



TESIS-SM 142501

# **OPTIMASI PORTOFOLIO DALAM MANAJEMEN INVESTASI SAHAM BERDASARKAN PADA PREDIKSI HARGA SAHAM**

Irma Fitria  
1214 201 038

DOSEN PEMBIMBING  
Prof. Dr. Erna Apriliani, M.Si.  
Endah R. M. Putri, Ph.D.

**PROGRAM MAGISTER  
JURUSAN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**



THESIS-SM 142501

**PORTFOLIO OPTIMIZATION IN STOCK  
INVESTMENT MANAGEMENT BASED ON STOCK  
PRICE PREDICTION**

Irma Fitria  
1214 201 038

SUPERVISOR  
Prof. Dr. Erna Apriliani, M.Si.  
Endah R. M. Putri., Ph.D.

**MASTER'S DEGREE  
MATHEMATICS DEPARTMENT  
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2016**

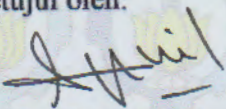
**OPTIMASI PORTOFOLIO DALAM MANAJEMEN  
INVESTASI SAHAM BERDASARKAN PADA PREDIKSI  
HARGA SAHAM**

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat mendapatkan gelar  
Magister Sains (M.Si)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

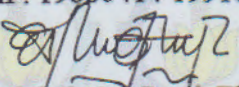
Oleh:  
IRMA FITRIA  
NRP. 1214 201 038

Tanggal Ujian : 11 Januari 2016  
Periode Wisuda : Maret 2016

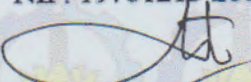
Disetujui oleh:

  
Prof. Dr. Erna Apriliani, M.Si.  
NIP. 19660414 199102 2 001

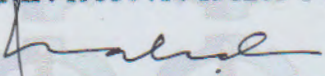
(Pembimbing I)

  
Endah R. M. Putri, Ph.D.  
NIP. 19761213 200212 2 001

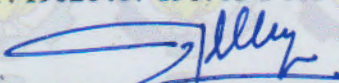
(Pembimbing II)

  
Dr. Hariyanto, M.Si.  
NIP. 19530414 198203 1 002


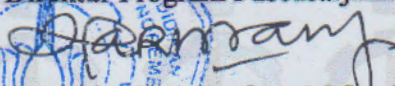
(Penguji)

  
Dr. Mahmud Yunus, M.Si.  
NIP. 19620407 198703 1 005

(Penguji)

  
Dr. Dwi Ratna Sulistyoningrum, S.Si., MT.  
NIP. 19690405 199403 2 003

(Penguji)

  
Direktur Program Pascasarjana  
  
Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 19601202 198701 1 001

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xxiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....</b>	<b>7</b>
2.1 Penelitian Terdahulu .....	7
2.2 Investasi .....	8
2.3 <i>Return</i> Dalam Investasi Saham .....	9
2.4 Model Matematika dalam Portofolio Investasi Saham .....	10
2.5 Model Peramalan ARIMA .....	11
2.6 Prosedur Pembentukan Model Peramalan ARIMA .....	12
2.7 Kalman Filter .....	16
2.8 <i>Model Predictive Control (MPC)</i> .....	17
<b>BAB III METODA PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
<b>BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>29</b>
4.1 Pembentukan Model Peramalan Harga Saham PT. Unilever Indonesia Tbk.....	29
4.2 Pembentukan Model Peramalan Harga Saham PT. Astra Internasional Tbk.....	41

4.3	Pembentukan Model Peramalan Harga Saham Perusahaan Gas Negara.....	48
4.4	Implementasi Kalman Filter Dalam Hasil Peramalan ARIMA ....	55
4.5	Simulasi Peramalan Harga Saham .....	58
4.6	Akurasi Hasil Peramalan ARIMA dan ARIMA-Kalman Filter....	78
4.7	Perhitungan Nilai <i>Return</i> Saham.....	86
4.8	Analisis Model Matematika Dalam Portofolio Investasi Saham ..	89
4.9	Penerapan <i>Model Predictive Control</i> (MPC) Dalam Optimasi Portofolio pada Investasi saham .....	92
4.10	Simulasi Penerapan MPC dalam Optimasi Portofolio pada Investasi Saham.....	98
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>119</b>
5.1	Simpulan.....	119
5.2	Saran.....	120
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>121</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>125</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>		<b>175</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Estimasi Parameter Model ARIMA([1],1,0) Dengan Konstanta ( $\mu$ ) .....	35
Tabel 4.2	Estimasi Parameter Model Peramalan ARIMA([1],1,0) Tanpa Konstanta ( $\mu$ ) .....	36
Tabel 4.3	Uji Asumsi Model Peramalan ARIMA Saham PT. Unilever Indonesia Tbk. ....	39
Tabel 4.4	<i>Overfitting</i> Model Peramalan ARIMA Saham PT. Unilever Indonesia Tbk. ....	40
Tabel 4.5	Uji Asumsi Model Peramalan ARIMA Saham PT. Astra Internasional Tbk. ....	46
Tabel 4.6	<i>Overfitting</i> Model Peramalan ARIMA Saham PT. Astra Internasional Tbk. ....	47
Tabel 4.7	Uji Asumsi Model Peramalan ARIMA Saham Perusahaan Gas Negara.....	53
Tabel 4.8	<i>Overfitting</i> Model Peramalan ARIMA Saham Perusahaan Gas Negara.....	54
Tabel 4.9	Nilai Parameter Dalam Implementasi Algoritma Kalman Filter. ....	59
Tabel 4.10	Nilai MAPE (%) Hasil Peramalan Harga Saham Kasus Pertama.....	79
Tabel 4.11	Perubahan MAPE Peramalan Harga Saham Kasus Pertama .....	79
Tabel 4.12	Waktu Komputasi Peramalan Harga Saham Kasus Pertama .....	79
Tabel 4.13	Nilai MAPE (%) Hasil Peramalan Harga Saham Kasus Kedua.....	81
Tabel 4.14	Perubahan MAPE Peramalan Harga Saham Kasus Kedua .....	81
Tabel 4.15	Waktu Komputasi Peramalan Harga Saham Kasus Kedua.....	81
Tabel 4.16	Nilai MAPE(%) Hasil Peramalan ARIMA <i>Multistep</i> dan ARIMA <i>Multistep</i> – Kalman Filter dengan Adanya <i>Jump</i> .....	83
Tabel 4.17	Perubahan MAPE Peramalan ARIMA <i>Multistep</i> dan ARIMA <i>Multistep</i> – Kalman Filter dengan Adanya <i>Jump</i> .....	83
Tabel 4.18	Waktu Komputasi Peramalan ARIMA <i>Multistep</i> dan ARIMA <i>Multistep</i> – Kalman Filter dengan Adanya <i>Jump</i> .....	83

Tabel 4.19	Nilai MAPE(%) Hasil Peramalan ARIMA <i>Onestep</i> dan ARIMA <i>Onestep</i> – Kalman Filter dengan Adanya <i>Jump</i> .....	84
Tabel 4.20	Perubahan MAPE Peramalan ARIMA <i>Onestep</i> dan ARIMA <i>Onestep</i> – Kalman Filter dengan Adanya <i>Jump</i> .....	85
Tabel 4.21	Waktu Komputasi Peramalan ARIMA <i>onestep</i> dan ARIMA <i>Onestep</i> – Kalman Filter dengan Adanya <i>Jump</i> .....	85
Tabel 4.22	Contoh Nilai <i>Return</i> Saham.....	88
Tabel 4.23	Nilai Parameter Pada Optimasi Portofolio .....	98
Tabel 4.24	Nilai Numerik Hasil Simulasi pada Pengamatan Tanggal 9 Juli 2015 sampai 15 Juli 2015 .....	107
Tabel 4.25	Nilai Numerik Hasil Simulasi pada Pengamatan Tanggal 6 Oktober 2015 sampai 8 Oktober 2015.....	112
Tabel 4.26	Perbandingan Pencapaian Total Modal dalam Portofolio Berdasarkan Hasil Prediksi Harga Saham Kasus Pertama .....	116
Tabel 4.27	Perbandingan Pencapaian Total Modal dalam Portofolio Berdasarkan Hasil Prediksi Harga Saham Kasus Kedua.....	116

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Dasar MPC .....	17
Gambar 2.2	Kalkulasi Keluaran Proses dan Pengendali Terprediksi.....	18
Gambar 3.1	Diagram Alir Metode Penelitian .....	27
Gambar 4.1	Plot Box-Cox Saham PT. Unilever Indonesia Tbk. ....	30
Gambar 4.2	<i>Time Series Plot</i> Harga Saham PT. Unilever Indonesia Tbk. ....	32
Gambar 4.3	<i>Time Series Plot</i> dari Hasil <i>Differencing</i> Harga Saham PT. Unilever Indonesia Tbk. ....	33
Gambar 4.4	Plot ACF Saham PT. Unilever Indonesia Tbk.. ....	34
Gambar 4.5	Plot PACF Saham PT. Unilever Indonesia Tbk. ....	34
Gambar 4.6	Uji Residual Berdistribusi Normal pada Model ARIMA([1],1,0) tanpa Konstanta $\mu$ .....	38
Gambar 4.7	Plot Box-Cox Saham PT. Astra Internasional Tbk .....	41
Gambar 4.8	<i>Time Series Plot</i> Harga Saham PT. Astra Internasional Tbk. ....	43
Gambar 4.9	<i>Time Series Plot</i> dari Hasil <i>Differencing</i> Harga Saham PT. Astra Internasional Tbk. ....	44
Gambar 4.10	Plot ACF Saham PT. Astra Internasional Tbk. ....	45
Gambar 4.11	Plot PACF Saham PT. Astra Internasional Tbk. ....	45
Gambar 4.12	Plot Box-Cox Saham Perusahaan Gas Negara .....	49
Gambar 4.13	<i>Time Series Plot</i> Harga Saham Perusahaan Gas Negara .....	50
Gambar 4.14	<i>Time Series Plot</i> dari Hasil <i>Differencing</i> Harga Saham Perusahaan Gas Negara .....	51
Gambar 4.15	Plot ACF Saham Perusahaan Gas Negara.....	52
Gambar 4.16	Plot PACF Saham Perusahaan Gas Negara.....	52
Gambar 4.17	Grafik Peramalan Harga Saham PT. Unilever Indonesia Tbk. Kasus Pertama .....	60
Gambar 4.18	Grafik Peramalan Harga Saham PT. Astra Internasional Tbk. Kasus Pertama .....	61
Gambar 4.19	Grafik Peramalan Harga Saham Perusahaan Gas Negara Kasus Pertama .....	62

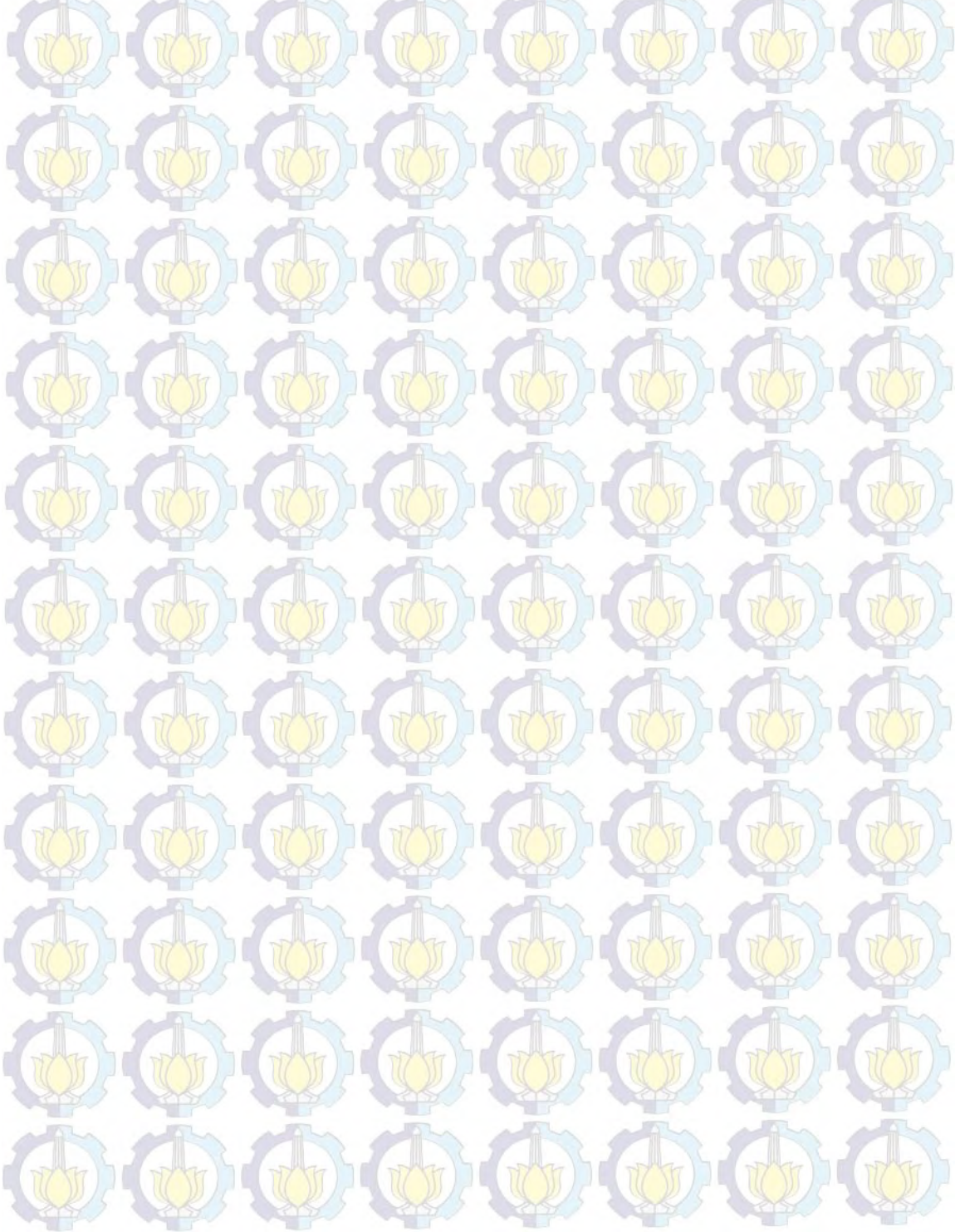


Gambar 4.20	Error Mutlak Hasil Peramalan PT. Unilever Indonesia Tbk. Kasus Pertama.....	64
Gambar 4.21	Error Mutlak Hasil Peramalan PT. Astra Internasional Tbk. Kasus Pertama.....	64
Gambar 4.22	Error Mutlak Hasil Peramalan Perusahaan Gas Negara Kasus Pertama.....	65
Gambar 4.23	Grafik Peramalan Harga Saham PT. Unilever Indonesia Tbk. Kasus Kedua .....	66
Gambar 4.24	Grafik Peramalan Harga Saham PT. Astra Internasional Tbk. Kasus Kedua .....	67
Gambar 4.25	Grafik Peramalan Harga Saham Perusahaan Gas Negara Kasus Kedua .....	68
Gambar 4.26	Error Mutlak Peramalan Harga Saham PT. Unilever Indonesia Tbk. Kasus Kedua .....	69
Gambar 4.27	Error Mutlak Peramalan Harga Saham PT. Astra Internasional Tbk. Kasus Kedua.....	69
Gambar 4.28	Error Mutlak Peramalan Harga Saham Perusahaan Gas Negara Kasus Kedua .....	70
Gambar 4.29	Grafik Peramalan Harga Saham PT. Unilever Indonesia Tbk. dengan Adanya <i>Jump</i> Menggunakan ARIMA <i>Multistep</i> dan ARIMA <i>Multistep</i> – Kalman Filter.....	71
Gambar 4.30	Grafik Peramalan Harga Saham PT. Astra Internasional Tbk. dengan Adanya <i>Jump</i> Menggunakan ARIMA <i>Multistep</i> dan ARIMA <i>Multistep</i> – Kalman Filter.....	71
Gambar 4.31	Grafik Peramalan Harga Saham Perusahaan Gas Negara dengan Adanya <i>Jump</i> Menggunakan ARIMA <i>Multistep</i> dan ARIMA <i>Multistep</i> – Kalman Filter .....	72
Gambar 4.32	<i>Error</i> Mutlak Peramalan Harga Saham PT. Unilever Indonesia Tbk. dengan Adanya <i>Jump</i> Menggunakan ARIMA <i>Multistep</i> dan ARIMA <i>Multistep</i> – Kalman Filter .....	73

Gambar 4.33	<i>Error Mutlak Peramalan Harga Saham PT. Astra Internasional Tbk. dengan Adanya Jump Menggunakan ARIMA Multistep dan ARIMA Multistep – Kalman Filter</i> .....	74
Gambar 4.34	<i>Error Mutlak Peramalan Harga Saham Perusahaan Gas Negara dengan Adanya Jump Menggunakan ARIMA Multistep dan ARIMA Multistep – Kalman Filter</i> .....	74
Gambar 4.35	<i>Grafik Peramalan Harga Saham PT. Unilever Indonesia Tbk. dengan Adanya Jump Menggunakan ARIMA Onestep dan ARIMA Onestep – Kalman Filter</i> .....	75
Gambar 4.36	<i>Grafik Peramalan Harga Saham PT. Astra Internasional Tbk. dengan Adanya Jump Menggunakan ARIMA Onestep dan ARIMA Onestep – Kalman Filter</i> .....	75
Gambar 4.37	<i>Grafik Peramalan Harga Saham Perusahaan Gas Negara dengan Adanya Jump Menggunakan ARIMA Onestep dan ARIMA Onestep – Kalman Filter</i> .....	76
Gambar 4.38	<i>Error Mutlak Peramalan Harga Saham PT. Unilever Indonesia Tbk. dengan Adanya Jump Menggunakan ARIMA Onestep dan ARIMA Onestep – Kalman Filter</i> .....	77
Gambar 4.39	<i>Error Mutlak Peramalan Harga Saham PT. Astra Internasional dengan Adanya Jump Menggunakan ARIMA Onestep dan ARIMA Onestep – Kalman Filter</i> .....	77
Gambar 4.40	<i>Error Mutlak Peramalan Harga Saham Perusahaan Gas Negara dengan Adanya Jump Menggunakan ARIMA Onestep dan ARIMA Onestep – Kalman Filter</i> .....	78
Gambar 4.41	<i>Return Saham Berdasarkan Prediksi ARIMA Multistep</i> .....	87
Gambar 4.42	<i>Return Saham Berdasarkan Prediksi ARIMA Multistep - Kalman Filter</i> .....	87
Gambar 4.43	<i>Skema Aliran Modal dalam Portofolio Investor</i> .....	89
Gambar 4.44	<i>Nilai <math>p_1</math> dan <math>q_1</math> untuk Saham PT. Unilever Indonesia Tbk.</i> .....	99
Gambar 4.45	<i>Nilai <math>p_2</math> dan <math>q_2</math> untuk Saham PT. Astra Internasional Tbk.</i> .....	100
Gambar 4.46	<i>Nilai <math>p_3</math> dan <math>q_3</math> untuk Saham Perusahaan Gas Negara</i> .....	100
Gambar 4.47	<i>Nilai Transfer Dana Pinjaman dalam Portofolio</i> .....	101

Gambar 4.48	Perubahan Jumlah Modal Investor pada Aset Saham.....	102
Gambar 4.49	Perubahan Jumlah Modal Investor pada Aset Bebas Risiko dan Jumlah Pinjaman Modal Investor.....	102
Gambar 4.50	Nilai $p_1$ dan $q_1$ pada Tanggal 9 Juli 2015 sampai 23 Juli 2015 untuk Saham PT. Unilever Indonesia Tbk.....	103
Gambar 4.51	Nilai $p_2$ dan $q_2$ pada Tanggal 9 Juli 2015 sampai 23 Juli 2015 untuk Saham PT. Astra Internasional Tbk.....	104
Gambar 4.52	Nilai $p_3$ dan $q_3$ pada Tanggal 9 Juli 2015 sampai 23 Juli 2015 untuk Saham Perusahaan Gas Negara.....	104
Gambar 4.53	Nilai transfer dana pinjaman Tanggal 9 Juli 2015 sampai 23 Juli 2015.....	105
Gambar 4.54	Perubahan Jumlah Modal Investor pada Aset Saham Tanggal 9 Juli 2015 sampai 23 Juli 2015.....	105
Gambar 4.55	Perubahan Modal Investor pada Aset Bebas Risiko dan Jumlah Pinjaman Modal pada Tanggal 9 Juli 2015 sampai 23 Juli 2015..	106
Gambar 4.56	Perubahan Total Modal yang dimiliki Investor Tanggal 9 Juli 2015 sampai 23 Juli 2015.....	106
Gambar 4.57	Nilai $p_1$ dan $q_1$ Tanggal 29 September 2015 sampai 12 Oktober 2015 untuk Saham PT. Unilever Indonesia Tbk.....	109
Gambar 4.58	Nilai $p_2$ dan $q_2$ Tanggal 29 September 2015 sampai 12 Oktober 2015 untuk Saham PT. Astra Internasional Tbk.....	109
Gambar 4.59	Nilai $p_3$ dan $q_3$ Tanggal 29 September 2015 sampai 12 Oktober 2015 untuk Saham Perusahaan Gas Negara .....	110
Gambar 4.60	Nilai transfer dana pinjaman Tanggal 29 September 2015 sampai 12 Oktober 2015 .....	110
Gambar 4.61	Perubahan Jumlah Modal Investor pada Aset Saham Tanggal 29 September 2015 sampai 12 Oktober 2015.....	111
Gambar 4.62	Perubahan Modal Investor pada Aset Bebas Risiko dan Jumlah Pinjaman Modal Tanggal 29 September 2015 sampai 12 Oktober 2015 .....	111

Gambar 4.63	Perubahan Total Modal yang dimiliki Investor Tanggal 29 September 2015 sampai 12 Oktober 2015.....	112
Gambar 4.64	Perubahan Total Modal Investor di dalam Portofolio .....	114
Gambar 4.65	Perbandingan Total Modal dalam Investasi di Portofolio Saham dan di Bank.....	115





Halaman ini sengaja dikosongkan.

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirobbil'aalamiin, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, petunjuk serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul

### **“OPTIMASI PORTOFOLIO DALAM MANAJEMEN INVESTASI SAHAM BERDASARKAN PADA PREDIKSI HARGA SAHAM”**

sebagai salah satu syarat kelulusan Program Magister Jurusan Matematika, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Semoga shalawat serta salam tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing umatnya dari zaman jahiliyah menuju jaman terang benderang yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tesis ini dapat terselesaikan dengan baik berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc., Es., Ph.D. selaku Rektor ITS.
2. Bapak Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D. selaku Direktur Program Pascasarjana ITS.
3. Bapak Dr. Imam Mukhlash, MT. selaku Ketua Jurusan Matematika ITS yang telah memberikan banyak motivasi serta saran selama perkuliahan hingga terselesaikannya Tesis ini.
4. Bapak Dr. Subiono, M.S. selaku Ketua Program Studi Pascasarjana Matematika ITS.
5. Ibu Prof. Dr. Erna Apriliani, M.Si. dan Ibu Endah R. M. Putri, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu, membimbing, memberikan masukan ilmu, arahan, dan motivasi kepada penulis dalam mengerjakan Tesis ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

6. Bapak Dr. Hariyanto, M.Si., Bapak Dr. Mahmud Yunus, M.Si, dan Ibu Dr. Dwi Ratna Sulistyaningrum, MT. selaku Dosen Penguji atas semua saran yang telah diberikan demi perbaikan Tesis ini.

7. Bapak Subchan, Ph.D. dan Bapak Prof. Dr. M. Isa Irawan, MT. selaku Dosen Wali penulis yang telah banyak memberikan arahan akademik selama penulis menempuh pendidikan S2 di Jurusan Matematika FMIPA ITS.

8. Bapak dan Ibu dosen serta para staf Program Studi Pascasarjana Jurusan Matematika ITS yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

9. Dikti yang telah memberikan bantuan dana studi S2 kepada penulis melalui Beasiswa Fresh Graduate.

Penulis juga menyadari bahwa dalam Tesis ini masih terdapat kekurangan.

Oleh sebab itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan Tesis ini. Akhirnya, penulis berharap semoga Tesis ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surabaya, Januari 2016

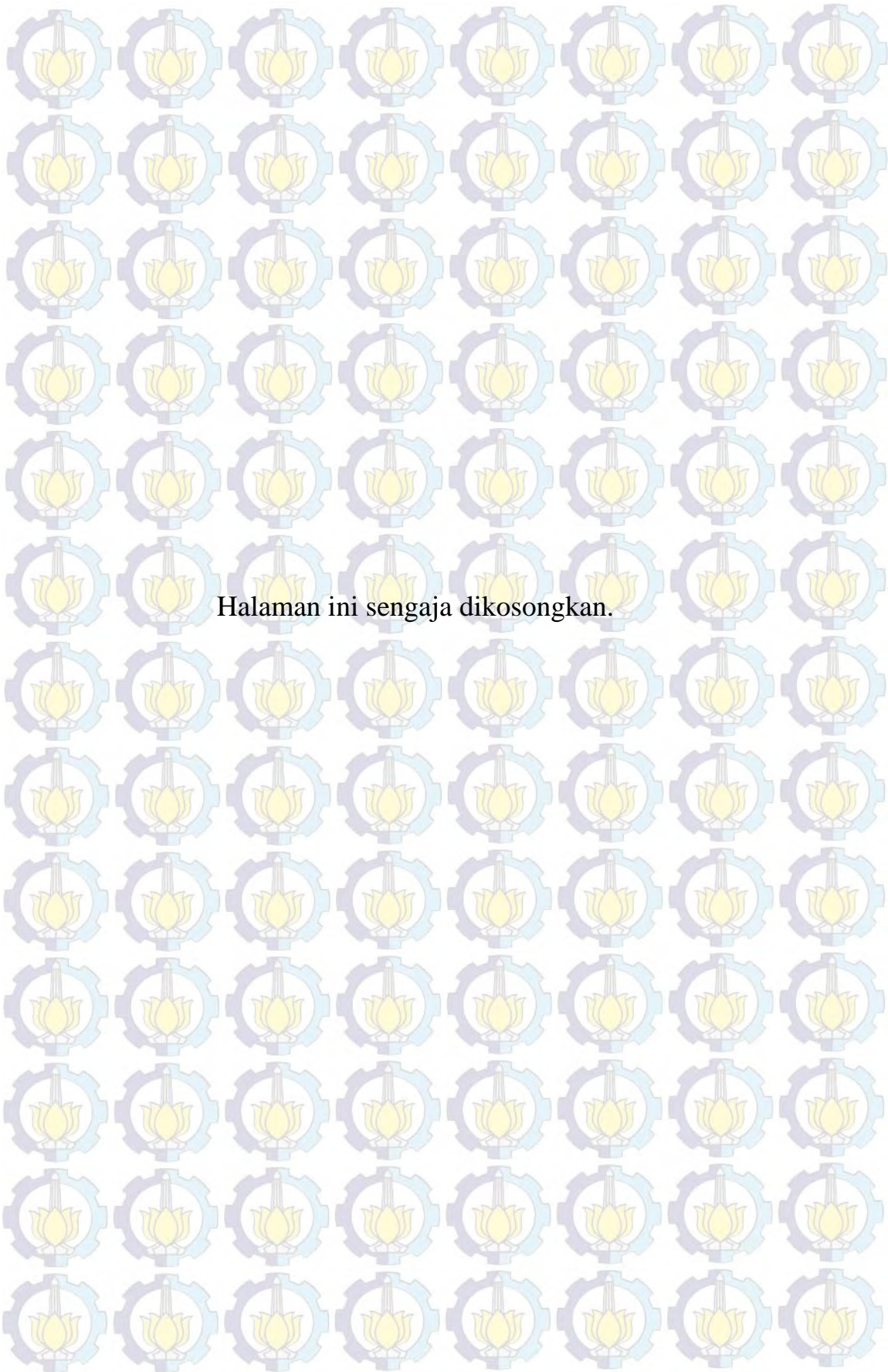
Penulis

## *Special Thanks To*

Keberhasilan penulisan Tesis ini tidak lepas dari orang-orang terdekat penulis. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Drs. Rosady Zainuddin dan Mursiah, yaitu abah dan mama yang sangat penulis cintai, terima kasih atas segala doanya, nasihat, juga kasih sayang dan motivasi, serta ilmu pendidikan yang selalu dicurahkan kepada penulis selama ini.
2. Noordiah Handayani, S.Komp., Elliza Ulfah, S.Si., dan Rezky Ariananda, S.Pd.T, kakak-kakak yang sangat penulis sayangi. Terima kasih banyak atas segala doa, dukungan, motivasi, dan nasihat-nasihatnya kepada penulis.
3. Muditya Himawan, ST. yang selalu menemani, memberikan dukungan, semangat, dan motivasi kepada penulis hingga akhirnya penulis mampu menyelesaikan Tesis ini dengan baik dan tepat waktu.
4. Senyawaku, Meyta, Halwa, Yusti, Vita, Nanda, dan Mbed. Kalian sudah seperti saudara, lebih dari sekedar sahabat. Terima kasih atas segala semangat dan dukungannya.
5. Mas Wawan dan Ibu Hani yang selalu bersedia meluangkan waktunya untuk berbagi ilmu, berdiskusi, serta memberikan saran-saran kepada penulis.
6. Ngatini, Lita, Firdha, Indira, Zendhi, mba Kuni, mba Bulqis, Siska, Obi, mba Dian, mba Isni, dan teman-teman S2 Matematika ITS angkatan 2014 yang lainnya, terima kasih atas dukungan, doa, dan segala bantuannya kepada penulis.
7. Kakak-kakak tingkat S2 Matematika ITS angkatan 2013, khususnya yang sama-sama berjuang dan saling memotivasi satu sama lain dalam menyelesaikan Tesis.
8. Semua pihak yang tak bisa penulis sebutkan satu-persatu, terima kasih telah membantu sampai terselesaikannya Tesis ini.





Halaman ini sengaja dikosongkan.

# OPTIMASI PORTOFOLIO DALAM MANAJEMEN INVESTASI SAHAM BERDASARKAN PADA PREDIKSI HARGA SAHAM

Nama Mahasiswa : Irma Fitria  
NRP : 1214 201 038  
Pembimbing : 1. Prof. Dr. Erna Apriliani, M.Si.  
2. Endah R. M. Putri, Ph.D.

## ABSTRAK

Saham merupakan salah satu jenis investasi yang disediakan oleh pasar modal kepada masyarakat. Dalam investasi saham, terdapat dua hal yang menjadi pertimbangan investor, yaitu tingkat *return* dan risiko. Investasi saham diharapkan dapat memberikan *return* yang maksimal pada tingkat risiko tertentu atau risiko yang minimum dengan tingkat *return* tertentu. Pada umumnya, hal yang dilakukan investor untuk mengurangi tingkat risiko saat berinvestasi adalah melakukan diversifikasi atau penyebaran investasi pada beberapa perusahaan dengan membentuk suatu portofolio saham. Dalam manajemen portofolio saham, terdapat permasalahan dinamis yang melibatkan pergerakan atau perubahan harga saham dari waktu ke waktu. Selain itu, terdapat pula permasalahan kendali optimal yang digunakan untuk mengontrol kekayaan atau modal dari investor, sehingga diharapkan bahwa investasi yang dilakukan dapat memberikan tambahan modal bagi investor. Oleh sebab itu, terdapat dua hal yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu prediksi harga saham dan penyelesaian permasalahan optimasi portofolio. Adapun metode yang digunakan dalam prediksi harga saham adalah ARIMA-Kalman Filter. Sedangkan permasalahan optimasi portofolio diselesaikan menggunakan *Model Predictive Control* (MPC). Berdasarkan hasil simulasi, total seluruh modal yang diperoleh investor semakin bertambah. Hal ini disebabkan adanya pengendali MPC yang bertindak sebagai pengambil keputusan terbaik berdasarkan prediksi harga saham dalam memajemen setiap modal pada aset portofolio.

**Kata kunci:** ARIMA-Kalman Filter, *Model Predictive Control* (MPC), optimasi portofolio, prediksi harga saham.



Halaman ini sengaja dikosongkan.

# PORTFOLIO OPTIMIZATION IN STOCK INVESTMENT MANAGEMENT BASED ON STOCK PRICE PREDICTION

Name : Irma Fitria  
Student Identity Number : 1214 201 038  
Supervisor : 1. Prof. Dr. Erna Apriliani, M.Si.  
2. Endah R. M. Putri, Ph.D.

## ABSTRACT

Stock is a type of investment that provided by the capital market for the public. In stock investment, there are two things that considered by investor. Those are the rate of return and the rate of risk. Investment in stock is expected to provide maximum return in the certain level of risk or to obtain minimum risk in the certain level of return. In general, to reduce the level of risk, investor diversify or spread investment in several companies to form a stock portfolio. In stock portfolio management, there is a dynamic problem that involves the movement or change in the stock price over time. In addition, there is also an optimal control problem that used to control the wealth or capital from the investor, so it is expected that the investment can provide an additional capital for investors. Therefore, there are two steps which are discussed in this reseach, i.e forecasting stock price and solving the portfolio optimization problem. In forecasting, we applied ARIMA-Kalman Filter. Subsequently, we used Model Predictive Control (MPC) to solve the portfolio optimization problem. Based on simulation result, total of investor's capital can increase at the end of time. It is caused by the existance of MPC controller that acts as decision maker to determine the best strategy in regulating every capital in portfolio.

**Keywords:** ARIMA-Kalman Filter, Model Predictive Control (MPC), portfolio optimization, stock price prediction.



Halaman ini sengaja dikosongkan.

# BAB I

## PENDAHULUAN

Pada bab pertama dijelaskan hal-hal yang melatarbelakangi munculnya permasalahan dalam penelitian ini. Kemudian, permasalahan tersebut disusun kedalam suatu rumusan masalah. Selanjutnya dijabarkan juga batasan masalah untuk mendapatkan tujuan yang diinginkan. Adapun manfaat dari penelitian diuraikan pada bagian akhir bab ini.

### 1.1 Latar Belakang

Investasi merupakan salah satu kegiatan bisnis yang dapat dilakukan oleh masyarakat dengan tujuan untuk menambah jumlah kekayaan atau modalnya. Dalam hal ini, pasar modal menyediakan berbagai alternatif pilihan kepada masyarakat untuk berinvestasi. Salah satu jenis instrumen investasi finansial yang paling populer di pasar modal adalah saham.

Saham dapat didefinisikan sebagai tanda penyertaan atau pemilikan seseorang atau badan dalam suatu perusahaan atau perseroan terbatas [1]. Saham merupakan surat berharga yang berisi bukti penyertaan modal pada suatu perusahaan. Investor menanamkan modal dengan cara membeli saham yang diterbitkan oleh perusahaan melalui perantara pasar modal. Investasi dalam bentuk saham banyak diminati masyarakat karena dapat memberikan prospek yang baik dalam jangka panjang. Dalam beberapa tahun terakhir, tercatat bahwa indeks saham mengalami peningkatan. Pada akhir tahun 2013, Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) mengalami peningkatan menjadi 4.274,17 poin [2]. Kemudian pada akhir tahun 2014, IHSG semakin menguat dan berada pada level 5.178,373 poin pada 29 Desember 2014 [3].

Dalam investasi saham, terdapat dua hal yang menjadi pertimbangan bagi para investor, yaitu tingkat pengembalian atau biasa disebut *return* dan tingkat risiko. Investasi saham diharapkan dapat memberikan *return* yang maksimal pada tingkat risiko tertentu atau risiko yang minimum dengan tingkat *return* tertentu. Pada umumnya, hal yang dilakukan investor untuk mengurangi tingkat risiko saat

berinvestasi adalah melakukan diversifikasi atau penyebaran investasi pada beberapa perusahaan dengan membentuk suatu portofolio saham. Portofolio merupakan kombinasi atau sekumpulan asset, baik berupa aset finansial maupun aset riil yang dimiliki oleh investor [4].

Seorang investor harus sangat berhati-hati dalam setiap keputusan yang diambil. Sebab apabila salah dalam mengambil keputusan, maka bukanlah tambahan modal yang didapat melainkan kerugian. Oleh karena itu, diperlukan adanya pengetahuan tentang manajemen portofolio saham. Hal ini berkaitan erat dengan strategi atau tindakan yang harus dilakukan agar portofolio saham dapat menghasilkan tambahan modal yang optimal.

Pada dasarnya, dalam manajemen portofolio saham terdapat permasalahan kendali yang digunakan untuk mengontrol kekayaan atau modal dari investor. Modal dari investor dapat diperoleh dari bermacam sumber, seperti tabungan di bank atau pinjaman. Akan tetapi, sumber dana tersebut tentunya terbatas. Selain itu, pembagian alokasi dana agar menghasilkan portofolio yang optimal juga menjadi kendala yang harus diselesaikan. Dalam hal ini, diperlukan adanya peran kendali optimal dalam optimasi portofolio pada manajemen investasi saham. Adapun yang dimaksud dengan optimasi portofolio adalah mengoptimalkan setiap modal yang terdapat di dalam portofolio, dengan cara memajemen setiap modal tersebut dengan baik. Karena tujuan dari permasalahan optimasi portofolio ini adalah untuk mendapatkan tambahan modal yang dimiliki oleh investor. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi kendala pada sebuah sistem adalah *Model Predictive Control* (MPC). Seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Dombrovskiy, dkk., MPC digunakan untuk menyelesaikan kendala-kendala yang ada dalam permasalahan optimasi portofolio pada investasi saham [5]. MPC merupakan metode yang dapat digunakan untuk mendesain pengendali dengan meminimumkan suatu fungsi objektif. Selain itu, MPC memiliki keunggulan yaitu dapat menggabungkan semua tujuan menjadi fungsi objektif tunggal dan mampu mengatasi kendala-kendala pada variabel *state* dan kontrol dengan hasil optimasi yang sangat efektif [6].

Dalam manajemen investasi saham, permasalahan optimasi portofolio juga melibatkan dinamika atau pergerakan harga saham dari waktu ke waktu.

Oleh sebab itu, diperlukan adanya suatu prediksi harga saham yang sebaiknya diketahui oleh investor terlebih dahulu. Prediksi harga saham sangat bermanfaat bagi para investor untuk melihat bagaimana prospek investasi saham di sebuah perusahaan pada masa mendatang. Prediksi tersebut dapat mengantisipasi naik turunnya harga saham, sehingga sangat membantu investor dalam mengambil keputusan untuk menjual atau membeli saham. Salah satu metode yang dapat diaplikasikan dalam prediksi atau peramalan adalah metode ARIMA Box-Jenkins.

ARIMA merupakan suatu metode analisa data secara teknikal yang memperhatikan pola dari data histori untuk membentuk suatu model peramalan. Dalam peramalan, tingkat akurasi dari hasil prediksi merupakan hal yang sangat penting untuk diperhatikan. Dalam hal ini, tingkat akurasi dari hasil peramalan ARIMA dapat ditingkatkan dengan menerapkan metode estimasi yang lain, contohnya adalah Kalman Filter. Kalman Filter merupakan suatu metode estimasi variabel keadaan dari sistem dinamik linier diskrit yang dapat digunakan untuk memprediksi satu langkah ke depan. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Ahsan, M., dkk., algoritma Kalman Filter diterapkan pada model peramalan ARMA, sehingga diperoleh hasil peramalan yang lebih baik [7]. Penelitian lain yang berkaitan dengan implementasi Kalman Filter juga pernah dilakukan oleh Galanis, dkk. untuk memperbaiki hasil peramalan cuaca [8].

Berdasarkan latar belakang tersebut, dalam penelitian ini terdapat dua hal pokok yang akan dilakukan, yaitu memprediksi harga saham dan menyelesaikan permasalahan kendali optimal dalam optimasi portofolio pada manajemen investasi saham. Dalam prediksi harga saham, penulis mencoba mengimplementasikan metode ARIMA-Kalman Filter. Selanjutnya digunakan metode *Model Predictive Control* (MPC) untuk menyelesaikan permasalahan kendali optimal dalam optimasi portofolio berdasarkan pada prediksi harga saham yang telah diperoleh.



## 1.2 Perumusan Masalah

Berkaitan dengan latar belakang yang telah diuraikan di atas, disusun suatu rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana penerapan metode ARIMA-Kalman Filter dalam memprediksi harga saham?
2. Bagaimana penerapan *Model Predictive Control* (MPC) pada permasalahan optimasi portofolio dalam manajemen investasi saham?
3. Bagaimana hasil simulasi dari penerapan MPC pada permasalahan optimasi portofolio?

## 1.3 Batasan Masalah

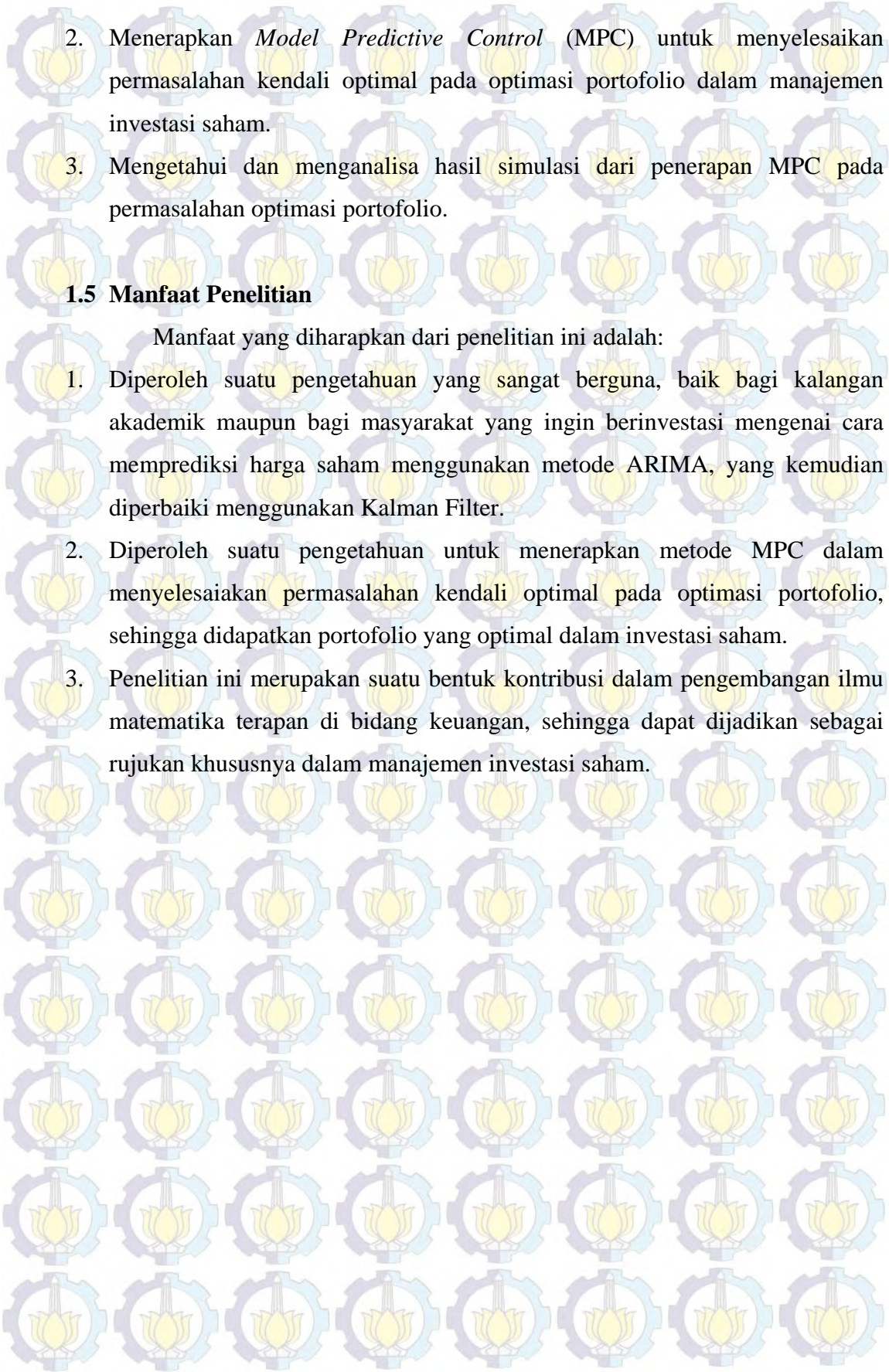
Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Portofolio yang dibentuk berasal dari aset finansial berupa saham, jumlah tabungan investor di bank, dan jumlah pinjaman dana investor.
2. Saham yang dipilih sebagai objek penelitian adalah saham PT. Unilever Indonesia Tbk. (UNVR), PT. Astra Internasional Tbk. (ASII), dan Perusahaan Gas Negara Tbk. (PGAS).
3. Inisialisasi awal untuk modal yang diinvestasikan pada saham, jumlah tabungan, dan pinjaman investor diberikan.
4. Pada saat investasi portofolio berlangsung, diasumsikan bahwa perekonomian negara dalam keadaan normal dan tidak dalam kondisi krisis moneter, sehingga tidak terjadi perubahan harga saham secara drastis.
5. Metode peramalan yang digunakan adalah ARIMA-Kalman Filter dan metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi portofolio adalah MPC.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian Tesis ini antara lain:

1. Mengetahui dan menganalisa hasil penerapan metode ARIMA-Kalman Filter dalam memprediksi harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk. (UNVR), PT. Astra Internasional Tbk. (ASII), dan Perusahaan Gas Negara Tbk. (PGAS).



2. Menerapkan *Model Predictive Control* (MPC) untuk menyelesaikan permasalahan kendali optimal pada optimasi portofolio dalam manajemen investasi saham.

3. Mengetahui dan menganalisa hasil simulasi dari penerapan MPC pada permasalahan optimasi portofolio.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Diperoleh suatu pengetahuan yang sangat berguna, baik bagi kalangan akademik maupun bagi masyarakat yang ingin berinvestasi mengenai cara memprediksi harga saham menggunakan metode ARIMA, yang kemudian diperbaiki menggunakan Kalman Filter.

2. Diperoleh suatu pengetahuan untuk menerapkan metode MPC dalam menyelesaikan permasalahan kendali optimal pada optimasi portofolio, sehingga didapatkan portofolio yang optimal dalam investasi saham.

3. Penelitian ini merupakan suatu bentuk kontribusi dalam pengembangan ilmu matematika terapan di bidang keuangan, sehingga dapat dijadikan sebagai rujukan khususnya dalam manajemen investasi saham.



Halaman ini sengaja dikosongkan.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada bab ini diuraikan kajian pustaka dan dasar teori yang digunakan dalam penelitian Tesis ini. Pertama, dibahas mengenai penelitian sebelumnya yang menjadi referensi dari penelitian. Selanjutnya, dijelaskan mengenai investasi, *return* dalam investasi saham, serta model matematika dalam portofolio investasi saham. Selain itu, diuraikan pula teori tentang model peramalan ARIMA, Kalman Filter, dan *Model Predictive Control* (MPC).

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai manajemen investasi portofolio saham telah banyak dilakukan oleh beberapa ilmuwan. Pada tahun 1952, Markowitz melakukan penelitian mengenai portofolio dan memperkenalkan teori pemilihan portofolio yang optimal sehingga mampu menghasilkan *expected return* yang maksimal dan meminimumkan varian. Kemudian, teori ini berkembang menjadi teori portofolio yang sering dikenal dengan *mean variance efficiency* (MV) portofolio [9]. Kemudian penelitian mengenai permasalahan optimasi portofolio semakin berkembang. Dombrovskiy, dkk. melakukan penelitian dan merumuskan model dinamik dari permasalahan manajemen portofolio investasi atau yang disebut dengan *Portfolio Investment (IP) Management Problem*. Pada penelitian tersebut, digunakan *Model Predictive Control* (MPC) untuk menyelesaikan permasalahan optimasi dan memberikan hasil yang memuaskan sehingga didapat portofolio yang optimal [5]. Di Indonesia, penelitian mengenai penerapan MPC pada permasalahan optimasi portofolio saham juga dilakukan oleh Syaifudin. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, pengendali MPC dapat diterapkan dengan baik sehingga memberikan nilai kontrol yang optimal. Selain itu, pengontrol MPC bertindak sebagai pengambil keputusan perihal waktu yang tepat bagi investor untuk meminjam dan mengembalikan modal pada portofolio saham dengan pinjaman [10].

Namun, pada penelitian tersebut tidak terdapat unsur prediksi harga saham yang akan datang, sehingga optimasi portofolio yang dilakukan hanya berdasarkan pada data-data histori harga saham yang sudah ada. Oleh sebab itu, pada Tesis ini dirancang suatu penelitian yang berkaitan dengan optimasi portofolio dalam manajemen investasi saham dengan menambahkan unsur prediksi harga saham. Tujuan dari usulan penelitian ini adalah untuk melihat prediksi keuntungan yang akan diperoleh investor ketika melakukan investasi saham. Dalam hal ini, tentunya sangatlah penting untuk mengetahui prediksi harga saham di masa mendatang dan strategi yang harus dilakukan untuk mengoptimalkan modal dalam portofolio yang telah dibentuk, sehingga diharapkan investasi yang dilakukan dapat memberikan tambahan modal bagi investor.

Penelitian mengenai peramalan sendiri, khususnya dengan metode ARIMA telah banyak dilakukan. Green menerapkan ARIMA-Box Jenkins sebagai metode pendekatan untuk meramalkan harga saham [11]. Paul, dkk. juga menggunakan metode ARIMA untuk meramalkan harga indeks harian dari perusahaan Pharmaceutical di Bangladesh [12]. Ramos, dkk. melakukan penelitian menggunakan ARIMA untuk memprediksi tingkat penjualan pada perusahaan retail [13]. Sedangkan penelitian mengenai implementasi Kalman Filter untuk memperbaiki hasil peramalan pernah dilakukan oleh Ahsan, M., dkk., yaitu dalam meramalkan aliran sungai [7], Galanis, dkk. untuk memprediksi cuaca [8], Tresnawati, dkk. untuk memprediksi curah hujan [14], dan Cassola, dkk. untuk memprediksi kecepatan angin dan energi angin [15]. Berdasarkan hasil tersebut, algoritma Kalman Filter dapat digunakan untuk memperbaiki hasil ramalan sehingga didapat prediksi yang lebih baik dari sebelumnya.

## **2.2 Investasi**

Secara umum, investasi adalah penanaman modal atau penempatan sejumlah dana pada saat ini dengan tujuan untuk mendapatkan keuntungan pada masa mendatang. Seorang investor memiliki beragam alternatif pilihan yang dapat dilakukan untuk menanamkan modalnya dalam berinvestasi. Pilihan tersebut dapat berupa investasi dalam bentuk *real assets* dan *financial assets*. Dalam

berinvestasi, investor tidak mengetahui secara pasti mengenai hasil yang akan didapatkan pada masa mendatang. Dalam menghadapi ketidakpastian tersebut, terdapat dua hal pokok yang menjadi pertimbangan penting bagi para investor, yaitu tingkat *return* dan risiko yang dihadapi dari investasi tersebut. Pertimbangan yang dilakukan oleh investor adalah untuk memaksimalkan *return* pada tingkat risiko tertentu, atau meminimumkan risiko dengan tingkat *return* tertentu.

Pada hakikatnya, tingkat risiko berbanding lurus dengan tingkat *return* yang diperoleh. Artinya, semakin tinggi tingkat *return* yang diharapkan oleh investor, semakin berisiko pula investasi tersebut. Hal ini memberikan makna bahwa pilihan investasi tidak dapat hanya mengandalkan pada tingkat keuntungan yang diharapkan, akan tetapi investor juga harus bersedia untuk menanggung risiko dari investasi yang dilakukannya.

Salah satu upaya yang dilakukan oleh para investor untuk meminimalisasi risiko dalam berinvestasi adalah dengan membentuk portofolio. Portofolio merupakan kombinasi atau gabungan dari sekumpulan aset, baik berupa aset finansial maupun aset real yang dimiliki oleh investor. Tujuannya adalah untuk mengurangi risiko dengan cara diversifikasi, yaitu mengalokasikan sejumlah dana pada berbagai alternatif investasi [4].

### 2.3 Return Dalam Investasi Saham

Dalam berinvestasi, investor tentunya mengharapakan imbalan yang akan diperoleh setelah menanamkan modalnya di pasar saham. Imbalan tersebut dikenal dengan istilah *return*. Dalam konteks portofolio saham, *return* yang didapatkan oleh seorang investor merupakan imbalan atau hasil dari setiap investasi saham yang telah dipilih. Berikut ini diberikan rumus untuk mendapatkan *return* saham yang dihitung berdasarkan data histori [16].

$$R_t = \frac{S_t - S_{t-1}}{S_{t-1}}$$

dengan

$R_t$  : *return* saham pada waktu  $t$

$S_t$  : harga saham pada waktu  $t$

$S_{t-1}$  : harga saham pada waktu  $t - 1$ .

## 2.4 Model Matematika dalam Portofolio Investasi Saham

Setiap jenis investasi pasti mengandung risiko, tak terkecuali investasi saham. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, semakin besar *return* yang diharapkan oleh investor, semakin besar pula risikonya. Oleh sebab itu, ketika seseorang memutuskan untuk berinvestasi dalam saham dan membentuk portofolio, hal yang harus diperhatikan adalah mekanisme atau strategi dalam memajemen setiap modal pada portofolio tersebut.

Model matematika yang terdapat dalam manajemen portofolio investasi saham dijelaskan sebagai berikut. Mula-mula seorang investor memiliki sejumlah modal yang dapat digunakan untuk berinvestasi pada  $n$  aset. Disamping itu, investor juga memiliki modal yang bersumber dari bank (disebut aset bebas risiko) yang dinyatakan sebagai aset ke- $n + 1$ . Kemudian, apabila investor memutuskan meminjam dana untuk berinvestasi kepada pihak lain, maka aset ini disebut pinjaman modal dan dinyatakan sebagai aset ke- $n + 2$ . Model dari manajemen portofolio untuk  $n$  aset dapat dinyatakan sebagai berikut [5]:

$$x_i(k + 1) = [1 + R_i(k)][x_i(k) + p_i(k) - q_i(k)], \quad i = 1, 2, \dots, n$$

dengan

$R_i(k)$  : *return* dari aset ke- $i$

$p_i(k)$  : jumlah transfer dari aset bebas risiko ke aset berisiko ke- $i$ ,  $p_i(k) \geq 0$

$q_i(k)$  : jumlah tranfer dari aset berisiko ke aset bebas risiko ke- $i$ ,  $q_i(k) \geq 0$

$x_i(k)$  : jumlah modal yang diinvestasikan pada aset berisiko ke- $i$ .

Setiap transaksi dalam pembelian dan penjualan saham dikenakan biaya yang harus dibayarkan dengan proporsi masing-masing sebesar  $\alpha$  dan  $\beta$ . Persamaan di bawah ini menunjukkan perubahan dari aset bebas risiko [5].

$$x_{n+1}(k + 1) = [1 + r_1(k)][x_{n+1}(k) + \vartheta(k) - (1 + \alpha) \sum_{i=1}^n p_i(k) + (1 - \beta) \sum_{i=1}^n q_i(k) ]$$

dengan  $r_1$  menyatakan tingkat suku bunga bank, dan  $\vartheta(k)$  menyatakan jumlah transfer antara rekening aset bebas risiko dan rekening pinjaman modal. Jika  $\vartheta(k) > 0$ , maka hal ini menunjukkan bahwa investor meminjam modal, dan apabila  $\vartheta(k) < 0$ , maka artinya investor membayar kredit pinjaman modal tersebut. Perubahan dari pinjaman modal investor dapat ditulis sebagai berikut.

$$x_{n+2}(k+1) = [1 + r_2(k)][x_{n+2}(k) + \vartheta(k)]$$

dengan  $r_2(k)$  menunjukkan tingkat suku bunga dari pinjaman modal. Dalam permasalahan ini,  $x_i(k+1) \geq 0$ ,  $x_{n+1}(k+1) \geq 0$ ,  $x_{n+2}(k+1) \geq 0$ .

Berdasarkan uraian di atas, jumlah modal investor dalam portofolio merupakan akumulasi dari kekayaan atau modal yang dimiliki investor pada aset-aset berisiko serta aset bebas risiko dan dikurangi dengan jumlah pinjaman modal investor. Hal ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$y(k) = \sum_{i=1}^{n+1} x_i(k) - x_{n+2}(k).$$

## 2.5 Model Peramalan ARIMA

Peramalan sangat banyak diperlukan dalam kegiatan sehari-hari untuk membantu memberikan informasi yang dibutuhkan sebagai dasar membuat keputusan. Peramalan atau prediksi harga saham merupakan hal yang penting bagi investor. Salah satu metode peramalan yang mampu memodelkan prediksi harga saham adalah ARIMA (Model *Autoregressive Integrated Moving Average*). Model prediksi ARIMA merupakan model yang mampu menangani data stasioner maupun nonstasioner, sehingga menjadi model alternatif yang bisa diterapkan dalam bursa saham [17].

Model ARIMA adalah gabungan dan pengembangan dari model peramalan *time series* AR dan MA. Model AR (*Autoregressive*) pertama kali diperkenalkan oleh Yule pada tahun 1926, yang kemudian dikembangkan oleh Walker. Kemudian pada tahun 1937, model MA (*Moving Average*) pertama kali digunakan oleh Slutsky. Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan, Word mengembangkan model AR dan MA sehingga menghasilkan dasar-dasar teoritis dari proses kombinasi ARMA. Word mengembangkan model tersebut untuk mencakupi *time series* dengan adanya unsur musiman dan proses nonstasioner [18].

Bentuk umum model Autoregressive dengan orde  $p$  (ditulis AR( $p$ )) adalah [19]:

$$Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + a_t$$



dengan

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$  : parameter-parameter *autoregressive*

$a_t$  : galat/error pada waktu  $t$

Bentuk umum model *Moving Average* dengan orde  $q$  (ditulis MA( $q$ )) diberikan sebagai berikut:

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

dengan

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$  : parameter-parameter *moving average*

$a_t$  : galat/nilai kesalahan pada waktu  $t$

Kemudian Box dan Jenkins memperkenalkan model ARIMA( $p, d, q$ ) dengan  $p$  menyatakan orde dari AR,  $q$  menyatakan orde dari MA, dan  $d$  menyatakan orde *differencing*. Secara umum, model ARIMA( $p, d, q$ ) dinyatakan oleh:

$$\phi_p(B)(1 - B)^d Z_t = \theta_0 + \theta_q(B)a_t \quad (2.1)$$

dengan

$$\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)$$

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

$$\theta_0 = (1 - \phi_1 - \dots - \phi_q)\mu.$$

$B$  adalah operator *backward shift*.

## 2.6 Prosedur Pembentukan Model Peramalan ARIMA

Dalam membentuk model peramalan ARIMA, terdapat beberapa prosedur yang dilakukan. Prosedur tersebut meliputi tahap analisis atau identifikasi data, penaksiran dan pengujian parameter, uji diagnostik (uji asumsi) model ARIMA, dan terakhir adalah melakukan pemilihan model peramalan terbaik.

### 2.6.1 Analisis Data

Pada tahapan ini, dilakukan analisis berupa uji stasioneritas data, baik dalam varian maupun dalam *mean*. Data yang stasioner adalah data yang berada dalam keseimbangan di sekitar nilai yang konstan selama waktu tertentu, dan tidak mengandung unsur tren ataupun musiman. Stasioneritas data dalam varian dapat dilihat melalui plot Transformasi Box-Cox. Dari hasil tersebut, jika *rounded*

*value*  $\lambda$  bernilai satu, maka dapat dikatakan bahwa data tersebut stasioner dalam varian. Namun jika tidak, maka data tersebut perlu ditransformasi [19]. Sedangkan stasioneritas data dalam *mean* dapat dilihat melalui analisa *time series plot*. Apabila data mengandung unsur tren, maka dapat dikatakan bahwa data tersebut tidak stasioner dalam *mean*. Hal ini dapat diperkuat melalui uji stasioner *unit root Augmented Dickey Fuller*. Jika data tidak stasioner dalam *mean*, maka dapat diatasi dengan melakukan *differencing* (pembedaan).

### 2.6.2 Identifikasi dan Pembentukan Model Peramalan ARIMA

Setelah data berada dalam keadaan stasioner, selanjutnya dilakukan identifikasi model peramalan ARIMA. Identifikasi model dilakukan dengan menganalisis ACF (*Autocorrelation Function*) dan PACF (*Partial Autocorrelation Function*) dari data yang telah stasioner. Dari hasil tersebut, dapat dibentuk model-model peramalan ARIMA yang akan dianalisa lebih lanjut pada tahap berikutnya.

### 2.6.3 Penaksiran dan Pengujian Signifikansi Parameter Pada Model ARIMA

Dalam penaksiran parameter, metode yang digunakan adalah metode *Least Square*. Metode *Least Square* merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk mencari nilai parameter dengan meminimumkan jumlah kuadrat *error* (selisih antara nilai aktual dan peramalan). Sebagai contoh pada model AR(1) berikut:

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

Metode *Least Square* untuk model AR(1) diberikan sebagai berikut:

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

Kemudian ditaksir  $\mu$  dan  $\phi$  dengan cara meminimumkan  $S(\phi, \mu)$ , yaitu menurunkan  $S$  terhadap  $\mu$  dan  $\phi$  kemudian disamadengankan nol.

$$\frac{\partial S}{\partial \mu} = 2 \sum_{t=2}^n [(Z_t - \mu) - \phi(Z_{t-1} - \mu)](\phi - 1) = 0 \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial S}{\partial \phi} = -2 \sum_{t=2}^n [(Z_t - \mu) - \phi(Z_{t-1} - \mu)](Z_{t-1} - \mu) = 0. \quad (2.3)$$

Dengan menyelesaikan Persamaan (2.2) dan (2.3) secara bersama-sama, dapat diperoleh nilai taksiran parameter yaitu  $\hat{\mu}$  dan  $\hat{\phi}$ .

Selanjutnya, dilakukan pengujian signifikansi parameter untuk mengetahui kelayakan model dengan parameter yang digunakan tersebut. Pengujian signifikansi parameter dilakukan dengan menggunakan uji- $t$  sebagai berikut.

Hipotesa:

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

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

Statistik uji:

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

Kriteria pengujian:

Dengan menggunakan  $\alpha = 5\%$ , jika  $|t_{hitung}| > t_{\frac{\alpha}{2}, (n-p-1)}$  maka  $H_0$  ditolak.

Artinya parameter model signifikan. Atau dengan menggunakan  $p - value$ , yaitu jika  $p - value < \alpha$  maka  $H_0$  ditolak yang artinya parameter model signifikan.

#### 2.6.4 Uji Diagnostik (Uji Asumsi) Model ARIMA

Uji diagnostik model dilakukan untuk membuktikan syarat kecukupan model. Uji tersebut meliputi uji residual yang bersifat *white noise* dan berdistribusi normal.

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

*White noise* berarti bahwa tidak ada korelasi pada deret residual. Langkah-langkah pengujian asumsi residual bersifat *white noise* menggunakan uji Ljung-Box dengan hipotesa sebagai berikut.

Hipotesa:

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

$H_1$ : minimal ada satu  $\rho_i \neq 0$  dengan  $i = 1, 2, \dots, k$  (Artinya residual tidak bersifat *white noise*)

Statistik Uji:

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

dengan:

$k$  : lag maksimum

$n$  : jumlah pengamatan

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

Kriteria pengujian:

Dengan menggunakan  $\alpha = 5\%$ , jika  $Q < \chi^2_{(\alpha; k-p-q)}$  maka  $H_0$  diterima. Atau jika  $p - value > \alpha$ , maka  $H_0$  diterima. Artinya bahwa residual bersifat *white noise*.

b. Uji Asumsi Residual berdistribusi Normal

Uji Kolmogorov-Smirnov digunakan untuk menguji asumsi distribusi normal pada residual.

Hipotesa:

$H_0$  : Residual berdistribusi normal

$H_1$  : Residual tidak berdistribusi normal

Kriteria pengujian:

Dengan menggunakan  $\alpha = 5\%$ , jika  $p - value > \alpha$ , maka  $H_0$  diterima. Artinya bahwa residual berdistribusi normal.

### 2.6.5 Pemilihan Model Peramalan Terbaik

Setelah melalui proses pengujian model, pada tahapan ini dilakukan pemilihan model terbaik (*overfitting*) terhadap model-model yang memenuhi seluruh uji asumsi. Pemilihan model terbaik sangatlah penting karena hal ini berkaitan dengan keakuratan dari hasil peramalan. Terdapat beberapa kriteria yang dapat digunakan untuk pemilihan model terbaik, yaitu dengan melihat nilai AIC (*Akaike Information Criterion*) dan SC (*Schwarz's Criterion*). Model yang memiliki nilai AIC dan SC terkecil adalah model terbaik yang dapat digunakan untuk peramalan [20].

## 2.7 Kalman Filter

Secara umum, algoritma Kalman Filter untuk sistem dinamik linier waktu diskrit adalah sebagai berikut [21].

Model sistem dan pengukuran:

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_{k+1} &= \mathbf{A}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{B}_k \mathbf{u}_k + \mathbf{G}_k \mathbf{w}_k \\ \mathbf{z}_k &= \mathbf{H}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{v}_k \\ \mathbf{x}_0 &\sim N(\bar{\mathbf{x}}_0, \mathbf{P}_{x_0}); \quad \mathbf{w}_k \sim N(0, \mathbf{Q}_k); \quad \mathbf{v}_k \sim N(0, \mathbf{R}_k). \end{aligned}$$

Dengan  $\mathbf{x}_k$  adalah vektor variabel keadaan (*state*) pada waktu  $k$  dan berukuran  $n \times 1$ , dengan vektor nilai awalnya yaitu  $\mathbf{x}_0$  yang mempunyai *mean*  $\bar{\mathbf{x}}_0$  dan kovarian awal  $\mathbf{P}_{x_0}$ .  $\mathbf{u}_k$  adalah vektor input deterministik pada waktu  $k$  dan berukuran  $m \times 1$ .  $\mathbf{w}_k$  adalah vektor *noise* pada sistem dengan *mean*  $\bar{\mathbf{w}}_k = 0$  dan kovarian  $\mathbf{Q}_k$ .  $\mathbf{z}_k$  adalah vektor variabel pengukuran dan berukuran  $p \times 1$ .  $\mathbf{v}_k$  adalah *noise* pada pengukuran dengan *mean*  $\bar{\mathbf{v}}_k = 0$  dan kovarian  $\mathbf{R}_k$ .

Diberikan nilai inisialisasi awal  $\mathbf{P}_0 = \mathbf{P}_{x_0}$  dan  $\hat{\mathbf{x}}_0 = \bar{\mathbf{x}}_0$ .

Tahap prediksi:

Estimasi:

$$\hat{\mathbf{x}}_{k+1}^- = \mathbf{A}_k \hat{\mathbf{x}}_k + \mathbf{B}_k \mathbf{u}_k.$$

Kovarian error:

$$\mathbf{P}_{k+1}^- = \mathbf{A}_k \mathbf{P}_k \mathbf{A}_k^T + \mathbf{G}_k \mathbf{Q}_k \mathbf{G}_k^T.$$

Tahap koreksi:

Kalman Gain:

$$\mathbf{K}_{k+1} = \mathbf{P}_{k+1}^- \mathbf{H}_{k+1}^T (\mathbf{H}_{k+1} \mathbf{P}_{k+1}^- \mathbf{H}_{k+1}^T + \mathbf{R}_{k+1})^{-1}.$$

Estimasi:

$$\hat{\mathbf{x}}_{k+1} = \hat{\mathbf{x}}_{k+1}^- + \mathbf{K}_{k+1} (\mathbf{z}_{k+1} - \mathbf{H}_{k+1} \hat{\mathbf{x}}_{k+1}^-).$$

Kovarian error:

$$\mathbf{P}_{k+1} = (\mathbf{I} - \mathbf{K}_{k+1} \mathbf{H}_{k+1}) \mathbf{P}_{k+1}^-.$$

Pada penelitian ini, algoritma Kalman Filter digunakan untuk memperbaiki hasil peramalan dari metode ARIMA dengan melakukan pendekatan menggunakan fungsi polinomial yang didasarkan pada koreksi bias atau error ramalan. Diberikan fungsi polinomial sebagai berikut [8]:

$$z_k = a_{0,k} + a_{1,k} m_k + a_{2,k} m_k^2 + \dots + a_{n-1,ki} m_k^{n-1} + \varepsilon_k$$

dengan:

$z_k$  : error peramalan ARIMA

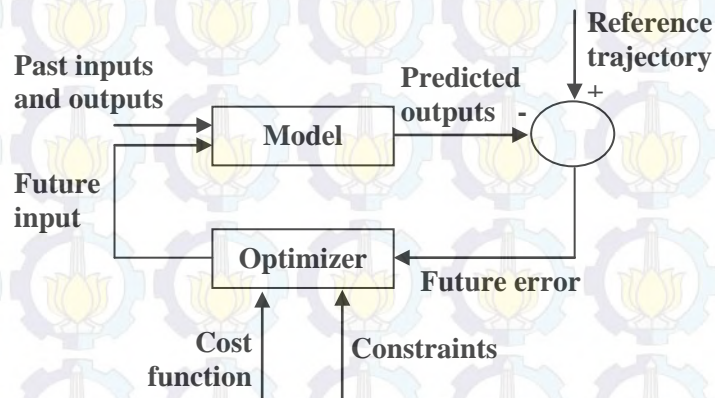
$a_{j,k}$  : koefisien atau parameter yang harus diestimasi oleh Kalman Filter dengan  $j = 0, 1, 2, \dots, n - 1$

$m_k$  : data prediksi ARIMA ke- $i$

$\varepsilon_k$  : error/noise pengukuran.

## 2.8 Model Predictive Control (MPC)

*Model Predictive Control* atau MPC adalah suatu metode proses kontrol lanjutan yang banyak diterapkan pada proses industri. Dari sekian banyak algoritma *multivariable control*, MPC adalah salah satunya [6]. Metodologi MPC dijelaskan di bawah ini [22].



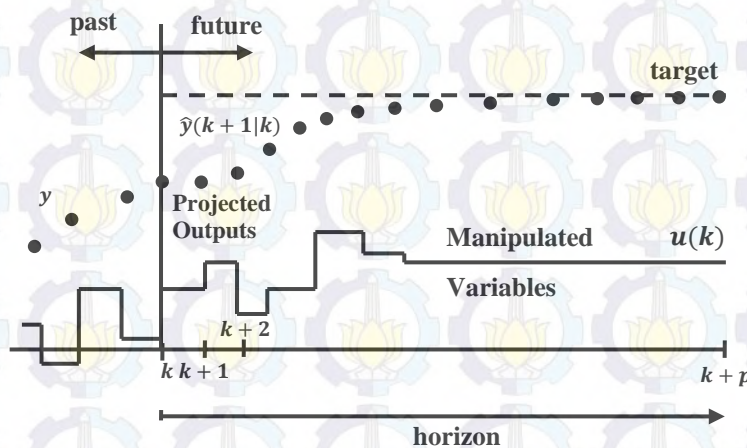
Gambar 2.1 Struktur Dasar MPC

Langkah kerja dari MPC seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 dapat diilustrasikan sebagai berikut. Awalnya, sistem telah memiliki model dari sistem. Data *input* dan *output* sebelumnya masuk melalui *port input* MPC. Dari *input* dan *output* ini dilakukan estimasi berdasarkan model sistem yang telah didefinisikan sebelumnya. Estimasi ini menghasilkan *output* yang disebut *predicted output* yang kemudian nilainya dibandingkan dengan *reference trajectory* atau target nilai *output*.

Dari hasil perbandingan ini, akan menghasilkan nilai galat yang disebut *future error*. *Future error* ini kemudian masuk ke dalam blok *optimizer*. Di sini, *optimizer* berfungsi untuk bekerja di dalam rentang *constraint* yang telah diberikan dengan tujuan untuk meminimalkan *cost function*. *Cost function* merupakan suatu fungsi kriteria yang dibentuk dari fungsi kuadratik *error* antara nilai *predicted output* dengan *reference trajectory*.

MPC kemudian mengambil keputusan untuk meminimalkan *future error* tersebut dengan keputusan yang masih berada dalam *constraint* yang telah ditetapkan. Hasil dari blok ini disebut *future input* yang dikembalikan bersama-sama dengan data *input* dan *output* sebelumnya untuk diestimasi kembali. Perhitungan ini berlangsung seterusnya dan berulang-ulang. Karena adanya koreksi *input* berdasarkan *output* terprediksi inilah yang membuat MPC mampu bekerja menghasilkan respon yang semakin mendekati *reference trajectory* [6].

Keluaran proses dan pengendali terprediksi pada MPC menggunakan konsep *prediction horizon*, yaitu seberapa jauh prediksi ke depan yang diharapkan. Hal ini dapat diilustrasikan pada Gambar 2.2 [22].



**Gambar 2.2** Kalkulasi Keluaran Proses dan Pengendali Terprediksi

Gambar 2.2 menunjukkan respon sistem saat diberi pengendali MPC. Dapat dilihat bahwa respon mampu menghasilkan nilai yang semakin baik, hal ini dikarenakan sinyal kendali yang mengalami perubahan setiap waktu berdasarkan *error* yang terjadi.

Dalam *Model Predictive Control* (MPC) linier, diberikan persamaan ruang keadaan diskrit yang digunakan adalah sebagai berikut [10]:

$$\tilde{\mathbf{x}}(k+1|k) = \mathbf{A}\tilde{\mathbf{x}}(k|k) + \mathbf{B}\tilde{\mathbf{u}}(k|k) \quad (2.4)$$

$$\tilde{\mathbf{y}}(k|k) = \mathbf{C}\tilde{\mathbf{x}}(k|k) \quad (2.5)$$

dengan:

$\tilde{\mathbf{x}}(k|k)$  : vektor ruang keadaan berdimensi  $n$

$\tilde{\mathbf{y}}(k|k)$  : vektor keluaran berdimensi  $n$

$\tilde{\mathbf{u}}(k|k)$  : vektor masukan berdimensi  $m$

$\mathbf{A}$  : matriks keadaan berdimensi  $n \times n$

$\mathbf{B}$  : matriks masukan berdimensi  $n \times m$

$\mathbf{C}$  : matriks keluaran berdimensi  $n \times n$

$\mathbf{a}(m|n)$  menyatakan nilai  $\mathbf{a}$  saat  $m$  yang diprediksi ketika dalam tahap  $n$ .

Dalam penyederhanaan tulisan,  $\tilde{\mathbf{x}}(k|k)$  dapat ditulis dalam bentuk  $\tilde{\mathbf{x}}(k)$ . Pada perhitungan prediksi keluaran dengan MPC, sinyal masukan yang digunakan adalah  $\tilde{\mathbf{u}}(k)$ . Oleh karena itu persamaan ruang keadaan (2.4) harus diubah bentuknya supaya terdapat unsur  $\tilde{\mathbf{u}}(k)$  di dalamnya. Hal pertama yang dilakukan adalah mencari prediksi dari persamaan ruang keadaan (2.4) dengan melakukan iterasi terhadap persamaan tersebut sebagai berikut:

$$\tilde{\mathbf{x}}(k+1|k) = \mathbf{A}\tilde{\mathbf{x}}(k) + \mathbf{B}\tilde{\mathbf{u}}(k)$$

$$\begin{aligned} \tilde{\mathbf{x}}(k+2|k) &= \mathbf{A}\tilde{\mathbf{x}}(k+1|k) + \mathbf{B}\tilde{\mathbf{u}}(k+1|k) \\ &= \mathbf{A}^2\tilde{\mathbf{x}}(k) + \mathbf{A}\mathbf{B}\tilde{\mathbf{u}}(k|k) + \mathbf{B}\tilde{\mathbf{u}}(k+1|k) \end{aligned}$$

$\vdots$

$$\begin{aligned} \tilde{\mathbf{x}}(k+N|k) &= \mathbf{A}\tilde{\mathbf{x}}(k+N-1|k) + \mathbf{B}\tilde{\mathbf{u}}(k+N-1|k) \\ &= \mathbf{A}^N\tilde{\mathbf{x}}(k) + \mathbf{A}^{N-1}\mathbf{B}\tilde{\mathbf{u}}(k|k) + \mathbf{A}^{N-2}\mathbf{B}\tilde{\mathbf{u}}(k+1|k) + \dots + \mathbf{B}\tilde{\mathbf{u}}(k+N-1|k) \end{aligned}$$

Salah satu contoh permasalahan kendali optimal adalah mendapatkan nilai kontrol pada tiap langkah waktu  $k$  dengan meminimumkan fungsi objektif berikut:



$$J = \sum_{j=0}^{N_p-1} S(\tilde{\mathbf{x}}(k+j), \tilde{\mathbf{u}}(k+j)) \quad (2.6)$$

dengan kendala:

$$\mathbf{F}_1 \tilde{\mathbf{x}}(j+1) \leq \mathbf{f}_1$$

$$\mathbf{F}_2 \tilde{\mathbf{u}}(j) \leq \mathbf{f}_2$$

$$\tilde{\mathbf{u}}(j)_{\min} \leq \tilde{\mathbf{u}}(j) \leq \tilde{\mathbf{u}}(j)_{\max}$$

untuk  $j = k, k+1, \dots, k+N_p-1$ . Dalam hal ini  $\mathbf{Q}$  adalah matriks bobot *error* pada ruang keadaan berdimensi  $n \times n$ , sedangkan  $\mathbf{R}$  adalah matriks bobot pada kontrol berdimensi  $m \times m$ . Kemudian  $\mathbf{F}_1$  adalah matriks berdimensi  $l \times n$ ,  $\mathbf{F}_2$  matriks berdimensi  $p \times m$ ,  $\mathbf{f}_1$  adalah vektor berdimensi  $l \times 1$ , dan  $\mathbf{f}_2$  adalah vektor berdimensi  $p \times 1$ . Penyelesaian masalah optimasi akan menghasilkan penyelesaian optimal:

$$\{\tilde{\mathbf{u}}^*(k), \tilde{\mathbf{u}}^*(k+1), \dots, \tilde{\mathbf{u}}^*(k+N_p-1)\}.$$

Dengan menggunakan prinsip *receding horizon* pada MPC, yakni nilai kontrol optimal yang diberikan pada sistem adalah vektor awal dari penyelesaian optimalnya, maka nilai kontrol yang diberikan pada sistem Persamaan (2.4) adalah:

$$\tilde{\mathbf{u}}(k) = \tilde{\mathbf{u}}^*(k)$$

dengan  $\tilde{\mathbf{u}}(k)$  merupakan nilai vektor kontrol pada saat ke  $k$ , sedangkan  $\tilde{\mathbf{u}}^*(k)$  adalah nilai kontrol optimal saat ke  $k$ .

Dalam penelitian ini, tujuan dari permasalahan kendali optimal pada optimasi portofolio adalah mendapatkan nilai kontrol untuk meminimumkan selisih antara target total modal yang diinginkan investor dan total modal optimal yang mampu dicapai, dengan upaya pengendalian yang minimum pula. Dalam hal ini, total modal optimal berperan sebagai output dari sistem yang bersesuaian dengan Persamaan (2.5), yaitu  $\tilde{\mathbf{y}}(k)$ . Dengan mengacu pada Persamaan (2.6), fungsi objektif yang akan diminimumkan pada permasalahan ini diberikan sebagai berikut [10]:

$$J = \sum_{j=0}^{N_p-1} \tilde{\mathbf{e}}^T(k+j) \mathbf{Q} \tilde{\mathbf{e}}(k+j) + \sum_{j=0}^{N_p-1} \tilde{\mathbf{u}}^T(k+j) \mathbf{R} \tilde{\mathbf{u}}(k+j)$$

dengan  $\tilde{\mathbf{e}}^T(k+j) = \tilde{\mathbf{y}}(k+j) - \mathbf{r}(k+j)$ ,  $\mathbf{r}(k+j)$  adalah *reference trajectory* pada langkah ke- $k+j$  yang berupa target total modal yang diinginkan investor.



Halaman ini sengaja dikosongkan.

## BAB III METODA PENELITIAN

Dalam bab ini diuraikan langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam proses pengerjaan Tesis. Terdapat sebelas tahap yang dilakukan dalam pengerjaan penelitian ini, antara lain studi literatur, pengumpulan data penelitian, analisa data, pembentukan dan analisa model peramalan, prediksi harga saham menggunakan model ARIMA, implementasi algoritma Kalman Filter, perhitungan *return* saham, implementasi MPC dalam optimasi portofolio, simulasi, analisa hasil dan pembahasan, serta yang terakhir adalah penyusunan hasil penelitian.

### 1. Studi Literatur

Pada bagian ini dilakukan studi literatur terhadap hal-hal yang berkaitan dalam penelitian, diantaranya mengenai saham, metode peramalan menggunakan ARIMA, implementasi algoritma Kalman Filter dalam memperbaiki hasil peramalan, model matematika dari manajemen portofolio dalam investasi saham, dan pengendali *Model Predictive Control* (MPC). Pembelajaran lebih mendalam mengenai hal-hal tersebut dapat diperoleh baik melalui buku-buku literatur, jurnal, paper, maupun artikel dari internet.

### 2. Pengumpulan Data Penelitian

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data sebagai studi kasus yang digunakan pada penelitian ini. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah harga penutupan saham harian dari tiga perusahaan yang tergabung dalam *Jakarta Islamic Index* (JII), yaitu PT. Unilever Indonesia Tbk. (UNVR) pada tanggal 1 Desember 2014 sampai 30 Juni 2015, PT. Astra Intrenasional Tbk. (ASII) pada tanggal 4 Agustus 2014 sampai 30 Juni 2015, dan Perusahaan Gas Negara Tbk. (PGAS) pada tanggal 3 November 2014 sampai 30 Juni 2015. Data-data tersebut diperoleh melalui Yahoo Finance.

### 3. Analisa Data

Salah satu syarat suatu data dapat diramalkan dengan baik adalah data tersebut dalam keadaan stasioner. Oleh sebab itu, dalam tahapan ini dilakukan analisa terhadap data harga penutupan saham harian yang digunakan. Analisa tersebut meliputi uji stasioneritas data, baik terhadap varian maupun *mean*. Cek stasioneritas terhadap varian dapat dilakukan melalui plot *Box-Cox*. Sementara itu, cek stasioneritas terhadap *mean* dilakukan melalui plot *time series*. Pada dasarnya, jika data tidak stasioner dalam varian, maka dilakukan transformasi *Box-Cox*. Sedangkan jika data belum stasioner dalam *mean*, maka dilakukan *differencing* terhadap data tersebut. Selanjutnya, apabila data sudah dalam asumsi stasioner, maka dilakukan analisa terhadap ACF dan PACF data untuk mengidentifikasi dan menentukan model-model peramalan ARIMA yang akan dianalisa lebih lanjut.

### 4. Pembentukan dan Analisa Model Peramalan

Pada tahap ini, dilakukan pembentukan model-model peramalan ARIMA berdasarkan hasil analisa ACF dan PACF data. Selanjutnya dilakukan estimasi parameter dari model-model ARIMA tersebut. Kemudian, model-model tersebut dianalisa dengan melakukan uji asumsi model yang meliputi uji signifikan parameter dan diagnostik model yang berupa uji residual *white noise* dan distribusi normal. Kemudian, model yang memenuhi semua uji asumsi akan ditetapkan sebagai model peramalan sementara. Setelah itu, dilakukan proses *overfitting* terhadap model-model tersebut. Model terbaik yang dipilih sebagai model peramalan adalah model yang memiliki nilai kriteria AIC (*Akaike Information Criterion*) dan SC (*Schwarz Criterion*) terkecil.

### 5. Prediksi Harga Saham Menggunakan Model ARIMA

Setelah mendapatkan model peramalan ARIMA yang terbaik, kemudian dilakukan prediksi harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk., PT. Astra Internasioal Tbk., dan Perusahaan Gas Negara Tbk. (PGAS). Kemudian berdasarkan hasil ramalan yang diperoleh, dilakukan validasi

hasil dengan memperhitungkan nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) untuk melihat seberapa besar error dari hasil peramalan tersebut.

#### 6. Implementasi Algoritma Kalman Filter

Pada tahapan ini, dilakukan implementasi algoritma Kalman Filter terhadap hasil peramalan menggunakan model ARIMA yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya. Dalam tahapan ini, ditentukan persamaan *state* dan pengamatan yang akan digunakan dalam algoritma Kalman Filter. Dengan penerapan algoritma Kalman Filter pada hasil prediksi model ARIMA, dapat diperoleh hasil prediksi yang baru menggunakan ARMA-Kalman Filter. Setelah mendapatkan prediksi harga saham menggunakan ARIMA-Kalman Filter, dilakukan validasi hasil untuk melihat tingkat akurasi ramalan yang diukur dengan menggunakan MAPE.

#### 7. Perhitungan *Return* Saham

Setelah mendapatkan prediksi harga saham, selanjutnya dilakukan perhitungan *return* saham dari masing-masing perusahaan dalam objek penelitian ini. Nilai *Return* tersebut digunakan untuk keperluan dalam permasalahan optimasi portofolio saham.

#### 8. Implementasi MPC Dalam Optimasi Portofolio Saham

Pada tahapan ini ditentukan variabel *state*, variabel kontrol, dan kendala-kendala yang akan diselesaikan berdasarkan model manajemen portofolio, serta fungsi objektif yang ingin dicapai dari permasalahan optimasi portofolio. Kemudian setelah semua komponen tersebut ditentukan, selanjutnya diimplementasikan metode MPC untuk menyelesaikan permasalahan kendali optimal pada optimasi portofolio tersebut. Tujuan dari MPC adalah untuk mendapatkan pengontrol terbaik yang mampu meminimumkan suatu fungsi objektif, yaitu total seluruh modal investor di dalam portofolio semakin bertambah mendekati target yang diharapkan investor.

9. Simulasi Penerapan MPC

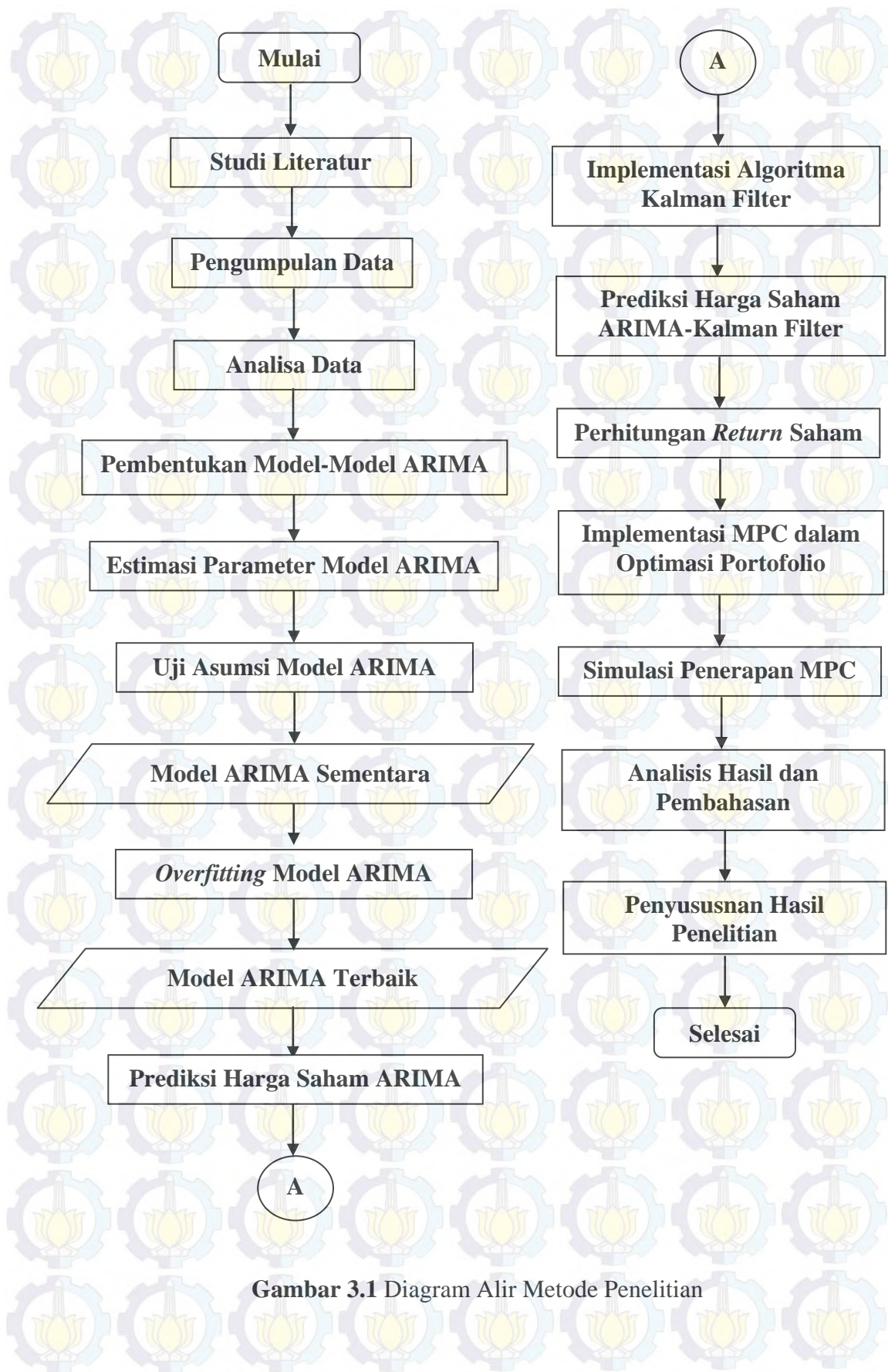
Pada tahap ini dilakukan simulasi menggunakan *software* MATLAB terhadap penerapan MPC dalam permasalahan kendali optimal pada optimasi portofolio dalam manajemen investasi saham. Dari hasil simulasi tersebut, dapat dilihat kinerja MPC untuk mendapatkan pengendali yang mampu meminimumkan fungsi objektif dan mengatasi semua kendala yang ada pada sistem.

10. Analisa Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan analisa dan pembahasan terhadap hasil simulasi yang telah didapatkan. Kemudian akan disusun kesimpulan-kesimpulan dari hasil yang diperoleh dalam penelitian ini.

11. Penyusunan Hasil Penelitian

Pada tahap ini dilakukan pembuatan laporan hasil penelitian yang dimulai dari Halaman Judul, Abstrak, Daftar Isi, Bab 1 sampai Bab 5, dan Daftar Pustaka.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian





Halaman ini sengaja dikosongkan.

## BAB IV ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, portofolio yang dibentuk dalam manajemen investasi terdiri dari tiga aset saham, satu aset tabungan investor di bank, dan satu aset pinjaman dana investor. Adapun saham yang dijadikan sebagai objek penelitian dalam Tesis ini, antara lain saham PT. Unilever Indonesia Tbk. (UNVR), PT. Astra Internasional Tbk. (ASII), dan Perusahaan Gas Negara (PGAS).

Hal pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah memprediksi harga saham dari masing-masing perusahaan tersebut. Prediksi harga saham dilakukan dengan membentuk suatu model peramalan menggunakan metode ARIMA terlebih dahulu. Kemudian, model peramalan tersebut digunakan untuk menghitung prediksi harga saham pada periode mendatang. Selanjutnya, diterapkan algoritma Kalman Filter terhadap hasil peramalan ARIMA yang didasarkan pada koreksi *error* peramalan, untuk melihat perbandingan hasil peramalan harga saham yang diperoleh dengan menggunakan metode ARIMA dan ARIMA – Kalman Filter.

Setelah mendapatkan prediksi harga saham, langkah selanjutnya adalah menghitung tingkat *return* dari masing-masing saham. Tingkat *return* tersebut akan dipergunakan pada saat melakukan optimisasi portofolio saham. Dalam penelitian ini, optimasi portofolio saham dilakukan dengan menerapkan metode *Model Predictive Control* (MPC). Tujuan dari penyelesaian permasalahan optimasi portofolio tersebut adalah untuk mendapatkan total modal portofolio yang mendekati target, dengan cara melakukan penyebaran modal pada setiap aset dalam portofolio secara optimal. Dengan demikian, investor dapat mengetahui strategi terbaik dalam memajemen setiap modal pada portofolionya untuk mendapatkan peningkatan atau penambahan modal/kekayaan secara optimal.

### 4.1 Pembentukan Model Peramalan Harga Saham PT. Unilever Indonesia Tbk.

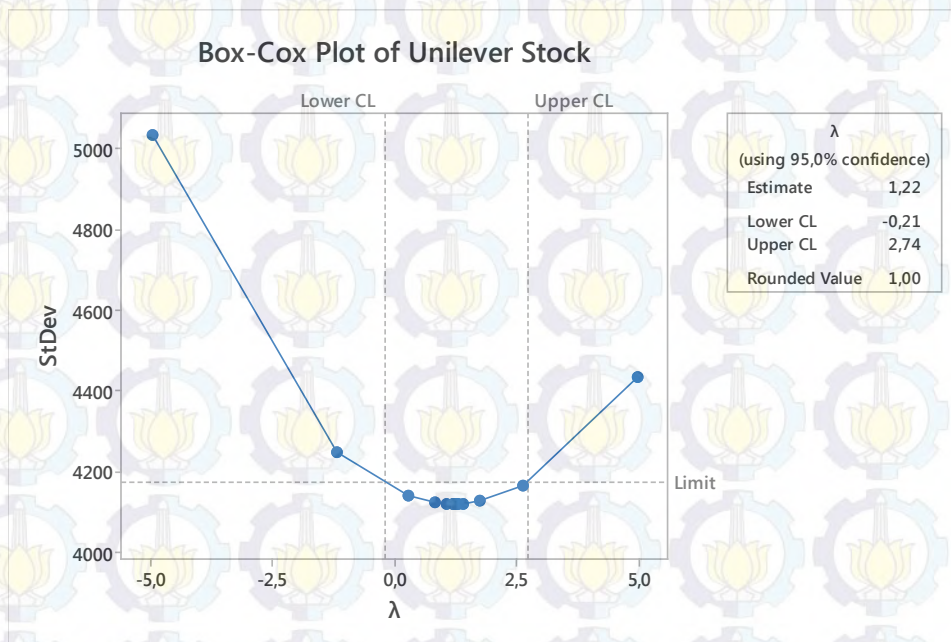
Terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan untuk membentuk model peramalan harga saham menggunakan metode ARIMA, antara lain analisis data, identifikasi dan pembentukan model peramalan ARIMA sementara,

pengujian model peramalan tersebut, dan terakhir adalah pemilihan model peramalan terbaik.

#### 4.1.1 Deskripsi dan Analisis Data

Dalam penelitian ini, data observasi yang digunakan untuk membangun model peramalan harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk. adalah data *closing price* harian pada tanggal 1 Desember 2014 sampai 30 Juni 2015. Data harga saham PT. Unilver Indonesia Tbk. dapat dilihat pada Lampiran A.

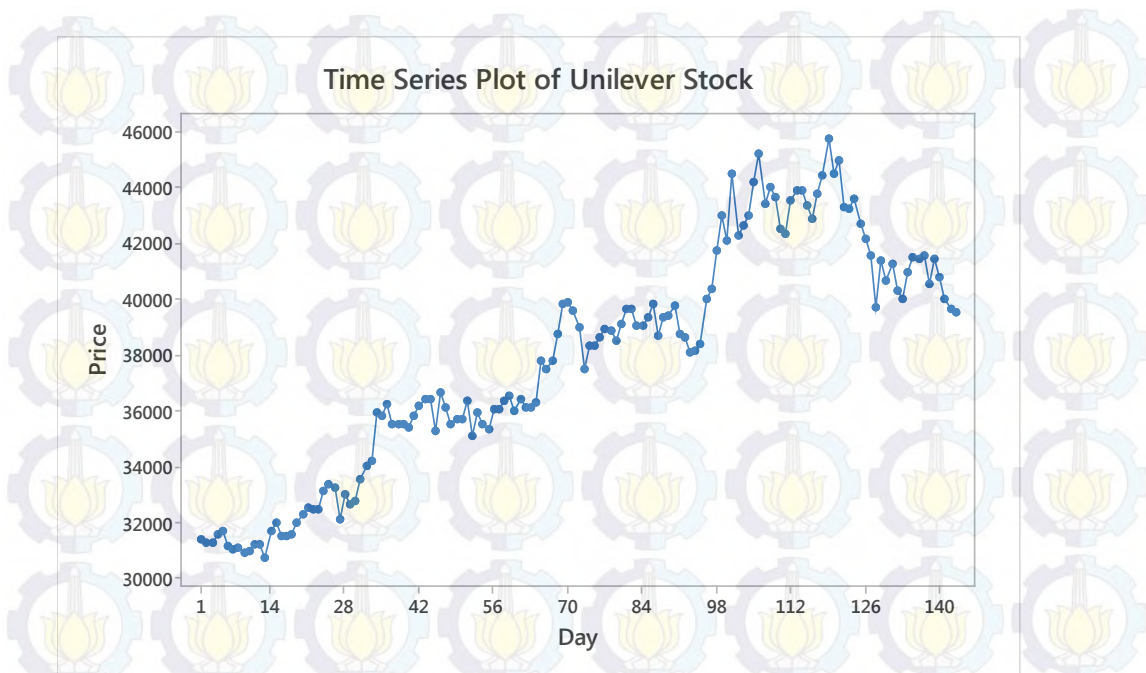
Sebelum melakukan proses peramalan, terlebih dahulu dilakukan analisis data yang meliputi uji stasioneritas baik dalam varian maupun *mean*. Analisis stasioneritas data dalam metode peramalan penting dilakukan, sebab syarat pembentukan model peramalan yang baik adalah data yang digunakan berada dalam keadaan stasioner. Suatu data dikatakan stasioner apabila data tersebut berada dalam keseimbangan di sekitar nilai yang konstan selama waktu tertentu. Uji stasioner data dalam varian dapat dilihat melalui Plot Box-Cox data, yaitu apabila memiliki *rounded value*  $\lambda = 1$ , maka data tersebut dikatakan stasioner dalam varian. Gambar 4.1 menunjukkan Plot Box-Cox dari data harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk.



**Gambar 4.1** Plot Box-Cox Saham PT. Unilever Indonesia Tbk.

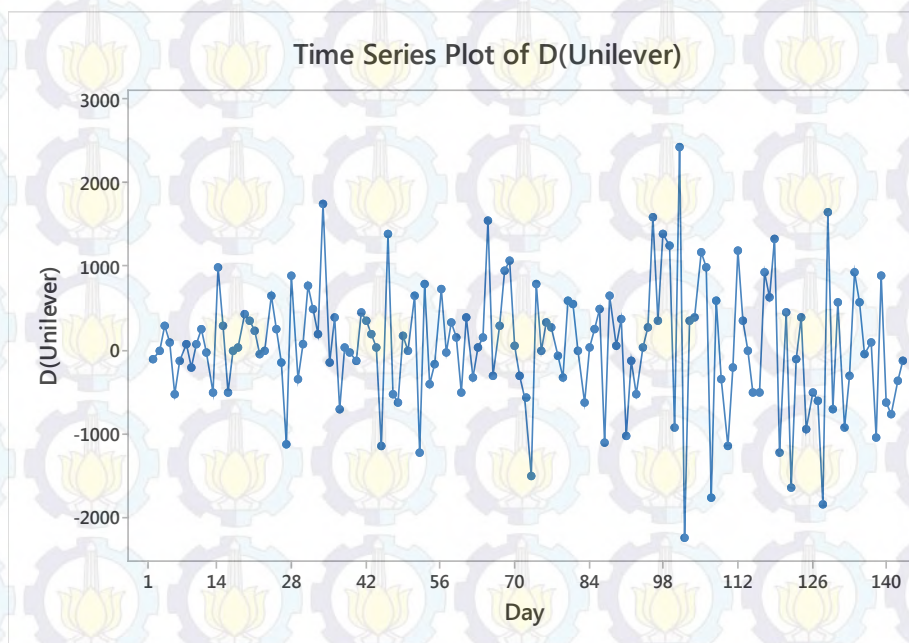
Pada Gambar 4.1, terlihat bahwa Plot Box-Cox dari data harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk. dengan menggunakan nilai kepercayaan 95% memberikan nilai optimal untuk  $\lambda$  sebesar 1,22, yang berada dalam interval selang kepercayaan antara  $-0,21$  dan  $2,74$ , serta memiliki *rounded value*  $\lambda = 1$ . Hal ini menunjukkan bahwa data harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk. telah berada dalam kondisi stasioner dalam varian.

Sementara itu, pengecekan stasioneritas data terhadap *mean* dapat dilakukan dengan melihat *time series plot* dari data harga saham tersebut. *Time series plot* dari harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk. disajikan melalui Gambar 4.2. Pada Gambar tersebut, terlihat adanya unsur tren naik yang sangat dominan dari harga saham harian PT. Unilever Indonesia selama 119 hari pengamatan. Kemudian pada hari ke-120 dan seterusnya, pergerakan harga saham mengalami penurunan. Adanya unsur tren yang cenderung naik dan turun pada beberapa selang waktu tersebut mengindikasikan bahwa data harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk. belum stasioner dalam *mean*. Indikasi tersebut diperkuat melalui uji stasioner *unit root* menggunakan kriteria *Augmented Dickey-Fuller* yang dilakukan melalui *software* EViews. Berdasarkan hasil uji tersebut (dapat dilihat pada Lampiran D.1), nilai probabilitas *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) sebesar 0,5. Nilai probabilitas tersebut lebih besar dari pada tingkat signifikansi  $\alpha = 0,05$ . Hal ini juga dapat dibuktikan melalui uji statistik *t*, yaitu nilai  $|t_{stat.Unilever}| = 1,560608 < |ADF_{5\%}| = 2,881978$ . Berdasarkan hasil tersebut, hipotesis  $H_0$  yang menyatakan bahwa data tidak stasioner gagal ditolak. Dengan demikian, data harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk. masih belum berada dalam keadaan stasioner.



**Gambar 4.2** *Time Series Plot* Harga Saham PT. Unilever Indonesia Tbk.

Data harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk. belum stasioner, sehingga perlu dilakukan *differencing* terhadap data tersebut. Selanjutnya data hasil *differencing* tersebut diuji kembali kestasionerannya. Gambar 4.3 menunjukkan data harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk. yang telah dilakukan *differencing* sebanyak satu kali. Dari Gambar tersebut, terlihat bahwa data telah berada dalam kondisi stasioner. Grafik dari hasil *differencing* tersebut telah berada dalam keseimbangan disekitar nilai yang konstan. Selain itu, tidak terlihat adanya unsur tren naik ataupun turun pada Gambar tersebut. Hal ini juga diperkuat oleh hasil uji *unit root Augmented Dickey-Fuller* yang dapat dilihat pada Lampiran D.2. Nilai probabilitas  $ADF = 0 < 0,05$ . Selain itu, uji statistik  $t$  menghasilkan  $|t_{stat.D(Unilever)}| = 14,9402 > |ADF_{5\%}| = 2,881978$ . Berdasarkan hasil tersebut, hipotesis untuk  $H_0$  ditolak. Dengan demikian, data harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk. dengan *differencing* satu kali telah berada dalam kondisi stasioner.

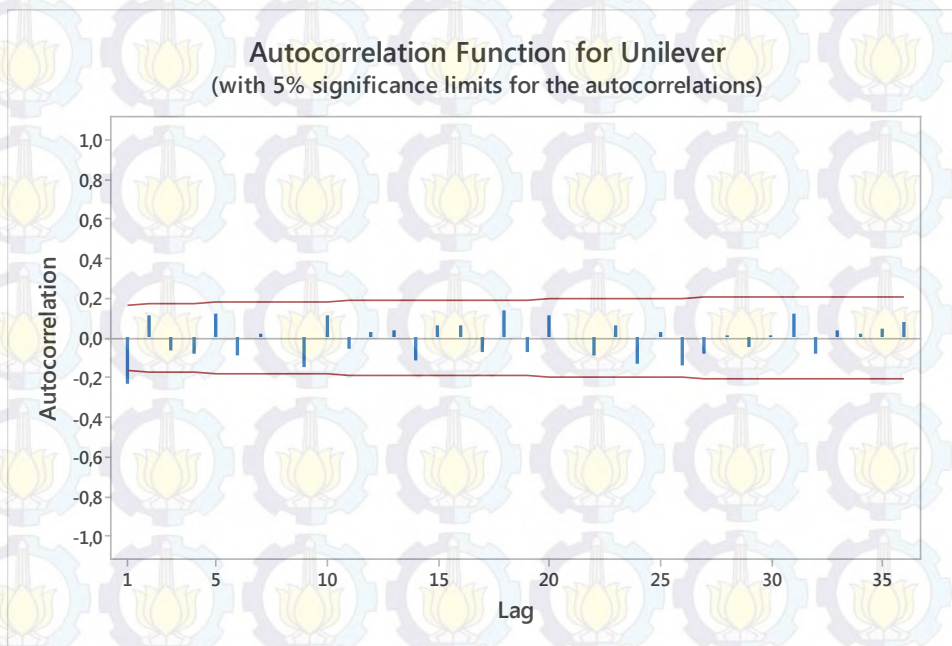


**Gambar 4.3** *Time Series Plot* dari Hasil *Differencing* Harga Saham PT. Unilever Indonesia Tbk.

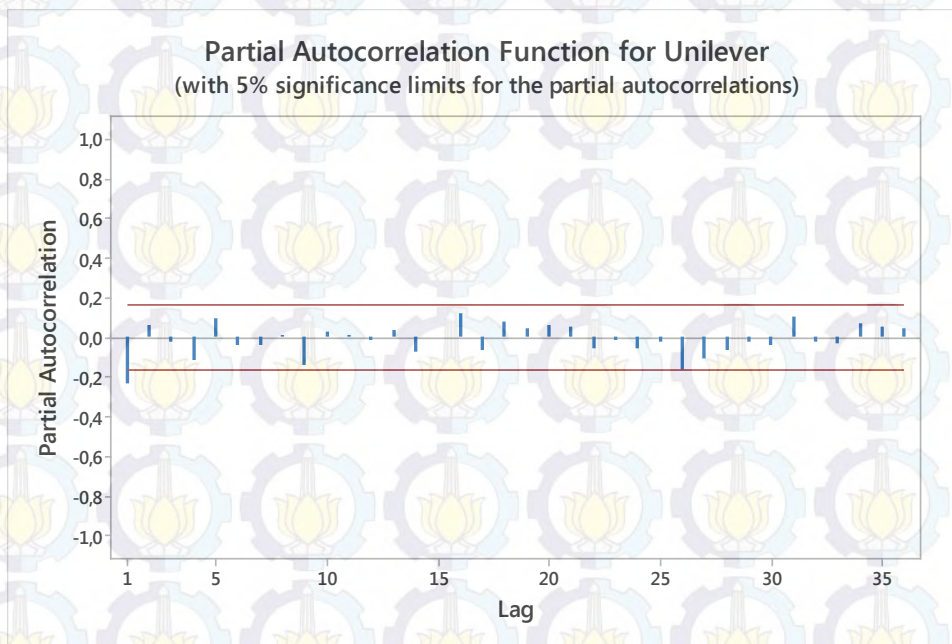
Setelah data berada dalam keadaan stasioner, selanjutnya dilakukan identifikasi dan pembentukan model peramalan yang dijelaskan pada subbab berikutnya.

#### 4.1.2 Identifikasi dan Pembentukan Model Peramalan ARIMA

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, telah didapatkan bahwa data harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk. dengan *differencing* satu kali telah stasioner. Selanjutnya dilakukan identifikasi model peramalan yang bertujuan untuk mendapatkan dugaan model yang sesuai dalam meramalkan harga saham tersebut. Identifikasi ini dilakukan dengan menganalisis ACF dan PACF data seperti yang disajikan pada Gambar 4.4. dan Gambar 4.5.



**Gambar 4.4** Plot ACF Saham PT. Unilever Indonesia Tbk.



**Gambar 4.5** Plot PACF Saham PT. Unilever Indonesia Tbk.

Pada Plot ACF dalam Gambar 4.4, dapat diamati bahwa terdapat satu lag yang berbeda nyata dari nol, atau terputus pada lag pertama dengan koefisien autokorelasi sebesar  $-0,232442$ . Begitu pula pada Gambar 4.5, plot PACF terputus pada lag pertama dengan koefisien autokorelasi parsial sebesar

-0,232442. Berdasarkan hasil tersebut, dapat dibentuk dugaan model-model peramalan ARIMA sementara untuk harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk., antara lain: ARIMA([1],1,0), ARIMA(0,1,[1]), dan ARIMA([1],1,[1]). Setelah melakukan identifikasi model peramalan sementara, langkah selanjutnya adalah melakukan uji asumsi model yang akan dibahas pada subbab selanjutnya.

#### 4.1.3 Uji Asumsi Model Peramalan ARIMA

Pada subbab sebelumnya, telah diperoleh model-model peramalan ARIMA sementara. Selanjutnya dalam subbab ini, dilakukan uji asumsi model yang terdiri dari uji signifikan parameter dan uji diagnostik model, yaitu uji residu yang bersifat *white noise* dan distribusi normal. Pada pembahasan ini, sebagai contoh diberikan proses pengerjaan uji asumsi model yang lebih terperinci untuk model peramalan ARIMA([1],1,0).

Sebelum melakukan uji asumsi model, terlebih dahulu dilakukan estimasi parameter model ARIMA([1],1,0). Estimasi parameter tersebut dilakukan menggunakan metode *Least Square* dengan bantuan *software* EViews. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1.** Estimasi Parameter Model ARIMA([1],1,0) Dengan Konstanta ( $\mu$ )

Parameter	Nilai Estimasi Parameter	Standar Deviasi Error	Nilai Probabilitas
$\mu$	58,36679	50,23447	0,2473
$\phi_1$	-0,232542	0,082498	0,0055

Setelah mendapatkan estimasi parameter, selanjutnya dilakukan uji asumsi model berupa uji signifikan parameter  $\mu$  dan  $\phi_1$  sebagai berikut.

Hipotesis:

$H_0 : \mu = 0$  (Parameter tidak signifikan)

$H_1 : \mu \neq 0$  (Parameter signifikan)

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\mu}}{S_a(\hat{\mu})}$$



$$t_{hitung} = \frac{58,36679}{50,23447}$$

$$= 1,161887$$

$$t_{tabel} = t_{0,025;141}$$

$$= 1,97693$$

Berdasarkan uji statistik tersebut,  $|t_{hitung}| < t_{tabel}$  yang menunjukkan bahwa hipotesis  $H_0$  gagal ditolak. Hal ini juga dapat dilihat melalui nilai probabilitas parameter  $\mu$ , yaitu  $0,2473 > \alpha = 0,05$ , sehingga  $H_0$  diterima. Dengan kata lain, parameter  $\mu$  pada model ARIMA([1],1,0) tidak signifikan. Karena parameter  $\mu$  tidak signifikan, model peramalan ARIMA([1],1,0) dengan konstanta  $\mu$  tidak dapat digunakan, sehingga pengujian parameter  $\phi_1$  dan uji diagnostik model tidak perlu dilakukan.

Selanjutnya, dilakukan pengujian asumsi model peramalan ARIMA([1],1,0) tanpa konstanta  $\mu$ . Estimasi parameter model ARIMA([1],1,0) tanpa konstanta  $\mu$  dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2.** Estimasi Parameter Model Peramalan ARIMA([1],1,0) Tanpa Konstanta ( $\mu$ )

Parameter	Nilai Estimasi Parameter	Standar Deviasi Error	Nilai Probabilitas
$\phi_1$	-0,225115	0,082349	0,0071

Kemudian dilakukan uji signifikan parameter  $\phi_1$  sebagai berikut.

Hipotesis:

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

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

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{\hat{\phi}_1}{S_d(\hat{\phi}_1)}$$

$$= \frac{-0,225115}{0,082349} = -2,73366$$

$$t_{tabel} = t_{0,025;141} \\ = 1,97693.$$

Berdasarkan uji statistik tersebut,  $|t_{hitung}| > t_{tabel}$ , sehingga hipotesis  $H_0$  ditolak. Hasil ini juga diperkuat melalui nilai probabilitas dari parameter  $\phi_1$  adalah  $0,0071 < 0,05$ . Hal ini menunjukkan bahwa parameter  $\phi_1$  dalam model peramalan ARIMA([1],1,0) signifikan. Dengan demikian, model peramalan ARIMA([1],1,0) tanpa konstanta  $\mu$  dapat digunakan.

Selanjutnya, dilakukan uji diagnostik model peramalan ARIMA([1],1,0) tanpa konstanta  $\mu$  yang meliputi uji asumsi residual yang bersifat *white noise* dan berdistribusi normal. Uji asumsi residual yang bersifat *white noise* dapat dilakukan dengan menggunakan uji Ljung  $Q$  statistik yang diberikan sebagai berikut.

Hipotesis:

$H_0 : \rho_1(a) = \rho_2(a) = \dots = \rho_k(a) = 0$  (Residual bersifat *white noise*)

$H_1 : \text{minimal ada satu } \rho_j \neq 0 \text{ dengan } j = 1, 2, \dots, k$  (Residual tidak bersifat *white noise*)

Statistik uji:

$$Q = n(n+2) \sum_{j=1}^k \frac{\hat{\rho}_j^2}{n-k}$$

dengan  $\hat{\rho}_j$  adalah estimasi nilai autokorelasi dari residual pada pengamatan ke- $j$ .

Nilai autokorelasi dari setiap residual pengamatan dapat dilihat pada Lampiran J. Dalam pembahasan ini, diberikan contoh perhitungan statistik uji  $Q$  sampai pada pengamatan ke-5. Sedangkan untuk hasil perhitungan nilai  $Q$  pada pengamatan lainnya dapat dilihat pada Lampiran J.

$$Q = n(n+2) \sum_{j=1}^5 \frac{\hat{\rho}_j^2}{n-k} \\ = 141(141+2) \left( \frac{0,006^2}{141-1} + \frac{0,056^2}{141-2} + \frac{(-0,061)^2}{141-3} + \frac{(-0,078)^2}{141-4} + \frac{0,093^2}{141-5} \right) \\ = 3,2055$$

$$\chi^2_{0,05;4} = 9,488.$$

Berdasarkan uji statistik  $Q$ , nilai  $Q < \chi^2_{0,05;4}$  sehingga hipotesis  $H_0$  diterima, yang menunjukkan bahwa residual bersifat *white noise*. Hal ini juga dapat dilihat melalui nilai probabilitas pengamatan ke-5 pada Lampiran J, yaitu sebesar 0,524. Nilai probabilitas tersebut lebih besar daripada  $\alpha = 0,05$ , sehingga hipotesis  $H_0$  diterima. Berdasarkan nilai probabilitas pada Lampiran J, diperoleh bahwa nilai probabilitas dari setiap pengamatan lebih besar daripada  $\alpha = 0,05$ . Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa residual setiap pengamatan bersifat *white noise*.

Selanjutnya, dilakukan pengujian asumsi residual berdistribusi normal menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.6.

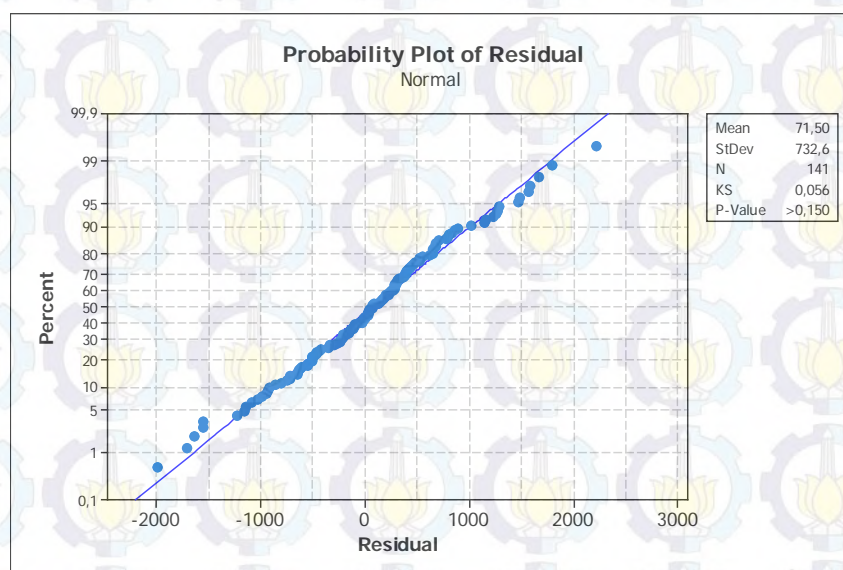
Hipotesis:

$H_0$  : Residual berdistribusi normal

$H_1$  : Residual tidak berdistribusi normal

Kriteria pengujian:

Dengan menggunakan  $\alpha = 5\%$ , jika  $p - value > \alpha$ , maka  $H_0$  diterima. Artinya bahwa residual berdistribusi normal.



**Gambar 4.6** Uji Residual Berdistribusi Normal pada Model ARIMA([1],1,0) tanpa Konstanta ( $\mu$ )

Berdasarkan pada Gambar 4.6, diperoleh nilai Kolmogorov-Smirnov untuk residual model ARIMA([1],1,0) tanpa konstanta  $\mu$  sebesar 0,056 dan memiliki probabilitas  $p - value > 0,150$ . Karena nilai probabilitas lebih daripada  $\alpha = 0,05$ , sehingga hipotesis  $H_0$  diterima. Dengan demikian, residual dari model peramalan ARIMA([1],1,0) tanpa konstanta  $\mu$  berdistribusi normal.

Setelah melakukan semua uji asumsi, diperoleh kesimpulan bahwa model peramalan ARIMA([1],1,0) tanpa konstanta  $\mu$  memenuhi uji signifikan parameter serta residual bersifat *white noise* dan berdistribusi normal. Dengan demikian, model tersebut dapat digunakan untuk meramalkan harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk.. Dengan cara yang sama, hasil uji asumsi model untuk masing-masing ARIMA(0,1,[1]) dan ARIMA([1],1,[1]) dengan dan tanpa konstanta  $\mu$  diberikan pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3.** Uji Asumsi Model Peramalan ARIMA Saham PT. Unilever Indonesia Tbk.

Model Peramalan	Uji Signifikan Parameter	Residual Bersifat <i>white noise</i>	Residual Berdistribusi Normal	Kesimpulan
ARIMA(0,1,[1]) dengan $\mu$	×			Tidak Memenuhi
ARIMA(0,1,[1]) tanpa $\mu$	✓	✓	✓	Memenuhi
ARIMA([1],1,[1]) dengan $\mu$	×			Tidak Memenuhi
ARIMA([1],1,[1]) tanpa $\mu$	×			Tidak Memenuhi

Berdasarkan pada Tabel 4.3, model peramalan ARIMA(0,1,[1]) dengan konstanta  $\mu$  dan ARIMA([1],1,[1]) dengan maupun tanpa konstanta  $\mu$  tidak memenuhi uji asumsi model. Sedangkan model ARIMA(0,1,[1]) tanpa  $\mu$  memenuhi uji asumsi model, sehingga model tersebut dapat digunakan sebagai alternatif model peramalan harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk.. Tahapan selanjutnya adalah pemilihan model peramalan terbaik yang akan dijelaskan pada subbab berikutnya.

#### 4.1.4 Pemilihan Model Peramalan Terbaik

Pada pembahasan sebelumnya, telah didapatkan alternatif model-model peramalan yang memenuhi semua uji asumsi model, yaitu ARIMA([1],1,0) tanpa konstanta  $\mu$  dan ARIMA(0,1,[1]) tanpa konstanta  $\mu$ . Kemudian, langkah selanjutnya adalah melakukan *overfitting* model untuk mendapatkan model peramalan terbaik. Dalam penelitian ini, model peramalan terbaik dipilih berdasarkan nilai AIC dan SC model yang paling minimum. Berdasarkan informasi pada Lampiran Q, nilai AIC dan SC untuk model ARIMA([1],1,0) dan ARIMA(0,1,[1]) tanpa konstanta dapat dilihat pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.4.** *Overfitting* Model Peramalan ARIMA Saham PT. Unilever Indonesia Tbk.

Model Peramalan	AIC	SC
ARIMA([1],1,0) tanpa konstanta $\mu$	16,0477	16,0686
ARIMA(0,1,[1]) tanpa konstanta $\mu$	16,04837	16,06919

Berdasarkan Tabel 4.4, model peramalan yang memiliki nilai AIC dan SC terkecil adalah ARIMA([1],1,0) tanpa konstanta  $\mu$ . Dengan demikian, model peramalan terbaik yang dapat digunakan untuk meramalkan harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk. adalah ARIMA([1],1,0) tanpa konstanta  $\mu$ . Dengan menggunakan Persamaan (2.1), diperoleh persamaan model peramalan ARIMA([1],1,0) tanpa konstanta  $\mu$  sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \phi_p(B)(1-B)^d Z_t &= \theta_q(B)a_t \\
 (1-\phi_1 B)(1-B)Z_t &= a_t \\
 (1-\phi_1 B)(Z_t - BZ_t) &= a_t \\
 Z_t - (1+\phi_1)BZ_t + \phi_1 B^2 Z_t &= a_t \\
 Z_t &= (1+\phi_1)BZ_t - \phi_1 B^2 Z_t + a_t \\
 Z_t &= (1+\phi_1)Z_{t-1} - \phi_1 Z_{t-2} + a_t \\
 Z_t &= (1-0,225115)Z_{t-1} - 0,225115 Z_{t-2} + a_t \\
 Z_t &= 0,7749 Z_{t-1} + 0,225115 Z_{t-2} + a_t. \quad (4.1)
 \end{aligned}$$

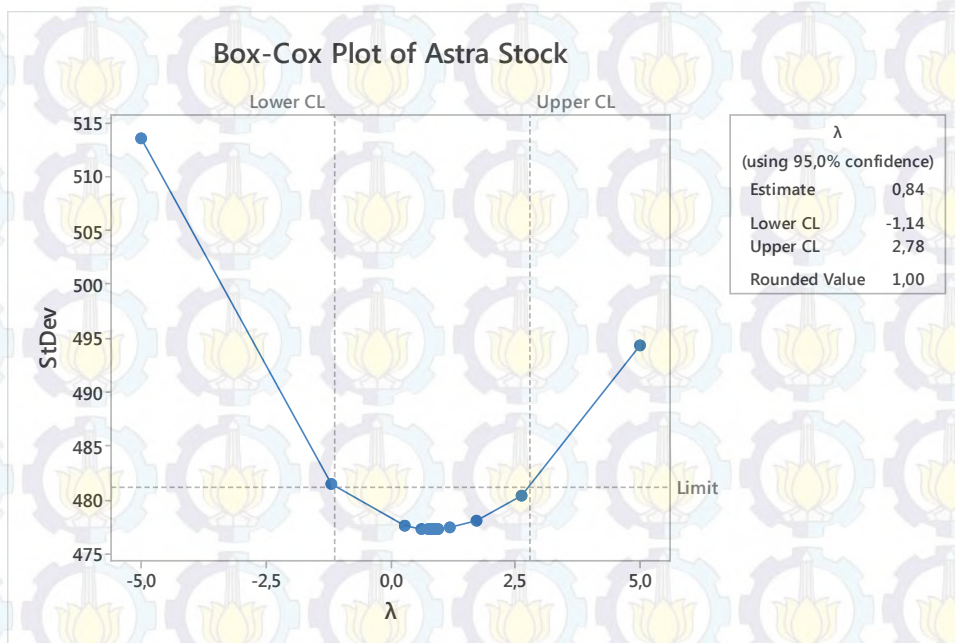
## 4.2 Pembentukan Model Peramalan Harga Saham PT. Astra Internasional Tbk.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembentukan model peramalan harga saham PT. Astra Internasional Tbk. sama seperti yang telah dijelaskan pada Subbab 4.1. Langkah-langkah tersebut antara lain analisis data, identifikasi dan pembentukan model peramalan ARIMA, pengujian model peramalan, dan pemilihan model peramalan terbaik.

### 4.2.1 Deskripsi dan Analisis Data

Data observasi yang digunakan untuk membangun model peramalan harga saham PT. Astra Internasional Tbk. adalah data *closing price* harian pada tanggal 4 Agustus 2014 sampai 30 Juni 2015. Data harga saham dari masing-masing perusahaan dapat dilihat pada Lampiran B.

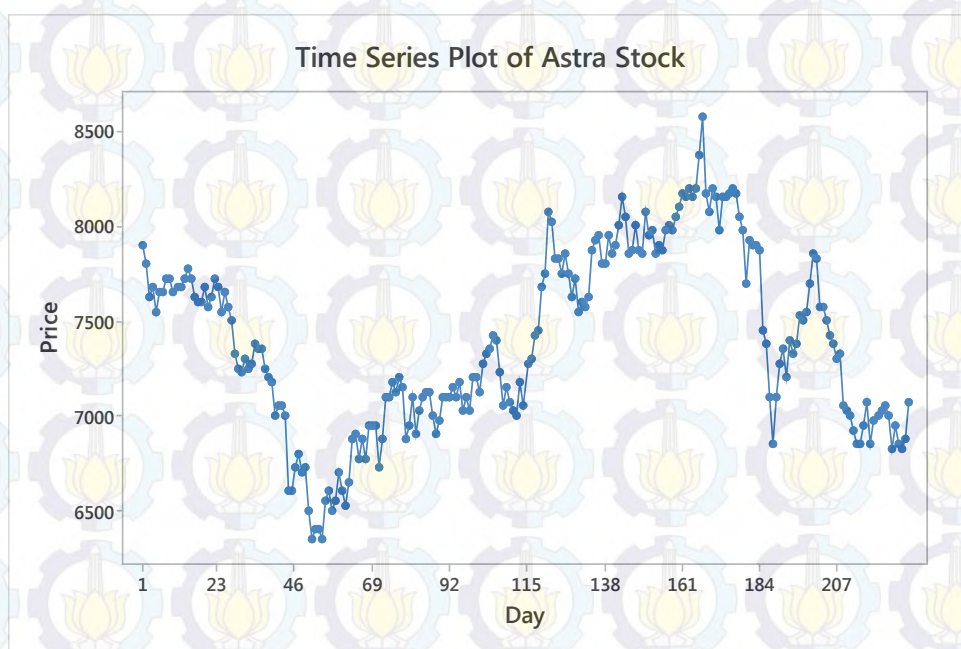
Dalam melakukan uji stasioneritas data, pertama-tama dilakukan pengecekan stasioneritas data dalam varian melalui Plot Box-Cox data. Gambar 4.7 menunjukkan Plot Box-Cox dari data harga saham PT. Astra Internasional Tbk.



**Gambar 4.7** Plot Box-Cox Saham PT. Astra Internasional Tbk.

Pada Gambar 4.7, terlihat bahwa Plot Box-Cox dari data harga saham PT. Astra Internasional Tbk. dengan nilai kepercayaan 95% memberikan nilai optimal untuk  $\lambda$  sebesar 0,84 yang berada dalam interval selang kepercayaan antara  $-1,14$  dan  $2,78$ , serta memiliki *rounded value*  $\lambda = 1$ . Hal ini menunjukkan bahwa data harga saham PT. Astra Internasional Tbk. telah berada dalam kondisi stasioner dalam varian.

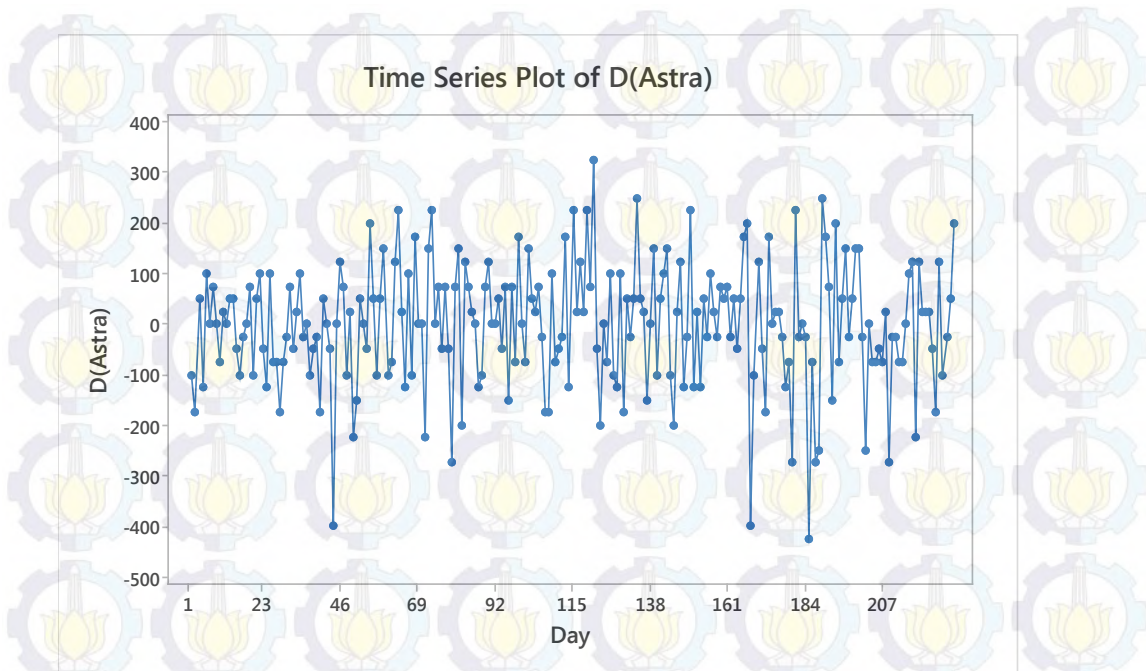
Kemudian, pengecekan stasioneritas data terhadap *mean* dilakukan dengan melihat pergerakan harga saham melalui *time series plot* data tersebut. *Time series plot* dari harga saham PT. Astra Internasional Tbk. disajikan melalui Gambar 4.8. Pada Gambar tersebut, terlihat bahwa pergerakan harga saham PT. Astra Internasional Tbk. Sangat berfluktuatif. Pada 51 hari pertama pengamatan, harga saham PT. Astra Internasional cenderung mengalami penurunan. Kemudian harga saham terus berfluktuatif dan cenderung mengalami peningkatan sampai pada hari pengamatan ke-167. Selanjutnya, harga saham PT. Astra Internasional Tbk. masih berfluktuatif naik dan turun sampai pada pengamatan hari terakhir. Adanya unsur tren naik dan turun pada beberapa selang waktu tersebut mengindikasikan bahwa harga saham PT. Astra Internasional Tbk. belum stasioner dalam *mean*. Hal ini diperkuat dengan hasil uji stasioner *unit root* menggunakan kriteria *Augmented Dickey-Fuller*. Berdasarkan hasil uji tersebut (dapat dilihat pada Lampiran E.1), nilai probabilitas *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) sebesar  $0,2643 > \alpha = 0,05$ . Hal ini juga dapat dibuktikan melalui uji statistik *t*, yaitu nilai  $|t_{stat.AI}| = 2,052699 < |ADF_{5\%}| = 2,874086$ . Berdasarkan hasil tersebut, hipotesis  $H_0$  yang menyatakan bahwa data tidak stasioner gagal ditolak. Dengan demikian, data harga saham PT. Astra Internasional Tbk. masih belum stasioner.



**Gambar 4.8** *Time Series Plot* Harga Saham PT. Astra Internasional Tbk.

Karena data harga saham PT. Astra Internasional Tbk. belum stasioner, sehingga dilakukan *differencing* terhadap data tersebut. Selanjutnya data hasil *differencing* tersebut diuji kestasionerannya kembali. Gambar 4.9 menunjukkan data harga saham PT. Astra Internasional Tbk. yang telah dilakukan *differencing* sebanyak satu kali. Dari Gambar tersebut, terlihat bahwa data telah berada dalam kondisi stasioner. Grafik dari hasil *differencing* tersebut telah berada dalam keseimbangan disekitar nilai yang konstan. Selain itu, hasil uji *unit root Augmented Dickey-Fuller* juga menunjukkan bahwa nilai probabilitas  $ADF = 0 < 0,05$  dan uji statistik  $t$  menghasilkan  $|t_{stat.D(AI)}| = 15,59157 > |ADF_{5\%}| = 2,874143$  (dapat dilihat pada Lampiran E.2). Berdasarkan hasil tersebut, hipotesis untuk  $H_0$  ditolak. Dengan demikian, data harga saham PT. Astra Internasional Tbk. dengan *differencing* satu kali telah stasioner.



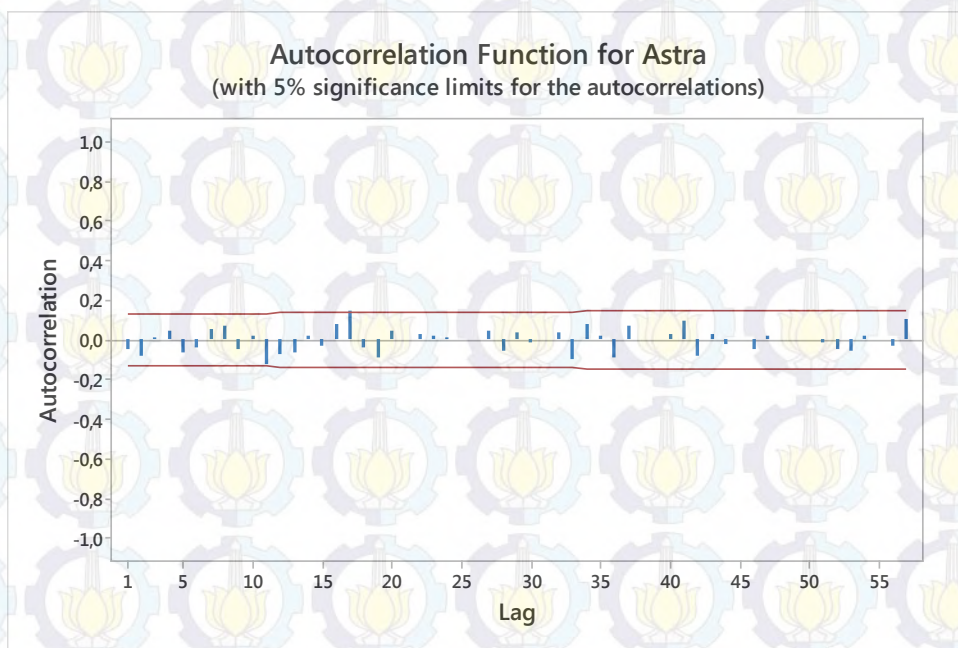


**Gambar 4.9** *Time Series Plot* dari Hasil *Differencing* Harga Saham PT. Astra Internasional Tbk.

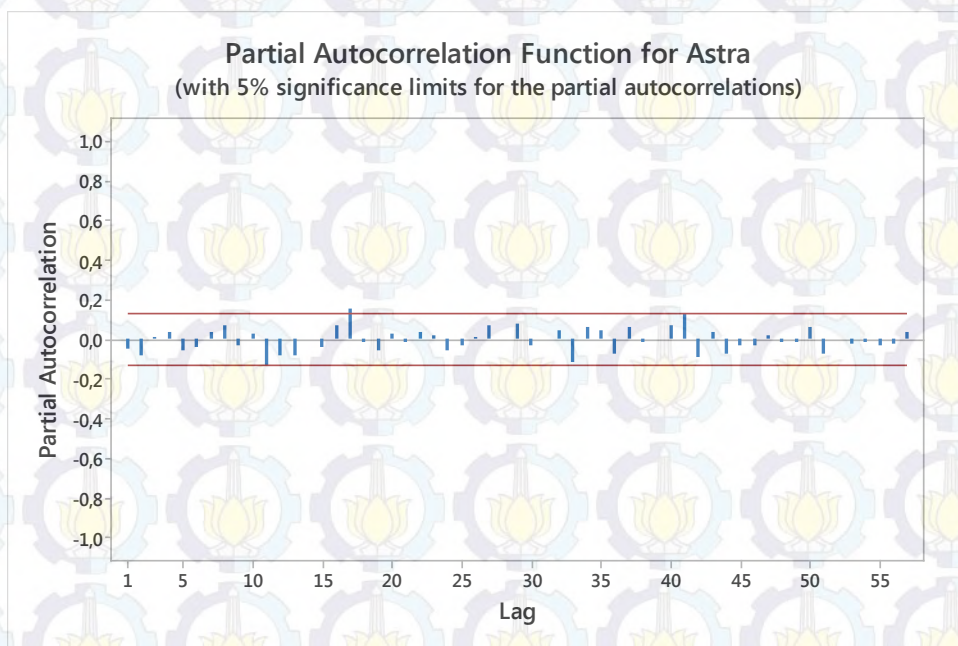
Setelah data berada dalam keadaan stasioner, selanjutnya dilakukan identifikasi dan pembentukan model peramalan sementara yang dijelaskan pada subbab berikutnya.

#### 4.2.2 Identifikasi dan Pembentukan Model Peramalan Sementara

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, telah didapatkan bahwa data harga saham PT. Astra Internasional Tbk. dengan *differencing* satu kali telah stasioner. Selanjutnya dilakukan identifikasi model yang bertujuan untuk mendapatkan dugaan model yang sesuai dalam meramalkan harga saham tersebut. Identifikasi ini dilakukan dengan menganalisis lag pada plot ACF dan PACF seperti yang disajikan pada Gambar 4.10. dan Gambar 4.11.



**Gambar 4.10** Plot ACF Saham PT. Astra Internasional Tbk.



**Gambar 4.11** Plot PACF Saham PT. Astra Internasional Tbk.

Pada Gambar 4.10, dapat diamati bahwa pada plot ACF terdapat satu lag yang berbeda nyata dari nol, atau terputus pada lag-17 dengan koefisien autokorelasi sebesar 0,149896. Sedangkan pada Gambar 4.11, plot PACF terputus pada lag-17 dengan koefisien autokorelasi parsial sebesar 0,152966 dan

pada lag-41 dengan koefisien autokorelasi parsial sebesar 0,134636. Berdasarkan hasil tersebut, dapat dibentuk dugaan model-model peramalan sementara untuk harga saham PT. Astra Internasional Tbk. antara lain: ARIMA([17],1,0), ARIMA([41],1,0), ARIMA([17,41],1,0), ARIMA(0,1,[17]), ARIMA([17],1,[17]), ARIMA([41],1,[17]), dan ARIMA([17,41],1,[17]). Kemudian langkah selanjutnya adalah melakukan uji asumsi model yang akan dibahas pada subbab selanjutnya.

#### 4.2.3 Uji Asumsi Model Peramalan ARIMA

Pada subbab sebelumnya, telah diperoleh model-model peramalan ARIMA sementara. Selanjutnya dalam subbab ini, dilakukan uji asumsi model yang terdiri dari uji signifikan parameter dan uji diagnostik model yang meliputi uji residul *white noise* dan distribusi normal. Proses pengerjaan dalam melakukan uji asumsi ini sama seperti proses pengerjaan uji asumsi model peramalan PT. Unilever Indonesia. Hasil uji asumsi model peramalan harga saham PT. Astra Internasional Tbk. disajikan pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5.** Uji Asumsi Model Peramalan ARIMA Saham PT. Astra Internasional Tbk.

Model Peramalan	Uji Signifikan Parameter	Residual Bersifat <i>white noise</i>	Residual Berdistribusi Normal	Kesimpulan
ARIMA([17],1,0) dengan $\mu$	×			Tidak Memenuhi
ARIMA([17],1,0) tanpa $\mu$	✓	✓	✓	Memenuhi
ARIMA([41],1,0) dengan $\mu$	×			Tidak Memenuhi
ARIMA([41],1,0) tanpa $\mu$	×			Tidak Memenuhi
ARIMA([17,41],1,0) dengan $\mu$	×			Tidak Memenuhi
ARIMA([17,41],1,0) tanpa $\mu$	×			Tidak Memenuhi
ARIMA(0,1,[17]) dengan $\mu$	×			Tidak Memenuhi
ARIMA(0,1,[17]) tanpa $\mu$	✓	✓	✓	Memenuhi

ARIMA([17],1, [17]) dengan $\mu$	×			Tidak Memenuhi
ARIMA([17],1, [17]) tanpa $\mu$	✓	✓	×	Tidak Memenuhi
ARIMA([41],1, [17]) dengan $\mu$	×			Tidak Memenuhi
ARIMA([41],1, [17]) tanpa $\mu$	×			Tidak Memenuhi
ARIMA([17,41],1, [17]) dengan $\mu$	×			Tidak Memenuhi
ARIMA([17,41],1, [17]) tanpa $\mu$	×			Tidak Memenuhi

Berdasarkan pada Tabel 4.5, model peramalan sementara yang memenuhi semua uji asumsi untuk meramalkan harga saham PT. Astra Internasional Tbk. adalah ARIMA([17],1,0) dan ARIMA(0,1,[17]) yang mana semuanya tanpa konstanta  $\mu$ . Tahapan selanjutnya adalah pemilihan model peramalan terbaik yang akan dijelaskan pada subbab berikutnya.

#### 4.2.4 Pemilihan Model Peramalan Terbaik

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, telah didapatkan model-model peramalan yang memenuhi semua uji asumsi model. Langkah selanjutnya adalah melakukan *overfitting* model untuk mendapatkan model peramalan terbaik dengan membandingkan nilai AIC dan SC dari masing-masing model.

**Tabel 4.6** *Overfitting* Model Peramalan ARIMA Saham PT. Astra Internasional Tbk.

Model Peramalan	AIC	SC
ARIMA([17],1,0) tanpa konstanta $\mu$	12,50804	12,52398
ARIMA(0,1,[17]) tanpa konstanta $\mu$	12,46105	12,47614

Berdasarkan Tabel 4.6, model peramalan yang memiliki nilai AIC dan SC terkecil adalah ARIMA(0,1,[17]) tanpa konstanta  $\mu$ . Dengan demikian, model peramalan terbaik yang dapat digunakan untuk meramalkan harga saham PT. Astra Internasional Tbk. adalah ARIMA(0,1,[17]) tanpa konstanta  $\mu$ . Dengan

menggunakan persamaan (2.1), diperoleh persamaan model peramalan ARIMA(0,1,[17]) tanpa konstanta  $\mu$  sebagai berikut.

$$\begin{aligned}(1 - B)Z_t &= (1 - \theta_{17}B^{17}) a_t \\ Z_t - BZ_t &= a_t - \theta_{17}B^{17}a_t \\ Z_t - Z_{t-1} &= a_t - \theta_{17}a_{t-17} \\ Z_t &= Z_{t-1} + a_t - \theta_{17}a_{t-17} \\ Z_t &= Z_{t-1} + a_t - 0,147206 a_{t-17}.\end{aligned}\tag{4.2}$$

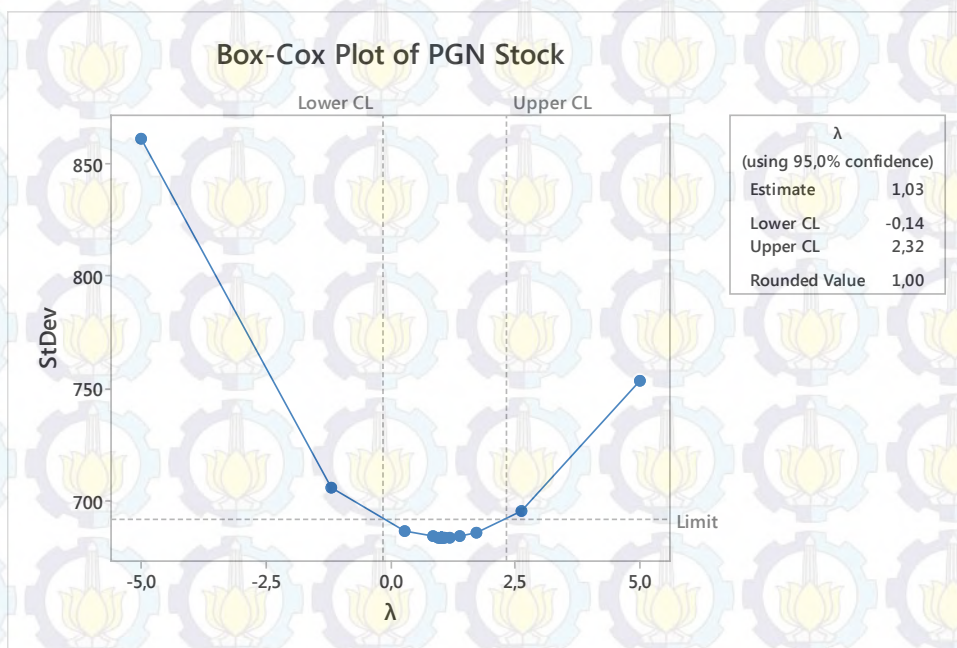
#### 4.3 Pembentukan Model Peramalan Harga Saham Perusahaan Gas Negara

Pada subbab ini, dijelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam membangun model peramalan harga saham Perusahaan Gas Negara, yaitu analisis data, identifikasi dan pembentukan model peramalan ARIMA, pengujian model peramalan, dan pemilihan model peramalan terbaik

##### 4.3.1 Deskripsi dan Analisis Data

Data observasi yang digunakan untuk membangun model peramalan harga saham Perusahaan Gas Negara adalah data *closing price* harian pada tanggal 3 November 2014 sampai 30 Juni 2015. Data harga saham dari masing-masing perusahaan dapat dilihat pada Lampiran C.

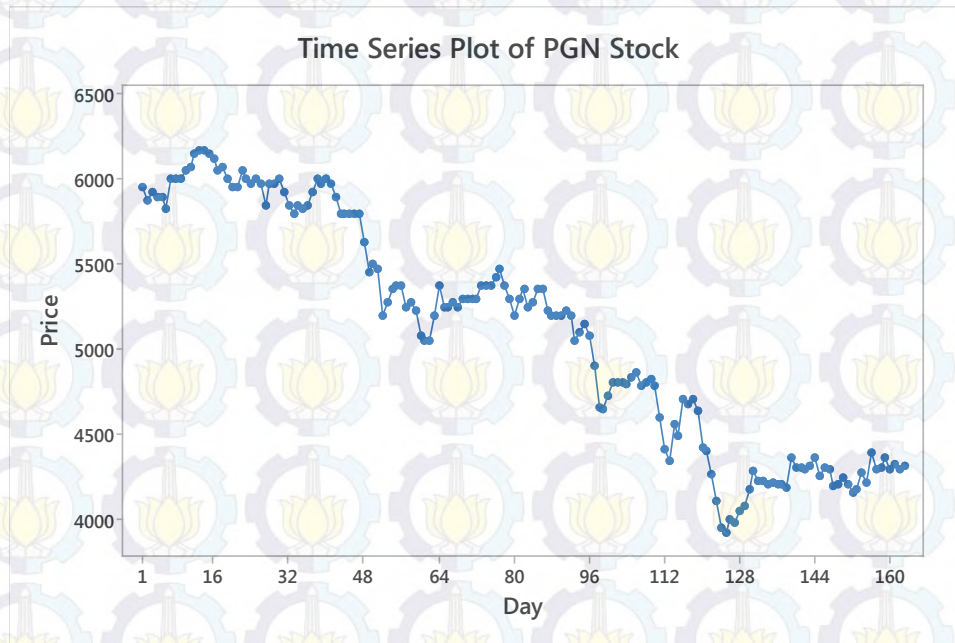
Langkah awal dalam membentuk model peramalan adalah melakukan analisis data yang meliputi uji stasioneritas baik dalam varian maupun *mean*. Uji stasioner data dalam varian dapat dilihat melalui Plot Box-Cox data, yaitu apabila memiliki *rounded value*  $\lambda = 1$ , maka data tersebut dikatakan stasioner dalam varian. Gambar 4.12 menunjukkan Plot Box-Cox dari data harga saham Perusahaan Gas Negara.



**Gambar 4.12** Plot Box-Cox Saham Perusahaan Gas Negara

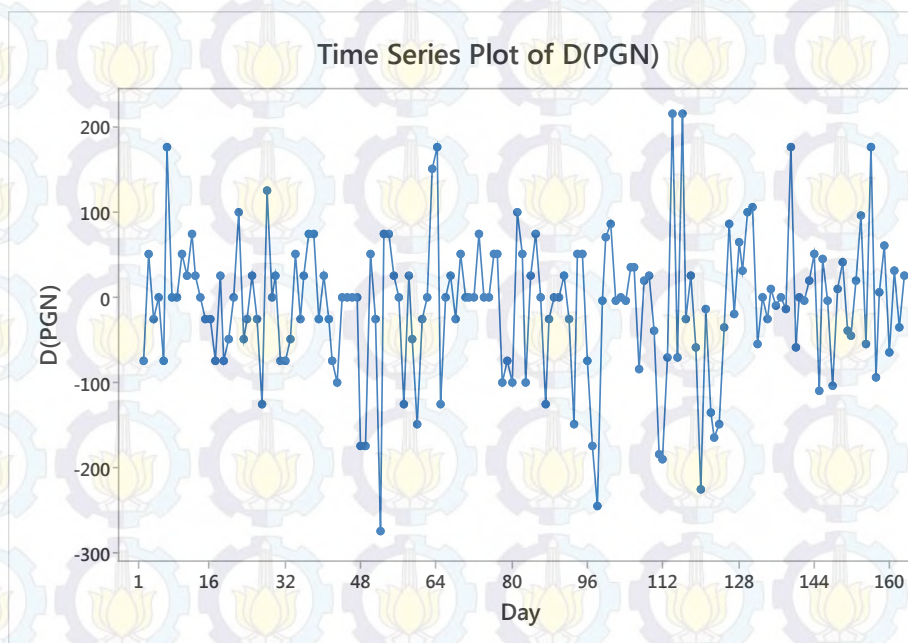
Pada Gambar 4.12, terlihat bahwa Plot Box-Cox dari data harga saham Perusahaan Gas Negara dengan menggunakan nilai kepercayaan 95% memberikan nilai optimal untuk  $\lambda$  sebesar 1,03 yang berada dalam interval selang kepercayaan antara  $-0,14$  dan  $2,32$ , serta memiliki *rounded value*  $\lambda = 1$ . Hal ini menunjukkan bahwa data harga saham Perusahaan Gas Negara telah berada dalam kondisi stasioner dalam varian. Sementara itu, pengecekan stasioneritas data terhadap *mean* dapat dilakukan dengan melihat *time series plot* dari data harga saham tersebut. *Time series plot* dari harga saham Perusahaan Gas Negara disajikan melalui Gambar 4.13. Pada Gambar tersebut, harga saham Perusahaan Gas negara selama 160 hari pengamatan mengalami fluktuatif naik turun. Akan tetapi, secara keseluruhan, terlihat adanya unsur tren menurun dari harga saham harian tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa data harga saham Perusahaan Gas Negara belum stasioner dalam *mean*. Uji stasioner *unit root* menggunakan kriteria *Augmented Dickey-Fuller* juga menunjukkan ketidakstasioneran data tersebut. Berdasarkan hasil uji tersebut (dapat dilihat pada Lampiran F.1), nilai probabilitas *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) sebesar  $0,8095 > \alpha = 0,05$ . Dengan menggunakan uji statistik *t*, dapat disimpulkan pula bahwa data tidak stasioner, karena nilai  $|t_{PGN}| = 0,823372 < |ADF_{5\%}| =$

2,879267. Berdasarkan hasil tersebut, hipotesis  $H_0$  gagal ditolak. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa data harga saham Perusahaan Gas Negara masih belum stasioner.



**Gambar 4.13** Time Series Plot Harga Saham Perusahaan Gas Negara

Selanjutnya dilakukan *differencing* terhadap data harga saham harian Perusahaan Gas Negara. Kemudian, kestasioneran data hasil *differencing* tersebut diuji kembali. Gambar 4.14 menunjukkan data harga saham Perusahaan Gas Negara yang telah dilakukan *differencing* sebanyak satu kali. Dari Gambar tersebut, terlihat bahwa data telah berada dalam kondisi stasioner. Grafik dari hasil *differencing* tersebut telah berada dalam keseimbangan disekitar nilai yang konstan. Selain itu, tidak terlihat adanya unsur tren naik ataupun turun pada Gambar tersebut. Hal ini juga diperkuat oleh hasil uji *unit root Augmented Dickey-Fuller* yang dapat dilihat pada Lampiran F.2. Nilai probabilitas  $ADF = 0 < 0,05$ . Selain itu, uji statistik  $t$  menghasilkan  $|t_{D(PGN)}| = 11,84647 > |ADF_{5\%}| = 2,879380$ . Berdasarkan hasil tersebut, hipotesis untuk  $H_0$  ditolak. Dengan demikian, data harga saham Perusahaan Gas Negara dengan *differencing* satu kali telah berada dalam kondisi stasioner.



**Gambar 4.14** *Time Series Plot* dari Hasil *Differencing* Harga Saham Perusahaan Gas Negara

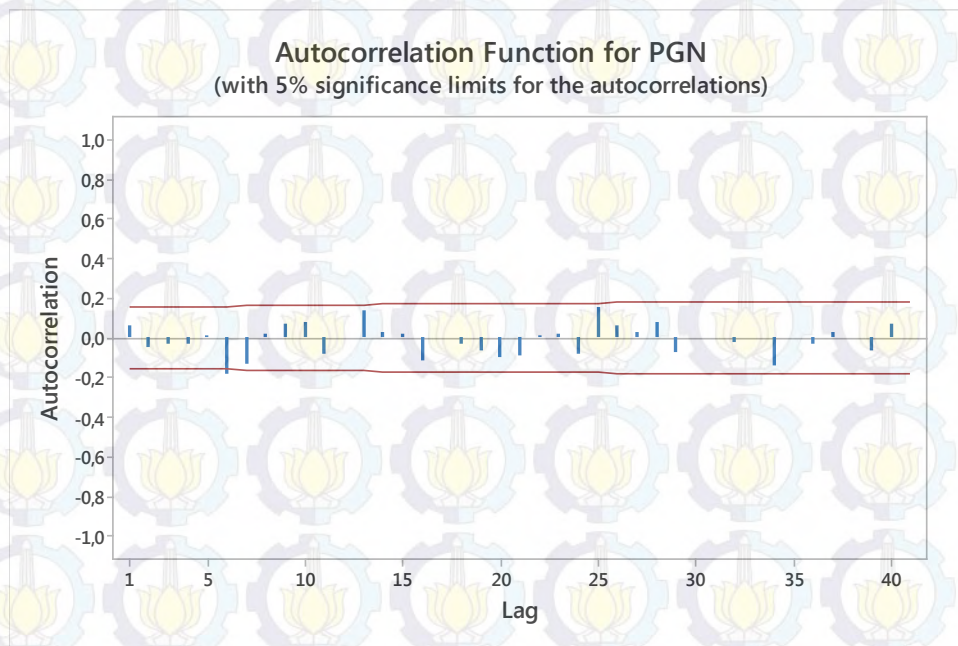
Setelah data berada dalam keadaan stasioner, selanjutnya dilakukan identifikasi dan pembentukan model peramalan yang dijelaskan pada subbab berikutnya.

#### 4.3.2 Identifikasi dan Pembentukan Model Peramalan Sementara

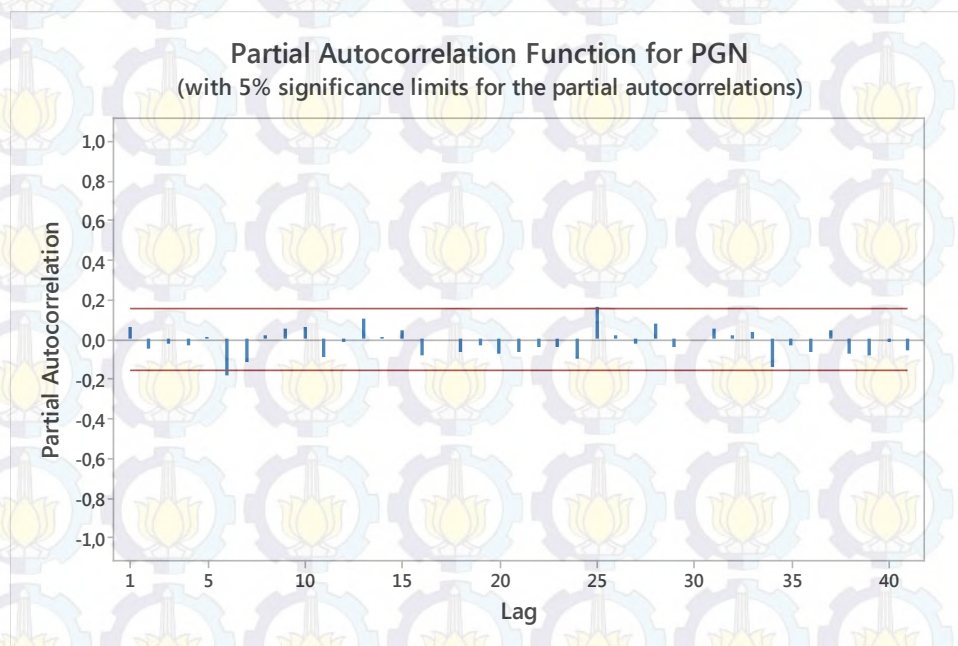
Berdasarkan pembahasan sebelumnya, telah didapatkan bahwa data harga saham Perusahaan Gas Negara dengan *differencing* satu kali telah stasioner.

Kemudian dilakukan identifikasi model yang bertujuan untuk mendapatkan dugaan model sementara dalam meramalkan harga saham tersebut. Identifikasi ini dilakukan dengan menganalisis lag pada plot ACF dan PACF seperti yang disajikan pada Gambar 4.15. dan Gambar 4.16.





**Gambar 4.15** Plot ACF Saham Perusahaan Gas Negara



**Gambar 4.16** Plot PACF Saham Perusahaan Gas Negara

Pada Gambar 4.15, dapat diamati bahwa pada plot ACF terdapat satu lag yang berbeda nyata dari nol, atau terputus pada lag-6 dengan koefisien autokorelasi sebesar  $-0,177549$ . Sedangkan pada Gambar 4.16, plot PACF terputus pada lag-6 dengan koefisien autokorelasi parsial sebesar  $-0,183870$  dan

pada lag-25 dengan koefisien autokorelasi parsial sebesar 0,165449. Berdasarkan hasil tersebut, dapat dibentuk dugaan model-model peramalan sementara untuk harga saham Perusahaan Gas Negara antara lain: ARIMA([6],1,0), ARIMA([25],1,0) , ARIMA([6,25],1,0) , ARIMA(0,1,[6]) , ARIMA([6],1,[6]), ARIMA([25],1,[6]), dan ARIMA([6,25],1,[6]). Setelah melakukan identifikasi model peramalan sementara, langkah selanjutnya adalah melakukan uji asumsi model yang akan dibahas pada subbab selanjutnya.

#### 4.3.3 Uji Asumsi Model Peramalan ARIMA

Pada subbab sebelumnya, telah diperoleh model-model peramalan ARIMA sementara. Selanjutnya dalam subbab ini, dilakukan uji asumsi model yang terdiri dari uji signifikan parameter dan uji diagnostik model yang meliputi uji residul *white noise* dan distribusi normal. Proses pengerjaan dalam melakukan uji asumsi ini sama seperti proses pengerjaan uji asumsi model peramalan PT. Unilever Indonesia. Hasil uji asumsi model peramalan harga saham Perusahaan Gas Negara disajikan pada Tabel 4.7.

**Tabel 4.7.** Uji Asumsi Model Peramalan ARIMA Saham Perusahaan Gas Negara

Model Peramalan	Uji Signifikan Parameter	Residual Bersifat <i>white noise</i>	Residual Berdistribusi Normal	Kesimpulan
ARIMA([6],1,0) dengan $\mu$	×	×	×	Tidak Memenuhi
ARIMA([6],1,0) tanpa $\mu$	✓	✓	×	Tidak Memenuhi
ARIMA([25],1,0) dengan $\mu$	×	×	×	Tidak Memenuhi
ARIMA([25],1,0) tanpa $\mu$	✓	✓	×	Tidak Memenuhi
ARIMA([6,25],1,0) dengan $\mu$	×	×	×	Tidak Memenuhi
ARIMA([6,25],1,0) tanpa $\mu$	×	×	×	Tidak Memenuhi
ARIMA(0,1,[6]) dengan $\mu$	✓	✓	✓	Memenuhi
ARIMA([6],1, [6]) dengan $\mu$	✓	✓	✓	Memenuhi

ARIMA([25],1, [6]) dengan $\mu$	✗			Tidak Memenuhi
ARIMA([25],1, [6]) tanpa $\mu$	✓	✓	✓	Memenuhi
ARIMA([6,25],1, [6]) dengan $\mu$	✗			Tidak Memenuhi
ARIMA([6,25],1, [6]) tanpa $\mu$	✓	✓	✓	Memenuhi

Berdasarkan pada Tabel 4.7, model peramalan sementara yang memenuhi semua uji asumsi adalah ARIMA([25],1,[6]) tanpa konstanta  $\mu$ , ARIMA([6,25],1,[6]) tanpa konstanta  $\mu$ , ARIMA(0,1,[6]) dengan konstanta  $\mu$  dan ARIMA([6],1,[6]) dengan konstanta  $\mu$ . Tahapan selanjutnya adalah pemilihan model peramalan terbaik yang akan dijelaskan pada subbab berikutnya.

#### 4.3.4 Pemilihan Model Peramalan Terbaik

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, telah didapatkan model-model peramalan yang memenuhi semua uji asumsi model. Langkah selanjutnya adalah melakukan *overfitting* model untuk mendapatkan model peramalan terbaik dengan membandingkan nilai AIC dan SC dari masing-masing model.

**Tabel 4.8** *Overfitting* Model Peramalan ARIMA Saham Perusahaan Gas Negara

Model Peramalan	AIC	SC
ARIMA([25],1,[6]) tanpa konstanta $\mu$	11,72065	11,76328
ARIMA([6,25],1,[6]) tanpa konstanta $\mu$	11,63613	11,70007
ARIMA([6],1,[6]) dengan konstanta $\mu$	11,58242	11,64107
ARIMA(0,1,[6]) dengan konstanta $\mu$	11,65604	11,69416

Berdasarkan Tabel 4.8, model peramalan yang memiliki nilai AIC dan SC terkecil adalah ARIMA([6],1,[6]) dengan konstanta  $\mu$ . Dengan demikian, model peramalan terbaik yang dapat digunakan untuk meramalkan harga saham Perusahaan Gas Negara adalah ARIMA([6],1,[6]) dengan konstanta  $\mu$ . Dengan menggunakan persamaan (2.1), diperoleh persamaan model peramalan ARIMA([6],1,[6]) dengan konstanta  $\mu$  sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
(1 - \phi_6 B^6)(1 - B)Z_t &= \theta_0 + (1 - \theta_6 B^6) a_t \text{hk} \\
(1 - \phi_6 B^6)(Z_t - BZ_t) &= (1 - \phi_6)\mu + a_t - \theta_6 B^6 a_t \\
Z_t - BZ_t - \phi_6 B^6 Z_t + \phi_6 B^7 Z_t &= \mu - \phi_6 \mu + a_t - \theta_6 B^6 a_t \\
Z_t - Z_{t-1} - \phi_6 Z_{t-6} + \phi_6 Z_{t-7} &= \mu - \phi_6 \mu + a_t - \theta_6 a_{t-6} \\
Z_t = \mu - \phi_6 \mu + Z_{t-1} + \phi_6 Z_{t-6} - \phi_6 Z_{t-7} + a_t - \theta_6 a_{t-6} \\
Z_t = \mu + Z_{t-1} + \phi_6 (Z_{t-6} - Z_{t-7} - \mu) + a_t - \theta_6 a_{t-6} \\
Z_t = -12,85359 + Z_{t-1} + 0,725955(Z_{t-6} - Z_{t-7} + 12,85359) + a_t \\
&+ 0,961150 a_{t-6} \\
Z_t = -3,522462072 + Z_{t-1} + 0,725955(Z_{t-6} - Z_{t-7}) + a_t \\
&+ 0,961150 a_{t-6}. \tag{4.3}
\end{aligned}$$

#### 4.4 Implementasi Kalman Filter Dalam Hasil Peramalan ARIMA

Pada subbab ini dibahas mengenai implementasi Kalman Filter pada hasil peramalan menggunakan model ARIMA. Algoritma Kalman Filter diterapkan pada suatu observasi  $z_k$  yang berupa *error* peramalan ARIMA. *Error* tersebut dapat dinyatakan sebagai suatu fungsi polinoial sebagai berikut:

$$z_k = a_{0,k} + a_{1,k} m_k + a_{2,k} m_k^2 + \dots + a_{n-1,k} m_k^{n-1} + \varepsilon_k.$$

Persamaan tersebut dapat direpresentasikan ke dalam bentuk perkalian matriks sebagai berikut:

$$[z]_k = [1 \quad m \quad m^2 \quad \dots \quad m^{n-1}]_k \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_{n-1} \end{bmatrix}_k + \varepsilon_k. \tag{4.4}$$

Langkah awal yang harus dilakukan untuk menerapkan algoritma Kalman Filter adalah menentukan variabel *state*. Dalam hal ini, algoritma Kalman Filter digunakan untuk mengestimasi parameter  $a_{j,k}$  dengan  $j = 0, 1, 2, \dots, n - 1$ . Oleh sebab itu, berdasarkan Persamaan (4.4), dapat ditentukan variabel *state* adalah

$$x_k = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_{n-1} \end{bmatrix}_k.$$

Dengan demikian, dapat dibentuk suatu model sistem dalam permasalahan ini yang dapat dituliskan sebagai

$$x_{k+1} = A_k x_k + G_k w_k$$

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_{n-1} \end{bmatrix}_{k+1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}_k \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_{n-1} \end{bmatrix}_k + \begin{bmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} w_k$$

dengan  $w_k$  adalah vektor *noise* sistem yang berdistribusi normal dengan rata-rata nol dan kovarian  $Q_k$  atau lebih umum ditulis  $w_k \sim N(0, Q_k)$ .  $Q_k$  merupakan matriks kovarian yang berukuran  $(n-1) \times (n-1)$ . Sedangkan model observasi diberikan seperti pada Persamaan (4.4) dengan matriks observasi

$$H_k = [1 \quad m \quad m^2 \quad \dots \quad m^{n-1}]_k.$$

Langkah selanjutnya adalah mengimplementasikan algoritma Kalman Filter dengan tahapan sebagai berikut.

a. Inisialisasi nilai awal

Dalam tahap ini, diberikan inisialisasi nilai awal terhadap estimasi variabel *state*, yaitu  $\hat{x}_0$ , terhadap matriks kovarian *error* estimasi  $P$ , yaitu  $P_0$ , serta terhadap kovarian *noise* sistem  $Q_0$ , dan *noise* observasi  $R_0$ .

b. Tahap prediksi atau *Time Update*

Pada tahap ini, dilakukan prediksi terhadap nilai variabel *state* dan kovarian *error* sehingga didapatkan nilai prediksi *state*  $x_k^f$  dan kovarian *error*  $P_k^f$ .

Prediksi terhadap nilai variabel *state* dilakukan dengan menghitung

$$x_{k+1}^f = A_k \hat{x}_k.$$

Sedangkan kovarian *error* diprediksi dengan menghitung

$$P_{k+1}^f = A_k P_k A_k^T + G_k Q_k G_k^T.$$

Hasil dari prediksi tersebut selanjutnya digunakan pada tahap koreksi atau *measurement update*.

c. Tahap Koreksi atau *Measurement Update*

Dalam tahap koreksi, dilakukan perhitungan terhadap Kalman Gain yang akan digunakan untuk *updating* estimasi  $x_{k+1}^f$  dan kovarian *error*  $p_{k+1}^f$ , sehingga

didapat hasil estimasi yang sesungguhnya. Proses perhitungan Kalman Gain diberikan oleh persamaan:

$$K_{k+1} = P_{k+1}^f H_{k+1}^T (H_{k+1} P_{k+1}^f H_{k+1}^T + R_{k+1})^{-1}.$$

Sedangkan proses *updating* estimasi dan kovarian *error* masing-masing dilakukan melalui perhitungan:

$$\hat{x}_{k+1} = x_{k+1}^f + K_{k+1} (z_{k+1} - H_{k+1} x_{k+1}^f)$$

dan

$$P_{k+1} = (I - K_{k+1} H_{k+1}) P_{k+1}^f.$$

Kemudian, setelah mendapatkan hasil estimasi parameter *error*, nilai  $\hat{x}_{k+1}$  dipergunakan untuk mengitung nilai  $\hat{z}_{k+1}$ .

Selanjutnya, hasil peramalan ARIMA diperbaiki dengan menerapkan algoritma Kalman Filter, sehingga diperoleh peramalan ARIMA-Kalman Filter untuk satu step ke depan dengan asumsi bahwa:

$$\hat{S}_{k+1} = m_k + \hat{z}_k \quad (4.5)$$

dengan:

$m_k$  : peramalan harga saham ARIMA waktu ke- $k$

$\hat{z}_k$  : *error* estimasi dari hasil peramalan ARIMA setelah diperbaiki dengan Kalman Filter pada waktu ke- $k$

$\hat{S}_{k+1}$  : peramalan harga saham ARIMA-Kalman Filter satu step ke depan (pada waktu  $k + 1$ ).

Dalam penelitian ini, algoritma Kalman Filter diterapkan pada Persamaan (4.4) dengan pengambilan beberapa orde polinomial, yaitu polinomial derajat 1, 2, dan 3. Berikut ini diberikan penjelasan mengenai model sistem dan observasi pada setiap  $n$ .

Untuk polinomial derajat 1, nilai  $n = 2$ , sehingga model sistem dan observasi masing-masing diberikan oleh

$$x_{k+1} = A_k x_k + G_k w_k$$

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix}_{k+1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}_k \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix}_k + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} w_k$$

dan

$$[z]_k = [1 \quad m]_k \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix}_k + \varepsilon_k.$$

Untuk polinomial derajat 2, nilai  $n = 3$ , sehingga model sistem dan observasi masing-masing adalah

$$x_{k+1} = A_k x_k + G_k w_k$$

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}_{k+1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}_k \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}_k + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} w_k$$

dan

$$[z]_k = [1 \quad m \quad m^2]_k \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}_k + \varepsilon_k.$$

Untuk polinomial derajat 3, nilai  $n = 4$ , sehingga masing-masing model sistem dan observasi diberikan oleh

$$x_{k+1} = A_k x_k + G_k w_k$$

$$\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}_{k+1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}_k \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}_k + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} w_k$$

dan

$$[z]_k = [1 \quad m \quad m^2 \quad m^3]_k \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}_k + \varepsilon_k.$$

#### 4.5 Simulasi Peramalan Harga Saham

Dalam simulasi ini, dilakukan peramalan harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk, PT. Astra Internasional Tbk, dan Perusahaan Gas Negara selama 68 hari, yaitu mulai 1 Juli 2015 sampai 12 Oktober 2015.

Langkah pertama yang dilakukan dalam simulasi ini adalah menentukan prediksi harga saham berdasarkan model peramalan ARIMA yang telah dibentuk pada subbab sebelumnya. Model peramalan ARIMA untuk PT. Unilever Indonesia, Astra Internasional Indonesia, dan Perusahaan Gas Negara masing-masing terdapat pada persamaan (4.1), (4.2), dan (4.3). Dalam hal ini, terdapat dua kasus teknik peramalan yang dilakukan menggunakan model ARIMA. Pada kasus pertama, model ARIMA digunakan untuk meramalkan harga saham secara *multistep* untuk 68 hari ke depan. Pada kasus kedua, peramalan harga saham

menggunakan model ARIMA dilakukan secara satu step ke depan selama 68 hari (*onestep*).

Selanjutnya pada langkah kedua, dilakukan proses *updating* atau perbaikan terhadap hasil peramalan ARIMA pada setiap kasus menggunakan algoritma Kalman Filter. Dalam Kalman Filter, proses *updating* dilakukan setiap memprediksi satu langkah kedepan (*one step ahead*), sehingga diperoleh hasil peramalan ARIMA-Kalman Filter. Dalam mengimplementasikan algoritma Kalman Filter, nilai parameter yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.9.

**Tabel 4.9** Nilai Parameter Dalam Implementasi Algoritma Kalman Filter

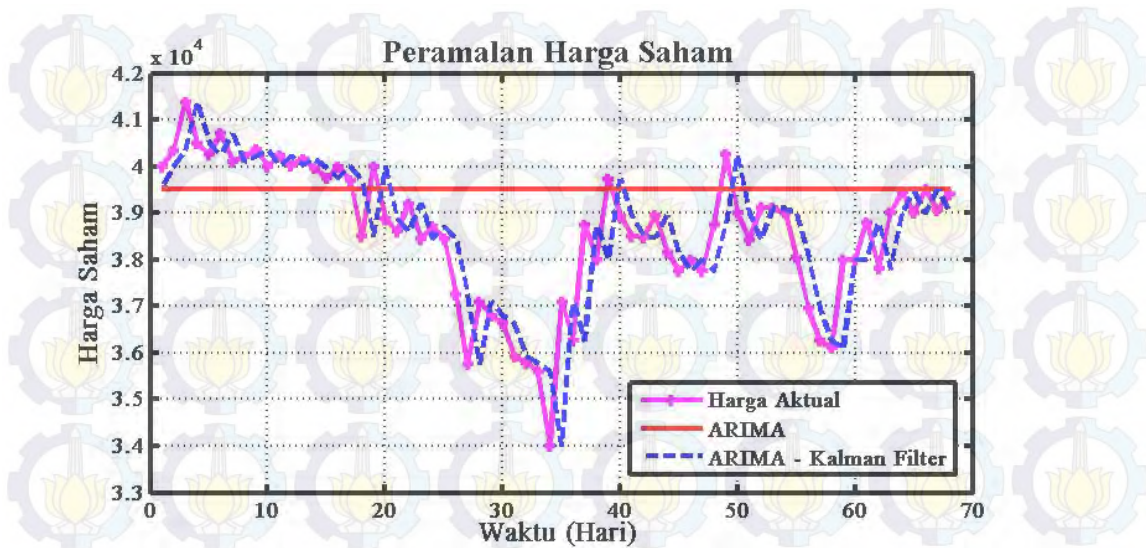
Parameter	Nilai Parameter
$Q$	0,01
$R$	0,1
$P_0$	0,1

#### 4.5.1 Kasus Pertama: Peramalan Harga Saham Menggunakan ARIMA *multistep* dan diperbaiki dengan Kalman Filter

Peramalan harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk., PT. Astra Internasional Tbk, dan Perusahaan Gas Negara diprediksi pada kasus ini dilakukan secara *multistep* 68 hari ke depan menggunakan model peramalan ARIMA. Hasil peramalan ARIMA pada kasus ini dapat dilihat pada Lampiran P-R.

Selanjutnya, hasil peramalan ARIMA pada masing-masing saham diperbaiki dengan menerapkan algoritma Kalman Filter. Nilai awal yang digunakan untuk polinomial derajat satu, dua dan tiga masing-masing adalah  $[0,3 \ 0,1]$ ,  $[0,3 \ 0,1 \ 0,05]$ , dan  $[0,3 \ 0,1 \ 0,05 \ 0,02]$ . Pada bagian ini diberikan grafik hasil simulasi prediksi harga saham pada kasus pertama yang disajikan melalui Gambar 4.17 – Gambar 4.19. Pada hasil simulasi ini, prediksi ARIMA – Kalman Filter yang digunakan adalah polinomial derajat satu ( $n = 2$ ).



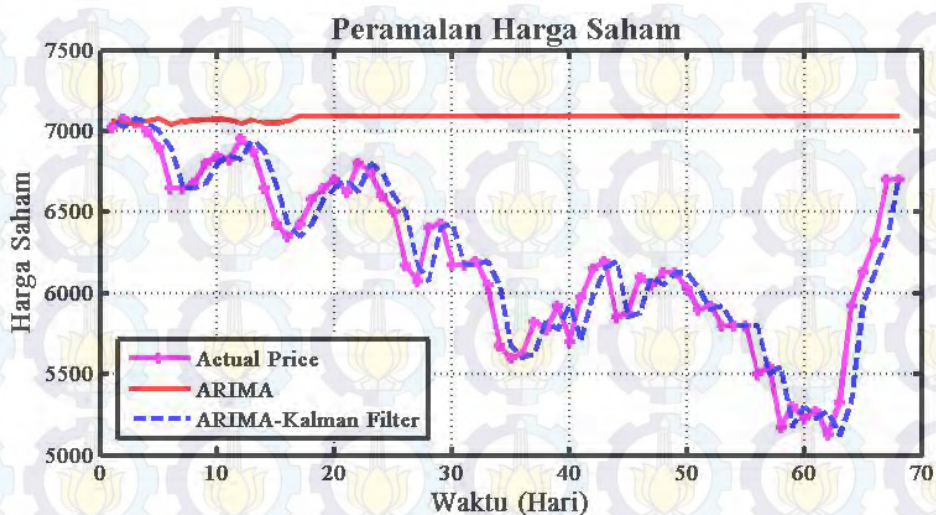


**Gambar 4.17** Grafik Peramalan Harga Saham PT. Unilever Indonesia Tbk. Kasus Pertama

Hasil prediksi harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk. menggunakan metode ARIMA *multistep* yang ditunjukkan pada Gambar 4.17 cenderung konstan sampai pada Tanggal 12 Oktober 2015. Hal ini disebabkan oleh peramalan harga saham UNVR menggunakan model ARIMA([1],1,0) dilakukan secara *multistep* 68 hari ke depan. Sehingga tidak ada proses *update* harga saham prediksi ketika harga saham aktual muncul. Jika diamati berdasarkan model ARIMA([1],1,0) pada Persamaan (4.1), maka harga saham pada waktu ke- $t$  sangat bergantung dengan harga saham pada waktu ke- $(t - 1)$  dan  $(t - 2)$ . Pada saat  $t = 1$ , prediksi harga saham pada Tanggal 1 Juli 2015 bergantung dengan harga saham pada Tanggal 30 Juni 2015 dan 29 Juni 2015. Pada saat memprediksi harga saham Tanggal 2 Juli 2015,  $Z_{t-1}$  adalah harga saham prediksi pada Tanggal 1 Juli 2015, dan  $Z_{t-2}$  adalah harga saham pada Tanggal 30 Juni 2015. Kemudian, saat memprediksi harga saham pada Tanggal 3 Juli 2015,  $Z_{t-1}$  dan  $Z_{t-2}$  masing-masing adalah harga saham prediksi pada Tanggal 2 Juli 2015 dan 1 Juli 2015. Pada saat Tanggal 4 Juli 2015,  $Z_{t-1}$  dan  $Z_{t-2}$  masing-masing adalah harga saham prediksi pada Tanggal 3 Juli 2015 dan 2 Juli 2015. Dengan demikian, proses peramalan yang dilakukan secara *multistep* untuk memprediksi harga saham selanjutnya bergantung pada hasil prediksi harga saham satu dan dua hari sebelumnya. Berdasarkan model peramalan ARIMA([1],1,0), sebesar 77,49%

harga saham  $Z_t$  bergantung pada harga saham  $Z_{t-1}$ , dan sebesar 22,5115% bergantung pada  $Z_{t-2}$ . Sehingga harga prediksi harga saham  $Z_t$  secara *multistep* tidak signifikan berbeda jika dibandingkan dengan prediksi harga saham pada hari sebelumnya. Akibatnya, hasil prediksi harga saham menggunakan model ARIMA([1],1,0) secara *multistep* cenderung konstan.

Sedangkan hasil peramalan ARIMA *multistep* yang diperbaiki dengan Kalman Filter memberikan hasil yang sangat baik. Berdasarkan Gambar 4.17, pergerakan harga saham prediksi ARIMA-Kalman Filter sangat mendekati harga saham aktual. Hal ini disebabkan pada saat penerapan Kalman Filter, harga saham yang telah diprediksi diperbarui ketika harga saham aktual datang, sehingga diperoleh prediksi harga saham yang lebih baik.

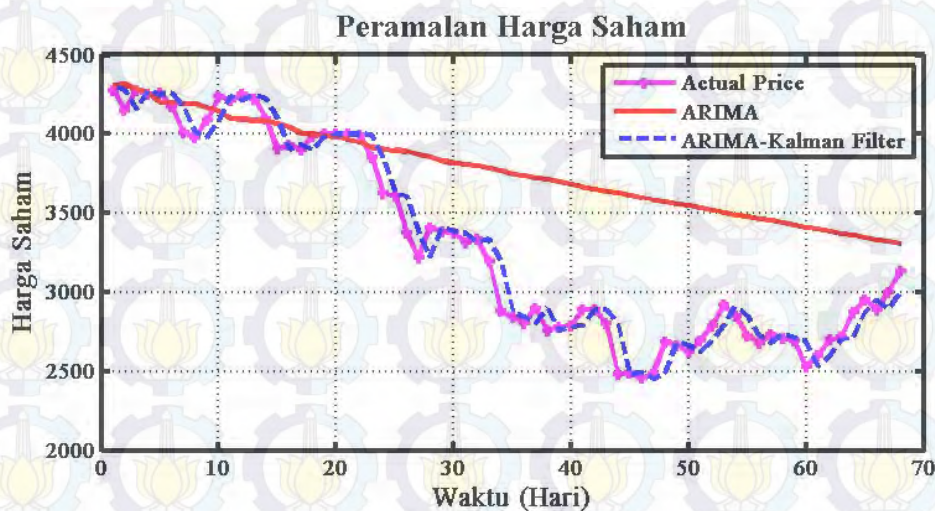


**Gambar 4.18** Grafik Peramalan Harga Saham PT. Astra Internasional Tbk. Kasus Pertama

Selanjutnya, Gambar 4.18 menunjukkan hasil simulasi dari peramalan harga saham PT. Astra Internasional Tbk. menggunakan model ARIMA(0,1,[17]) *multistep* dan ARIMA-Kalman Filter. Dari hasil simulasi tersebut, harga saham yang diprediksi menggunakan model ARIMA(0,1,[17]) tidak berfluktuatif seperti harga saham aktualnya. Jika ditelaah berdasarkan model peramalan ARIMA(0,1,[17]) pada Persamaan (4.2), maka prediksi harga saham  $Z_t$  bergantung pada harga saham satu hari sebelumnya, yaitu  $Z_{t-1}$  dan residual 17

hari sebelumnya, yaitu  $a_{t-17}$ . Pada saat memprediksi harga saham Tanggal 1 Juli 2015,  $Z_t$  bergantung pada harga saham Tanggal 30 Juli 2015 dan residual 17 hari sebelumnya (Tanggal 8 Juni 2015). Prediksi harga saham pada Tanggal 2 Juli 2015 bergantung pada harga saham prediksi pada Tanggal 1 Juli 2015 dan residual pada Tanggal 9 Juni 2015. Kemudian, pada saat memprediksi harga saham hari ke-18, nilai residual  $a_{t-17}$  tidak ada karena prediksi dilakukan secara *multistep*. Akibatnya, harga saham  $Z_{18}$  hanya bergantung pada harga saham prediksi  $Z_{17}$ . Begitu seterusnya sampai pada waktu akhir peramalan, prediksi harga saham  $Z_t$  adalah 100% bergantung pada prediksi harga saham  $Z_{t-1}$ , sehingga hasil prediksinya konstan.

Sementara itu, penerapan Kalman Filter terhadap hasil prediksi harga saham PT. Astra Internasional Tbk. mampu memberikan hasil yang lebih baik. Pergerakan harga saham dari hasil prediksi ARIMA-Kalman Filter berfluktuatif dan dekat dengan harga saham aktual. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma Kalman Filter dapat diterapkan dengan baik untuk memprediksi harga saham PT. Astra Internasional Tbk..



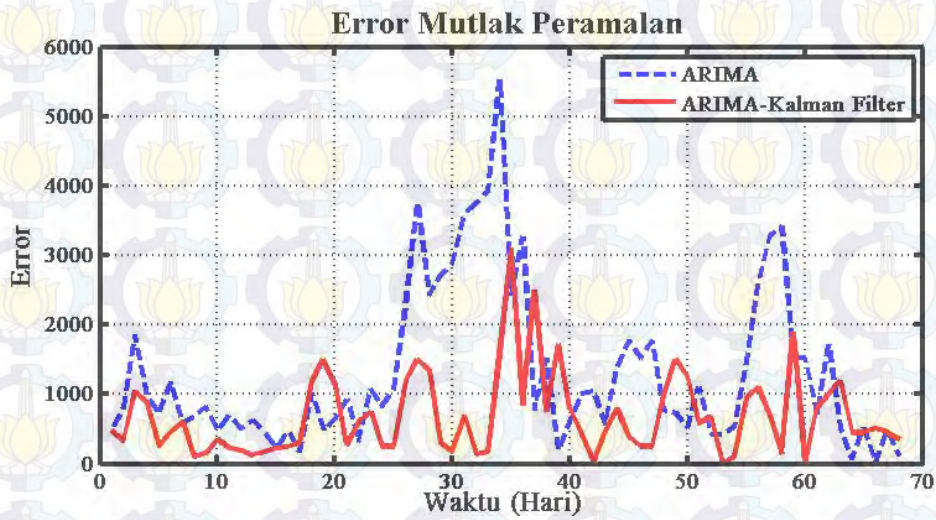
**Gambar 4.19** Grafik Peramalan Harga Saham Perusahaan Gas Negara Kasus Pertama

Gambar 4.19 merupakan hasil simulasi peramalan harga saham Perusahaan Gas Negara. Berdasarkan model peramalan ARIMA([6],1,[6]) dengan

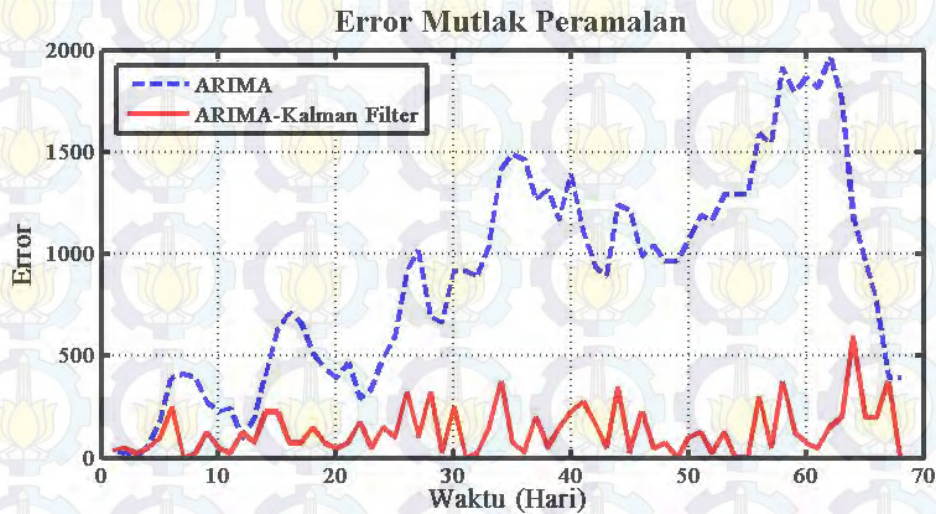
konstanta pada Persamaan (4.3), prediksi harga saham  $Z_t$  bergantung pada harga saham  $Z_{t-1}$ ,  $Z_{t-6}$ ,  $Z_{t-7}$ , residual  $a_{t-6}$ , dan suatu konstanta pengurang. Pada saat memprediksi harga saham Tanggal 1 Juli 2015,  $Z_{t-1}$  adalah harga saham Tanggal 30 Juni 2015,  $Z_{t-6}$  adalah harga saham 23 Juni 2015,  $Z_{t-7}$  adalah harga saham 22 Juni 2015, dan  $a_{t-6}$  adalah residual Tanggal 23 Juni 2015. Kemudian, saat memprediksi harga saham pada hari ke-8 (Tanggal 10 Juli 2015),  $Z_{t-1}$  adalah harga saham prediksi Tanggal 9 Juli 2015,  $Z_{t-6}$  dan  $Z_{t-7}$  masing-masing adalah harga saham prediksi pada Tanggal 2 Juli 2015 dan 1 Juli 2015, sedangkan  $a_{t-6}$  tidak ada. Berdasarkan hasil peramalan ARIMA secara *multistep*, pergerakan harga saham menurun lurus dan tidak berfluktuatif. Berbeda dengan hasil peramalan yang telah diperbaiki dengan Kalman Filter, prediksi harga saham jauh lebih baik dan sangat dekat dengan harga saham aktual.

Secara keseluruhan, hasil prediksi harga saham menggunakan ARIMA *multistep* memiliki *error* yang lebih besar dibandingkan dengan hasil peramalan ARIMA-Kalman Filter. Hal ini disebabkan pada saat menghitung prediksi menggunakan ARIMA *multistep*, tidak ada proses *update* terhadap hasil prediksi harga saham. Ketika harga saham aktual telah datang, hasil prediksi ARIMA pada saat itu tidak diperbarui, sehingga perhitungan prediksi harga saham pada hari berikutnya masih berdasarkan pada harga saham prediksi hari sebelumnya. Sedangkan pada perhitungan prediksi harga saham menggunakan ARIMA-Kalman Filter, terdapat proses *update* pada tahap koreksi. Sehingga proses perhitungan dalam memprediksi harga saham satu hari ke depan selalu melibatkan harga saham aktual yang telah datang pada hari sebelumnya. Proses *updating* tersebut dilakukan setiap harinya untuk menghindari *error* prediksi yang besar. Pada seluruh hasil prediksi ARIMA-Kalman Filter, harga saham pada waktu ke- $t + 1$  identik dengan harga saham aktual pada waktu ke- $t$ , sehingga grafik hasil prediksi terlihat bergeser satu langkah ke kanan dari grafik harga saham aktual. Hal ini disebabkan, prediksi ARIMA-Kalman Filter pada waktu ke- $t + 1$  seperti pada Persamaan (4.5) merupakan jumlahan dari hasil prediksi ARIMA dan estimasi *error* peramalan ARIMA pada waktu ke- $t$ , sehingga nilai tersebut lebih dekat ke harga saham aktual pada waktu ke- $t$ .

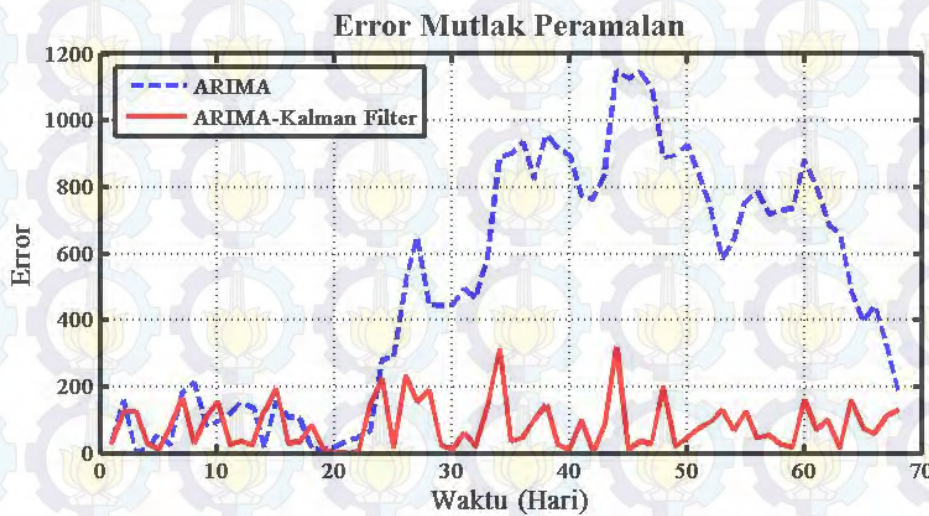
Selanjutnya, diberikan grafik *error* dari hasil peramalan pada simulasi ini yang disajikan pada Gambar 4.20-4.22.



Gambar 4.20 *Error* Mutlak Hasil Peramalan PT. Unilever Indonesia Tbk. Kasus Pertama



Gambar 4.21 *Error* Mutlak Hasil Peramalan PT. Astra Internasional Tbk. Kasus Pertama



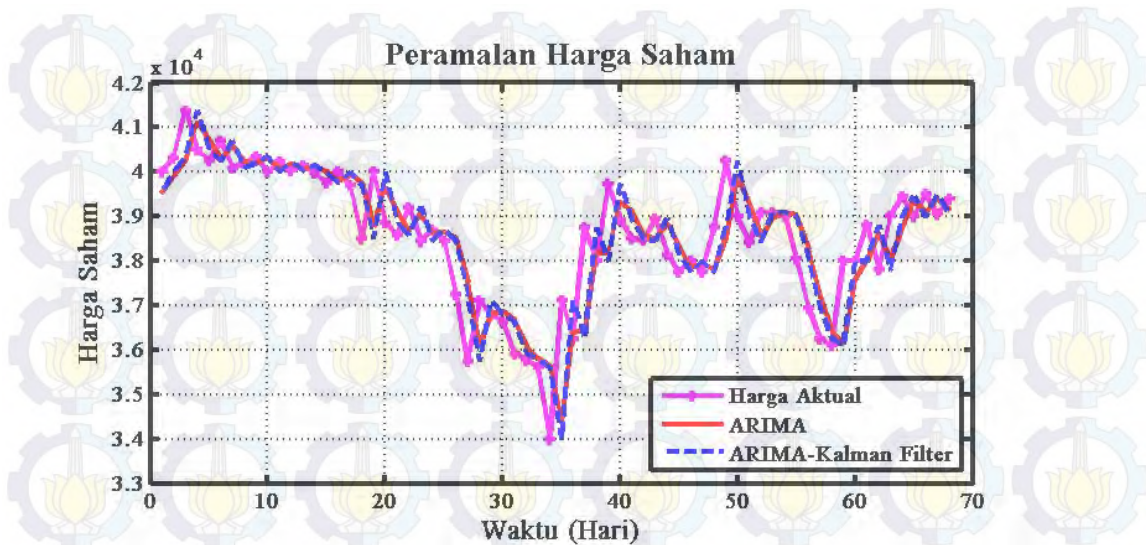
**Gambar 4.22** Error Mutlak Hasil Peramalan Perusahaan Gas Negara Kasus Pertama

Berdasarkan grafik *error*, terlihat bahwa secara keseluruhan *error* prediksi ARIMA-Kalman Filter lebih kecil dibandingkan dengan *error* prediksi ARIMA *multistep*. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan Kalman Filter dapat memperbaiki hasil prediksi ARIMA *multistep*, sehingga didapatkan hasil prediksi harga saham yang lebih baik.

#### 4.5.2 Kasus Kedua: Peramalan Harga Saham Menggunakan ARIMA *Onestep* dan ARIMA *Onestep* – Kalman Filter

Dalam kasus ini, peramalan harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk., PT. Astra Internasional Tbk., dan Perusahaan Gas Negara diprediksi secara *onestep* selama 68 hari ke depan menggunakan model peramalan ARIMA. Hasil peramalan ARIMA pada kasus ini dapat dilihat pada Lampiran V-X..

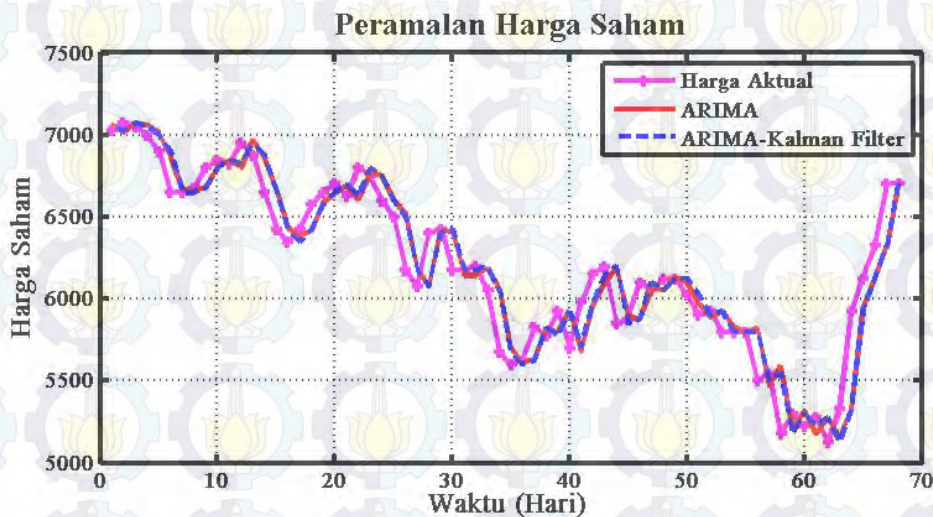
Selanjutnya, diterapkan algoritma Kalman Filter terhadap hasil peramalan ARIMA *onestep* pada masing-masing saham. Nilai awal yang digunakan untuk polinomial derajat satu, dua dan tiga masing-masing adalah  $[0,3 \ 0,1]$ ,  $[0,3 \ 0,1 \ 0,05]$ , dan  $[0,3 \ 0,1 \ 0,05 \ 0,02]$ . Berikut ini diberikan tampilan grafik dari hasil simulasi pada kasus kedua dengan penggunaan polinomial derajat satu untuk prediksi ARIMA-Kalman Filter.



**Gambar 4.23** Grafik Peramalan Harga Saham PT. Unilever Indonesia Tbk. Kasus Kedua

Gambar 4.23 menunjukkan grafik simulasi dari prediksi harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk. menggunakan ARIMA *onestep* dan ARIMA (*onestep*) - Kalman Filter. Pada hasil prediksi ARIMA *onestep*, harga saham berfluktuatif dan dekat dengan harga saham aktual. Dalam prediksi harga saham menggunakan ARIMA *onestep*, terdapat proses *update* terhadap harga saham prediksi ketika harga aktual muncul setiap harinya. Dalam model peramalan ARIMA([1],1,0) *onestep*, prediksi harga saham Tanggal 1 Juli 2015 bergantung dengan harga saham pada Tanggal 30 dan 29 Juni 2015. Kemudian pada saat memprediksi harga saham 2 Juli 2015, harga saham UNVR Tanggal 1 Juli 2015 telah datang sehingga prediksi harga saham sebelumnya (Tanggal 1 Juli 2015) diperbarui. Dengan demikian, untuk menghitung prediksi harga saham 2 Juli 2015 digunakan harga saham aktual 1 Juli 2015 dan 30 Juni 2015. Pada saat harga saham aktual 2 Juli 2015 muncul, hasil prediksi pada tanggal tersebut diperbarui dan digunakan untuk menghitung harga saham pada Tanggal 3 Juli 2015. Proses ini terus berlanjut sampai pada hari ke-68. Adanya proses *update* harga saham setiap harinya inilah yang menyebabkan hasil prediksi menjadi lebih baik dan dekat dengan harga saham aktualnya. Begitu pula pada saat memprediksi harga saham menggunakan metode ARIMA-Kalman Filter. Seperti yang telah dijelaskan pada hasil simulasi kasus pertama, proses *update* harga saham dilakukan setiap hari

pada saat harga saham aktual tiba. Hal ini menyebabkan hasil prediksinya tidak berbeda jauh dengan harga aktualnya.

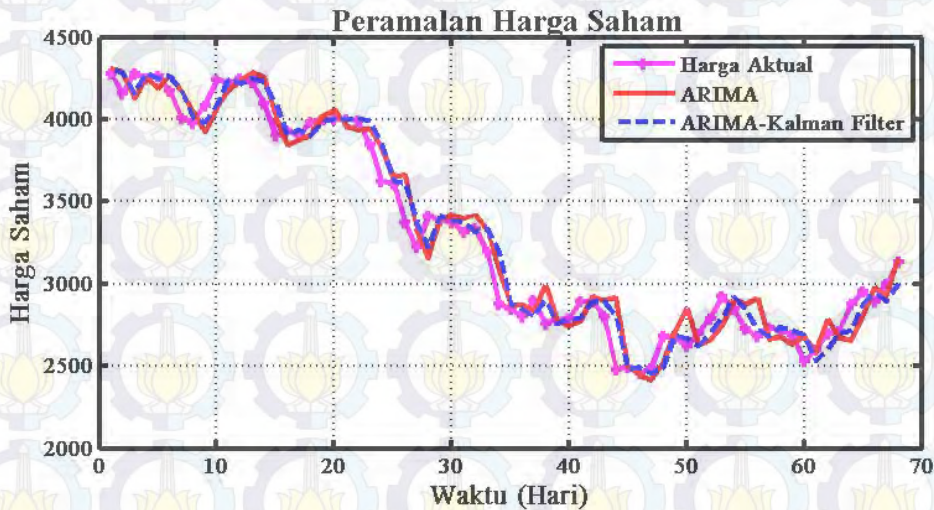


**Gambar 4.24** Grafik Peramalan Harga Saham PT. Astra Internasional Tbk. Kasus Kedua

Selanjutnya, grafik simulasi dari prediksi harga saham PT. Astra Internasional Tbk. menggunakan ARIMA *onestep* dan ARIMA (*onestep*) - Kalman Filter diberikan pada Gambar 4.24. Dalam model peramalan ARIMA(0,1,[17]) *onestep*, prediksi harga saham Tanggal 1 Juli 2015 bergantung dengan harga saham pada Tanggal 30 Juni 2015 dan residual model peramalan pada Tanggal 8 Juni 2015. Pada saat harga saham aktual 1 Juli 2015 telah datang, hasil prediksi harga saham 1 Juli 2015 diperbarui dan digunakan untuk menghitung prediksi harga saham 2 Juli 2015. Proses *update* dilakukan terus menerus setiap hari setelah harga saham aktual tiba. Kemudian pada saat memprediksi harga saham hari ke-18 (Tanggal 30 Juli 2015),  $Z_{t-1}$  yang digunakan adalah harga saham aktual satu hari sebelumnya (Tanggal 29 Juli 2015) dan nilai  $a_{t-17}$  adalah *error* hasil peramalan pada 17 hari sebelumnya (*error* peramalan pada 1 Juli 2015). Begitu pula saat memprediksi harga saham Tanggal 31 Juli 2015,  $Z_{t-1}$  adalah harga saham aktual Tanggal 30 Juli 2015 dan  $a_{t-17}$  adalah *error* peramalan Tanggal 2 Juli 2015. Proses seperti ini berlanjut seterusnya, sehingga pada saat harga saham aktual tiba, hasil prediksi selalu



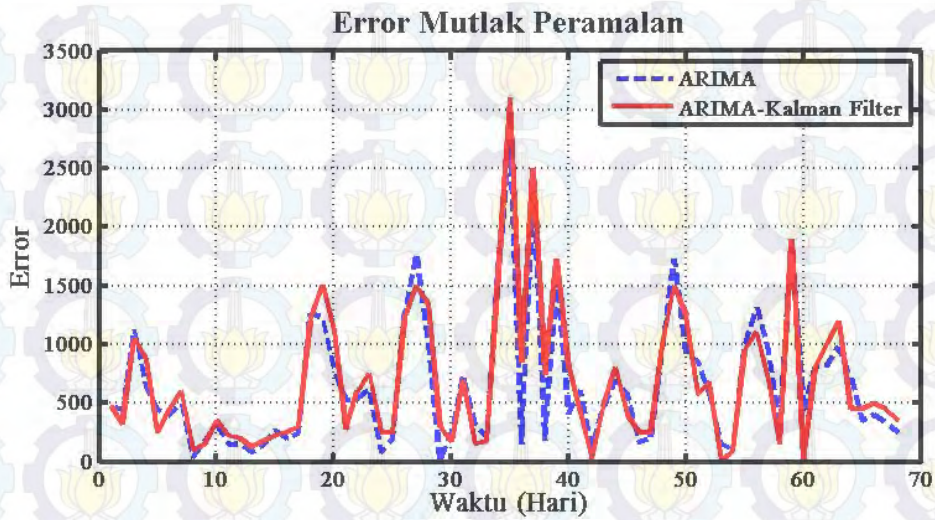
diperbarui. Proses *update* setiap harinya juga berlaku saat menghitung prediksi harga saham menggunakan metode ARIMA-Kalman Filter. Adanya proses *update* dalam peramalan menyebabkan hasil prediksi mendekati harga aktualnya.



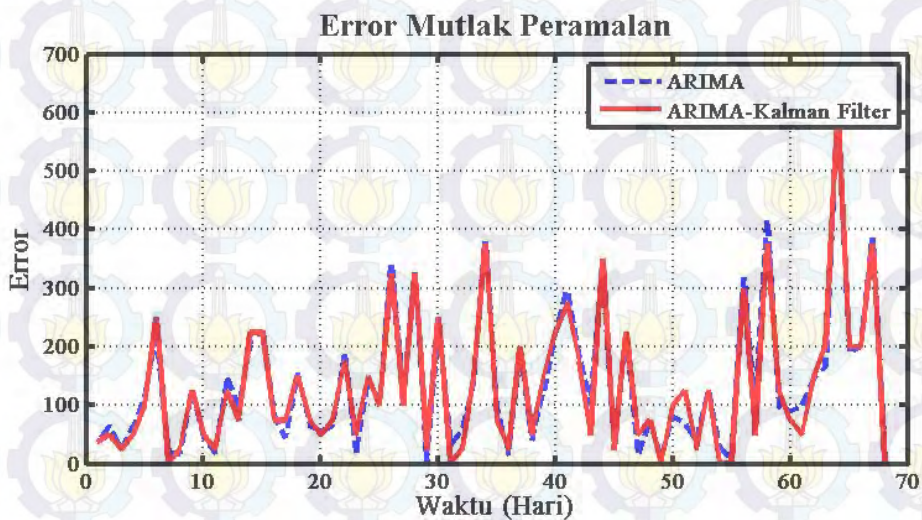
**Gambar 4.25** Grafik Peramalan Harga Saham Perusahaan Gas Negara Kasus Kedua

Gambar 4.25 menunjukkan grafik hasil simulasi peramalan harga saham Perusahaan Gas Negara pada kasus kedua. Pada saat memprediksi harga saham Tanggal 1 Juli 2015,  $Z_{t-1}$ ,  $Z_{t-6}$ ,  $Z_{t-7}$ , dan  $a_{t-6}$  masing-masing adalah harga saham PGN Tanggal 30 Juni 2015, 23 Juni 2015, 22 Juni 2015, dan residual Tanggal 23 Juni 2015. Kemudian pada saat harga saham aktual Tanggal 1 Juli 2015 datang, maka prediksi harga saham 1 Juli 2015 diperbarui dan digunakan saat menghitung prediksi pada tanggal 2 Juli 2015. Selanjutnya, pada saat memprediksi harga saham hari ke-8 (Tanggal 10 Juli 2015),  $Z_{t-1}$ ,  $Z_{t-6}$ , dan  $Z_{t-7}$  masing-masing adalah harga saham aktual 9 Juli 2015, 2 Juli 2015, dan 1 Juli 2015, sedangkan  $a_{t-6}$  adalah *error* peramalan harga saham pada Tanggal 2 Juli 2015. sama seperti perhitungan prediksi harga saham menggunakan ARIMA-Kalman Filter, proses *update* harga saham selalu dilakukan setiap hari. Hal ini mengakibatkan prediksi harga saham berfluktuatif dan mendekati harga saham aktualnya.

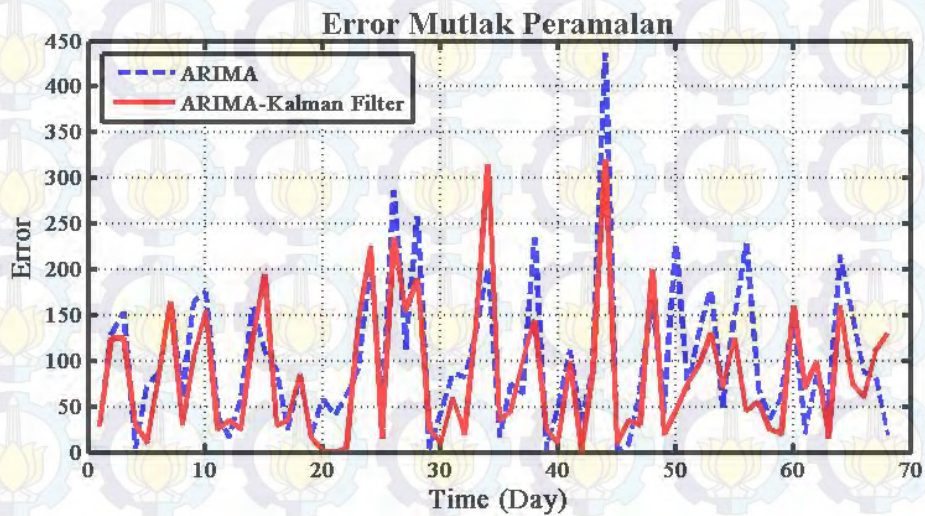
Berdasarkan hasil prediksi harga saham secara keseluruhan, menggunakan metode ARIMA *onestep* dan ARIMA-Kalman Filter memberikan hasil prediksi yang identik. Kedua metode memberikan nilai prediksi yang sama-sama mendekati harga saham aktualnya. Hal ini dikarenakan pada kedua metode tersebut selalu melibatkan proses *update* setiap harinya saat harga saham aktual tiba. Akibatnya, *error* peramalan yang dihasilkan dapat diminimumkan. Adapun grafik *Error* hasil peramalan simulasi ini ditampilkan pada Gambar 4.26-4.28.



Gambar 4.26 *Error* Mutlak Peramalan Harga Saham PT. Unilever Indonesia  
Tbk. Kasus Kedua



Gambar 4.27 *Error* Mutlak Peramalan Harga Saham PT. Astra Internasional  
Tbk. Kasus Kedua



**Gambar 4.28** Error Mutlak Peramalan Harga Saham Perusahaan Gas Negara Kasus Kedua

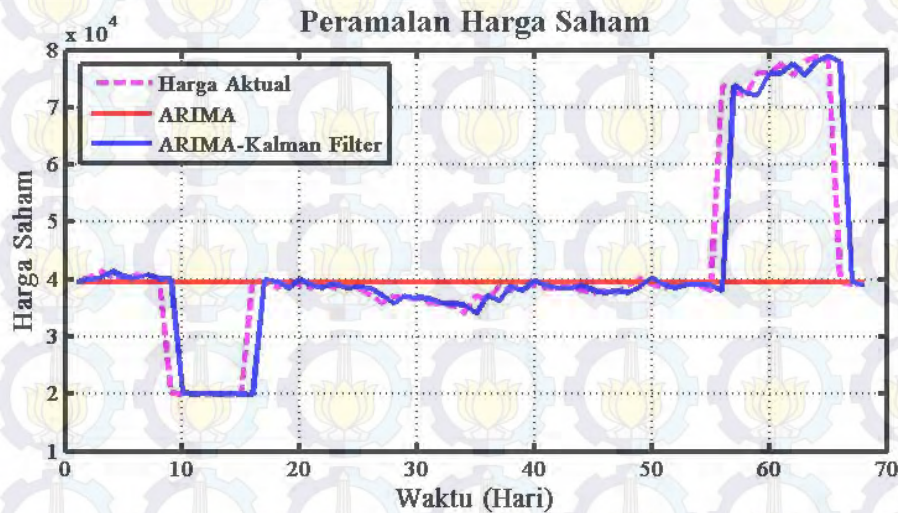
Berdasarkan grafik *error* pada Gambar 4.26-4.28, perbedaan nilai *error* prediksi dari kedua metode tidak signifikan berbeda, sehingga sulit untuk membandingkan metode terbaik diantara keduanya. Akan tetapi, hal ini dapat dilihat melalui perhitungan nilai *error* yang akan dibahas pada subbab berikutnya mengenai akurasi dari hasil peramalan ARIMA dan ARIMA-Kalman filter.

#### 4.5.3 Kasus Tambahan: Peramalan Harga Saham dengan Adanya *Jump*

Harga saham dapat seketika turun ataupun naik secara drastis pada suatu kondisi tertentu. Hal ini dikenal dengan istilah *jump* atau loncatan harga saham. Adanya kondisi seperti ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya kondisi perekonomian pasar yang melemah, kondisi perusahaan penerbit saham yang kurang baik, berkurangnya tingkat kepercayaan masyarakat terhadap perusahaan tersebut yang disebabkan oleh suatu isu tertentu, dan lain sebagainya.

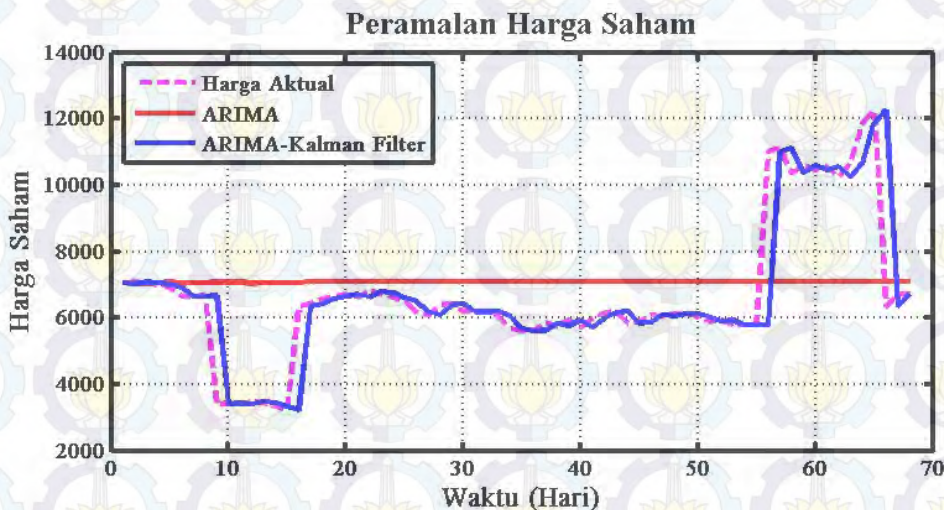
Pada subbab ini, diberikan contoh kasus dengan kondisi terdapat *jump* pada beberapa periode waktu ketika melakukan prediksi harga saham. Dalam simulasi ini, dimisalkan bahwa terdapat *jump* pada harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk., PT. Astra Internasional Tbk., dan Perusahaan Gas Negara Tanggal 13 Juli 2015 sampai 27 Juli 2015 dan Tanggal 23 September sampai 7 Oktober 2015. *Jump* tersebut diberikan dengan mengondisikan harga saham

aktual pada Tanggal 13 Juli 2015 - 27 Juli 2015 turun drastis menjadi setengah kalinya dan pada Tanggal 23 September 2015 – 7 Oktober 2015 naik drastis menjadi dua kali lipatannya. Simulasi pada kasus ini hanya diberikan sebagai tambahan untuk melihat bagaimana hasil prediksi harga saham pada saat terjadinya *jump* menggunakan ARIMA dan ARIMA-Kalman Filter, sehingga hasilnya tidak dilanjutkan pada optimasi portofolio.



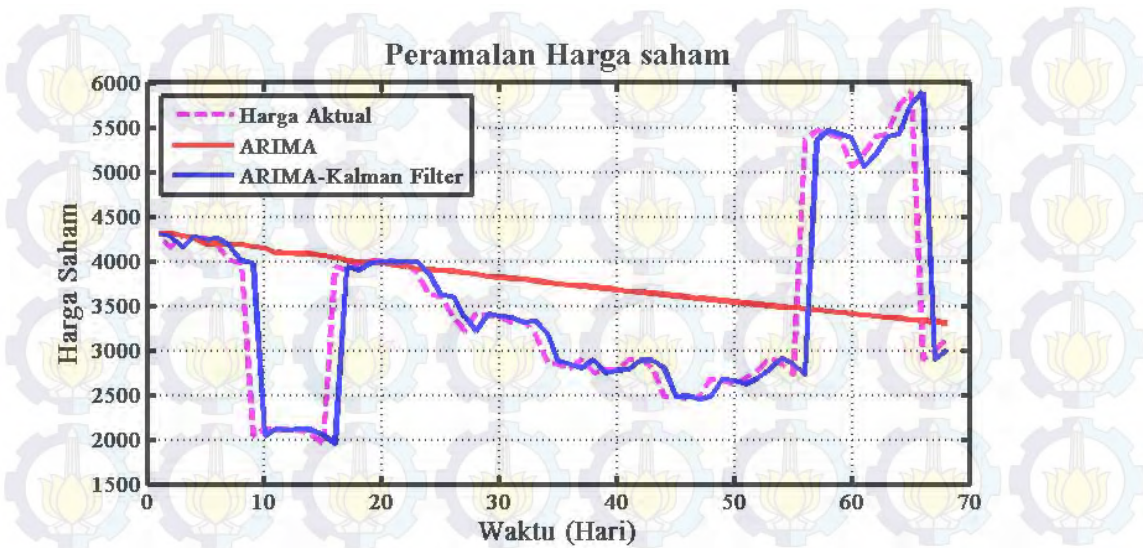
**Gambar 4.29** Grafik Peramalan Harga Saham PT. Unilever Indonesia Tbk.

dengan Adanya *Jump* Menggunakan ARIMA *Multistep* dan ARIMA *Multistep* – Kalman Filter



**Gambar 4.30** Grafik Peramalan Harga Saham PT. Astra Internasional Tbk.

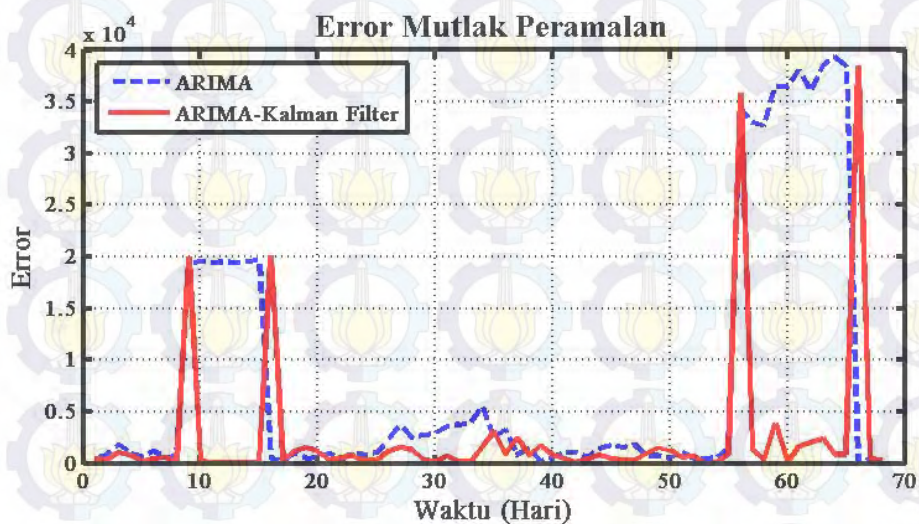
dengan Adanya *Jump* Menggunakan ARIMA *Multistep* dan ARIMA *Multistep* – Kalman Filter



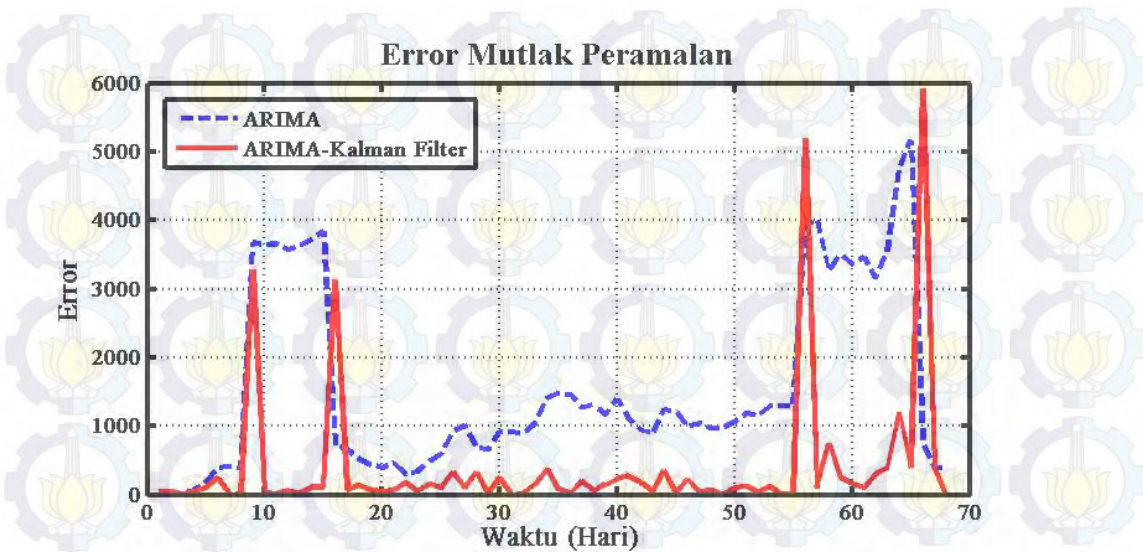
**Gambar 4.31** Grafik Peramalan Harga Saham Perusahaan Gas Negara dengan Adanya *Jump* Menggunakan ARIMA *Multistep* dan ARIMA *Multistep* – Kalman Filter

Gambar 4.29 sampai Gambar 4.31 menunjukkan hasil prediksi harga saham menggunakan ARIMA *multistep* dan ARIMA *multistep* – Kalman Filter. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pada awal terjadinya *jump*, yaitu Tanggal 13 Juli 2015 (hari ke-9), hasil prediksi ARIMA *multistep* – Kalman Filter memiliki selisih yang cukup besar dibandingkan dengan harga aktualnya. Hal ini disebabkan adanya *jump* yang secara tiba-tiba terjadi sehingga membuat harga saham turun drastis dan tidak dapat terprediksi. Akan tetapi, pada Tanggal 14 Juli 2015 sampai 27 Juli 2015 (hari ke-15), ARIMA *multistep* - Kalman Filter dapat memprediksi harga saham dengan baik, sehingga nilai prediksinya tidak berbeda jauh dengan nilai aktual. Pada saat terjadi *jump* selama beberapa hari, ARIMA *multistep* – Kalman Filter mampu beradaptasi dikarenakan sifatnya yang selalu melakukan *updating* berdasarkan harga saham aktual pada hari sebelumnya. Kemudian, pada Tanggal 28 Juli 2015 (hari ke-16), harga saham mengalami peningkatan secara drastis. Kondisi ini tidak dapat diprediksi oleh ARIMA *multistep* – Kalman Filter. Hal yang sama juga terjadi ketika adanya *jump* yang tidak dapat terprediksi pada Tanggal 23 September 2015 (hari ke-56) dikarenakan harga saham tiba-tiba naik drastis dan pada Tanggal 8 Oktober 2015 (hari ke-66) harga saham tiba-tiba turun secara tajam. Pada hari pertama saat terjadinya *jump*

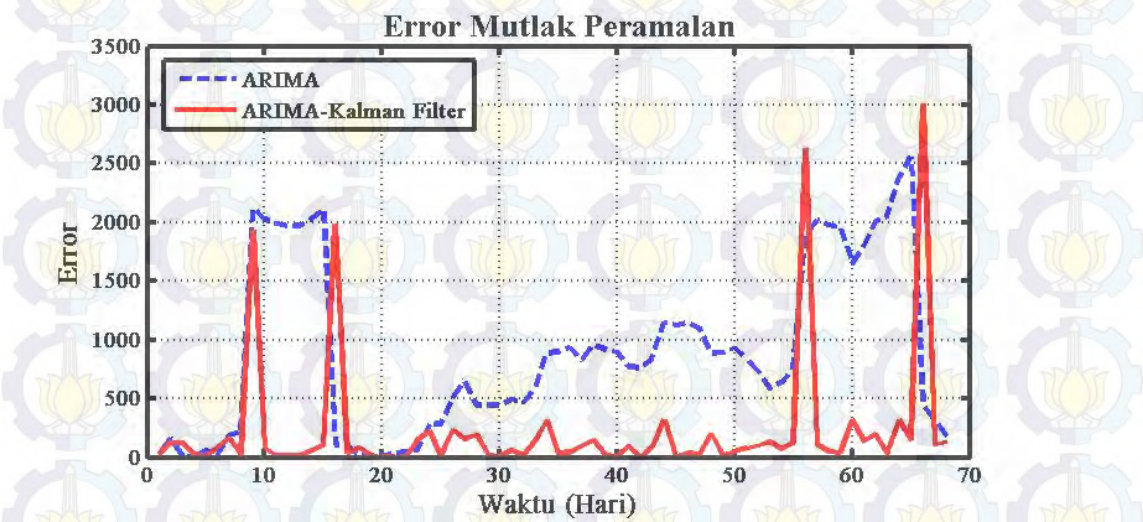
selama beberapa periode waktu menyebabkan nilai *error* prediksi harga saham sangat tinggi. Seperti yang terlihat pada Gambar 4.32 sampai 4.34, *error* prediksi harga saham pada hari ke-9, ke-16, ke-56, dan ke-66 sangat besar. Hal tersebut disebabkan terjadi *jump* yang tidak dapat terprediksi secara tiba-tiba oleh ARIMA *multistep* – Kalman Filter. Namun pada hari-hari berikutnya, walaupun harga saham masih dalam kondisi yang sangat rendah atau tinggi dari biasanya, ARIMA *multistep* – Kalman Filter mampu menyesuaikan kondisi yang sedang terjadi, sehingga memberikan hasil prediksi harga saham yang baik.



**Gambar 4.32** Error Mutlak Peramalan Harga Saham PT. Unilever Indonesia Tbk. dengan Adanya *Jump* Menggunakan ARIMA *Multistep* dan ARIMA *Multistep* – Kalman Filter

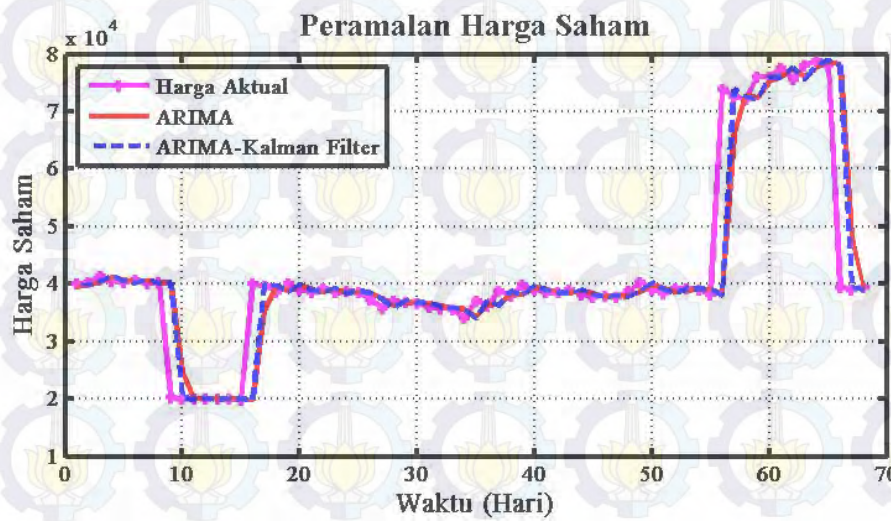


**Gambar 4.33** Error Mutlak Peramalan Harga Saham PT. Astra Internasional Tbk. dengan Adanya *Jump* Menggunakan ARIMA *Multistep* dan ARIMA *Multistep* – Kalman Filter

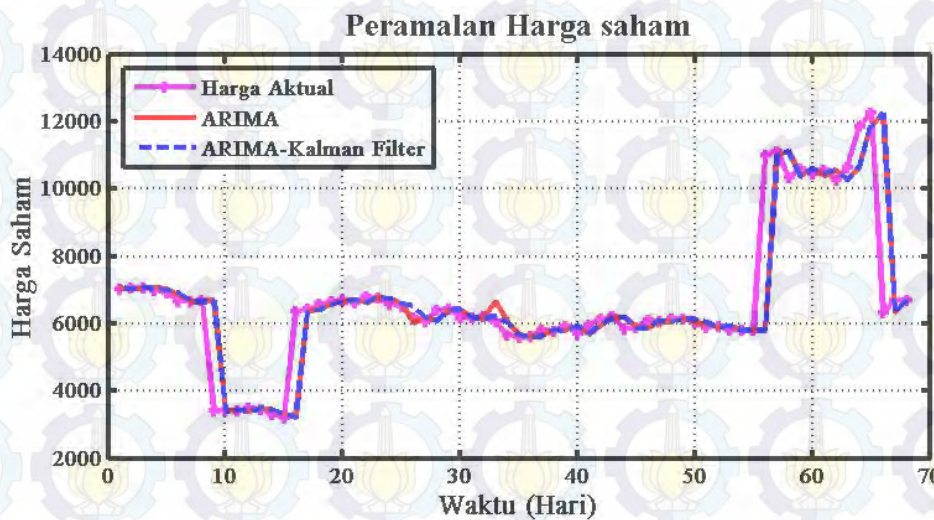


**Gambar 4.34** Error Mutlak Peramalan Harga Saham Perusahaan Gas Negara dengan Adanya *Jump* Menggunakan ARIMA *Multistep* dan ARIMA *Multistep* – Kalman Filter

Selanjutnya, hasil prediksi harga saham menggunakan metode ARIMA onestep dan ARIMA *Onestep* – Kalman Filter dapat dilihat pada Gambar 4.35 – Gambar 4.37.

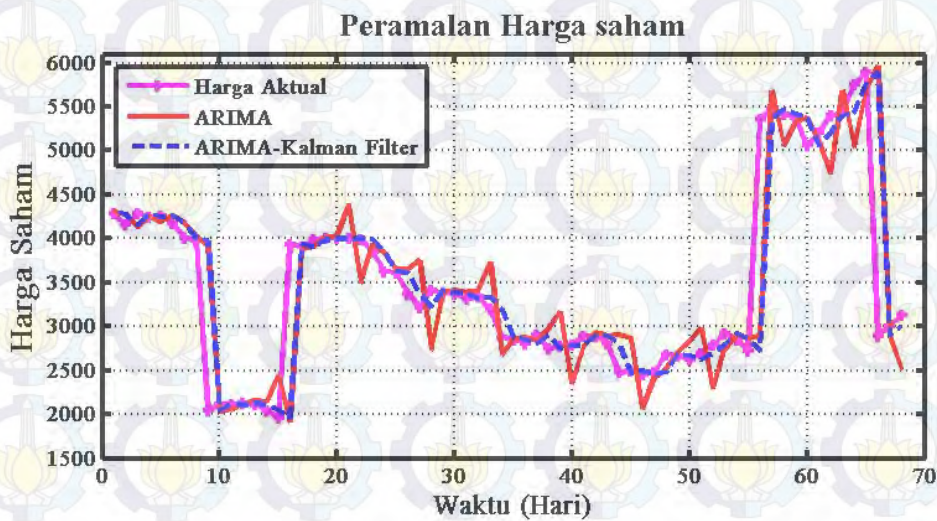


Gambar 4.35 Grafik Peramalan Harga Saham PT. Unilever Indonesia Tbk. dengan Adanya *Jump* Menggunakan ARIMA *Onestep* dan ARIMA *Onestep* – Kalman Filter



Gambar 4.36 Grafik Peramalan Harga Saham PT. Astra Internasional Tbk. dengan Adanya *Jump* Menggunakan ARIMA *Onestep* dan ARIMA *Onestep* – Kalman Filter

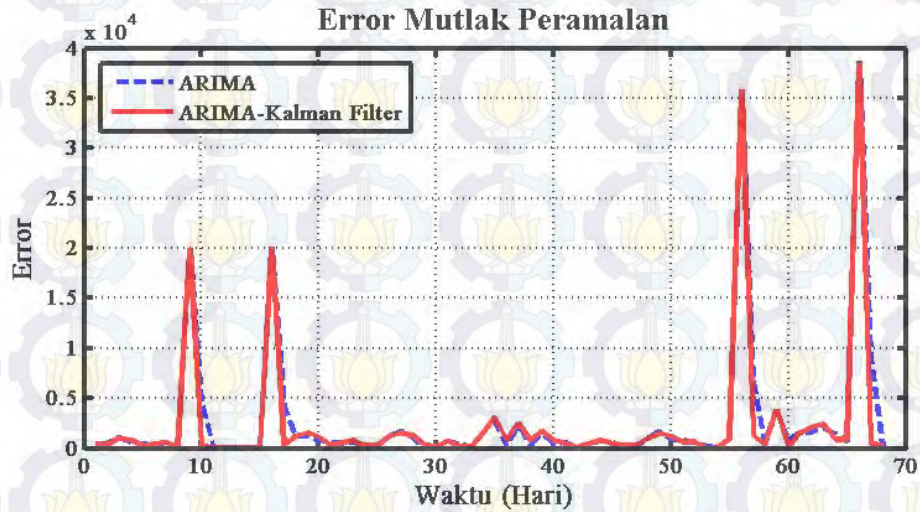




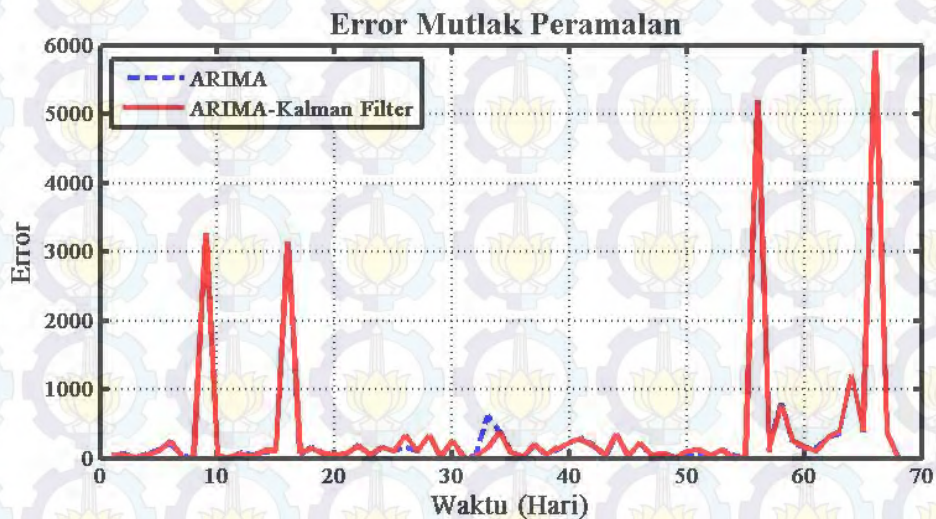
**Gambar 4.37** Grafik Peramalan Harga Saham Perusahaan Gas Negara dengan Adanya *Jump* Menggunakan ARIMA *Onestep* dan ARIMA *Onestep* – Kalman Filter

Berdasarkan Gambar 4.35 – Gambar 4.37, metode ARIMA *onestep* dan ARIMA *Onestep* – Kalman Filter memberikan hasil prediksi harga saham yang baik. Walaupun pada awal terjadinya *jump*, pada Tanggal 13 Juli 2015, hasil prediksi harga saham menggunakan kedua metode ini masih memberikan nilai yang jauh dari harga aktualnya disebabkan penurunan drastis yang terjadi secara tiba-tiba. Namun, karena kedua metode tersebut selalu melakukan *updating* setiap harinya, sehingga saat kondisi harga saham masih turun pada hari-hari berikutnya, yaitu pada Tanggal 14 Juli 2015 sampai 27 Juli 2015, metode tersebut dapat menyesuaikan keadaan yang terjadi dan memberikan hasil prediksi yang dekat dengan harga aktual. Kemudian pada Tanggal 28 Juli 2015, terjadi loncatan harga saham yang tidak dapat terprediksi. Akibatnya, *error* yang terjadi antara harga saham aktual dan harga saham prediksi cukup besar. Begitu pula pada Tanggal 23 September 2015 (hari ke-56) ketika terjadi peningkatan harga saham secara drastis dan pada Tanggal 8 Oktober 2015 (hari ke-66) saat harga saham turun sangat besar, kondisi-kondisi tersebut tidak dapat terprediksi sehingga menghasilkan *error* yang tinggi. Seperti yang terlihat pada Gambar 4.38 – Gambar 4.40, nilai *error* yang sangat tinggi terjadi di hari-hari ketika adanya *jump* pertama, yaitu hari ke-9 (Tanggal 13 Juli 2015), hari ke-16 (Tanggal 28 Juli

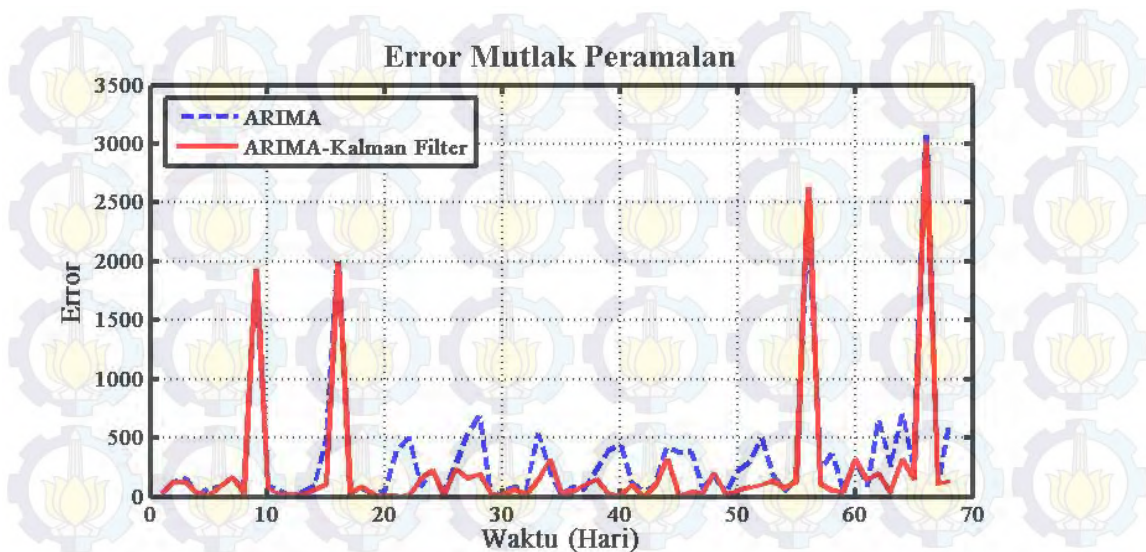
2015), hari ke-56 (Tanggal 23 September 2015), dan hari ke-66 (Tanggal 8 Oktober 2015).



**Gambar 4.38** Error Mutlak Peramalan Harga Saham PT. Unilever Indonesia Tbk. dengan Adanya *Jump* Menggunakan ARIMA *Onestep* dan ARIMA *Onestep* – Kalman Filter



**Gambar 4.39** Error Mutlak Peramalan Harga Saham PT. Astra Internasional dengan Adanya *Jump* Menggunakan ARIMA *Onestep* dan ARIMA *Onestep* – Kalman Filter



**Gambar 4.40** Error Mutlak Peramalan Harga Saham Perusahaan Gas Negara dengan Adanya *Jump* Menggunakan ARIMA *Onestep* dan ARIMA *Onestep* – Kalman Filter

Berdasarkan hasil simulasi ini, selanjutnya dilakukan perhitungan tingkat akurasi dari hasil peramalan harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk., PT. Astra Internasional Tbk., dan Perusahaan Gas Negara yang dibahas pada subbab berikutnya.

#### 4.6 Akurasi Hasil Peramalan ARIMA dan ARIMA-Kalman Filter

Suatu peramalan tidak terlepas dari kesalahan atau *error* prediksi. Oleh sebab itu, validasi hasil peramalan sangat penting dilakukan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dari peramalan yang telah diperoleh. Berdasarkan pada hasil simulasi yang telah diperoleh pada subbab sebelumnya, dilakukan perhitungan tingkat akurasi hasil peramalan ARIMA dan ARIMA-Kalman Filter menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). MAPE merupakan ukuran kesalahan yang dihitung dengan mencari nilai tengah dari persentase absolut kesalahan atau *error* peramalan dibandingkan dengan data aktual. Rumus dari MAPE adalah sebagai berikut:

$$MAPE (\%) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Z_t - \hat{Z}_t}{Z_t} (100) \right|$$

dengan  $Z_t$  adalah harga saham aktual,  $\hat{Z}_t$  adalah harga saham prediksi, dan  $n$  adalah banyaknya data saham yang diprediksi.

Tabel 4.10 menunjukkan nilai MAPE dari hasil peramalan ARIMA dan ARIMA-Kalman Filter pada kasus pertama untuk masing-masing saham.

**Tabel 4.10** Nilai MAPE (%) Hasil Peramalan Harga Saham Kasus Pertama

Saham	ARIMA	ARIMA-Kalman Filter		
		$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
PT. Unilever Indonesia Tbk.	3,513402	1,7927659812	1,7927659842	1,7927659936
PT. Astra Internasional Tbk.	14,93301	2,1731644683	2,1731643892	2,1731643893
Perusahaan Gas Negara	17,50937	2,6641843979	2,6641843265	2,6641843266

**Tabel 4.11** Perubahan MAPE Peramalan Harga Saham Kasus Pertama

Saham	Perubahan Nilai MAPE (%)		
	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
PT. Unilever Indonesia Tbk.	48,9735025710	48,9735024856	48,9735022181
PT. Astra Internasional Tbk.	85,4472442709	85,4472448006	85,4472447999
Perusahaan Gas Negara	84,7842361096	84,7842365174	84,7842365168

**Tabel 4.12** Waktu Komputasi Peramalan Harga Saham Kasus Pertama

Saham	Waktu Komputasi (s)			
	ARIMA	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
PT. Unilever Indonesia Tbk.	1,3498366324	2,6990413893	3,0398947016	3,6795777054
PT. Astra Internasional Tbk.	1,3120613986	2,6501184210	3,1501694095	3,7095780368
Perusahaan Gas Negara	1,3263804608	2,7657242901	3,1458149124	3,6625464459

Berdasarkan pada Tabel 4.10, hasil peramalan harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk, PT. Astra Internasional Tbk., dan Perusahaan Gas Negara pada kasus pertama menggunakan ARIMA *multistep* memiliki nilai MAPE yang lebih besar dibandingkan dengan ARIMA-Kalman Filter. Hal ini menunjukkan bahwa peramalan menggunakan ARIMA-Kalman Filter lebih baik dibandingkan dengan ARIMA *multistep*. Dalam hal ini, penerapan algoritma Kalman Filter dapat memperbaiki hasil peramalan ARIMA *multistep* sehingga tingkat akurasi dari hasil peramalannya meningkat. Perubahan nilai MAPE setelah penerapan algoritma Kalman Filter dapat dilihat pada Tabel 4.11. Berdasarkan perubahan nilai MAPE tersebut, tingkat akurasi dari prediksi harga saham menggunakan ARIMA-Kalman Filter meningkat 48,97% untuk saham PT. Unilever Indonesia Tbk., 85,45% untuk PT. Astra Internasional Tbk., dan 84,78% untuk Perusahaan Gas Negara.

Pada penelitian ini, Algoritma Kalman Filter diterapkan pada Persamaan (4.4) dengan pengambilan polinomial derajat 1, 2, dan 3. Hal ini dilakukan untuk melihat performansi Kalman Filter terhadap orde polinomial yang diambil. Berdasarkan Tabel 4.10, nilai MAPE dari hasil prediksi harga saham dengan  $n = 2, 3$ , dan 4 tidak berbeda sampai pada tujuh angka signifikan. Pada nilai MAPE PT. Unilever Indonesia Tbk., penggunaan polinomial derajat satu memiliki nilai MAPE paling kecil sampai pada sebelas angka signifikan. Sedangkan untuk PT. Astra Internasional Tbk. dan Perusahaan Gas Negara, hasil prediksi terbaik adalah menggunakan polinomial berderajat dua. Hal ini menunjukkan bahwa pengambilan polinomial dengan derajat yang lebih besar tidak menjamin hasil prediksi menjadi lebih baik. Akan tetapi, semakin besar derajat polinomial, semakin besar pula waktu komputasi yang diperlukan untuk menjalankan simulasi ini. Seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.12, waktu komputasi yang ditampilkan merupakan waktu rata-rata setelah lima kali melakukan *running program*. Berdasarkan waktu komputasi tersebut, terlihat bahwa polinomial derajat satu ( $n = 2$ ) memiliki waktu komputasi paling kecil, sedangkan polinomial derajat tiga ( $n = 4$ ) memiliki waktu komputasi paling besar. Walaupun secara komputasional, metode ARIMA-Kalman Filter memberikan waktu komputasi yang lebih lama

dibandingkan dengan metode ARIMA, akan tetapi waktu komputasinya masih dalam hitungan detik. Sehingga metode tersebut masih mampu memberikan informasi mengenai prediksi harga saham kepada investor secara cepat dan lebih akurat dibandingkan dengan informasi melalui metode ARIMA.

**Tabel 4.13** Nilai MAPE (%) Hasil Peramalan Harga Saham Kasus Kedua

Saham	ARIMA	ARIMA-Kalman Filter		
		$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
PT. Unilever Indonesia Tbk.	1,695127	1,7927659797	1,7927659842	1,7927659936
PT. Astra Internasional Tbk.	2,20521	2,17316437160	2,1731643892	2,1731643893
Perusahaan Gas Negara	3,207782	2,6641841650	2,6641843265	2,6641843266

**Tabel 4.14** Perubahan MAPE Peramalan Harga Saham Kasus Kedua

Saham	Perubahan Nilai MAPE (%)		
	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
PT. Unilever Indonesia Tbk.	-5,7599802080	-5,7599804734	-5,7599810280
PT. Astra Internasional Tbk.	1,4531780828	1,4531772847	1,4531772802
Perusahaan Gas Negara	16,9462212519	16,9462162173	16,9462162142

**Tabel 4.15** Waktu Komputasi Peramalan Harga Saham Kasus Kedua

Saham	Waktu Komputasi (s)			
	ARIMA	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
PT. Unilever Indonesia Tbk.	1,3789718571	2,6767068650	3,3297722594	3,892448345
PT. Astra Internasional Tbk.	1,3339116975	2,7508954700	3,2290852449	3,869180728
Perusahaan Gas Negara	1,3200451383	2,7417940561	3,3016108709	3,879872067

Pada kasus kedua, nilai MAPE hasil prediksi ditampilkan pada Tabel 4.13. Secara keseluruhan, hasil prediksi menggunakan ARIMA *onestep* sudah memiliki nilai MAPE yang cukup kecil. Akan tetapi, berdasarkan nilai MAPE tersebut, hasil prediksi harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk. menggunakan model ARIMA([1],1,0) secara *onestep* lebih baik dibandingkan dengan ARIMA-Kalman Filter. Hal ini dapat terjadi karena pada proses peramalan menggunakan ARIMA *onestep*, prediksi harga saham selalu diperbarui ketika harga saham aktual datang, sehingga dapat menghasilkan prediksi yang baik. Hal ini menyebabkan penerapan algoritma Kalman Filter tidak selalu menjamin hasil prediksi yang lebih baik. Khususnya pada kasus ini, model ARIMA([1],1,0) yang digunakan untuk meramalkan harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk. secara *onestep* memiliki *error* yang lebih kecil dibandingkan ARIMA-Kalman Filter. Sedangkan pada hasil peramalan harga saham PT. Astra Internasional Tbk. dan Perusahaan Gas Negara, metode ARIMA-Kalman Filter memiliki *error* peramalan yang lebih kecil dibandingkan dengan ARIMA *onestep*. Sehingga dapat dikatakan bahwa metode ARIMA-Kalman Filter lebih baik digunakan dalam memprediksi harga saham PT. Astra Internasional Tbk. dan Perusahaan Gas Negara dibandingkan menggunakan model peramalan ARIMA([0,1,[17]]) dan ARIMA([6],1,[6]) *onestep*.

Adapun perubahan nilai MAPE setelah penerapan algoritma Kalman Filter dapat dilihat pada Tabel 4.14. Berdasarkan perubahan nilai MAPE tersebut, tingkat akurasi dari hasil prediksi harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk. menurun 5,76% setelah penerapan algoritma Kalman Filter pada hasil prediksi menggunakan model ARIMA([1],1,0) *onestep*. Sedangkan tingkat akurasi peramalan harga saham PT. Astra Internasional Tbk. dan Perusahaan Gas Negara meningkat masing-masing sebesar 1,45% dan 16,95%.

Kemudian, sama seperti hasil simulasi kasus pertama dalam penerapan algoritma Kalman Filter, pengambilan polinomial dengan derajat yang lebih besar tidak menjamin hasil prediksi menjadi lebih baik. Akan tetapi, semakin besar derajat polinomial, waktu komputasi yang diperlukan juga semakin besar. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.15. Berdasarkan waktu komputasi setelah lima kali iterasi, diperoleh bahwa polinomial derajat satu memiliki rata-rata waktu

komputasi paling kecil, sedangkan polinomial derajat tiga memiliki rata-rata waktu komputasi paling besar.

**Tabel 4.16** Nilai MAPE(%) Hasil Peramalan ARIMA *Multistep* dan ARIMA *Multistep* – Kalman Filter dengan Adanya *Jump*

Saham	ARIMA	ARIMA-Kalman Filter		
		$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
PT. Unilever Indonesia Tbk.	19,79725	6,0620199355	6,0620199295	6,0620199388
PT. Astra Internasional Tbk.	26,31386	6,2171776865	6,2171779069	6,2171779070
Perusahaan Gas Negara	29,05924	6,9481158060	6,9481177398	6,9481177399

**Tabel 4.17** Perubahan MAPE Peramalan ARIMA *Multistep* dan ARIMA *Multistep* – Kalman Filter dengan Adanya *Jump*

Saham	Perubahan Nilai MAPE (%)		
	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
PT. Unilever Indonesia Tbk.	69,3794873591	69,3794873894	69,3794873424
PT. Astra Internasional Tbk.	76,3729890498	76,3729882122	76,3729882118
Perusahaan Gas Negara	76,0898186591	76,0898120044	76,0898120040

**Tabel 4.18** Waktu Komputasi Peramalan ARIMA *Multistep* dan ARIMA *Multistep* – Kalman Filter dengan Adanya *Jump*

Saham	Waktu Komputasi (s)			
	ARIMA	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
PT. Unilever Indonesia Tbk.	1,3002236381	2,7897366711	3,2341031982	3,7832711256
PT. Astra Internasional Tbk.	1,3270877320	2,8064795880	3,4268712362	3,9095433292
Perusahaan Gas Negara	1,2898609003	2,8168878141	3,3981269094	3,7653178754



Tabel 4.16 menunjukkan nilai MAPE dari hasil peramalan harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk., PT. Astra Internasional Tbk., dan Perusahaan Gas Negara ketika adanya *jump* menggunakan ARIMA *multistep* dan ARIMA *multistep* – Kalman Filter. Berdasarkan nilai MAPE tersebut, metode ARIMA *multistep* memiliki nilai MAPE yang sangat besar dibandingkan dengan hasil prediksi menggunakan ARIMA *multistep* – Kalman Filter. Hasil ini menunjukkan bahwa metode algoritma Kalman Filter dapat memperbaiki hasil prediksi ARIMA *multistep*, sehingga mampu menghasilkan nilai prediksi yang lebih baik. Walaupun terjadi *jump* pada beberapa periode waktu, akan tetapi metode ARIMA *multistep* – Kalman Filter dapat segera menyesuaikan keadaan yang terjadi, sehingga nilai *error* terbesar hanya terjadi pada setiap awal terjadinya loncatan harga saham. Dengan adanya perbaikan hasil prediksi ARIMA *multistep* menggunakan Kalman Filter, tingkat akurasi hasil peramalan harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk., PT. Astra Internasional Tbk., dan Perusahaan Gas Negara meningkat masing-masing sebesar 69,4%, 76,4%, dan 76,1% (dapat dilihat pada Tabel 4.17). Adapun waktu komputasi yang diperlukan untuk mendapatkan hasil peramalan harga saham ditampilkan pada Tabel 4.18. berdasarkan pada Tabel 4.16 dan Tabel 4.18, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi derajat polinomial yang diambil, tidak menjamin hasil prediksi yang lebih baik, melainkan akan menambah waktu kompuasi yang diperlukan.

**Tabel 4.19** Nilai MAPE(%) Hasil Peramalan ARIMA *Onestep* dan ARIMA *Onestep* – Kalman Filter dengan Adanya *Jump*

Saham	ARIMA	ARIMA-Kalman Filter		
		$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
PT. Unilever Indonesia Tbk.	6,869255	6,0620199272	6,0620199295	6,0620199388
PT. Astra Internasional Tbk.	6,260774	6,2171778282	6,2171779069	6,2171779070
Perusahaan Gas Negara	10,27486	6,9481148662	6,9481177398	6,9481177398

**Tabel 4.20** Perubahan MAPE Peramalan ARIMA *Onestep* dan ARIMA *Onestep* – Kalman Filter dengan Adanya *Jump*

Saham	Perubahan Nilai MAPE (%)		
	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
PT. Unilever Indonesia Tbk.	11,75142206	11,75142203	11,75142189
PT. Astra Internasional Tbk.	0,696343712	0,696342455	0,696342453
Perusahaan Gas Negara	32,37750479	32,37747682	32,37747682

**Tabel 4.21** Waktu Komputasi Peramalan ARIMA *onestep* dan ARIMA *onestep* – Kalman Filter dengan Adanya *Jump*

Saham	Waktu Komputasi (s)			
	ARIMA	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
PT. Unilever Indonesia Tbk.	1,5101484729	2,7778874068	3,2504255646	3,7837926725
PT. Astra Internasional Tbk.	1,6477874141	2,8046018997	3,2781389265	3,7834749860
Perusahaan Gas Negara	1,4479588995	2,8224056526	3,2293593603	3,8681409931

Selanjutnya, Tabel 4.19 menampilkan nilai MAPE dari hasil peramalan harga saham menggunakan ARIMA *onestep* dan ARIMA *onestep* – Kalman Filter ketika terjadi *jump* pada harga saham. Berdasarkan nilai MAPE tersebut, pada kasus ini dapat diketahui bahwa hasil peramalan harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk., PT. Astra Internasional Tbk., dan Perusahaan Gas Negara menggunakan ARIMA *onestep* – Kalman Filter lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan ARIMA *onestep*. Sehingga dapat dikatakan bahwa penerapan algoritma Kalman Filter dapat memperbaiki hasil prediksi ARIMA *onestep*. Dengan adanya perbaikan hasil prediksi ARIMA *onestep* menggunakan Kalman Filter, seperti yang terlihat pada Tabel 4.20 bahwa tingkat akurasi hasil peramalan harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk., PT. Astra Internasional Tbk., dan Perusahaan Gas Negara meningkat masing-masing sebesar 11,8%, 0,7%, dan 32,4%. Adapun waktu komputasi yang diperlukan untuk mendapatkan hasil

peramalan harga saham menggunakan ARIMA *onestep* dan ARIMA *onestep* – Kalman Filter ditampilkan pada Tabel 4.21. Berdasarkan hasil simulasi ini, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi derajat polinomial yang diambil dalam menerapkan algoritma Kalman Filter, semakin besar pula waktu kompuasi yang diperlukan, namun tidak memberikan jaminan hasil prediksi yang lebih baik.

Setelah mendapatkan nilai prediksi harga saham dari PT. Unilever Indonesia Tbk., PT. Astra Internasional Tbk., dan Perusahaan Gas Negara, dilakukan perhitungan nilai *return* saham dari masing-masing perusahaan tersebut yang dibahas pada Subbab selanjutnya.

#### 4.7 Perhitungan Nilai *Return* Saham

Pada bagian ini, nilai *return* dari masing-masing saham PT. Unilever Indonesia Tbk, PT. Astra Internasional Tbk, dan Perusahaan Gas Negara dihitung berdasarkan hasil prediksi harga saham yang telah diperoleh pada subbab sebelumnya. Rumus yang digunakan dalam menghitung *return* saham adalah sebagai berikut:

$$R_t = \frac{S_t - S_{t-1}}{S_{t-1}}$$

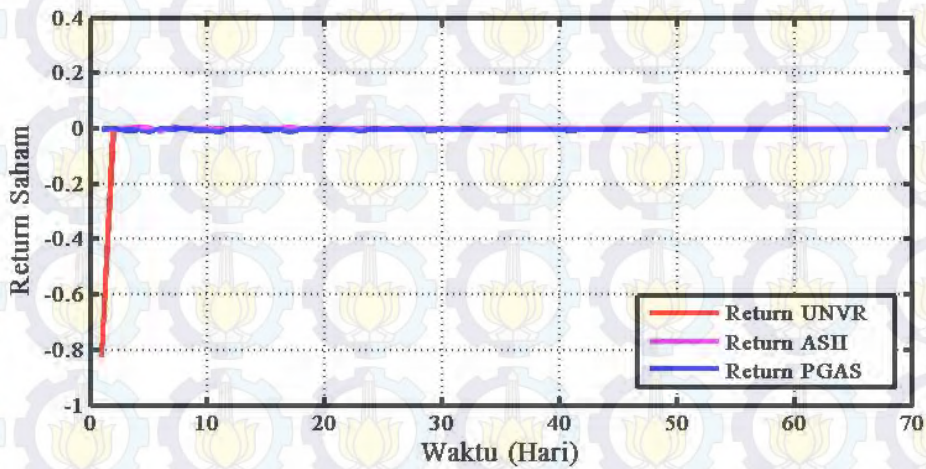
dengan:

$R_t$  : nilai *return* pada waktu ke- $t$

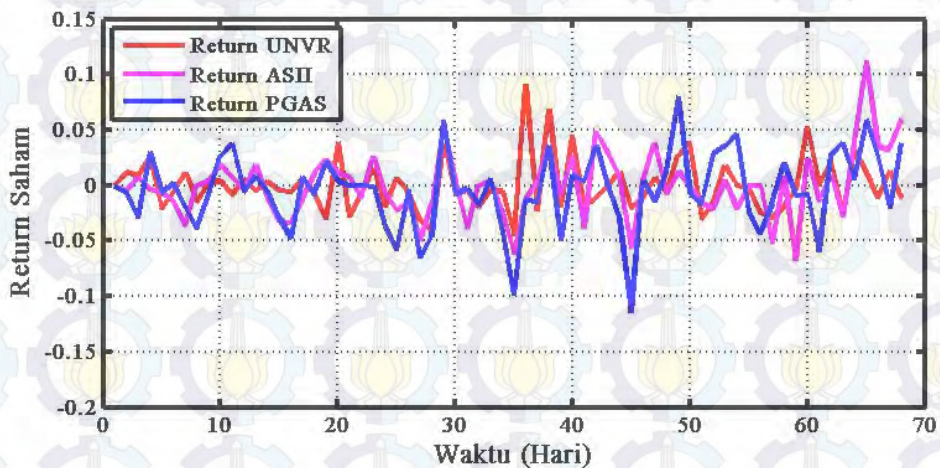
$S_t$  : harga saham prediksi pada waktu ke- $t$

$S_{t-1}$  : harga saham prediksi pada waktu ke- $t - 1$ .

Berikut ini diberikan grafik nilai *return* berdasarkan prediksi harga saham menggunakan ARIMA *multistep* dan ARIMA *multistep* – Kalman Filter, yang masing-masing disajikan melalui Gambar 4.41 dan Gambar 4.42.



Gambar 4.41 *Return Saham Berdasarkan Prediksi ARIMA Multistep*



Gambar 4.42 *Return Saham Berdasarkan Prediksi ARIMA Multistep – Kalman Filter*

Dalam mempermudah memahami interpretasi dari nilai *return* pada Gambar 4.41 – Gambar 4.42, berikut ini diberikan contoh nilai *return* saham yang diperoleh berdasarkan prediksi harga saham menggunakan ARIMA *Multistep* – Kalman Filter. Tabel 4.22 merupakan nilai *return* berdasarkan prediksi harga saham dari PT. Unilever Indonesia Tbk., PT. Astra Internasional Tbk, dan Perusahaan Gas Negara yang diambil selama lima hari, yaitu pada tanggal 23 Juli 2015 sampai 29 Juli 2015.

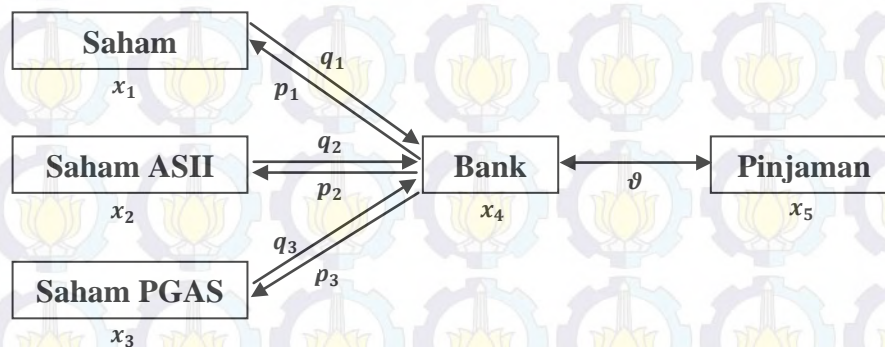
**Tabel 4.22** Contoh Nilai *Return* Saham

<b>Tanggal</b>	<b><i>Return</i> UNVR</b>	<b><i>Return</i> ASII</b>	<b><i>Return</i> PGAS</b>
23/07/2015	-0,00497	0,018315	0,008304
24/07/2015	0,003123	-0,01079	-0,00588
27/07/2015	-0,00436	-0,03273	-0,02959
28/07/2015	-0,00563	-0,03383	-0,04756
29/07/2015	0,006289	-0,01167	0,007682

Berdasarkan Tabel 4.22, nilai *return* dari prediksi harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk. pada Tanggal 23 Juli 2015 bernilai negatif. Hal ini menunjukkan bahwa pada hari itu, harga saham UNVR diprediksi mengalami penurunan jika dibandingkan dengan prediksi harga saham pada Tanggal 22 Juli 2015. Sedangkan prediksi nilai *return* PT. Astra Internasional Tbk. dan Perusahaan Gas Negara bernilai positif. Hal ini berarti bahwa harga kedua saham tersebut diprediksi mengalami kenaikan dibandingkan dengan prediksi harga saham satu hari sebelumnya. Kemudian, pada Tanggal 24 Juli 2015 harga saham UNVR diprediksi mengalami peningkatan yang ditunjukkan dengan nilai *return*nya yang positif. Sedangkan harga saham ASII dan PGAS mengalami penurunan karena nilai *return*nya negatif. Pada Tanggal 27 Juli 2015, seluruh nilai *return* saham bertanda negatif. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh harga saham pada hari tersebut diprediksi mengalami penurunan dibandingkan dengan harga saham pada Tanggal 24 Juli 2015. Kondisi yang sama juga kembali terjadi pada Tanggal 28 Juli 2015, dimana semua *return* saham bernilai negatif. Pada kondisi seperti ini, kurang menguntungkan bagi investor untuk berinvestasi pada seluruh saham tersebut. Karena, apabila nilai *return* saham negatif, hal ini akan mengakibatkan besarnya jumlah modal investor pada saham tersebut menjadi berkurang. Selanjutnya berdasarkan hasil prediksi pada Tanggal 29 Juli 2015, *return* saham UNVR dan PGAS bertanda positif, sehingga kondisi seperti ini menjadi peluang baik bagi investor untuk berinvestasi pada kedua aset tersebut. Sedangkan *return* saham ASII masih bernilai negatif, sehingga investor sebaiknya mengurangi atau tidak melakukan investasi di saham ASII pada hari tersebut.

#### 4.8 Analisis Model Matematika Dalam Portofolio Investasi Saham

Pada Subbab 2.4, telah dijelaskan mengenai model matematika dari manajemen portofolio dalam investasi saham. Adapun yang dimaksud dengan manajemen portofolio adalah mengatur penyebaran modal yang dimiliki investor untuk ditempatkan pada setiap aset dalam portofolionya dengan jumlah yang optimal. Dalam penelitian ini, portofolio yang dibentuk terdiri atas tiga aset saham, yaitu saham PT. Unilever Indonesia Tbk., PT. Astra Internasional Tbk., dan Perusahaan Gas Negara, satu aset bebas risiko (bank), dan satu aset pinjaman modal. Gambar 4.43 menunjukkan skema portofolio dalam investasi saham yang dapat menggambarkan proses penyebaran modal pada setiap aset di dalam portofolio.



**Gambar 4.43** Skema Aliran Modal dalam Portofolio Investor

Gambar 4.43 menceritakan bahwa modal investor yang disimpan di dalam aset saham UNVR, ASII, dan PGAS akan bertambah apabila terjadi transfer modal yang berasal dari aset bebas risiko (bank) sebesar  $p$ . Hal ini berarti bahwa investor menanamkan modalnya atau berinvestasi pada aset saham tersebut (investor membeli saham). Sebaliknya, modal investor pada aset saham akan berkurang apabila terjadi transfer modal dari aset berisiko (saham) ke aset bebas risiko (bank) sebesar  $q$ . Dengan kata lain, investor telah menjual sahamnya sehingga uang hasil penjualan tersebut masuk ke rekening bank. Disisi lain, apabila investor memerlukan tambahan modal untuk membeli saham, investor dapat meminjam sejumlah modal pada aset pinjaman sebesar  $\vartheta$ . Kemudian, apabila modal investor mencukupi, investor dapat membayar kembali modal

yang telah dipinjam tersebut. Berdasarkan pada skema tersebut, dapat dibentuk suatu model matematika dalam manajemen portofolio investasi saham yang secara umum telah dijelaskan pada Subbab 2.4.

Selanjutnya, dalam subbab ini dilakukan analisa terhadap model matematika tersebut. Misalkan  $x_1, x_2$ , dan  $x_3$  masing-masing menyatakan jumlah modal yang diinvestasikan oleh investor pada saham PT. Unilever Indonesia Tbk., PT. Astra Internasional Tbk., dan Perusahaan Gas Negara. Perubahan jumlah modal pada aset tersebut dapat dirumuskan sebagai

$$x_i(k+1) = [1 + R_i(k)][x_i(k) + p_i(k) - q_i(k)], \quad i = 1, 2, 3$$

dengan  $x_i(k+1) \geq 0$ . Karena ruas kiri bernilai tak negatif, maka ruas kanan haruslah bernilai tak negatif, sehingga

$$[1 + R_i(k)][x_i(k) + p_i(k) - q_i(k)] \geq 0.$$

Nilai *return*,

$$R_i(k) = \frac{S_i(k) - S_i(k-1)}{S_i(k-1)} = \frac{S_i(k)}{S_i(k-1)} - 1,$$

sehingga

$$1 + R_i(k) = 1 + \frac{S_i(k)}{S_i(k-1)} - 1 = \frac{S_i(k)}{S_i(k-1)}.$$

Karena  $S_t > 0$  untuk setiap  $t$ , akibatnya  $\frac{S_i(k)}{S_i(k-1)} > 0$ .

Jadi,  $[1 + R_i(k)] > 0$ , sehingga haruslah

$$[x_i(k) + p_i(k) - q_i(k)] \geq 0.$$

Jumlah modal yang ditransfer dari aset bebas risiko ke aset berisiko dan sebaliknya harus bernilai tak negatif, sehingga disyaratkan bahwa  $p_i(k) \geq 0$  dan  $q_i(k) \geq 0$ . Dalam hal ini, apabila  $R_i(k) < 0$ , maka berarti bahwa harga saham pada waktu ke- $k$  turun dibandingkan dengan harga saham pada waktu ke- $(k-1)$ . Hal ini memberikan kondisi yang kurang menguntungkan bagi investor untuk berinvestasi. Sebaliknya, apabila  $R_i(k) > 0$ , maka hal ini menunjukkan bahwa harga saham mengalami kenaikan. Pada saat itu, berinvestasi pada aset saham tersebut akan memberikan peluang keuntungan bagi investor. Kemudian, apabila  $R_i(k) = 0$ , maka hal ini menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan terhadap

harga saham pada saat ini, atau dengan kata lain harga saham pada waktu ke- $k$  sama dengan harga saham pada waktu ke- $(k - 1)$ .

Selanjutnya, dimisalkan bahwa  $x_4$  menyatakan jumlah modal yang dimiliki investor pada aset bebas resiko (bank). Perubahan jumlah modal investor pada aset ini dinyatakan sebagai

$$x_4(k + 1) = [1 + r_1(k)] \left[ x_4(k) + \vartheta(k) - (1 + \alpha) \sum_{i=1}^3 p_i(k) + (1 - \beta) \sum_{i=1}^3 q_i(k) \right],$$

dengan  $x_4(k + 1) \geq 0$ . Karena  $r_1(k)$  merupakan tingkat suku bunga bank dan bernilai positif, maka  $[1 + r_1(k)] > 0$ . Akibatnya, haruslah

$$\left[ x_4(k) + \vartheta(k) - (1 + \alpha) \sum_{i=1}^3 p_i(k) + (1 - \beta) \sum_{i=1}^3 q_i(k) \right] \geq 0.$$

Kemudian dimisalkan bahwa  $x_5$  adalah jumlah modal investor melalui aset pinjaman. Perubahan jumlah pinjaman modal investor dirumuskan oleh

$$x_5(k + 1) = [1 + r_2(k)][x_{n+2}(k) + \vartheta(k)],$$

dengan  $x_5(k + 1) \geq 0$ .  $r_2(k)$  adalah tingkat suku bunga dari pinjaman modal dan bernilai tak negatif, sehingga  $[1 + r_2(k)]$ . Dengan demikian,

$$x_5(k) + \vartheta(k) \geq 0.$$

Jika  $\vartheta(k) > 0$ , maka hal ini menunjukkan bahwa investor meminjam sejumlah modal. Sebaliknya, apabila  $\vartheta(k) < 0$ , maka artinya investor mengembalikan sejumlah modal yang telah pinjaman.

Adapun jumlah modal investor dalam portofolio yang dijadikan sebagai output sistem merupakan modal bersih yang dimiliki investor, yaitu akumulasi dari kekayaan atau modal investor pada aset-aset saham serta aset bebas risiko, dikurangi dengan jumlah modal yang dipinjam investor. Hal ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$y(k) = \sum_{i=1}^4 x_i(k) - x_5(k).$$



## 4.9 Penerapan *Model Predictive Control* (MPC) Dalam Optimasi Portofolio pada Investasi Saham

Pada subbab ini, dibahas mengenai penerapan *Model Predictive Control* (MPC) dalam optimasi portofolio saham. Berikut ini diberikan beberapa langkah yang dilakukan dalam menyelesaikan permasalahan optimasi portofolio menggunakan MPC.

### 4.9.1 Membangun Model Persamaan Ruang Keadaan Diskret

Hal yang harus dilakukan terlebih dahulu dalam membangun model persamaan ruang keadaan diskret adalah menentukan variabel *state*, kontrol, dan output sistem. Oleh sebab itu, pada tahap ini ditentukan variabel *state*, kontrol, dan output sistem dalam permasalahan optimasi portofolio berdasarkan pada model matematika dari manajemen portofolio yang digunakan.

Seperti yang telah dijelaskan pada subbab 4.8, komponen utama dalam portofolio investasi saham terdiri atas lima aset, yaitu tiga aset berisiko (saham), satu aset bebas risiko (aset investor di bank), dan satu aset investor yang berasal dari dana pinjaman. Jumlah modal yang diinvestasikan pada saham PT. Unilever Indonesia Tbk., PT. Astra Internasional Tbk., dan Perusahaan Gas Negara masing-masing dinyatakan dengan  $x_1, x_2$ , dan  $x_3$ . Kemudian jumlah modal investor di bank dan rekening pinjaman masing-masing dinyatakan dengan  $x_4$  dan  $x_5$ . Dalam hal ini,  $x_i$  dengan  $i = 1, 2, \dots, 5$  ditentukan sebagai variabel *state* yang dapat dinyatakan dengan  $\tilde{\mathbf{x}} = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5]^T$ .

Dalam manajemen portofolio pada investasi saham, besarnya jumlah modal pada setiap aset sangat bergantung pada seberapa besar jumlah modal yang ditransfer dari satu aset ke aset lainnya. Oleh sebab itu, untuk manajemen modal yang tersimpan dalam setiap aset portofolio dengan baik, jumlah uang yang ditransfer tersebut perlu dikendalikan. Dengan kata lain, seberapa besar modal yang harus dikeluarkan untuk membeli dan menjual saham, serta seberapa besar modal yang harus dipinjam dan dikembalikan perlu dikontrol secara optimal. Dengan demikian,  $p_i, q_i$ , dan  $\vartheta$  dengan  $i = 1, 2, \dots, 5$  dapat dijadikan sebagai variabel kontrol, sehingga  $\tilde{\mathbf{u}} = [p_1 \ p_2 \ p_3 \ q_1 \ q_2 \ q_3 \ \vartheta]^T$ .

Adapun output sistem dalam permasalahan optimasi portofolio didefinisikan sebagai  $\tilde{y}$ , yaitu jumlah seluruh modal investor dengan  $\tilde{y} = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 - x_5$ .

Dengan adanya variabel *state*, kontrol, dan output sistem, dapat dibentuk suatu model persamaan ruang keadaan diskrit yang mengacu pada Persamaan (2.4) dan Persamaan (2.5) dengan

$$A = \begin{bmatrix} 1 + R_1(k) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 + R_2(k) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 + R_3(k) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 + r_1(k) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 + r_2(k) \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 + R_1(k) & 0 & 0 & -(1 + R_1(k)) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 + R_2(k) & 0 & 0 & -(1 + R_2(k)) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 + R_3(k) & 0 & 0 & -(1 + R_3(k)) & 0 & 0 \\ (1 + r_1(k))(-1 - \alpha) & (1 + r_1(k))(-1 - \alpha) & (1 + r_1(k))(-1 - \alpha) & (1 + r_1(k))(1 - \beta) & (1 + r_1(k))(1 - \beta) & (1 + r_1(k))(1 - \beta) & 1 + r_1(k) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 + r_2(k) \end{bmatrix}$$

$$C = [1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad -1].$$

Dalam kajian kontrol optimal, suatu sistem dapat dikatakan terkontrol apabila untuk setiap keadaan sebarang  $\tilde{x}(0) = \tilde{x}_0$ , terdapat masukan  $\tilde{u}(t)$  yang tidak dibatasi mentransfer keadaan  $\tilde{x}_0$  ke sebarang keadaan akhir  $\tilde{x}_k$  dengan waktu akhir  $k$  hingga. Sedangkan suatu sistem dikatakan teramati apabila setiap keadaan awal  $\tilde{x}_0$  secara tunggal dapat diamati dari setiap pengukuran keluaran sistem dari waktu awal ke waktu akhir. Dalam hal ini, pengecekan kererkontrolan sistem dilakukan dengan menghitung rank dari matriks keterkontrolan, yaitu  $M_c = [B \ AB \ A^2B \ A^3B \ A^4B]$  dan rank dari matriks keteramatan  $M_o = [C \ CA \ CA^2 \ CA^3 \ CA^4]^T$ . Berdasarkan hasil perhitungan setelah memberikan nilai pada parameter yang digunakan, diperoleh bahwa rank dari matriks keterkontrolan dan keteramatan adalah 5. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat terkontrol dan teramati. Hal inilah yang menjamin bahwa penerapan MPC pada permasalahan optimasi portofolio dapat dilakukan.

#### 4.9.2 Menentukan Kendala dalam Permasalahan Optimasi Portofolio

Pada bab ini, ditentukan beberapa kendala yang terdapat dalam permasalahan optimasi portofolio saham. Berdasarkan analisis model pada Subbab 4.8, diketahui bahwa jumlah modal yang ditransfer dari aset bebas risiko ke aset berisiko dan sebaliknya harus bernilai tak negatif, sehingga  $p_i(k) \geq 0$  dan  $q_i(k) \geq 0$ . Dalam hal ini, dimisalkan bahwa jumlah modal yang ditransfer tersebut setiap harinya dibatasi sebesar  $p_{max_i}$  dan  $q_{max_i}$ , sehingga diperoleh batasan sebagai berikut:

$$p_i(k) \leq p_{max_i} \quad (4.6)$$

$$q_i(k) \leq q_{max_i}. \quad (4.7)$$

Hal yang sama juga berlaku untuk jumlah pinjaman modal yang dinotasikan dengan  $x_5$ . Jumlah pinjaman yang diperbolehkan setiap hari seharusnya dibatasi, misalnya memiliki nilai maksimal  $d_0$ . Selain itu, jumlah tranfer antara rekening bank dan rekening pinjaman yang disimbolkan dengan  $\vartheta$  setiap hari juga dibatasi. Dengan demikian, diperoleh batasan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} -\vartheta_{max} &\leq \vartheta(k) \leq \vartheta_{max} \\ x_5(k) + \vartheta(k) &\leq d_0. \end{aligned} \quad (4.8)$$

Berdasarkan pada Persamaan (4.6)-(4.8) dan hasil analisis model pada Subbab 4.8, terdapat beberapa kendala dalam permasalahan optimasi portofolio saham sebagai berikut:

$$0 \leq p_i(k) \leq p_{max_i} \quad (4.9)$$

$$0 \leq q_i(k) \leq q_{max_i} \quad (4.10)$$

$$-\vartheta_{max} \leq \vartheta(k) \leq \vartheta_{max} \quad (4.11)$$

$$0 \leq x_5(k) + \vartheta(k) \leq d_0 \quad (4.12)$$

$$x_4(k) + v(k) - (1 + \alpha) \sum_{i=1}^3 p_i(k) + (1 - \beta) \sum_{i=1}^3 q_i(k) \geq 0 \quad (4.13)$$

$$x_i(k) + p_i(k) - q_i(k) \geq 0. \quad (4.14)$$

dengan  $i = 1,2,3$ .

Persamaan kendala (4.9)–(4.14) dapat dituliskan kembali ke dalam bentuk pertidaksamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mathbf{P}_1 \tilde{\mathbf{u}}(k) &\leq \mathbf{h}_1 \\ \mathbf{b}_1 &\leq \mathbf{S}_1 \tilde{\mathbf{u}}(k) \leq \mathbf{b}_2 \end{aligned}$$

dengan

$$\tilde{\mathbf{u}}(k) = [p_1(k) \ p_2(k) \ p_3(k) \ q_1(k) \ q_2(k) \ q_3(k) \ \vartheta]^T$$

$$\mathbf{P}_1 = \begin{bmatrix} 1 + \alpha & 1 + \alpha & 1 + \alpha & -(1 - \beta) & -(1 - \beta) & -(1 - \beta) & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{h}_1 = [x_4(k) \ x_5(k) \ d_0(k) - x_5(5) \ x_1(k) \ x_2(k) \ x_3(k)]^T$$

$$\mathbf{b}_1 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ -\vartheta_{max}]^T$$

$$\mathbf{b}_2 = [p_{max_1} \ p_{max_2} \ p_{max_3} \ q_{max_1} \ q_{max_2} \ q_{max_3} \ \vartheta_{max}]^T$$

dan  $\mathbf{S}_1$  adalah matriks identitas berukuran  $7 \times 7$ .

#### 4.9.3 Menentukan Nilai Kontrol Optimal

Dalam berinvestasi, tentunya investor berharap untuk mendapatkan keuntungan yang maksimal dengan usaha yang minimal. Dengan kata lain, usaha yang dilakukan pada saat berinvestasi mampu memberikan hasil yaitu total seluruh modal investor bertambah mendekati target yang diharapkan. Untuk mencapai hal tersebut, selisih atau *error* antara target dan output dari pencapaian seluruh modal investor harus diminimumkan. Berdasarkan pada hal tersebut, berikut ini diberikan suatu fungsi objektif yang akan diminimumkan yaitu [10]:

$$J(\tilde{\mathbf{u}}(k), \tilde{\mathbf{e}}(k)) = \sum_{j=0}^{N_p-1} \tilde{\mathbf{e}}^T(k+j) \mathbf{Q} \tilde{\mathbf{e}}(k+j) + \sum_{j=0}^{N_p-1} \tilde{\mathbf{u}}^T(k+j) \mathbf{R} \tilde{\mathbf{u}}(k+j) \quad (4.15)$$

dengan  $\tilde{\mathbf{e}}(k+j) = \tilde{\mathbf{y}}(k+j) - \mathbf{r}(k+j)$  menunjukkan *error* antara target dan output (total seluruh modal investor) saat langkah ke- $k+j$ ,  $\mathbf{r}(k+j)$  adalah *reference trajectory*, berupa target dari total modal yang diharapkan investor.  $N_p$  menunjukkan *prediction horizon*, matriks  $\mathbf{Q}$  dan  $\mathbf{R}$  masing-masing merupakan matriks bobot definit positif yang berkaitan dengan  $\tilde{\mathbf{e}}$  dan  $\tilde{\mathbf{u}}$ .

Metode kendali optimal yang digunakan pada MPC linier ini memiliki bentuk *quadratic programming*, sehingga fungsi objektif (4.15) dapat dinyatakan sebagai:

$$J(\hat{\mathbf{u}}(k)) = \hat{\mathbf{u}}^T(k) \mathbf{H} \hat{\mathbf{u}}(k) + 2 \mathbf{f}^T \hat{\mathbf{u}}(k) \quad (4.16)$$

dengan

$$\mathbf{H} = (\hat{\mathbf{B}}^T \hat{\mathbf{Q}} \hat{\mathbf{B}} + \hat{\mathbf{R}})$$

$$\mathbf{f} = \hat{\mathbf{B}}^T \hat{\mathbf{Q}} (\hat{\mathbf{A}} \tilde{\mathbf{x}} - \mathbf{r})$$

$$\hat{\mathbf{u}}(k) = \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{u}}(k|k) \\ \tilde{\mathbf{u}}(k+1|k) \\ \tilde{\mathbf{u}}(k+2|k) \\ \vdots \\ \tilde{\mathbf{u}}(k+N_p-1|k) \end{bmatrix}_{7N_p \times 1}$$

$$\mathbf{r} = \begin{bmatrix} r(k) \\ r(k) \\ r(k) \\ \vdots \\ r(k) \end{bmatrix}_{N_p \times 1}$$

$$\hat{\mathbf{B}} = \begin{bmatrix} \mathbf{CB} & \mathbf{0}_{1 \times 7} & \mathbf{0}_{1 \times 7} & \cdots & \mathbf{0}_{1 \times 7} \\ \mathbf{CAB} & \mathbf{CB} & \mathbf{0}_{1 \times 7} & \cdots & \mathbf{0}_{1 \times 7} \\ \mathbf{CA}^2 \mathbf{B} & \mathbf{CAB} & \mathbf{CB} & \cdots & \mathbf{0}_{1 \times 7} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{CA}^{N_p-1} \mathbf{B} & \mathbf{CA}^{N_p-2} \mathbf{B} & \mathbf{CA}^{N_p-3} \mathbf{B} & \cdots & \mathbf{CB} \end{bmatrix}_{N_p \times 7N_p}$$

$$\hat{\mathbf{A}} = \begin{bmatrix} \mathbf{CA} \\ \mathbf{CA}^2 \\ \mathbf{CA}^3 \\ \vdots \\ \mathbf{CA}^{N_p} \end{bmatrix}_{N_p \times 5}$$

$$\hat{\mathbf{Q}} = \begin{bmatrix} Q & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & Q & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & Q & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & Q \end{bmatrix}_{N_p \times N_p}$$

$$\hat{\mathbf{R}} = \begin{bmatrix} R & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & R & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & R & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & R \end{bmatrix}_{7N_p \times 7N_p}$$

$$\mathbf{0}_{1 \times 7} = [0 \ 0 \ \cdots \ 0]_{1 \times 7}$$

Dengan demikian, permasalahan optimisasi portofolio saham adalah meminimumkan fungsi objektif (4.18) dengan kendala:

$$\begin{aligned} P\hat{\mathbf{u}}(k) &\leq \mathbf{h} \\ \mathbf{B}_1 &\leq \mathbf{S}\hat{\mathbf{u}}(k) \leq \mathbf{B}_2 \end{aligned}$$

dengan

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_1 & \mathbf{0}_{6 \times 7} & \mathbf{0}_{6 \times 7} & \cdots & \mathbf{0}_{6 \times 7} \\ \mathbf{0}_{6 \times 7} & \mathbf{P}_1 & \mathbf{0}_{6 \times 7} & \cdots & \mathbf{0}_{6 \times 7} \\ \mathbf{0}_{6 \times 7} & \mathbf{0}_{6 \times 7} & \mathbf{P}_1 & \cdots & \mathbf{0}_{6 \times 7} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0}_{6 \times 7} & \mathbf{0}_{6 \times 7} & \mathbf{0}_{6 \times 7} & \cdots & \mathbf{P}_1 \end{bmatrix}_{6N_p \times 7N_p}$$

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} \mathbf{S}_1 & \mathbf{0}_{7 \times 7} & \mathbf{0}_{7 \times 7} & \cdots & \mathbf{0}_{7 \times 7} \\ \mathbf{0}_{7 \times 7} & \mathbf{S}_1 & \mathbf{0}_{7 \times 7} & \cdots & \mathbf{0}_{7 \times 7} \\ \mathbf{0}_{7 \times 7} & \mathbf{0}_{7 \times 7} & \mathbf{S}_1 & \cdots & \mathbf{0}_{7 \times 7} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0}_{7 \times 7} & \mathbf{0}_{7 \times 7} & \mathbf{0}_{7 \times 7} & \cdots & \mathbf{S}_1 \end{bmatrix}_{7N_p \times 7N_p}$$

$$\mathbf{h} = [\mathbf{h}_1 \ \mathbf{h}_1 \ \cdots \ \mathbf{h}_1]^T, \mathbf{B}_1 = [\mathbf{b}_1 \ \mathbf{b}_1 \ \cdots \ \mathbf{b}_1]^T, \text{ dan } \mathbf{B}_2 = [\mathbf{b}_2 \ \mathbf{b}_2 \ \cdots \ \mathbf{b}_2]^T.$$

Solusi optimal dari permasalahan optimisasi ini adalah

$$\{\tilde{\mathbf{u}}^*(k), \tilde{\mathbf{u}}^*(k+1), \dots, \tilde{\mathbf{u}}^*(k+N_p-1)\}.$$

Berdasarkan prinsip *receding horizon* pada MPC, nilai kontrol optimal yang diinputkan pada sistem adalah vektor awal dari solusi optimalnya. Dengan demikian, nilai kontrol yang diberikan pada variabel *state* pada Persamaan (2.4) adalah  $\tilde{\mathbf{u}}(k) = \tilde{\mathbf{u}}^*(k)$ .

#### 4.9.4 Mendapatkan Portofolio yang Optimal

Setelah mendapatkan nilai kontrol optimal menggunakan *quadratic programming*, tahap selanjutnya adalah memasukkan nilai kontrol optimal tersebut ke dalam sistem persamaan ruang keadaan (2.4) dan (2.5). Berdasarkan pada algoritma MPC, jika nilai kontrol optimal dimasukkan ke dalam persamaan *state*, maka diperoleh nilai prediksi *state* pada langkah selanjutnya, yaitu  $\tilde{\mathbf{x}}(k+1|k)$ . Dengan adanya nilai  $\tilde{\mathbf{x}}(k+1|k)$ , selanjutnya nilai output sistem pun juga dapat diperoleh. Kemudian, nilai dari output tersebut dimasukkan ke dalam perhitungan optimasi berikutnya untuk mendapatkan kembali nilai kontrol optimal

pada langkah selanjutnya. Hal ini berulang seterusnya sampai pada waktu akhir yang telah ditetapkan.

Dalam hal ini, solusi kontrol optimal yang diperoleh menggunakan metode MPC merupakan suatu nilai yang selalu membuat fungsi objektif pada Persamaan (4.15) bernilai minimum. Dengan kata lain, nilai kontrol optimal tersebut selalu berusaha menghasilkan nilai output, yaitu total seluruh modal investor semakin meningkat mendekati target yang diharapkan investor, sehingga *error* yang dihasilkan menjadi minimum. Walaupun pada suatu kondisi tertentu, total seluruh modal investor dapat mengalami penurunan diakibatkan menurunnya nilai *return* saham, akan tetapi pengendali MPC akan berusaha untuk meningkatkan kembali nilai seluruh modal investor tersebut, sehingga penurunan-penurunan yang terjadi tidak terlalu besar. Seperti hasil simulasi pada Gambar 4.52, pada beberapa waktu terlihat adanya penurunan total modal investor. Namun, penurunan tersebut tidak terlalu signifikan karena secara rata-rata nilai dari seluruh modal investor mengalami peningkatan, sehingga dapat mendekati nilai target yang diharapkan oleh investor.

#### 4.10 Simulasi Penerapan MPC dalam Optimasi Portofolio pada Investasi Saham

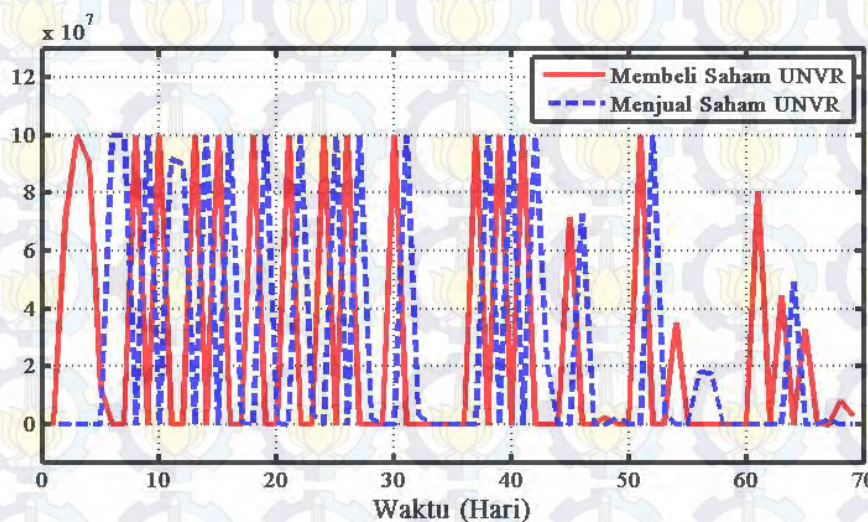
Dalam melakukan simulasi pada permasalahan optimisasi portofolio, diberikan nilai parameter Pada Tabel 4.23 yang mengacu pada [10].

**Tabel 4.23.** Nilai Parameter Pada Optimasi Portofolio

Parameter	Nilai
$r_1$	$3 \times 10^{-5}$
$r_2$	$3.1 \times 10^{-4}$
$\alpha$	$2 \times 10^{-3}$
$\beta$	$2 \times 10^{-3}$
$\tilde{x}(0)$	$[0 \ 0 \ 0 \ 10^8 \ 0]^T$
$\tilde{u}(0)$	$\mathbf{0}$
$\vartheta(0)$	0
$d_0(k)$	$5 \times 10^8$
$r(k)$	$3 \times 10^8$
$p_{i_{max}}$	$1 \times 10^8$
$q_{i_{max}}$	$1 \times 10^8$
$\vartheta(k)_{max}$	$1 \times 10^8$

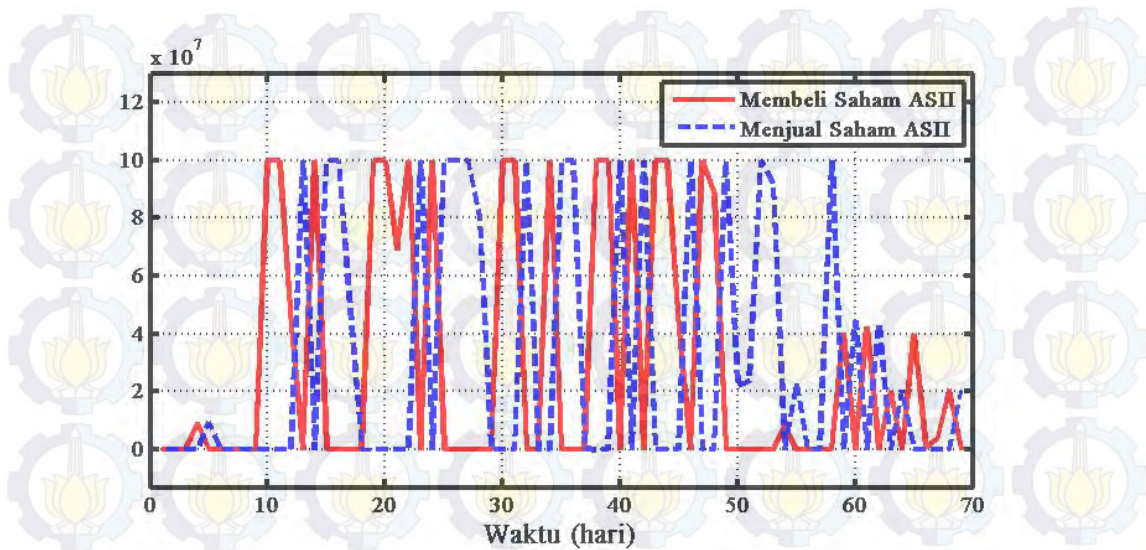
Mula-mula investor hanya memiliki modal yang tersimpan di dalam aset bebas risiko (bank) sebesar 100.000.000. Selanjutnya, modal tersebut akan dipergunakan untuk berinvestasi pada aset saham PT. Unilever Indonesia Tbk., PT. Astra Internasional Tbk., dan Perusahaan Gas Negara. Dalam hal ini, investor mengharapkan modalnya akan terus bertambah sampai mendekati target modal yang diinginkan, yaitu sebesar 300.000.000. Untuk mencapai hal tersebut, jumlah modal yang dimiliki investor pada setiap hari harus dimanajemen dengan baik. Pengambilan keputusan untuk membeli atau menjual saham, meminjam atau pengembalian pinjaman modal harus dikontrol sedemikian rupa, sehingga investor mampu mendapatkan keuntungan melalui investasi yang dilakukannya. Pada simulasi ini, jumlah transfer modal yang diperbolehkan kepada investor untuk membeli/menjual saham dan meminjam/membayar pinjaman modal setiap harinya maksimal sebesar 100.000.000.

Sebagai contoh analisa hasil simulasi, pada subbab ini diberikan grafik hasil simulasi untuk optimasi portofolio berdasarkan pada prediksi harga saham ARIMA *multistep* dan ARIMA *multistep* Kalman Filter. Hasil simulasi untuk variabel kontrol pada sistem dapat dilihat pada Gambar 4.44-4.47.

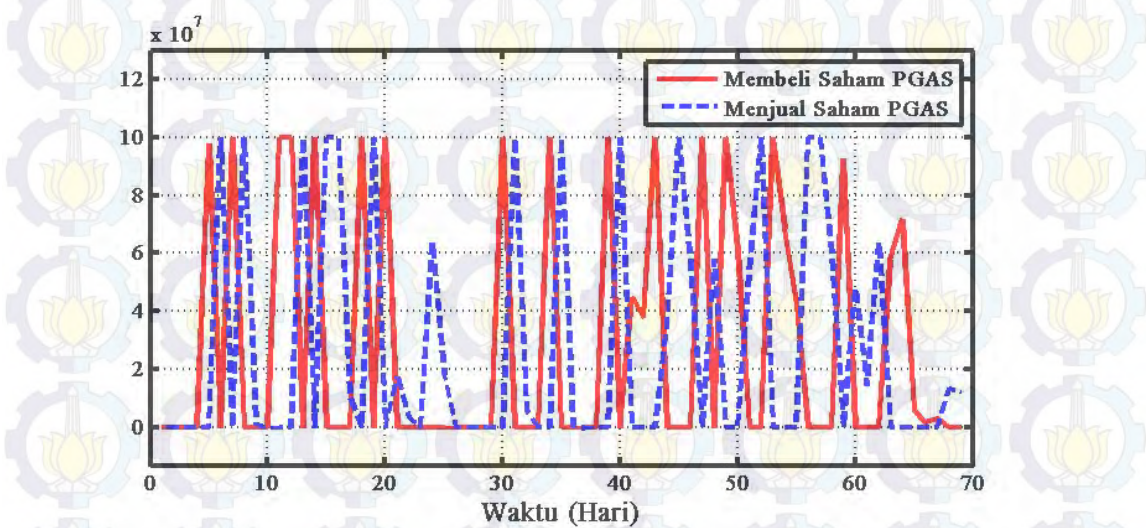


Gambar 4.44 Nilai  $p_1$  dan  $q_1$  untuk Saham PT. Unilever Indonesia Tbk.

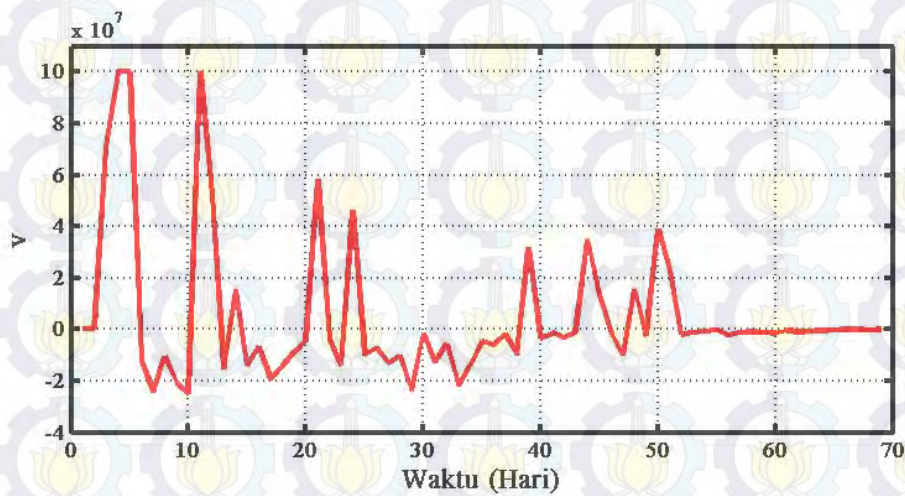




Gambar 4.45 Nilai  $p_2$  dan  $q_2$  untuk Saham PT. Astra Internasional Tbk.



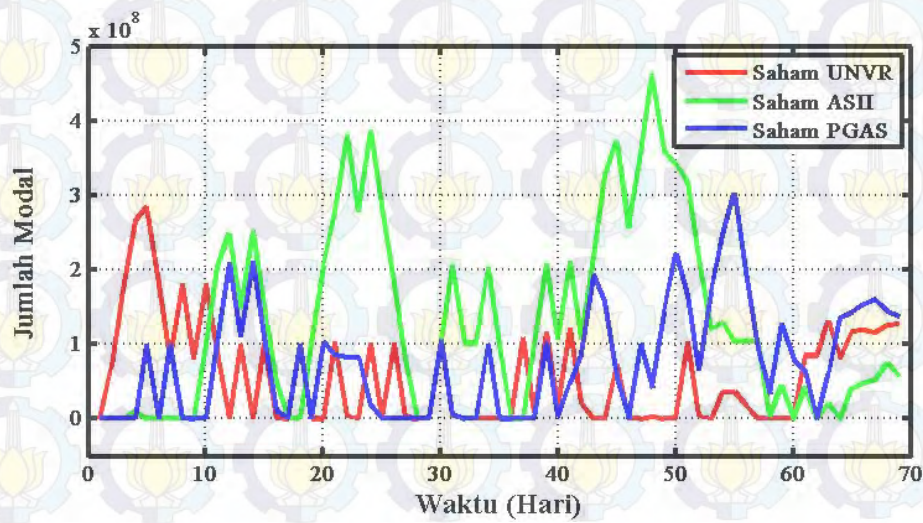
Gambar 4.46 Nilai  $p_3$  dan  $q_3$  untuk Saham Perusahaan Gas Negara



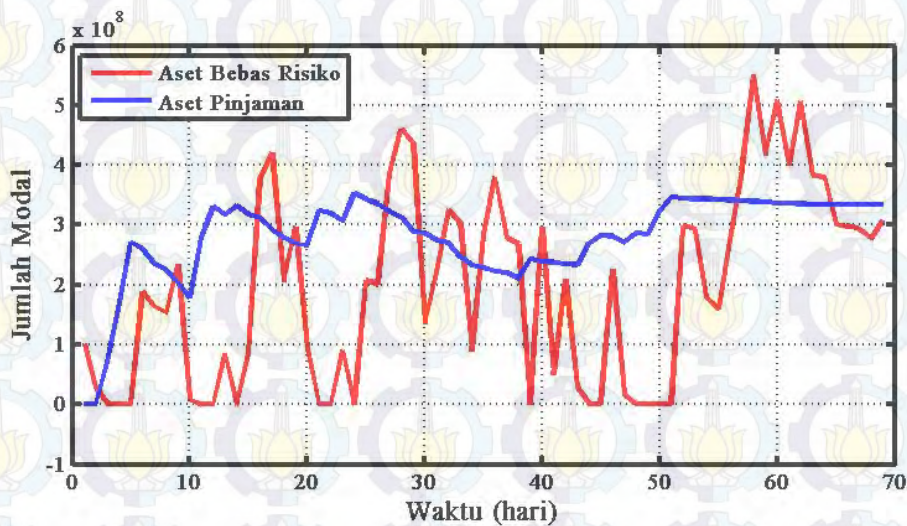
**Gambar 4.47** Nilai Transfer Dana Pinjaman dalam Portofolio

Berdasarkan Gambar 4.44 sampai Gambar 4.46, terlihat bahwa nilai seluruh variabel kontrol, yaitu jumlah transfer modal yang digunakan untuk membeli dan menjual saham berada dalam batasan atau *constraint* yang diberikan pada Persamaan (4.10)-(4.11). Nilai dari variabel  $p_1(k)$ ,  $p_2(k)$ ,  $p_3(k)$ ,  $q_1(k)$ ,  $q_2(k)$ , dan  $q_3(k)$  berada diantara nilai 0 dan nilai maksimumnya, yaitu 100.000.000. Gambar 4.47 menunjukkan pergerakan dari jumlah transfer modal antara rekening di bank dan rekening pinjaman. Nilai dari variabel  $\vartheta(k)$  berada dalam *constraint* yang ditentukan, yaitu antara  $-1 \times 10^8$  dan  $1 \times 10^8$ . Pada saat  $\vartheta(k)$  bernilai positif, hal ini menunjukkan bahwa investor meminjam sejumlah modal yang dapat dipergunakan untuk membeli saham. Sedangkan apabila  $\vartheta(k)$  bernilai negatif, maka hal ini berarti bahwa investor membayarkan kembali modal yang telah dipinjam sebelumnya.

Selanjutnya, Gambar 4.48 dan Gambar 4.49 menunjukkan perubahan jumlah modal yang dimiliki investor pada setiap aset di dalam portofolio.



**Gambar 4.48** Perubahan Jumlah Modal Investor pada Aset Saham

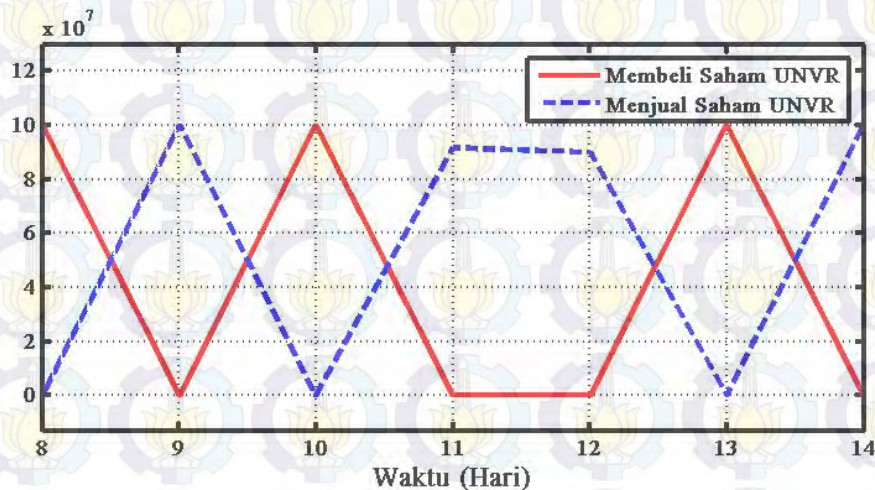


**Gambar 4.49** Perubahan Jumlah Modal Investor pada Aset Bebas Risiko dan Jumlah Pinjaman Modal Investor

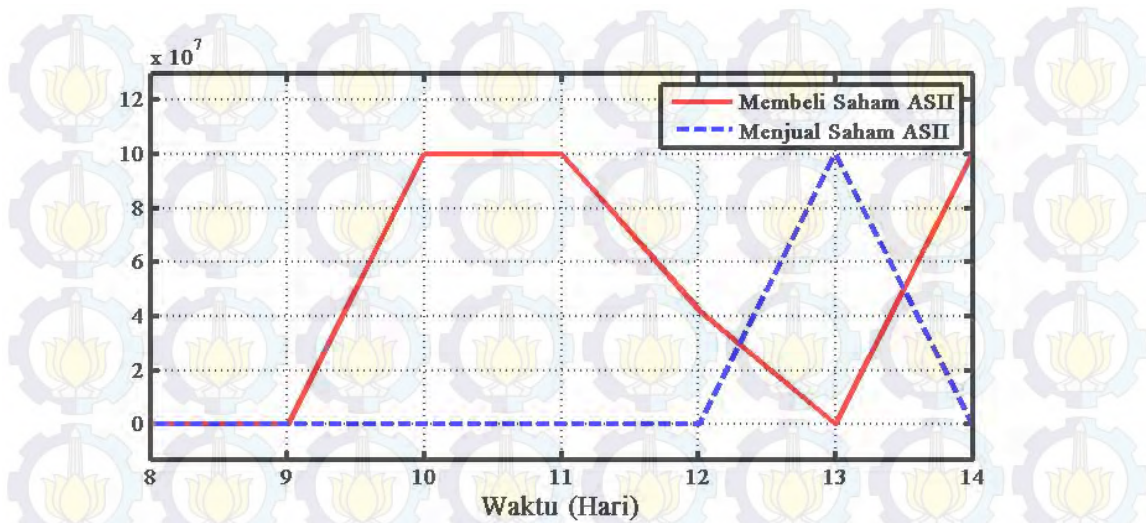
Berdasarkan pada Gambar 4.48, jumlah modal yang dimiliki investor pada aset saham berfluktuatif setiap harinya. Naik turunnya jumlah modal investor di aset saham dipengaruhi oleh tingkat *return* dari masing-masing saham setiap harinya. Apabila tingkat *return* sahamnya bernilai negatif, pengontrol MPC memutuskan untuk mengurangi besarnya jumlah modal yang disimpan pada aset tersebut untuk menghindari kerugian. Sedangkan apabila *return* saham bernilai

positif, maka jumlah modal pada aset saham tersebut bertambah. Dalam hal ini, pengendali MPC berusaha untuk meminimalkan kerugian yang akan terjadi apabila harga saham diprediksi mengalami penurunan. Oleh sebab itu, untuk manajemen jumlah modal di dalam portofolio dengan baik, MPC bertindak sebagai pengambil keputusan mengenai waktu yang tepat untuk membeli dan menjual saham. Selain itu, MPC juga memberikan strategi terbaik mengenai waktu yang tepat untuk meminjam dan membayar kembali pinjaman modal. Pada investor memerlukan tambahan modal untuk membeli saham, pengendali MPC memutuskan untuk meminjam sejumlah dana.

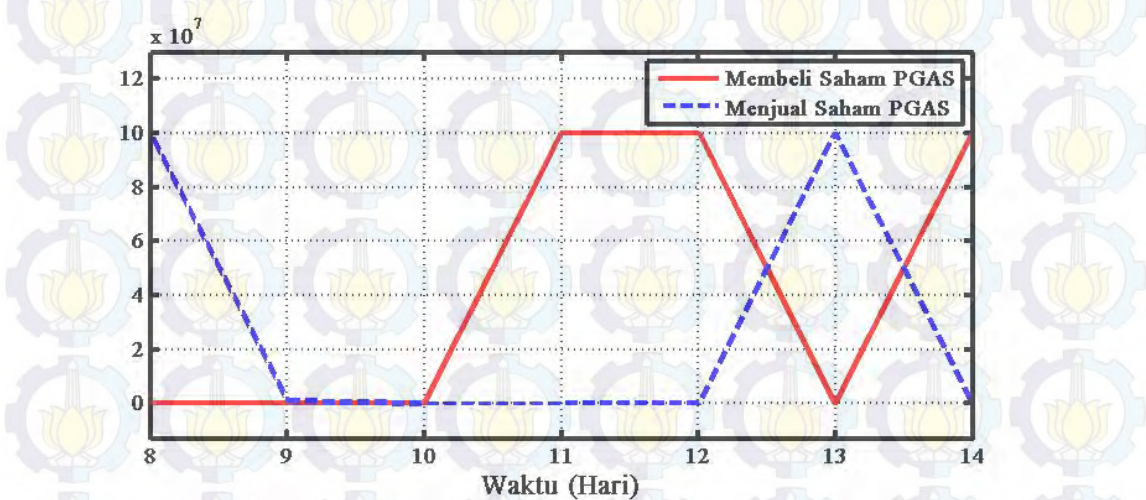
Berikut ini diberikan grafik pengamatan selama 7 hari, yaitu pada hari ke-8 (Tanggal 9 Juli 2015) sampai hari ke-14 (Tanggal 23 Juli 2015) yang ditampilkan pada Gambar 4.50-4.56.



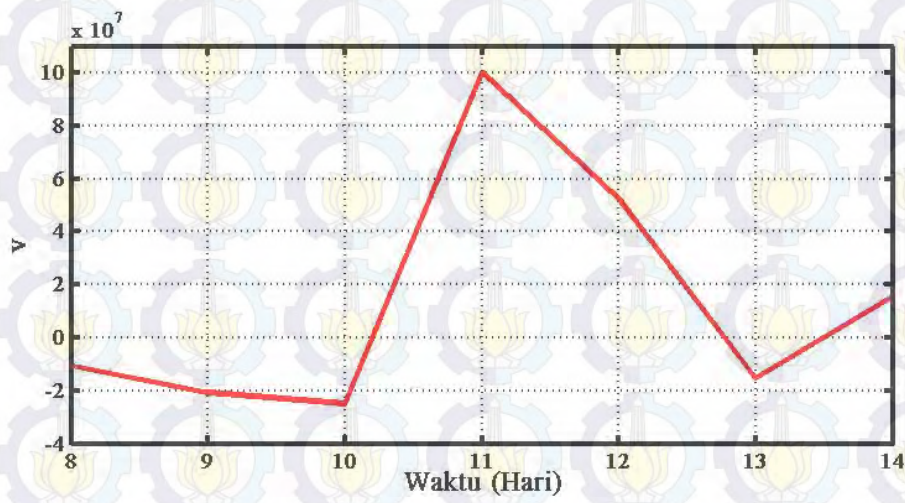
**Gambar 4.50** Nilai  $p_1$  dan  $q_1$  pada Tanggal 9 Juli 2015 sampai 23 Juli 2015 untuk Saham PT. Unilever Indonesia Tbk.



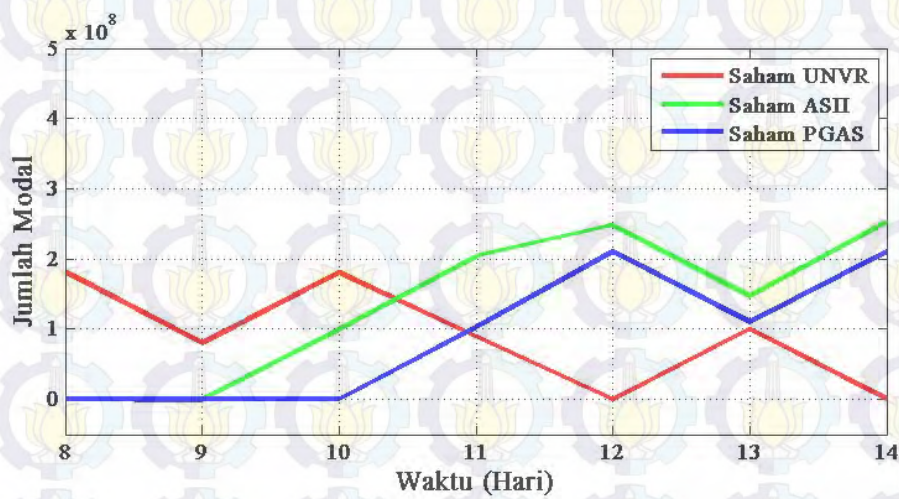
Gambar 4.51 Nilai  $p_2$  dan  $q_2$  pada Tanggal 9 Juli 2015 sampai 23 Juli 2015 untuk Saham PT. Astra Internasional Tbk.



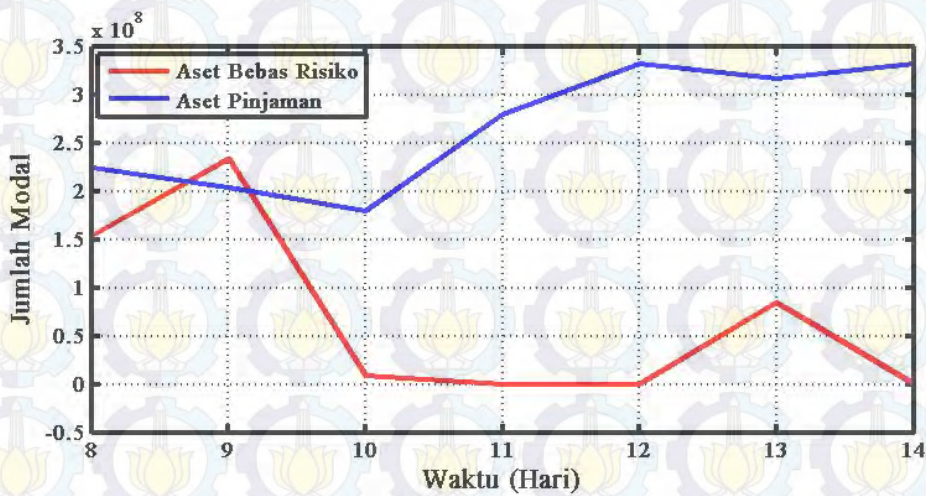
Gambar 4.52 Nilai  $p_3$  dan  $q_3$  pada Tanggal 9 Juli 2015 sampai 23 Juli 2015 untuk Saham Perusahaan Gas Negara



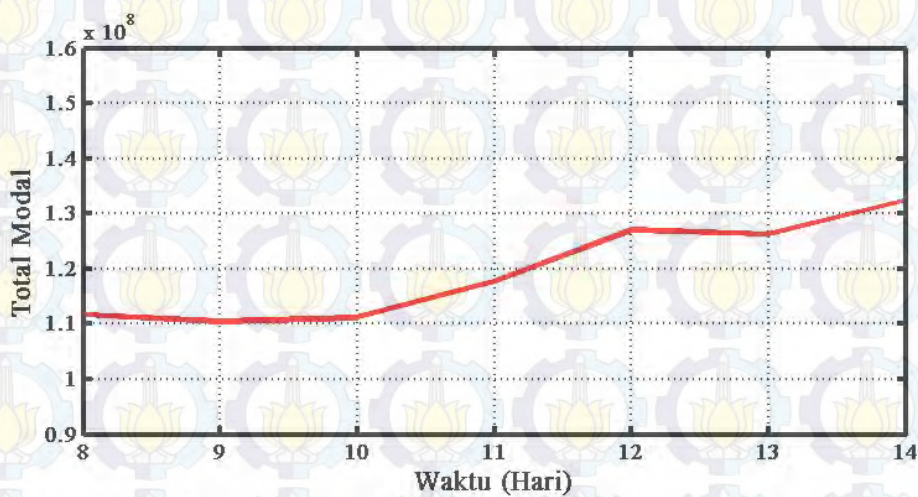
Gambar 4.53 Nilai transfer dana pinjaman Tanggal 9 Juli 2015 sampai 23 Juli 2015



Gambar 4.54 Perubahan Jumlah Modal Investor pada Aset Saham Tanggal 9 Juli 2015 sampai 23 Juli 2015



**Gambar 4.55** Perubahan Modal Investor pada Aset Bebas Risiko dan Jumlah Pinjaman Modal pada Tanggal 9 Juli 2015 sampai 23 Juli 2015



**Gambar 4.56** Perubahan Total Modal yang dimiliki Investor Tanggal 9 Juli 2015 sampai 23 Juli 2015

Untuk mempermudah dalam menginterpretasikan hasil grafik pada Gambar 4.50 sampai 4.56, diberikan nilai numerik dari pengamatan pada hari ke-8 Tanggal 9 Juli 2015 sampai hari ke-12 Tanggal 15 Juli 2015 yang disajikan pada Tabel 4.24.

**Tabel 4.24** Nilai Numerik Hasil Simulasi pada Pengamatan Tanggal 9 Juli 2015 sampai 15 Juli 2015

Date	Prediksi Harga saham			Return		
	UNVR	ASII	PGAS	UNVR	ASII	PGAS
09/07/2015	40.700	6.650	4.175	0,01118	-0,03623	-0,01995
10/07/2015	40.100	6.650	4.010	-0,01474	$-6 \times 10^{-9}$	-0,03952
13/07/2015	40.200	6.675	3.980	0,002494	0,003759	-0,00748
14/07/2015	40.350	6.800	4.085	0,003731	0,018727	0,026382
15/07/2015	40.000	6.850	4.240	-0,00867	0,007353	0,037944

$x_1$	$p_1$	$q_1$	$x_2$	$p_2$	$q_2$
182.030.973	100.000.000	0	0	0	0
80.821.671	0	100.000.000	0	0	0
181.272.598	100.000.000	0	100.375.940	100.000.000	0
90.045.413	0	91.561.926	204.128.298	100.000.000	0
0	0	90.045.413	248.350.304	42.409.229	0

$x_3$	$p_3$	$q_3$	$x_4$
875.532	0	100.000.000	153.376.818
0	0	875.532	233.483.876
0	0	0	8.496.386
102.638.189	100.000.000	0	0
210.327.029	100.000.000	0	0

$x_5$	$\vartheta$	Total Modal
224.564.101	-10.540.721	111.719.221
203.871.980	-20.755.302	110.433.567
178.979.701	-24.947.745	111.165.222
279.066.185	100.000.000	117.745.714
331.579.250	52.410.308	127.098.083

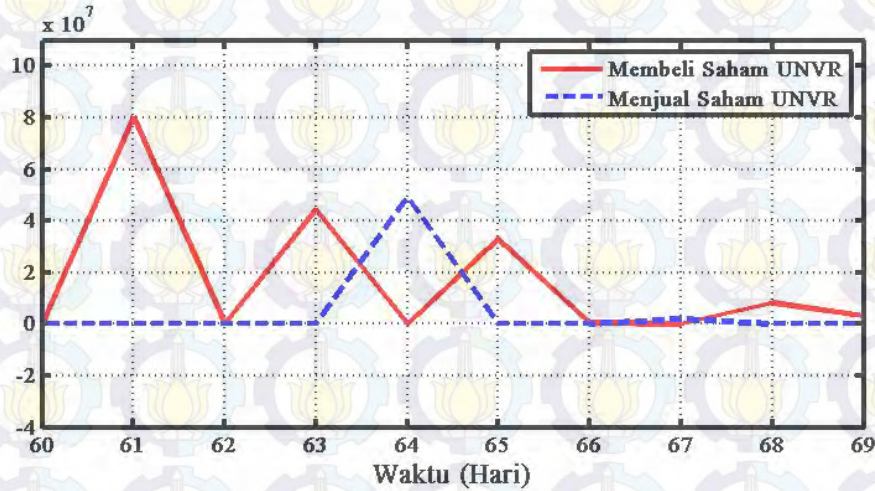
Berdasarkan Tabel 4.24, dapat diketahui bahwa pada Tanggal 9 Juli 2015, *return* saham PT. Unilever Indonesia Tbk. bernilai positif, sedangkan *return* saham PT. Astra Internasional Tbk. dan Perusahaan Gas Negara bernilai negatif. Hal ini menunjukkan bahwa prediksi harga saham UNVR mengalami peningkatan pada hari tersebut, sedangkan harga saham ASII dan PGAS diprediksi mengalami



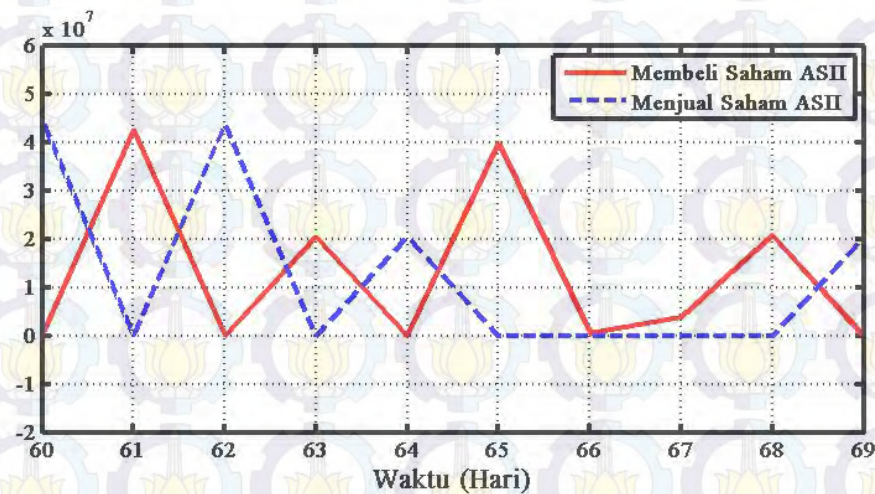
penurunan dibandingkan dengan hari sebelumnya, yaitu Tanggal 8 Juli 2015. Selanjutnya pada Tanggal 10 Juli 2015, *return* ketiga saham bernilai negatif. Hal ini dikarenakan pada hari tersebut seluruh harga saham turun. Kondisi seperti ini kurang menguntungkan bagi investor. Oleh sebab itu, untuk menghindari kerugian, pengontrol MPC memutuskan untuk menjual sebagian saham UNVR dan seluruh saham PGAS, sehingga modal investor pada aset saham UNVR berkurang menjadi 80821671 dan modal pada aset saham PGAS nol. Uang dari hasil penjualan saham tersebut selanjutnya digunakan untuk membayarkan utang pinjaman modal sebesar 20.755.302 dan sisanya disimpan di bank, sehingga modal investor di bank menjadi 233.483.876 dan saldo pinjaman investor menjadi 203.387.980. Kemudian, ketika harga saham UNVR dan ASII diprediksi naik pada Tanggal 13 Juli 2015, pengendali MPC memutuskan untuk menanamkan modal pada kedua aset tersebut, sehingga jumlah modal pada kedua aset tersebut bertambah. Selain itu, MPC juga memutuskan untuk membayarkan pinjaman modal sebesar 24.947.754, sehingga jumlah pinjaman investor berkurang menjadi 178.979.701 dan uang investor di bank sebesar 8.496.386. Pada hari itu, keseluruhan modal bersih yang dimiliki investor didalam portofolionya adalah sebesar 111.165.222. Pada Tanggal 14 Juli 2015, seluruh harga saham diramalkan mengalami peningkatan, sehingga *return*nya bernilai positif. Keadaan seperti ini dapat menguntungkan bagi investor untuk menambah jumlah modal pada aset sahamnya. Akan tetapi, investor kekurangan modal untuk membeli saham, sehingga pengendali MPC memutuskan untuk meminjam dana sebesar 100.000.000 dan menjual sebagian saham UNVR dikarenakan nilai *return*nya paling kecil dibandingkan yang lain. Pada hari tersebut, nilai  $p_2$  dan  $p_3$  masing-masing bernilai 100.000.000, yang menunjukkan bahwa pada hari itu terjadi proses pembelian saham saham ASII dan PGAS. Adapun modal yang dimiliki investor pada hari itu meningkat menjadi 117.745.714. Pada Tanggal 15 Juli 2015, nilai *return* UNVR menurun, sehingga seluruh modal pada aset tersebut dijual. Sedangkan nilai *return* saham ASII dan PGAS bernilai positif, sehingga pengontrol MPC memutuskan untuk membeli kedua saham tersebut. Saham PGAS dibeli dengan jumlah yang paling besar karena nilai *return* dari saham tersebut paling tinggi, sehingga lebih menguntungkan bagi investor untuk

berinvestasi pada saham PGAS. Pada Tanggal tersebut, modal yang dimiliki investor dalam portofolionya semakin meningkat menjadi 127.098.083.

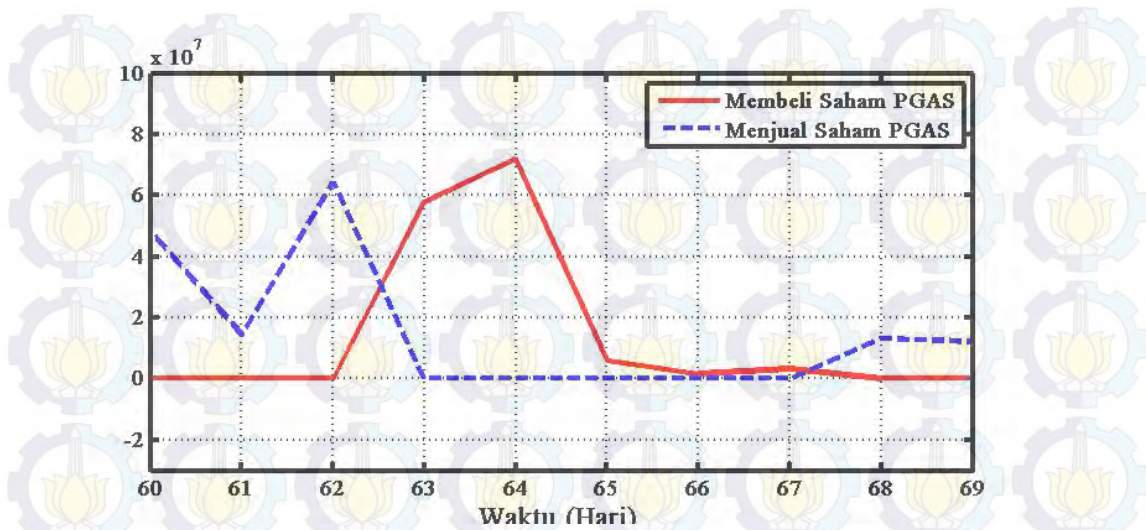
Kemudian, hasil simulasi pada pengamatan hari ke-60 (Tanggal 29 September 2015) sampai hari ke-69 (12 Oktober 2015) ditampilkan pada Gambar 4.57-4.63.



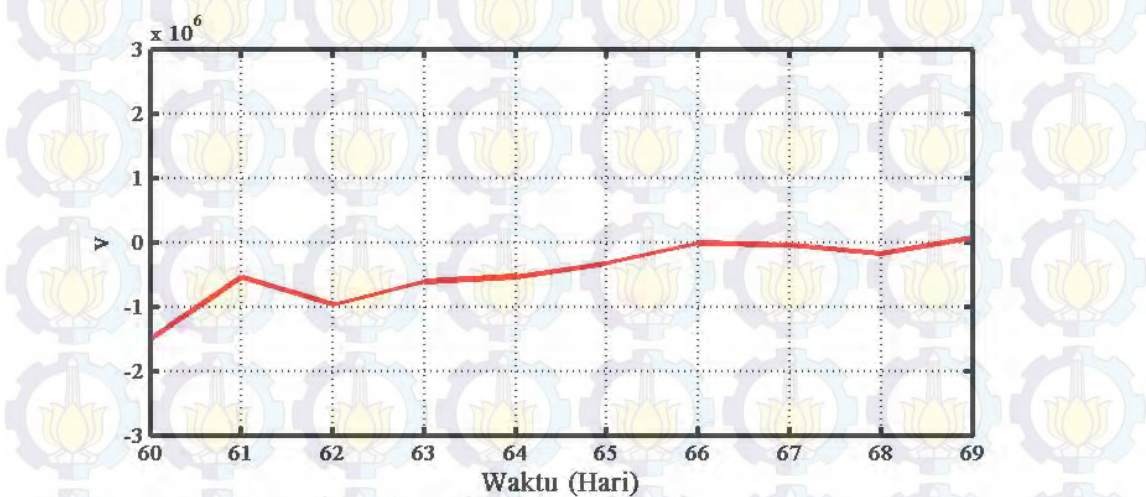
**Gambar 4.57** Nilai  $p_1$  dan  $q_1$  Tanggal 29 September 2015 sampai 12 Oktober 2015 untuk Saham PT. Unilever Indonesia Tbk.



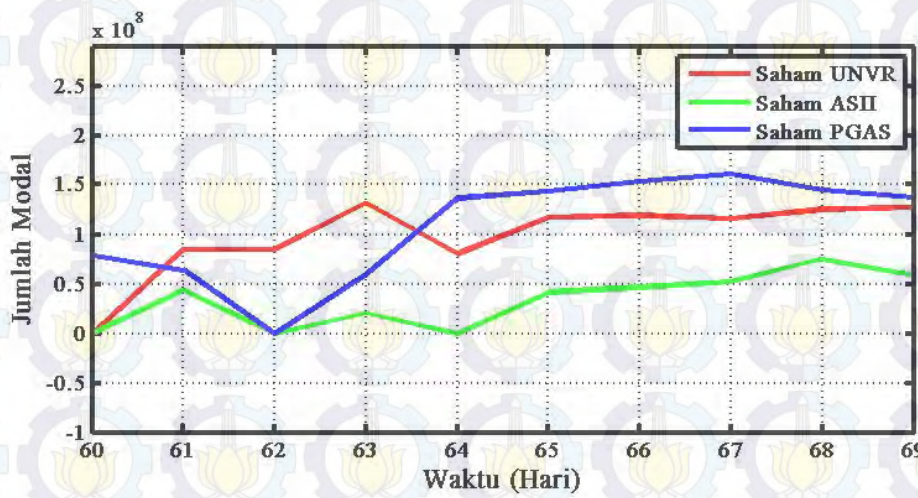
**Gambar 4.58** Nilai  $p_2$  dan  $q_2$  Tanggal 29 September 2015 sampai 12 Oktober 2015 untuk Saham PT. Astra Internasional Tbk.



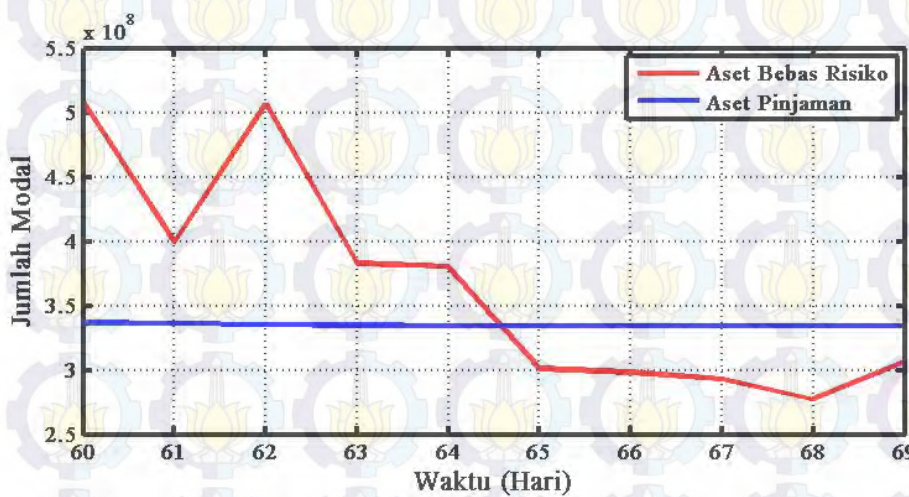
Gambar 4.59 Nilai  $p_3$  dan  $q_3$  Tanggal 29 September 2015 sampai 12 Oktober 2015 untuk Saham Perusahaan Gas Negara



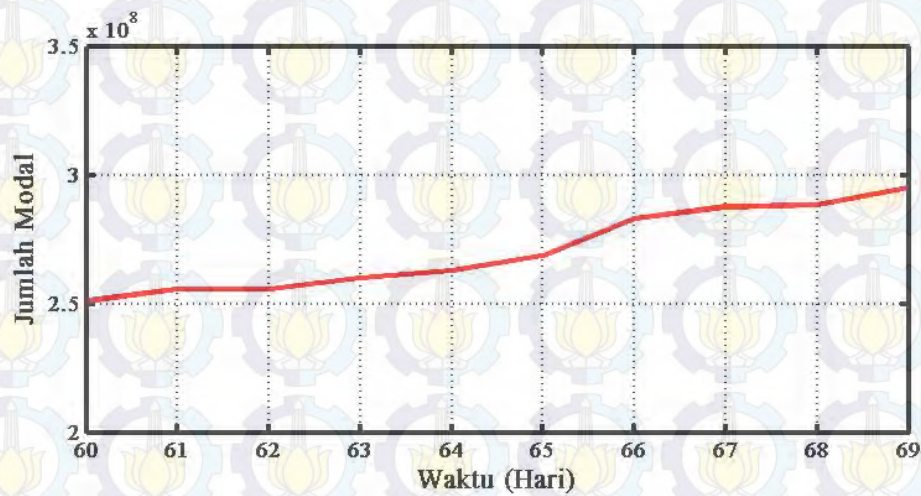
Gambar 4.60 Nilai transfer dana pinjaman Tanggal 29 September 2015 sampai 12 Oktober 2015



Gambar 4.61 Perubahan Jumlah Modal Investor pada Aset Saham Tanggal 29 September 2015 sampai 12 Oktober 2015



Gambar 4.62 Perubahan Modal Investor pada Aset Bebas Risiko dan Jumlah Pinjaman Modal Tanggal 29 September 2015 sampai 12 Oktober 2015



**Gambar 4.63** Perubahan Total Modal yang dimiliki Investor Tanggal 29 September 2015 sampai 12 Oktober 2015

Selanjutnya, Tabel 4.25 menunjukkan nilai numerik dari pengamatan hari ke-65 (Tanggal 6 Oktober 2015) sampai hari ke-67 (Tanggal 8 Oktober 2015).

**Tabel 4.25** Nilai Numerik Hasil Simulasi pada Pengamatan Tanggal 6 Oktober 2015 sampai 8 Oktober 2015

Date	Harga Saham			Return		
	UNVR	ASII	PGAS	UNVR	ASII	PGAS
6/10/2015	39.000	5.325	2.715	0,031746	0,039024	-0,005556
7/10/2015	39.450	5.925	2.875	0,011538	0,112676	0,058932
8/10/2015	39.000	6.125	2.950	-0,01141	0,033755	0,026087

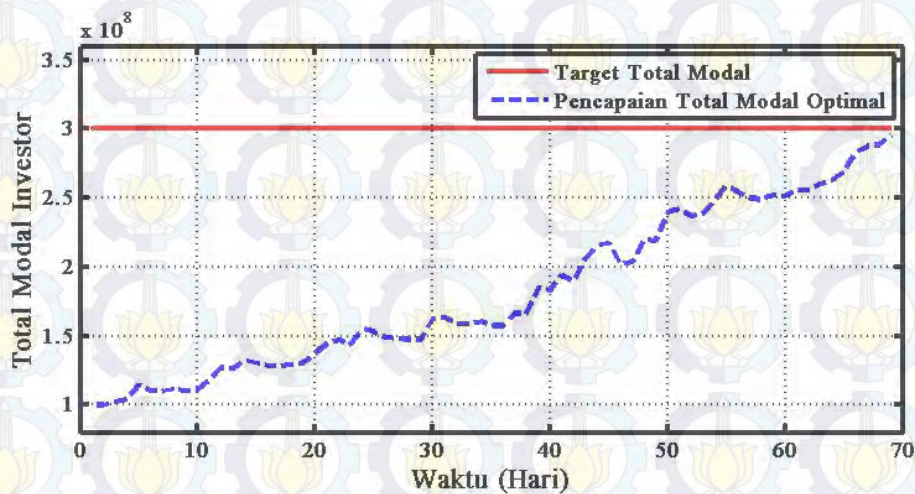
$x_1$	$p_1$	$q_1$	$x_2$	$p_2$	$q_2$
117.152.664	33.103.419	0	41.376.883	39.822.823	0
119.046.354	535.747	0	46.730.625	621.527	0
115.781.565	0	1.928.848	52.242.870	3.806.355	0

$x_3$	$p_3$	$q_3$	$x_4$
143.250.420	6.038.951	0	301.065.304
153.494.437	1.701.724	0	298.199.423
160.801.596	3.218.979	0	293.065.357

$x_5$	$\vartheta$	Total Modal
334.233.690	-317.972	268.611.581
334.322.041	-15.257	283.148.798
334.381.087	-44.580	287.510.302

Berdasarkan pada Tabel 4.25, harga seluruh saham diprediksi mengalami peningkatan pada Tanggal 6 Oktober 2015 sampai 7 Oktober 2015 sehingga nilai *returnnya* bernilai positif. Dengan kondisi yang menguntungkan seperti ini, pengendali MPC memberikan keputusan untuk menanamkan modal pada seluruh aset saham tersebut. Akibatnya, pada Tanggal 7 Oktober 2015, modal investor pada aset saham PT. Unilever Indonesia Tbk., PT. Astra Internasional Tbk., dan Perusahaan Gas Negara semakin bertambah menjadi masing-masing sebesar 119.046.354, 46.730.625, 153.494.437. Kemudian, pada Tanggal 8 Oktober 2015, harga saham UNVR mengalami penurunan, sehingga MPC memutuskan untuk menjual saham tersebut sebesar 1.928.848 untuk menghindari kerugian. Sedangkan harga saham ASII dan PGAS mengalami peningkatan, sehingga investor sebaiknya menanamkan modalnya pada kedua aset tersebut masing-masing sebesar 52.242.870 dan 160.801.596. Akibat adanya pengendalian optimal dalam manajemen investasi, jumlah seluruh modal bersih investor pada portofolio yang dibentuk semakin bertambah menjadi 287.510.302 pada Tanggal 8 Oktober 2015.

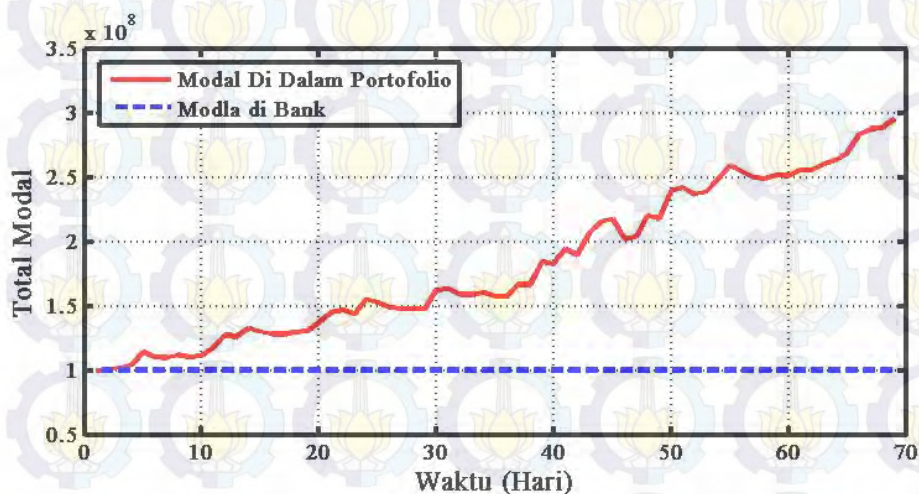
Gambar 4.64 menunjukkan perubahan total modal investor dalam portofolio sampai pada pengamatan hari ke-69 Tanggal 12 Oktober 2015.



**Gambar 4.64** Perubahan Total Modal Investor di Dalam Portofolio

Berdasarkan Gambar 4.64, terlihat bahwa perubahan total modal investor pada seluruh aset portofolio semakin meningkat. Total modal investor tersebut merupakan output dari sistem, yaitu jumlah modal investor di aset saham dan aset bebas risiko dikurangi dengan jumlah pinjaman modal investor. Pada kondisi awal, modal yang dimiliki investor sebesar 100.000.000. Kemudian setelah investor memajemen modal tersebut pada portofolio saham, modal investor meningkat menjadi sebesar 295.105.278 pada akhir periode, yaitu Tanggal 12 Oktober 2015. Walaupun pada beberapa waktu, modal investor sempat mengalami penurunan, hal ini disebabkan oleh kurang baiknya kondisi beberapa saham, yaitu terjadi penurunan harga saham sehingga nilai *returnnya* menjadi negatif dan investor mengalami kerugian. Akan tetapi, kerugian tersebut dapat ditutupi oleh keuntungan pada hari-hari berikutnya, sehingga secara keseluruhan modal investor mengalami peningkatan. Peningkatan modal yang diperoleh investor disebabkan oleh adanya upaya pengendalian secara optimal terhadap jumlah modal yang diinvestasikan pada saham. Dalam hal ini, pengontrol MPC selalu berusaha untuk mengendalikan jumlah uang transfer yang masuk pada aset saham dan aset bebas resiko (bank), serta besarnya modal yang sebaiknya dipinjam dan dikembalikan oleh investor. Tujuan dari pengendalian ini adalah untuk mencapai target total modal yang telah ditetapkan investor sebelumnya, yaitu 300.000.000.

Selanjutnya, Gambar 4.65 memperlihatkan perbandingan apabila investor melakukan investasi pada portofolio dan menyimpan uang di bank. berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa modal investor akan mengingkat dengan sangat pesat apabila investor berinvestasi pada portofolio. Jumlah total modal investor pada portofolio mampu mencapai 295.105.278. Sedangkan apabila investor menyimpan uangnya di bank, maka modal akhir yang dimiliki investor hanya mampu mencapai 100.204.205. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun investasi pada portofolio saham merupakan hal yang berisiko, namun apabila modal tersebut dimanajemen dan dikendalikan secara optimal, maka investasi tersebut dapat memberikan tambahan modal atau keuntungan yang jauh lebih besar bagi investor dibandingkan dengan menabung di bank.



**Gambar 4.65** Perbandingan Total Modal dalam Investasi di Portofolio Saham dan di Bank

Berikut ini diberikan Tabel 4.26 dan Tabel 4.27, yaitu perbandingan hasil optimasi portofolio dalam mencapai total modal portofolio berdasarkan pada prediksi harga saham kasus pertama dan kasus kedua



**Tabel 4.26** Perbandingan Pencapaian Total Modal dalam Portofolio Berdasarkan Hasil Prediksi Harga Saham Kasus Pertama

Kriteria	Total Modal Optimal
Optimasi Berdasarkan Prediksi Harga Saham ARIMA <i>Multistep</i>	102.691.144
Optimasi Berdasarkan Prediksi Harga Saham ARIMA <i>Multistep</i> - Kalman Filter	295.105.278

**Tabel 4.27** Perbandingan Pencapaian Total Modal dalam Portofolio Berdasarkan Hasil Prediksi Harga Saham Kasus Kedua

Kriteria	Total Modal Optimal
Optimasi Optimasi Berdasarkan Prediksi Harga Saham ARIMA <i>Onestep</i>	295.201.865
Optimasi Optimasi Berdasarkan Prediksi Harga Saham ARIMA <i>Onestep</i> - Kalman Filter	295.105.277

Pada kasus pertama, hasil optimasi portofolio dengan menggunakan prediksi harga saham ARIMA *multistep* memberikan total seluruh modal investor sebesar 102.691.144. Angka tersebut masih sangat jauh dengan target yang diharapkan investor. Jika dibandingkan dengan target investor sebesar 300.000.000, selisih yang dihasilkan dari optimasi portofolio berdasarkan prediksi harga saham ARIMA *multistep* sebesar 197.308.856 atau memiliki *error* relatif sebesar 65,77%. Besarnya *error* tersebut disebabkan hasil prediksi harga saham menggunakan ARIMA *multistep* yang cenderung konstan dan tidak berfluktuatif. Hasil prediksi tersebut mengakibatkan banyaknya nilai return saham yang bernilai nol seperti yang terlihat pada Gambar 4.41. Kondisi seperti itu merupakan kondisi yang kurang baik bagi investor untuk berinvestasi. Akibatnya, keuntungan yang akan diperoleh oleh investor jauh dari target yang diharapkan. Akan tetapi, hasil prediksi ARIMA *multistep* yang telah diperbaiki menggunakan Kalman Filter memberikan dampak yang sangat baik terhadap pencapaian total modal investor pada optimasi portofolio. Berdasarkan Tabel 4.26, total modal yang mampu diperoleh investor berdasarkan dengan hasil prediksi harga saham menggunakan

ARIMA *multistep* Kalman Filter adalah 295.105.278. Jika dibandingkan dengan nilai target, hasil tersebut memiliki nilai selisih sebesar 4.894.722 atau *error* relatif sebesar 1,63%. Artinya adalah hasil optimasi portofolio berdasarkan pada prediksi harga saham ARIMA *multistep* Kalman Filter dapat memberikan keuntungan yang sangat signifikan kepada investor.

Sedangkan pada kasus kedua, total modal yang mampu diperoleh investor pada optimasi portofolionya berdasarkan prediksi harga saham menggunakan ARIMA *onestep* adalah sebesar 295.201.865. Nilai tersebut memiliki selisih dengan nilai target sebesar 4.798.135 atau nilai *error* relatif sebesar 1,60%. Hasil tersebut lebih baik jika dibandingkan dengan total modal yang mampu diperoleh berdasarkan prediksi harga saham ARIMA *onestep* Kalman Filter. Pada hasil optimasi berdasarkan prediksi harga saham ARIMA *onestep* Kalman Filter, total seluruh modal yang mampu dicapai adalah sebesar 295.105.277. *Error* relatif antara hasil tersebut dan target investor sebesar 1,63% atau memiliki selisih dengan target sebesar 4.894.723.



Halaman ini sengaja dikosongkan.

## BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini, diberikan simpulan yang diperoleh berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya. Selain itu diberikan pula saran atau rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan pada hasil analisis dan pembahasan yang telah disajikan pada Bab sebelumnya, dapat diperoleh beberapa simpulan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Hasil penerapan metode ARIMA-Kalman Filter dalam memprediksi harga saham PT. Unilever Indonesia Tbk., PT. Astra Internasional Tbk., dan Perusahaan Gas Negara lebih baik dibandingkan dengan metode ARIMA *multistep*. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma Kalman Filter dapat diterapkan dengan baik untuk memperbaiki hasil prediksi ARIMA secara *multistep*. Akan tetapi, pada kasus prediksi harga saham menggunakan ARIMA secara *onestep*, penerapan Kalman Filter tidak memberikan jaminan hasil prediksi yang lebih baik, khususnya pada model ARIMA([1],1,0).
- b. Pada permasalahan optimasi portofolio dalam manajemen investasi saham, *Model Predictive Control* (MPC) dapat diterapkan dengan sangat baik. Pengendali MPC dapat memberikan nilai kontrol yang optimal terhadap *state* pada sistem. Pengontrol MPC berusaha untuk memberikan strategi terbaik dalam memajemen seluruh modal yang dimiliki oleh investor pada setiap asetnya untuk menghindarkan investor dari kerugian ketika harga saham mengalami penurunan. Selain itu, MPC bertindak sebagai pengambil keputusan mengenai waktu dan jumlah yang tepat bagi investor untuk menjual/membeli saham dan meminjam/mengembalikan pinjaman modal pada portofolio saham.
- c. Berdasarkan hasil simulasi, terlihat bahwa seluruh variabel kontrol berada dalam batasan *constraint* yang telah ditetapkan. Pada hasil simulasi, dapat

dilihat bahwa penerapan MPC dalam mengoptimasi seluruh modal dalam portofolio berdasarkan prediksi harga saham mampu memberikan hasil yang sangat memuaskan. Hal ini dapat diketahui melalui keputusan-keputusan yang diberikan oleh MPC ketika nilai *return* saham diprediksi mengalami peningkatan, penurunan, atau tetap, sehingga total modal yang diperoleh investor dapat mengalami peningkatan mendekati target yang diharapkan.

## 5.2 Saran

Pada Tesis ini, periode waktu dalam optimasi portofolio adalah *fixed* (ditetapkan), sehingga pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan optimasi portofolio dengan beberapa variasi waktu, sehingga dapat diketahui waktu yang optimal untuk mencapai target yang telah ditetapkan investor pada permasalahan optimasi portofolio.

**LAMPIRAN A**  
**Data Harga Saham Penutupan Harian**  
**PT. Unilever Indonesia Tbk.**

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
01/12/2014	31375	28/01/2015	35500	24/03/2015	38900
02/12/2014	31275	29/01/2015	35375	25/03/2015	38825
03/12/2014	31275	30/01/2015	35825	26/03/2015	38500
04/12/2014	31575	02/02/2015	36175	27/03/2015	39100
05/12/2014	31675	03/02/2015	36375	30/03/2015	39650
08/12/2014	31150	04/02/2015	36400	31/03/2015	39650
09/12/2014	31025	05/02/2015	35250	01/04/2015	39025
10/12/2014	31100	06/02/2015	36650	02/04/2015	39050
11/12/2014	30900	09/02/2015	36125	06/04/2015	39300
12/12/2014	30975	10/02/2015	35500	07/04/2015	39800
15/12/2014	31225	11/02/2015	35675	08/04/2015	38700
16/12/2014	31200	12/02/2015	35675	09/04/2015	39350
17/12/2014	30700	13/02/2015	36325	10/04/2015	39400
18/12/2014	31700	16/02/2015	35100	13/04/2015	39775
19/12/2014	32000	17/02/2015	35900	14/04/2015	38750
22/12/2014	31500	18/02/2015	35500	15/04/2015	38625
23/12/2014	31500	20/02/2015	35325	16/04/2015	38100
24/12/2014	31525	23/02/2015	36050	17/04/2015	38125
29/12/2014	31950	24/02/2015	36025	20/04/2015	38400
30/12/2014	32300	25/02/2015	36350	21/04/2015	40000
02/01/2015	32525	26/02/2015	36500	22/04/2015	40350
05/01/2015	32475	27/02/2015	36000	23/04/2015	41750
06/01/2015	32475	02/03/2015	36400	24/04/2015	43000
07/01/2015	33125	03/03/2015	36075	27/04/2015	42075
08/01/2015	33375	04/03/2015	36100	28/04/2015	44500
09/01/2015	33225	05/03/2015	36250	29/04/2015	42250
12/01/2015	32100	06/03/2015	37800	30/04/2015	42600
13/01/2015	33000	09/03/2015	37500	04/05/2015	43000
14/01/2015	32650	10/03/2015	37800	05/05/2015	44175
15/01/2015	32725	11/03/2015	38750	06/05/2015	45175
16/01/2015	33500	12/03/2015	39825	07/05/2015	43400
19/01/2015	34000	13/03/2015	39875	08/05/2015	44000
20/01/2015	34200	16/03/2015	39575	11/05/2015	43650
21/01/2015	35950	17/03/2015	39000	12/05/2015	42500
22/01/2015	35800	18/03/2015	37500	13/05/2015	42300
23/01/2015	36200	19/03/2015	38300	15/05/2015	43500
26/01/2015	35500	20/03/2015	38300	18/05/2015	43850
27/01/2015	35525	23/03/2015	38625	19/05/2015	43850

Lampiran A Lanjutan

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
20/05/2015	43350	04/06/2015	42650	18/06/2015	41500
21/05/2015	42850	05/06/2015	42150	19/06/2015	41450
22/05/2015	43775	08/06/2015	41550	22/06/2015	41550
25/05/2015	44400	09/06/2015	39700	23/06/2015	40500
26/05/2015	45725	10/06/2015	41350	24/06/2015	41400
27/05/2015	44500	11/06/2015	40650	25/06/2015	40775
28/05/2015	44950	12/06/2015	41225	26/06/2015	40000
29/05/2015	43300	15/06/2015	40300	29/06/2015	39625
01/06/2015	43200	16/06/2015	40000	30/06/2015	39500
03/06/2015	43600	17/06/2015	40925		

Sumber: <http://www.finance.yahoo.com>

**LAMPIRAN B**  
**Data Harga Saham Penutupan Harian**  
**PT. Astra Internasional Indonesia Tbk.**

<b>Tanggal</b>	<b>Harga</b>	<b>Tanggal</b>	<b>Harga</b>	<b>Tanggal</b>	<b>Harga</b>
04/08/2014	7900	25/09/2014	7175	18/11/2014	7200
05/08/2014	7800	26/09/2014	7000	19/11/2014	7150
06/08/2014	7625	29/09/2014	7050	20/11/2014	6875
07/08/2014	7675	30/09/2014	7050	21/11/2014	6950
08/08/2014	7550	01/10/2014	7000	24/11/2014	7100
11/08/2014	7650	02/10/2014	6600	25/11/2014	6900
12/08/2014	7650	03/10/2014	6600	26/11/2014	7025
13/08/2014	7725	06/10/2014	6725	27/11/2014	7100
14/08/2014	7725	07/10/2014	6800	28/11/2014	7125
15/08/2014	7650	08/10/2014	6700	01/12/2014	7125
18/08/2014	7675	09/10/2014	6725	02/12/2014	7000
19/08/2014	7675	10/10/2014	6500	03/12/2014	6900
20/08/2014	7725	13/10/2014	6350	04/12/2014	6975
21/08/2014	7775	14/10/2014	6400	05/12/2014	7100
22/08/2014	7725	15/10/2014	6400	08/12/2014	7100
25/08/2014	7625	16/10/2014	6350	09/12/2014	7100
26/08/2014	7600	17/10/2014	6550	10/12/2014	7150
27/08/2014	7600	20/10/2014	6600	11/12/2014	7100
28/08/2014	7675	21/10/2014	6500	12/12/2014	7175
29/08/2014	7575	22/10/2014	6550	15/12/2014	7025
01/09/2014	7625	23/10/2014	6700	16/12/2014	7100
02/09/2014	7725	24/10/2014	6600	17/12/2014	7025
03/09/2014	7675	27/10/2014	6525	18/12/2014	7200
04/09/2014	7550	28/10/2014	6650	19/12/2014	7200
05/09/2014	7650	29/10/2014	6875	22/12/2014	7125
08/09/2014	7575	30/10/2014	6900	23/12/2014	7275
09/09/2014	7500	31/10/2014	6775	24/12/2014	7325
10/09/2014	7325	03/11/2014	6875	29/12/2014	7350
11/09/2014	7250	04/11/2014	6775	30/12/2014	7425
12/09/2014	7225	05/11/2014	6950	02/01/2015	7400
15/09/2014	7300	06/11/2014	6950	05/01/2015	7225
16/09/2014	7250	07/11/2014	6950	06/01/2015	7050
17/09/2014	7275	10/11/2014	6725	07/01/2015	7150
18/09/2014	7375	11/11/2014	6875	08/01/2015	7075
19/09/2014	7350	12/11/2014	7100	09/01/2015	7025
22/09/2014	7350	13/11/2014	7100	12/01/2015	7000
23/09/2014	7250	14/11/2014	7175	13/01/2015	7175
24/09/2014	7200	17/11/2014	7125	14/01/2015	7050



## Lampiran B Lanjutan

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
15/01/2015	7275	11/03/2015	7850	06/05/2015	7350
16/01/2015	7300	12/03/2015	7900	07/05/2015	7200
19/01/2015	7425	13/03/2015	7875	08/05/2015	7400
20/01/2015	7450	16/03/2015	7975	11/05/2015	7325
21/01/2015	7675	17/03/2015	8000	12/05/2015	7375
22/01/2015	7750	18/03/2015	7975	13/05/2015	7525
23/01/2015	8075	19/03/2015	8050	15/05/2015	7500
26/01/2015	8025	20/03/2015	8100	18/05/2015	7550
27/01/2015	7825	23/03/2015	8175	19/05/2015	7700
28/01/2015	7825	24/03/2015	8150	20/05/2015	7850
29/01/2015	7750	25/03/2015	8200	21/05/2015	7825
30/01/2015	7850	26/03/2015	8150	22/05/2015	7575
02/02/2015	7750	27/03/2015	8200	25/05/2015	7575
03/02/2015	7625	30/03/2015	8375	26/05/2015	7500
04/02/2015	7725	31/03/2015	8575	27/05/2015	7425
05/02/2015	7550	01/04/2015	8175	28/05/2015	7375
06/02/2015	7600	02/04/2015	8075	29/05/2015	7300
09/02/2015	7575	06/04/2015	8200	01/06/2015	7325
10/02/2015	7625	07/04/2015	8150	03/06/2015	7050
11/02/2015	7875	08/04/2015	7975	04/06/2015	7025
12/02/2015	7925	09/04/2015	8150	05/06/2015	7000
13/02/2015	7950	10/04/2015	8150	08/06/2015	6925
16/02/2015	7800	13/04/2015	8175	09/06/2015	6850
17/02/2015	7800	14/04/2015	8200	10/06/2015	6850
18/02/2015	7950	15/04/2015	8175	11/06/2015	6950
20/02/2015	7850	16/04/2015	8050	12/06/2015	7075
23/02/2015	7900	17/04/2015	7975	15/06/2015	6850
24/02/2015	8000	20/04/2015	7700	16/06/2015	6975
25/02/2015	8150	21/04/2015	7925	17/06/2015	7000
26/02/2015	8050	22/04/2015	7900	18/06/2015	7025
27/02/2015	7850	23/04/2015	7900	19/06/2015	7050
02/03/2015	7875	24/04/2015	7875	22/06/2015	7000
03/03/2015	8000	27/04/2015	7450	23/06/2015	6825
04/03/2015	7875	28/04/2015	7375	24/06/2015	6950
05/03/2015	7850	29/04/2015	7100	25/06/2015	6850
06/03/2015	8075	30/04/2015	6850	26/06/2015	6825
09/03/2015	7950	04/05/2015	7100	29/06/2015	6875
10/03/2015	7975	05/05/2015	7275	30/06/2015	7075

Sumber: <http://www.finance.yahoo.com>

**LAMPIRAN C**  
**Data Harga Saham Penutupan Harian**  
**Perusahaan Gas Negara**

<b>Tanggal</b>	<b>Harga</b>	<b>Tanggal</b>	<b>Harga</b>	<b>Tanggal</b>	<b>Harga</b>
11/3/2014	5950	12/29/2014	5975	2/24/2015	5475
11/4/2014	5875	12/30/2014	6000	2/25/2015	5375
11/5/2014	5925	1/2/2015	5975	2/26/2015	5300
11/6/2014	5900	1/5/2015	5900	2/27/2015	5200
11/7/2014	5900	1/6/2015	5800	3/2/2015	5300
11/10/2014	5825	1/7/2015	5800	3/3/2015	5350
11/11/2014	6000	1/8/2015	5800	3/4/2015	5250
11/12/2014	6000	1/9/2015	5800	3/5/2015	5275
11/13/2014	6000	1/12/2015	5800	3/6/2015	5350
11/14/2014	6050	1/13/2015	5625	3/9/2015	5350
11/17/2014	6075	1/14/2015	5450	3/10/2015	5225
11/18/2014	6150	1/15/2015	5500	3/11/2015	5200
11/19/2014	6175	1/16/2015	5475	3/12/2015	5200
11/20/2014	6175	1/19/2015	5200	3/13/2015	5200
11/21/2014	6150	1/20/2015	5275	3/16/2015	5225
11/24/2014	6125	1/21/2015	5350	3/17/2015	5200
11/25/2014	6050	1/22/2015	5375	3/18/2015	5050
11/26/2014	6075	1/23/2015	5375	3/19/2015	5100
11/27/2014	6000	1/26/2015	5250	3/20/2015	5150
11/28/2014	5950	1/27/2015	5275	3/23/2015	5075
12/1/2014	5950	1/28/2015	5225	3/24/2015	4900
12/2/2014	6050	1/29/2015	5075	3/25/2015	4655
12/3/2014	6000	1/30/2015	5050	3/26/2015	4650
12/4/2014	5975	2/2/2015	5050	3/27/2015	4720
12/5/2014	6000	2/3/2015	5200	3/30/2015	4805
12/8/2014	5975	2/4/2015	5375	3/31/2015	4800
12/9/2014	5850	2/5/2015	5250	4/1/2015	4800
12/10/2014	5975	2/6/2015	5250	4/2/2015	4795
12/11/2014	5975	2/9/2015	5275	4/6/2015	4830
12/12/2014	6000	2/10/2015	5250	4/7/2015	4865
12/15/2014	5925	2/11/2015	5300	4/8/2015	4780
12/16/2014	5850	2/12/2015	5300	4/9/2015	4800
12/17/2014	5800	2/13/2015	5300	4/10/2015	4825
12/18/2014	5850	2/16/2015	5300	4/13/2015	4785
12/19/2014	5825	2/17/2015	5375	4/14/2015	4600
12/22/2014	5850	2/18/2015	5375	4/15/2015	4410
12/23/2014	5925	2/20/2015	5375	4/16/2015	4340
12/24/2014	6000	2/23/2015	5425	4/17/2015	4555

Lampiran C Lanjutan

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
4/20/2015	4485	5/15/2015	4225	6/10/2015	4200
4/21/2015	4700	5/18/2015	4225	6/11/2015	4240
4/22/2015	4675	5/19/2015	4200	6/12/2015	4200
4/23/2015	4700	5/20/2015	4210	6/15/2015	4155
4/24/2015	4640	5/21/2015	4200	6/16/2015	4175
4/27/2015	4415	5/22/2015	4200	6/17/2015	4270
4/28/2015	4400	5/25/2015	4185	6/18/2015	4215
4/29/2015	4265	5/26/2015	4360	6/19/2015	4390
4/30/2015	4100	5/27/2015	4300	6/22/2015	4295
5/4/2015	3950	5/28/2015	4300	6/23/2015	4300
5/5/2015	3915	5/29/2015	4295	6/24/2015	4360
5/6/2015	4000	6/1/2015	4315	6/25/2015	4295
5/7/2015	3980	6/3/2015	4365	6/26/2015	4325
5/8/2015	4045	6/4/2015	4255	6/29/2015	4290
5/11/2015	4075	6/5/2015	4300	6/30/2015	4315
5/12/2015	4175	6/8/2015	4295		
5/13/2015	4280	6/9/2015	4190		

Sumber: <http://www.finance.yahoo.com>

## Lampiran D

### Uji Stasioner Unit Root Augmented Dickey-Fuller

#### PT. Unilever Indonesia Tbk.

#### 1. Uji Stasioner Data

Null Hypothesis: UNILEVER has a unit root  
Exogenous: Constant  
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=36)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.560608	0.5000
Test critical values: 1% level	-3.477144	
5% level	-2.881978	
10% level	-2.577747	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

#### 2. Uji Stasioner Data *Differencing* Tingkat Satu

Null Hypothesis: D(UNILEVER) has a unit root  
Exogenous: Constant  
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=36)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-14.94020	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.477144	
5% level	-2.881978	
10% level	-2.577747	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Lampiran E

Uji Stasioner Unit Root Augmented Dickey-Fuller

PT. Astra Internasional Indonesia Tbk.

1. Uji Stasioner Data

Null Hypothesis: ASTRA has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=57)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.052699	0.2643
Test critical values:		
1% level	-3.459101	
5% level	-2.874086	
10% level	-2.573533	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

2. Uji Stasioner Data *Differencing* Tingkat Satu

Null Hypothesis: D(ASTRA) has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=57)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-15.59157	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.459231	
5% level	-2.874143	
10% level	-2.573563	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

**Lampiran F**  
**Uji Stasioner Unit Root Augmented Dickey-Fuller**  
**Perusahaan Gas Negara**

1. Uji Stasioner Data

Null Hypothesis: PGN has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=41)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-0.823372	0.8095
Test critical values: 1% level	-3.470934	
5% level	-2.879267	
10% level	-2.576301	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

2. Uji Stasioner Data *Differencing* Tingkat Satu

Null Hypothesis: D(PGN) has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=41)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-11.84647	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.471192	
5% level	-2.879380	
10% level	-2.576361	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

**Lampiran G**  
**Output Estimasi Parameter Model ARIMA**  
**PT. Unilever Indonesia Tbk.**

1. Model ARIMA([1],1,0) dengan Konstanta

Dependent Variable: D(UNILEVER)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:14  
 Sample (adjusted): 3 143  
 Included observations: 141 after adjustments  
 Convergence achieved after 3 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	58.36679	50.23447	1.161887	0.2473
AR(1)	-0.232542	0.082498	-2.818750	0.0055
R-squared	0.054070	Mean dependent var		58.33333
Adjusted R-squared	0.047265	S.D. dependent var		753.2292
S.E. of regression	735.2131	Akaike info criterion		16.05228
Sum squared resid	75134818	Schwarz criterion		16.09411
Log likelihood	-1129.686	Hannan-Quinn criter.		16.06928
F-statistic	7.945350	Durbin-Watson stat		1.970089
Prob(F-statistic)	0.005525			
Inverted AR Roots	-0.23			

2. Model ARIMA([1],1,0) tanpa Konstanta

Dependent Variable: D(UNILEVER)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:20  
 Sample (adjusted): 3 143  
 Included observations: 141 after adjustments  
 Convergence achieved after 3 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	-0.225115	0.082349	-2.733660	0.0071
R-squared	0.044939	Mean dependent var		58.33333
Adjusted R-squared	0.044939	S.D. dependent var		753.2292
S.E. of regression	736.1101	Akaike info criterion		16.04770
Sum squared resid	75860126	Schwarz criterion		16.06862
Log likelihood	-1130.363	Hannan-Quinn criter.		16.05620
Durbin-Watson stat	1.967046			
Inverted AR Roots	-0.23			

3. Model ARIMA(0,1,[1]) dengan Konstanta

Dependent Variable: D(UNILEVER)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:21  
 Sample (adjusted): 2 143  
 Included observations: 142 after adjustments  
 Convergence achieved after 7 iterations  
 MA Backcast: 1

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	57.94047	49.11955	1.179581	0.2402
MA(1)	-0.205664	0.082837	-2.482763	0.0142
R-squared	0.047060	Mean dependent var	57.21831	
Adjusted R-squared	0.040253	S.D. dependent var	750.6710	
S.E. of regression	735.4074	Akaike info criterion	16.05271	
Sum squared resid	75715357	Schwarz criterion	16.09434	
Log likelihood	-1137.742	Hannan-Quinn criter.	16.06963	
F-statistic	6.913745	Durbin-Watson stat	2.033001	
Prob(F-statistic)	0.009510			
Inverted MA Roots	.21			

4. Model ARIMA(0,1,[1]) tanpa Konstanta

Dependent Variable: D(UNILEVER)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:22  
 Sample (adjusted): 2 143  
 Included observations: 142 after adjustments  
 Convergence achieved after 8 iterations  
 MA Backcast: 1

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MA(1)	-0.194868	0.082676	-2.357019	0.0198
R-squared	0.037724	Mean dependent var	57.21831	
Adjusted R-squared	0.037724	S.D. dependent var	750.6710	
S.E. of regression	736.3756	Akaike info criterion	16.04837	
Sum squared resid	76457106	Schwarz criterion	16.06919	
Log likelihood	-1138.435	Hannan-Quinn criter.	16.05683	
Durbin-Watson stat	2.036785			
Inverted MA Roots	.19			



5. Model ARIMA([1],1,[1]) dengan Konstanta

Dependent Variable: D(UNILEVER)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:23  
 Sample (adjusted): 3 143  
 Included observations: 141 after adjustments  
 Convergence achieved after 20 iterations  
 MA Backcast: 2

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	58.00551	52.32220	1.108621	0.2695
AR(1)	-0.430581	0.313868	-1.371854	0.1723
MA(1)	0.207897	0.340222	0.611063	0.5422
R-squared	0.057309	Mean dependent var	58.33333	
Adjusted R-squared	0.043647	S.D. dependent var	753.2292	
S.E. of regression	736.6077	Akaike info criterion	16.06303	
Sum squared resid	74877543	Schwarz criterion	16.12577	
Log likelihood	-1129.444	Hannan-Quinn criter.	16.08853	
F-statistic	4.194726	Durbin-Watson stat	1.990186	
Prob(F-statistic)	0.017040			
Inverted AR Roots	-.43			
Inverted MA Roots	-.21			

6. Model ARIMA([1],1,[1]) tanpa Konstanta

Dependent Variable: D(UNILEVER)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:24  
 Sample (adjusted): 3 143  
 Included observations: 141 after adjustments  
 Convergence achieved after 26 iterations  
 MA Backcast: 2

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	-0.442079	0.317211	-1.393643	0.1656
MA(1)	0.226279	0.344496	0.656840	0.5124
R-squared	0.048976	Mean dependent var	58.33333	
Adjusted R-squared	0.042135	S.D. dependent var	753.2292	
S.E. of regression	737.1899	Akaike info criterion	16.05765	
Sum squared resid	75539404	Schwarz criterion	16.09948	
Log likelihood	-1130.064	Hannan-Quinn criter.	16.07465	
Durbin-Watson stat	1.986954			
Inverted AR Roots	-.44			
Inverted MA Roots	-.23			

**Lampiran H**  
**Output Estimasi Parameter Model ARIMA**  
**PT. Astra Internasional Indonesia Tbk.**

1. Model ARIMA([17],1,0) dengan Konstanta

Dependent Variable: D(ASTRA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:32  
 Sample (adjusted): 19 228  
 Included observations: 210 after adjustments  
 Convergence achieved after 3 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-2.161186	10.33278	-0.209158	0.8345
AR(17)	0.159477	0.069630	2.290354	0.0230
R-squared	0.024599	Mean dependent var	-2.500000	
Adjusted R-squared	0.019910	S.D. dependent var	127.1102	
S.E. of regression	125.8384	Akaike info criterion	12.51735	
Sum squared resid	3293745.	Schwarz criterion	12.54923	
Log likelihood	-1312.322	Hannan-Quinn criter.	12.53024	
F-statistic	5.245722	Durbin-Watson stat	2.093148	
Prob(F-statistic)	0.023003			

2. Model ARIMA([17],1,0) tanpa Konstanta

Dependent Variable: D(ASTRA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:33  
 Sample (adjusted): 19 228  
 Included observations: 210 after adjustments  
 Convergence achieved after 2 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(17)	0.159977	0.069429	2.304168	0.0222
R-squared	0.024394	Mean dependent var	-2.500000	
Adjusted R-squared	0.024394	S.D. dependent var	127.1102	
S.E. of regression	125.5502	Akaike info criterion	12.50804	
Sum squared resid	3294437.	Schwarz criterion	12.52398	
Log likelihood	-1312.344	Hannan-Quinn criter.	12.51448	
Durbin-Watson stat	2.092763			

3. Model ARIMA([41],1,0) dengan Konstanta

Dependent Variable: D(ASTRA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:34  
 Sample (adjusted): 43 228  
 Included observations: 186 after adjustments  
 Convergence achieved after 3 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.758203	10.97922	0.069058	0.9450
AR(41)	0.123297	0.078328	1.574109	0.1172

R-squared	0.013287	Mean dependent var	0.134409
Adjusted R-squared	0.007925	S.D. dependent var	131.6860
S.E. of regression	131.1631	Akaike info criterion	12.60146
Sum squared resid	3165494.	Schwarz criterion	12.63614
Log likelihood	-1169.935	Hannan-Quinn criter.	12.61551
F-statistic	2.477820	Durbin-Watson stat	2.069298
Prob(F-statistic)	0.117180		

4. Model ARIMA([41],1,0) tanpa Konstanta

Dependent Variable: D(ASTRA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:35  
 Sample (adjusted): 43 228  
 Included observations: 186 after adjustments  
 Convergence achieved after 2 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(41)	0.123108	0.078069	1.576902	0.1165

R-squared	0.013262	Mean dependent var	0.134409
Adjusted R-squared	0.013262	S.D. dependent var	131.6860
S.E. of regression	130.8099	Akaike info criterion	12.59073
Sum squared resid	3165576.	Schwarz criterion	12.60807
Log likelihood	-1169.938	Hannan-Quinn criter.	12.59776
Durbin-Watson stat	2.069262		

5. Model ARIMA([17,41],1,0) dengan Konstanta

Dependent Variable: D(ASTRA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:36  
 Sample (adjusted): 43 228  
 Included observations: 186 after adjustments  
 Convergence achieved after 3 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.659763	13.20469	0.125695	0.9001
AR(17)	0.160439	0.073646	2.178502	0.0306
AR(41)	0.117163	0.077594	1.509953	0.1328
R-squared	0.038230	Mean dependent var		0.134409
Adjusted R-squared	0.027719	S.D. dependent var		131.6860
S.E. of regression	129.8481	Akaike info criterion		12.58660
Sum squared resid	3085476.	Schwarz criterion		12.63863
Log likelihood	-1167.554	Hannan-Quinn criter.		12.60769
F-statistic	3.637067	Durbin-Watson stat		2.094285
Prob(F-statistic)	0.028251			

6. Model ARIMA([17,41],1,0) tanpa Konstanta

Dependent Variable: D(ASTRA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:36  
 Sample (adjusted): 43 228  
 Included observations: 186 after adjustments  
 Convergence achieved after 2 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(17)	0.160200	0.073425	2.181828	0.0304
AR(41)	0.116831	0.077341	1.510589	0.1326
R-squared	0.038147	Mean dependent var		0.134409
Adjusted R-squared	0.032919	S.D. dependent var		131.6860
S.E. of regression	129.5004	Akaike info criterion		12.57594
Sum squared resid	3085743.	Schwarz criterion		12.61062
Log likelihood	-1167.562	Hannan-Quinn criter.		12.58999
Durbin-Watson stat	2.094101			

7. Model ARIMA(0,1,[17]) dengan Konstanta

Dependent Variable: D(ASTRA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:37  
 Sample (adjusted): 2 228  
 Included observations: 227 after adjustments  
 Convergence achieved after 6 iterations  
 MA Backcast: -15 1

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-3.656344	9.271739	-0.394354	0.6937
MA(17)	0.146664	0.068357	2.145562	0.0330

R-squared	0.021912	Mean dependent var	-3.634361
Adjusted R-squared	0.017565	S.D. dependent var	123.9804
S.E. of regression	122.8867	Akaike info criterion	12.46917
Sum squared resid	3397757.	Schwarz criterion	12.49935
Log likelihood	-1413.251	Hannan-Quinn criter.	12.48135
F-statistic	5.040653	Durbin-Watson stat	2.095705
Prob(F-statistic)	0.025731		

8. Model ARIMA(0,1,[17]) tanpa Konstanta

Dependent Variable: D(ASTRA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:38  
 Sample (adjusted): 2 228  
 Included observations: 227 after adjustments  
 Convergence achieved after 6 iterations  
 MA Backcast: -15 1

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MA(17)	0.147206	0.068188	2.158810	0.0319

R-squared	0.021236	Mean dependent var	-3.634361
Adjusted R-squared	0.021236	S.D. dependent var	123.9804
S.E. of regression	122.6569	Akaike info criterion	12.46105
Sum squared resid	3400105.	Schwarz criterion	12.47614
Log likelihood	-1413.330	Hannan-Quinn criter.	12.46714
Durbin-Watson stat	2.094372		

9. Model ARIMA([17],1,[17]) dengan Konstanta

Dependent Variable: D(ASTRA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:38  
 Sample (adjusted): 19 228  
 Included observations: 210 after adjustments  
 Convergence achieved after 15 iterations  
 MA Backcast: 2 18

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-3.627478	9.021342	-0.402100	0.6880
AR(17)	-0.728736	0.053277	-13.67822	0.0000
MA(17)	0.901532	0.022289	40.44686	0.0000
R-squared	0.103968	Mean dependent var	-2.500000	
Adjusted R-squared	0.095310	S.D. dependent var	127.1102	
S.E. of regression	120.9011	Akaike info criterion	12.44200	
Sum squared resid	3025733.	Schwarz criterion	12.48982	
Log likelihood	-1303.411	Hannan-Quinn criter.	12.46133	
F-statistic	12.00924	Durbin-Watson stat	2.077231	
Prob(F-statistic)	0.000012			

10. Model ARIMA([17],1,[17]) tanpa Konstanta

Dependent Variable: D(ASTRA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:39  
 Sample (adjusted): 19 228  
 Included observations: 210 after adjustments  
 Convergence achieved after 18 iterations  
 MA Backcast: 2 18

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(17)	0.792662	0.052929	14.97592	0.0000
MA(17)	-0.879987	0.029525	-29.80519	0.0000
R-squared	0.070224	Mean dependent var	-2.500000	
Adjusted R-squared	0.065754	S.D. dependent var	127.1102	
S.E. of regression	122.8602	Akaike info criterion	12.46945	
Sum squared resid	3139680.	Schwarz criterion	12.50133	
Log likelihood	-1307.292	Hannan-Quinn criter.	12.48234	
Durbin-Watson stat	2.092242			

11. Model ARIMA([41],1,[17]) dengan Konstanta

Dependent Variable: D(ASTRA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:40  
 Sample (adjusted): 43 228  
 Included observations: 186 after adjustments  
 Convergence achieved after 7 iterations  
 MA Backcast: 26 42

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.533515	12.28508	0.043428	0.9654
AR(41)	0.101945	0.078464	1.299256	0.1955
MA(17)	0.171376	0.075866	2.258918	0.0251
R-squared	0.038044	Mean dependent var		0.134409
Adjusted R-squared	0.027531	S.D. dependent var		131.6860
S.E. of regression	129.8606	Akaike info criterion		12.58680
Sum squared resid	3086070.	Schwarz criterion		12.63883
Log likelihood	-1167.572	Hannan-Quinn criter.		12.60788
F-statistic	3.618740	Durbin-Watson stat		2.099896
Prob(F-statistic)	0.028753			

12. Model ARIMA([41],1,[17]) tanpa Konstanta

Dependent Variable: D(ASTRA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:40  
 Sample (adjusted): 43 228  
 Included observations: 186 after adjustments  
 Convergence achieved after 7 iterations  
 MA Backcast: 26 42

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(41)	0.101808	0.078192	1.302035	0.1945
MA(17)	0.171408	0.075656	2.265622	0.0246
R-squared	0.038035	Mean dependent var		0.134409
Adjusted R-squared	0.032806	S.D. dependent var		131.6860
S.E. of regression	129.5079	Akaike info criterion		12.57606
Sum squared resid	3086102.	Schwarz criterion		12.61074
Log likelihood	-1167.573	Hannan-Quinn criter.		12.59011
Durbin-Watson stat	2.099905			

13. Model ARIMA([17,41],1,[17]) dengan Konstanta

Dependent Variable: D(ASTRA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:41  
 Sample (adjusted): 43 228  
 Included observations: 186 after adjustments  
 Convergence achieved after 16 iterations  
 MA Backcast: 26 42

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.667846	10.34635	0.064549	0.9486
AR(17)	-0.690264	0.060691	-11.37335	0.0000
AR(41)	0.006990	0.058016	0.120475	0.9042
MA(17)	0.892077	0.025637	34.79677	0.0000
R-squared	0.110866	Mean dependent var	0.134409	
Adjusted R-squared	0.096210	S.D. dependent var	131.6860	
S.E. of regression	125.1911	Akaike info criterion	12.51883	
Sum squared resid	2852450.	Schwarz criterion	12.58820	
Log likelihood	-1160.251	Hannan-Quinn criter.	12.54694	
F-statistic	7.564511	Durbin-Watson stat	2.082140	
Prob(F-statistic)	0.000085			

14. Model ARIMA([17,41],1,[17]) tanpa Konstanta

Dependent Variable: D(ASTRA)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:42  
 Sample (adjusted): 43 228  
 Included observations: 186 after adjustments  
 Convergence achieved after 12 iterations  
 MA Backcast: 26 42

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(17)	-0.690237	0.060534	-11.40240	0.0000
AR(41)	0.006908	0.057844	0.119429	0.9051
MA(17)	0.892011	0.025590	34.85784	0.0000
R-squared	0.110846	Mean dependent var	0.134409	
Adjusted R-squared	0.101128	S.D. dependent var	131.6860	
S.E. of regression	124.8500	Akaike info criterion	12.50810	
Sum squared resid	2852516.	Schwarz criterion	12.56013	
Log likelihood	-1160.253	Hannan-Quinn criter.	12.52918	
Durbin-Watson stat	2.082168			



**Lampiran I**  
**Output Estimasi Parameter Model ARIMA**  
**Perusahaan Gas Negara**

1. Model ARIMA([25],1,[6]) tanpa Konstanta

Dependent Variable: D(PGN)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:48  
 Sample (adjusted): 27 163  
 Included observations: 137 after adjustments  
 Convergence achieved after 7 iterations  
 MA Backcast: 21 26

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(25)	0.216936	0.085468	2.538212	0.0123
MA(6)	-0.230311	0.083844	-2.746890	0.0068
R-squared	0.060518	Mean dependent var	-12.11679	
Adjusted R-squared	0.053559	S.D. dependent var	86.63166	
S.E. of regression	84.27979	Akaike info criterion	11.72065	
Sum squared resid	958916.2	Schwarz criterion	11.76328	
Log likelihood	-800.8647	Hannan-Quinn criter.	11.73797	
Durbin-Watson stat	1.779324			

2. Model ARIMA([6,25],1,[6]) tanpa Konstanta

Dependent Variable: D(PGN)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:49  
 Sample (adjusted): 27 163  
 Included observations: 137 after adjustments  
 Convergence achieved after 14 iterations  
 MA Backcast: 21 26

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(6)	0.703908	0.053473	13.16384	0.0000
AR(25)	0.141249	0.043673	3.234230	0.0015
MA(6)	-0.979551	0.025576	-38.29996	0.0000
R-squared	0.149174	Mean dependent var	-12.11679	
Adjusted R-squared	0.136475	S.D. dependent var	86.63166	
S.E. of regression	80.50337	Akaike info criterion	11.63613	
Sum squared resid	868426.3	Schwarz criterion	11.70007	
Log likelihood	-794.0749	Hannan-Quinn criter.	11.66211	
Durbin-Watson stat	1.813942			

3. Model ARIMA([6],1,[6]) dengan Konstanta

Dependent Variable: D(PGN)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:49  
 Sample (adjusted): 8 163  
 Included observations: 156 after adjustments  
 Convergence achieved after 18 iterations  
 MA Backcast: 2 7

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-12.85359	3.064588	-4.194230	0.0000
AR(6)	0.725955	0.060885	11.92347	0.0000
MA(6)	-0.961150	0.025151	-38.21493	0.0000
R-squared	0.112816	Mean dependent var		-10.80128
Adjusted R-squared	0.101219	S.D. dependent var		82.77349
S.E. of regression	78.47263	Akaike info criterion		11.58242
Sum squared resid	942166.9	Schwarz criterion		11.64107
Log likelihood	-900.4288	Hannan-Quinn criter.		11.60624
F-statistic	9.727899	Durbin-Watson stat		1.830161
Prob(F-statistic)	0.000105			

4. Model ARIMA(0,1,[6]) dengan Konstanta

Dependent Variable: D(PGN)  
 Method: Least Squares  
 Date: 01/03/16 Time: 20:49  
 Sample (adjusted): 2 163  
 Included observations: 162 after adjustments  
 Convergence achieved after 5 iterations  
 MA Backcast: -4 1

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-10.48450	5.122831	-2.046622	0.0423
MA(6)	-0.210534	0.077448	-2.718381	0.0073
R-squared	0.036906	Mean dependent var		-10.09259
Adjusted R-squared	0.030887	S.D. dependent var		82.98296
S.E. of regression	81.69137	Akaike info criterion		11.65604
Sum squared resid	1067757.	Schwarz criterion		11.69416
Log likelihood	-942.1395	Hannan-Quinn criter.		11.67152
F-statistic	6.131263	Durbin-Watson stat		1.905418
Prob(F-statistic)	0.014322			
Inverted MA Roots	.77	.39-.67i	.39+.67i	-.39-.67i
	-.39+.67i	-.77		

## Lampiran J

### Uji Ljung Q Statistik Asumsi Residual *White Noise Model* ARIMA

#### PT. Unilever Indonesia Tbk.

#### 1. Model ARIMA([1],1,0) tanpa Konstanta

Date: 01/03/16 Time: 20:54

Sample: 1 143

Included observations: 141

Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
. .	. .	1 0.006	0.006	0.0060	
. .	. .	2 0.056	0.056	0.4670	0.494
. .	. .	3 -0.061	-0.062	1.0052	0.605
* .	* .	4 -0.078	-0.081	1.9103	0.591
. *	. *	5 0.093	0.103	3.2055	0.524
* .	* .	6 -0.069	-0.066	3.9093	0.563
. .	. .	7 0.003	-0.018	3.9104	0.689
. .	. .	8 -0.027	-0.012	4.0170	0.778
* .	* .	9 -0.133	-0.128	6.7116	0.568
. *	. *	10 0.075	0.064	7.5854	0.576
. .	. .	11 -0.031	-0.009	7.7341	0.655
. .	. .	12 0.031	-0.002	7.8815	0.724
. .	. .	13 0.027	0.025	7.9958	0.785
* .	* .	14 -0.098	-0.077	9.5198	0.733
. *	. *	15 0.064	0.036	10.169	0.750
. .	. .	16 0.068	0.099	10.905	0.759
. .	. .	17 -0.029	-0.064	11.038	0.807
. *	. *	18 0.123	0.104	13.532	0.700
. .	. .	19 -0.019	0.036	13.590	0.755
. *	. *	20 0.108	0.070	15.519	0.689
. .	. .	21 0.014	0.028	15.550	0.744
* .	* .	22 -0.077	-0.065	16.565	0.737
. .	. .	23 0.023	-0.005	16.657	0.782
* .	* .	24 -0.121	-0.059	19.164	0.692
. *	. *	25 -0.029	-0.050	19.309	0.735
* .	* .	26 -0.163	-0.172	23.968	0.521
* .	* .	27 -0.119	-0.083	26.489	0.436
. .	. .	28 -0.014	-0.053	26.526	0.490
. .	. .	29 -0.045	-0.021	26.883	0.525
. *	. *	30 0.032	-0.010	27.071	0.568
. .	. .	31 0.122	0.107	29.788	0.477
. .	. .	32 -0.044	-0.044	30.144	0.510
. .	. .	33 0.034	-0.006	30.356	0.550
. *	. *	34 0.047	0.084	30.780	0.578
. *	. *	35 0.076	0.050	31.870	0.572
. *	. *	36 0.092	0.044	33.481	0.542

## 2. Model ARIMA(0,1,[1]) tanpa Konstanta

Date: 01/03/16 Time: 20:55

Sample: 1 143

Included observations: 142

Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term

	Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
	. .	. .	1	-0.029	-0.029	0.1215	
	. *	. *	2	0.098	0.097	1.5238	0.217
	. .	. .	3	-0.058	-0.053	2.0235	0.364
	* .	* .	4	-0.077	-0.090	2.8935	0.408
	. *	. *	5	0.095	0.104	4.2481	0.373
	* .	* .	6	-0.075	-0.059	5.0972	0.404
	. .	. .	7	0.004	-0.030	5.0998	0.531
	. .	. .	8	-0.022	-0.002	5.1744	0.639
	* .	* .	9	-0.135	-0.130	7.9658	0.437
	. *	. *	10	0.080	0.060	8.9623	0.441
	. .	. .	11	-0.037	0.002	9.1770	0.515
	. .	. .	12	0.028	-0.012	9.2997	0.594
	. .	. .	13	0.029	0.028	9.4305	0.666
	* .	* .	14	-0.094	-0.070	10.851	0.623
	. .	. .	15	0.064	0.027	11.515	0.645
	. .	. .	16	0.067	0.109	12.252	0.660
	. .	. .	17	-0.034	-0.065	12.438	0.713
	* .	* .	18	0.130	0.099	15.243	0.578
	. .	. .	19	-0.027	0.041	15.366	0.637
	* .	* .	20	0.109	0.062	17.364	0.565
	. .	. .	21	0.013	0.030	17.392	0.627
	* .	* .	22	-0.080	-0.072	18.491	0.618
	* .	* .	23	0.128	-0.010	18.623	0.668
	. .	. .	24	-0.030	-0.062	21.549	0.548
	. .	. .	25	-0.021	-0.047	21.627	0.602
	* .	* .	26	-0.164	-0.172	26.395	0.387
	* .	* .	27	-0.115	-0.085	28.745	0.323
	. .	. .	28	-0.015	-0.047	28.788	0.371
	. .	. .	29	-0.046	-0.016	29.170	0.404
	. .	. .	30	0.026	-0.015	29.289	0.450
	* .	* .	31	0.121	0.109	31.965	0.369
	. .	. .	32	-0.048	-0.040	32.402	0.397
	. .	. .	33	0.042	-0.012	32.728	0.431
	. .	. *	34	0.045	0.086	33.104	0.462
	. .	. .	35	0.074	0.053	34.142	0.461
	. *	. .	36	0.093	0.042	35.798	0.431

### Lampiran K

#### Uji Ljung Q Statistik Asumsi Residual *White Noise* Model ARIMA

PT. Astra Internasional Indonesia Tbk.

#### 1. Model ARIMA([17],1,[1]) tanpa Konstanta

Date: 01/03/16 Time: 20:58

Sample: 1 228

Included observations: 210

Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
.	.	1 -0.054	-0.054	0.6290	
*		2 -0.069	-0.072	1.6486	0.199
.		3 0.016	0.008	1.7018	0.427
.		4 0.066	0.062	2.6300	0.452
.		5 -0.061	-0.053	3.4467	0.486
.		6 -0.024	-0.022	3.5746	0.612
.		7 0.050	0.039	4.1295	0.659
.	*	8 0.083	0.084	5.6507	0.581
.	.	9 -0.058	-0.037	6.4078	0.602
.	.	10 0.007	0.010	6.4179	0.697
*	.	11 -0.114	-0.132	9.3075	0.503
*	.	12 -0.075	-0.095	10.585	0.479
*	.	13 -0.089	-0.103	12.387	0.415
.	.	14 0.013	-0.012	12.427	0.493
.	.	15 -0.021	-0.028	12.531	0.564
.	*	16 0.111	0.113	15.371	0.425
.	.	17 -0.006	0.013	15.380	0.497
.	.	18 -0.035	-0.022	15.665	0.548
*	.	19 -0.069	-0.054	16.790	0.538
.	.	20 0.043	0.027	17.230	0.574
.	.	21 -0.021	-0.009	17.334	0.631
.	.	22 0.040	0.035	17.716	0.667
.	.	23 0.018	-0.004	17.795	0.718
.	*	24 -0.024	-0.085	17.929	0.761
.	.	25 -0.013	-0.026	17.971	0.804
.	.	26 0.004	-0.015	17.975	0.843
.	*	27 0.039	0.074	18.342	0.863
.	.	28 -0.053	-0.030	19.020	0.869
.	*	29 0.061	0.088	19.942	0.867
.	.	30 0.002	-0.035	19.943	0.895
.	.	31 0.019	0.028	20.036	0.916
.	.	32 0.049	0.046	20.631	0.921
*	.	33 -0.118	-0.116	24.134	0.840
.	.	34 0.049	0.055	24.753	0.849
.	.	35 0.018	0.010	24.834	0.875
.	*	36 -0.059	-0.072	25.732	0.873
.	.	37 0.071	0.061	27.019	0.860
.	.	38 0.001	-0.007	27.019	0.886
.	.	39 -0.000	-0.002	27.019	0.908
.	.	40 0.011	0.067	27.053	0.926
.	*	41 0.059	0.087	27.959	0.924
.	.	42 -0.063	-0.063	29.000	0.920
.	.	43 0.039	0.052	29.415	0.929
.	.	44 -0.027	-0.043	29.607	0.940
.	.	45 -0.013	-0.059	29.652	0.952
.	.	46 -0.041	-0.027	30.106	0.957

. .   . .   . .		47	0.016	-0.012	30.175	0.965
. .   . .   . .		48	-0.004	-0.017	30.178	0.973
. .   . .   . .		49	-0.027	-0.005	30.378	0.978
. .   . .   . .		50	0.030	0.067	30.630	0.982
. .   . .   . .		51	-0.028	-0.053	30.854	0.985
. .   . .   . .		52	-0.033	0.013	31.155	0.987
. .   . .   . .		53	-0.033	-0.021	31.463	0.989
. .   . .   . .		54	0.026	0.011	31.655	0.991
. .   . .   . .		55	-0.032	-0.035	31.945	0.993
. .   . .   . .		56	-0.011	-0.008	31.983	0.994
. .   . .   . .		57	0.105	0.044	35.180	0.987

## 2. Model ARIMA(0,1,[17]) tanpa Konstanta

Date: 01/03/16 Time: 20:59

Sample: 1 228

Included observations: 227

Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
. .   . .   . .		1	-0.055	-0.055	0.7050	
. .   . .   . .	*.	2	-0.065	-0.068	1.6694	0.196
. .   . .   . .	. .	3	0.009	0.001	1.6881	0.430
. .   . .   . .	. .	4	0.057	0.054	2.4472	0.485
. .   . .   . .	. .	5	-0.058	-0.051	3.2275	0.520
. .   . .   . .	. .	6	-0.030	-0.030	3.4387	0.633
. .   . .   . .	. .	7	0.057	0.047	4.2084	0.648
. .   . .   . .	*.	8	0.084	0.085	5.8779	0.554
. .   . .   . .	. .	9	-0.061	-0.040	6.7607	0.563
. .   . .   . .	. .	10	0.004	0.008	6.7648	0.662
*.	*.	11	-0.107	-0.125	9.5377	0.482
*.	*.	12	-0.071	-0.089	10.746	0.465
*.	*.	13	-0.073	-0.084	12.049	0.442
. .   . .   . .	. .	14	0.016	-0.006	12.111	0.519
. .   . .   . .	. .	15	-0.026	-0.035	12.280	0.584
. .   . .   . .	*.	16	0.099	0.097	14.691	0.474
. .   . .   . .	. .	17	0.003	0.016	14.693	0.547
. .   . .   . .	. .	18	-0.034	-0.022	14.983	0.597
. .   . .   . .	. .	19	-0.073	-0.054	16.312	0.571
. .   . .   . .	. .	20	0.037	0.022	16.663	0.613
. .   . .   . .	. .	21	-0.011	-0.006	16.692	0.673
. .   . .   . .	. .	22	0.034	0.030	16.987	0.712
. .   . .   . .	. .	23	0.025	0.008	17.145	0.755
. .   . .   . .	*.	24	-0.015	-0.067	17.200	0.799
. .   . .   . .	. .	25	-0.003	-0.009	17.202	0.840
. .   . .   . .	. .	26	0.008	-0.000	17.217	0.874
. .   . .   . .	*.	27	0.050	0.081	17.876	0.880
. .   . .   . .	. .	28	-0.040	-0.020	18.292	0.894
. .   . .   . .	. .	29	0.052	0.072	19.004	0.898
. .   . .   . .	. .	30	-0.005	-0.039	19.010	0.921
. .   . .   . .	. .	31	-0.003	-0.002	19.012	0.940
. .   . .   . .	. .	32	0.046	0.044	19.579	0.944
*.	*.	33	-0.111	-0.114	22.906	0.881
*.	*.	34	0.083	0.090	24.752	0.849
. .   . .   . .	. .	35	0.033	0.039	25.043	0.868
*.	*.	36	-0.076	-0.076	26.617	0.845
. .   . .   . .	. .	37	0.069	0.068	27.920	0.830
. .   . .   . .	. .	38	-0.002	-0.004	27.921	0.859
. .   . .   . .	. .	39	0.004	0.006	27.926	0.885
. .   . .   . .	. .	40	0.009	0.065	27.949	0.906

. *	. *	41	0.084	0.108	29.936	0.877		
. .	. .	42	-0.059	-0.080	30.917	0.874		
. .	. .	43	0.029	0.039	31.153	0.891		
. .	. .	44	-0.038	-0.056	31.564	0.901		
. .	. .	45	-0.006	-0.043	31.573	0.920		
. .	. .	46	-0.039	-0.003	32.008	0.927		
. .	. .	47	0.018	0.016	32.106	0.940		
. .	. .	48	0.012	-0.002	32.146	0.952		
. .	. .	49	-0.017	-0.001	32.228	0.961		
. .	. .	50	0.030	0.059	32.484	0.967		
. .	. .	51	-0.024	-0.053	32.660	0.973		
. .	. .	52	-0.044	0.005	33.231	0.974		
. .	. .	53	-0.047	-0.032	33.882	0.976		
. .	. .	54	0.025	0.005	34.072	0.980		
. .	. .	55	-0.011	-0.032	34.108	0.984		
. .	. .	56	-0.022	-0.018	34.255	0.987		
. *	. *	57	0.093	0.035	36.919	0.977		

## Lampiran L

### Uji Ljung Q Statistik Asumsi Residual *White Noise* Model ARIMA

#### Perusahaan Gas Negara

#### 1. Model ARIMA([25],1,[6]) tanpa Konstanta

Date: 01/03/16 Time: 21:03

Sample: 1 163

Included observations: 137

Q-statistic probabilities adjusted for 2 ARMA terms

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
. *	. *	1	0.087	0.087	1.0528	
. .	* .	2	-0.064	-0.072	1.6229	
. .	. .	3	-0.052	-0.040	2.0032	0.157
. .	. .	4	-0.022	-0.019	2.0744	0.354
. .	. .	5	0.069	0.068	2.7650	0.429
. .	. .	6	0.007	-0.010	2.7718	0.597
* .	* .	7	-0.095	-0.090	4.1051	0.534
. .	. .	8	0.040	0.064	4.3412	0.631
. .	. .	9	0.130	0.116	6.8510	0.445
* .	. .	10	0.077	0.050	7.7467	0.459
* .	* .	11	-0.078	-0.081	8.6653	0.469
. .	. .	12	-0.049	-0.004	9.0380	0.528
. .	. .	13	0.144	0.158	12.237	0.346
. .	. .	14	0.066	0.012	12.911	0.376
. .	. .	15	-0.043	-0.053	13.193	0.433
* .	* .	16	-0.145	-0.104	16.495	0.284
. .	. .	17	-0.012	0.034	16.519	0.348
. .	* .	18	-0.015	-0.080	16.554	0.415
. .	. .	19	-0.004	-0.041	16.557	0.485
* .	. .	20	-0.069	-0.039	17.324	0.501
* .	* .	21	-0.105	-0.076	19.147	0.447
. .	. .	22	0.010	-0.029	19.163	0.511
. .	. .	23	0.017	-0.048	19.211	0.572
* .	* .	24	-0.104	-0.082	21.045	0.518
. .	. .	25	-0.052	-0.001	21.508	0.550
. .	. .	26	0.037	0.040	21.744	0.595
. .	. .	27	0.032	-0.009	21.920	0.640
. .	. .	28	0.068	0.071	22.727	0.648
* .	* .	29	-0.117	-0.066	25.136	0.567
. .	. .	30	-0.039	0.023	25.406	0.606
. .	. .	31	0.035	0.037	25.626	0.645
. .	. .	32	0.027	0.010	25.755	0.688
. .	. .	33	-0.016	0.006	25.803	0.731
* .	* .	34	-0.138	-0.111	29.344	0.602
. .	. .	35	-0.031	-0.009	29.522	0.641
. .	* .	36	-0.000	-0.068	29.522	0.687
. .	. .	37	0.010	-0.005	29.540	0.729
. .	. .	38	-0.031	-0.035	29.727	0.760
. .	. .	39	-0.052	-0.059	30.261	0.776
. .	. .	40	0.069	0.034	31.187	0.775
. .	. .	41	0.018	-0.064	31.250	0.807



2. Model ARIMA([6,25],1,[6]) tanpa Konstanta

Date: 01/03/16 Time: 21:04  
 Sample: 1 163  
 Included observations: 137  
 Q-statistic probabilities adjusted for 3 ARMA terms

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
.*	.*	1	0.087	0.087	1.0664	
.	.	2	-0.042	-0.050	1.3095	
.	.	3	-0.016	-0.008	1.3480	
.	.	4	-0.041	-0.041	1.5909	0.207
.	.	5	0.035	0.041	1.7636	0.414
.	.	6	-0.030	-0.042	1.8985	0.594
.*	.*	7	-0.109	-0.101	3.6308	0.458
.	.	8	0.051	0.067	4.0112	0.548
.*	.*	9	0.134	0.120	6.6997	0.350
.	.	10	0.066	0.042	7.3430	0.394
.*	.*	11	-0.079	-0.089	8.2936	0.405
.	.	12	0.063	0.101	8.8944	0.447
.*	.*	13	0.138	0.129	11.832	0.296
.	.	14	0.060	0.029	12.399	0.334
.	.	15	0.003	0.008	12.400	0.414
.*	.*	16	-0.161	-0.124	16.480	0.224
.	.	17	-0.025	0.006	16.577	0.279
.	.	18	0.042	-0.003	16.856	0.328
.	.	19	-0.041	-0.038	17.125	0.378
.	.	20	-0.041	-0.017	17.404	0.427
.*	.*	21	-0.067	-0.077	18.149	0.446
.	.	22	-0.018	-0.065	18.201	0.509
.	.	23	0.007	-0.043	18.209	0.574
.	.	24	-0.041	-0.021	18.492	0.618
.	.	25	0.024	0.051	18.593	0.670
.*	.*	26	0.096	0.084	20.174	0.631
.	.	27	0.061	0.010	20.808	0.650
.	.	28	0.071	0.089	21.697	0.653
.*	.*	29	-0.111	-0.066	23.884	0.583
.	.	30	-0.012	0.047	23.910	0.635
.	.	31	-0.047	-0.042	24.315	0.665
.	.	32	0.033	0.058	24.515	0.703
.	.	33	-0.000	0.009	24.515	0.748
.*	.*	34	-0.112	-0.100	26.825	0.681
.	.	35	-0.001	-0.009	26.825	0.726
.	.	36	0.002	-0.036	26.826	0.767
.	.	37	-0.009	-0.023	26.841	0.804
.	.	38	0.026	-0.015	26.971	0.832
.	.	39	-0.044	-0.055	27.341	0.850
.*	.	40	0.082	0.047	28.654	0.835
.	.	41	0.010	-0.034	28.673	0.863

### 3. Model ARIMA([6],1,[6]) dengan Konstanta

Date: 01/03/16 Time: 21:05

Sample: 1 163

Included observations: 156

Q-statistic probabilities adjusted for 2 ARMA terms

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
. *	. *	1	0.080	0.080	1.0258	
. .	* .	2	-0.064	-0.071	1.6898	
. .	. .	3	-0.050	-0.039	2.0953	0.148
. .	. .	4	-0.065	-0.063	2.7872	0.248
. .	. .	5	0.008	0.013	2.7978	0.424
. .	* .	6	-0.058	-0.071	3.3437	0.502
* .	* .	7	-0.107	-0.103	5.2288	0.389
. .	. .	8	0.018	0.023	5.2824	0.508
. .	. .	9	0.049	0.028	5.6837	0.577
. .	. .	10	0.057	0.037	6.2244	0.622
* .	* .	11	-0.086	-0.102	7.4737	0.588
. .	. .	12	0.070	0.100	8.3093	0.599
. .	* .	13	0.151	0.128	12.217	0.348
. .	. .	14	0.028	0.007	12.356	0.418
. .	. .	15	-0.030	-0.017	12.518	0.486
* .	* .	16	-0.124	-0.084	15.206	0.364
. .	. .	17	-0.016	0.020	15.251	0.434
. .	. .	18	0.005	-0.027	15.254	0.506
. .	. .	19	-0.035	-0.019	15.474	0.561
. .	. .	20	-0.052	-0.037	15.961	0.595
* .	* .	21	-0.129	-0.135	18.989	0.458
. .	. .	22	-0.019	-0.054	19.056	0.518
. .	. .	23	-0.008	-0.053	19.068	0.581
. .	. .	24	-0.026	-0.021	19.190	0.634
. .	* .	25	0.162	0.139	24.112	0.398
* .	. .	26	0.098	0.054	25.943	0.356
. .	. .	27	-0.018	-0.055	26.003	0.407
. .	. .	28	0.044	0.074	26.381	0.442
* .	* .	29	-0.110	-0.068	28.734	0.374
. .	. .	30	0.012	0.055	28.763	0.425
. .	. .	31	-0.002	0.004	28.764	0.477
. .	. .	32	0.030	0.064	28.946	0.520
. .	. .	33	-0.021	-0.007	29.039	0.567
* .	* .	34	-0.167	-0.170	34.688	0.341
. .	. .	35	-0.039	-0.036	34.996	0.373
. .	. .	36	0.006	-0.007	35.002	0.420
. .	. .	37	0.014	-0.028	35.040	0.466
. .	. .	38	0.033	-0.060	35.272	0.503
* .	* .	39	-0.076	-0.107	36.499	0.492
. .	. .	40	0.024	-0.011	36.620	0.533
. .	. .	41	-0.024	-0.056	36.739	0.573

#### 4. Model ARIMA(0,1,[6]) dengan Konstanta

Date: 01/03/16 Time: 21:06

Sample: 1 163

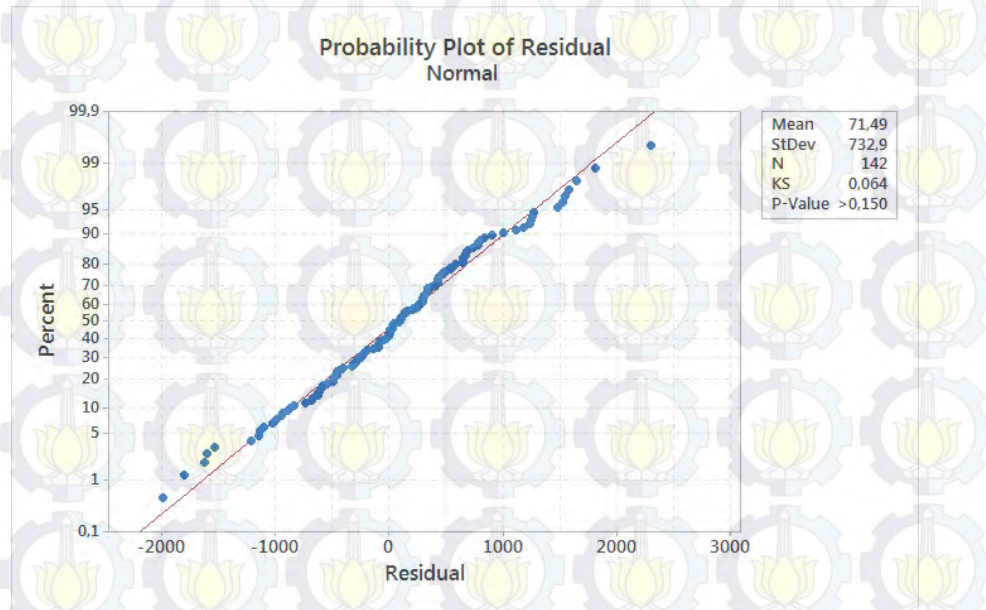
Included observations: 162

Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
. .	. .	1 0.045	0.045	0.3397	
. .	. .	2 -0.046	-0.048	0.6909	0.406
. .	. .	3 -0.019	-0.014	0.7498	0.687
. .	. .	4 -0.030	-0.031	0.9002	0.825
. .	. .	5 0.006	0.007	0.9055	0.924
. .	. .	6 0.022	0.019	0.9899	0.963
* .	* .	7 -0.099	-0.102	2.6735	0.849
. .	. .	8 0.017	0.028	2.7224	0.909
. .	. .	9 0.068	0.058	3.5208	0.898
. .	. .	10 0.056	0.051	4.0697	0.907
* .	* .	11 -0.082	-0.089	5.2405	0.875
. .	. .	12 -0.005	0.012	5.2444	0.919
. .	* .	13 0.115	0.122	7.6220	0.814
. .	. .	14 0.017	-0.005	7.6754	0.864
. .	. .	15 0.012	0.014	7.6999	0.904
* .	* .	16 -0.104	-0.095	9.6705	0.840
. .	. .	17 -0.018	0.017	9.7318	0.880
. .	* .	18 -0.048	-0.081	10.158	0.897
. .	. .	19 -0.007	-0.013	10.166	0.926
* .	* .	20 -0.081	-0.066	11.387	0.910
* .	* .	21 -0.084	-0.079	12.720	0.889
. .	. .	22 0.006	-0.009	12.727	0.918
. .	. .	23 0.002	-0.045	12.727	0.940
* .	* .	24 -0.094	-0.080	14.446	0.913
. .	. .	25 0.165	0.174	19.698	0.714
. .	. .	26 0.045	0.031	20.100	0.742
. .	. .	27 0.011	-0.001	20.123	0.786
. .	. .	28 0.059	0.059	20.825	0.794
* .	. .	29 -0.075	-0.039	21.955	0.783
. .	. .	30 -0.031	0.003	22.155	0.814
. .	. .	31 0.034	0.022	22.384	0.840
. .	. .	32 -0.013	0.001	22.419	0.869
. .	. .	33 -0.003	0.023	22.421	0.896
* .	* .	34 -0.123	-0.154	25.563	0.819
. .	. .	35 -0.021	-0.033	25.657	0.848
. .	* .	36 -0.049	-0.072	26.158	0.860
. .	. .	37 0.010	0.009	26.180	0.885
. .	* .	38 -0.008	-0.072	26.194	0.907
. .	* .	39 -0.055	-0.075	26.838	0.912
. .	. .	40 0.047	0.020	27.315	0.920
. .	. .	41 -0.006	-0.039	27.323	0.937

Lampiran M  
Uji Residual Berdistribusi Normal Model ARIMA  
PT. Unilever Indonesia Tbk.

1. Model ARIMA(0,1,[1]) tanpa Konstanta

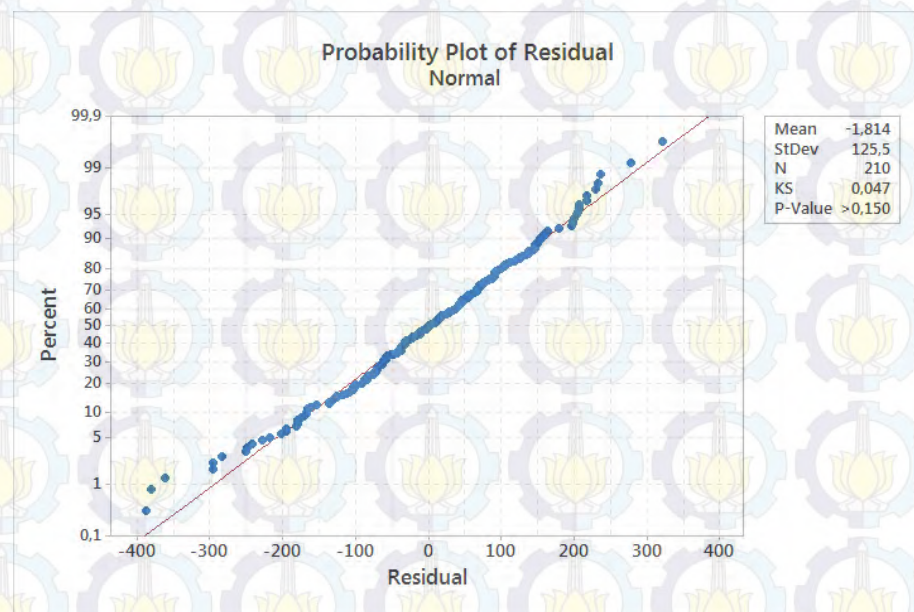


## Lampiran N

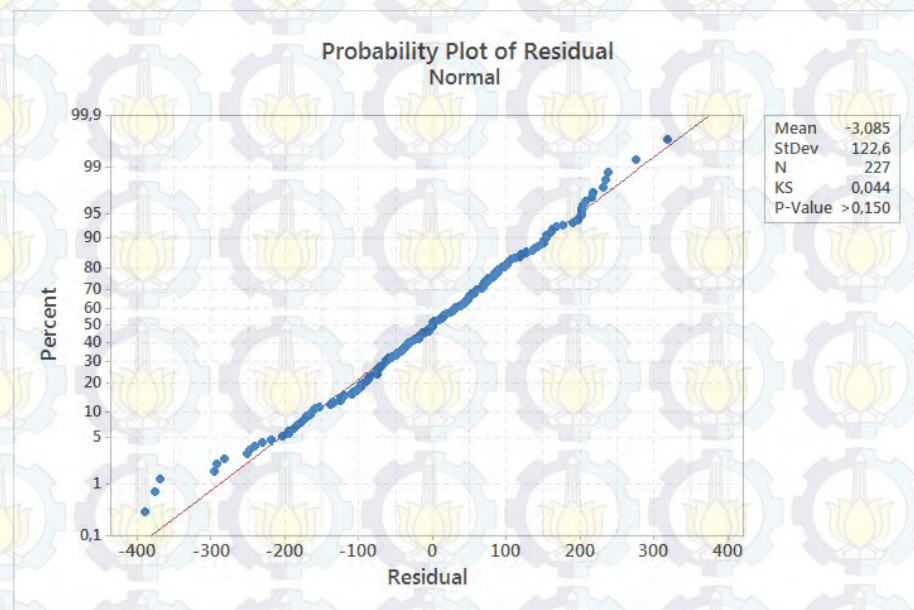
### Uji Ljung Q Statistik Asumsi Residual *White Noise* Model ARIMA

PT. Astra Internasional Indonesia Tbk.

#### 1. Model ARIMA([17],1,[1]) tanpa Konstanta

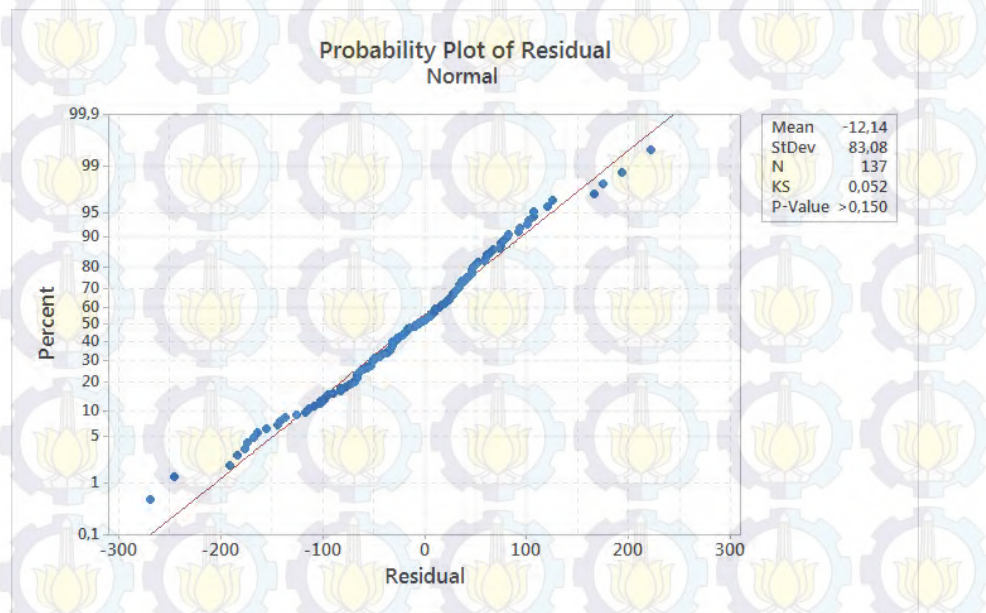


#### 2. Model ARIMA(0,1,[17]) tanpa Konstanta

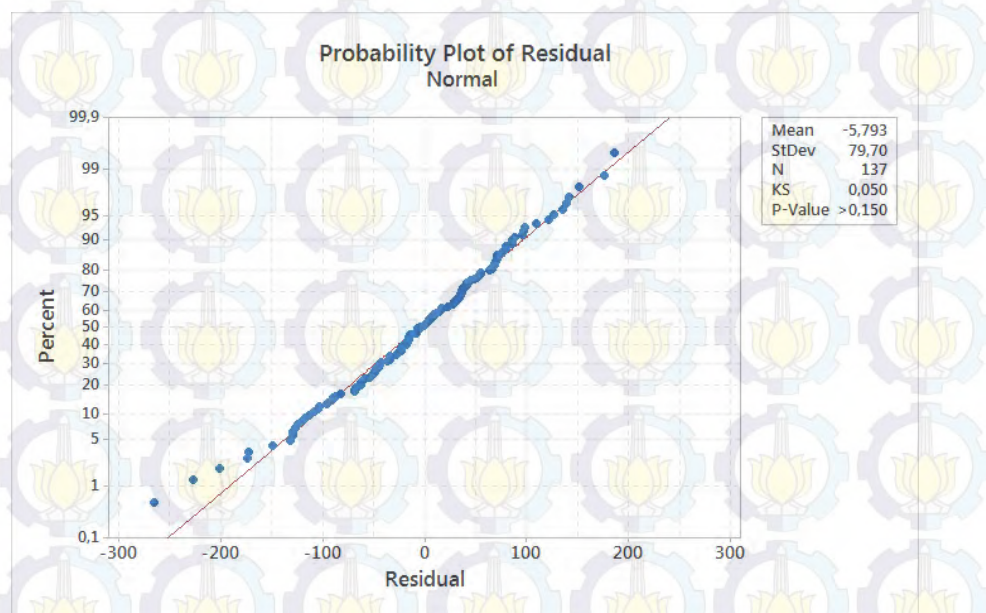


**Lampiran O**  
**Uji Residual Berdistribusi Normal Model ARIMA**  
**Perusahaan Gas Negara**

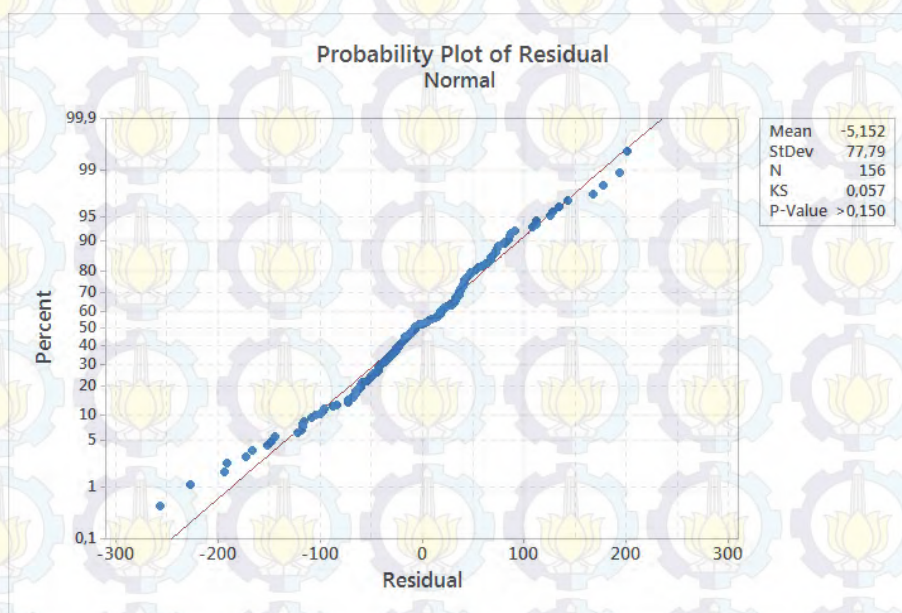
1. Model ARIMA([25],1,[6]) tanpa Konstanta



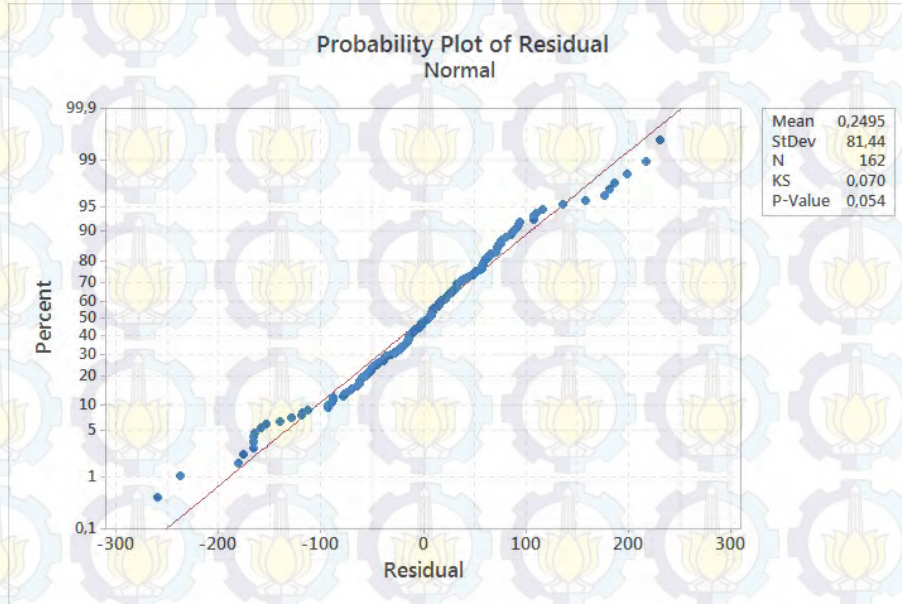
2. Model ARIMA([6,25],1,[6]) tanpa Konstanta



3. Model ARIMA([6],1,[6]) dengan Konstanta



4. Model ARIMA(0,1,[6]) dengan Konstanta



**Lampiran P**  
**Hasil Peramalan Harga Saham Menggunakan ARIMA Multistep**  
**PT. Unilever Indonesia Tbk.**

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
01/07/2015	39528,1393238731	25/08/2015	39522,9687280522
02/07/2015	39521,8047514888	26/08/2015	39522,9687280522
03/07/2015	39523,2307561602	27/08/2015	39522,9687280522
06/07/2015	39522,9097417018	28/08/2015	39522,9687280522
07/07/2015	39522,9820067403	31/08/2015	39522,9687280522
08/07/2015	39522,9657388258	Sep 1, 2015	39522,9687280522
09/07/2015	39522,9694009707	Sep 2, 2015	39522,9687280522
10/07/2015	39522,9685765684	Sep 3, 2015	39522,9687280522
13/07/2015	39522,9687621534	Sep 4, 2015	39522,9687280522
14/07/2015	39522,9687203755	Sep 7, 2015	39522,9687280522
15/07/2015	39522,9687297803	Sep 8, 2015	39522,9687280522
22/07/2015	39522,9687276632	Sep 9, 2015	39522,9687280522
23/07/2015	39522,9687281398	Sep 10, 2015	39522,9687280522
24/07/2015	39522,9687280325	Sep 11, 2015	39522,9687280522
27/07/2015	39522,9687280566	Sep 14, 2015	39522,9687280522
28/07/2015	39522,9687280512	Sep 15, 2015	39522,9687280522
29/07/2015	39522,9687280524	Sep 16, 2015	39522,9687280522
30/07/2015	39522,9687280522	Sep 17, 2015	39522,9687280522
31/07/2015	39522,9687280522	Sep 18, 2015	39522,9687280522
03/08/2015	39522,9687280522	Sep 21, 2015	39522,9687280522
04/08/2015	39522,9687280522	Sep 22, 2015	39522,9687280522
05/08/2015	39522,9687280522	Sep 23, 2015	39522,9687280522
06/08/2015	39522,9687280522	Sep 25, 2015	39522,9687280522
07/08/2015	39522,9687280522	Sep 28, 2015	39522,9687280522
10/08/2015	39522,9687280522	Sep 29, 2015	39522,9687280522
11/08/2015	39522,9687280522	Sep 30, 2015	39522,9687280522
12/08/2015	39522,9687280522	Oct 1, 2015	39522,9687280522
13/08/2015	39522,9687280522	Oct 2, 2015	39522,9687280522
14/08/2015	39522,9687280522	Oct 5, 2015	39522,9687280522
18/08/2015	39522,9687280522	Oct 6, 2015	39522,9687280522
19/08/2015	39522,9687280522	Oct 7, 2015	39522,9687280522
20/08/2015	39522,9687280522	Oct 8, 2015	39522,9687280522
21/08/2015	39522,9687280522	Oct 9, 2015	39522,9687280522
24/08/2015	39522,9687280522	Oct 12, 2015	39522,9687280522



**Lampiran Q**  
**Hasil Peramalan Harga Saham Menggunakan ARIMA Multistep**  
**PT. Astra Internasional Indonesia Tbk.**

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
01/07/2015	7062,4361168481	25/08/2015	7090,3309393747
02/07/2015	7047,9051375213	26/08/2015	7090,3309393747
03/07/2015	7047,5468352393	27/08/2015	7090,3309393747
06/07/2015	7061,9358439457	28/08/2015	7090,3309393747
07/07/2015	7076,9735575438	31/08/2015	7090,3309393747
08/07/2015	7040,5185381774	Sep 1, 2015	7090,3309393747
09/07/2015	7059,3023741351	Sep 2, 2015	7090,3309393747
10/07/2015	7067,2210378559	Sep 3, 2015	7090,3309393747
13/07/2015	7070,7101739925	Sep 4, 2015	7090,3309393747
14/07/2015	7075,0710292784	Sep 7, 2015	7090,3309393747
15/07/2015	7068,5670480955	Sep 8, 2015	7090,3309393747
22/07/2015	7044,7679090650	Sep 9, 2015	7090,3309393747
23/07/2015	7065,2751929940	Sep 10, 2015	7090,3309393747
24/07/2015	7050,2545718728	Sep 11, 2015	7090,3309393747
27/07/2015	7052,0411342084	Sep 14, 2015	7090,3309393747
28/07/2015	7060,5734911906	Sep 15, 2015	7090,3309393747
29/07/2015	7090,3309393747	Sep 16, 2015	7090,3309393747
30/07/2015	7090,3309393747	Sep 17, 2015	7090,3309393747
31/07/2015	7090,3309393747	Sep 18, 2015	7090,3309393747
03/08/2015	7090,3309393747	Sep 21, 2015	7090,3309393747
04/08/2015	7090,3309393747	Sep 22, 2015	7090,3309393747
05/08/2015	7090,3309393747	Sep 23, 2015	7090,3309393747
06/08/2015	7090,3309393747	Sep 25, 2015	7090,3309393747
07/08/2015	7090,3309393747	Sep 28, 2015	7090,3309393747
10/08/2015	7090,3309393747	Sep 29, 2015	7090,3309393747
11/08/2015	7090,3309393747	Sep 30, 2015	7090,3309393747
12/08/2015	7090,3309393747	Oct 1, 2015	7090,3309393747
13/08/2015	7090,3309393747	Oct 2, 2015	7090,3309393747
14/08/2015	7090,3309393747	Oct 5, 2015	7090,3309393747
18/08/2015	7090,3309393747	Oct 6, 2015	7090,3309393747
19/08/2015	7090,3309393747	Oct 7, 2015	7090,3309393747
20/08/2015	7090,3309393747	Oct 8, 2015	7090,3309393747
21/08/2015	7090,3309393747	Oct 9, 2015	7090,3309393747
24/08/2015	7090,3309393747	Oct 12, 2015	7090,3309393747

**Lampiran R**  
**Hasil Peramalan Harga Saham Menggunakan ARIMA Multistep**  
**Perusahaan Gas Negara**

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
01/07/2015	4308,6120919494	25/08/2015	3745,8288506790
02/07/2015	4313,9240801072	26/08/2015	3735,9261112252
03/07/2015	4285,7438797862	27/08/2015	3724,0189189358
06/07/2015	4260,4296346685	28/08/2015	3713,8242682135
07/07/2015	4198,7461138479	31/08/2015	3698,7272864001
08/07/2015	4200,5276976515	Sep 1, 2015	3684,0498012495
09/07/2015	4192,3679035878	Sep 2, 2015	3664,0488589247
10/07/2015	4192,7017106350	Sep 3, 2015	3653,3374545408
13/07/2015	4168,7216875248	Sep 4, 2015	3641,1709070917
14/07/2015	4146,8222196489	Sep 7, 2015	3630,2475881890
15/07/2015	4098,5202850323	Sep 8, 2015	3615,7653962792
22/07/2015	4096,2911764936	Sep 9, 2015	3601,5877401755
23/07/2015	4086,8450724712	Sep 10, 2015	3583,5454923724
24/07/2015	4083,5649427913	Sep 11, 2015	3572,2470334347
27/07/2015	4062,6340603904	Sep 14, 2015	3559,8922057449
28/07/2015	4043,2135679908	Sep 15, 2015	3548,4399063491
29/07/2015	4004,6260661710	Sep 16, 2015	3534,4040243994
30/07/2015	3999,4853744588	Sep 17, 2015	3520,5892218177
31/07/2015	3989,1054669650	Sep 18, 2015	3503,9688985915
03/08/2015	3983,2017809344	Sep 21, 2015	3492,2442643167
04/08/2015	3964,4844382482	Sep 22, 2015	3479,7527535973
05/08/2015	3946,8635711174	Sep 23, 2015	3467,9164380337
06/08/2015	3915,3283128155	Sep 25, 2015	3454,2045571439
07/08/2015	3908,0739420042	Sep 28, 2015	3440,6531699826
10/08/2015	3897,0161349751	Sep 29, 2015	3425,0651003723
11/08/2015	3889,2078644304	Sep 30, 2015	3413,0310818728
12/08/2015	3872,0974525277	Oct 1, 2015	3400,4403453900
13/08/2015	3855,7830328140	Oct 2, 2015	3388,3252512723
14/08/2015	3829,3673877388	Oct 5, 2015	3374,8485806538
18/08/2015	3820,5785804825	Oct 6, 2015	3361,4884213006
19/08/2015	3809,0286487248	Oct 7, 2015	3346,6497216251
20/08/2015	3799,8377350475	Oct 8, 2015	3334,3911040226
21/08/2015	3783,8938829880	Oct 9, 2015	3321,7283340757
24/08/2015	3768,5278856395	Oct 12, 2015	3309,4108592022

**Lampiran S**  
**Hasil Peramalan Harga Saham Menggunakan ARIMA Multistep – Kalman**  
**Filter**  
**PT. Unilever Indonesia Tbk.**

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
01/07/2015	39528,1393238731	25/08/2015	34000,0000102429
02/07/2015	40000,0000020255	26/08/2015	37099,9999801545
03/07/2015	40324,9999978783	27/08/2015	36250,0000054415
06/07/2015	41374,9999932875	28/08/2015	38749,9999839955
07/07/2015	40500,0000055994	31/08/2015	38000,0000048013
08/07/2015	40250,0000016009	Sep 1, 2015	39724,9999889569
09/07/2015	40699,9999971191	Sep 2, 2015	38925,0000051214
10/07/2015	40100,0000038411	Sep 3, 2015	38500,0000027208
13/07/2015	40199,999993598	Sep 4, 2015	38475,0000001600
14/07/2015	40349,999990397	Sep 7, 2015	38949,9999969592
15/07/2015	40000,0000022406	Sep 8, 2015	38150,0000051214
22/07/2015	40224,9999985596	Sep 9, 2015	37750,0000025607
23/07/2015	40025,0000012804	Sep 10, 2015	37999,9999983996
24/07/2015	40149,9999991998	Sep 11, 2015	37750,0000016004
27/07/2015	39975,0000011203	Sep 14, 2015	38749,9999935982
28/07/2015	39750,0000014404	Sep 15, 2015	40249,9999903973
29/07/2015	39999,9999983996	Sep 16, 2015	39000,0000080022
30/07/2015	39700,0000019205	Sep 17, 2015	38425,0000036810
31/07/2015	38500,0000076821	Sep 18, 2015	39099,9999956788
03/08/2015	39999,9999903973	Sep 21, 2015	39100,0000000000
04/08/2015	38875,0000072020	Sep 22, 2015	39000,0000006402
05/08/2015	38600,0000017605	Sep 23, 2015	38050,0000060817
06/08/2015	39199,9999961589	Sep 25, 2015	36950,0000070420
07/08/2015	38450,0000048013	Sep 28, 2015	36250,0000044812
10/08/2015	38699,9999983996	Sep 29, 2015	36100,0000009603
11/08/2015	38450,0000016004	Sep 30, 2015	37999,99999878366
12/08/2015	37250,0000076821	Oct 1, 2015	38000,0000000000
13/08/2015	35750,0000096027	Oct 2, 2015	38799,9999948786
14/08/2015	37099,9999913576	Oct 5, 2015	37800,0000064018
18/08/2015	36800,0000019205	Oct 6, 2015	38999,9999923179
19/08/2015	36625,0000011203	Oct 7, 2015	39449,9999971192
20/08/2015	35925,0000044812	Oct 8, 2015	39000,0000028808
21/08/2015	35775,0000009603	Oct 9, 2015	39499,9999967991
24/08/2015	35600,0000011203	Oct 12, 2015	39050,0000028808

**Lampiran T**  
**Hasil Peramalan Harga Saham Menggunakan ARIMA Multistep – Kalman**  
**Filter**  
**PT. Astra Internasional Indonesia Tbk.**

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
01/07/2015	7062,4361168481	25/08/2015	5675,0000745930
02/07/2015	7025,0000135600	26/08/2015	5600,0000149186
03/07/2015	7074,9999870245	27/08/2015	5624,9999950271
06/07/2015	7050,0000049610	28/08/2015	5824,9999602171
07/07/2015	7000,0000129120	31/08/2015	5775,0000099457
08/07/2015	6900,0000229427	Sep 1, 2015	5924,9999701628
09/07/2015	6650,0000432646	Sep 2, 2015	5700,0000447558
10/07/2015	6650,0000035601	Sep 3, 2015	5974,9999452985
13/07/2015	6674,9999964880	Sep 4, 2015	6149,9999651899
14/07/2015	6799,9999756566	Sep 7, 2015	6199,9999900543
15/07/2015	6849,9999908491	Sep 8, 2015	5850,0000696201
22/07/2015	6825,0000037433	Sep 9, 2015	5874,9999950271
23/07/2015	6949,9999701830	Sep 10, 2015	6099,9999552442
24/07/2015	6875,0000190773	Sep 11, 2015	6050,0000099457
27/07/2015	6650,0000423257	Sep 14, 2015	6124,9999850814
28/07/2015	6425,0000455820	Sep 15, 2015	6125,0000000000
29/07/2015	6350,0000166039	Sep 16, 2015	6025,0000198915
30/07/2015	6424,9999904046	Sep 17, 2015	5900,0000248643
31/07/2015	6574,9999701628	Sep 18, 2015	5924,9999950271
03/08/2015	6649,9999850814	Sep 21, 2015	5800,0000248643
04/08/2015	6699,9999900543	Sep 22, 2015	5800,0000000000
05/08/2015	6625,0000149186	Sep 23, 2015	5800,0000000000
06/08/2015	6799,9999651899	Sep 25, 2015	5500,0000596744
07/08/2015	6750,0000099457	Sep 28, 2015	5549,9999900543
10/08/2015	6600,0000298372	Sep 29, 2015	5175,0000745930
11/08/2015	6500,0000198915	Sep 30, 2015	5299,9999751357
12/08/2015	6175,0000646473	Oct 1, 2015	5225,0000149186
13/08/2015	6075,0000198915	Oct 2, 2015	5274,9999900543
14/08/2015	6399,9999353527	Oct 5, 2015	5125,0000298372
18/08/2015	6424,9999950271	Oct 6, 2015	5324,9999602171
19/08/2015	6175,0000497287	Oct 7, 2015	5924,9998806512
20/08/2015	6175,0000000000	Oct 8, 2015	6124,9999602170
21/08/2015	6199,9999950271	Oct 9, 2015	6324,9999602171
24/08/2015	6050,0000298372	Oct 12, 2015	6699,9999254070

**Lampiran U**  
**Hasil Peramalan Harga Saham Menggunakan ARIMA Multistep – Kalman**  
**Filter**  
**Perusahaan Gas Negara**

<b>Tanggal</b>	<b>Harga</b>	<b>Tanggal</b>	<b>Harga</b>
01/07/2015	4308,6120919494	25/08/2015	2880,0002126676
02/07/2015	4280,0000225152	26/08/2015	2845,0000125825
03/07/2015	4155,0000700036	27/08/2015	2800,0000268533
06/07/2015	4279,9999171694	28/08/2015	2899,9999214591
07/07/2015	4250,0000026011	31/08/2015	2755,0000993741
08/07/2015	4259,9999594270	Sep 1, 2015	2779,9999735407
09/07/2015	4175,0000491981	Sep 2, 2015	2789,9999845047
10/07/2015	4010,0000892642	Sep 3, 2015	2889,9999142323
13/07/2015	3980,0000172477	Sep 4, 2015	2889,9999936706
14/07/2015	4084,9999264819	Sep 7, 2015	2800,0000606243
15/07/2015	4239,9998973851	Sep 8, 2015	2480,0002364426
22/07/2015	4214,9999854840	Sep 9, 2015	2489,9999847848
23/07/2015	4249,9999777752	Sep 10, 2015	2455,0000194563
24/07/2015	4225,0000091006	Sep 11, 2015	2484,9999670632
27/07/2015	4100,0000729268	Sep 14, 2015	2684,9998371331
28/07/2015	3905,0001054143	Sep 15, 2015	2665,0000084548
29/07/2015	3934,9999702308	Sep 16, 2015	2620,0000289304
30/07/2015	3899,9999984087	Sep 17, 2015	2694,9999316667
31/07/2015	3984,9999437318	Sep 18, 2015	2789,9999148557
03/08/2015	3999,9999840749	Sep 21, 2015	2919,9998833914
04/08/2015	3999,9999962691	Sep 22, 2015	2850,0000493861
05/08/2015	3999,9999880418	Sep 23, 2015	2725,0000948135
06/08/2015	3994,9999917977	Sep 25, 2015	2680,0000297112
07/08/2015	3850,0000737664	Sep 28, 2015	2734,9999450237
10/08/2015	3625,0001426481	Sep 29, 2015	2710,0000120554
11/08/2015	3610,0000031239	Sep 30, 2015	2690,0000065838
12/08/2015	3375,0001505805	Oct 1, 2015	2530,0001292405
13/08/2015	3220,0000934782	Oct 2, 2015	2599,9999313916
14/08/2015	3409,9998630763	Oct 5, 2015	2699,9999048302
18/08/2015	3385,0000011186	Oct 6, 2015	2714,9999774024
19/08/2015	3375,0000015289	Oct 7, 2015	2874,9998488916
20/08/2015	3315,0000343228	Oct 8, 2015	2949,9999217059
21/08/2015	3334,9999806091	Oct 9, 2015	2890,0000442476
24/08/2015	3195,0000880074	Oct 12, 2015	2999,9998903616

**Lampiran V**  
**Hasil Peramalan Harga Saham Menggunakan ARIMA Onestep**  
**PT. Unilever Indonesia Tbk.**

<b>Tanggal</b>	<b>Harga</b>	<b>Tanggal</b>	<b>Harga</b>
01/07/2015	39528,1393238731	25/08/2015	34360,1833455767
02/07/2015	39887,4427045072	26/08/2015	36402,1447679450
03/07/2015	40251,8377579297	27/08/2015	36441,3474023376
06/07/2015	41138,6296794652	28/08/2015	38187,2135225363
07/07/2015	40696,9752671122	31/08/2015	38168,8359432390
08/07/2015	40306,2786477463	Sep 1, 2015	39336,6773305500
09/07/2015	40598,6984340565	Sep 2, 2015	39105,0916727883
10/07/2015	40235,0687545912	Sep 3, 2015	38595,6737011688
13/07/2015	40177,4885409014	Sep 4, 2015	38480,6278647746
14/07/2015	40316,2328113521	Sep 7, 2015	38843,0705692819
15/07/2015	40078,7901068449	Sep 8, 2015	38330,0916727883
22/07/2015	40174,3492170282	Sep 9, 2015	37840,0458363941
23/07/2015	40070,0229181970	Sep 10, 2015	37943,7213522536
24/07/2015	40121,8606761268	Sep 11, 2015	37806,2786477463
27/07/2015	40014,3950534224	Sep 14, 2015	38524,8854090145
28/07/2015	39800,6507829717	Sep 15, 2015	39912,3281135218
29/07/2015	39943,7213522536	Sep 16, 2015	39281,3932387318
30/07/2015	39767,5343772956	Sep 17, 2015	38554,4408898166
31/07/2015	38770,1375091825	Sep 18, 2015	38948,0476510848
03/08/2015	39662,3281135218	Sep 21, 2015	39100,0000000000
04/08/2015	39128,2539148586	Sep 22, 2015	39022,5114590985
05/08/2015	38661,9065125210	Sep 23, 2015	38263,8588614361
06/08/2015	39064,9312454087	Sep 25, 2015	37197,6260500840
07/08/2015	38618,8359432390	Sep 28, 2015	36407,5802136898
10/08/2015	38643,7213522536	Sep 29, 2015	36133,7671886478
11/08/2015	38506,2786477463	Sep 30, 2015	37572,2822771276
12/08/2015	37520,1375091825	Oct 1, 2015	38000,0000000000
13/08/2015	36087,6718864781	Oct 2, 2015	38619,9083272116
14/08/2015	36796,0953021696	Oct 5, 2015	38025,1145909854
18/08/2015	36867,5343772956	Oct 6, 2015	38729,8624908174
19/08/2015	36664,3950534224	Oct 7, 2015	39348,6984340565
20/08/2015	36082,5802136898	Oct 8, 2015	39101,3015659434
21/08/2015	35808,7671886478	Oct 9, 2015	39387,4427045072
24/08/2015	35639,3950534224	Oct 12, 2015	39151,3015659434

**Lampiran W**  
**Hasil Peramalan Harga Saham Menggunakan ARIMA Onestep**  
**PT. Astra Internasional Indonesia Tbk.**

<b>Tanggal</b>	<b>Harga</b>	<b>Tanggal</b>	<b>Harga</b>
01/07/2015	7062,4361168481	25/08/2015	5697,8920891295
02/07/2015	7010,4690206732	26/08/2015	5609,6420762803
03/07/2015	7074,6416977181	27/08/2015	5632,8942628103
06/07/2015	7064,3890087064	28/08/2015	5815,3548472818
07/07/2015	7015,0377135981	31/08/2015	5803,2538242582
08/07/2015	6863,5449806335	Sep 1, 2015	5922,2671327462
09/07/2015	6668,7838359577	Sep 2, 2015	5678,3261713400
10/07/2015	6657,9186637208	Sep 3, 2015	5959,9092781617
13/07/2015	6678,4891361365	Sep 4, 2015	6099,5250398295
14/07/2015	6804,3608552859	Sep 7, 2015	6184,2904436132
15/07/2015	6843,4960188171	Sep 8, 2015	5898,2426759506
22/07/2015	6801,2008609695	Sep 9, 2015	5875,4557355164
23/07/2015	6970,5072839290	Sep 10, 2015	6065,2681559484
24/07/2015	6859,9793788788	Sep 11, 2015	6054,5501563757
27/07/2015	6651,7865623356	Sep 14, 2015	6133,5945045842
28/07/2015	6433,5323569821	Sep 15, 2015	6104,7292419526
29/07/2015	6379,7574481841	Sep 16, 2015	5968,8174504285
30/07/2015	6419,4891875364	Sep 17, 2015	5885,5897194933
31/07/2015	6584,4993325992	Sep 18, 2015	5927,2607750102
03/08/2015	6646,3725998757	Sep 21, 2015	5828,2790732578
04/08/2015	6690,5215662955	Sep 22, 2015	5794,0595335710
05/08/2015	6608,0657846151	Sep 23, 2015	5817,9217397306
06/08/2015	6768,5649463701	Sep 25, 2015	5467,2809952389
07/08/2015	6747,2349109356	Sep 28, 2015	5593,6720998398
10/08/2015	6602,5144712857	Sep 29, 2015	5202,9824513684
11/08/2015	6517,8871004640	Sep 30, 2015	5314,7904940311
12/08/2015	6181,7183455095	Oct 1, 2015	5175,7905173337
13/08/2015	6072,2772792798	Oct 2, 2015	5271,5785439543
14/08/2015	6421,9040920636	Oct 5, 2015	5158,0542116953
18/08/2015	6410,9407765828	Oct 6, 2015	5322,7524393238
19/08/2015	6144,0898235273	Oct 7, 2015	5935,3706235847
20/08/2015	6141,6157091194	Oct 8, 2015	6123,7348393218
21/08/2015	6187,7035549430	Oct 9, 2015	6313,2633954251
24/08/2015	6056,6599647459	Oct 12, 2015	6689,8696741151

**Lampiran X**  
**Hasil Peramalan Harga Saham Menggunakan ARIMA Onestep**  
**Perusahaan Gas Negara**

<b>Tanggal</b>	<b>Harga</b>	<b>Tanggal</b>	<b>Harga</b>
01/07/2015	4308,6120919494	25/08/2015	2862,5834915694
02/07/2015	4285,3119881577	26/08/2015	2874,6638817726
03/07/2015	4126,8197996791	27/08/2015	2835,1137851976
06/07/2015	4254,6857548822	28/08/2015	2989,6631632261
07/07/2015	4188,3164791795	31/08/2015	2777,0951390383
08/07/2015	4261,7815838035	Sep 1, 2015	2741,4898089457
09/07/2015	4173,5696072863	Sep 2, 2015	2777,9694728029
10/07/2015	4040,9824457619	Sep 3, 2015	2925,5727126201
13/07/2015	3919,9928646935	Sep 4, 2015	2896,7077093490
14/07/2015	4064,2025950311	Sep 7, 2015	2916,7604274701
15/07/2015	4174,8385088492	Sep 8, 2015	2491,8344168069
22/07/2015	4233,1814265678	Sep 9, 2015	2447,1115447273
23/07/2015	4283,9097818812	Sep 10, 2015	2416,3949738892
24/07/2015	4258,3121351117	Sep 11, 2015	2515,6682386840
27/07/2015	4014,1063061913	Sep 14, 2015	2709,0921415765
28/07/2015	3845,0330058193	Sep 15, 2015	2848,9639562962
29/07/2015	3874,7274601755	Sep 16, 2015	2625,5002427900
30/07/2015	3905,7208106151	Sep 17, 2015	2658,4871221169
31/07/2015	4019,9497713841	Sep 18, 2015	2742,3165077655
03/08/2015	4057,8947748916	Sep 21, 2015	2898,9154427995
04/08/2015	3959,7837460117	Sep 22, 2015	2874,3375790810
05/08/2015	3931,7844613981	Sep 23, 2015	2908,8781624860
06/08/2015	3941,7784167716	Sep 25, 2015	2664,1245237374
07/08/2015	3831,9845792630	Sep 28, 2015	2674,0397446924
10/08/2015	3651,5415842683	Sep 29, 2015	2630,0713125374
11/08/2015	3662,1230791779	Sep 30, 2015	2682,6757303193
12/08/2015	3332,8237062207	Oct 1, 2015	2579,2688842459
13/08/2015	3152,0881775010	Oct 2, 2015	2783,7957018024
14/08/2015	3389,4268152387	Oct 5, 2015	2668,2831469072
18/08/2015	3417,0807482374	Oct 6, 2015	2658,7654761884
19/08/2015	3400,5158882924	Oct 7, 2015	2799,3580042579
20/08/2015	3416,8462802273	Oct 8, 2015	2977,0689130124
21/08/2015	3327,3949335577	Oct 9, 2015	2917,3687061070
24/08/2015	3081,5172027913	Oct 12, 2015	3149,6132691620



**Lampiran Y**  
**Hasil Peramalan Harga Saham Menggunakan ARIMA Onestep – Kalman**  
**Filter**  
**PT. Unilever Indonesia Tbk.**

<b>Tanggal</b>	<b>Harga</b>	<b>Tanggal</b>	<b>Harga</b>
01/07/2015	39528,1393238731	25/08/2015	34000,0000112710
02/07/2015	40000,0000020255	26/08/2015	37099,9999634061
03/07/2015	40325,000002426	27/08/2015	36250,0000230528
06/07/2015	41374,9999957931	28/08/2015	38749,9999814683
07/07/2015	40500,0000105563	31/08/2015	38000,0000178737
08/07/2015	40249,999988843	Sep 1, 2015	39724,9999880339
09/07/2015	40699,9999948516	Sep 2, 2015	38925,0000130249
10/07/2015	40100,0000054316	Sep 3, 2015	38500,0000012807
13/07/2015	40199,9999971637	Sep 4, 2015	38474,9999968010
14/07/2015	40349,9999987144	Sep 7, 2015	38949,9999960177
15/07/2015	40000,0000030106	Sep 8, 2015	38150,0000077338
22/07/2015	40224,9999971327	Sep 9, 2015	37749,9999992933
23/07/2015	40025,0000018334	Sep 10, 2015	37999,9999948834
24/07/2015	40149,9999985741	Sep 11, 2015	37750,0000024596
27/07/2015	39975,0000014098	Sep 14, 2015	38749,9999920470
28/07/2015	39750,0000007365	Sep 15, 2015	40249,9999948560
29/07/2015	39999,9999970814	Sep 16, 2015	39000,0000169465
30/07/2015	39700,0000027815	Sep 17, 2015	38424,9999997310
31/07/2015	38500,0000064807	Sep 18, 2015	39099,9999906751
03/08/2015	39999,9999835968	Sep 21, 2015	39100,0000026314
04/08/2015	38875,0000130029	Sep 22, 2015	39000,0000016519
05/08/2015	38599,9999983771	Sep 23, 2015	38050,0000057311
06/08/2015	39199,9999929082	Sep 25, 2015	36950,0000024606
07/08/2015	38450,0000075923	Sep 28, 2015	36249,9999976178
10/08/2015	38699,9999953798	Sep 29, 2015	36099,9999953232
11/08/2015	38450,0000018411	Sep 30, 2015	37999,9999833684
12/08/2015	37250,0000071709	Oct 1, 2015	38000,0000107163
13/08/2015	35750,0000038788	Oct 2, 2015	38799,9999974556
14/08/2015	37099,9999791536	Oct 5, 2015	37800,0000109484
18/08/2015	36800,0000075947	Oct 6, 2015	38999,9999876745
19/08/2015	36625,0000018131	Oct 7, 2015	39450,0000018187
20/08/2015	35925,0000037061	Oct 8, 2015	39000,0000069775
21/08/2015	35774,9999967735	Oct 9, 2015	39499,9999951259
24/08/2015	35599,9999992476	Oct 12, 2015	39050,0000047639

**Lampiran Z**  
**Hasil Peramalan Harga Saham Menggunakan ARIMA Onestep – Kalman**  
**Filter**  
**PT. Astra Internasional Tbk.**

<b>Tanggal</b>	<b>Harga</b>	<b>Tanggal</b>	<b>Harga</b>
01/07/2015	7062,4361168481	25/08/2015	5675,0000673004
02/07/2015	7025,0000135600	26/08/2015	5599,9999195644
03/07/2015	7074,9999793090	27/08/2015	5624,9999644944
06/07/2015	7050,0000179340	28/08/2015	5824,9999443151
07/07/2015	7000,0000079717	31/08/2015	5775,0000705751
08/07/2015	6900,0000103840	Sep 1, 2015	5924,9999518922
09/07/2015	6650,0000214396	Sep 2, 2015	5700,0000987943
10/07/2015	6649,9999575710	Sep 3, 2015	5974,9998418985
13/07/2015	6674,9999919161	Sep 4, 2015	6150,0000341436
14/07/2015	6799,9999765981	Sep 7, 2015	6200,0000252826
15/07/2015	6850,0000168806	Sep 8, 2015	5850,0001140416
22/07/2015	6825,0000137500	Sep 9, 2015	5874,9999150395
23/07/2015	6949,9999638582	Sep 10, 2015	6099,9999282477
24/07/2015	6875,0000510420	Sep 11, 2015	6050,0000671578
27/07/2015	6650,0000246479	Sep 14, 2015	6124,9999766241
28/07/2015	6425,0000052409	Sep 15, 2015	6125,0000212541
29/07/2015	6349,9999671897	Sep 16, 2015	6025,0000190987
30/07/2015	6424,9999685332	Sep 17, 2015	5899,9999974373
31/07/2015	6574,9999733102	Sep 18, 2015	5924,9999690348
03/08/2015	6650,0000216811	Sep 21, 2015	5800,0000475196
04/08/2015	6700,0000028265	Sep 22, 2015	5799,9999714882
05/08/2015	6625,0000266968	Sep 23, 2015	5799,9999898568
06/08/2015	6799,9999412263	Sep 25, 2015	5500,0000956875
07/08/2015	6750,0000469629	Sep 28, 2015	5549,9998723832
10/08/2015	6600,0000282765	Sep 29, 2015	5175,0001608531
11/08/2015	6499,9999904673	Sep 30, 2015	5299,9998203149
12/08/2015	6175,0000568913	Oct 1, 2015	5225,0000668694
13/08/2015	6074,9999428298	Oct 2, 2015	5274,9999303278
14/08/2015	6399,9998826915	Oct 5, 2015	5125,0000891048
18/08/2015	6425,0000832860	Oct 6, 2015	5324,9998833472
19/08/2015	6175,0000581584	Oct 7, 2015	5924,9998482334
20/08/2015	6174,9999319156	Oct 8, 2015	6125,0001367917
21/08/2015	6199,9999927129	Oct 9, 2015	6324,9999984994
24/08/2015	6050,0000513282	Oct 12, 2015	6699,9999550267

**Lampiran AA**  
**Hasil Peramalan Harga Saham Menggunakan ARIMA Onestep – Kalman**  
**Filter**  
**Perusahaan Gas Negara**

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
01/07/2015	4308,6120919494	25/08/2015	2880,0000831189
02/07/2015	4280,0000225152	26/08/2015	2844,9997930355
03/07/2015	4155,0000554654	27/08/2015	2800,0000689820
06/07/2015	4279,9998363766	28/08/2015	2899,9998276679
07/07/2015	4250,0000898239	31/08/2015	2755,0003390762
08/07/2015	4259,9999565093	Sep 1, 2015	2779,9997136234
09/07/2015	4175,0000879364	Sep 2, 2015	2789,9999392758
10/07/2015	4010,0000451185	Sep 3, 2015	2889,9999185204
13/07/2015	3979,9999403650	Sep 4, 2015	2890,0001793899
14/07/2015	4084,9998541263	Sep 7, 2015	2800,0000732804
15/07/2015	4239,9999971357	Sep 8, 2015	2480,0003989195
22/07/2015	4215,0000805617	Sep 9, 2015	2489,9994020980
23/07/2015	4250,0000133372	Sep 10, 2015	2454,9999838268
24/07/2015	4225,0000413724	Sep 11, 2015	2484,9998958521
27/07/2015	4100,0000550129	Sep 14, 2015	2684,9998452729
28/07/2015	3904,9999751074	Sep 15, 2015	2665,0003085078
29/07/2015	3934,9998684651	Sep 16, 2015	2620,0002249460
30/07/2015	3900,0000435519	Sep 17, 2015	2694,9995931095
31/07/2015	3984,9999647276	Sep 18, 2015	2789,9999134864
03/08/2015	4000,0000628333	Sep 21, 2015	2919,9999441071
04/08/2015	4000,0000229277	Sep 22, 2015	2850,0002816941
05/08/2015	3999,9999383262	Sep 23, 2015	2725,0001220548
06/08/2015	3994,9999849397	Sep 25, 2015	2680,0000918769
07/08/2015	3850,0000998568	Sep 28, 2015	2734,9996048366
10/08/2015	3625,0000802029	Sep 29, 2015	2710,0000491958
11/08/2015	3609,9998832423	Sep 30, 2015	2689,9999645024
12/08/2015	3375,0001830267	Oct 1, 2015	2530,0002970735
13/08/2015	3219,9998663508	Oct 2, 2015	2599,9997482057
14/08/2015	3409,9996330386	Oct 5, 2015	2700,0001369713
18/08/2015	3385,0002452381	Oct 6, 2015	2714,9998215910
19/08/2015	3375,0000322149	Oct 7, 2015	2874,9997599631
20/08/2015	3315,0000377399	Oct 8, 2015	2950,0000982725
21/08/2015	3334,9999965039	Oct 9, 2015	2890,0002789756
24/08/2015	3195,0000475986	Oct 12, 2015	2999,9998026711

**Lampiran AB**  
**Nilai Return Berdasarkan Hasil Prediksi Harga Saham ARIMA Multistep –**  
**Kalman Filter**

1. Return Saham PT. Unilever Indonesia Tbk.

Tanggal	Return	Tanggal	Return
01/07/2015	0,00071239	25/08/2015	-0,0449438
02/07/2015	0,01193734	26/08/2015	0,09117647
03/07/2015	0,008125	27/08/2015	-0,0229111
06/07/2015	0,02603844	28/08/2015	0,06896552
07/07/2015	-0,021148	31/08/2015	-0,0193548
08/07/2015	-0,0061728	Sep 1, 2015	0,04539474
09/07/2015	0,01118012	Sep 2, 2015	-0,0201385
10/07/2015	-0,014742	Sep 3, 2015	-0,0109184
13/07/2015	0,00249377	Sep 4, 2015	-0,0006494
14/07/2015	0,00373134	Sep 7, 2015	0,01234568
15/07/2015	-0,0086741	Sep 8, 2015	-0,0205392
22/07/2015	0,005625	Sep 9, 2015	-0,0104849
23/07/2015	-0,004972	Sep 10, 2015	0,00662252
24/07/2015	0,00312305	Sep 11, 2015	-0,0065789
27/07/2015	-0,0043587	Sep 14, 2015	0,02649007
28/07/2015	-0,0056285	Sep 15, 2015	0,03870968
29/07/2015	0,00628931	Sep 16, 2015	-0,0310559
30/07/2015	-0,0075	Sep 17, 2015	-0,0147436
31/07/2015	-0,0302267	Sep 18, 2015	0,01756669
03/08/2015	0,03896104	Sep 21, 2015	1,1052E-10
04/08/2015	-0,028125	Sep 22, 2015	-0,0025575
05/08/2015	-0,007074	Sep 23, 2015	-0,024359
06/08/2015	0,01554404	Sep 25, 2015	-0,0289093
07/08/2015	-0,0191327	Sep 28, 2015	-0,0189445
10/08/2015	0,00650195	Sep 29, 2015	-0,0041379
11/08/2015	-0,0064599	Sep 30, 2015	0,05263158
12/08/2015	-0,0312094	Oct 1, 2015	3,2009E-10
13/08/2015	-0,0402685	Oct 2, 2015	0,02105263
14/08/2015	0,03776224	Oct 5, 2015	-0,0257732
18/08/2015	-0,0080863	Oct 6, 2015	0,03174603
19/08/2015	-0,0047554	Oct 7, 2015	0,01153846
20/08/2015	-0,0191126	Oct 8, 2015	-0,0114068
21/08/2015	-0,0041754	Oct 9, 2015	0,01282051
24/08/2015	-0,0048917	Oct 12, 2015	-0,0113924

2. Return PT. Astra Internasional Indonesia Tbk.

Tanggal	Return	Tanggal	Return
01/07/2015	-0,00178	25/08/2015	-0,06198
02/07/2015	-0,0053	26/08/2015	-0,01322
03/07/2015	0,007117	27/08/2015	0,004464
06/07/2015	-0,00353	28/08/2015	0,035556
07/07/2015	-0,00709	31/08/2015	-0,00858
08/07/2015	-0,01429	Sep 1, 2015	0,025974
09/07/2015	-0,03623	Sep 2, 2015	-0,03797
10/07/2015	-6E-09	Sep 3, 2015	0,048246
13/07/2015	0,003759	Sep 4, 2015	0,029289
14/07/2015	0,018727	Sep 7, 2015	-0,00813
15/07/2015	0,007353	Sep 8, 2015	-0,05645
22/07/2015	-0,00365	Sep 9, 2015	0,004273
23/07/2015	0,018315	Sep 10, 2015	0,038298
24/07/2015	-0,01079	Sep 11, 2015	-0,0082
27/07/2015	-0,03273	Sep 14, 2015	0,012397
28/07/2015	-0,03383	Sep 15, 2015	2,44E-09
29/07/2015	-0,01167	Sep 16, 2015	-0,01633
30/07/2015	0,011811	Sep 17, 2015	-0,02075
31/07/2015	0,023346	Sep 18, 2015	0,004237
03/08/2015	0,011407	Sep 21, 2015	-0,0211
04/08/2015	0,007519	Sep 22, 2015	-4,3E-09
05/08/2015	-0,01119	Sep 23, 2015	0
06/08/2015	0,026415	Sep 25, 2015	-0,05172
07/08/2015	-0,00735	Sep 28, 2015	0,009091
10/08/2015	-0,02222	Sep 29, 2015	-0,06757
11/08/2015	-0,01515	Sep 30, 2015	0,024155
12/08/2015	-0,05	Oct 1, 2015	-0,01415
13/08/2015	-0,01619	Oct 2, 2015	0,009569
14/08/2015	0,053498	Oct 5, 2015	-0,02844
18/08/2015	0,003906	Oct 6, 2015	0,039024
19/08/2015	-0,03891	Oct 7, 2015	0,112676
20/08/2015	-8,1E-09	Oct 8, 2015	0,033755
21/08/2015	0,004049	Oct 9, 2015	0,032653
24/08/2015	-0,02419	Oct 12, 2015	0,059289

### 3. Return Perusahaan Gas Negara

Tanggal	Return	Tanggal	Return
01/07/2015	-0,00148	25/08/2015	-0,09859
02/07/2015	-0,00664	26/08/2015	-0,01215
03/07/2015	-0,02921	27/08/2015	-0,01582
06/07/2015	0,030084	28/08/2015	0,035714
07/07/2015	-0,00701	31/08/2015	-0,05
08/07/2015	0,002353	Sep 1, 2015	0,009074
09/07/2015	-0,01995	Sep 2, 2015	0,003597
10/07/2015	-0,03952	Sep 3, 2015	0,035842
13/07/2015	-0,00748	Sep 4, 2015	2,75E-08
14/07/2015	0,026382	Sep 7, 2015	-0,03114
15/07/2015	0,037944	Sep 8, 2015	-0,11429
22/07/2015	-0,0059	Sep 9, 2015	0,004032
23/07/2015	0,008304	Sep 10, 2015	-0,01406
24/07/2015	-0,00588	Sep 11, 2015	0,01222
27/07/2015	-0,02959	Sep 14, 2015	0,080483
28/07/2015	-0,04756	Sep 15, 2015	-0,00745
29/07/2015	0,007682	Sep 16, 2015	-0,01689
30/07/2015	-0,00889	Sep 17, 2015	0,028626
31/07/2015	0,021795	Sep 18, 2015	0,03525
03/08/2015	0,003764	Sep 21, 2015	0,046595
04/08/2015	3,05E-09	Sep 22, 2015	-0,02397
05/08/2015	-2,1E-09	Sep 23, 2015	-0,04386
06/08/2015	-0,00125	Sep 25, 2015	-0,01651
07/08/2015	-0,0363	Sep 28, 2015	0,020522
10/08/2015	-0,05844	Sep 29, 2015	-0,00914
11/08/2015	-0,00414	Sep 30, 2015	-0,00738
12/08/2015	-0,0651	Oct 1, 2015	-0,05948
13/08/2015	-0,04593	Oct 2, 2015	0,027668
14/08/2015	0,059006	Oct 5, 2015	0,038462
18/08/2015	-0,00733	Oct 6, 2015	0,005556
19/08/2015	-0,00295	Oct 7, 2015	0,058932
20/08/2015	-0,01778	Oct 8, 2015	0,026087
21/08/2015	0,006033	Oct 9, 2015	-0,02034
24/08/2015	-0,04198	Oct 12, 2015	0,038062



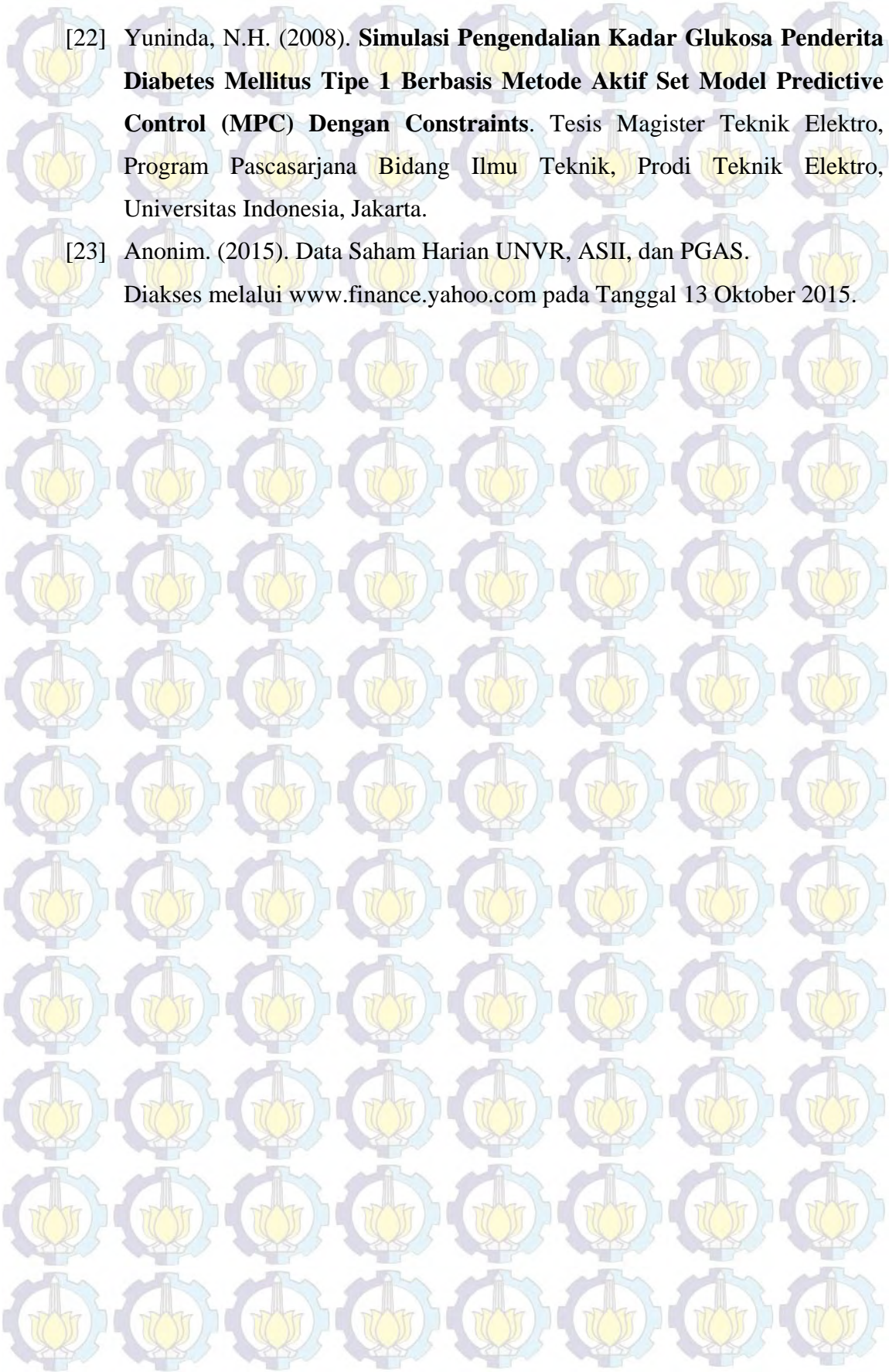
Halaman ini sengaja dikosongkan.

## Daftar Pustaka

- [1] Darmaji, T. dan Fakhruddin, H. M. (2011). **Pasar Modal di Indonesia**. Edisi 3. Jakarta: Salemba Empat.
- [2] Kemenkau. (2013). **Perdagangan Saham 2013 Resmi Ditutup, IHSG Menguat ke Level 4,274**. Diakses melalui [www.kemenkeu.go.id](http://www.kemenkeu.go.id) pada tanggal 4 Agustus 2015 pukul 19.35 WIB.
- [3] Idx. **Penutupan Perdagangan Tahun 2014**. Diakses melalui [www.idx.co.id](http://www.idx.co.id) pada tanggal 4 Agustus 2015 pukul 19.35 WIB.
- [4] Halim, A. (2003). **Analisis Investasi**. Jakarta: Salemba Empat.
- [5] Dombrovskiy, V.V, Dombrovskiy, D.V, dan Lyashenko, E.A. (2004). **Investment Portfolio Optimization with Transaction Costs and Constraints Using Model Predictive Control**. *KORUS 2004 Proceedings The 8th Russian-Korean International Symposium*, Vol. 3, Hal. 202-205.
- [6] Bordons, C., dan Camacho, E. F. (1999). **Model Predictive Control**. Springer-Verlag, London Limited.
- [7] Ahsan, M., O'Connor, K. M. (1994). **A Reappraisal of the Kalman Filtering Technique, as Applied in River Flow Forecasting**. *Journal of Hidrology*, Vol. 161, Hal. 197-226. *Technometrics*, 22(1), 397-408.
- [8] Galanis, G., Louka P., Katsafados, P., Kallos, G., dan Phytharoulis, I. (2006). **Application of Kalman Filter Based On Non-Linear Function to Numerical Weather Prediction**. *Annales Geophysicae*, Vol. 24, Hal. 1-10.
- [9] Markowitz, H. (1952). **Portfolio Selection**. *Journal of Finance*, Vol. 7, No. 1, Hal. 77-91.
- [10] Syaifudin, W. H. (2015). **Penerapan Model Prediktif Kontrol (MPC) pada Optimasi Portofolio Saham**. Tesis Program Magister Jurusan Matematika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [11] Green, S. (2011). **Time Series Analysis of Stock Prices Using the Box-Jenkins Approach**. *Electronic Theses and Dissertations*. Paper 668.



- [12] Paul, J. C., Horque, S., Rahman, M. M. (013). **Selection of Best ARIMA Model for Forecasting Average Daily Share Price Index of Pharmaceutical Comanies in Bangladesh: A Case Study on Square Pharmaceutical Ltd**, *Global Journal of Management and Business Research Finance*, Vol. 13, Hal. 15-26.
- [13] Ramos, P., Santos, N., Rebelo, R. (2015). **Performance of State and ARIMA Models for Consumer Retail Sales Forecasting**. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 34, Hal. 151-163.
- [14] Tresnawati, R., Nuraini, T. A., Hanggoro, W. (2010). **Prediksi Curah Hujan Bulanan Menggunakan Metode Kalman Filter dengan Prediktor SST NINO 3.4 Diprediksi**. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, Vol. 11, Hal. 108-119.
- [15] Cassola, F., Burlando, M. (2012). **Wind Speed and Wind Energy Forecast Through Kalman Filtering of Numerical Weather Prediction Model Output**. *Journal Applied Energy*, Vol. 99, Hal. 154-166.
- [16] Yuliati, S.H., dkk. (1996). **Manajemen Portofolio dan Analisis Investasi**. Yogyakarta: Andi.
- [17] Hadi, A., Hartatik, Pramesti, G. (2012). **Aplikasi SPSS dalam Saham**. Jakarta: Gramedia.
- [18] Makridakis, McGee, dan Wheelright, W. (1999). **Metode dan Aplikasi Peramalan**. Edisi kedua. Terj. Andriyanto, U.S. Bina Rupa Aksara: Jakarta.
- [19] Wei, W.S (2006). **Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods**. Pearson Education Inc.: Amerika.
- [20] Devi, B. U., Sundar, D., Alli, P. (2013). **An Effective Time Series Analysis for Stock Trend Prediction Using ARIMA Model for Nifty Midcap-50**. *International Journal of Data Minimh & Knowledge Management Process (IJDKP)*, Vol. 3, No. 1.
- [21] Asfihani, T. (2011). **Penerapan Kendali Optimal dan Metode EKF-UI-WDF Untuk Estimasi Panduan Peluru Kendali Pada Penembakan Target**. Tesis Program Magister Jurusan Matematika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

- 
- [22] Yuninda, N.H. (2008). **Simulasi Pengendalian Kadar Glukosa Penderita Diabetes Mellitus Tipe 1 Berbasis Metode Aktif Set Model Predictive Control (MPC) Dengan Constraints**. Tesis Magister Teknik Elektro, Program Pascasarjana Bidang Ilmu Teknik, Prodi Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Jakarta.
- [23] Anonim. (2015). Data Saham Harian UNVR, ASII, dan PGAS. Diakses melalui [www.finance.yahoo.com](http://www.finance.yahoo.com) pada Tanggal 13 Oktober 2015.



Halaman ini sengaja dikosongkan.

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Irma Fitria, lahir di Amuntai, 23 Maret 1993. Penulis merupakan anak terakhir dari pasangan Drs. Rosady Zainuddin dan Mursiah. Penulis menempuh pendidikan formal dimulai dari TK Sadar Ibu Banjarmasin (1998-1999), SDN Telaga Biru 6 Banjarmasin (1999-2005), SMP Negeri 2 Banjarmasin (2005-2008), dan SMA Negeri 1 Banjarmasin (2008-2010). Setelah lulus dari SMA, pada tahun 2010 penulis melanjutkan studi ke jenjang S1 di Jurusan Matematika ITS Surabaya melalui jalur

PMDK Reguler dengan NRP 1210 100 008. Di Jurusan Matematika, penulis mengambil Bidang Minat Pemodelan dan Simulasi Sistem. Selain aktif kuliah, penulis juga aktif berorganisasi di KM ITS melalui HIMATIKA ITS sebagai staf Depart. Pengabdian Masyarakat (2011-2012) dan Bendahara Umum PENGMAS (2012-2013). Selain itu, penulis juga merupakan bagian dari tim Pemandu ITS dalam pelatihan kemahasiswaan, yaitu LKMM Pra-TD dan LKMM TD. Disamping itu, sejak semester 5 penulis dipercaya menjadi asisten dosen matakuliah kalkulus I dan kalulus II. Pada Tahun 2014, penulis berhasil lulus dari S1 Matematika ITS dengan Tugas Akhir yang berjudul “Kendali Optimal Dalam Produksi Sumber Energi Terbarukan dan Tidak Terbarukan”. Kemudian pada Tahun 2014, penulis melanjutkan pendidikan S2 di Jurusan Matematika ITS dan terdaftar dengan NRP 1214 201 038. Selama 3 semester menempuh program magister, penulis mengambil Bidang Studi Pemodelan dan Simulasi Sistem.

Informasi lebih lanjut mengenai Tesis ini dapat ditujukan ke penulis melalui email: [irma.fitria.fitria@gmail.com](mailto:irma.fitria.fitria@gmail.com).



Halaman ini sengaja dikosongkan.