dengan moda transportasi 2

	M2											
SUPPLIER	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Henkel	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	0
Fuller	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	0
BMJ	Rp3,000,000	Rp3,000,000	...	...	...	...	...	...	...	...	...	Rp3,000,000
PPM	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	0
Daicel	0	0	...	...	...	...	...	...	...	...	...	0

Tabel 22 *Transportation cost* dengan moda transportasi 2

	M2											
SUPPLIER	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Solvay	0	0	0
Eastman	0	0	0
Jiangsu Ruijia	0	0	0
TOTAL per mth	Rp 3,000,000											

Tabel 23 *Transportation cost* dengan moda transportasi 3 & 4

SUPPLIER	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Henkel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fuller	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BMJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PPM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Daicel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solvay	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eastman	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jiangsu Ruijia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BIOGRAFI PENULIS



Ratih Dewi Ramadhani lahir di Jakarta pada 5 Februari 1996. Penulis merupakan anak pertama dari Bapak Bimo Agus Prihatono dan Ibu Hesti Silvyanti. Pendidikan formal yang telah ditempuh yakni dimulai dari SD di Al-Azhar Bumi Serpong Damai (2001-2007), SMP di Al-Azhar Bumi Serpong Damai (2007-2010), dan SMA di Al-Azhar Bumi Serpong Damai (2010-2013), Kota Tangerang Selatan hingga menempuh pendidikan Sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya. Pada masa SMA, penulis sempat aktif dalam OSIS sebagai ketua pengurus ekskul Desain Grafis dan juga sebagai panitia-panitia dalam setiap kegiatan yang diselenggarakan oleh OSIS. Dalam bidang akademik, penulis sempat mengikuti OSN Teknologi Informasi dan Komunikasi namun hanya mencapai tingkat Kabupaten.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam organisasi AIESEC Surabaya selama 2 tahun. Penulis pernah berperan sebagai staf *Non Corporate Business Development* (2014-2015), *Exchanger Account Task Force Business Development* (2015), dan sebagai *Exchange Participant Mentor* oGCDP (2015-2016). Selain itu, penulis juga pernah tergabung dalam *Regional Sales Team East Java* (2016) yang dikoordinir oleh AIESEC Indonesia. Dalam lingkup organisasi pada departemen, penulis pernah berpartisipasi sebagai panitia dalam program kerja divisi IE Fair yakni INCHALL pada tahun 2015, 2016, dan 2017. Penulis pernah melakukan magang industri di perusahaan manufaktur filter pada divisi *supply chain* agar dapat belajar untuk mengimplementasikan keilmuan Teknik Industri yang telah didalami. Apabila terdapat pertanyaan terkait penelitian tugas akhir, dapat menghubungi penulis di ratih5@yahoo.com.