



TUGAS AKHIR - KM184801

***MODEL PREDICTIVE CONTROL DALAM OPTIMISASI
PORTOFOLIO SAHAM BERDASARKAN DATA PREDIKSI
HARGA SAHAM MENGGUNAKAN HOLT WINTER'S
EXPONENTIAL SMOOTHING***

**CHOIRIYAH SAPTA AGUSTINA
0611164000074**

Dosen Pembimbing
Subchan, Ph.D
Dr. Tahiyatul Asfihani, S.Si, M.Si

Departemen Matematika
Fakultas Sains dan Analitika Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



TUGAS AKHIR - KM184801

***MODEL PREDICTIVE CONTROL DALAM OPTIMISASI
PORTOFOLIO SAHAM BERDASARKAN DATA
PREDIKSI HARGA SAHAM MENGGUNAKAN HOLT
WINTER'S EXPONENTIAL SMOOTHING***

CHOIRIYAH SAPTA AGUSTINA

06111640000074

Dosen Pembimbing

Subchan, Ph.D

Dr. Tahiyatul Asfihani, S.Si, M.Si

DEPARTEMEN MATEMATIKA

Fakultas Sains dan Analitika Data

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - KM184801

**MODEL PREDICTIVE CONTROL IN OPTIMIZING
STOCK PORTFOLIO BASED ON STOCK PREDICTION
DATA USING HOLT WINTER'S EXPONENTIAL
SMOOTHING**

CHOIRIYAH SAPTA AGUSTINA

06111640000074

Supervisors

Subchan, Ph.D

Dr. Tahiyatul Asfihani, S.Si, M.Si

DEPARTMENT OF MATHEMATICS

Faculty of Science and Data Analytics

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

MODEL PREDICTIVE CONTROL DALAM OPTIMISASI PORTOFOLIO SAHAM BERDASARKAN DATA PREDIKSI HARGA SAHAM MENGGUNAKAN HOLT WINTER'S EXPONENTIAL SMOOTHING

MODEL PREDICTIVE CONTROL IN OPTIMIZING STOCK PORTFOLIO BASED ON STOCK PREDICTION DATA USING HOLT WINTER'S EXPONENTIAL SMOOTHING

TUGAS AKHIR

Dinajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika
Pada bidang studi Matematika Terapan
Program Studi S1 Departemen Matematika
Fakultas Sains dan Analitika Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:
CHOIRIYAH SAPTA AGUSTINA
NRP. 06111640000074

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II,

Dr. Tahiyyatul Asfibani, S.Si, M.Si
NIP. 19870728 201404 2 001

Dosen Pembimbing I,

Subchan, Ph.D
NIP. 19710513 199702 1 001



Subchan, Ph.D

DENRT197105131997021001
MATEMATIKA

Surabaya, Agustus 2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

***MODEL PREDICTIVE CONTROL DALAM OPTIMISASI
PORTOFOLIO SAHAM BERDASARKAN DATA
PREDIKSI HARGA SAHAM MENGGUNAKAN HOLT
WINTER'S EXPONENTIAL SMOOTHING***

Nama Mahasiswa : Choiriyah Sapta Agustina
NRP : 06111640000074
Departemen : Matematika
Pembimbing : 1. Subchan, Ph.D.
 2. Dr. Tahiyatul Asfihani, S.Si, M.Si

ABSTRAK

Saham adalah sekuritas yang mewakili kepemilikan modal dalam suatu perusahaan. Dalam investasi saham, terdapat dua hal penting yang menjadi pertimbangan investor yaitu tingkat pengembalian (*return*) dan tingkat risiko. Seorang investor harus berhati-hati dalam mengambil keputusan, sebab jika salah dalam mengambil keputusan, risiko kerugian akan dihadapi investor tersebut. Untuk mengantisipasi risiko kerugian diperlukan adanya prediksi harga saham bagi investor guna melihat bagaimana prospek investasi saham pada suatu perusahaan di masa mendatang. Salah satu metode untuk memprediksi harga saham adalah metode *Holt Winter's Exponential Smoothing*. Kelebihan metode ini adalah menganalisis tiga komponen dari pola data yaitu memberikan pembobotan yang lebih besar terhadap data terbaru, mengestimasi pola tren dan mengestimasi pola musiman dari data, sehingga menghasilkan peramalan dengan tingkat kesalahan terkecil. Metode ini mampu menghasilkan prediksi saham yang berguna bagi investor untuk melakukan kontrol optimal terhadap portofolio saham yang dimiliki.

Portofolio umumnya dibentuk ketika investor melakukan diversifikasi atau penyebaran investasi pada beberapa perusahaan. Dalam manajemen portofolio saham, terdapat permasalahan kendali optimal yang digunakan untuk mengontrol kekayaan atau

modal dari investor, sehingga diharapkan bahwa investasi yang dilakukan dapat memberikan tambahan modal bagi investor.

Adapun metode optimisasi portofolio saham yang digunakan adalah *Model Predictive Control* (MPC). MPC dapat meminimumkan suatu fungsi objektif, sehingga mampu mengantisipasi kejadian yang akan datang dan melakukan aksi kontrol yang sesuai. Berdasarkan hasil simulasi, total seluruh modal yang diperoleh investor bergerak mendekati target yang diharapkan. Hal ini disebabkan adanya pengendali MPC yang bertindak sebagai pengambil keputusan terbaik berdasarkan prediksi harga saham dalam memanajemen setiap modal pada aset portofolio.

Kata Kunci: *Holt Winter's Exponential Smoothing, Model Predictive Control (MPC), Optimisasi, Prediksi.*

MODEL PREDICTIVE CONTROL IN OPTIMIZING STOCK PORTFOLIO BASED ON STOCK PREDICTION DATA USING HOLT WINTER'S EXPONENTIAL SMOOTHING

Name : Choiriyah Sapta Agustina
Identity Number : 06111640000074
Departement : Mathematics
Supervisor : 1. Subchan, Ph.D.
 2. Dr. Tahiyatul Asfihani, S.Si, M.Si

ABSTRACT

Stock is a securities that represent capital ownership in a company. In stock investment, there are two important things which considered by investors, rate of return and risk. An investor must be careful in making decisions, because if one makes a wrong decision, the loss risk will be faced by the investor. To anticipate the loss risk, stock price predictions are needed for investors to see how the prospect of stock investment in a company in the future. One method for predicting stock prices is the Holt Winter's Exponential Smoothing method. The advantage of this method is to analyze the three components of the data pattern including giving greater weighting to the latest data, estimating tren patterns and estimating seasonal patterns from data, so that forecasting is obtained with the smallest error rate. This method will get stock predictions that are useful for investors to do optimal control of their stock portfolio.

Portfolios are generally formed when investors diversify or spread investment in several companies. In stock portfolio management, there are optimal control constraint that are used to control the asset or capital of investors, so it is hoped that the investments made can provide additional capital for investors. As for the stock portfolio optimization method used is the Model Predictive Control (MPC). MPC can minimize an objective

function, so that it is able to anticipate future events and take appropriate control measures. Based on the simulation results, the total capital obtained by investors moves closer to the expected target. This is due to the existence of the MPC controller which acts as the best decision maker based on the prediction of stock prices in managing each capital on portfolio assets.

Keywords: Holt Winter's Exponential Smoothing, Model Predictive Control (MPC), Optimization, Prediction.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, petunjuk dan ridha-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul

“MODEL PREDICTIVE CONTROL DALAM OPTIMISASI PORTOFOLIO SAHAM BERDASARKAN DATA PREDIKSI HARGA SAHAM MENGGUNAKAN HOLT WINTER’S EXPONENTIAL SMOOTHING”

sebagai salah satu syarat kelulusan Program Sarjana Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Analitika Data (FSAD), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Semoga shalawat serta salam tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing para umatnya dari zaman kebodohan menuju jaman terang benderang yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir 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. Dr. Ir. Mochamad Ashari, M.Eng. selaku Rektor ITS periode 2019-2024.
2. Bapak Subchan, Ph.D. selaku Kepala Departemen Matematika ITS yang telah memberikan banyak motivasi serta saran selama perkuliahan hingga terselesaiannya Tugas Akhir ini.
3. Bapak Subchan, Ph.D. dan Ibu Dr. Tahiyatul Asfihani, S.Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu, membimbing, memberikan masukan ilmu, arahan, dan motivasi kepada penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

4. Bapak Drs. Kamiran, M.Si. dan Ibu Alvida Mustika Rukmi S.Si., M.Si. selaku Dosen Pengaji Tugas Akhir yang memberikan saran, masukan, serta bantuan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Budi Setiyono, S.Si, M.T. selaku Dosen Wali penulis.
6. Bapak dan Ibu dosen serta para staf Program Studi Sarjana Departemen Matematika ITS yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhirnya, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surabaya, Agustus 2020

Penulis

Special Thanks to

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

1. Bapak Choirul Huda dan Ibu Kustina Wati, selaku orang tua yang sangat penulis cintai, terima kasih atas segala kasih sayang dan motivasi, serta ilmu pendidikan yang selalu dicurahkan kepada penulis selama ini.
2. Mas Heri Purnawan dan Bu Irma Fitria yang selalu bersedia meluangkan waktunya untuk berbagi ilmu, berdiskusi, serta memberikan saran-saran kepada penulis.
3. Partner terbaikku, Tri Wahyu Agus S, Mudharika, Dyah Ayu Amini, Violeta Nur C, dan Renita Dianawati yang sangat penulis sayangi. Terima kasih banyak atas segala doa, motivasi, serta kebersamaan yang selama ini tercurah. Kalian sudah seperti saudara, lebih dari sekedar sahabat. Terima kasih atas segala semangat dan dukungannya.
4. Aji Nur Seto yang selalu menemani, memberikan dukungan, semangat, dan motivasi kepada penulis hingga akhirnya penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat waktu.
5. Teman-teman seperjuangan yang setopik Tugas Akhir dengan penulis, terima kasih atas *sharing* ilmunya selama ini.
6. Teman-teman S1 Matematika ITS angkatan 2016, terima kasih atas dukungan, doa, dan segala bantuannya kepada penulis.
7. Semua pihak yang tak bisa penulis sebutkan satupersatu, terima kasih telah membantu sampai terselesaiannya Tugas Akhir ini

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Investasi	9
2.3 Portofolio Saham	10
2.4 <i>Return</i> dalam Investasi Saham	10
2.5 Manajemen Portofolio Saham	11
2.6 Model Peramalan <i>Holt Winter's Exponential Smoothing</i>	14
2.7 Analisis Kesalahan Model	16
2.8 Optimisasi dalam Bidang Finansial	17
2.9 <i>Model Predictive Control</i> (MPC)	18
2.10 Indeks <i>Liquid-45</i> (LQ45)	22
BAB III METODE PENELITIAN	23
BAB IV PEMBAHASAN	33
4.1 Pemodelan Matematika pada Peramalan Harga Saham	34
4.1.1 Deskripsi dan Analisis Data Harga Saham	34
4.1.2 Penentuan Parameter Pemulusan <i>Holt-Winter's Exponential Smoothing</i>	48

4.1.2.1	Penentuan Nilai Pemulusan Eksponensial	49
4.1.2.2	Penentuan Nilai Pemulusan Kecenderungan (tren)	51
4.1.2.3	Penentuan Nilai Pemulusan Musiman (<i>seasonal</i>)	52
4.1.3	Hasil Simulasi Peramalan Harga Saham	53
4.1.4	Perhitungan Nilai <i>Return</i> Saham	56
4.2	Pemodelan Matematika dalam Manajemen Portofolio Saham	60
4.3	Penerapan <i>Model Predictive Control</i> (MPC) dalam Optimisasi Portofolio	65
4.3.1	Inisialisasi Awal	65
4.3.2	Perhitungan Kendala dalam Portofolio ..	67
4.3.3	Penentuan Nilai Kontrol Optimal	68
4.4	Simulasi Penerapan <i>Model Predictive Control</i> (MPC) dalam Optimisasi Portofolio Saham	71
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	97
5.1	Kesimpulan	97
5.2	Saran	98
DAFTAR PUSTAKA	99	
LAMPIRAN	103	
BIODATA PENULIS	151	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi <i>Range</i> Nilai MAPE	17
Tabel 2.2	Hubungan Antara Variabel Sistem Kontrol dengan Variabel Portofolio	18
Tabel 4.1	Nilai Koefisien Alpha (α), Beta (β), dan Gamma (γ)	49
Tabel 4.2	Contoh Nilai <i>Return</i> Saham	59
Tabel 4.3	Nilai Parameter pada Optimisasi Portofolio ...	66
Tabel 4.4	Nilai Numerik Hasil Simulasi pada Pengamatan Tanggal 10 Februari 2020 sampai 14 Februari 2020	81
Tabel 4.5	Nilai Numerik Hasil Simulasi pada Pengamatan Tanggal 30 Maret 2020 sampai 3 April 2020	88
Tabel 4.6	Nilai Numerik Hasil Simulasi pada Pengamatan Tanggal 27 Mei 2020 sampai 29 Mei 2020	94

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Kontrol untuk Manajemen Portofolio yang Dinamis	17
Gambar 2.2	Struktur Dasar MPC	19
Gambar 3.1	Diagram Alir Metode Penelitian	26
Gambar 3.2	Diagram Alir Metode <i>Holt-Winter's Exponential Smoothing</i>	29
Gambar 3.3	Diagram Alir Metode <i>Model Predictive Control</i> (MPC)	30
Gambar 4.1	Plot Box-Cox Saham PT. X Tbk.	35
Gambar 4.2	Plot Box-Cox Saham PT. Y Tbk.	36
Gambar 4.3	Plot Box-Cox Saham PT. Z Tbk.	37
Gambar 4.4	Plot Transformasi Box-Cox Saham PT. X Tbk.	38
Gambar 4.5	Plot Transformasi Box-Cox Saham PT. Y Tbk.	39
Gambar 4.6	Plot Transformasi Box-Cox Saham PT. Z Tbk.	39
Gambar 4.7	<i>Time Series Plot</i> Harga Saham PT. X Tbk.	41
Gambar 4.8	<i>Time Series Plot</i> Harga Saham PT. Y Tbk.	41
Gambar 4.9	<i>Time Series Plot</i> Harga Saham PT. Z Tbk.	43
Gambar 4.10	<i>Time Series Plot</i> Rata-rata Bulanan Saham PT. X Tbk.	44
Gambar 4.11	<i>Time Series Plot</i> Rata-rata Bulanan Saham PT. Y Tbk.	44
Gambar 4.12	<i>Time Series Plot</i> Rata-rata Bulanan Saham PT. Z Tbk.	45
Gambar 4.13	<i>Time Series Plot</i> dari Hasil <i>Differencing</i> Saham PT. X Tbk.	46
Gambar 4.14	<i>Time Series Plot</i> dari Hasil <i>Differencing</i> Saham PT. Y Tbk.	47
Gambar 4.15	<i>Time Series Plot</i> dari Hasil <i>Differencing</i> Saham PT. Z Tbk.	48
Gambar 4.16	Plot Data Aktual dan Prediksi Harga Saham PT. X Tbk.	53
Gambar 4.17	Plot Data Aktual dan Prediksi Harga Saham PT. Y Tbk.	54

Gambar 4.18	Plot Data Aktual dan Prediksi Harga Saham PT. Z Tbk.	55
Gambar 4.19	Error Mutlak Prediksi Harga Saham Menggunakan <i>Holt Winter's Exponential Smoothing</i>	56
Gambar 4.20	<i>Return</i> Saham PT. X Tbk. Berdasarkan Prediksi <i>Holt Winter's Exponential Smoothing</i>	57
Gambar 4.21	<i>Return</i> Saham PT. Y Tbk. Berdasarkan Prediksi <i>Holt Winter's Exponential Smoothing</i>	58
Gambar 4.22	<i>Return</i> Saham PT. Z Tbk. Berdasarkan Prediksi <i>Holt Winter's Exponential Smoothing</i>	58
Gambar 4.23	Skema Aliran Modal Dalam Portofolio	61
Gambar 4.24	Nilai p_1 dan q_1 untuk Saham PT. X Tbk.	72
Gambar 4.25	Nilai p_2 dan q_2 untuk Saham PT. Y Tbk.	73
Gambar 4.26	Nilai p_3 dan q_3 untuk Saham PT. Z Tbk.	73
Gambar 4.27	Nilai Transfer Pinjaman Modal dalam Portofolio	74
Gambar 4.28	Perubahan Total Modal Investor pada Aset Saham	75
Gambar 4.29	Perubahan Total Modal Investor pada Aset Bebas Risiko dan Aset Pinjaman Modal	75
Gambar 4.30	Perubahan Total Keseluruhan Modal Investor pada Portofolio	76
Gambar 4.31	Nilai p_1 dan q_1 pada Tanggal 10-21 Februari 2020 untuk Saham PT. X Tbk.	78
Gambar 4.32	Nilai p_2 dan q_2 pada Tanggal 10-21 Februari 2020 untuk Saham PT. Y Tbk.	78
Gambar 4.33	Nilai p_3 dan q_3 pada Tanggal 10-21 Februari 2020 untuk Saham PT. Z Tbk.	79
Gambar 4.34	Nilai Transfer Pinjaman Modal dalam Portofolio pada Tanggal 10-21 Februari 2020	79
Gambar 4.35	Perubahan Total Modal Investor pada Aset Saham pada Tanggal 10-21 Februari 2020	80

Gambar 4.36	Perubahan Total Modal Investor pada Aset Bebas Risiko dan Aset Pinjaman Modal Pada Tanggal 10-21 Februari 2020	80
Gambar 4.37	Perubahan Total Keseluruhan Modal Investor pada Portofolio pada Tanggal 10-21 Februari 2020	81
Gambar 4.38	Nilai p_1 dan q_1 pada Tanggal 30 Maret 2020 sampai 10 April 2020 untuk Saham PT. X Tbk.	85
Gambar 4.39	Nilai p_2 dan q_2 pada Tanggal 30 Maret 2020 sampai 10 April 2020 untuk Saham PT. Y Tbk.	85
Gambar 4.40	Nilai p_3 dan q_3 pada Tanggal 30 Maret 2020 sampai 10 April 2020 untuk Saham PT. Z Tbk.	86
Gambar 4.41	Nilai Transfer Pinjaman Modal dalam Portofolio pada Tanggal 30 Maret 2020 sampai 10 April 2020	86
Gambar 4.42	Perubahan Total Modal Investor pada Aset Saham pada Tanggal 30 Maret 2020 sampai 10 April 2020	87
Gambar 4.43	Perubahan Total Modal Investor pada Aset Bebas Risiko dan Aset Pinjaman Modal Pada Tanggal 30 Maret 2020 sampai 10 April 2020	87
Gambar 4.44	Perubahan Total Keseluruhan Modal Investor pada Portofolio pada Tanggal 30 Maret 2020 sampai 10 April 2020	88
Gambar 4.45	Nilai p_1 dan q_1 pada Tanggal 18 Mei 2020 sampai 29 Mei 2020 untuk Saham PT. X Tbk.	91
Gambar 4.46	Nilai p_2 dan q_2 pada Tanggal 18 Mei 2020 sampai 29 Mei 2020 untuk Saham PT. Y Tbk.	91
Gambar 4.47	Nilai p_3 dan q_3 pada Tanggal 18 Mei 2020	

sampai 29 Mei 2020 untuk Saham PT.	
Z Tbk.	92
Gambar 4.48 Nilai Transfer Pinjaman Modal dalam Portofolio pada Tanggal 18 Mei 2020 sampai 29 Mei 2020	92
Gambar 4.49 Perubahan Total Modal Investor pada Aset Saham pada Tanggal 18 Mei 2020 sampai 29 Mei 2020	93
Gambar 4.50 Perubahan Total Modal Investor pada Aset Bebas Risiko dan Aset Pinjaman Modal Pada Tanggal 18 Mei 2020 sampai 29 Mei 2020	93
Gambar 4.51 Perubahan Total Keseluruhan Modal Investor pada Portofolio pada Tanggal 18 Mei 2020 sampai 29 Mei 2020	94

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan hal-hal yang melatarbelakangi permasalahan, kemudian ditarik inti dari permasalahan dalam bentuk rumusan masalah. Selain itu, juga dijabarkan mengenai batasan masalah untuk mencapai tujuan yang diinginkan serta manfaat yang diperoleh dari penyusunan laporan.

1.1 Latar Belakang

Pasar modal Indonesia, akhir-akhir ini menjadi pusat perhatian banyak orang, khususnya masyarakat bisnis. Salah satu aktivitas dinamis yang ada di dalam pasar modal adalah investasi. Investasi merupakan komitmen untuk mengorbankan konsumsi sekarang dengan tujuan memperbesar konsumsi di masa mendatang [1]. Hal ini berkaitan erat dengan penanaman sejumlah modal pada beberapa aset real seperti tanah, rumah, emas, atau pada aset finansial seperti deposito, saham, surat hutang, maupun surat berharga lainnya. Salah satu instrumen investasi yang menawarkan imbal hasil tinggi adalah saham. Saham adalah sekuritas yang mewakili kepemilikan modal dalam suatu perusahaan. Investor menanamkan modal dengan cara membeli saham melalui perantara pasar modal, dimana saham ini diterbitkan oleh suatu perusahaan. Dalam hal investasi saham, terdapat dua hal penting yang menjadi pertimbangan investor yaitu tingkat pengembalian (*return*) dan tingkat risiko. Umumnya tingkat *return* berbanding senilai dengan tingkat risiko. Menurut Mac Kinlay (1997), *return* dari sebuah aset adalah jumlah yang diperoleh dari kesempatan berinvestasi [2].

Dalam beberapa tahun terakhir, Indeks Harga Saham tercatat mengalami penurunan yang signifikan. Kinerja Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) pada akhir tahun 2018 menjadi yang terburuk. Berdasarkan data Bursa Efek Indonesia, dalam 3 tahun terakhir IHSG paling tinggi memberikan *return* mencapai 19,99% pada tahun 2017. Sementara 2018, selama setahun indeks

bernilai minus 2,54% sejak awal Januari hingga Desember 2018. Pelemahan IHSG berlanjut sepanjang bulan September–Oktober, yaitu melemah sebesar 2,19% [3]. Tingkat fluktuasi atau dinamika pergerakan harga saham ini sangat mempengaruhi investor dalam mengambil keputusan. Seorang investor harus berhati-hati dalam mengambil keputusan, sebab jika salah dalam mengambil keputusan, risiko kerugian akan dihadapi investor tersebut.

Berdasarkan hal tersebut, prediksi harga saham sangat diperlukan investor untuk melihat bagaimana prospek investasi saham pada suatu perusahaan di masa mendatang. Salah satu metode untuk memprediksi harga saham adalah metode *Holt Winter's Exponential Smoothing*. Metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* adalah varian dari pemulusan eksponensial sederhana yang dapat menghasilkan perkiraan jangka pendek untuk penjualan atau permintaan data seri waktu (*time series*) [4]. Metode ini dapat menganalisis data secara univariat (variabel tunggal) yang mengandung pola musiman dan kecenderungan (tren). Kelebihan metode ini adalah menganalisis tiga komponen dari pola data yaitu memberikan pembobotan yang lebih besar terhadap data terbaru, mengestimasi pola tren, dan mengestimasi pola musiman dari data sehingga menghasilkan peramalan dengan tingkat kesalahan terkecil. Berdasarkan penelitian Tias Safitri (2017) yang berjudul “Perbandingan Peramalan Menggunakan Metode *Exponential Smoothing Holt-Winters Dan Arima*”. Metode Holt-Winters mampu memberikan hasil peramalan jumlah kedatangan wisatawan di Bali lebih baik dibandingkan metode Arima, karena metode ini menghasilkan nilai *error* yang lebih kecil [5]. Dengan demikian penggunaan metode Holt-Winters dalam prediksi harga saham diharapkan dapat menghasilkan prediksi yang akurat. Sehingga dapat berguna bagi investor untuk melakukan kontrol optimal terhadap portofolio saham yang dimiliki.

Pengetahuan mengenai portofolio saham sangat diperlukan guna mengetahui strategi yang tepat untuk menghasilkan

tambahan modal yang optimal. Portofolio ini umumnya dibentuk ketika investor melakukan diversifikasi atau penyebaran investasi pada beberapa perusahaan. Proses pemilihan portofolio dapat dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama dimulai dengan observasi dan pengalaman dan berakhir dengan keyakinan tentang kinerja masa depan terhadap sekuritas yang tersedia. Sedangkan tahap kedua dimulai dengan keyakinan yang relevan tentang kinerja di masa depan dan diakhiri dengan pemilihan portofolio [6]. Oleh karena itu sangat diperlukan adanya kontrol dalam optimasi pemilihan portofolio pada investasi saham. Optimasi ini bermaksud mengoptimalkan setiap modal yang terdapat dalam portofolio agar investor mendapatkan tambahan modal. Penelitian mengenai pembentukan portofolio saham optimal telah banyak dilakukan. Salah satunya oleh Astri Lisnawati (2019) [7]. Pada penelitiannya menggunakan metode capital *Asset Pricing Model* dan *indexing* dalam pembentukan portofolio optimal.

Sedangkan pada penelitian ini, metode optimasi portofolio saham yang digunakan adalah *Model Predictive Control* (MPC). MPC merupakan sistem kendali prediktif yang dapat meminimumkan suatu fungsi objektif, sehingga mampu mengantisipasi kejadian yang akan datang dan melakukan aksi kontrol yang sesuai [8]. Telah banyak penelitian yang dilakukan dengan menggunakan metode kontrol MPC. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Syaifudin (2015) dan Irma Fitria (2016) mengenai optimisasi portofolio saham.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dalam penelitian ini terdapat dua hal pokok yang dilakukan, yaitu memprediksi harga saham menggunakan *Holt Winter's Exponential Smoothing* dan melakukan kendali optimal portofolio saham dengan *Model Predictive Control* berdasarkan data prediksi harga saham yang telah diperoleh.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang yang telah diuraikan di atas, rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini, antara lain:

1. Bagaimana penerapan metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* dalam memprediksi harga saham?
2. Bagaimana penerapan *Model Predictive Control* pada permasalahan optimasi portofolio berdasarkan prediksi harga saham?
3. Bagaimana hasil simulasi dari penerapan *Model Predictive Control* pada optimasi portofolio saham?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Portofolio saham yang dibentuk, berasal dari aset finansial berupa saham, jumlah tabungan investor pada aset tak berisiko, serta jumlah pinjaman investor.
2. Saham yang dipilih sebagai objek penelitian ini yaitu saham yang memiliki unsur (tren) dan unsur musiman, meliputi saham PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk. Data saham diambil berdasarkan harga saham penutupan harian pada periode 4 Januari 2016 hingga 30 Januari 2020.
3. Adanya inisialisasi awal untuk modal yang diinvestasikan pada saham, jumlah tabungan investor pada aset tak berisiko, serta jumlah pinjaman investor.
4. Investor diasumsikan tidak melakukan *short selling* selama periode investasi.
5. Model sistem didekati dengan model deterministik.
6. Diasumsikan perekonomian negara dalam keadaan stabil dan tidak dalam keadaan krisis moneter, sehingga tidak terjadi penurunan harga saham secara drastis.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan dan menganalisis prediksi harga saham PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk. menggunakan metode *Holt Winter's Exponential Smoothing*.

2. Menerapkan *Model Predictive Control* untuk permasalahan optimasi portofolio dalam investasi saham berdasarkan data prediksi harga saham.
3. Menganalisis hasil simulasi dari penerapan *Model Predictive Control* terhadap optimasi portofolio saham.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Diperoleh pengetahuan dalam memprediksi harga saham menggunakan *Holt Winter's Exponential Smoothing* yang sangat berguna bagi pemula yang ingin berinvestasi.
2. Didapatkan pengetahuan dalam menerapkan *Model Predictive Control* untuk menyelesaikan permasalahan kendali portofolio dalam investasi saham.
3. Wujud kontribusi dalam pengembangan ilmu matematika terapan dalam bidang finansial, khususnya investasi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada bab ini diuraikan kajian pustaka dan dasar teori yang melandasi penelitian. Adapun hal yang dibahas meliputi: penelitian sebelumnya yang menjadi referensi penelitian yang diusulkan, investasi, portofolio, *return* dalam investasi saham, manajemen portofolio saham, kendala pada portofolio saham, dan aplikasi kontrol di bidang finansial. Selain itu dijelaskan pula mengenai model peramalan *Holt Winter's Exponential Smoothing* dan *Model Predictive Control*.

2.1 Penelitian Terdahulu

Secara garis besar penelitian ini berkaitan dengan dua hal, yaitu peramalan harga saham dengan menggunakan metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* dan optimasi portofolio saham dengan *Model Predictive Control* berdasarkan data hasil prediksi saham. Adapun penelitian terdahulu yang berkaitan dengan peramalan menggunakan metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* telah banyak dilakukan. Prajakta S. Kalekar menerapkan *Holt Winter's Exponential Smoothing* untuk analisis deret waktu musiman dengan dua model pembahasan, yaitu *Multiplicative Seasonal* dan *Additive Seasonal* [8]. Isnul Hatimah, dkk, melakukan perbandingan peramalan harga penutupan saham bulanan PT. Bank Central Asia, Tbk dengan menggunakan metode *Double Moving Average* dan metode pemulusan eksponensial ganda dari Holt [9]. Jonnius melakukan peramalan indeks harga saham dengan pendekatan model *exponential smoothing*, diantaranya dengan *Holt Winter's Multiplicativ* dengan tiga parameter, metode *double exponential* dengan satu parameter, dan *Holt Winter's* tanpa *seasonal* dengan dua parameter [10]. Serta Tias Safitri (2017) melakukan penelitian yang berjudul “Perbandingan Peramalan Menggunakan Metode *Exponential Smoothing Holt-Winters* Dan Arima”. Pada penelitiannya metode Holt-Winters mampu memberikan hasil

peramalan jumlah kedatangan wisatawan di Bali lebih baik dibandingkan metode Arima, karena metode ini menghasilkan nilai *error* yang lebih kecil [5].

Kebanyakan dari penelitian peramalan harga saham tersebut tidak disertai dengan adanya manajemen portofolio saham. Sehingga, dari data hasil prediksi saham belum didapatkan portofolio yang optimal bagi seorang investor. Penelitian terkait portofolio sendiri pertama kali dilakukan oleh Markowitz pada tahun 1952. Markowitz melakukan penelitian mengenai portofolio dan memperkenalkan teori pemilihan portofolio optimal yang menghasilkan nilai ekspektasi yang maksimum, disertai dengan varian yang minimum. Teori ini kemudian berkembang menjadi teori portofolio yang dikenal dengan istilah *Mean Variance Efficiency* (MVE) portofolio [6]. Selanjutnya penelitian semakin berkembang seiring dengan semakin pentingnya permasalahan optimasi portofolio saham. Penelitian mengenai portofolio saham juga dilakukan oleh Astri Lisnawati (2019) [7]. Pada penelitiannya menggunakan metode capital *Asset Pricing Model* dan *indexing* dalam pembentukan portofolio optimal. Dombrovskiy, dkk. merumuskan model dinamis permasalahan manajemen portofolio investasi "*Investment (IP) Management Problem*". Pada penelitiannya, Dombrovskiy menggunakan MPC untuk menyelesaikan permasalahan optimasi sehingga menghasilkan portofolio yang optimal [11].

Di Indonesia, penelitian mengenai penerapan MPC untuk penyelesaian optimasi portofolio saham juga dilakukan oleh Syaifudin Wawan Hafid. Berdasarkan hasil penelitian tersebut MPC dapat memberikan nilai kontrol optimal dengan adanya kendala pada *state* dan kontrol sistem. Selain itu pengontrol MPC bertindak sebagai pengambil keputusan mengenai kapan waktu yang tepat untuk meminjam modal dan kapan waktu yang tepat untuk mengembalikan pinjaman modal pada portofolio saham dengan pinjaman [12]. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Irma Fitria, pada penelitiannya dilakukan prediksi harga saham

menggunakan ARIMA-Kalman Filter dan penyelesaian permasalahan optimasi portofolio menggunakan *Model Predictive Control* (MPC). MPC disini bertindak sebagai pengambil keputusan terbaik berdasarkan prediksi harga saham dalam memanajemen setiap modal pada aset portofolio [13].

Dari kajian penelitian-penelitian sebelumnya tersebut, maka dalam penelitian ini diajukan metode peramalan *Holt Winter's Exponential Smoothing* untuk memprediksi harga saham harian serta metode pengendali model MPC pada permasalahan optimisasi portofolio saham berdasarkan data prediksi saham agar didapatkan portofolio saham yang optimal.

2.2 Investasi

Pada dasarnya investasi merupakan komitmen untuk mengorbankan konsumsi sekarang dengan tujuan memperbesar konsumsi di masa mendatang [1]. Seorang pelaku investasi dalam hal ini investor memiliki beragam alternatif pilihan dalam berinvestasi. Pada umumnya investasi dibedakan menjadi dua jenis, yaitu investasi pada aset real dan investasi pada aset finansial [14]. Aset riil seperti tanah, rumah, emas, atau pada aset finansial seperti deposito, saham, surat hutang, maupun surat berharga lainnya. Dalam hal investasi, terdapat dua hal penting yang menjadi pertimbangan investor yaitu tingkat pengembalian atau imbal hasil (*return*) dan tingkat risiko. Umumnya tingkat *return* berbanding senilai dengan tingkat risiko. Salah satu bentuk investasi dalam pasar modal yang paling diminati oleh masyarakat bisnis saat ini adalah saham.

Saham adalah sekuritas yang mewakili kepemilikan modal dalam suatu perusahaan. adanya unsur ketidakpastian atas tingkat pengembalian di masa mendatang membuat saham menjadi salah satu aset yang berisiko cukup tinggi. Ketidakpastian ini menjadi pertimbangan penting bagi investor dalam manajemen investasi saham. Pada umumnya, seorang investor melakukan diversifikasi pada beberapa saham dengan cara membentuk portofolio saham

untuk mengantisipasi adanya fluktuasi dari nilai nilai ekspektasi dan risiko yang ada.

2.3 Portofolio Saham

Portofolio merupakan kombinasi atau sekumpulan aset yang dimiliki oleh investor. Portofolio ini umumnya dibentuk ketika investor melakukan diversifikasi atau penyebaran investasi pada beberapa perusahaan. Adapun tujuan dibentuknya portofolio yaitu untuk mengurangi risiko, dengan cara pengalokasian sejumlah modal pada berbagai alternatif investasi [14]. Dalam pembentukan portofolio, investor cenderung menginginkan *return* yang maksimal dengan risiko yang minimal. Oleh karena itu pengetahuan mengenai portofolio saham sangat diperlukan guna mengetahui strategi yang tepat untuk menghasilkan tambahan modal yang optimal.

2.4 Return dalam Investasi Saham

Menurut Mac Kinlay (1997), *return* dari sebuah aset adalah jumlah yang diperoleh dari kesempatan berinvestasi [2]. Setiap investor pasti menginginkan imbal hasil dari kegiatan investasi yang telah dilakukan. Imbal hasil ini disebut *return* dalam investasi. Dalam konteks portofolio saham, *return* yang didapat investor merupakan imbal hasil dari setiap investasi saham yang telah dipilih. *Return* saham dapat dihitung berdasarkan data historis. Formula untuk menghitung *return* saham direpresentasikan melalui persamaan (1) [15]:

$$R(k) = \frac{S(k) - S(k - 1)}{S(k - 1)} \quad (2.1)$$

dengan,

$R(k)$: *Return* saham pada waktu k

$S(k)$: Harga saham pada waktu k

$S(k - 1)$: Harga saham pada waktu $k - 1$

2.5 Manajemen Portofolio Saham

Sebagaimana telah dibahas sebelumnya, tujuan dari investasi adalah untuk memperoleh keuntungan di masa mendatang. Setiap jenis investasi pasti mengandung risiko, khususnya dalam investasi saham. Semakin berani seorang investor dalam menanggung risiko, maka semakin besar pula nilai ekspektasi yang diperoleh. Oleh karena itu, apabila seorang investor telah memutuskan untuk berinvestasi dalam saham dan membentuk portofolio, hal yang tidak boleh terlewatkan oleh investor tersebut adalah mekanisme atau strategi dalam manajemen portofolio saham. Pada bagian ini, diuraikan model matematika dari manajemen portofolio saham.

Pada awal investasi, seorang investor memiliki sejumlah modal yang dapat digunakan untuk investasi pada aset ke i , dimana $i = 1, 2, 3$. Selain itu, kekayaan investor juga bersumber dari aset lain yaitu bank (aset bebas risiko). Aset bebas risiko ini dinyatakan sebagai aset ke- $(n + 1)$. Kemudian, ada alternatif lain ketika investor memutuskan untuk meminjam sejumlah dana kepada pihak lain (aset pinjaman modal), maka aset ini disebut aset ke- $(n + 2)$. Seorang investor harus memutuskan bagaimana cara untuk mengatur ulang portofolio sahamnya dengan tujuan untuk mendapatkan *return* yang maksimal pada investasinya. Persamaan (2.2) merepresentasikan model dari manajemen portofolio untuk i aset saham [11].

$$x_i(k+1) = [1 + R_i(k)][x_i(k) + p_i(k) - q_i(k)] \quad (2.2)$$

untuk $i = 1, 2, 3$. dengan,

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

$x_i(k)$: Jumlah modal yang diinvestasikan investor pada aset berisiko ke- i

$p_i(k)$: Jumlah transfer dari aset bebas risiko ke aset berisiko ke- i

$q_i(k)$: Jumlah transfer dari aset berisiko ke aset bebas risiko ke- i

dimana $p_i(k) \geq 0$ dan $q_i(k) \geq 0$, sehingga persamaan dapat terpenuhi.

Setiap transaksi penjualan maupun pembelian saham dikenakan biaya transaksi yang harus dibayarkan bersamaan ketika transaksi berlangsung dengan proporsi sebesar α untuk biaya pembelian saham dan β untuk biaya penjualan saham.

Perubahan dari aset bebas risiko (bank) ditunjukkan melalui persamaan (2.3) [10]:

$$x_{n+1}(k+1) = [1 + r_1(k)] [x_{n+1}(k) + v(k) - (1+\alpha) \sum_{i=1}^3 p_i(k) + (1-\beta) \sum_{i=1}^3 q_i(k)] \quad (2.3)$$

dengan,

$r_1(k)$: Tingkat suku bunga pada aset bebas risiko

$v(k)$: Jumlah transfer antara aset bebas dan aset pinjaman modal

Apabila $v(k) > 0$, hal ini menunjukkan bahwa investor melakukan peminjaman terhadap modal, namun apabila $v(k) < 0$ maka artinya investor melakukan pembayaran atas kredit pinjaman.

Persamaan (2.4) menunjukkan perubahan dari pinjaman modal investor.

$$x_{n+2}(k+1) = [1 + r_2(k)][x_{n+2}(k) + v(k)] \quad (2.4)$$

dengan $r_2(k)$ menyatakan tingkat suku bunga dari pinjaman modal.

Berdasarkan penjabaran di atas, jumlah keseluruhan modal investor dalam portofolio merupakan akumulasi dari kekayaan atau modal yang dimiliki investor pada aset-aset berisiko (saham) dan aset bebas risiko (bank), kemudian terdapat pengurangan atas jumlah pinjaman modal investor. Hal ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$y(k) = \sum_{i=1}^3 x_i(k) + x_{n+1}(k) - x_{n+2}(k) \quad (2.5)$$

Pada permasalahan optimisasi portofolio saham didefinisikan beberapa kendala sebagai berikut [11]:

$$x_{n+1}(k) + v(k) - (1+\alpha) \sum_{i=1}^3 p_i(k) + (1-\beta) \sum_{i=1}^3 q_i(k) \geq 0 \quad (2.6)$$

Variabel *state* x_{n+1} merupakan jumlah modal yang dimiliki oleh investor pada aset bebas risiko (bank) yang tidak mungkin bernilai negatif seperti terlihat pada persamaan (2.6). Sedangkan jumlah pinjaman modal investor yang disimbolkan dengan x_{n+2} memberikan kesempatan kepada investor untuk mendapatkan tambahan modal dengan tingkat bunga tertentu. Jumlah pinjaman modal haruslah lebih besar dari 0 dan memiliki nilai maksimum $d_0(k)$. Dengan demikian dapat didefinisikan kendala untuk *state* x_{n+2} adalah sebagai berikut:

$$x_{n+2}(k) + v(k) \geq 0 \quad (2.7)$$

$$x_{n+2}(k) + v(k) \leq d_0(k) \quad (2.8)$$

Pada perdagangan saham dikenal pula istilah *short selling*, yaitu suatu cara yang digunakan dalam penjualan saham di mana para investor meminjam dana untuk menjual saham (yang belum dimiliki) dengan harga tinggi dan investor akan membelinya kembali saat harga saham turun. Namun, dalam penelitian ini *short selling* tidak diperkenankan, sehingga didefinisikan kendala pada short selling sebagai berikut:

$$x_i(k) + p_i(k) - q_i(k) \geq 0 \quad (2.9) \\ \text{untuk } i = 1, 2, 3.$$

2.6 Model Peramalan *Holt Winter's Exponential Smoothing*

Suatu peramalan seringkali diperlukan dalam setiap pengambilan keputusan, terutama untuk keputusan yang memiliki konsekuensi jangka panjang [16]. Peramalan merupakan suatu seni untuk memprediksi kejadian di masa mendatang yang melibatkan analisis data *time series* dimana urutan pengamatan didasarkan pada selang waktu yang sama dan saling berkorelasi. Salah satu metode yang ditawarkan dalam sistem peramalan adalah metode *Holt Winter's Exponential Smoothing*. Metode ini merupakan pengembangan dari metode *Exponential Smoothing*, yaitu dengan menambahkan dua parameter tambahan yaitu parameter kecenderungan atau tren dan parameter musiman berdasarkan pola data [8]. Metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* sering digunakan dalam beberapa tahun terakhir sebagai suatu metode yang berguna dalam begitu banyak situasi peramalan.

Metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* didasarkan pada tiga unsur pemulusan yaitu unsur data stasioner (*mean*), unsur kecenderungan (tren), dan unsur musiman (*seasonal*) untuk setiap periode, serta memberikan tiga pembobotan dalam prediksinya yaitu α , β dan γ . Besarnya koefisien α , β , γ berada pada rentang 0 sampai 1 yang ditentukan secara subjektif yaitu dengan meminimalkan nilai kesalahan dari estimasi tersebut [16]. Ada dua jenis model *Holt Winter's Exponential Smoothing* yang dapat digunakan, yaitu model Holt-Winter Aditif dan model Holt-Winter Multiplikatif. Secara umum, model Holt-Winter Multiplikatif lebih sering digunakan karena model ini cocok dalam perhitungan prediksi deret berkala dimana amplitudo atau ketinggian dari pola musimannya proporsional dengan rata-rata level atau tingkatan dari deret data [18].

Adapun model matematika untuk pemulusan yang ada dalam metode Holt-Winter Multiplikatif dapat diuraikan sebagai berikut [4]:

$$L_{p+t} = \alpha \left(\frac{x_{p+t}}{I_t} \right) + (1 - \alpha)(L_{p+t-1} + T_{p+t-1}) \quad (2.10)$$

$$T_{p+t} = \beta(L_{p+t} - L_{p+t-1}) + (1-\beta)T_{p+t-1} \quad (2.11)$$

$$I_{p+t} = \gamma(X_{p+t} - L_{p+t}) + (1-\gamma)I_t \quad (2.12)$$

dimana $t = 1, 2, \dots, (n-p)$, dengan

L_{p+t} : Pemulusan eksponensial pada waktu ke- $p+t$

T_{p+t} : Pemulusan unsur kecenderungan atau tren pada waktu ke- $p+t$

I_{p+t} : Pemulusan unsur musiman pada waktu ke- $p+t$

α : Konstanta pembobot pemulusan eksponensial

β : Konstanta pembobot pemulusan unsur kecenderungan

γ : Konstanta pembobot pemulusan unsur musiman

X : Data aktual

p : Panjang unsur musiman

L : Pemulusan eksponensial

T : Pemulusan unsur kecenderungan (tren)

I : Pemulusan unsur musiman

n : Banyaknya data aktual

Peramalan data pada periode m yang akan datang dirumuskan sebagai berikut [4]:

$$F_{n+m} = (L_{n+m-1} + mT_{n+m-1})I_{n+m-p} \quad (2.13)$$

dengan,

F_{n+m} : Hasil peramalan pada periode ke- $n+m$,

m : Periode waktu yang diramalkan, $m = 1, 2, \dots$

n : Banyaknya data actual

2.7 Analisis Kesalahan Model

Setelah beberapa model peramalan Holt-Winter Multiplikatif didapatkan, selanjutnya dilakukan perbandingan dari setiap model untuk memilih model yang terbaik. Perbandingan dilakukan dengan melihat hasil pengukuran tingkat kesalahan

atau *error* model. Pengukuran kesalahan model dalam penelitian ini menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE merupakan ukuran rata-rata dari keseluruhan persentase kesalahan (selisih) antara data aktual dengan data hasil peramalan. Ukuran akurasi dicocokkan dengan data *time series* dan ditunjukkan dalam persentase. Nilai MAPE diperoleh dari persamaan 2.14.

$$MAPE = \frac{\sum \left| \left(\frac{X_t - F_t}{X_t} \right) \right|}{n} \times 100\% \quad (2.14)$$

dengan,

X_t : Nilai data aktual

F_t : Nilai data hasil Peramalan

n : Banyaknya data

Kemampuan prediksi data dikatakan baik ketika nilai MAPE nya semakin kecil. Tabel 2.1 menunjukkan *range* klasifikasi nilai MAPE data [21].

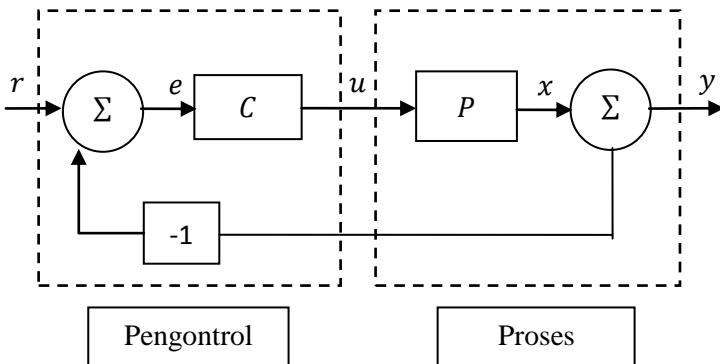
Tabel 2.1 Klasifikasi *Range* Nilai MAPE

Range MAPE	Arti
< 10%	Kemampuan Model Peramalan Sangat Baik
10 – 20 %	Kemampuan Model Peramalan Baik
20 – 50 %	Kemampuan Model Peramalan Layak
> 50 %	Kemampuan Model Peramalan Buruk

2.8 Optimisasi dalam Bidang Finansial

Optimisasi merupakan suatu proses untuk mencapai hasil yang ideal dan optimal. Optimisasi merujuk pada studi permasalahan yang bertujuan menemukan solusi nilai minimal atau maksimal dari suatu fungsi. Untuk dapat mencapai nilai optimal dari suatu fungsi, dibutuhkan keterlibatan dari suatu sistem kontrol yang dapat mengendalikan, memerintah, dan

mengatur keadaan dari suatu sistem. Bentuk umum dari sistem kontrol ditunjukkan pada gambar 2.1 [21].



Gambar 2.1 Sistem Kontrol untuk Manajemen Portofolio yang Dinamis

Proses yang diperlihatkan pada Gambar 2.1 terbagi ke dalam dua blok sistem. Pertama, blok pengontrol yang berperan sebagai *monitor* yang dapat memperkirakan dengan tepat tingkat risiko dan *return* portofolio. Kedua, blok proses (*decider*) bertujuan untuk melakukan *rebalancing* atau penyesuaian kembali alokasi portofolio. C merepresentasikan pengontrol dan P mewakili proses di dalam sistem. Pada awalnya sistem diberikan sinyal referensi r yang menunjukkan nilai yang diinginkan dari variabel *output* y . *Regulator* direpresentasikan dengan nilai -1 , dimana fungsi dari *regulator* untuk mengubah portofolio saat ini menjadi portofolio yang diinginkan. *Error* (e) muncul sebagai akibat atas perbedaan nilai antara nilai yang diinginkan (r) dengan *regulator* dari proses. Selanjutnya pengontrol (C) bekerja untuk meminimalkan eror tersebut dan menghasilkan sinyal kontrol u . Sinyal kontrol ini kemudian masuk ke dalam blok proses dan menghasilkan *state* x . Proses ini berlangsung seterusnya dan berulang-ulang hingga menghasilkan portofolio yang diinginkan [21].

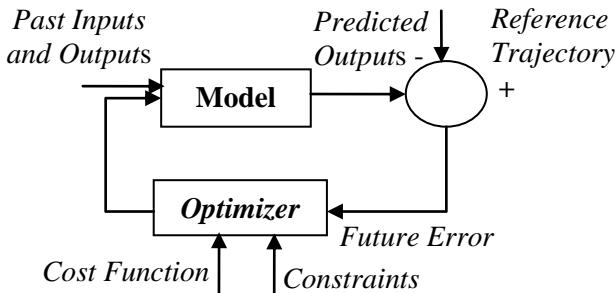
Keterkaitan antara variabel dalam sistem kontrol dengan variabel portofolio diperlihatkan melalui tabel 2.1.

Tabel 2.2 Hubungan Antara Variabel Sistem Kontrol dengan Variabel Portofolio

Variabel Kontrol	Variabel Portofolio
R	Jumlah seluruh aset atau modal yang diinginkan oleh investor
E	Selisih antara jumlah aset yang diinginkan investor dengan jumlah aset sebenarnya dalam portofolio
U	Transfer antara aset bebas risiko dan aset berisiko
P	Persamaan matematika dalam manajemen portofolio (Persamaan (2.2)–(2.5))
C	Pengontrol
-1	<i>Regulator</i>

2.9 Model Predictive Control (MPC)

Model Predictive Control (MPC) adalah suatu metode proses kontrol lanjutan yang banyak diterapkan pada proses industri. MPC termasuk dalam metode pengendali prediktif yang berbasiskan pada model proses. Beberapa keuntungan dari MPC diantaranya mampu memperhitungkan batasan (*constraint*) pada sistem dalam merancang pengendali, menangani sistem multivariable, dan mempunyai kemampuan pengendali *feed forward* untuk mengkompensasi gangguan yang terukur. Metodologi MPC dijelaskan pada Gambar 2.2 [19].



Gambar 2.2 Struktur Dasar MPC

Berdasarkan Gambar 2.2, Model MPC diilustrasikan sebagai berikut: pertama, sistem telah memiliki model dari *plant*. Kemudian 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 nilainya dibandingkan dengan *reference trajectory* atau target nilai *output*. Dari hasil perbandingan ini, menghasilkan nilai galat yang disebut *future error*. *Future error* ini kemudian masuk ke dalam blok *optimizer*. Blok *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* [20]. Keluaran proses dan pengendali terprediksi pada MPC menggunakan konsep *prediction horizon*, yaitu seberapa jauh prediksi ke depan yang diharapkan.

Dalam MPC persamaan yang digunakan adalah persamaan dalam bentuk matriks ruang keadaan diskrit dan linier. Persamaan ruang keadaan diskrit yang digunakan adalah sebagai berikut [22].

$$\mathbf{x}(k+1|k) = \mathbf{Ax}(k|k) + \mathbf{Bu}(k|k) \quad (2.15)$$

$$\mathbf{y}(k|k) = \mathbf{Cx}(k|k) \quad (2.16)$$

dengan,

$\mathbf{x}(k|k)$: Vektor ruang keadaan berdimensi- n

$\mathbf{y}(k|k)$: Vektor keluaran berdimensi- n

$\mathbf{u}(k|k)$: Vektor masukan berdimensi- n

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

\mathbf{B} : Matriks keadaan berdimensi $n \times m$

\mathbf{C} : Matriks keadaan berdimensi $n \times n$

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

Dengan melakukan iterasi terhadap persamaan (2.15), diperoleh prediksi dari persamaan ruang keadaan sebagai berikut (Persamaan 2.17)

$$\mathbf{x}(k+1|k) = \mathbf{Ax}(k|k) + \mathbf{Bu}(k|k)$$

$$\mathbf{x}(k+2|k) = \mathbf{Ax}(k+1|k) + \mathbf{Bu}(k+1|k)$$

$$= \mathbf{A}^2\mathbf{x}(k|k) + \mathbf{ABu}(k|k) + \mathbf{Bu}(k+1|k)$$

\vdots

$$\begin{aligned} \mathbf{x}(k+N|k) &= \mathbf{Ax}(k+N-1|k) + \mathbf{Bu}(k+N-1|k) \\ &= \mathbf{A}^N\mathbf{x}(k|k) + \mathbf{A}^{N-1}\mathbf{Bu}(k|k) + \end{aligned}$$

$$\mathbf{A}^{N-2}\mathbf{B}\mathbf{u}(k+1|k)+\dots+\mathbf{B}\mathbf{u}(k+N-1|k)$$

Salah satu contoh permasalahan kendali optimal adalah mendapatkan nilai kontrol pada tiap langkah waktu k . Pada tiap waktu k , didefinisikan fungsi objektif [23]:

$$J(\mathbf{x}(k|k), \mathbf{u}(k|k)) = \begin{bmatrix} \mathbf{x}(k|k) \\ \mathbf{u}(k|k) \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} Q & 0 \\ 0 & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x}(k|k) \\ \mathbf{u}(k|k) \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

Berdasarkan Persamaan (2.18), Q adalah matriks bobot kesalahan pada ruang keadaan berdimensi $n \times n$, sedangkan R adalah matriks bobot pada kontrol berdimensi $m \times m$. Pada tiap waktu k terdapat kendala, yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\mathbf{F}_1 \mathbf{x}(k|k) \leq \mathbf{f}_1 \quad (2.19)$$

$$\mathbf{F}_2 \mathbf{u}(k|k) \leq \mathbf{f}_2 \quad (2.20)$$

$$\mathbf{u}(k|k)_{min} \leq \mathbf{u}(k|k) \leq \mathbf{u}(k|k)_{max} \quad (2.21)$$

Matriks \mathbf{F}_1 berdimensi $l \times n$, matriks \mathbf{F}_2 berdimensi $p \times m$, dan vektor \mathbf{f}_1 berdimensi $l \times l$ serta vektor \mathbf{f}_2 berdimensi $p \times l$. Persamaan (2.19) merupakan kendala pada *state*, sedangkan persamaan (2.20) dan (2.21) merupakan kendala pada kontrol sistem. Penyelesaian masalah optimasi menghasilkan penyelesaian optimal sebagai berikut.

$$\{\mathbf{u}^*(k|k), \mathbf{u}^*(k+1|k), \dots, \mathbf{u}^*(k+N_p-1|k)\} \quad (2.22)$$

Dengan menggunakan prinsip *receding horizon* pada MPC, yakni nilai kontrol optimal yang diberikan pada sistem adalah vektor awal dari penyelesaian optimálnya, maka nilai kontrol yang diberikan pada sistem Persamaan (2.15) adalah:

$$\mathbf{u}(k|k) = \mathbf{u}^*(k|k) \quad (2.23)$$

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

2.10 Indeks *Liquid-45* (LQ45)

Pada penelitian tugas akhir ini, data yang digunakan adalah data saham yang bersumber dari Indeks *Liquid-45* (LQ45). Indeks LQ45 merupakan indeks yang mengukur kinerja harga dari 45 saham yang memiliki likuiditas tinggi dan kapitalisasi pasar besar serta didukung oleh fundamental perusahaan yang baik. Indeks ini diperkenalkan Bursa Efek Indonesia (BEI) mulai tanggal 24 Februari 1997 dan dengan hari dasar tanggal 13 Juli 1994. Untuk menentukan saham-saham yang layak menjadi anggota LQ45, maka digunakan dua tahap seleksi.

Tahap pertama, kriteria yang harus dipenuhi adalah :

- a) Saham yang akan masuk indeks LQ45 harus berada di top 95 persen dari total rata-rata tahunan nilai transaksi saham di pasar regular.
- b) Saham tersebut berada di top 90 persen dari rata-rata tahunan kapitalisasi pasar.
- c) Tercatat di BEI minimum 30 hari bursa.

Apabila telah lolos pada tahap pertama, maka dilanjutkan tahap berikutnya. Tahap kedua menyangkut kriteria sebagai berikut :

- a) Saham yang terpilih merupakan urutan tertinggi yang mewakili sektornya dalam klasifikasi industri BEI.
- b) Saham terpilih memiliki porsi yang sama dengan sektor-sektor lain.
- c) Saham tersebut merupakan urutan tertinggi berdasarkan frekuensi transaksi

Indeks LQ45 juga mencakup saham-saham dengan 11 kapitalisasi pasar dan likuiditas yang tinggi serta mewakili masing-masing sektor industri [24].

BAB III

METODE PENELITIAN

Pada bagian ini diuraikan serangkaian metode atau langkah sistematis yang dilakukan dalam proses penggerjaan Tugas Akhir. Adapun metode atau langkah-langkahnya meliputi studi literatur, pengumpulan dan penyajian data penelitian, analisis data penelitian, analisis kebaikan model peramalan, prediksi harga saham dengan *Holt Winter's Exponential Smoothing*, perhitungan *return* saham, implementasi *Model Predictive Control* dalam penerapan optimasi portofolio saham, serta penyusunan hasil penelitian.

1. Studi Literatur

Adapun studi literatur yang dilakukan dalam penelitian ini berkaitan dengan data harga saham, metode peramalan menggunakan *Holt Winter's Exponential Smoothing*, pemilihan model peramalan terbaik, portofolio investasi saham, serta metode kontrol optimal *Model Predictive Control*. Beberapa data sekunder yang dijadikan acuan dalam studi literatur penelitian ini meliputi buku-buku literatur, jurnal, *paper*, maupun artikel-artikel yang relevan.

2. Pengumpulan dan Penyajian Data Penelitian

Pada bagian ini dilakukan pengumpulan dan penyajian data yang berkaitan dengan topik penelitian. Adapun data yang dipilih adalah data harga penutupan saham harian dari PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk. pada tanggal 4 Januari 2016 hingga 30 Januari 2020. Data-data tersebut diperoleh dari statistik PT Bursa Efek Indonesia dan data dari *Yahoo Finance*.

3. Analisis Data Penelitian

Berdasarkan data penutupan harga saham harian yang telah disajikan, selanjutnya dilakukan analisis terhadap data tersebut. Suatu data layak dilakukan prediksi atau *forecasting* ketika data tersebut telah lulus uji stasioner. Adapun uji stasioner yang dimaksud meliputi uji stasioneritas data terhadap rata-rata (*mean*) dan uji stasioneritas terhadap variansi. Apabila data belum

stasioner terhadap dua uji tersebut, maka perlu adanya transformasi dan *differencing* terhadap data. Selain uji stasioneritas, perlu dilakukan pula uji tren dan musiman terhadap data. Dalam penelitian Tugas Akhir ini, data saham yang dibutuhkan adalah data yang mengandung unsur *seasonal* multiplikatif. Penentuan kecenderungan multiplikatif ini terkait dengan konvergensi dari data itu sendiri.

4. Prediksi Harga Saham

Setelah dilakukan analisis dan pemilihan model peramalan terbaik dengan *Holt Winter's Exponential Smoothing*. Selanjutnya dilakukan prediksi terhadap data harga saham PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk. dengan menggunakan metode *Holt Winter's Exponential Smoothing*. Dimana model peramalan terbaik diperoleh dari pemilihan berdasarkan tingkat kesalahan atau galat yang terkecil. Sehingga menghasilkan prediksi data saham yang mendekati aktual.

5. Analisis Kesalahan Model Peramalan

Dalam peramalan suatu data, ketepatan atau kebaikan suatu model dipandang sebagai kriteria terbaik dalam pemilihan suatu metode peramalan. Apabila metode yang dipakai sudah dianggap tepat untuk melakukan peramalan, maka pemilihan model terbaik didasarkan pada tingkat kesalahan prediksi atau galat. Adapun alat untuk mengukur besar kecilnya kesalahan hasil peramalan pada penelitian ini adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

6. Perhitungan *return* saham

Perhitungan *return* saham dilakukan terhadap data hasil prediksi saham yang telah dilakukan sebelumnya. Objek perhitungan *return* saham ini dari saham PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk. Perhitungan *return* saham sangat berguna untuk keperluan permasalahan kontrol optimal portofolio saham.

7. Implementasi *Model Predictive Control*

Pada tahap ini *Model Predictive Control* diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan kendali atau kontrol optimal pada portofolio saham dengan cara terlebih dahulu menentukan variabel *state*, variabel kontrol, dan kendala-kendala pada manajemen portofolio, serta fungsi objektif yang ingin dicapai. Tujuan dari metode *Model Predictive Control* adalah untuk meminimumkan suatu fungsi objektif, sehingga mampu mengantisipasi kejadian yang akan datang dan melakukan aksi kontrol yang sesuai. Dari hasil implementasi ini, selanjutnya dilakukan simulasi dari metode *Model Predictive Control*.

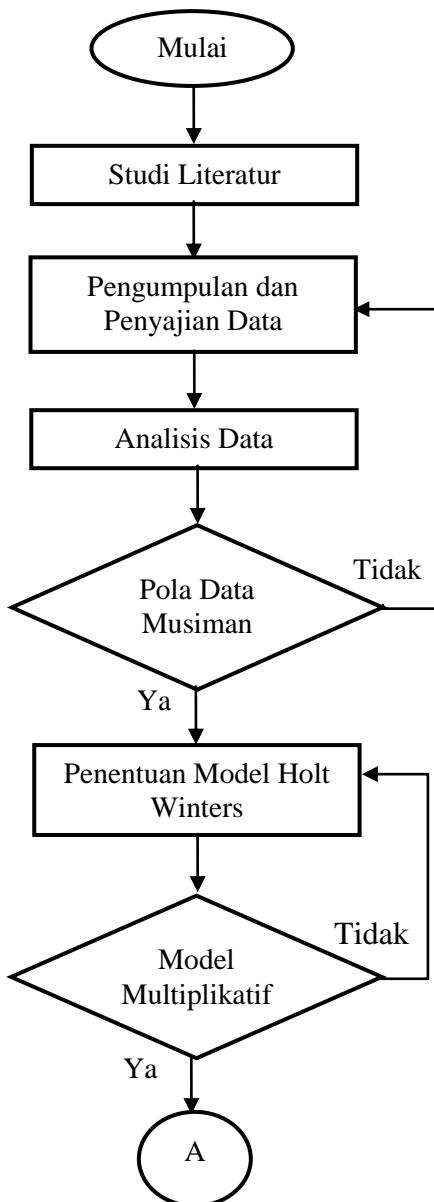
8. Analisa Hasil dan Pembahasan

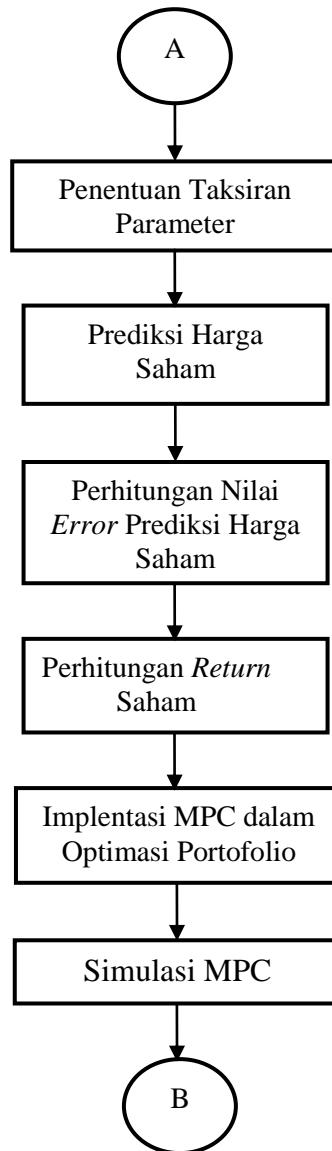
Analisa hasil dan pembahasan dilakukan berdasarkan hasil dari simulasi yang telah didapat sebelumnya. Lalu kemudian disusun sebuah kesimpulan akhir yang diperoleh selama penelitian.

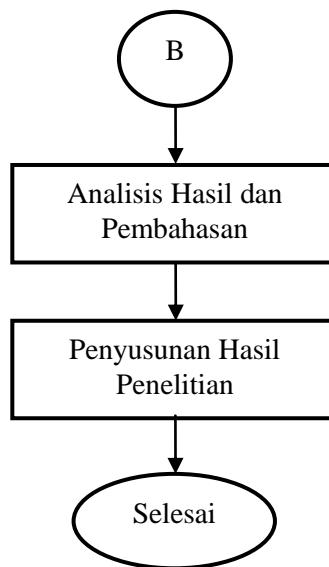
9. Penyusunan Hasil Penelitian

Langkah terakhir dari serangkaian penelitian ini adalah penyusunan hasil penelitian dalam bentuk laporan hasil, yang terdiri atas halaman judul, abstrak, daftar isi, bab 1 sampai bab 5, dan daftar pustaka.

Gambar 3.1 menunjukkan diagram alir (*flowchart*) metode penelitian Tugas Akhir.

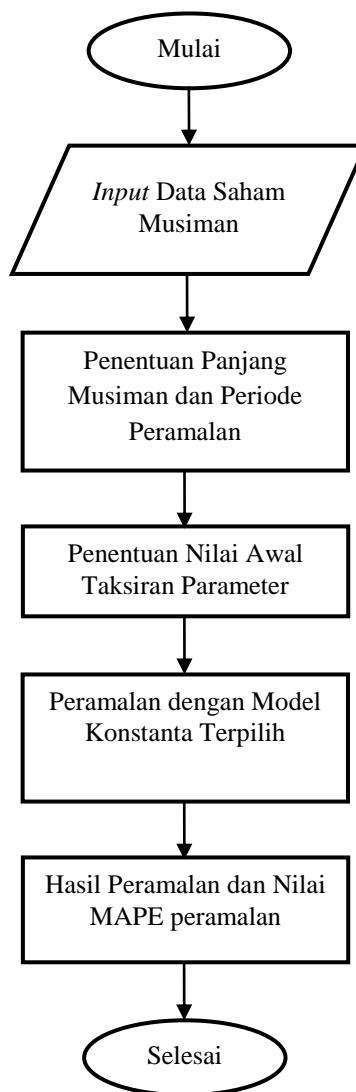




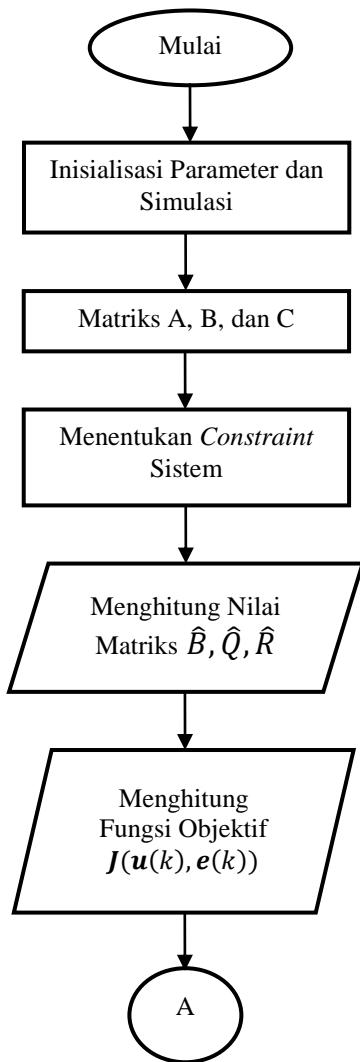


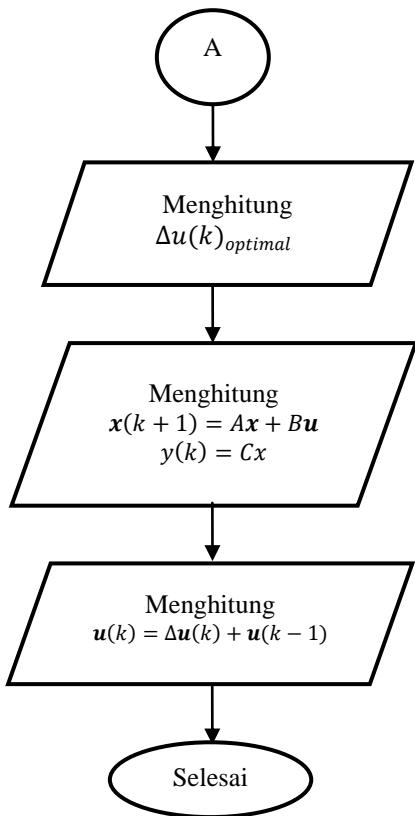
Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

Untuk lebih memperjelas alur kerja metode yang digunakan dalam penelitian ini, disajikan Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 yang merupakan diagram alir dari metode *Multiplicative Holt Winter's Exponential Smoothing* dan metode *Model Predictive Control* (MPC).



Gambar 3.2 Diagram Alir Metode *Holt-Winter's Expoonential Smoothing*





Gambar 3.3 Diagram Alir Metode *Model Predictive Control* (MPC)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV PEMBAHASAN

Pada penelitian tugas akhir ini, portofolio saham yang dibentuk dalam melakukan manajemen investasi berasal dari tiga aset berisiko (saham), satu aset tak berisiko (tabungan bank), dan satu aset pinjaman modal investor. Saham yang dijadikan sebagai objek dalam penelitian ini, meliputi saham PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk yang tergabung dalam indeks saham yang sama (Indeks LQ45). Dalam penelitian ini, terdapat dua hal yang menjadi pokok bahasan yang dilakukan, yaitu memprediksi harga saham menggunakan *Holt Winter's Exponential Smoothing* dan melakukan kendali optimal portofolio saham dengan *Model Predictive Control* berdasarkan data prediksi harga saham yang telah diperoleh.

Pertama yang dilakukan adalah melakukan prediksi harga saham dari masing-masing perusahaan yang menjadi objek penelitian. Prediksi saham dilakukan menggunakan *Holt Winter's Exponential Smoothing* dengan terlebih dahulu membentuk model peramalan dari masing-masing saham. Model peramalan ini digunakan untuk menghitung prediksi harga saham pada periode mendatang. Setelah didapatkan prediksi harga saham untuk beberapa periode ke depan, langkah selanjutnya adalah menghitung tingkat *return* saham dari masing-masing perusahaan. Tingkat *return* saham ini digunakan dalam melakukan manajemen optimisasi portofolio.

Manajemen optimisasi portofolio saham yang diterapkan dalam penelitian ini mengimplementasikan metode *Model Predictive Control*. Adapun tujuan dari penyelesaian permasalahan optimisasi portofolio yaitu agar investor mendapatkan total modal dalam portofolio yang mendekati target yang diinginkan. Alternatif yang dilakukan investor untuk mendapatkan total modal sesuai yang diinginkan yaitu melakukan penyebaran modal pada setiap aset portofolio secara optimal. Dengan demikian, investor dapat mengetahui strategi terbaik

dalam manajemen modalnya dalam portofolio untuk mendapatkan peningkatan modal secara optimal.

4.1 Pemodelan Matematika pada Peramalan Harga Saham

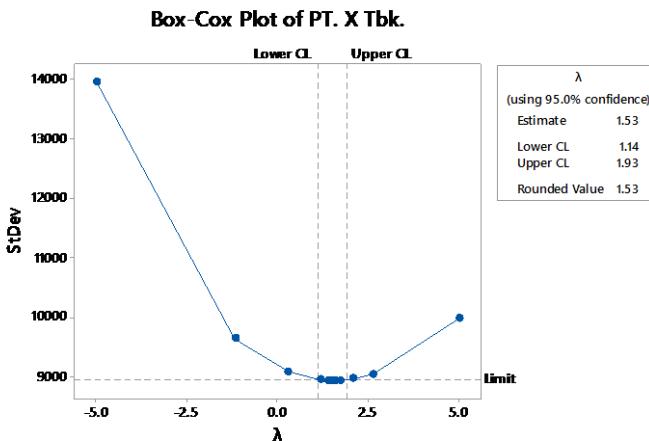
Peramalan harga saham pada penelitian tugas akhir ini menggunakan metode *Holt Winter's Exponential Smoothing*. Dalam metode *Holt Winter* terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan untuk membentuk model peramalan harga saham, antara lain analisis data, penentuan parameter pemulusan peramalan dan simulasi peramalan harga saham.

4.1.1 Deskripsi dan Analisis Data Harga Saham

Data observasi yang digunakan dalam membangun model peramalan harga saham adalah data *closing price* dari perusahaan PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk. Saham yang dipilih sebagai objek penelitian ini yaitu saham yang memiliki unsur kecenderungan (tren) dan musiman (*seasonal*) dengan interval data pada periode 4 Januari 2016 hingga 30 Januari 2020. Data saham dari masing-masing perusahaan dapat dilihat pada Lampiran A-C.

Sebelum melakukan peramalan, terlebih dahulu dilakukan analisis stasioneritas terhadap masing-masing data harga saham. Analisis stasioneritas data dalam metode peramalan penting untuk dilakukan, karena peramalan dapat dilakukan apabila data telah memenuhi stasioneritas terhadap varian dan *mean*. Suatu data dikatakan telah stasioner ketika data tersebut berada dalam kesetimbangan di sekitar nilai yang konstan selama waktu tertentu.

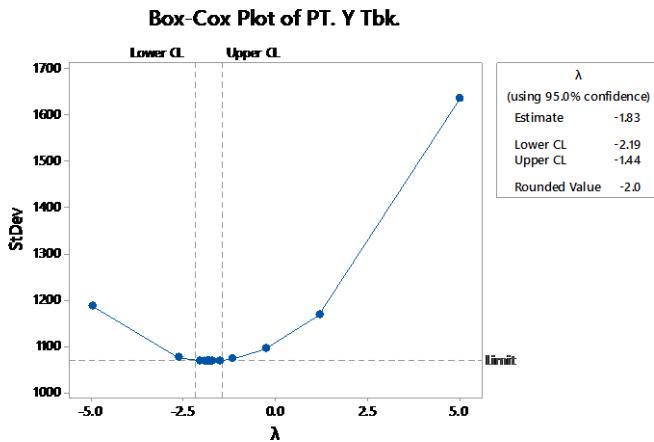
Uji stasioneritas data dalam varian dapat diperlihatkan melalui Plot Box-Cox data, yaitu apabila data memiliki *rounded value* $\lambda = 1$, maka dapat dikatakan data tersebut stasioner terhadap varian. Namun sebaliknya, apabila nilai $\lambda \neq 1$, maka perlu dilakukan transformasi Box-Cox terhadap data. Plot Box-Cox dari data harga saham PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk. direpresentasikan melalui Gambar 4.1-4.3.



Gambar 4.1 Plot Box-Cox Saham PT. X Tbk.

Plot Box-Cox dari data saham PT. X Tbk. yang disajikan pada Gambar 4.1 menggunakan nilai kepercayaan 95%. Hal ini memberikan nilai optimal untuk λ sebesar 1,53 dalam interval selang kepercayaan antara 1,14 dan 1,93, serta memiliki *rounded value* $\lambda = 1,53$. Karena $\lambda \neq 1$, maka data saham PT. X Tbk. belum berada dalam kondisi stasioner dalam varian.

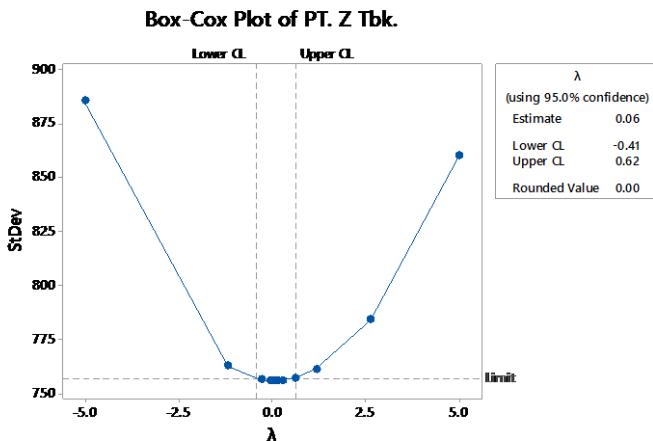
Selanjutnya, pengecekan stasioneritas data juga dilakukan terhadap data saham PT. Y Tbk. yang direpresentasikan melalui Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Plot Box-Cox Saham PT. Y Tbk.

Pada Gambar 4.2, terlihat bahwa plot Box-Cox dari data harga saham PT. Y Tbk. menunjukkan *rounded value* $\lambda = -2$ dengan nilai kepercayaan 95% yang memberikan nilai optimal untuk λ sebesar $-1,83$ dalam rentang selang kepercayaan antara $-2,19$ dan $-1,44$. Informasi ini menunjukkan bahwa data harga saham PT. Y Tbk. belum stasioner dalam varian.

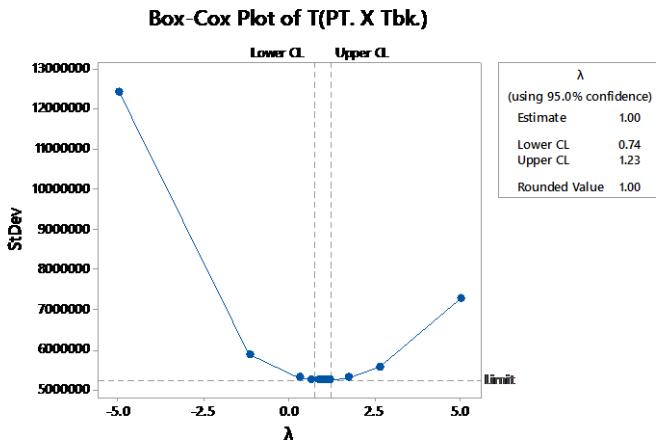
Kemudian, uji stasioneritas dalam varian terhadap saham PT. Z Tbk. juga dilakukan. Adapun Gambar 4.3 merepresentasikan plot Box-Cox uji stasioneritas data saham PT. Z Tbk.



Gambar 4.3 Plot Box-Cox Saham PT. Z Tbk.

Plot Box-Cox pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa nilai kepercayaan 95% memberikan nilai optimal untuk λ sebesar 0,06 yang berada dalam interval selang kepercayaan antara -0,41 dan 0,62, serta memiliki *rounded value* $\lambda = 0$. Ini berarti data harga saham PT. Z Tbk. juga belum mencapai kondisi stasioner dalam varian.

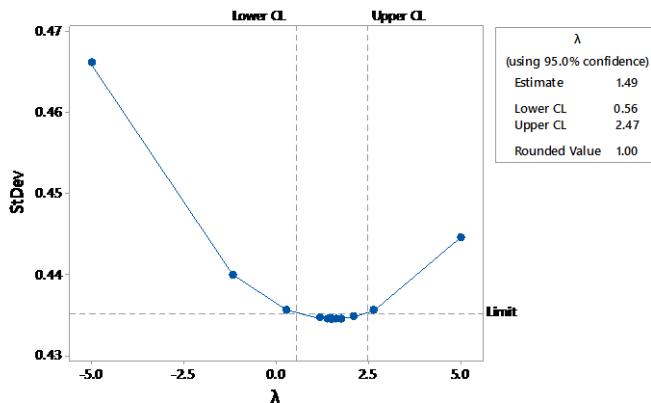
Berdasarkan hasil plot Box-Cox pada Gambar 4.1 – Gambar 4.3, ketiga data saham yang menjadi objek penelitian belum berada dalam keadaan stasioner terhadap varian. Sehingga perlu dilakukan transformasi Box-Cox terhadap saham PT. X Tbk., saham PT. Y Tbk., dan saham PT. Z Tbk. Transformasi Box-Cox menggunakan informasi koefisien λ yang telah didapat pada Gambar 4.1-Gambar 4.3 untuk dijadikan patokan dalam menentukan jenis transformasi yang tepat pada data. Penggunaan transformasi Box-Cox dilakukan dengan cara transformasi pangkat berparameter tunggal (λ) terhadap respon (Y) sehingga menjadi Y^λ . Gambar 4.4 – 4.6 menyajikan hasil plotting data masing-masing saham setelah dilakukan transformasi.



Gambar 4.4 Plot Transformasi Box-Cox Saham PT. X Tbk.

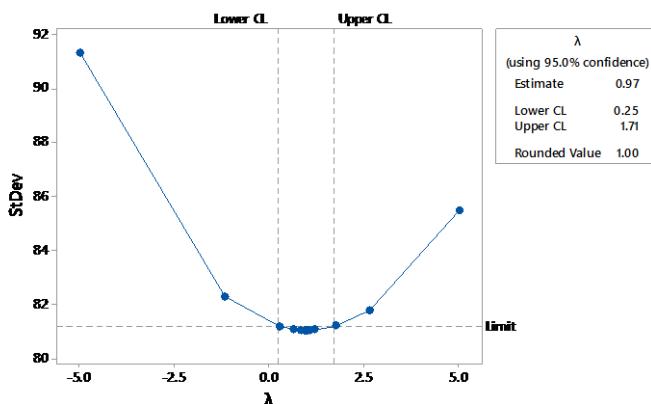
Berdasarkan grafik pada Gambar 4.4, diperoleh nilai *rounded value* $\lambda = 1$ dengan menggunakan selang kepercayaan 95% pada interval 0,74 hingga 1,23. Hal ini berarti data harga saham PT. X Tbk. telah berada pada kondisi stasioner terhadap varian. Kemudian, hasil plotting transformasi Box-Cox juga dilakukan pada saham PT. Y Tbk. dan saham PT. Z Tbk. yang direpresentasikan melalui Gambar 4.5 – Gambar 4.6.

Box-Cox Plot of T(PT. Y Tbk.)



Gambar 4.5 Plot Transformasi Box-Cox Saham PT. Y Tbk.

Box-Cox Plot of T(PT. Z Tbk.)

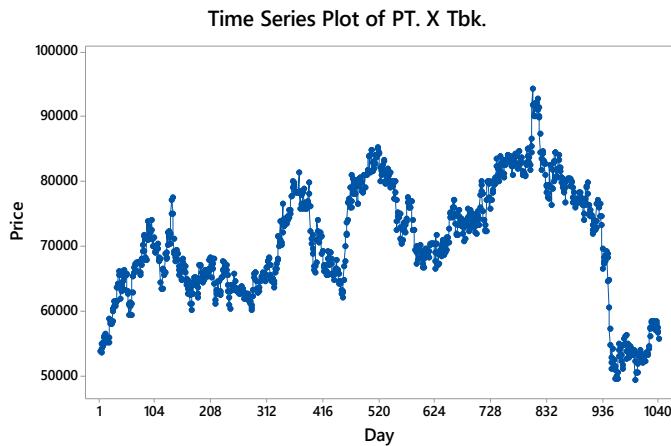


Gambar 4.6 Plot Transformasi Box-Cox Saham PT. Z Tbk.

Plot transformasi Box-Cox pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 menunjukkan bahwa dengan menggunakan selang kepercayaan 95% memberikan nilai optimal untuk λ masing-masing sebesar 1,49 dan 0,97 serta memiliki *rounded value* $\lambda = 1$. Informasi ini menunjukkan bahwa data harga saham PT. Y Tbk. dan PT. Z Tbk. telah mencapai kondisi stasioner dalam varian.

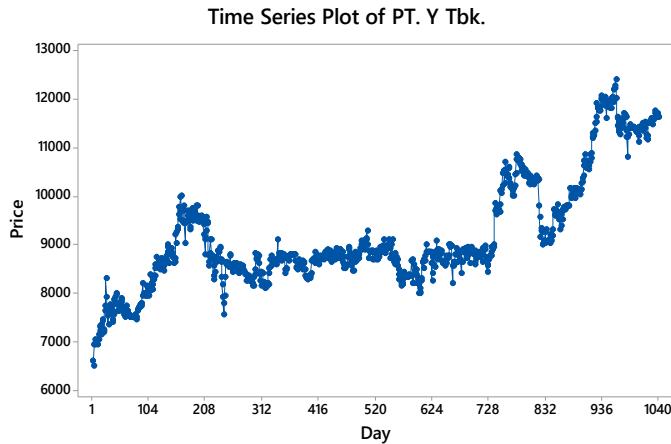
Setelah dilakukan uji stasioneritas data terhadap varian, selanjutnya dilakukan uji stasioneritas data terhadap *mean*. Pengecekan stasioner terhadap *mean* dapat dilakukan dengan melihat *time series plot* dari data harga saham tersebut. *time series plot* dari harga saham PT. X Tbk. disajikan melalui Gambar 4.7. Pada Gambar 4.7, terlihat adanya unsur kecenderungan (tren) naik dan turunnya data. Harga saham PT. X Tbk. mengalami pergerakan yang fluktuatif dari waktu ke waktu. Hal ini mengindikasikan bahwa data harga saham PT. X Tbk. belum stasioner terhadap *mean*. Indikasi ini juga diperkuat melalui uji stasioner *unit root test* 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 0,1202. Nilai probabilitas tersebut lebih besar daripada tingkat signifikansi $\alpha(5\%)$. Hal ini berarti dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95%, menunjukkan bahwa data mengandung akar unit, sehingga data belum stasioner dalam *mean*. Ketidakstasioneran data harga saham PT. X Tbk. juga dapat dibuktikan melalui uji statistik t yaitu $|t_{stat,X}| = 2,481831 < |ADF_{5\%}| = 2,864111$.

Berdasarkan hasil tersebut, hipotesis H_0 yang menyatakan bahwa data tidak stasioner gagal ditolak. Dengan demikian, data harga saham PT. X Tbk. masih belum berada dalam keadaan stasioner dalam *mean*.



Gambar 4.7 Time Series Plot Harga Saham PT. X Tbk.

Setelah dilakukan analisis stasioneritas saham PT. X Tbk., selanjutnya hal serupa juga dilakukan terhadap saham PT. Y Tbk. Adapun *time series plot* disajikan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Time Series Plot Harga Saham PT. Y Tbk.

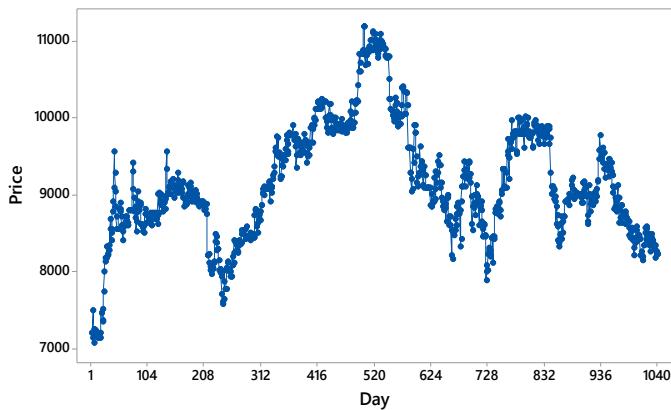
Berdasarkan Gambar 4.8 secara keseluruhan terlihat adanya unsur tren naik selama periode pengamatan. Adanya unsur tren naik ini mengindikasikan bahwa data harga saham PT. Y Tbk. belum stasioner terhadap *mean*. Apabila dilakukan analisis uji stasioner *unit root test* dengan menggunakan kriteria *Augmented Dickey-Fuller* (dapat dilihat pada Lampiran E.1) didapatkan nilai probabilitas *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) sebesar 0,2905. Nilai probabilitas tersebut lebih besar daripada tingkat signifikansi $\alpha(5\%)$. Berdasarkan nilai probabilitas, data tersebut masih mengandung akar unit. Hal ini juga diperkuat melalui uji statistik *t*. Hasil uji statistik *t* dari data harga saham PT. Y Tbk. yaitu $|t_{stat,Y}| = 1,991999 < |ADF_{5\%}| = 2,864111$.

Berdasarkan hasil uji unsur tren dan statistik, hipotesis H_0 yang menyatakan bahwa data tidak stasioner gagal ditolak. Sehingga hipotesis H_1 diterima. Dengan demikian, data harga saham PT. Y Tbk. masih belum berada dalam keadaan stasioner terhadap *mean*. Kemudian, pengecekan stasioneritas data terhadap *mean* juga dilakukan terhadap saham PT. Z Tbk. *Time series plot* terhadap data disajikan pada Gambar 4.9.

Berdasarkan Gambar 4.9 terlihat adanya kecenderungan unsur tren naik dan turun selama periode pengamatan. Hal ini mengindikasikan bahwa data harga saham PT. Z Tbk. belum stasioner terhadap *mean*. Uji stasioner *unit root test* dengan menggunakan kriteria *Augmented Dickey-Fuller* juga menunjukkan ketidakstasioneran data harga saham (dapat dilihat pada Lampiran F.1). Berdasarkan hasil uji tersebut didapatkan nilai probabilitas *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) sebesar $0,0181 > \alpha = 0,05$. Dengan menggunakan uji statistik *t*, dapat disimpulkan pula bahwa data tidak stasioner, karena nilai $|t_{stat,Z}| = 2,239031 < |ADF_{5\%}| = 2,864111$.

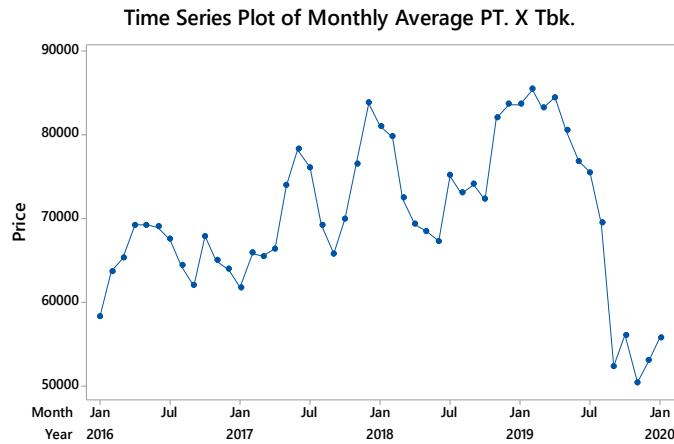
Berdasarkan hasil tersebut, hipotesis H_0 gagal ditolak. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa data harga saham PT. Z Tbk. masih belum stasioner terhadap *mean*.

Time Series Plot of PT. Z Tbk.

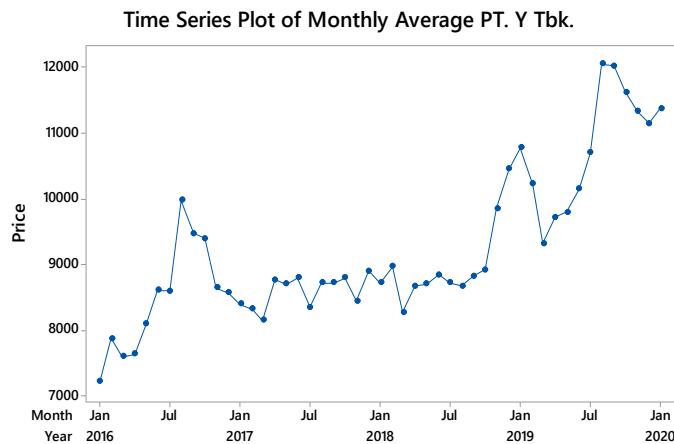


Gambar 4.9 Time Series Plot Harga Saham PT. Z Tbk.

Dari hasil analisis kestasioneran data terhadap *mean*, diketahui bahwa ketiga saham yang menjadi objek penelitian belum dalam keadaan stasioner. Ketidakstasioneran data biasanya dipengaruhi oleh adanya unsur tren atau unsur musiman. Untuk mengetahui adanya indikasi unsur musiman (*seasonal*) pada data, maka dilakukan plotting *mean* data harga saham masing-masing perusahaan tiap bulan. Musiman (*seasonal*) cenderung menyebabkan runtun data menjadi tidak stasioner karena nilai rata-rata pada saat titik waktu tertentu dalam rentang musiman menjadi berbeda dengan nilai rata-rata pada saat periode yang lain. Gambar 4.10–4.12 menunjukkan plotting *mean* bulanan data harga saham.

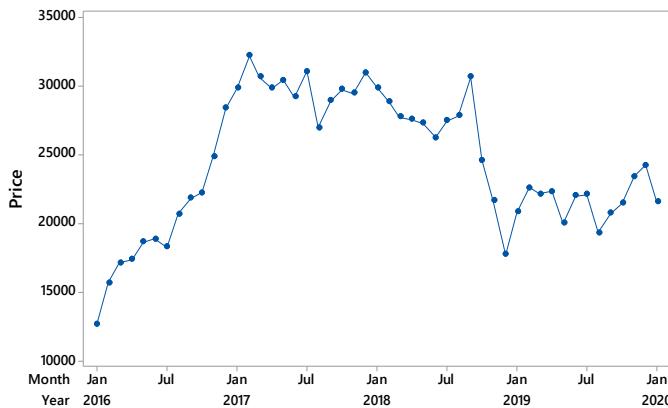


Gambar 4.10 Time Series Plot Rata-rata Bulanan Saham PT. X Tbk.



Gambar 4.11 Time Series Plot Rata-rata Bulanan Saham PT. Y Tbk.

Time Series Plot of Monthly Average PT. Z Tbk.



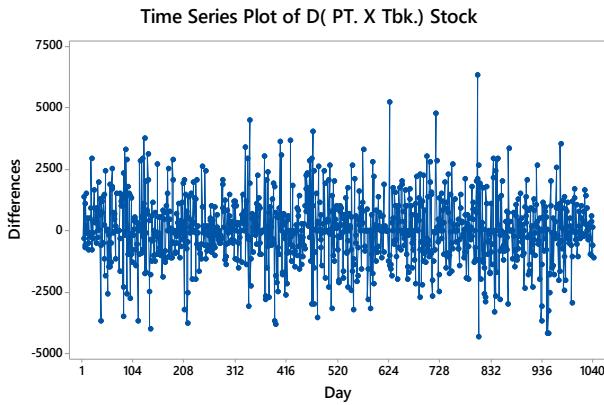
Gambar 4.12 Time Series Plot Rata-rata Bulanan Saham PT. Z Tbk.

Gambar 4.10–4.12 menunjukkan adanya indikasi unsur musiman pada masing-masing data harga saham. Hal ini karena pada periode tertentu amplitudo atau ketinggian dari pola musimannya proporsional dengan rata-rata level atau tingkatan dari deret data.

Selain adanya indikasi pola data musiman, ketiga data harga saham yang menjadi objek penelitian belum dalam keadaan stasioner terhadap *mean* (Gambar 4.7–4.9). Sehingga perlu dilakukan *differencing* terhadap masing-masing data saham. Selanjutnya, data hasil *differencing* tersebut diuji kembali kestasionerannya. Gambar 4.13 menunjukkan data harga saham PT. X Tbk. yang telah dilakukan *differencing* sebanyak satu kali. Dari gambar tersebut terlihat bahwa data berada dalam kondisi stasioner. Grafik dari hasil *differencing* tersebut telah seimbang di sekitar nilai yang konstan. Selain itu, tidak terlihat adanya unsur tren naik atau turun pada gambar. Hal ini diperkuat melalui hasil uji *unit root Augmented Dickey-Fuller* yang dapat dilihat pada Lampiran D.2 dengan nilai probabilitas ADF = 0 < 0,05. Selain

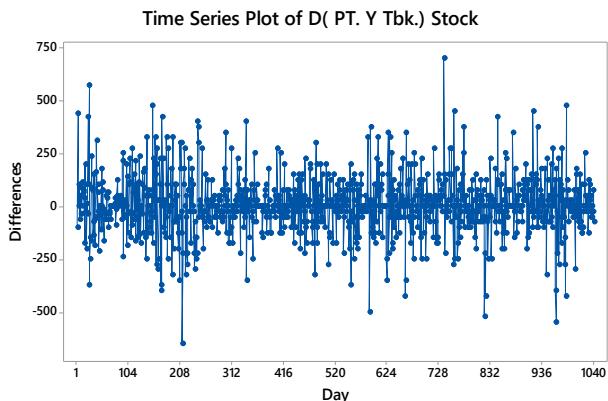
itu, uji statistik t menghasilkan $|t_{stat.D(X)}| = 32,21499 > |ADF_{5\%}| = 2,864114$.

Berdasarkan hasil tersebut, hipotesis Akhir untuk H_0 ditolak. Dengan demikian, data harga saham PT. X Tbk. dengan differencing satu kali telah berada dalam kondisi stasioner.



Gambar 4.13 Time Series Plot dari Hasil Differencing Saham PT. X Tbk.

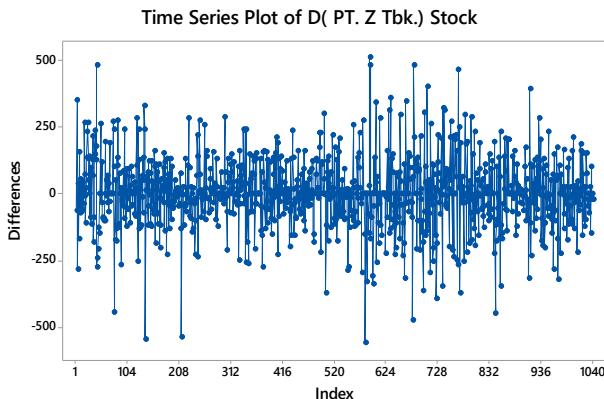
Selanjutnya, differencing juga dilakukan terhadap data harga saham PT. Y Tbk., karena data saham tersebut juga belum dalam keadaan stasioner terhadap *mean*. Gambar 4.14 merupakan grafik dari hasil differencing satu kali terhadap data, dimana pada Gambar 4.14 grafik data telah setimbang di sekitar nilai 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 $|t_{stat.D(Y)}| = 34,45693 > |ADF_{5\%}| = 2,864114$ (Lampiran E.2). Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa hipotesis H_0 ditolak, karena data harga saham PT. Y Tbk. telah stasioner dalam *mean*.



Gambar 4.14 Time Series Plot dari Hasil Differencing Saham PT. Y Tbk.

Hal serupa juga dilakukan terhadap saham PT. Z Tbk. Dengan melakukan *differencing* sebanyak satu kali, grafik data harga saham telah berada pada keseimbangan di sekitar nilai yang konstan (Gambar 4.15). Selain itu, tidak terlihat adanya unsur tren naik atau turun pada gambar tersebut. hal ini diperkuat melalui uji *unit root Augmented Dickey-Fuller* yang dapat dilihat pada Lampiran F.2. Nilai probabilitas $ADF = 0 < \alpha(5\%)$. Selain itu, uji statistik t menunjukkan hasil $|t_{stat.D(Z)}| = 21,74783 > |ADF_{5\%}| = 2,864119$.

Berdasarkan hasil tersebut, hipotesis H_0 ditolak. Dengan demikian, data harga saham PT. Z Tbk. telah berada dalam keadaan stasioner.



Gambar 4.15 Time Series Plot dari Hasil Differencing Saham PT. Z Tbk.

Setelah ketiga data saham yang menjadi objek penelitian berada dalam keadaan stasioner. Selanjutnya dilakukan identifikasi dan pembentukan model peramalan yang dijelaskan pada subbab berikutnya.

4.1.2 Penentuan Parameter Pemulusan *Holt Winter's Exponential Smoothing*

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, dengan melakukan *differencing* sebanyak satu kali, didapatkan bahwa data harga saham PT. X Tbk., PT Y Tbk., dan PT Z Tbk. telah stasioner, baik stasioner dalam varian maupun stasioner dalam *mean*. Setelah data saham dalam keadaan stasioner, maka selanjutnya dapat dilakukan peramalan terhadap data. Dalam penelitian ini, peramalan harga saham dilakukan dengan menggunakan metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* model multiplikatif. Metode Holt Winter didasarkan pada tiga parameter pemulusan yaitu parameter unsur data stasioner (eksponensial), unsur kecenderungan (tren), dan unsur musiman (*seasonal*) untuk setiap periode, serta memberikan tiga pembobotan dalam prediksinya yaitu α , β , dan γ . Besarnya koefisien α , β , γ berada pada rentang

0 sampai 1 yang ditentukan secara subjektif yaitu dengan meminimalkan nilai kesalahan dari estimasi tersebut [16]. Namun dalam penelitian ini, parameter α , β , dan γ optimum didapatkan melalui pengolahan dalam *software* RStudio.

Berdasarkan hasil dari simulasi *software* RStudio, didapatkan nilai dari koefisien α , β , dan γ optimum yang disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Nilai Koefisien Alpha (α), Beta (β), dan Gamma (γ)

Saham	Alpha (α)	Beta (β)	Gamma (γ)
PT. X Tbk.	0.886108	0.00324419	1
PT. Y Tbk	0.8776647	0.005092039	0.6494706
PT. Z Tbk	0.9163035	0.002541073	0.6529117

Nilai dari koefisien α , β , dan γ pada Tabel 4.1 tersebut digunakan dalam perhitungan parameter pemulusan data saham dari masing-masing perusahaan. Adapun parameter pemulusan meliputi pemulusan data stasioner (eksponensial), pemulusan kecenderungan (tren), dan pemulusan musiman (*seasonal*).

4.1.2.1 Penentuan Nilai Pemulusan Eksponensial

Penentuan nilai pemulusan data stasioner atau eksponensial dapat dilakukan secara langsung yaitu dengan memilih nilai rata-rata satu periode awal menjadi nilai pemulusan awal, yang disajikan dalam Persamaan 4.1.

$$L_p = \frac{1}{p} (X_1 + X_2 + \dots + X_p) \quad (4.1)$$

Dimana p merupakan panjang musiman data dan L_p merupakan nilai pemulusan eksponensial pada periode awal. Nilai $p = 12$, artinya panjang periode musiman data bernilai 12 (tahunan). X_1, X_2, \dots, X_p merupakan nilai rata-rata per bulan dari data pada tahun pertama.

Setelah diperoleh nilai pemulusan eksponensial awal, selanjutnya untuk periode berikutnya, nilai pemulusan eksponensial diperoleh melalui Persamaan 4.2.

$$L_{p+t} = \alpha \left(\frac{X_{p+t}}{I_t} \right) + (1 - \alpha)(L_{p+t-1} + T_{p+t-1}) \quad (4.2)$$

dengan $t = 1, 2, \dots, (n - p)$ dan n menunjukkan banyaknya data aktual. Sedangkan L_{p+t} merupakan nilai pemulusan eksponensial pada periode ke- $p+t$, I_t adalah estimasi musiman pada periode ke- t . Nilai konstanta pembobot α diambil berdasarkan koefisien optimal pada Tabel 4.1. Berdasarkan Persamaan 4.3 didapatkan nilai pemulusan eksponensial untuk data harga saham masing-masing perusahaan menjadi:

$$L_{p+t PT.X} = 0.886108 \left(\frac{X_{p+t}}{I_t} \right) + 0.113892(L_{p+t-1} + T_{p+t-1})$$

$$L_{p+t PT.Y} = 0.877665 \left(\frac{X_{p+t}}{I_t} \right) + 0.122335(L_{p+t-1} + T_{p+t-1})$$

$$L_{p+t PT.Z} = 0.916304 \left(\frac{X_{p+t}}{I_t} \right) + 0.083697(L_{p+t-1} + T_{p+t-1})$$

4.1.2.2 Penentuan Nilai Pemulusan Kecenderungan (Tren)

Dalam menentukan nilai pemulusan kecenderungan terlebih dahulu ditentukan nilai pemulusan kecenderungan untuk periode awal, yang ditunjukkan melalui Persamaan 4.3.

$$T_p = \frac{1}{p} \left(\frac{X_{p+1} - X_1}{p} + \frac{X_{p+2} - X_2}{p} + \dots + \frac{X_{p+p} - X_p}{p} \right) \quad (4.3)$$

Dimana T_p estimasi kecenderungan (tren) pada periode awal. Setelah didapatkan nilai pemulusan kecenderungan (tren)

periode awal, kemudian untuk perhitungan nilai pemulusan kecenderungan periode berikutnya diperoleh berdasarkan persamaan:

$$T_{p+t} = \beta(L_{p+t} - L_{p+t-1}) + (1 - \beta)T_{p+t-1} \quad (4.4)$$

dengan $t = 1, 2, \dots, (n - p)$ dan n menunjukkan banyaknya data aktual. Nilai konstanta pembobot β diambil berdasarkan koefisien optimal pada Tabel 4.1, dimana β adalah konstanta pemulusan unsur tren. Sehingga nilai pemulusan kecenderungan (tren) untuk data harga saham masing-masing perusahaan berdasarkan Persamaan 4.4 menjadi:

$$T_{p+t PT.X} = 0.00324419(L_{p+t} - L_{p+t-1}) + \\ 0.99675581T_{p+t-1}$$

$$T_{p+t PT.Y} = 0.005092039(L_{p+t} - L_{p+t-1}) + \\ 0.994907961T_{p+t-1}$$

$$T_{p+t PT.Z} = 0.002541073(L_{p+t} - L_{p+t-1}) + \\ 0.997458927T_{p+t-1}$$

4.1.2.3 Penentuan Nilai Pemulusan Musiman (*Seasonal*)

Dalam melakukan penetuan pemulusan musiman, pertama yang dilakukan adalah menentukan nilai faktor musiman awal, yang dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$I_p = X_t - L_p \quad (4.5)$$

Dimana $t = 1, 2, \dots, p$ dan I_p adalah estimasi musiman periode awal. Sedangkan untuk menghitung nilai pemulusan musiman periode berikutnya diperoleh berdasarkan:

$$I_{p+t} = \gamma(X_{p+t} - L_{p+t}) + (1 - \gamma)I_t \quad (4.6)$$

dengan $t = 1, 2, \dots, (n - p)$ dan I_{p+t} merupakan estimasi musiman periode ke- $p+t$ dan nilai konstanta pembobot γ diambil berdasarkan koefisien optimal pada Tabel 4.1, dimana γ adalah konstanta pemulusan unsur musiman.

Sehingga berdasarkan Persamaan 4.6, nilai pemulusan musiman untuk data harga saham masing-masing perusahaan menjadi:

$$I_{p+t PT.X} = 1(X_{p+t} - L_{p+t})$$

$$I_{p+t PT.Y} = 0.6494706(X_{p+t} - L_{p+t}) + 0.3505294I_t$$

$$I_{p+t PT.Z} = 0.6529117(X_{p+t} - L_{p+t}) + 0.3470883I_t$$

Setelah diketahui nilai pemulusan dari metode *Holt Winter's Exponential Smoothing*, selanjutnya dilakukan peramalan untuk periode ke depan dengan menggunakan Persamaan 4.7.

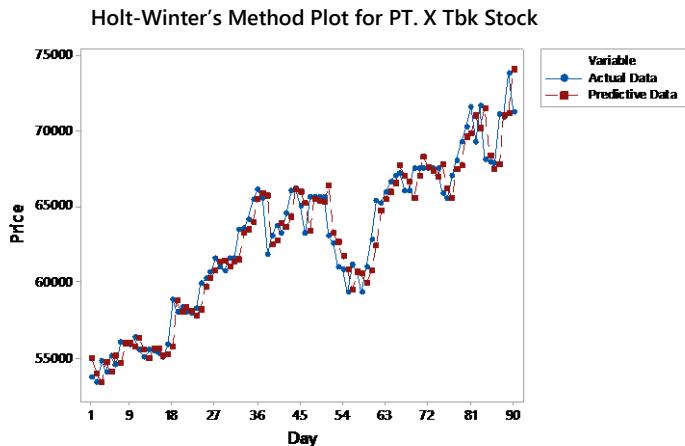
$$F_{n+m} = (L_n + mT_n)I_{n-p+m} \quad (4.7)$$

Berdasarkan Persamaan 4.8, diketahui bahwa n merupakan banyaknya data aktual dan $m = 1, 2, \dots, n$. Dimana n merupakan jumlah periode ke depan yang akan diramalkan.

4.1.3 Hasil Simulasi Peramalan Harga Saham

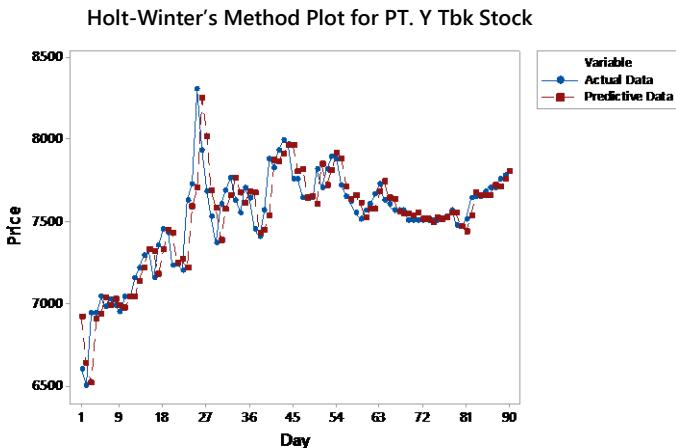
Dalam simulasi ini, dilakukan peramalan harga saham PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk. selama 90 hari. Prediksi harga saham dilakukan pada rentang waktu 3 Februari 2020 hingga 5 Juni 2020. Peramalan harga saham didasarkan atas koefisien pemulusan optimal yang telah diperoleh dan nilai pemulusan dari masing-masing unsur. Kemudian, pada bagian ini

disajikan grafik hasil simulasi prediksi harga saham yang direpresentasikan melalui Gambar 4.16 – Gambar 4.18.



Gambar 4.16 Plot Data Aktual dan Prediksi Harga Saham PT. X Tbk.

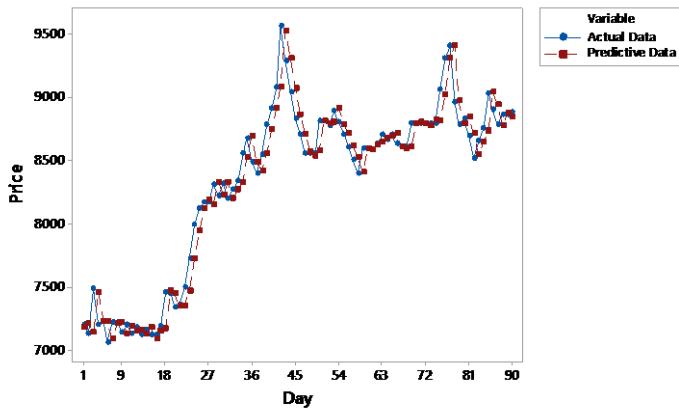
Berdasarkan Gambar 4.16, metode Holt-Winter multiplikatif memberikan hasil prediksi harga saham yang cukup baik. Prediksi harga saham ini didasarkan pada data runtun waktu selama 1040 hari pengamatan. Hasil prediksi harga saham PT. X Tbk. selama 90 hari mendatang menghasilkan nilai akurasi *error* prediksi MAPE 1,6%. Sebagaimana diketahui bahwa kemampuan peramalan memiliki kategori sangat baik apabila nilai *error* prediksi MAPE kurang dari 10%.



Gambar 4.17 Plot Data Aktual dan Prediksi Harga Saham PT. Y Tbk.

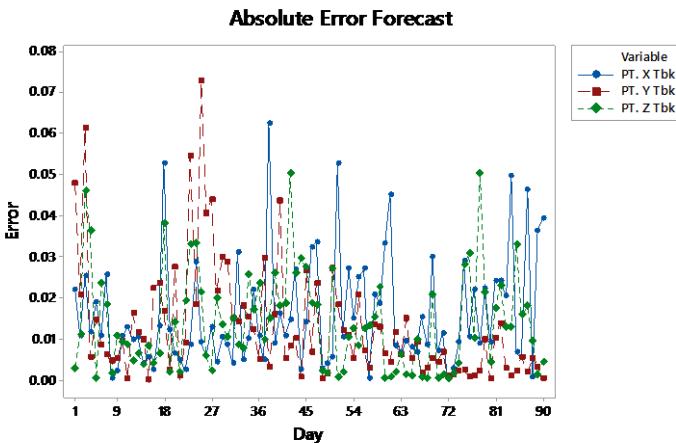
Gambar 4.17 menyajikan grafik perbandingan data aktual dan prediksi dari saham perusahaan PT. Y Tbk. Prediksi harga saham perusahaan ini menunjukkan adanya unsur tren naik selama 90 hari data terprediksi. Dimana nilai kesalahan model atau *error* prediksi MAPE yaitu 1,29%. Karena nilai MAPE $< 10\%$, maka kemampuan peramalan metode Holt-Winter multiplikatif dinilai sangat baik untuk diterapkan pada data saham PT. Y Tbk.

Holt-Winter's Method Plot for PT. Z Tbk Stock



Gambar 4.18 Plot Data Aktual dan Prediksi Harga Saham PT. Z Tbk.

Analisis hasil prediksi harga saham PT. Z Tbk. seperti yang disajikan pada Gambar 4.18 juga termasuk dalam kategori yang sangat baik. Hal ini karena nilai MAPE menunjukkan angka sebesar 1,38%. Prediksi harga saham ini didasarkan pada data runtun waktu selama 1040 hari pengamatan, dimana *error* mutlak ini mampu menunjukkan ada tidaknya *jump* prediksi harga saham terhadap nilai aktualnya selama kurun waktu 90 hari pengamatan.



Gambar 4.19 *Error Mutlak Prediksi Harga Saham Menggunakan Holt-Winter's Exponential Smoothing.*

Pada Gambar 4.19 terlihat bahwa *error* mutlak prediksi dari ketiga aset saham mengalami pergerakan yang fluktuatif dalam 90 hari prediksi. Setelah mendapatkan nilai prediksi beserta *error* mutlak prediksi harga saham dari perusahaan PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk., selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *return* saham dari masing-masing perusahaan tersebut yang dibahas pada subbab 4.1.4.

4.1.4 Perhitungan Nilai *Return* Saham

Pada subbab ini, perhitungan nilai *return* saham PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk. didasarkan pada hasil prediksi harga saham yang telah didapatkan pada subbab sebelumnya. Adapun rumus yang dipergunakan dalam menghitung *return* saham adalah sebagai berikut:

$$R(k) = \frac{S(k) - S(k-1)}{S(k-1)} \quad (4.8)$$

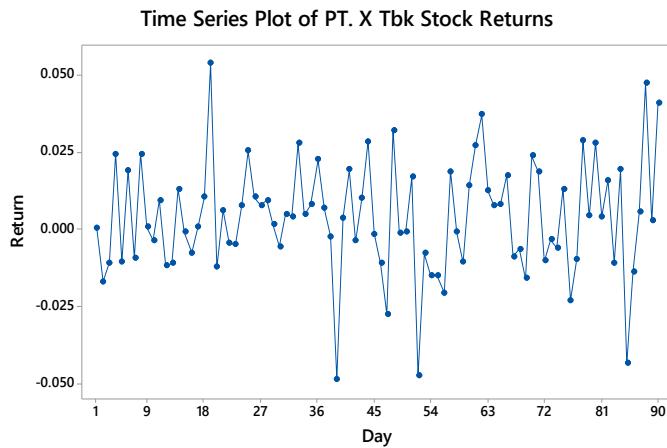
dengan,

$R(k)$: *Return* saham pada waktu k

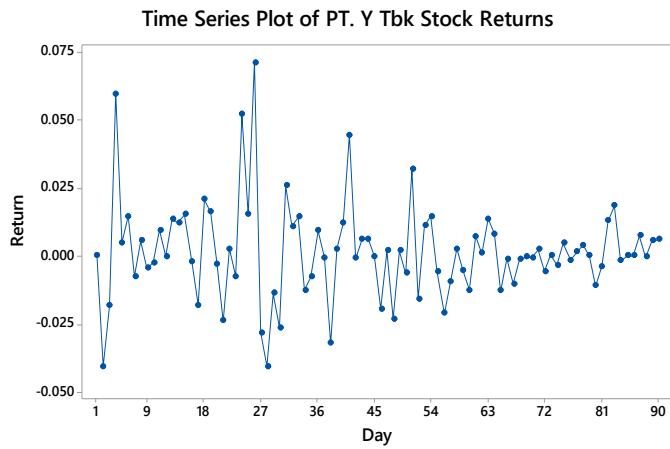
$S(k)$: Harga saham pada waktu k

$S(k - 1)$: Harga saham pada waktu $k - 1$

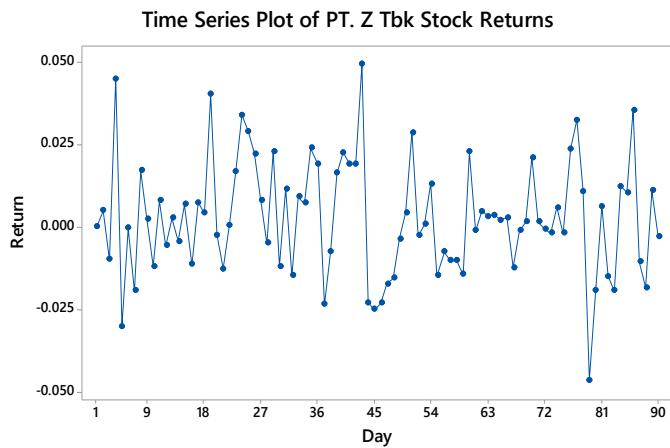
Berikut ini disajikan grafik nilai *return* berdasarkan prediksi harga saham menggunakan metode *Multiplicative Holt-Winter's Exponential Smoothing*, yang direpresentasikan pada Gambar 4.20-4.22.



Gambar 4.20 *Return* Saham PT. X Tbk. Berdasarkan Prediksi *Holt-Winter's Exponential Smoothing*.



Gambar 4.21 Return Saham PT. Y Tbk. Berdasarkan Prediksi Holt-Winter's Exponential Smoothing.



Gambar 4.22 Return Saham PT. Z Tbk. Berdasarkan Prediksi Holt-Winter's Exponential Smoothing.

Dalam mempermudah memahami interpretasi dari nilai *return* saham pada Gambar 4.20-4.22, berikut ini diberikan contoh nilai *return* saham yang diperoleh berdasarkan prediksi harga saham dari PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk. yang diambil selama lima hari kerja, yaitu pada tanggal 10–14 Februari 2020.

Tabel 4.2 Contoh Nilai *Return* Saham

Tanggal	<i>Return</i> PT. X Tbk.	<i>Return</i> PT. Y Tbk.	<i>Return</i> PT. Z Tbk.
10/02/2020	0.018933	0.014405	-0.00049
11/02/2020	-0.00946	-0.00747	-0.01959
12/02/2020	0.024251	0.005453	0.016863
13/02/2020	0.000511	-0.00461	0.002008
14/02/2020	-0.00377	-0.00245	-0.01208

Berdasarkan Tabel 4.2, nilai *return* dari prediksi harga saham PT. X Tbk. dan PT. Y Tbk. pada tanggal 10 Februari 2020 bernilai positif. Hal ini menunjukkan bahwa pada hari tersebut, prediksi harga saham PT. X Tbk. dan PT. Y Tbk. mengalami kenaikan jika dibandingkan dengan data harga saham pada 7 Februari 2020. Sedangkan, prediksi nilai *return* saham PT. Z Tbk.. pada 10 Februari 2020 bernilai negatif. Ini berarti pada hari itu, harga saham PT. Z Tbk. diprediksi mengalami penurunan harga dibanding dengan data harga saham pada 7 Februari 2020.

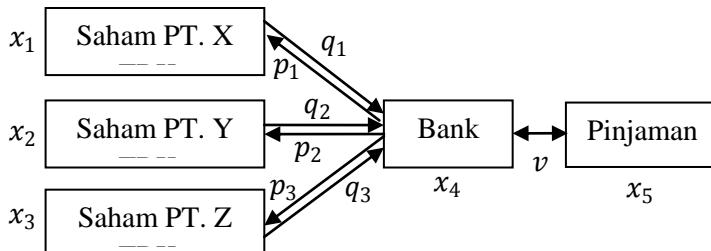
Kemudian, pada tanggal 11 Februari 2020 harga saham PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk. seluruhnya diprediksi mengalami penurunan harga saham yang ditunjukkan dengan nilai *return* yang bertanda negatif. Pada kondisi seperti ini seorang investor sebaiknya tidak melakukan investasi saham pada ketiga aset saham. Pada tanggal 12 Februari 2020 semua harga saham masing-masing perusahaan diprediksi mengalami kenaikan dibandingkan dengan harga saham pada tanggal 11 Februari 2020. Pada kondisi seperti ini, sangat menguntungkan bagi seorang investor untuk berinvestasi pada seluruh saham

tersebut. Karena apabila nilai *return* saham bernilai positif, hal ini akan mengakibatkan total keseluruhan modal investor dalam portofolio menjadi meningkat.

Selanjutnya, berdasarkan hasil prediksi pada tanggal 13 Februari 2020, *return* saham PT. X Tbk. dan PT. Z Tbk. bertanda positif, sehingga dalam keadaan seperti ini menjadi peluang yang baik bagi investor untuk berinvestasi pada kedua aset saham tersebut. Sedangkan *return* saham PT. Y Tbk. bernilai negatif, sehingga investor sebaiknya mengurangi atau tidak melakukan investasi pada saham PT. Y Tbk. di hari tersebut. Terakhir, pada tanggal 14 Februari 2020, seluruh harga saham diprediksi mengalami penurunan dari data harga saham pada tanggal 13 Februari 2020. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *return* saham yang bertanda negatif.

4.2 Pemodelan Matematika dalam Manajemen Portofolio Saham

Manajemen portofolio merupakan strategi dalam mengatur penyebaran modal yang dimiliki investor untuk dialokasikan pada setiap aset dalam portofolio dengan jumlah yang optimal. Dalam penelitian ini, portofolio yang dibentuk terdiri atas tiga aset berisiko (saham), satu aset bebas risiko (bank), dan satu aset pinjaman modal. Adapun aset saham terdiri atas saham PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk. Gambar 4.23 mengilustrasikan skema portofolio dalam investasi saham yang menggambarkan proses penyebaran modal pada setiap aset di dalam portofolio.



Gambar 4.23 Skema Aliran Modal dalam Portofolio

Berdasarkan Gambar 4.23, modal investor yang disimpan dalam aset saham PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk. menjadi semakin bertambah apabila terjadi transfer modal dari aset bebas risiko (bank) sebesar p . Hal ini menunjukkan bahwa investor melakukan transaksi pembelian saham. Namun sebaliknya, modal investor pada aset saham menjadi berkurang apabila terjadi transfer modal dari aset saham ke aset bank sebesar q (investor menjual saham). Ketika investor melakukan penjualan terhadap aset saham yang dimilikinya, maka uang hasil penjualan tersebut masuk ke rekening bank.

Selain aset di bank, investor juga memerlukan tambahan modal untuk melakukan pembelian terhadap saham dalam portofolio. Tambahan modal ini berupa aset pinjaman investor sebesar v . Jika di kemudian hari modal investor telah mencukupi, investor dapat melakukan pembayaran atas pinjaman modal tersebut. Berdasarkan skema pada Gambar 4.20 dapat dibentuk suatu model matematika dalam manajemen portofolio saham yang secara umum telah dijelaskan pada subbab 2.5.

Pada subbab ini, dilakukan analisis terhadap model matematika pada subbab 2.5. Pertama yang dilakukan adalah mendefinisikan variabel *state* \bar{x} yang meliputi x_1, x_2, x_3, x_4 , dan x_5 .

dimana,

- x_1 = jumlah modal yang diinvestasikan pada saham PT. X Tbk
- x_2 = jumlah modal yang diinvestasikan pada saham PT. Y Tbk
- x_3 = jumlah modal yang diinvestasikan pada saham PT. Z Tbk
- x_4 = jumlah modal investor pada aset bebas risiko (bank)
- x_5 = jumlah pinjaman modal investor

Perubahan jumlah modal pada aset berisiko (saham) dapat dirumuskan dalam sebagai

$$x_i(k+1) = [1 + R_i(k)][x_i(k) + p_i(k) - q_i(k)] \quad (4.9)$$

untuk $i = 1, 2, 3$.

Dengan $x_i(k+1) \geq 0$. Karena ruas kiri bernilai lebih besar sama dengan nol, maka ruas kanan juga harus bernilai lebih besar dari sama dengan nol, sehingga

$$[1 + R_i(k)][x_i(k) + p_i(k) - q_i(k)] \geq 0 \quad (4.10)$$

Nilai *return* saham dirumuskan sebagai

$$R_i(k) = \frac{S_i(k) - S_i(k-1)}{S_i(k-1)} = \frac{S_i(k)}{S_i(k-1)} - 1 \quad (4.11)$$

Sehingga,

$$1 + R_i(k) = \frac{S_i(k)}{S_i(k-1)} \quad (4.12)$$

dimana $S_i(k) > 0$ dan $S_i(k-1) > 0$, akibatnya $\frac{S_i(k)}{S_i(k-1)} > 0$.

Karena ruas kanan bernilai lebih dari nol, maka ruas kiri juga bernilai lebih dari nol. Dengan kata lain $1 + R_i(k) > 0$, sehingga haruslah

$$[x_i(k) + p_i(k) - q_i(k)] \geq 0, \quad i = 1, 2, 3 \quad (4.13)$$

Jumlah modal yang ditransfer dari aset bebas risiko ke aset berisiko atau sebaliknya harus bernilai tak negatif, oleh karena itu didefinisikan $p_i(k) \geq 0$ dan $q_i(k) \geq 0$. Apabila $R_i(k) > 0$, maka hal ini menunjukkan bahwa harga saham mengalami kenaikan. Pada saat inilah investasi pada aset saham mampu memberikan peluang keuntungan bagi investor. Namun sebaliknya, apabila $R_i(k) < 0$, maka berarti harga saham mengalami penurunan pada waktu ke- k dibandingkan pada waktu ke- $(k-1)$. Pada kondisi yang kurang menguntungkan seperti ini, investor disarankan

untuk tidak menjual aset saham, melainkan justru melakukan pembelian saham. Kemudian apabila $R_i(k) = 0$ menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan terhadap pergerakan harga saham.

Selanjutnya adalah model persamaan atas perubahan pada aset bebas risiko (bank) yang dinyatakan sebagai

$$x_4(k+1) = [1 + r_1(k)] [x_4(k) + v(k) - (1+\alpha) \sum_{i=1}^3 p_i(k) + (1 - \beta) \sum_{i=1}^3 q_i(k)] \quad (4.14)$$

Dengan $x_4(k+1) \geq 0$ dan $[1 + r_1(k)] > 0$ karena $r_1(k)$ merupakan tingkat suku bunga bank dan bernilai positif. Sehingga hal ini berakibat pada

$$[x_4(k) + v(k) - (1+\alpha) \sum_{i=1}^3 p_i(k) + (1 - \beta) \sum_{i=1}^3 q_i(k)] \geq 0 \quad (4.15)$$

Kemudian diberikan model atas perubahan jumlah pinjaman modal investor yang dirumuskan sebagai

$$x_5(k+1) = [1 + r_2(k)][x_5(k) + v(k)] \quad (4.16)$$

Dengan $x_5(k+1) \geq 0$. Karena $r_2(k)$ merupakan tingkat suku bunga bank dan bernilai positif, maka $[1 + r_2(k)] > 0$. Dengan demikian

$$[x_5(k) + v(k)] \geq 0 \quad (4.17)$$

Apabila $v(k) > 0$, maka ini menunjukkan bahwa investor melakukan pinjaman atas sejumlah modal. Namun, apabila $v(k) < 0$, berarti investor mengembalikan sejumlah modal yang dipinjam.

Jumlah modal investor dalam portofolio yang dijadikan sebagai *output* sistem merupakan akumulasi dari kekayaan atau modal investor pada aset-aset saham serta aset bebas risiko,

dikurangi dengan jumlah pinjaman modal yang dilakukan investor. Hal ini dinyatakan sebagai

$$y(k) = \sum_{i=1}^4 x_i(k) - x_5(k) \quad (4.18)$$

Selanjutnya, berdasarkan keterangan tersebut serta dengan menggunakan Persamaan 2.15 dan 2.16, maka dibentuk persamaan ruang keadaan diskrit sebagai berikut:

$$\mathbf{x}(k+1|k) = \mathbf{A}\mathbf{x}(k|k) + \mathbf{B}\mathbf{u}(k|k) \quad (4.19)$$

$$\mathbf{y}(k|k) = \mathbf{C}\mathbf{x}(k|k) \quad (4.20)$$

Dengan,

$$\mathbf{x}(k+1|k) = \begin{bmatrix} x_1(k+1) \\ x_2(k+1) \\ x_3(k+1) \\ x_4(k+1) \\ x_5(k+1) \end{bmatrix}, \mathbf{x}(k|k) = \begin{bmatrix} x_1(k) \\ x_2(k) \\ x_3(k) \\ x_4(k) \\ x_5(k) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{u}(k|k) = \begin{bmatrix} p_1(k) \\ p_2(k) \\ p_3(k) \\ q_1(k) \\ q_2(k) \\ q_3(k) \\ v \end{bmatrix}$$

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

$$B = \begin{bmatrix} 1+R_1(k) & 0 & 0 & -(1+R_1(k)) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1+R_2(k) & 0 & 0 & -(1+R_2(k)) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1+R_3(k) & 0 & 0 & -(1+R_3(k)) & 0 \\ \varphi_1 & \varphi_1 & \varphi_1 & \varphi_2 & \varphi_2 & \varphi_2 & (1+r_1(k)) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (1+r_2(k)) \end{bmatrix}$$

dengan $\varphi_1 = (1+r_1(k))(-1-\alpha)$ dan $\varphi_2 = (1+r_1(k))(1-\beta)$.

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

4.3 Penerapan *Model Predictive Control* (MPC) dalam Optimisasi Portofolio

Pada *Model Predictive Control* (MPC), pengendalian dilakukan secara prediktif seperti yang telah dijelaskan pada Bab 2. Berikut ini diberikan beberapa langkah untuk menyelesaikan permasalahan optimisasi portofolio saham.

4.3.1 Inisialisasi Awal

Pada tahap inisialisasi awal, seluruh modal yang dimiliki investor diinvestasikan ke dalam aset bebas risiko (bank) sebesar 100.000.000. Modal tersebut digunakan untuk berinvestasi pada aset saham PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk. Selama periode investasi, investor mengharapkan adanya penambahan modal awal sampai mendekati target modal yang diinginkan, yaitu sebesar 300.000.000. Untuk mencapai target, jumlah modal yang dimiliki investor pada setiap aset harus dilakukan manajemen dengan baik.

Pengambilan keputusan untuk membeli atau menjual aset saham serta meminjam atau mengembalikan 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 melakukan aktivitas jual beli saham dan meminjam atau membayar pinjaman setiap harinya dibatasi maksimal 100.000.000.

Dalam melakukan simulasi MPC pada permasalahan optimisasi portofolio, diberikan nilai parameter pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai Parameter Pada Optimisasi Portofolio

Parameter	Nilai
r_1	3×10^{-5}
r_2	$3,1 \times 10^{-4}$
α	2×10^{-3}
β	2×10^{-3}
$d_0(k)$	5×10^8
$x(0)$	$[0 \ 0 \ 0 \ 10^8 \ 0]^T$
$u(0)$	$\mathbf{0}$
N_p	10
$r(k)$	3×10^8
Q	1
R	0,1
$p_{i_{max}}$	1×10^8
$q_{i_{max}}$	1×10^8
$v(k)_{max}$	1×10^8

4.3.2 Perhitungan Kendala dalam Portofolio

Pada subbab ini, diberikan beberapa kendala dalam permasalahan optimisasi portofolio saham. Berdasarkan analisis model, diketahui bahwa jumlah transfer modal dari aset bebas risiko (bank) dan aset berisiko (saham) begitu sebaliknya harus bernilai tak negatif. Serta batasan dari transfer modal yang diizinkan sebesar $p_{i_{max}}$ dan $q_{i_{max}}$, sehingga diperoleh batasan sebagai berikut:

$$0 \leq p_i(k) \leq p_{i\max}, i = 1, 2, 3 \quad (4.21)$$

$$0 \leq q_i(k) \leq q_{i\max}, i = 1, 2, 3 \quad (4.22)$$

Hal serupa juga berlaku untuk transfer modal antara bank dan rekening pinjaman. Seperti pada persamaan 4.23, menunjukkan bahwa transfer pinjaman berada di antara $-v_{\max}$ dan v_{\max} , serta jumlah pinjaman modal setiap harinya juga dibatasi dengan d_0 , sebagaimana nilainya telah tercantum pada Tabel 4.3.

$$-v_{\max} \leq v(k) \leq v_{\max} \quad (4.23)$$

$$0 \leq x_5(k) + v(k) \leq d_0 \quad (4.24)$$

$$x_4(k) + v(k) - (1+\alpha) \sum_{i=1}^3 p_i(k) + (1-\beta) \sum_{i=1}^3 q_i(k) \geq 0 \quad (4.25)$$

$$x_i(k) + p_i(k) - q_i(k) \geq 0, i = 1, 2, 3 \quad (4.26)$$

Berdasarkan persamaan kendala 4.21 hingga 4.26, dapat dituliskan kembali ke dalam bentuk pertidaksamaan sebagai berikut:

$$\mathbf{P}_1 \mathbf{u}(k) \leq \mathbf{h}_1 \quad (4.27)$$

$$\mathbf{b}_1 \leq \mathbf{S}_1 \mathbf{u}(k) \leq \mathbf{b}_2 \quad (4.28)$$

dengan,

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

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

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

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

$$\mathbf{b}_2 = [p_{1max} \quad p_{2max} \quad p_{3max} \quad q_{1max} \quad q_{2max} \quad q_{3max} \quad v_{max}]^T$$

$$\mathbf{S}_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}_{7 \times 7}$$

4.3.3 Penentuan Nilai Kontrol Optimal

Dalam melakukan investasi, seorang investor tentunya berharap agar mendapatkan imbal hasil maksimal yang mendekati target yang diinginkan. Untuk mencapai kondisi ini, selisih atau *error* antara target dan *output* dari pencapaian seluruh modal harus diminumkan. Berdasarkan hal tersebut, diberikan suatu fungsi objektif yang akan diminumkan dalam penentuan nilai kontrol optimal, yaitu:

$$J(\mathbf{u}(k), \mathbf{e}(k)) = \sum_{j=0}^{N_p} \mathbf{e}^T(k+j) \mathbf{Q} \mathbf{e}(k+j) + \sum_{j=0}^{N_p-1} \mathbf{u}^T(k+j) \mathbf{R} \mathbf{u}(k+j) \quad (4.29)$$

Dengan $\mathbf{e}(k+j) = \mathbf{y}(k+j) - \mathbf{r}(k+j)$ menyatakan nilai *error* antara target (*reference trajectory*) dan *output* (total seluruh modal investor) pada saat langkah ke $(k+j)$. N_p menunjukkan sejauh mana prediksi dilakukan (*prediction horizon*). Matriks \mathbf{Q} dan \mathbf{R} masing-masing merupakan matriks bobot *error* dan bobot kontrol yang semi-definit positif.

Metode kontrol optimal yang digunakan dalam MPC linear memiliki bentuk *quadratic programming*. Adapun langkah mengubah fungsi objektif menjadi bentuk *quadratic programming* adalah sebagai berikut:

$$J(\mathbf{u}(k)) = (\mathbf{r}(k+j) - \mathbf{y}(k+j))^T \mathbf{Q} (\mathbf{r}(k+j) - \mathbf{y}(k+j)) + \mathbf{u}(k+j)^T \mathbf{R} \mathbf{u}(k+j)$$

$$J(\mathbf{u}(k)) = (\mathbf{R} - (\mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}\mathbf{u}))^T \mathbf{Q} (\mathbf{R} - (\mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}\mathbf{u})) + \mathbf{u}^T \mathbf{R} \mathbf{u}$$

$$\begin{aligned} J(\mathbf{u}(k)) = & \mathbf{R}^T \mathbf{Q} \mathbf{R} - \mathbf{R}^T \mathbf{Q} \mathbf{A} \mathbf{x} - \mathbf{R}^T \mathbf{Q} \mathbf{B} \mathbf{u} - \mathbf{x}^T \mathbf{A}^T \mathbf{Q} \mathbf{R} + \\ & \mathbf{x}^T \mathbf{A}^T \mathbf{Q} \mathbf{A} \mathbf{x} + \mathbf{x}^T \mathbf{A}^T \mathbf{Q} \mathbf{B} \mathbf{u} - \mathbf{u}^T \mathbf{B}^T \mathbf{Q} \mathbf{R} + \\ & \mathbf{u}^T \mathbf{B}^T \mathbf{Q} \mathbf{A} \mathbf{x} + \mathbf{u}^T \mathbf{B}^T \mathbf{Q} \mathbf{B} \mathbf{u} + \mathbf{u}^T \mathbf{R} \mathbf{u} \end{aligned}$$

Karena dimensi dari setiap matriks adalah 1x1 dan $\mathbf{Q} = \mathbf{Q}^T$ (matriks diagonal dan simetri). Maka fungsi objektif berubah menjadi:

$$\begin{aligned} J(\mathbf{u}(k)) = & \mathbf{R}^T \mathbf{Q} \mathbf{R} - \mathbf{x}^T \mathbf{A}^T \mathbf{Q} \mathbf{R} - \mathbf{x}^T \mathbf{A}^T \mathbf{Q} \mathbf{R} - \mathbf{u}^T \mathbf{b}^T \mathbf{Q} \mathbf{R} - \\ & \mathbf{u}^T \mathbf{b}^T \mathbf{Q} \mathbf{R} + \mathbf{u}^T \mathbf{b}^T \mathbf{Q} \mathbf{A} \mathbf{x} + \mathbf{u}^T \mathbf{b}^T \mathbf{Q} \mathbf{A} \mathbf{x} + \\ & \mathbf{x}^T \mathbf{A}^T \mathbf{Q} \mathbf{A} \mathbf{x} + \mathbf{u}^T \mathbf{b}^T \mathbf{Q} \mathbf{b} \mathbf{u} + \mathbf{u}^T \mathbf{R} \mathbf{u} \end{aligned}$$

$$J(\mathbf{u}(k)) = \mathbf{R}^T \mathbf{Q} \mathbf{R} - 2\mathbf{x}^T \mathbf{A}^T \mathbf{Q} \mathbf{R} - 2\mathbf{u}^T \mathbf{b}^T \mathbf{Q} \mathbf{R} + 2\mathbf{u}^T \mathbf{b}^T \mathbf{Q} \mathbf{A} \mathbf{x} + \\ \mathbf{x}^T \mathbf{A}^T \mathbf{Q} \mathbf{A} \mathbf{x} + \mathbf{u}^T (\mathbf{b}^T \mathbf{Q} \mathbf{b} + \mathbf{R}) \mathbf{u}$$

Suku-suku yang tidak mengandung variabel u dapat dihilangkan dari proses optimasi. Sehingga fungsi objektif dalam bentuk *Quadratic Programming* menjadi:

$$J(\mathbf{u}(k)) = \hat{\mathbf{u}}^T(k) \mathbf{H} \hat{\mathbf{u}}(k) + 2\mathbf{f}^T \hat{\mathbf{u}}(k) \quad (4.30)$$

dengan,

$$\mathbf{H} = (\hat{\mathbf{B}}^T \hat{\mathbf{Q}} \hat{\mathbf{B}} + \hat{\mathbf{R}}) \quad (4.31)$$

$$\mathbf{f} = \hat{\mathbf{B}}^T \hat{\mathbf{Q}} (\hat{\mathbf{A}} \mathbf{x} - \mathbf{r}) \quad (4.32)$$

$$\hat{\mathbf{u}}(k) = [\mathbf{u}|k] \quad \mathbf{u}(k+1|k) \quad \mathbf{u}(k+2|k) \quad \dots \quad \mathbf{u}(k+N_p+1|k)]^T$$

$$\widehat{\mathbf{B}} = \begin{bmatrix} \mathbf{C}\mathbf{B} & \mathbf{0}_{1 \times 7} & \mathbf{0}_{1 \times 7} & \dots & \mathbf{0}_{1 \times 7} \\ \mathbf{C}\mathbf{A}\mathbf{B} & \mathbf{C}\mathbf{B} & \mathbf{0}_{1 \times 7} & \dots & \mathbf{0}_{1 \times 7} \\ \mathbf{C}\mathbf{A}^2\mathbf{B} & \mathbf{C}\mathbf{A}\mathbf{B} & \mathbf{C}\mathbf{B} & \dots & \mathbf{0}_{1 \times 7} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{C}\mathbf{A}^{N_p-1} & \mathbf{C}\mathbf{A}^{N_p-2}\mathbf{B} & \mathbf{C}\mathbf{A}^{N_p-3}\mathbf{B} & \dots & \mathbf{C}\mathbf{B} \end{bmatrix}_{N_p \times 7N_p}$$

$$\widehat{\mathbf{A}} = [\mathbf{C}\mathbf{A} \quad \mathbf{C}\mathbf{A}^2 \quad \mathbf{C}\mathbf{A}^3 \quad \dots \quad \mathbf{C}\mathbf{A}^{N_p}]^T$$

$$\widehat{\mathbf{Q}} = \begin{bmatrix} \mathbf{Q} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \mathbf{Q} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \mathbf{Q} \end{bmatrix}_{N_p \times N_p}, \text{ dan } \widehat{\mathbf{R}} = \begin{bmatrix} \mathbf{R} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \mathbf{R} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \mathbf{R} \end{bmatrix}_{7N_p \times 7N_p}$$

Adapun kendala dalam permasalahan optimisasi portofolio didefinisikan sebagai berikut:

$$\mathbf{P}\widehat{\mathbf{u}}(k) \leq \mathbf{h} \quad (4.33)$$

$$\mathbf{B}_1 \leq \mathbf{S}\widehat{\mathbf{u}}(k) \leq \mathbf{B}_2 \quad (4.34)$$

dengan,

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

$$\mathbf{h} = [\mathbf{h}_1 \quad \mathbf{h}_1 \quad \dots \quad \mathbf{h}_1]^T, \quad \mathbf{B}_1 = [\mathbf{b}_1 \quad \mathbf{b}_1 \quad \dots \quad \mathbf{b}_1]^T$$

$$\mathbf{B}_2 = [\mathbf{b}_2 \quad \mathbf{b}_2 \quad \dots \quad \mathbf{b}_2]^T$$

Penyelesaian optimal dari permasalahan optimisasi portofolio saham adalah

9

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

Dengan menggunakan prinsip *receding horizon* pada MPC, maka nilai kontrol optimal yang *diinputkan* pada sistem adalah vektor awal dari solusi optimalnya. Dengan demikian, nilai kontrol yang diberikan pada variabel *state* adalah

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

Dengan $\mathbf{u}(k)$ merupakan nilai vektor kontrol pada saat ke- k dan $\mathbf{u}^*(k)$ merupakan nilai kontrol optimum pada saat ke- k .

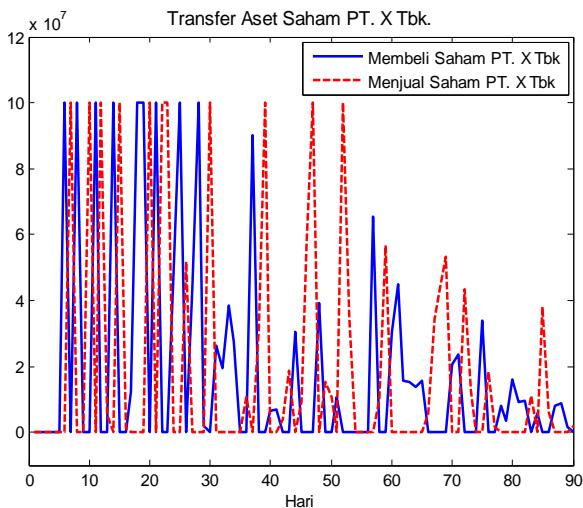
4.4 Simulasi Penerapan MPC dalam Optimisasi Portofolio Saham

Dari hasil analisis pengendali MPC yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya. Selanjutnya pada sub bab ini ditampilkan hasil simulasi dengan menggunakan *software* Matlab. Tujuan pengaplikasian metode MPC dalam optimisasi portofolio saham adalah meningkatkan total seluruh modal yang dimiliki oleh investor agar dapat mengikuti *reference trajectory* yang ditetapkan serta menjaga kontrol dan *state* dari sistem agar tetap berada dalam batas *constraint* yang ditetapkan.

Pada awalnya, seorang investor hanya memiliki modal sebesar 100.000.000 yang disimpan dalam aset bebas risiko (bank). Sejumlah modal tersebut digunakan investor untuk berinvestasi pada aset berisiko (saham) PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk. Dalam hal ini, investor berharap agar total modalnya terus bertambah hingga mendekati target modal (*reference trajectory*) yang diinginkan, yaitu sebesar 300.000.000. Oleh karena itu, untuk mencapai kondisi yang mendekati target modal, perlu dilakukan manajemen pada setiap aset dalam portofolio.

Berdasarkan simulasi kontrol dengan menggunakan *software* Matlab didapatkan grafik hasil simulasi untuk optimisasi portofolio berdasarkan data hasil prediksi harga saham menggunakan *Holt-Winter's Exponential Smoothing*. Adapun

hasil simulasi untuk variabel kontrol dalam sistem ditunjukkan pada Gambar 4.24-4.27.

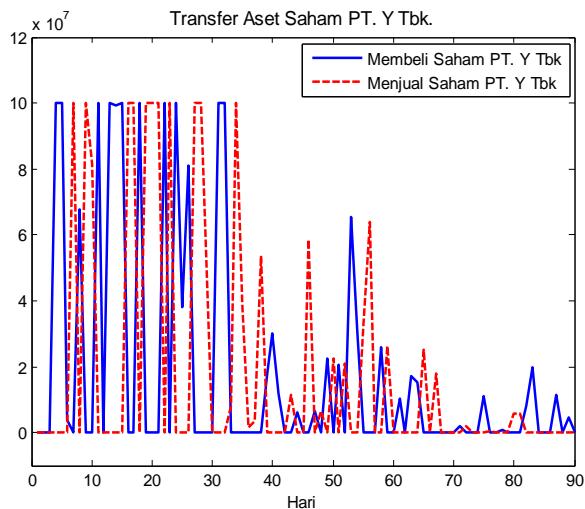


Gambar 4.24 Nilai p_1 dan q_1 untuk Saham PT. X Tbk.

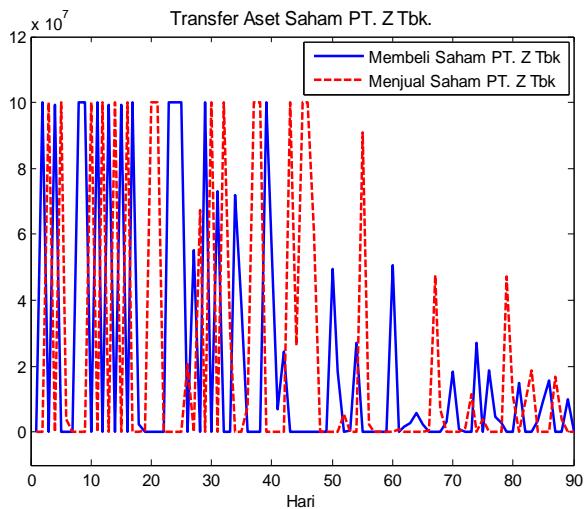
Pada Gambar 4.24, terlihat bahwa nilai dari variabel kontrol $p_1(k)$ dan $q_1(k)$ yang merupakan transfer modal yang digunakan untuk membeli dan menjual saham perusahaan PT. X Tbk. berada dalam batasan atau *constraint* yang telah ditetapkan pada subbab sebelumnya. Nilai dari variabel kontrol $p_1(k)$ dan $q_1(k)$ berada diantara 0 dan nilai dari batas maksimum yang diijinkan, yaitu sebesar 100.000.000. Selama 90 hari pengamatan, aktivitas transfer aset antara saham dan aset bebas risiko (bank) berjalan sangat fluktuatif. Hal dipengaruhi oleh pergerakan dari prediksi harga saham.

Hal serupa juga ditunjukkan pada Gambar 4.25-4.26, dimana nilai variabel kontrol $p_2(k), p_3(k), q_2(k)$, dan $q_3(k)$ masih berada pada batas *constraint* yang telah ditentukan, yaitu antara 0 sampai 100.000.000. $p_2(k)$ dan p_3 , masing-masing menyatakan pergerakan dari transfer aset bebas risiko (bank) ke

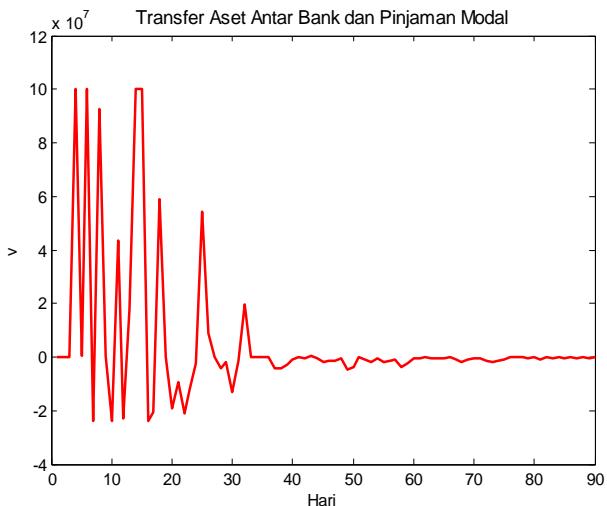
aset saham PT. Y Tbk. dan PT. Z Tbk. Perubahan dinamis dari nilai variabel kontrol p dan q juga bergantung pada nilai *return* hasil prediksi harga saham yang telah diperoleh sebelumnya.



Gambar 4.25 Nilai p_2 dan q_2 untuk Saham PT. Y Tbk.



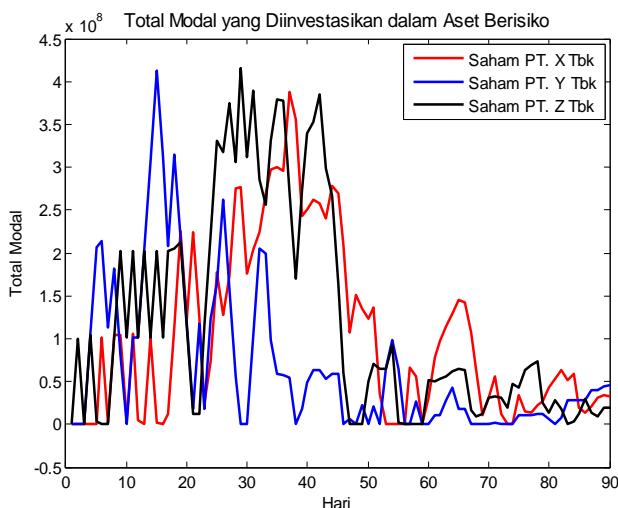
Gambar 4.26 Nilai p_3 dan q_3 untuk Saham PT. Z Tbk.



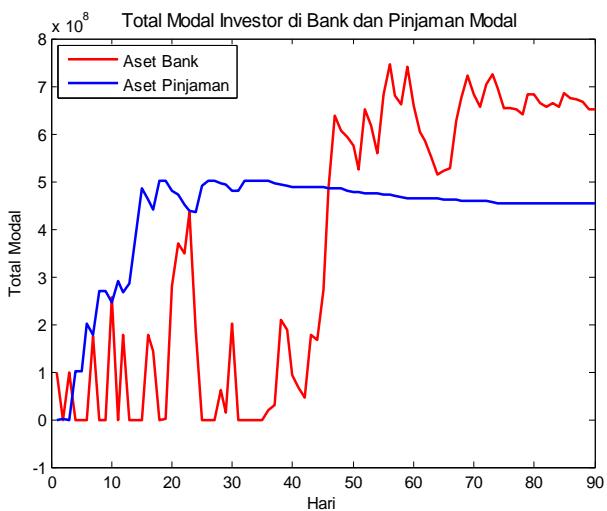
Gambar 4.27 Nilai Transfer Pinjaman Modal dalam Portofolio

Gambar 4.27 menunjukkan pergerakan dari jumlah transfer modal antara rekening bank dan rekening pinjaman. Dimana nilai dari variabel kontrol $v(k)$ berada dalam batas *constraint* yang telah ditentukan, yaitu antara nilai minimum dan maksimum transfer pinjaman yang diijinkan dalam portofolio ($-100.000.000 \leq v(k) \leq 100.000.000$). Pada saat $v(k)$ bernilai positif, hal ini menunjukkan bahwa investor telah meminjam sejumlah modal yang digunakan untuk melakukan pembelian aset saham. Sedangkan apabila $v(k)$ bernilai negatif, maka itu artinya investor tersebut membayarkan kembali beberapa modal yang telah dipinjam sebelumnya.

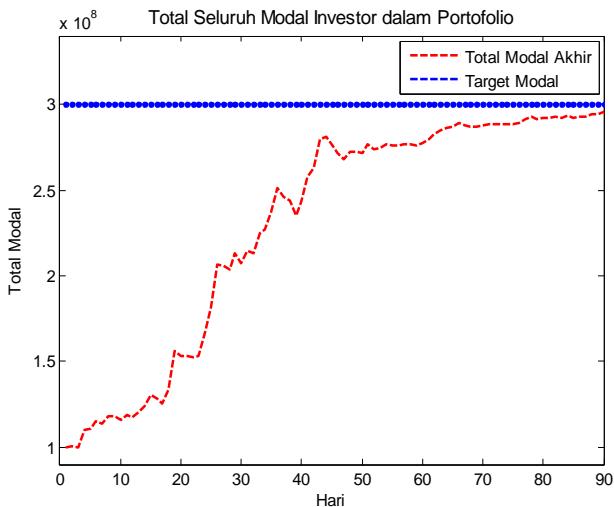
Selanjutnya, Gambar 4.28 sampai Gambar 4.30 merepresentasikan total modal yang dimiliki investor pada setiap aset yang ada dalam portofolio.



Gambar 4.28 Perubahan Total Modal Investor pada Aset Saham



Gambar 4.29 Perubahan Total Modal investor pada Aset Bebas Risiko dan Aset Pinjaman Modal



Gambar 4.30 Perubahan Total Keseluruhan Modal investor pada Portofolio

Berdasarkan Gambar 4.28, total modal yang dimiliki investor pada aset saham masing-masing perusahaan mengalami perubahan yang fluktuatif dalam 90 hari pengamatan. Naik turunnya total modal investor pada aset saham dipengaruhi oleh tingkat *return* dari hasil prediksi harga masing-masing saham. Apabila tingkat *return* saham bernilai positif, pengontrol MPC memutuskan untuk menambah total modal yang disimpan pada aset tersebut dengan harapan untuk meningkatkan keuntungan. Sedangkan apabila *return* saham bernilai negatif, maka total modal dalam aset saham menjadi berkurang. Dalam hal ini pengendali MPC berusaha untuk meminimalkan kerugian yang akan terjadi apabila harga saham diprediksi mengalami penurunan dari harga sebelumnya.

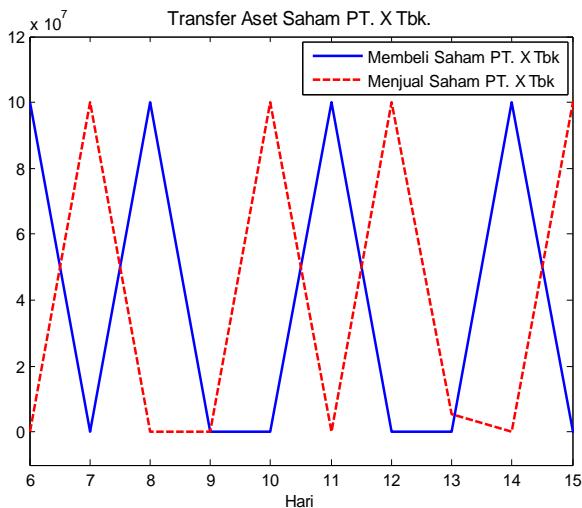
Oleh sebab itu, untuk dapat meningkatkan keuntungan atau meminimalkan kerugian, perlu dilakukan manajemen total modal di dalam portofolio dengan baik. Dalam hal ini, MPC bertindak sebagai pengambil keputusan mengenai waktu yang tepat untuk melakukan pembelian atau penjualan saham.

Berdasarkan Gambar 4.29 terlihat bahwa perubahan pada aset bebas risiko dan aset pinjaman memiliki korelasi yang cukup besar. Pengontrol MPC bertindak sebagai pengambil keputusan mengenai kapan waktu yang tepat untuk meminjam modal dan kapan waktu yang tepat untuk mengembalikan modal. Ketika jumlah uang di bank mengalami penurunan atau ketika investor membutuhkan tambahan modal untuk mentipi biaya transaksi yang diperlukan dalam membentuk portofolio saham, maka pengontrol MPC mengambil keputusan untuk meminjam sejumlah dana pada rekening pinjaman. Selain itu, MPC juga mampu memberikan strategi terbaik mengenai waktu yang tepat untuk meminjam dan membayar kembali pinjaman modal dengan tetap berada pada batasan pinjaman yang diijinkan. Sedangkan pada Gambar 4.30, terlihat bahwa pengontrol MPC mampu membuat total keseluruhan modal yang dimiliki investor mendekati *reference trajectory* yang diinginkan, yaitu sebesar 300.000.000.

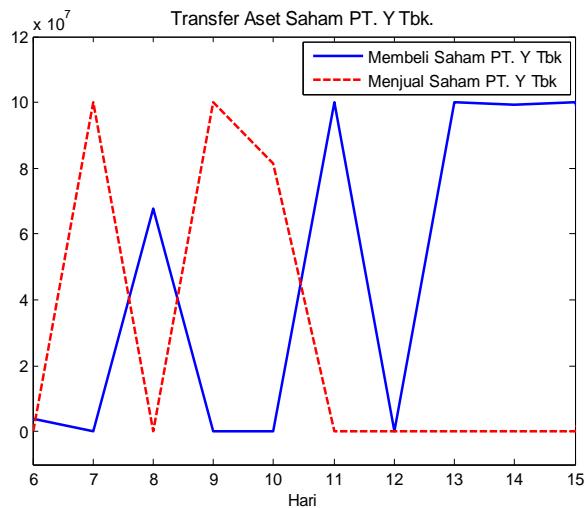
Dalam mempermudah memahami interpretasi dari nilai variabel kontrol pada Gambar 4.24-4.29 dan *output* sistem pada Gambar 4.30, maka pembahasan dijelaskan lebih detail pada subbab 4.4.1-4.4.3.

4.4.1 Hasil Simulasi Portofolio Saham pada Hari ke-6 sampai Hari ke-15 Tanggal 10-21 Februari 2020

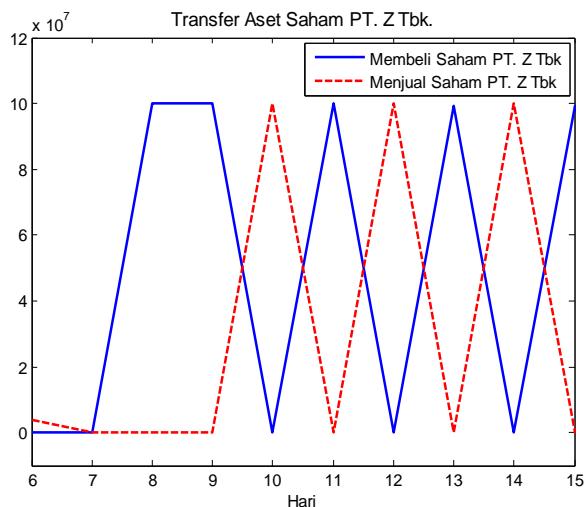
Nilai dari seluruh variabel *state*, variabel kontrol, serta *output* dari sistem untuk hari ke-6 (10 Februari 2020) sampai dengan hari ke-15 (21 Februari 2020) pada portofolio saham dapat dilihat pada Gambar 4.31 sampai dengan Gambar 4.37.



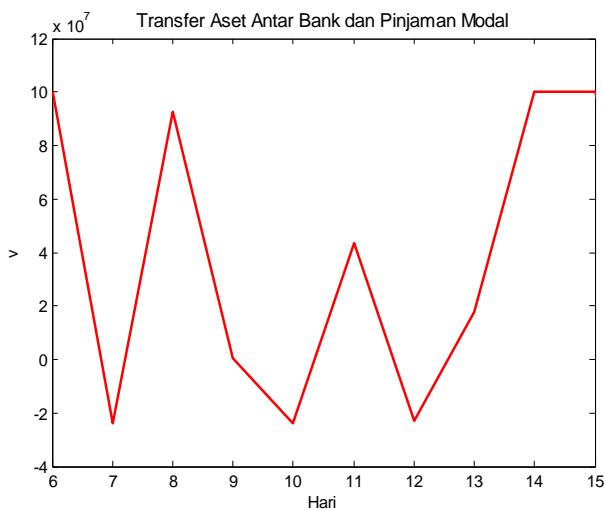
Gambar 4.31 Nilai p_1 dan q_1 pada Tanggal 10-21 Februari 2020 untuk Saham PT. X Tbk.



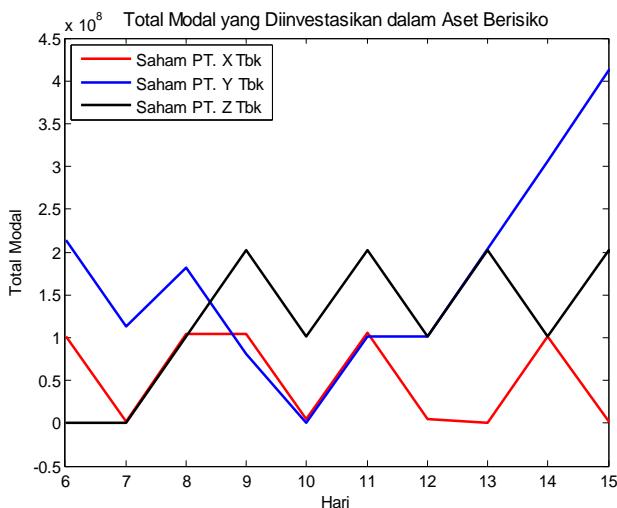
Gambar 4.32 Nilai p_2 dan q_2 pada Tanggal 10-21 Februari 2020 untuk Saham PT. Y Tbk.



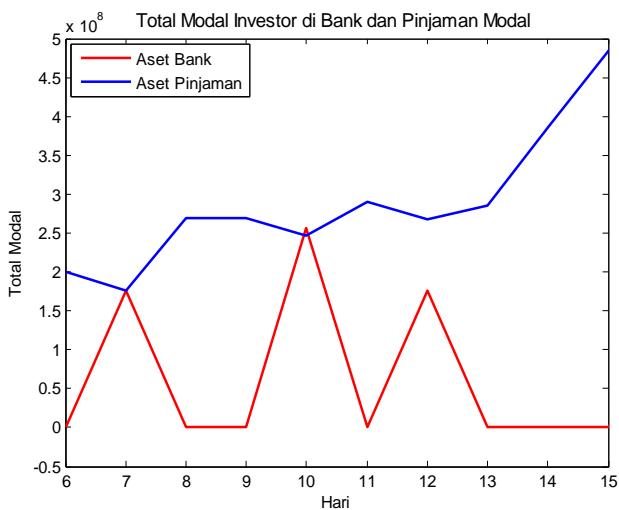
Gambar 4.33 Nilai p_3 dan q_3 pada Tanggal 10-21 Februari 2020 untuk Saham PT. Z Tbk.



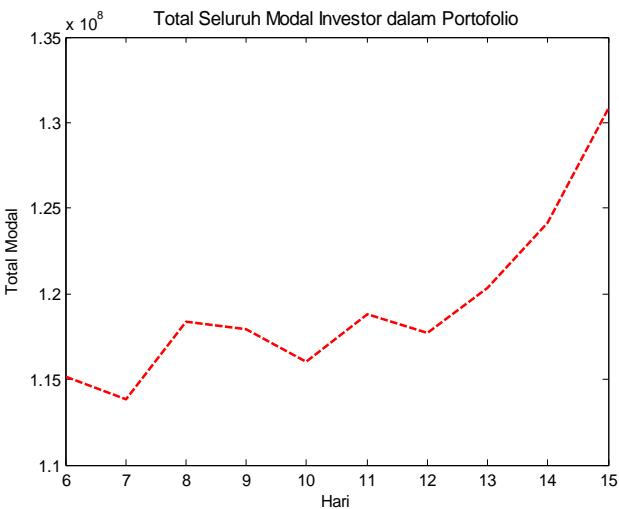
Gambar 4.34 Nilai Transfer Pinjaman Modal dalam Portofolio pada Tanggal 10-21 Februari 2020



Gambar 4.35 Perubahan Total Modal Investor pada Aset Saham Tanggal 10-21 Februari 2020



Gambar 4.36 Perubahan Total Modal Investor pada Aset Bebas Risiko dan Aset Pinjaman Modal Tanggal 10-21 Februari 2020



Gambar 4.37 Perubahan Total Keseluruhan Modal Investor dalam Portofolio Tanggal 10-21 Februari 2020

Untuk mempermudah memahami hasil grafik pada Gambar 4.31 sampai Gambar 4.37, disajikan nilai numerik dari pengamatan pada hari ke-6 (Tanggal 10 Februari 2020) sampai hari ke-10 (Tanggal 14 Februari 2020) pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Nilai Numerik Hasil Simulasi pada Pengamatan Tanggal 10 Februari 2020 sampai 14 Februari 2020

Tanggal	Prediksi Harga Saham			Return Saham		
	PT. X Tbk.	PT. Y Tbk.	PT. Z Tbk.	PT. X Tbk.	PT. Y Tbk.	PT. Z Tbk.
10/02/2020	55.085	7.034	7.230	0.0189	0.0144	-0.0005
11/02/2020	54.563	6.981	7.088	-0.0095	-0.0075	-0.0196
12/02/2020	55.886	7.020	7.208	0.0243	0.0055	0.0169
13/02/2020	55.914	6.987	7.222	0.0005	-0.0046	0.0020
14/02/2020	55.704	6.970	7.135	-0.0038	-0.0024	-0.0121

Variabel State				
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
101.890.000	213.770.000	0	0	200.520.000
1.870.000	112.910.000	0	175.690.000	176.670.000
104.350.000	181.670.000	101.690.000	0	269.360.000
104.440.000	81.300.000	202.090.000	0	269.840.000
4.380.000	0	100.860.000	256.870.000	246.050.000

Variabel Kontrol			
p_1	p_2	p_3	q_1
100.000.000	3.780.000	0	0
0	0	0	100.000.000
100.000.000	67.760.000	100.000.000	0
0	0	100.000.000	0
0	0	0	100.000.000

Variabel Kontrol			
q_2	q_3	v	Total Modal
0	4.000.000	100.000.000	115.130.000
100.000.000	0	-23.910.000	113.810.000
0	0	92.600.000	118.350.000
100.000.000	0	400.000	117.950.000
81.300.000	100.000.000	-23.870.000	116.070.000

Berdasarkan Tabel 4.4, diketahui bahwa pada Tanggal 10 Februari 2020 prediksi harga saham PT. X Tbk. dan PT. Y Tbk. Mengalami kenaikan dibandingan data pada hari sebelumnya. Hal ini ditandai dengan nilai *return* saham PT. X Tbk. dan PT. Y Tbk. bernilai positif. Sedangkan tingkat *return* saham PT. Z Tbk. menunjukkan nilai yang negatif, karena prediksi harga saham pada tanggal 10 Februari 2020 lebih rendah dibanding pada hari sebelumnya, yaitu pada tanggal 7 Februari 2020.

Selanjutnya pada tanggal 11 Februari 2020, *return* ketiga saham menunjukkan tamda negatif. hal ini dikarenakan pada hari tersebut seluruh harga saham masing-masing perusahaan diprediksi mengalami penurunan dibanding dengan harga saham pada tanggal 10 Februari 2020. Dalam kondisi seperti ini, sangat merugikan bagi investor untuk melakukan investasi pada ketiga saham tersebut. Oleh karena itu, untuk mengantisipasi adanya kerugian, pengendali MPC memutuskan untuk menjual sebagian saham PT. X Tbk. dan PT. Y Tbk., serta menjual seluruh saham PT. Z Tbk. Sehingga modal investor pada aset saham PT. X Tbk. berkurang menjadi 1.870.000 dan saham PT. Y Tbk. menjadi 112.910.000, serta modal pada aset saham PT. Z Tbk. bernilai nol. Sebagian uang dari hasil penjualan saham tersebut selanjutnya digunakan untuk membayarkan utang pinjaman modal sebesar 23.910.000 dan sebesar 175.690.000 disimpan dalam aset bebas risiko (bank). Sehingga pada tanggal tersebut saldo pinjaman investor berubah menjadi 176.670.000.

Kemudian, pada tanggal 12 Februari 2020, seluruh harga saham diprediksi mengalami kenaikan dibanding pada hari sebelumnya. Keadaan seperti ini dapat menguntungkan bagi

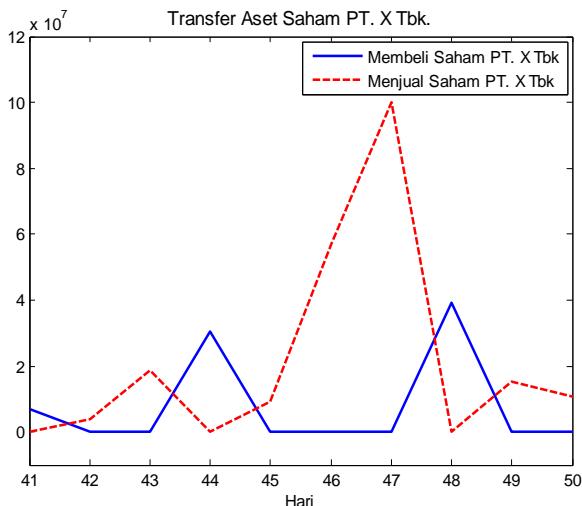
investor untuk menambah jumlah modal pada aset sahamnya. Pembelian saham ini diambil dari aset bebas risiko sebesar 175.690.000. dan sisanya investor harus melakukan peminjaman modal sebesar 92.600.000 pada hari tersebut, nilai p_1 , p_2 , dan p_3 masing-masing bernilai 100.000.000, 67.760.000, dan 100.000.000, yang menunjukkan bahwa pada tanggal tersebut terjadi proses pembelian saham PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk. Sehingga total keseluruhan modal pada tanggal 12 Februari 2020 naik menjadi 118.350.000.

Pada tanggal 13 Februari 2020, *return* saham PT. X Tbk. dan PT. Z Tbk. bertanda positif sementara saham PT. Y Tbk. bertanda negatif. Namun, karena nilai *return* saham PT. X Tbk. sangatlah kecil, maka dalam hal ini pengontrol MPC memutuskan hanya membeli aset saham PT. Z Tbk. sebesar 100.000.000 dan menjual saham PT. Y Tbk. sebesar 100.000.000. Pada tanggal tersebut, total modal yang dimiliki investor dalam portofolio berubah menjadi 117.950.000.

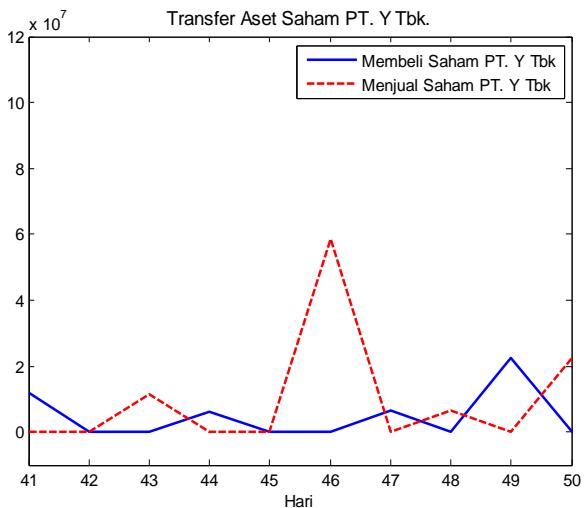
Sama halnya dengan tanggal 11 Februari 2020, pada tanggal 14 Februari 2020 seluruh aset saham menunjukkan *return* yang negatif, karena prediksi harga saham mengalami penurunan. Pada tanggal tersebut, MPC memutuskan untuk tidak melakukan pembelian saham pada seluruh aset saham. Dan melakukan penjualan pada aset saham PT. X Tbk. sebesar 100.000.000, saham PT. Y Tbk. sebesar 81.300.000, dan saham PT. Y Tbk. sebesar 100.000.000. serta MPC memutuskan untuk membayarkan pinjaman investor sebesar 23.870.000. Pada tanggal 14 Februari 2020, total modal investor pada portofolio mengalami penurunan menjadi 116.070.000, karena uang hasil penjualan saham sebagian besar disimpan dalam aset bebas risiko dan untuk pembayaran utang pinjaman modal.

4.4.2 Hasil Simulasi Portofolio Saham pada Hari ke-41 sampai Hari ke-50 Tanggal 30 Maret 2020 sampai 10 April 2020

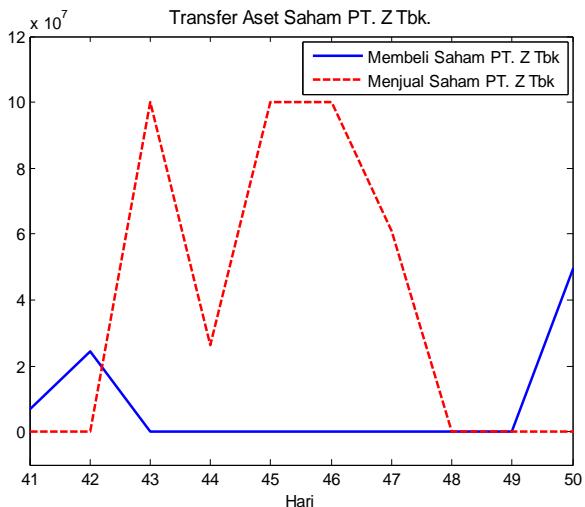
Nilai dari seluruh variabel *state*, variabel kontrol, serta *output* dari sistem untuk hari ke-41 (30 Maret 2020) sampai dengan hari ke-50 (10 April 2020) pada portofolio saham dapat dilihat pada Gambar 4.38 sampai dengan Gambar 4.44.



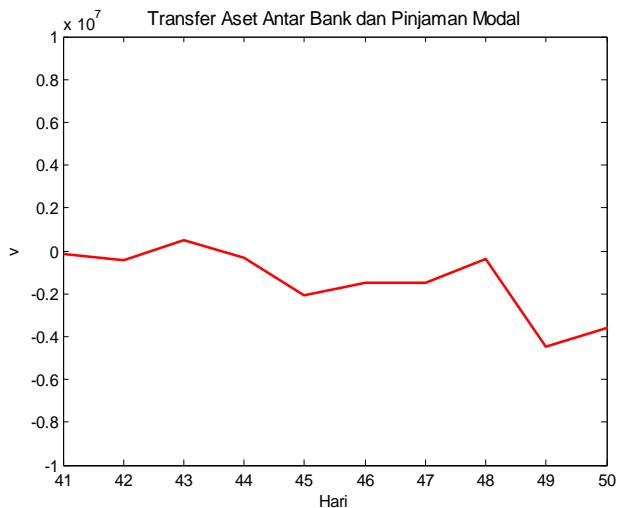
Gambar 4.38 Nilai p_1 dan q_1 pada Tanggal 30 Maret 2020 sampai 10 April 2020 untuk Saham PT. X Tbk.



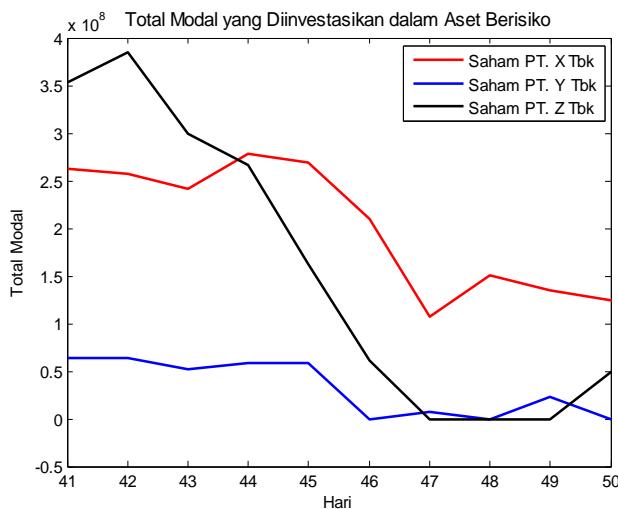
Gambar 4.39 Nilai p_2 dan q_2 pada Tanggal 30 Maret 2020 sampai 10 April 2020 untuk Saham PT. Y Tbk.



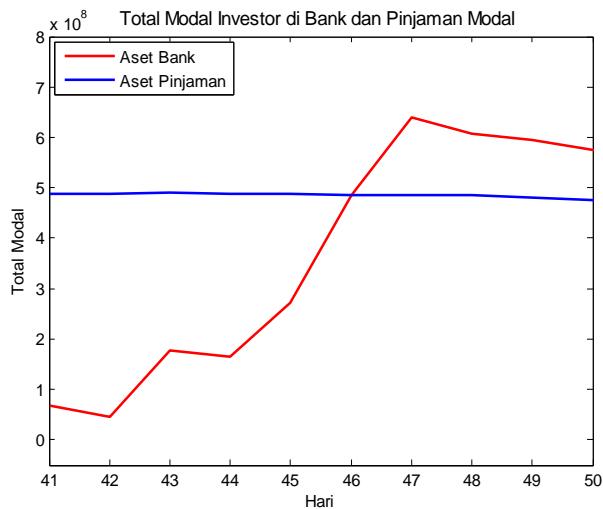
Gambar 4.40 Nilai p_3 dan q_3 pada Tanggal 30 Maret 2020 sampai 10 April 2020 untuk Saham PT. Z Tbk.



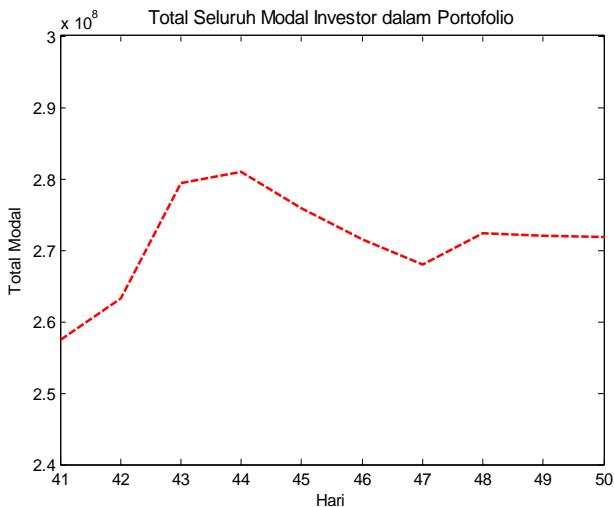
Gambar 4.41 Nilai Transfer Pinjaman Modal dalam Portofolio pada Tanggal 30 Maret 2020 sampai 10 April 2020



Gambar 4.42 Perubahan Total Modal Investor pada Aset Saham Tanggal 30 Maret 2020 sampai 10 April 2020



Gambar 4.43 Perubahan Total Modal Investor pada Aset Bebas Risiko dan Aset Pinjaman Modal Tanggal 30 Maret 2020 sampai 10 April 2020



Gambar 4.44 Perubahan Total Keseluruhan Modal Investor dalam Portofolio Tanggal 30 Maret 2020 sampai 10 April 2020

Untuk mempermudah dalam memahami hasil grafik pada Gambar 4.38 sampai Gambar 4.44, disajikan nilai numerik dari pengamatan pada hari ke-41 (Tanggal 30 Maret 2020) sampai hari ke-45 (Tanggal 3 April 2020) yang disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Nilai Numerik Hasil Simulasi pada Pengamatan Tanggal 30 Maret 2020 sampai 3 April 2020

Tanggal	Prediksi Harga Saham			Return Saham		
	PT. X TBK.	PT. Y TBK.	PT. Z TBK.	PT. X TBK.	PT. Y TBK.	PT. Z TBK.
30/03/2020	63.859	7.867	8.912	0.0191	0.0444	0.0191
31/03/2020	63.606	7.860	9.079	-0.0040	-0.0008	0.0187
01/04/2020	64.226	7.908	9.526	0.0097	0.0060	0.0492
02/04/2020	66.040	7.957	9.306	0.0282	0.0063	-0.0231
03/04/2020	65.929	7.956	9.072	-0.0017	-0.0002	-0.0252

Variabel State				
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
262.330.000	63.580.000	353.460.000	67.040.000	488.960.000
257.300.000	63.530.000	385.070.000	46.000.000	488.680.000
240.810.000	52.370.000	299.100.000	176.550.000	489.360.000
278.880.000	58.710.000	266.600.000	165.900.000	489.180.000
269.290.000	58.700.000	162.400.000	272.770.000	487.280.000

Variabel Kontrol			
p_1	p_2	p_3	q_1
6.830.000	11.940.000	6.830.000	0
0	0	24.550.000	3.990.000
0	0	0	18.800.000
30.420.000	5.980.000	0	0
0	0	0	9.130.000

Variabel Kontrol			
q_2	q_3	v	Total Modal
0	0	-150.000	257.450.000
0	0	-430.000	263.230.000
11.480.000	100.000.000	520.000	279.470.000
0	26.190.000	-330.000	280.910.000
0	100.000.000	-2.050.000	275.880.000

Berdasarkan Tabel 4.5, dapat diketahui bahwa pada hari ke-41 (30 Maret 2020), *return* ketiga saham bernilai positif, artinya adalah harga masing-masing saham pada hari tersebut nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan hari sebelumnya. Sehingga pada hari tersebut MPC memutuskan untuk membeli saham PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk. yang masing-masing sebesar 6.830.000, 11.940.000, dan 6.830.000. Pada tanggal 31 Maret 2020, *return* saham PT. X Tbk. dan PT. Y Tbk. bertanda negatif. Namun, karena penurunan prediksi harga saham PT. X Tbk. pada tanggal tersebut lebih tinggi dibandingkan penurunan saham PT. Y Tbk., maka penjualan saham hanya dilakukan pada aset saham PT. X Tbk. sebesar 3.990.000. Sementara pembelian saham sebesar 24.550.000 terjadi pada saham PT. Z Tbk., karena nilai *return* saham bertanda positif.

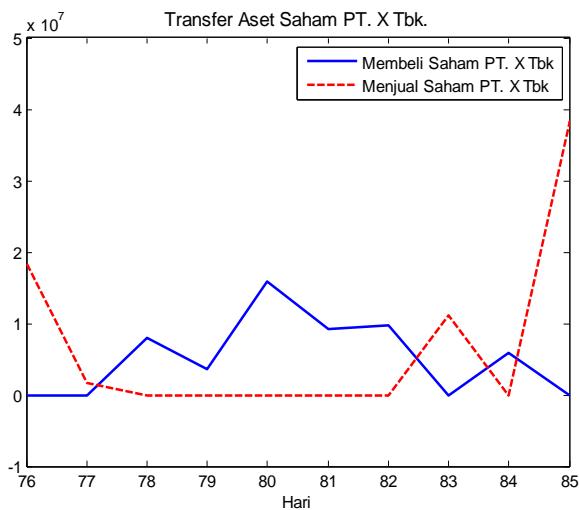
Harga saham PT. X Tbk. dan PT. Y Tbk. menunjukkan tren naik pada hari ke-43 (1 April 2020) sampai dengan hari ke-44 (2 April 2020). Sehingga total keseluruhan modal pada aset saham PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk., serta dua aset lain sampai tanggal 2 April menjadi 280.910.000. Total modal pada aset bebas risiko sebesar 165.900.000, serta sebanyak 489.180.000 total pinjaman modal yang dilakukan investor.

Kemudian, pada tanggal 3 April 2020 seluruh aset saham masing-masing perusahaan diprediksi mengalami penurunan harga. Hal ini ditandai dengan nilai *return* saham yang bertanda negatif. Pada tanggal tersebut, MPC memutuskan untuk tidak melakukan pembelian saham dan melakukan penjualan pada aset saham PT. X Tbk. dan PT. Z Tbk. Saham PT. Y Tbk. tidak dijual karena penurunan prediksi harga saham pada tanggal 3 April

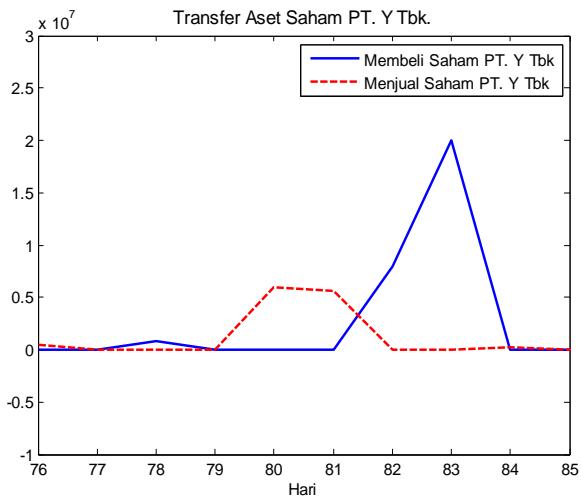
2020 tidak lebih rendah dibandingkan penurunan dua saham lainnya. Nilai q_1 dan q_3 masing-masing sebesar 9.130.000 dan 100.000.000. Pada tanggal tersebut, MPC juga menyarankan kepada investor untuk melakukan pembayaran atas pinjaman modal sebesar -2.050.000. Sehingga total aset pinjaman modal investor berkurang menjadi 487.280.000. Hal ini mengakibatkan total modal investor pada portofolio berubah menjadi 275.880.000.

4.4.3 Hasil Simulasi Portofolio Saham pada Hari ke-76 sampai Hari ke-85 Tanggal 18 Mei 2020 sampai 29 Mei 2020

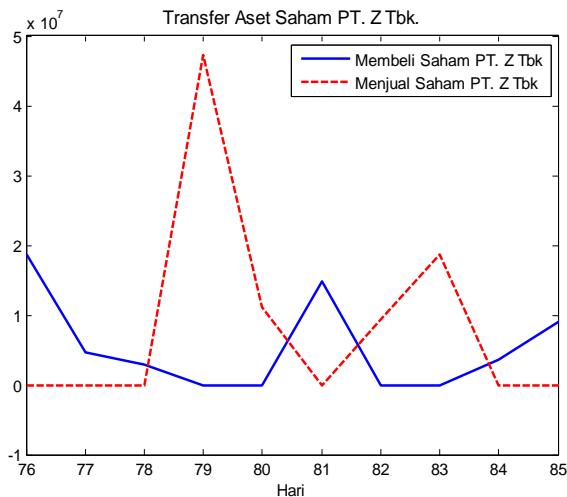
Nilai dari seluruh variabel *state*, variabel kontrol, serta *output* dari sistem untuk hari ke-76 (18 Mei 2020) sampai dengan hari ke-85 (29 Mei 2020) pada portofolio saham dapat dilihat pada Gambar 4.45 sampai dengan Gambar 4.51.



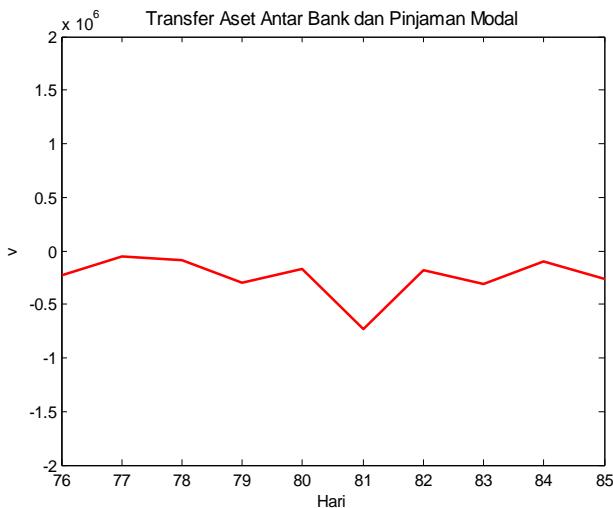
Gambar 4.45 Nilai p_1 dan q_1 pada Tanggal 18 Mei 2020 sampai 29 Mei 2020 untuk Saham PT. X Tbk.



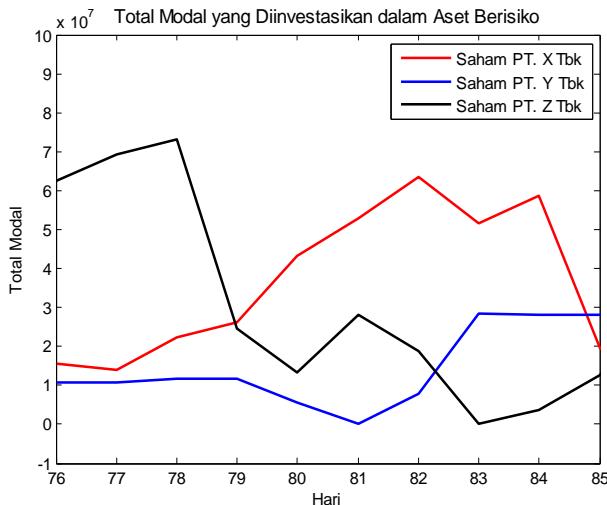
Gambar 4.46 Nilai p_2 dan q_2 pada Tanggal 18 Mei 2020 sampai 29 Mei 2020 untuk Saham PT. X Tbk.



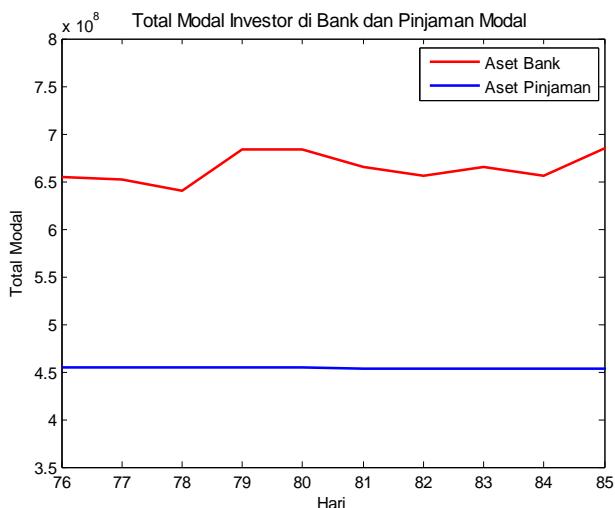
Gambar 4.47 Nilai p_3 dan q_3 pada Tanggal 18 Mei 2020 sampai 29 Mei 2020 untuk Saham PT. X Tbk.



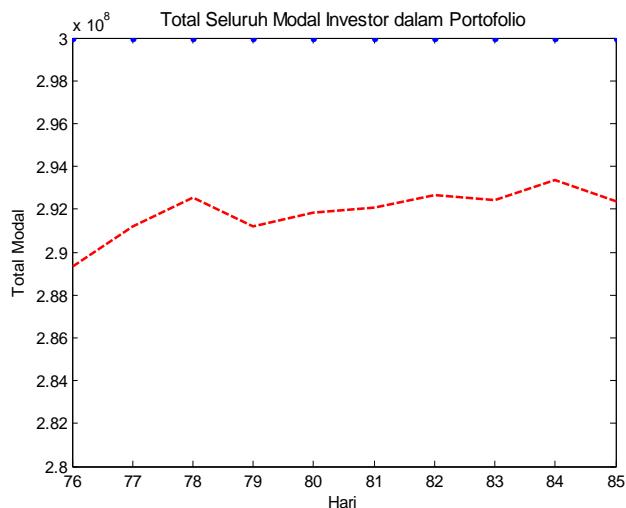
Gambar 4.48 Nilai Transfer Pinjaman Modal dalam Portofolio pada Tanggal 18 Mei 2020 sampai 29 Mei 2020



Gambar 4.49 Perubahan Total Modal Investor pada Aset Saham Tanggal 18 Mei 2020 sampai 29 Mei 2020



Gambar 4.50 Perubahan Total Modal Investor pada Aset Bebas Risiko dan Aset Pinjaman Modal Tanggal 18 Mei 2020 sampai 29 Mei 2020



Gambar 4.51 Perubahan Total Kesimaluruan Modal Investor dalam Portofolio Tanggal 18 Mei 2020 sampai 29 Mei 2020

Berikut disajikan nilai numerik dari pengamatan pada hari ke-83 (Tanggal 27 Mei 2020) sampai hari ke-85 (Tanggal 29 Mei 2020) yang disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Nilai Numerik Hasil Simulasi pada Pengamatan Tanggal 27 Mei 2020 sampai 29 Mei 2020

Tanggal	Prediksi Harga Saham			Return Saham		
	PT. X TBK.	PT. Y TBK.	PT. Z TBK.	PT. X TBK.	PT. Y TBK.	PT. Z TBK.
27/05/2020	70.141	7.671	8.540	-0.0110	0.0184	-0.019
28/05/2020	71.483	7.657	8.644	0.0191	-0.0018	0.0121
29/05/2020	68.352	7.658	8.733	-0.0438	0.0001	0.0103

Variabel State				
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
51.660.000	28.500.000	0	665.650.000	453.410.000
58.660.000	28.240.000	3.680.000	656.230.000	453.460.000
19.510.000	28.240.000	12.830.000	685.140.000	453.330.000

Variabel Kontrol			
p_1	p_2	p_3	q_1
0	19.980.000	0	11.230.000
5.900.000	0	3.630.000	0
0	0	9.020.000	38.260.000

Variabel Kontrol			
q_2	q_3	v	Total Modal
0	18.640.000	-310.000	292.400.000
210.000	0	-100.000	293.350.000
0	0	-260.000	292.380.000

Berdasarkan Tabel 4.6, diketahui bahwa pada hari ke-83 (Tanggal 27 Mei 2020), *return* saham PT. X Tbk. dan PT. Z Tbk. bernilai negatif. Hal itu dikarenakan prediksi harga saham PT. X Tbk. dan PT. Z Tbk. pada hari tersebut mengalami penurunan dibandingkan dengan hari sebelumnya. Oleh karena itu, MPC memutuskan untuk menjual sebagian saham PT. X Tbk. dan

seluruh saham PT. Z Tbk., serta memutuskan untuk membeli saham PT. Y Tbk. karena nilai *return* sahamnya bernilai positif. Adapun pembelian saham PT. Y Tbk. sebesar 19.980.000, serta penjualan saham PT. X Tbk. dan PT. Z Tbk. masing-masing sebesar 11.230.000 dan 18.640.000. Selain itu, investor juga melakukan pembayaran atas pinjaman modal sebesar 310.000.

Pada tanggal 28 Mei 2020, nilai *return* saham berkebalikan tanda dengan nilai *return* pada tanggal 27 Mei 2020. Hanya saham PT. Y Tbk. yang bernilai negatif. Sehingga, pengontrol MPC memilih untuk membeli saham PT. X Tbk. sebesar 5.900.000 dan saham PT. Z Tbk. sebesar 3.630.000, serta menjual saham PT. Y Tbk. 210.000. Total modal investor pada aset bebas risiko berubah menjadi 656.230.000 dan total modal investor pada portofolio menjadi 293.350.000.

Kemudian, pada tanggal 29 Mei 2020, harga saham PT. Y Tbk. dan PT. Z Tbk. diprediksi mengalami kenaikan dibandingkan pada hari sebelumnya. Sedangkan saham PT. X Tbk. mengalami penurunan yang ditandai dengan nilai *return* saham bertanda negatif. Pada hari tersebut, terjadi pembelian saham PT. Z Tbk. sebesar 9.020.000. Sehingga total saham PT. Z Tbk. berubah menjadi 12.830.000. Pembelian saham tidak dilakukan pada aset PT. Y Tbk., karena meskipun terjadi kenaikan harga pada hari tersebut, namun persentase kenaikan harga tidak lebih besar dari persentase kenaikan harga pada aset PT. Z Tbk. Penjualan saham hanya dilakukan pada aset saham PT. X Tbk. senilai 38.260.000. Investor juga melakukan pembayaran pinjaman modal senilai 260.000. Oleh karena itu, total modal investor pada portofolio menjadi sebesar 292.380.000. Nilai ini menunjukkan bahwa pergerakan total modal investor bergerak menuju *reference trajectory*, yaitu sebesar 300.000.000.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

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

5.1 Kesimpulan

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

- a. Hasil penerapan metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* memberikan hasil prediksi harga saham yang cukup baik. Hasil prediksi harga saham PT. X Tbk., PT. Y Tbk., dan PT. Z Tbk. selama 90 hari menghasilkan nilai akurasi *error* prediksi MAPE masing-masing sebesar 1,6%, 1,29%, dan 1,38%. Sebagaimana diketahui bahwa kemampuan peramalan memiliki kategori sangat baik apabila nilai *error* prediksi MAPE kurang dari 10%.
- b. Dalam manajemen optimisasi portofolio saham, pengontrol MPC dapat diterapkan dengan sangat baik. MPC mampu 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 ditentukan. Penerapan MPC dalam mengoptimasi seluruh modal dalam portofolio berdasarkan prediksi harga saham mampu memberikan hasil yang memuaskan. Hal ini dapat diketahui melalui keputusan-keputusan yang diberikan oleh MPC yang mengakibatkan total modal yang diperoleh investor mengalami peningkatan mendekati target yang diharapkan.

5.2 Saran

Saran yang penulis berikan untuk penelitian berikutnya adalah:

- a. Pada Tugas Akhir ini, penulis mempertimbangkan kendala yang terdapat pada transfer dana dari dan ke dalam aset bebas risiko, transfer dana dari dan ke rekening pinjaman, jumlah maksimum dana pinjaman, serta jumlah minimum dana di aset saham dan bank. Pada penelitian berikutnya dapat dipertimbangkan adanya penambahan kendala *Value at Risk* (VaR) pada sistem manajemen portofolio saham. Tujuannya adalah mempertimbangkan pengukuran risiko investasi dalam pembentukan portofolio saham.
- b. Periode waktu dalam optimisasi portofolio yang dilakukan dalam penelitian ini telah ditentukan dari awal, 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.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tandelilin, E. (2010). **Portofolio dan Investasi: Teori dan Aplikasi**. Edisi Pertama. Yogyakarta: Kanisius.
- [2] Mackinlay, A. (1997). **Event Studies in Economics and Finance**. Journal of Economics Literature. Vol. 35 No.1. Hal. 13-39.
- [3] Idx. **Penutupan Perdagangan Tahun 2018**.
Diakses memalui www.cnbcindonesia.com pada tanggal 10 November 2019 pukul 20.14 WIB
- [4] Emma, A. (2018). **Perbandingan Metode Holt Winter's Exponential Smoothing Dan Extreme Learning Machine (Elm) Pada Peramalan Penjualan Semen**. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- [5] Safitri, T. (2016). **Perbandingan Peramalan Menggunakan Metode Exponential Smoothing Holtwinters Dan Arima**. (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Semarang).
- [6] Markowitz, H. (1952). **Portfolio Selection**. *Journal of Finance*, Vol. 7, No. 1, Hal. 77-91.
- [7] Lisnawati, A. (2019). **Analisis Pembentukan Portofolio Optimal Saham dengan Strategi Aktif Dan Pasif**. Universitas Negeri Yogyakarta.
- [8] Kalekar, P. S. (2004). **Time Series Forecasting Using Holt-Winters Exponential Smoothing**. Kanwal Rekhi School of Information Technology, 4329008.13.
- [9] Hatimah, I., dkk. (2013). **Perbandingan Metode Double Moving Average dan Pemulusan Eksponensial Ganda dari Holt dalam Peramalan Harga Saham**. *Jurnal Eksponensial Universitas Mulawarman*. Vol. 4. No. 1. Hal. 1-5.
- [10] Jonnius. (2016). **Peramalan Indeks Harga Saham dengan Pendekatan Exponential Smoothing Model**. *Jurnal Penelitian Sosial Keagamaan UIN Suska Riau*. Vol. 19. No. 2.

- [11] 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.
- [12] Syaifudin, W. H. (2015). **Penerapan Model Prediktif Kontrol (MPC) pada Optimasi Portofolio Saham**. Tugas Akhir Program Magister Departemen Matematika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [13] Fitria, I. (2016). **Optimasi Portofolio Dalam Manajemen Investasi Saham Berdasarkan Pada Prediksi Harga Saham**. Tugas Akhir Program Magister Departemen Matematika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [14] Halim, A. (2003). **Analisis Investasi**. Salemba Empat. Jakarta.
- [15] Yuliati, S.H., dkk. (1996). **Manajemen Portofolio dan Analisis Investasi**. Yogyakarta: Andi.
- [16] Armstrong, J. S. (1937). **Longe-Range Forecasting From Crystal Ball to Computer**. Second Edition. University of Pennsylvania. United States of America.
- [17] Makridakis, S. dkk. (1999). **Metode dan Aplikasi Peramalan**. 23-28
- [18] Hines, W. W., Montgomery, D. C., & Borror, D. M. G. C. M. (2008). **Probability And Statistics In Engineering**. John Wiley & Sons.
- [19] Yuninda, N.H. (2008). **Simulasi Pengendalian Kadar Glukosa Penderita Diabetes Mellitus Tipe 1 Berbasis Metode Aktif Set Model Predictive Control (MPC) Dengan Constraints**. Tugas Akhir Magister Teknik Elektro, Program Pascasarjana Bidang Ilmu Teknik, Prodi Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Jakarta.
- [20] Bordons, C., dan Camacho, E. F. (1999). **Model Predictive Control**. Springer-Verlag, London Limited.

- [21] A. H. Hutasuhut, W. Anggraeni, R. Tyasnurita, (2014), **Pembuatan Aplikasi Pendukung Keputusan untuk Peramalan Persediaan Bahan Baku Produksi Plastik Blowing dan Inject Menggunakan Metode ARIMA di CV. Asia**, Jurnal Teknik ITS, Vol. 3, No. 2, pp. A-169-A-174.
- [22] Wang, J., Xu, C., & Inoue, A. (2007). **An Experiment of Control-theoretical Model in Dynamic Portfolio Management**. In Second International Conference on Innovative Computing, Informatio and Control (ICICIC 2007) (pp. 114-114). IEEE.
- [23] Wang, L. (2009). **Model Predictive Control Sistem Design and Implementation using MATLAB**. Springer, Melbourne.
- [24] Haugen, Robert, A., (1997), **Modern Invetment Theory**, Fourth Edition, Prentice Hall, International Inc., New Jersey.
- [25] Subchan, Purnawan,, H., Asfihani, T., Adzkiya, D., (2016), **Comparison of MPC and Disturbance Compensating MPC On Ship Non Linear Model with Missile Firing Disturbance**, International Journal of Control, Automation and Sistem VV(X) (YYYY) 1-7.
- [26] Subchan, S., Rahmawati, E. (2020). **Pemodelan dan Optimasi Multi-Tujuan Portofolio Saham dengan Resiko Menggunakan Nadir Compromise Programming**. Limits: Journal of Mathematics and Its Applications, 16 (2), 105-116.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A
Data Harga Saham Penutupan Harian
PT. X Tbk.

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
4/1/2016	53725	18/2/2016	63500	6/4/2016	67000
5/1/2016	53400	19/2/2016	64125	7/4/2016	67150
6/1/2016	54750	22/2/2016	65400	8/4/2016	66000
7/1/2016	54025	23/2/2016	66100	11/4/2016	66000
8/1/2016	55100	24/2/2016	65500	12/4/2016	67500
11/1/2016	54500	25/2/2016	61800	13/4/2016	67500
12/1/2016	56000	26/2/2016	63000	14/4/2016	67500
13/1/2016	55900	29/2/2016	63700	15/4/2016	67500
14/1/2016	55800	1/3/2016	63175	18/4/2016	67500
15/1/2016	56300	2/3/2016	64550	19/4/2016	67500
18/1/2016	55500	3/3/2016	66000	20/4/2016	65850
19/1/2016	55000	4/3/2016	66200	21/4/2016	65500
20/1/2016	55500	7/3/2016	65025	22/4/2016	67000
21/1/2016	55400	8/3/2016	63150	25/4/2016	68000
22/1/2016	55250	10/3/2016	65575	26/4/2016	69200
25/1/2016	54975	11/3/2016	65575	27/4/2016	70200
26/1/2016	55875	14/3/2016	65575	28/4/2016	71550
27/1/2016	58800	15/3/2016	65600	29/4/2016	69250
28/1/2016	58000	16/3/2016	63000	2/5/2016	71600
29/1/2016	58350	17/3/2016	62500	3/5/2016	68100
1/2/2016	58025	18/3/2016	61000	4/5/2016	67900
2/2/2016	57900	21/3/2016	60800	9/5/2016	67775
3/2/2016	58250	22/3/2016	59300	10/5/2016	71050
4/2/2016	59900	23/3/2016	61150	11/5/2016	70900
5/2/2016	60200	24/3/2016	60625	12/5/2016	73800
9/2/2016	60600	28/3/2016	59300	13/5/2016	71225
10/2/2016	61500	29/3/2016	61000	16/5/2016	71200
11/2/2016	61000	30/3/2016	62800	17/5/2016	73000
12/2/2016	60700	31/3/2016	65300	18/5/2016	72000
15/2/2016	61500	1/4/2016	65200	19/5/2016	71000
16/2/2016	61500	4/4/2016	65900	20/5/2016	72525
17/2/2016	63475	5/4/2016	66575	23/5/2016	73925

Lampiran A Lanjutan 1

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
24/5/2016	71150	18/7/2016	71225	5/9/2016	64000
25/5/2016	71000	19/7/2016	71900	6/9/2016	64450
26/5/2016	70000	20/7/2016	75025	7/9/2016	63275
27/5/2016	71325	21/7/2016	77100	8/9/2016	62450
30/5/2016	70000	22/7/2016	77500	9/9/2016	61125
31/5/2016	69200	25/7/2016	75000	13/9/2016	60000
1/6/2016	69000	26/7/2016	71000	14/9/2016	61000
2/6/2016	69025	27/7/2016	69200	15/9/2016	62500
3/6/2016	69575	28/7/2016	68800	16/9/2016	62500
6/6/2016	70000	29/7/2016	67525	19/9/2016	65025
7/6/2016	70350	1/8/2016	68125	20/9/2016	63950
8/6/2016	69550	2/8/2016	69275	21/9/2016	64375
9/6/2016	68125	3/8/2016	68850	22/9/2016	65125
10/6/2016	67575	4/8/2016	68850	23/9/2016	65125
13/6/2016	67900	5/8/2016	67800	26/9/2016	64000
14/6/2016	68025	8/8/2016	66775	27/9/2016	64075
15/6/2016	64350	9/8/2016	65500	28/9/2016	63600
16/6/2016	63350	10/8/2016	66225	29/9/2016	62500
17/6/2016	63350	11/8/2016	66000	30/9/2016	62000
20/6/2016	63400	12/8/2016	65900	3/10/2016	64900
21/6/2016	66250	15/8/2016	64925	4/10/2016	66975
22/6/2016	66375	16/8/2016	64800	5/10/2016	66975
23/6/2016	65450	18/8/2016	67500	6/10/2016	66850
24/6/2016	66000	19/8/2016	68025	7/10/2016	65900
27/6/2016	65775	22/8/2016	67150	10/10/2016	65025
28/6/2016	68725	23/8/2016	67000	11/10/2016	64500
29/6/2016	67925	24/8/2016	66300	12/10/2016	64250
30/6/2016	69000	25/8/2016	66825	13/10/2016	64925
1/7/2016	68250	26/8/2016	65800	14/10/2016	64800
11/7/2016	72000	29/8/2016	64900	17/10/2016	65100
12/7/2016	70225	30/8/2016	63875	18/10/2016	66175
13/7/2016	72250	31/8/2016	64400	19/10/2016	66275
14/7/2016	72125	1/9/2016	62500	20/10/2016	65150
15/7/2016	70400	2/9/2016	63300	21/10/2016	65475

Lampiran A Lanjutan 2

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
24/10/2016	65875	9/12/2016	66950	30/1/2017	62800
25/10/2016	65225	13/12/2016	66850	31/1/2017	61750
26/10/2016	65250	14/12/2016	67025	1/2/2017	62700
27/10/2016	66400	15/12/2016	66300	2/2/2017	62000
28/10/2016	66000	16/12/2016	65550	3/2/2017	61800
31/10/2016	67900	19/12/2016	63900	6/2/2017	61850
1/11/2016	68000	20/12/2016	62975	7/2/2017	62500
2/11/2016	68250	21/12/2016	62000	8/2/2017	62600
3/11/2016	65000	22/12/2016	60850	9/2/2017	62400
4/11/2016	67050	23/12/2016	60300	10/2/2017	62000
7/11/2016	66475	27/12/2016	62900	13/2/2017	62000
8/11/2016	67950	28/12/2016	63850	14/2/2017	61500
9/11/2016	67200	29/12/2016	64000	15/2/2017	61500
10/11/2016	67950	30/12/2016	63900	16/2/2017	61000
11/11/2016	64150	2/1/2017	63900	17/2/2017	60800
14/11/2016	61600	3/1/2017	63300	20/2/2017	60500
15/11/2016	61125	4/1/2017	63200	21/2/2017	60150
16/11/2016	62500	5/1/2017	65600	22/2/2017	62200
17/11/2016	62975	6/1/2017	64425	23/2/2017	63125
18/11/2016	63100	9/1/2017	63600	24/2/2017	65000
21/11/2016	63000	10/1/2017	63000	27/2/2017	65750
22/11/2016	64500	11/1/2017	63150	28/2/2017	65850
23/11/2016	64500	12/1/2017	63250	1/3/2017	64625
24/11/2016	62500	13/1/2017	63050	2/3/2017	65850
25/11/2016	62425	16/1/2017	63200	3/3/2017	64475
28/11/2016	62775	17/1/2017	62500	6/3/2017	63400
29/11/2016	63050	18/1/2017	63000	7/3/2017	62850
30/11/2016	65000	19/1/2017	63400	8/3/2017	62825
1/12/2016	65000	20/1/2017	62500	9/3/2017	63625
2/12/2016	66325	23/1/2017	63475	10/3/2017	63500
5/12/2016	67575	24/1/2017	63750	13/3/2017	63000
6/12/2016	67450	25/1/2017	63000	14/3/2017	64475
7/12/2016	65450	26/1/2017	63400	15/3/2017	64450
8/12/2016	67500	27/1/2017	62800	16/3/2017	65050

Lampiran A Lanjutan 3

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
17/03/2017	65250	10/05/2017	70975	29/06/2017	78300
20/03/2017	65450	12/05/2017	73900	30/06/2017	78300
21/03/2017	65800	15/05/2017	73600	03/07/2017	81300
22/03/2017	65425	16/05/2017	70500	04/07/2017	78500
23/03/2017	65450	17/05/2017	70100	05/07/2017	75800
24/03/2017	64925	18/05/2017	72025	06/07/2017	77875
27/03/2017	64500	19/05/2017	76500	07/07/2017	76350
29/03/2017	65500	22/05/2017	74250	10/07/2017	76500
30/03/2017	66700	23/05/2017	73100	11/07/2017	75825
31/03/2017	65525	24/05/2017	73600	12/07/2017	78200
03/04/2017	66700	26/05/2017	74275	13/07/2017	78900
04/04/2017	67700	29/05/2017	73400	14/07/2017	76150
05/04/2017	67700	30/05/2017	73500	17/07/2017	75800
06/04/2017	68000	31/05/2017	73950	18/07/2017	76750
07/04/2017	68200	01/06/2017	73950	19/07/2017	76150
10/04/2017	67000	02/06/2017	74500	20/07/2017	76250
11/04/2017	65450	05/06/2017	74300	21/07/2017	75700
12/04/2017	64950	06/06/2017	74400	24/07/2017	76950
13/04/2017	64675	07/06/2017	75500	25/07/2017	76625
17/04/2017	64600	08/06/2017	74950	26/07/2017	76100
18/04/2017	64900	09/06/2017	75500	27/07/2017	78000
19/04/2017	64900	12/06/2017	77750	28/07/2017	79800
20/04/2017	63575	13/06/2017	77675	31/07/2017	76100
21/04/2017	64200	14/06/2017	79000	01/08/2017	72275
25/04/2017	64500	15/06/2017	80000	02/08/2017	70400
26/04/2017	65950	16/06/2017	79000	03/08/2017	71100
27/04/2017	66400	19/06/2017	79900	04/08/2017	71650
28/04/2017	66400	20/06/2017	79400	07/08/2017	69500
02/05/2017	67150	21/06/2017	78400	08/08/2017	68800
03/05/2017	67800	22/06/2017	78300	09/08/2017	66300
04/05/2017	68000	23/06/2017	78300	10/08/2017	66900
05/05/2017	71400	26/06/2017	78300	11/08/2017	65900
08/05/2017	70000	27/06/2017	78300	14/08/2017	66800
09/05/2017	71200	28/06/2017	78300	15/08/2017	67325

Lampiran A Lanjutan 4

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
16/08/2017	70950	03/10/2017	65700	20/11/2017	80375
17/08/2017	70950	04/10/2017	66525	21/11/2017	78850
18/08/2017	74000	05/10/2017	65850	22/11/2017	77975
21/08/2017	72300	06/10/2017	66425	23/11/2017	78000
22/08/2017	70500	09/10/2017	67825	24/11/2017	79500
23/08/2017	71100	10/10/2017	66250	27/11/2017	79500
24/08/2017	71300	11/10/2017	66000	28/11/2017	79850
25/08/2017	71975	12/10/2017	65600	29/11/2017	80100
28/08/2017	71650	13/10/2017	64200	30/11/2017	76525
29/08/2017	71500	16/10/2017	64475	01/12/2017	76525
30/08/2017	68850	17/10/2017	64475	04/12/2017	79150
31/08/2017	69200	18/10/2017	64200	05/12/2017	80300
01/09/2017	69200	19/10/2017	63125	06/12/2017	80325
04/09/2017	67025	20/10/2017	62500	07/12/2017	79950
05/09/2017	66100	23/10/2017	62775	08/12/2017	80575
06/09/2017	66700	24/10/2017	62025	11/12/2017	79850
07/09/2017	67125	25/10/2017	63000	12/12/2017	78400
08/09/2017	66250	26/10/2017	64675	13/12/2017	78300
11/09/2017	66125	27/10/2017	66900	14/12/2017	78300
12/09/2017	65575	30/10/2017	67675	15/12/2017	78575
13/09/2017	65575	31/10/2017	70000	18/12/2017	81000
14/09/2017	69250	01/11/2017	71750	19/12/2017	81000
15/09/2017	68000	02/11/2017	71925	20/12/2017	79075
18/09/2017	67775	03/11/2017	73600	21/12/2017	81000
19/09/2017	67125	06/11/2017	73950	22/12/2017	80950
20/09/2017	68950	07/11/2017	76800	25/12/2017	80950
21/09/2017	68950	08/11/2017	76525	26/12/2017	80950
22/09/2017	68000	09/11/2017	77250	27/12/2017	81400
25/09/2017	67150	10/11/2017	76000	28/12/2017	81750
26/09/2017	65675	13/11/2017	78950	29/12/2017	83800
27/09/2017	65575	14/11/2017	75950	01/01/2018	83800
28/09/2017	65575	15/11/2017	76950	02/01/2018	81500
29/09/2017	65800	16/11/2017	81000	03/01/2018	81350
02/10/2017	64775	17/11/2017	77975	04/01/2018	84000

Lampiran A Lanjutan 5

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
05/01/2018	84775	22/02/2018	79650	11/04/2018	77500
08/01/2018	84800	23/02/2018	81400	12/04/2018	76650
09/01/2018	81600	26/02/2018	79075	13/04/2018	76000
10/01/2018	83000	27/02/2018	79750	16/04/2018	76000
11/01/2018	82875	28/02/2018	79750	17/04/2018	76000
12/01/2018	83050	01/03/2018	79825	18/04/2018	76875
15/01/2018	82000	02/03/2018	80000	19/04/2018	76875
16/01/2018	84000	05/03/2018	79200	20/04/2018	76875
17/01/2018	82750	06/03/2018	79750	23/04/2018	74075
18/01/2018	83600	07/03/2018	77300	24/04/2018	72500
19/01/2018	84025	08/03/2018	79950	25/04/2018	72500
22/01/2018	85000	09/03/2018	78300	26/04/2018	72500
23/01/2018	85200	12/03/2018	77125	27/04/2018	72500
24/01/2018	85275	13/03/2018	73900	30/04/2018	69325
25/01/2018	84500	14/03/2018	72500	01/05/2018	69325
26/01/2018	84250	15/03/2018	74600	02/05/2018	69950
29/01/2018	82200	16/03/2018	75200	03/05/2018	68975
30/01/2018	80050	19/03/2018	75000	04/05/2018	67200
31/01/2018	81050	20/03/2018	74475	07/05/2018	70000
01/02/2018	81800	21/03/2018	74950	08/05/2018	67800
02/02/2018	81500	22/03/2018	72850	09/05/2018	70000
05/02/2018	81700	23/03/2018	71000	10/05/2018	70000
06/02/2018	82600	26/03/2018	70300	11/05/2018	70200
07/02/2018	83250	27/03/2018	70700	14/05/2018	69450
08/02/2018	83150	28/03/2018	70900	15/05/2018	68175
09/02/2018	81200	29/03/2018	72475	16/05/2018	69000
12/02/2018	79550	30/03/2018	72475	17/05/2018	68100
13/02/2018	80000	02/04/2018	73400	18/05/2018	67225
14/02/2018	80000	03/04/2018	73600	21/05/2018	66550
15/02/2018	80625	04/04/2018	72000	22/05/2018	66725
16/02/2018	80625	05/04/2018	73150	23/05/2018	68075
19/02/2018	81925	06/04/2018	73900	24/05/2018	68775
20/02/2018	81000	09/04/2018	74200	25/05/2018	68900
21/02/2018	80100	10/04/2018	77500	28/05/2018	69475

Lampiran A Lanjutan 6

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
29/05/2018	69475	16/07/2018	68500	31/08/2018	73000
30/05/2018	68375	17/07/2018	69000	03/09/2018	71800
31/05/2018	68500	18/07/2018	70000	04/09/2018	72900
01/06/2018	68500	19/07/2018	69275	05/09/2018	70725
04/06/2018	68500	20/07/2018	71000	06/09/2018	71175
05/06/2018	69100	23/07/2018	71350	07/09/2018	73375
06/06/2018	68225	24/07/2018	71350	10/09/2018	73400
07/06/2018	70075	25/07/2018	70550	11/09/2018	73400
08/06/2018	70250	26/07/2018	70550	12/09/2018	74000
11/06/2018	70250	27/07/2018	72550	13/09/2018	74400
12/06/2018	70250	30/07/2018	74400	14/09/2018	75725
13/06/2018	70250	31/07/2018	75150	17/09/2018	72975
14/06/2018	70250	01/08/2018	75000	18/09/2018	72200
15/06/2018	70250	02/08/2018	74650	19/09/2018	74500
18/06/2018	70250	03/08/2018	75000	20/09/2018	75500
19/06/2018	70250	06/08/2018	74375	21/09/2018	75025
20/06/2018	68975	07/08/2018	76000	24/09/2018	72800
21/06/2018	67550	08/08/2018	77000	25/09/2018	74000
22/06/2018	66525	09/08/2018	76000	26/09/2018	72750
25/06/2018	71750	10/08/2018	77000	27/09/2018	75000
26/06/2018	70375	13/08/2018	75000	28/09/2018	74050
27/06/2018	68800	14/08/2018	73500	01/10/2018	73500
28/06/2018	66950	15/08/2018	71800	02/10/2018	74300
29/06/2018	67250	16/08/2018	71600	03/10/2018	73000
02/07/2018	69000	17/08/2018	71600	04/10/2018	72100
03/07/2018	68975	20/08/2018	73275	05/10/2018	71775
04/07/2018	69450	21/08/2018	74525	08/10/2018	74800
05/07/2018	69025	22/08/2018	74525	09/10/2018	74000
06/07/2018	68450	23/08/2018	75525	10/10/2018	75350
09/07/2018	70000	24/08/2018	74000	11/10/2018	74725
10/07/2018	70975	27/08/2018	73500	12/10/2018	74275
11/07/2018	70575	28/08/2018	74150	15/10/2018	73200
12/07/2018	69500	29/08/2018	73375	16/10/2018	76000
13/07/2018	70475	30/08/2018	73000	17/10/2018	77950

Lampiran A Lanjutan 7

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
18/10/2018	79400	05/12/2018	80825	22/01/2019	82800
19/10/2018	78475	06/12/2018	81525	23/01/2019	81900
22/10/2018	80025	07/12/2018	83825	24/01/2019	82550
23/10/2018	78000	10/12/2018	82800	25/01/2019	84650
24/10/2018	75300	11/12/2018	81050	28/01/2019	84700
25/10/2018	74050	12/12/2018	80975	29/01/2019	82750
26/10/2018	74000	13/12/2018	82450	30/01/2019	83000
29/10/2018	73200	14/12/2018	82800	31/01/2019	83650
30/10/2018	72400	17/12/2018	81150	01/02/2019	83000
31/10/2018	72300	18/12/2018	80650	04/02/2019	81000
01/11/2018	72300	19/12/2018	83350	05/02/2019	81000
02/11/2018	77075	20/12/2018	82600	06/02/2019	81500
05/11/2018	79900	21/12/2018	82825	07/02/2019	81300
06/11/2018	80025	24/12/2018	82825	08/02/2019	80900
07/11/2018	79550	25/12/2018	82825	11/02/2019	81000
08/11/2018	80000	26/12/2018	84100	12/02/2019	80775
09/11/2018	77500	27/12/2018	84100	13/02/2019	82575
12/11/2018	75700	28/12/2018	83625	14/02/2019	83000
13/11/2018	77000	31/12/2018	83625	15/02/2019	83875
14/11/2018	77050	01/01/2019	83625	18/02/2019	85000
15/11/2018	77050	02/01/2019	83825	19/02/2019	85000
16/11/2018	78550	03/01/2019	83075	20/02/2019	83700
19/11/2018	78200	04/01/2019	83500	21/02/2019	83000
20/11/2018	78200	07/01/2019	82750	22/02/2019	81775
21/11/2018	79375	08/01/2019	82350	25/02/2019	82500
22/11/2018	80200	09/01/2019	80900	26/02/2019	84500
23/11/2018	80500	10/01/2019	82350	27/02/2019	86600
26/11/2018	79525	11/01/2019	83275	28/02/2019	85400
27/11/2018	80450	14/01/2019	83625	01/03/2019	91725
28/11/2018	82400	15/01/2019	84000	04/03/2019	94400
29/11/2018	83525	16/01/2019	84300	05/03/2019	90075
30/11/2018	82000	17/01/2019	84150	06/03/2019	92000
03/12/2018	81050	18/01/2019	83900	07/03/2019	92000
04/12/2018	79975	21/01/2019	82775	08/03/2019	90000

Lampiran A Lanjutan 8

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
11/03/2019	91775	26/04/2019	82950	13/06/2019	79000
12/03/2019	91950	29/04/2019	83175	14/06/2019	77500
13/03/2019	92250	30/04/2019	84475	17/06/2019	76675
14/03/2019	91050	01/05/2019	84475	18/06/2019	77250
15/03/2019	92800	02/05/2019	81650	19/06/2019	78275
18/03/2019	91500	03/05/2019	80800	20/06/2019	77200
19/03/2019	89950	06/05/2019	80600	21/06/2019	76000
20/03/2019	90000	07/05/2019	82025	24/06/2019	77250
21/03/2019	87400	08/05/2019	82025	25/06/2019	76500
22/03/2019	84500	09/05/2019	84050	26/06/2019	76900
25/03/2019	81775	10/05/2019	83325	27/06/2019	77100
26/03/2019	83575	13/05/2019	82100	28/06/2019	76875
27/03/2019	84650	14/05/2019	81500	01/07/2019	76700
28/03/2019	84175	15/05/2019	80650	02/07/2019	78200
29/03/2019	83200	16/05/2019	80550	03/07/2019	77725
01/04/2019	83050	17/05/2019	79725	04/07/2019	78225
02/04/2019	82625	20/05/2019	79000	05/07/2019	77200
03/04/2019	82625	21/05/2019	79375	08/07/2019	77150
04/04/2019	80900	22/05/2019	78600	09/07/2019	77350
05/04/2019	79150	23/05/2019	78300	10/07/2019	76400
08/04/2019	78275	24/05/2019	79075	11/07/2019	76375
09/04/2019	79375	27/05/2019	79800	12/07/2019	74000
10/04/2019	78000	28/05/2019	76800	15/07/2019	74950
11/04/2019	77450	29/05/2019	80125	16/07/2019	76300
12/04/2019	77375	30/05/2019	80125	17/07/2019	76625
15/04/2019	79500	31/05/2019	80475	18/07/2019	77225
16/04/2019	82425	03/06/2019	80475	19/07/2019	79300
17/04/2019	82425	04/06/2019	80475	22/07/2019	79000
18/04/2019	79100	05/06/2019	80475	23/07/2019	79800
19/04/2019	79100	06/06/2019	80475	24/07/2019	78000
22/04/2019	76400	07/06/2019	80475	25/07/2019	76325
23/04/2019	78800	10/06/2019	79300	26/07/2019	74950
24/04/2019	81700	11/06/2019	80000	29/07/2019	74750
25/04/2019	80000	12/06/2019	79775	30/07/2019	74575

Lampiran A Lanjutan 9

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
31/07/2019	75500	17/09/2019	64625	04/11/2019	52575
01/08/2019	74625	18/09/2019	60425	05/11/2019	53925
02/08/2019	74800	19/09/2019	57150	06/11/2019	54775
05/08/2019	72500	20/09/2019	54600	07/11/2019	52725
06/08/2019	71925	23/09/2019	52800	08/11/2019	53500
07/08/2019	73200	24/09/2019	51050	11/11/2019	53300
08/08/2019	74000	25/09/2019	52025	12/11/2019	54425
09/08/2019	73625	26/09/2019	54025	13/11/2019	54325
12/08/2019	72600	27/09/2019	52500	14/11/2019	54000
13/08/2019	72500	30/09/2019	52375	15/11/2019	53500
14/08/2019	72775	01/10/2019	52275	18/11/2019	53150
15/08/2019	73825	02/10/2019	50850	19/11/2019	53650
16/08/2019	76500	03/10/2019	51325	20/11/2019	53800
19/08/2019	76625	04/10/2019	49500	21/11/2019	53175
20/08/2019	77000	07/10/2019	49400	22/11/2019	53250
21/08/2019	76575	08/10/2019	49775	25/11/2019	52175
22/08/2019	76000	09/10/2019	49450	26/11/2019	49225
23/08/2019	76475	10/10/2019	50400	27/11/2019	50425
26/08/2019	74500	11/10/2019	52950	28/11/2019	50375
27/08/2019	74525	14/10/2019	53875	29/11/2019	50375
28/08/2019	74525	15/10/2019	54900	02/12/2019	51700
29/08/2019	73150	16/10/2019	54650	03/12/2019	53375
30/08/2019	69475	17/10/2019	54100	04/12/2019	52975
02/09/2019	66400	18/10/2019	52050	05/12/2019	52900
03/09/2019	67550	21/10/2019	53125	06/12/2019	52800
04/09/2019	68100	22/10/2019	51475	09/12/2019	53850
05/09/2019	67275	23/10/2019	51025	10/12/2019	53275
06/09/2019	67700	24/10/2019	54550	11/12/2019	52200
09/09/2019	68650	25/10/2019	54650	12/12/2019	51850
10/09/2019	68300	28/10/2019	55575	13/12/2019	52025
11/09/2019	69075	29/10/2019	54825	16/12/2019	52800
12/09/2019	68275	30/10/2019	56050	17/12/2019	52725
13/09/2019	68800	31/10/2019	56100	18/12/2019	52400
16/09/2019	64600	01/11/2019	53650	19/12/2019	52125

Lampiran A Lanjutan 10

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
20/12/2019	53100	08/01/2020	57400	21/01/2020	57025
23/12/2019	53575	09/01/2020	57200	22/01/2020	57350
26/12/2019	53400	10/01/2020	58100	23/01/2020	57950
27/12/2019	53250	13/01/2020	58325	24/01/2020	58300
30/12/2019	53000	14/01/2020	58325	27/01/2020	57275
02/01/2020	53350	15/01/2020	57925	28/01/2020	56675
03/01/2020	54100	16/01/2020	58025	29/01/2020	56800
06/01/2020	54375	17/01/2020	58300	30/01/2020	55700
07/01/2020	56000	20/01/2020	58000		

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

LAMPIRAN B
Data Harga Saham Penutupan Harian
PT. Y Tbk.

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
4/1/2016	6600	18/2/2016	7625	6/4/2016	7600
5/1/2016	6500	19/2/2016	7550	7/4/2016	7562.5
6/1/2016	6937.5	22/2/2016	7700	8/4/2016	7562.5
7/1/2016	6937.5	23/2/2016	7637.5	11/4/2016	7562.5
8/1/2016	7037.5	24/2/2016	7450	12/4/2016	7500
11/1/2016	6975	25/2/2016	7400	13/4/2016	7500
12/1/2016	7025	26/2/2016	7562.5	14/4/2016	7500
13/1/2016	6987.5	29/2/2016	7875	15/4/2016	7500
14/1/2016	6950	1/3/2016	7825	18/4/2016	7500
15/1/2016	7037.5	2/3/2016	7925	19/4/2016	7500
18/1/2016	7037.5	3/3/2016	7987.5	20/4/2016	7500
19/1/2016	7150	4/3/2016	7962.5	21/4/2016	7512.5
20/1/2016	7212.5	7/3/2016	7750	22/4/2016	7525
21/1/2016	7287.5	8/3/2016	7750	25/4/2016	7562.5
22/1/2016	7325	10/3/2016	7637.5	26/4/2016	7475
25/1/2016	7150	11/3/2016	7637.5	27/4/2016	7462.5
26/1/2016	7350	14/3/2016	7637.5	28/4/2016	7512.5
27/1/2016	7450	15/3/2016	7812.5	29/4/2016	7637.5
28/1/2016	7425	16/3/2016	7700	2/5/2016	7650
29/1/2016	7225	17/3/2016	7812.5	3/5/2016	7650
1/2/2016	7237.5	18/3/2016	7887.5	4/5/2016	7675
2/2/2016	7200	21/3/2016	7875	9/5/2016	7700
3/2/2016	7625	22/3/2016	7712.5	10/5/2016	7700
4/2/2016	7725	23/3/2016	7650	11/5/2016	7750
5/2/2016	8300	24/3/2016	7612.5	12/5/2016	7775
9/2/2016	7925	28/3/2016	7550	13/5/2016	7800
10/2/2016	7675	29/3/2016	7512.5	16/5/2016	7737.5
11/2/2016	7525	30/3/2016	7562.5	17/5/2016	7950
12/2/2016	7362.5	31/3/2016	7600	18/5/2016	8200
15/2/2016	7600	1/4/2016	7662.5	19/5/2016	7962.5
16/2/2016	7687.5	4/4/2016	7725	20/5/2016	7987.5
17/2/2016	7762.5	5/4/2016	7625	23/5/2016	7987.5

Lampiran B Lanjutan 1

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
24/5/2016	7937.5	18/7/2016	8462.5	5/9/2016	9450
25/5/2016	7950	19/7/2016	8562.5	6/9/2016	9475
26/5/2016	7950	20/7/2016	8725	7/9/2016	9700
27/5/2016	8150	21/7/2016	8600	8/9/2016	9800
30/5/2016	7962.5	22/7/2016	8687.5	9/9/2016	9425
31/5/2016	8100	25/7/2016	8775	13/9/2016	9425
1/6/2016	8062.5	26/7/2016	8950	14/9/2016	9025
2/6/2016	7937.5	27/7/2016	9000	15/9/2016	9450
3/6/2016	8037.5	28/7/2016	8850	16/9/2016	9475
6/6/2016	8150	29/7/2016	8600	19/9/2016	9700
7/6/2016	8375	1/8/2016	8925	20/9/2016	9600
8/6/2016	8350	2/8/2016	8800	21/9/2016	9600
9/6/2016	8200	3/8/2016	8800	22/9/2016	9475
10/6/2016	8162.5	4/8/2016	8850	23/9/2016	9500
13/6/2016	8075	5/8/2016	8925	26/9/2016	9350
14/6/2016	8350	8/8/2016	8825	27/9/2016	9300
15/6/2016	8287.5	9/8/2016	8750	28/9/2016	9625
16/6/2016	8350	10/8/2016	8750	29/9/2016	9725
17/6/2016	8500	11/8/2016	8725	30/9/2016	9475
20/6/2016	8587.5	12/8/2016	8600	3/10/2016	9750
21/6/2016	8525	15/8/2016	8650	4/10/2016	9750
22/6/2016	8737.5	16/8/2016	8725	5/10/2016	9725
23/6/2016	8575	18/8/2016	9200	6/10/2016	9725
24/6/2016	8525	19/8/2016	9025	7/10/2016	9575
27/6/2016	8625	22/8/2016	9250	10/10/2016	9625
28/6/2016	8650	23/8/2016	9350	11/10/2016	9800
29/6/2016	8500	24/8/2016	9300	12/10/2016	9800
30/6/2016	8612.5	25/8/2016	9625	13/10/2016	9475
1/7/2016	8475	26/8/2016	9775	14/10/2016	9800
11/7/2016	8712.5	29/8/2016	9500	17/10/2016	9600
12/7/2016	8700	30/8/2016	9700	18/10/2016	9525
13/7/2016	8675	31/8/2016	9975	19/10/2016	9450
14/7/2016	8500	1/9/2016	10000	20/10/2016	9475
15/7/2016	8500	2/9/2016	9700	21/10/2016	9575

Lampiran B Lanjutan 2

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
24/10/2016	9500	9/12/2016	8850	30/1/2017	8475
25/10/2016	9600	13/12/2016	8950	31/1/2017	8400
26/10/2016	9525	14/12/2016	8925	1/2/2017	8425
27/10/2016	9575	15/12/2016	8700	2/2/2017	8450
28/10/2016	9525	16/12/2016	8625	3/2/2017	8450
31/10/2016	9400	19/12/2016	8325	6/2/2017	8575
1/11/2016	9200	20/12/2016	8175	7/2/2017	8475
2/11/2016	9150	21/12/2016	7925	8/2/2017	8500
3/11/2016	8800	22/12/2016	7775	9/2/2017	8500
4/11/2016	9100	23/12/2016	7550	10/2/2017	8550
7/11/2016	9275	27/12/2016	7950	13/2/2017	8500
8/11/2016	9575	28/12/2016	8325	14/2/2017	8450
9/11/2016	9450	29/12/2016	8625	15/2/2017	8450
10/11/2016	9425	30/12/2016	8575	16/2/2017	8400
11/11/2016	8775	2/1/2017	8575	17/2/2017	8375
14/11/2016	8550	3/1/2017	8600	20/2/2017	8375
15/11/2016	8650	4/1/2017	8600	21/2/2017	8250
16/11/2016	8825	5/1/2017	8575	22/2/2017	8250
17/11/2016	9100	6/1/2017	8525	23/2/2017	8300
18/11/2016	9100	9/1/2017	8800	24/2/2017	8325
21/11/2016	8775	10/1/2017	8775	27/2/2017	8350
22/11/2016	8725	11/1/2017	8575	28/2/2017	8325
23/11/2016	8775	12/1/2017	8550	1/3/2017	8275
24/11/2016	8550	13/1/2017	8525	2/3/2017	8250
25/11/2016	8275	16/1/2017	8450	3/3/2017	8225
28/11/2016	8350	17/1/2017	8425	6/3/2017	8300
29/11/2016	8425	18/1/2017	8575	7/3/2017	8225
30/11/2016	8650	19/1/2017	8600	8/3/2017	8200
1/12/2016	8625	20/1/2017	8500	9/3/2017	8150
2/12/2016	8750	23/1/2017	8450	10/3/2017	8150
5/12/2016	8875	24/1/2017	8475	13/3/2017	8325
6/12/2016	8700	25/1/2017	8600	14/3/2017	8375
7/12/2016	8675	26/1/2017	8550	15/3/2017	8475
8/12/2016	8850	27/1/2017	8550	16/3/2017	8825

Lampiran B Lanjutan 3

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
17/03/2017	8700	10/05/2017	8700	29/06/2017	8800
20/03/2017	8725	12/05/2017	8600	30/06/2017	8800
21/03/2017	8725	15/05/2017	8625	03/07/2017	8800
22/03/2017	8800	16/05/2017	8575	04/07/2017	8800
23/03/2017	8775	17/05/2017	8700	05/07/2017	8675
24/03/2017	8600	18/05/2017	8700	06/07/2017	8525
27/03/2017	8425	19/05/2017	9100	07/07/2017	8500
29/03/2017	8375	22/05/2017	8750	10/07/2017	8500
30/03/2017	8250	23/05/2017	8825	11/07/2017	8475
31/03/2017	8150	24/05/2017	8825	12/07/2017	8525
03/04/2017	8425	26/05/2017	8800	13/07/2017	8600
04/04/2017	8400	29/05/2017	8825	14/07/2017	8700
05/04/2017	8400	30/05/2017	8675	17/07/2017	8650
06/04/2017	8225	31/05/2017	8700	18/07/2017	8625
07/04/2017	8175	01/06/2017	8700	19/07/2017	8500
10/04/2017	8175	02/06/2017	8700	20/07/2017	8500
11/04/2017	8125	05/06/2017	8800	21/07/2017	8475
12/04/2017	8100	06/06/2017	8750	24/07/2017	8650
13/04/2017	8125	07/06/2017	8725	25/07/2017	8675
17/04/2017	8150	08/06/2017	8475	26/07/2017	8625
18/04/2017	8200	09/06/2017	8400	27/07/2017	8600
19/04/2017	8200	12/06/2017	8475	28/07/2017	8475
20/04/2017	8175	13/06/2017	8500	31/07/2017	8350
21/04/2017	8400	14/06/2017	8750	01/08/2017	8325
25/04/2017	8500	15/06/2017	8750	02/08/2017	8300
26/04/2017	8525	16/06/2017	8750	03/08/2017	8300
27/04/2017	8700	19/06/2017	8675	04/08/2017	8300
28/04/2017	8775	20/06/2017	8775	07/08/2017	8275
02/05/2017	8550	21/06/2017	8800	08/08/2017	8350
03/05/2017	8600	22/06/2017	8800	09/08/2017	8350
04/05/2017	8600	23/06/2017	8800	10/08/2017	8300
05/05/2017	8625	26/06/2017	8800	11/08/2017	8350
08/05/2017	8600	27/06/2017	8800	14/08/2017	8350
09/05/2017	8625	28/06/2017	8800	15/08/2017	8400

Lampiran B Lanjutan 4

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
16/08/2017	8675	03/10/2017	8700	20/11/2017	8925
17/08/2017	8675	04/10/2017	8775	21/11/2017	8900
18/08/2017	8700	05/10/2017	8675	22/11/2017	8825
21/08/2017	8675	06/10/2017	8650	23/11/2017	8725
22/08/2017	8725	09/10/2017	8700	24/11/2017	8550
23/08/2017	8725	10/10/2017	8700	27/11/2017	8675
24/08/2017	8600	11/10/2017	8725	28/11/2017	8675
25/08/2017	8850	12/10/2017	8700	29/11/2017	8775
28/08/2017	8800	13/10/2017	8825	30/11/2017	8450
29/08/2017	8675	16/10/2017	8700	01/12/2017	8450
30/08/2017	8650	17/10/2017	8850	04/12/2017	8750
31/08/2017	8725	18/10/2017	8875	05/12/2017	8650
01/09/2017	8725	19/10/2017	8925	06/12/2017	8850
04/09/2017	8675	20/10/2017	8725	07/12/2017	8675
05/09/2017	8575	23/10/2017	8850	08/12/2017	8775
06/09/2017	8775	24/10/2017	8725	11/12/2017	8700
07/09/2017	8725	25/10/2017	8875	12/12/2017	8800
08/09/2017	8725	26/10/2017	8900	13/12/2017	8775
11/09/2017	8700	27/10/2017	8900	14/12/2017	8800
12/09/2017	8775	30/10/2017	8825	15/12/2017	8725
13/09/2017	8775	31/10/2017	8800	18/12/2017	8925
14/09/2017	8725	01/11/2017	8850	19/12/2017	8875
15/09/2017	8700	02/11/2017	8625	20/12/2017	8925
18/09/2017	8775	03/11/2017	8850	21/12/2017	9075
19/09/2017	8825	06/11/2017	8750	22/12/2017	9000
20/09/2017	8850	07/11/2017	8575	25/12/2017	9000
21/09/2017	8850	08/11/2017	8500	26/12/2017	9000
22/09/2017	8875	09/11/2017	8500	27/12/2017	9000
25/09/2017	8900	10/11/2017	8525	28/12/2017	8900
26/09/2017	8800	13/11/2017	8550	29/12/2017	8900
27/09/2017	8825	14/11/2017	8550	01/01/2018	8900
28/09/2017	8725	15/11/2017	8575	02/01/2018	9100
29/09/2017	8725	16/11/2017	8750	03/01/2018	9100
02/10/2017	8875	17/11/2017	8950	04/01/2018	9125

Lampiran B Lanjutan 5

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
05/01/2018	9275	22/02/2018	8900	11/04/2018	8400
08/01/2018	9000	23/02/2018	8925	12/04/2018	8350
09/01/2018	8875	26/02/2018	8925	13/04/2018	8350
10/01/2018	8725	27/02/2018	9000	16/04/2018	8350
11/01/2018	8725	28/02/2018	8975	17/04/2018	8350
12/01/2018	8850	01/03/2018	9000	18/04/2018	8325
15/01/2018	8850	02/03/2018	9100	19/04/2018	8325
16/01/2018	8850	05/03/2018	9000	20/04/2018	8325
17/01/2018	8875	06/03/2018	8925	23/04/2018	8375
18/01/2018	8875	07/03/2018	8725	24/04/2018	8350
19/01/2018	8700	08/03/2018	8800	25/04/2018	8350
22/01/2018	8700	09/03/2018	9000	26/04/2018	8350
23/01/2018	8850	12/03/2018	9100	27/04/2018	8350
24/01/2018	8850	13/03/2018	8725	30/04/2018	8675
25/01/2018	8825	14/03/2018	8700	01/05/2018	8675
26/01/2018	8825	15/03/2018	8625	02/05/2018	8700
29/01/2018	8875	16/03/2018	8750	03/05/2018	8200
30/01/2018	8700	19/03/2018	8825	04/05/2018	8200
31/01/2018	8725	20/03/2018	8575	07/05/2018	8575
01/02/2018	8700	21/03/2018	8600	08/05/2018	8450
02/02/2018	8800	22/03/2018	8750	09/05/2018	8475
05/02/2018	8750	23/03/2018	8700	10/05/2018	8475
06/02/2018	8750	26/03/2018	8550	11/05/2018	8375
07/02/2018	8825	27/03/2018	8375	14/05/2018	8350
08/02/2018	8950	28/03/2018	8475	15/05/2018	8200
09/02/2018	8925	29/03/2018	8275	16/05/2018	8300
12/02/2018	8900	30/03/2018	8275	17/05/2018	8175
13/02/2018	8900	02/04/2018	8350	18/05/2018	8000
14/02/2018	8950	03/04/2018	8200	21/05/2018	8000
15/02/2018	8975	04/04/2018	8150	22/05/2018	8100
16/02/2018	8975	05/04/2018	8200	23/05/2018	8025
19/02/2018	9100	06/04/2018	8175	24/05/2018	8250
20/02/2018	8875	09/04/2018	8275	25/05/2018	8300
21/02/2018	8825	10/04/2018	8425	28/05/2018	8625

Lampiran B Lanjutan 6

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
29/05/2018	8625	16/07/2018	8825	31/08/2018	8675
30/05/2018	8500	17/07/2018	8675	03/09/2018	8700
31/05/2018	8700	18/07/2018	8650	04/09/2018	8650
01/06/2018	8700	19/07/2018	8600	05/09/2018	8400
04/06/2018	8675	20/07/2018	8600	06/09/2018	8650
05/06/2018	8775	23/07/2018	8675	07/09/2018	8850
06/06/2018	8850	24/07/2018	8675	10/09/2018	8900
07/06/2018	9000	25/07/2018	8550	11/09/2018	8900
08/06/2018	8850	26/07/2018	8650	12/09/2018	8875
11/06/2018	8850	27/07/2018	8600	13/09/2018	8850
12/06/2018	8850	30/07/2018	8775	14/09/2018	8925
13/06/2018	8850	31/07/2018	8725	17/09/2018	8825
14/06/2018	8850	01/08/2018	8725	18/09/2018	8775
15/06/2018	8850	02/08/2018	8775	19/09/2018	8725
18/06/2018	8850	03/08/2018	8775	20/09/2018	8850
19/06/2018	8850	06/08/2018	9000	21/09/2018	8950
20/06/2018	8600	07/08/2018	9000	24/09/2018	8800
21/06/2018	8250	08/08/2018	8950	25/09/2018	8850
22/06/2018	8400	09/08/2018	8975	26/09/2018	8600
25/06/2018	8750	10/08/2018	8975	27/09/2018	8825
26/06/2018	8800	13/08/2018	8550	28/09/2018	8825
27/06/2018	8575	14/08/2018	8200	01/10/2018	8825
28/06/2018	8525	15/08/2018	8550	02/10/2018	8950
29/06/2018	8850	16/08/2018	8650	03/10/2018	8825
02/07/2018	8875	17/08/2018	8650	04/10/2018	8825
03/07/2018	8825	20/08/2018	8600	05/10/2018	8800
04/07/2018	9075	21/08/2018	8800	08/10/2018	8825
05/07/2018	8900	22/08/2018	8800	09/10/2018	8875
06/07/2018	8700	23/08/2018	8925	10/10/2018	8625
09/07/2018	8775	24/08/2018	8875	11/10/2018	8575
10/07/2018	8900	27/08/2018	8800	12/10/2018	8725
11/07/2018	8800	28/08/2018	8625	15/10/2018	8725
12/07/2018	8825	29/08/2018	8825	16/10/2018	8750
13/07/2018	8875	30/08/2018	8800	17/10/2018	8800

Lampiran B Lanjutan 7

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
18/10/2018	8850	05/12/2018	9750	22/01/2019	10450
19/10/2018	8775	06/12/2018	9700	23/01/2019	10475
22/10/2018	8750	07/12/2018	9700	24/01/2019	10850
23/10/2018	8750	10/12/2018	9725	25/01/2019	10750
24/10/2018	8750	11/12/2018	9700	28/01/2019	10750
25/10/2018	8775	12/12/2018	9675	29/01/2019	10725
26/10/2018	8775	13/12/2018	9825	30/01/2019	10775
29/10/2018	8800	14/12/2018	10100	31/01/2019	10775
30/10/2018	8650	17/12/2018	10125	01/02/2019	10750
31/10/2018	8925	18/12/2018	10050	04/02/2019	10650
01/11/2018	8925	19/12/2018	10200	05/02/2019	10650
02/11/2018	8925	20/12/2018	10475	06/02/2019	10600
05/11/2018	8975	21/12/2018	10525	07/02/2019	10525
06/11/2018	8900	24/12/2018	10525	08/02/2019	10600
07/11/2018	8725	25/12/2018	10525	11/02/2019	10500
08/11/2018	8750	26/12/2018	10250	12/02/2019	10450
09/11/2018	8575	27/12/2018	10700	13/02/2019	10425
12/11/2018	8425	28/12/2018	10450	14/02/2019	10500
13/11/2018	8550	31/12/2018	10450	15/02/2019	10425
14/11/2018	8700	01/01/2019	10450	18/02/2019	10550
15/11/2018	8725	02/01/2019	10400	19/02/2019	10475
16/11/2018	8775	03/01/2019	10575	20/02/2019	10500
19/11/2018	8775	04/01/2019	10600	21/02/2019	10475
20/11/2018	8775	07/01/2019	10350	22/02/2019	10400
21/11/2018	8850	08/01/2019	10175	25/02/2019	10250
22/11/2018	8950	09/01/2019	10250	26/02/2019	10400
23/11/2018	8925	10/01/2019	10150	27/02/2019	10425
26/11/2018	8900	11/01/2019	10150	28/02/2019	10225
27/11/2018	8950	14/01/2019	10000	01/03/2019	10300
28/11/2018	9000	15/01/2019	10100	04/03/2019	10350
29/11/2018	9700	16/01/2019	10025	05/03/2019	10275
30/11/2018	9850	17/01/2019	10000	06/03/2019	10250
03/12/2018	9625	18/01/2019	10150	07/03/2019	10250
04/12/2018	9750	21/01/2019	10200	08/03/2019	10250

Lampiran B Lanjutan 8

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
11/03/2019	10300	26/04/2019	9175	13/06/2019	10000
12/03/2019	10225	29/04/2019	9300	14/06/2019	9975
13/03/2019	10350	30/04/2019	9725	17/06/2019	9950
14/03/2019	10375	01/05/2019	9725	18/06/2019	10125
15/03/2019	10425	02/05/2019	9700	19/06/2019	10125
18/03/2019	10375	03/05/2019	9625	20/06/2019	10150
19/03/2019	10300	06/05/2019	9600	21/06/2019	10025
20/03/2019	10375	07/05/2019	9700	24/06/2019	9950
21/03/2019	10375	08/05/2019	9700	25/06/2019	10000
22/03/2019	10325	09/05/2019	9675	26/06/2019	10050
25/03/2019	9800	10/05/2019	9825	27/06/2019	10150
26/03/2019	9575	13/05/2019	9625	28/06/2019	10150
27/03/2019	9150	14/05/2019	9650	01/07/2019	10125
28/03/2019	9275	15/05/2019	9525	02/07/2019	10125
29/03/2019	9325	16/05/2019	9500	03/07/2019	10125
01/04/2019	9250	17/05/2019	9300	04/07/2019	10100
02/04/2019	9000	20/05/2019	9375	05/07/2019	10100
03/04/2019	9000	21/05/2019	9625	08/07/2019	10025
04/04/2019	9050	22/05/2019	9500	09/07/2019	10100
05/04/2019	9075	23/05/2019	9725	10/07/2019	10125
08/04/2019	9025	24/05/2019	9700	11/07/2019	10250
09/04/2019	9250	27/05/2019	9775	12/07/2019	10275
10/04/2019	9300	28/05/2019	9725	15/07/2019	10375
11/04/2019	9050	29/05/2019	9725	16/07/2019	10425
12/04/2019	9050	30/05/2019	9725	17/07/2019	10625
15/04/2019	9050	31/05/2019	9800	18/07/2019	10725
16/04/2019	9075	03/06/2019	9800	19/07/2019	10850
17/04/2019	9075	04/06/2019	9800	22/07/2019	10650
18/04/2019	9100	05/06/2019	9800	23/07/2019	10725
19/04/2019	9100	06/06/2019	9800	24/07/2019	10575
22/04/2019	9025	07/06/2019	9800	25/07/2019	10700
23/04/2019	9200	10/06/2019	9800	26/07/2019	10575
24/04/2019	9200	11/06/2019	10150	29/07/2019	10550
25/04/2019	9075	12/06/2019	10150	30/07/2019	10625

Lampiran B Lanjutan 9

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
31/07/2019	10700	17/09/2019	11950	04/11/2019	11350
01/08/2019	10700	18/09/2019	11875	05/11/2019	11200
02/08/2019	10850	19/09/2019	11900	06/11/2019	11225
05/08/2019	10875	20/09/2019	11950	07/11/2019	10800
06/08/2019	10775	23/09/2019	11875	08/11/2019	11275
07/08/2019	11225	24/09/2019	11800	11/11/2019	11400
08/08/2019	11175	25/09/2019	11800	12/11/2019	11400
09/08/2019	11300	26/09/2019	12000	13/11/2019	11475
12/08/2019	11275	27/09/2019	11950	14/11/2019	11400
13/08/2019	11250	30/09/2019	12025	15/11/2019	11400
14/08/2019	11350	01/10/2019	11925	18/11/2019	11400
15/08/2019	11500	02/10/2019	12200	19/11/2019	11425
16/08/2019	11625	03/10/2019	12200	20/11/2019	11425
19/08/2019	11525	04/10/2019	12225	21/11/2019	11400
20/08/2019	11900	07/10/2019	12275	22/11/2019	11425
21/08/2019	11800	08/10/2019	12400	25/11/2019	11400
22/08/2019	11825	09/10/2019	12000	26/11/2019	11375
23/08/2019	11775	10/10/2019	11450	27/11/2019	11375
26/08/2019	11750	11/10/2019	11625	28/11/2019	11325
27/08/2019	11750	14/10/2019	11600	29/11/2019	11325
28/08/2019	11825	15/10/2019	11375	02/12/2019	11400
29/08/2019	12000	16/10/2019	11325	03/12/2019	11400
30/08/2019	12050	17/10/2019	11550	04/12/2019	11100
02/09/2019	11975	18/10/2019	11275	05/12/2019	11250
03/09/2019	12000	21/10/2019	11400	06/12/2019	11425
04/09/2019	12000	22/10/2019	11425	09/12/2019	11375
05/09/2019	12000	23/10/2019	11500	10/12/2019	11375
06/09/2019	11900	24/10/2019	11600	11/12/2019	11450
09/09/2019	11850	25/10/2019	11425	12/12/2019	11375
10/09/2019	12025	28/10/2019	11700	13/12/2019	11450
11/09/2019	11950	29/10/2019	11600	16/12/2019	11350
12/09/2019	11925	30/10/2019	11675	17/12/2019	11500
13/09/2019	11600	31/10/2019	11625	18/12/2019	11500
16/09/2019	11825	01/11/2019	11625	19/12/2019	11425

Lampiran B Lanjutan 10

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
20/12/2019	11525	08/01/2020	11550	21/01/2020	11700
23/12/2019	11400	09/01/2020	11525	22/01/2020	11750
26/12/2019	11275	10/01/2020	11525	23/01/2020	11700
27/12/2019	11175	13/01/2020	11550	24/01/2020	11700
30/12/2019	11150	14/01/2020	11600	27/01/2020	11650
02/01/2020	11150	15/01/2020	11475	28/01/2020	11625
03/01/2020	11250	16/01/2020	11600	29/01/2020	11700
06/01/2020	11500	17/01/2020	11575	30/01/2020	11625
07/01/2020	11500	20/01/2020	11600		

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

LAMPIRAN C
Data Harga Saham Penutupan Harian
PT. Z Tbk.

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
4/1/2016	7200	18/2/2016	8335	6/4/2016	8700
5/1/2016	7135	19/2/2016	8550	7/4/2016	8630
6/1/2016	7485	22/2/2016	8675	8/4/2016	8600
7/1/2016	7200	23/2/2016	8490	11/4/2016	8600
8/1/2016	7235	24/2/2016	8400	12/4/2016	8790
11/1/2016	7065	25/2/2016	8545	13/4/2016	8790
12/1/2016	7220	26/2/2016	8780	14/4/2016	8790
13/1/2016	7220	29/2/2016	8905	15/4/2016	8790
14/1/2016	7145	1/3/2016	9080	18/4/2016	8790
15/1/2016	7200	2/3/2016	9560	19/4/2016	8790
18/1/2016	7130	3/3/2016	9285	20/4/2016	9060
19/1/2016	7180	4/3/2016	9040	21/4/2016	9300
20/1/2016	7120	7/3/2016	8830	22/4/2016	9400
21/1/2016	7160	8/3/2016	8700	25/4/2016	8955
22/1/2016	7120	10/3/2016	8550	26/4/2016	8780
25/1/2016	7125	11/3/2016	8550	27/4/2016	8830
26/1/2016	7195	14/3/2016	8550	28/4/2016	8695
27/1/2016	7460	15/3/2016	8810	29/4/2016	8515
28/1/2016	7450	16/3/2016	8810	2/5/2016	8650
29/1/2016	7340	17/3/2016	8775	3/5/2016	8755
1/2/2016	7360	18/3/2016	8890	4/5/2016	9030
2/2/2016	7495	21/3/2016	8800	9/5/2016	8900
3/2/2016	7725	22/3/2016	8705	10/5/2016	8785
4/2/2016	7990	23/3/2016	8600	11/5/2016	8860
5/2/2016	8120	24/3/2016	8505	12/5/2016	8860
9/2/2016	8170	28/3/2016	8400	13/5/2016	8880
10/2/2016	8170	29/3/2016	8595	16/5/2016	8610
11/2/2016	8310	30/3/2016	8595	17/5/2016	8615
12/2/2016	8220	31/3/2016	8585	18/5/2016	8590
15/2/2016	8315	1/4/2016	8635	19/5/2016	8560
16/2/2016	8200	4/4/2016	8700	20/5/2016	8510
17/2/2016	8270	5/4/2016	8665	23/5/2016	8595

Lampiran C Lanjutan 1

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
24/5/2016	8500	18/7/2016	8780	5/9/2016	9015
25/5/2016	8740	19/7/2016	8830	6/9/2016	9060
26/5/2016	8735	20/7/2016	8895	7/9/2016	9170
27/5/2016	8800	21/7/2016	8880	8/9/2016	9150
30/5/2016	8745	22/7/2016	8805	9/9/2016	8945
31/5/2016	8620	25/7/2016	8940	13/9/2016	8950
1/6/2016	8710	26/7/2016	8990	14/9/2016	8830
2/6/2016	8650	27/7/2016	9320	15/9/2016	8885
3/6/2016	8630	28/7/2016	9560	16/9/2016	8860
6/6/2016	8640	29/7/2016	9010	19/9/2016	8870
7/6/2016	8730	1/8/2016	9020	20/9/2016	8900
8/6/2016	8760	2/8/2016	9080	21/9/2016	8995
9/6/2016	8650	3/8/2016	9090	22/9/2016	8960
10/6/2016	8600	4/8/2016	9170	23/9/2016	9110
13/6/2016	8600	5/8/2016	9120	26/9/2016	8970
14/6/2016	8700	8/8/2016	9000	27/9/2016	9085
15/6/2016	8760	9/8/2016	9120	28/9/2016	9090
16/6/2016	8715	10/8/2016	9115	29/9/2016	9140
17/6/2016	8715	11/8/2016	9190	30/9/2016	8910
20/6/2016	8720	12/8/2016	9075	3/10/2016	9040
21/6/2016	8760	15/8/2016	8950	4/10/2016	9010
22/6/2016	8680	16/8/2016	9070	5/10/2016	8965
23/6/2016	8680	18/8/2016	9115	6/10/2016	9035
24/6/2016	8700	19/8/2016	9055	7/10/2016	8900
27/6/2016	8615	22/8/2016	9065	10/10/2016	8920
28/6/2016	8720	23/8/2016	9100	11/10/2016	9050
29/6/2016	9000	24/8/2016	9020	12/10/2016	9000
30/6/2016	9015	25/8/2016	9180	13/10/2016	8900
1/7/2016	8760	26/8/2016	9280	14/10/2016	9000
11/7/2016	9000	29/8/2016	9090	17/10/2016	8945
12/7/2016	8865	30/8/2016	9020	18/10/2016	8895
13/7/2016	8990	31/8/2016	9130	19/10/2016	8865
14/7/2016	8860	1/9/2016	9050	20/10/2016	8860
15/7/2016	8900	2/9/2016	9130	21/10/2016	8830

Lampiran C Lanjutan 2

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
24/10/2016	8880	9/12/2016	8290	30/1/2017	8265
25/10/2016	8885	13/12/2016	8145	31/1/2017	8240
26/10/2016	8900	14/12/2016	8010	1/2/2017	8255
27/10/2016	8885	15/12/2016	8030	2/2/2017	8310
28/10/2016	8905	16/12/2016	7995	3/2/2017	8400
31/10/2016	8895	19/12/2016	7970	6/2/2017	8340
1/11/2016	8890	20/12/2016	7930	7/2/2017	8345
2/11/2016	8885	21/12/2016	7700	8/2/2017	8345
3/11/2016	8835	22/12/2016	7595	9/2/2017	8365
4/11/2016	8795	23/12/2016	7575	10/2/2017	8520
7/11/2016	8800	27/12/2016	7640	13/2/2017	8485
8/11/2016	8875	28/12/2016	7860	14/2/2017	8485
9/11/2016	8875	29/12/2016	8000	15/2/2017	8485
10/11/2016	8740	30/12/2016	7760	16/2/2017	8520
11/11/2016	8200	2/1/2017	7760	17/2/2017	8520
14/11/2016	8200	3/1/2017	7765	20/2/2017	8420
15/11/2016	8195	4/1/2017	8040	21/2/2017	8550
16/11/2016	8220	5/1/2017	8110	22/2/2017	8575
17/11/2016	8100	6/1/2017	8120	23/2/2017	8450
18/11/2016	8050	9/1/2017	8030	24/2/2017	8450
21/11/2016	8000	10/1/2017	8020	27/2/2017	8450
22/11/2016	7960	11/1/2017	7995	28/2/2017	8435
23/11/2016	8090	12/1/2017	7990	1/3/2017	8435
24/11/2016	8020	13/1/2017	7920	2/3/2017	8420
25/11/2016	8040	16/1/2017	7925	3/3/2017	8395
28/11/2016	8020	17/1/2017	7925	6/3/2017	8475
29/11/2016	8125	18/1/2017	8180	7/3/2017	8495
30/11/2016	8105	19/1/2017	8080	8/3/2017	8485
1/12/2016	8385	20/1/2017	8100	9/3/2017	8485
2/12/2016	8480	23/1/2017	8240	10/3/2017	8460
5/12/2016	8445	24/1/2017	8400	13/3/2017	8480
6/12/2016	8360	25/1/2017	8380	14/3/2017	8440
7/12/2016	8265	26/1/2017	8360	15/3/2017	8435
8/12/2016	8290	27/1/2017	8340	16/3/2017	8720

Lampiran C Lanjutan 3

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
17/03/2017	8800	10/05/2017	9270	29/06/2017	9760
20/03/2017	8785	12/05/2017	9360	30/06/2017	9760
21/03/2017	8785	15/05/2017	9600	03/07/2017	9890
22/03/2017	8570	16/05/2017	9560	04/07/2017	9750
23/03/2017	8500	17/05/2017	9550	05/07/2017	9700
24/03/2017	8630	18/05/2017	9515	06/07/2017	9780
27/03/2017	8670	19/05/2017	9750	07/07/2017	9620
29/03/2017	8730	22/05/2017	9490	10/07/2017	9345
30/03/2017	8740	23/05/2017	9730	11/07/2017	9500
31/03/2017	8665	24/05/2017	9545	12/07/2017	9660
03/04/2017	8775	26/05/2017	9540	13/07/2017	9700
04/04/2017	8855	29/05/2017	9465	14/07/2017	9720
05/04/2017	8855	30/05/2017	9200	17/07/2017	9665
06/04/2017	9000	31/05/2017	9235	18/07/2017	9530
07/04/2017	9020	01/06/2017	9235	19/07/2017	9500
10/04/2017	9060	02/06/2017	9380	20/07/2017	9655
11/04/2017	8980	05/06/2017	9435	21/07/2017	9545
12/04/2017	9095	06/06/2017	9365	24/07/2017	9670
13/04/2017	9065	07/06/2017	9440	25/07/2017	9610
17/04/2017	9060	08/06/2017	9510	26/07/2017	9550
18/04/2017	9060	09/06/2017	9510	27/07/2017	9560
19/04/2017	9060	12/06/2017	9440	28/07/2017	9675
20/04/2017	9060	13/06/2017	9580	31/07/2017	9790
21/04/2017	9105	14/06/2017	9700	01/08/2017	9695
25/04/2017	9060	15/06/2017	9770	02/08/2017	9695
26/04/2017	9160	16/06/2017	9560	03/08/2017	9540
27/04/2017	9150	19/06/2017	9520	04/08/2017	9515
28/04/2017	8900	20/06/2017	9650	07/08/2017	9415
02/05/2017	9060	21/06/2017	9800	08/08/2017	9485
03/05/2017	9020	22/06/2017	9760	09/08/2017	9620
04/05/2017	9085	23/06/2017	9760	10/08/2017	9605
05/05/2017	9095	26/06/2017	9760	11/08/2017	9500
08/05/2017	9200	27/06/2017	9760	14/08/2017	9650
09/05/2017	9240	28/06/2017	9760	15/08/2017	9660

Lampiran C Lanjutan 4

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
16/08/2017	9870	03/10/2017	10165	20/11/2017	9885
17/08/2017	9870	04/10/2017	10180	21/11/2017	9880
18/08/2017	9895	05/10/2017	10020	22/11/2017	9890
21/08/2017	9665	06/10/2017	9995	23/11/2017	9870
22/08/2017	9855	09/10/2017	9960	24/11/2017	9960
23/08/2017	9985	10/10/2017	9865	27/11/2017	10080
24/08/2017	9900	11/10/2017	9775	28/11/2017	10200
25/08/2017	9990	12/10/2017	9800	29/11/2017	10045
28/08/2017	9960	13/10/2017	9850	30/11/2017	9860
29/08/2017	10100	16/10/2017	9840	01/12/2017	9860
30/08/2017	10100	17/10/2017	10000	04/12/2017	9860
31/08/2017	10110	18/10/2017	9995	05/12/2017	9930
01/09/2017	10110	19/10/2017	9935	06/12/2017	9930
04/09/2017	10195	20/10/2017	9910	07/12/2017	10060
05/09/2017	10200	23/10/2017	9830	08/12/2017	10180
06/09/2017	10120	24/10/2017	9830	11/12/2017	10200
07/09/2017	10120	25/10/2017	9900	12/12/2017	10220
08/09/2017	10160	26/10/2017	9905	13/12/2017	10200
11/09/2017	10105	27/10/2017	9830	14/12/2017	10200
12/09/2017	10120	30/10/2017	9830	15/12/2017	10425
13/09/2017	10240	31/10/2017	9920	18/12/2017	10595
14/09/2017	10220	01/11/2017	9920	19/12/2017	10820
15/09/2017	10185	02/11/2017	9815	20/12/2017	10600
18/09/2017	10200	03/11/2017	9975	21/12/2017	10710
19/09/2017	10200	06/11/2017	9835	22/12/2017	10825
20/09/2017	10200	07/11/2017	9870	25/12/2017	10825
21/09/2017	10200	08/11/2017	9890	26/12/2017	10825
22/09/2017	10000	09/11/2017	9860	27/12/2017	10825
25/09/2017	9940	10/11/2017	9835	28/12/2017	10880
26/09/2017	9870	13/11/2017	9845	29/12/2017	11180
27/09/2017	10000	14/11/2017	9795	01/01/2018	11180
28/09/2017	9840	15/11/2017	9795	02/01/2018	11175
29/09/2017	9795	16/11/2017	9850	03/01/2018	10800
02/10/2017	10030	17/11/2017	9930	04/01/2018	10680

Lampiran C Lanjutan 5

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
05/01/2018	10800	22/02/2018	10800	11/04/2018	10380
08/01/2018	10880	23/02/2018	10890	12/04/2018	10340
09/01/2018	10700	26/02/2018	10795	13/04/2018	10040
10/01/2018	10840	27/02/2018	10795	16/04/2018	10040
11/01/2018	10875	28/02/2018	10780	17/04/2018	10040
12/01/2018	10850	01/03/2018	10795	18/04/2018	10315
15/01/2018	10920	02/03/2018	10780	19/04/2018	10315
16/01/2018	11000	05/03/2018	10795	20/04/2018	10315
17/01/2018	10870	06/03/2018	10505	23/04/2018	10160
18/01/2018	10870	07/03/2018	10230	24/04/2018	9600
19/01/2018	10890	08/03/2018	10240	25/04/2018	9600
22/01/2018	10880	09/03/2018	10110	26/04/2018	9600
23/01/2018	11100	12/03/2018	10090	27/04/2018	9600
24/01/2018	11120	13/03/2018	10090	30/04/2018	9270
25/01/2018	11005	14/03/2018	10025	01/05/2018	9270
26/01/2018	10910	15/03/2018	10025	02/05/2018	9190
29/01/2018	11080	16/03/2018	9940	03/05/2018	9040
30/01/2018	10975	19/03/2018	9980	04/05/2018	9070
31/01/2018	10880	20/03/2018	10000	07/05/2018	9580
01/02/2018	10880	21/03/2018	10255	08/05/2018	9410
02/02/2018	11005	22/03/2018	10150	09/05/2018	9890
05/02/2018	10825	23/03/2018	10195	10/05/2018	9890
06/02/2018	10780	26/03/2018	10070	11/05/2018	9800
07/02/2018	10935	27/03/2018	10000	14/05/2018	9800
08/02/2018	10875	28/03/2018	9880	15/05/2018	9490
09/02/2018	11080	29/03/2018	9905	16/05/2018	9150
12/02/2018	11000	30/03/2018	9905	17/05/2018	9100
13/02/2018	10985	02/04/2018	10040	18/05/2018	9235
14/02/2018	10900	03/04/2018	10020	21/05/2018	9240
15/02/2018	10910	04/04/2018	9910	22/05/2018	9240
16/02/2018	10910	05/04/2018	10005	23/05/2018	9280
19/02/2018	10960	06/04/2018	10155	24/05/2018	9620
20/02/2018	10890	09/04/2018	10380	25/05/2018	9360
21/02/2018	10900	10/04/2018	10400	28/05/2018	9420

Lampiran C Lanjutan 6

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
29/05/2018	9420	16/07/2018	9150	31/08/2018	8770
30/05/2018	9310	17/07/2018	9080	03/09/2018	8735
31/05/2018	9120	18/07/2018	9155	04/09/2018	8795
01/06/2018	9120	19/07/2018	8950	05/09/2018	8320
04/06/2018	9080	20/07/2018	8840	06/09/2018	8415
05/06/2018	9360	23/07/2018	8900	07/09/2018	8895
06/06/2018	9240	24/07/2018	8900	10/09/2018	9105
07/06/2018	9240	25/07/2018	8810	11/09/2018	9105
08/06/2018	9080	26/07/2018	8785	12/09/2018	9225
11/06/2018	9080	27/07/2018	8865	13/09/2018	9310
12/06/2018	9080	30/07/2018	8820	14/09/2018	9420
13/06/2018	9080	31/07/2018	8650	17/09/2018	9210
14/06/2018	9080	01/08/2018	8945	18/09/2018	9105
15/06/2018	9080	02/08/2018	8990	19/09/2018	9240
18/06/2018	9080	03/08/2018	8990	20/09/2018	9325
19/06/2018	9080	06/08/2018	8945	21/09/2018	9415
20/06/2018	8855	07/08/2018	8710	24/09/2018	9415
21/06/2018	8840	08/08/2018	8600	25/09/2018	9200
22/06/2018	8840	09/08/2018	8600	26/09/2018	9215
25/06/2018	9000	10/08/2018	8710	27/09/2018	9430
26/06/2018	8910	13/08/2018	8520	28/09/2018	9405
27/06/2018	8885	14/08/2018	8200	01/10/2018	9260
28/06/2018	8910	15/08/2018	8160	02/10/2018	9155
29/06/2018	9220	16/08/2018	8505	03/10/2018	8970
02/07/2018	9070	17/08/2018	8505	04/10/2018	8605
03/07/2018	8935	20/08/2018	8470	05/10/2018	8535
04/07/2018	9295	21/08/2018	8520	08/10/2018	8840
05/07/2018	9250	22/08/2018	8520	09/10/2018	8880
06/07/2018	9150	23/08/2018	8670	10/10/2018	8980
09/07/2018	9280	24/08/2018	8600	11/10/2018	8820
10/07/2018	9425	27/08/2018	8740	12/10/2018	8860
11/07/2018	9505	28/08/2018	8835	15/10/2018	8720
12/07/2018	9380	29/08/2018	8890	16/10/2018	9120
13/07/2018	9380	30/08/2018	8860	17/10/2018	9000

Lampiran C Lanjutan 7

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
18/10/2018	8920	05/12/2018	8750	22/01/2019	9810
19/10/2018	8970	06/12/2018	8840	23/01/2019	9790
22/10/2018	8895	07/12/2018	8800	24/01/2019	9815
23/10/2018	8900	10/12/2018	8790	25/01/2019	9810
24/10/2018	8600	11/12/2018	8735	28/01/2019	9555
25/10/2018	8860	12/12/2018	8800	29/01/2019	9520
26/10/2018	8835	13/12/2018	8885	30/01/2019	9815
29/10/2018	8790	14/12/2018	8900	31/01/2019	10000
30/10/2018	8900	17/12/2018	8700	01/02/2019	10000
31/10/2018	8645	18/12/2018	8790	04/02/2019	9780
01/11/2018	8440	19/12/2018	9000	05/02/2019	9780
02/11/2018	8545	20/12/2018	9050	06/02/2019	9975
05/11/2018	8615	21/12/2018	9320	07/02/2019	9945
06/11/2018	8600	24/12/2018	9320	08/02/2019	9965
07/11/2018	8440	25/12/2018	9320	11/02/2019	9775
08/11/2018	8460	26/12/2018	9105	12/02/2019	9820
09/11/2018	8065	27/12/2018	9320	13/02/2019	9850
12/11/2018	7875	28/12/2018	9080	14/02/2019	9775
13/11/2018	7990	31/12/2018	9080	15/02/2019	9600
14/11/2018	8000	01/01/2019	9080	18/02/2019	9885
15/11/2018	8220	02/01/2019	9280	19/02/2019	9860
16/11/2018	8295	03/01/2019	9500	20/02/2019	10005
19/11/2018	8260	04/01/2019	9560	21/02/2019	9905
20/11/2018	8260	07/01/2019	9720	22/02/2019	9900
21/11/2018	8180	08/01/2019	9470	25/02/2019	9765
22/11/2018	8225	09/01/2019	9200	26/02/2019	9995
23/11/2018	8430	10/01/2019	9665	27/02/2019	9800
26/11/2018	8425	11/01/2019	9690	28/02/2019	9735
27/11/2018	8450	14/01/2019	9710	01/03/2019	9810
28/11/2018	8100	15/01/2019	9960	04/03/2019	9800
29/11/2018	8420	16/01/2019	9585	05/03/2019	9730
30/11/2018	8450	17/01/2019	9775	06/03/2019	9780
03/12/2018	8760	18/01/2019	9785	07/03/2019	9780
04/12/2018	8800	21/01/2019	9750	08/03/2019	9620

Lampiran C Lanjutan 8

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
11/03/2019	9610	26/04/2019	9100	13/06/2019	8980
12/03/2019	9800	29/04/2019	9000	14/06/2019	8960
13/03/2019	9890	30/04/2019	9100	17/06/2019	8960
14/03/2019	9930	01/05/2019	9100	18/06/2019	9120
15/03/2019	9960	02/05/2019	9045	19/06/2019	9180
18/03/2019	9900	03/05/2019	8930	20/06/2019	9220
19/03/2019	9845	06/05/2019	9065	21/06/2019	9060
20/03/2019	9900	07/05/2019	8900	24/06/2019	8935
21/03/2019	9815	08/05/2019	8960	25/06/2019	9045
22/03/2019	9830	09/05/2019	8610	26/06/2019	8965
25/03/2019	9700	10/05/2019	8840	27/06/2019	8970
26/03/2019	9650	13/05/2019	8720	28/06/2019	9000
27/03/2019	9760	14/05/2019	8570	01/07/2019	9000
28/03/2019	9840	15/05/2019	8400	02/07/2019	9015
29/03/2019	9840	16/05/2019	8360	03/07/2019	8980
01/04/2019	9850	17/05/2019	8320	04/07/2019	8995
02/04/2019	9875	20/05/2019	8460	05/07/2019	8990
03/04/2019	9875	21/05/2019	8475	08/07/2019	9000
04/04/2019	9795	22/05/2019	8415	09/07/2019	9005
05/04/2019	9755	23/05/2019	8620	10/07/2019	9000
08/04/2019	9650	24/05/2019	8705	11/07/2019	8960
09/04/2019	9795	27/05/2019	8640	12/07/2019	8955
10/04/2019	9820	28/05/2019	8500	15/07/2019	8890
11/04/2019	9730	29/05/2019	8700	16/07/2019	8880
12/04/2019	9820	30/05/2019	8700	17/07/2019	8980
15/04/2019	9760	31/05/2019	8900	18/07/2019	9150
16/04/2019	9880	03/06/2019	8900	19/07/2019	9160
17/04/2019	9880	04/06/2019	8900	22/07/2019	9055
18/04/2019	9880	05/06/2019	8900	23/07/2019	9110
19/04/2019	9880	06/06/2019	8900	24/07/2019	9085
22/04/2019	9655	07/06/2019	8900	25/07/2019	8990
23/04/2019	9850	10/06/2019	8930	26/07/2019	8960
24/04/2019	9730	11/06/2019	8860	29/07/2019	8640
25/04/2019	9280	12/06/2019	9000	30/07/2019	8610

Lampiran C Lanjutan 9

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
31/07/2019	8720	17/09/2019	9390	04/11/2019	8605
01/08/2019	9110	18/09/2019	9335	05/11/2019	8770
02/08/2019	9000	19/09/2019	9315	06/11/2019	8690
05/08/2019	8765	20/09/2019	9230	07/11/2019	8670
06/08/2019	8865	23/09/2019	9460	08/11/2019	8630
07/08/2019	8965	24/09/2019	9455	11/11/2019	8655
08/08/2019	8930	25/09/2019	9400	12/11/2019	8640
09/08/2019	8965	26/09/2019	9350	13/11/2019	8465
12/08/2019	8995	27/09/2019	9400	14/11/2019	8560
13/08/2019	8855	30/09/2019	9300	15/11/2019	8445
14/08/2019	8980	01/10/2019	9240	18/11/2019	8430
15/08/2019	8940	02/10/2019	9090	19/11/2019	8560
16/08/2019	8995	03/10/2019	9015	20/11/2019	8510
19/08/2019	8900	04/10/2019	9085	21/11/2019	8405
20/08/2019	9035	07/10/2019	8800	22/11/2019	8430
21/08/2019	8975	08/10/2019	8945	25/11/2019	8415
22/08/2019	9060	09/10/2019	8840	26/11/2019	8300
23/08/2019	9165	10/10/2019	8775	27/11/2019	8200
26/08/2019	9175	11/10/2019	8835	28/11/2019	8360
27/08/2019	9455	14/10/2019	8900	29/11/2019	8360
28/08/2019	9575	15/10/2019	8950	02/12/2019	8570
29/08/2019	9570	16/10/2019	9120	03/12/2019	8535
30/08/2019	9770	17/10/2019	8950	04/12/2019	8400
02/09/2019	9590	18/10/2019	8625	05/12/2019	8430
03/09/2019	9495	21/10/2019	8685	06/12/2019	8450
04/09/2019	9515	22/10/2019	8790	09/12/2019	8455
05/09/2019	9605	23/10/2019	8855	10/12/2019	8435
06/09/2019	9410	24/10/2019	8855	11/12/2019	8420
09/09/2019	9540	25/10/2019	8630	12/12/2019	8200
10/09/2019	9530	28/10/2019	8700	13/12/2019	8245
11/09/2019	9325	29/10/2019	8715	16/12/2019	8180
12/09/2019	9215	30/10/2019	8720	17/12/2019	8195
13/09/2019	9320	31/10/2019	8745	18/12/2019	8185
16/09/2019	9390	01/11/2019	8740	19/12/2019	8140

Lampiran C Lanjutan 10

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
20/12/2019	8325	08/01/2020	8325	21/01/2020	8325
23/12/2019	8330	09/01/2020	8350	22/01/2020	8300
26/12/2019	8490	10/01/2020	8250	23/01/2020	8325
27/12/2019	8560	13/01/2020	8400	24/01/2020	8175
30/12/2019	8400	14/01/2020	8475	27/01/2020	8275
02/01/2020	8550	15/01/2020	8475	28/01/2020	8250
03/01/2020	8575	16/01/2020	8425	29/01/2020	8250
06/01/2020	8475	17/01/2020	8400	30/01/2020	8225
07/01/2020	8450	20/01/2020	8325		

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

LAMPIRAN D
Uji Stasioneritas Unit Root Augmented Dickey-Fuller
PT. X Tbk.

1. Uji Stasioneritas Data

Null Hypothesis: PT. X Tbk. has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=21)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.481831	0.1202
Test critical values:		
1% level	-3.436425	
5% level	-2.864111	
10% level	-2.568190	

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

2. Uji Stasioneritas Data *Differencing Tingkat Satu*

Null Hypothesis: D(PT. X Tbk.) has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=21)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-32.21499	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.436432	
5% level	-2.864114	
10% level	-2.568192	

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

LAMPIRAN E
Uji Stasioneritas Unit Root Augmented Dickey-Fuller
PT. Y Tbk.

1. Uji Stasioneritas Data

Null Hypothesis: PT. Y Tbk. has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=21)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.991999	0.2905
Test critical values:		
1% level	-3.436425	
5% level	-2.864111	
10% level	-2.568190	

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

2. Uji Stasioneritas Data *Differencing Tingkat Satu*

Null Hypothesis: D(PT. Y Tbk.) has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=21)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-34.45693	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.436432	
5% level	-2.864114	
10% level	-2.568192	

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

LAMPIRAN F
Uji Stasioneritas Unit Root Augmented Dickey-Fuller
PT. Z Tbk.

1. Uji Stasioneritas Data

Null Hypothesis: PT. Z Tbk. has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=21)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.239031	0.0181
Test critical values:		
1% level	-3.436425	
5% level	-2.864111	
10% level	-2.568190	

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

2. Uji Stasioneritas Data *Differencing Tingkat Satu*

Null Hypothesis: D(PT. Z Tbk.) has a unit root

Exogenous: Constant

Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=21)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-21.74783	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.436444	
5% level	-2.864119	
10% level	-2.568195	

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

LAMPIRAN G
Parameter Pemulusan Holt-Winter's Exponential Smoothing
PT. X Tbk.

Date: 06/09/20 Time: 04:35

Sample: 1 1040

Included observations: 1040

Method: Holt-Winters Multiplicative Seasonal

Original Series: PT. X Tbk.

Forecast Series: X

Parameters:	Alpha	0.8861
	Beta	0.0032
	Gamma	1.0000
Sum of Squared Residuals		2.04E+09
Root Mean Squared Error		1399.627

End of Period Levels:	Mean	55807.93
	Tren	-44.000023
Seasonals:	1029	0.992765
	1030	0.989242
	1031	0.991109
	1032	0.979533
	1033	0.985741
	1034	1.006767
	1035	1.013351
	1036	1.009860
	1037	1.009299
	1038	1.014746
	1039	1.008551
	1040	0.999037

LAMPIRAN H
Parameter Pemulusan Holt-Winter's Exponential Smoothing
PT. Y Tbk.

Date: 06/09/20 Time: 04:40

Sample: 1 1040

Included observations: 1040

Method: Holt-Winters Multiplicative Seasonal

Original Series: PT. Y Tbk.

Forecast Series: Y

Parameters:	Alpha	0.8777
	Beta	0.0051
	Gamma	0.6495
Sum of Squared Residuals		20975709
Root Mean Squared Error		142.0174
End of Period Levels:	<i>Mean</i>	11644.10
	Tren	6.091230
<i>Seasonals:</i>	1029	0.999117
	1030	1.002134
	1031	1.004433
	1032	1.001131
	1033	1.004072
	1034	1.004252
	1035	0.997303
	1036	0.997148
	1037	0.996152
	1038	0.998197
	1039	0.996593
	1040	0.999468

LAMPIRAN I
Parameter Pemulusan *Holt-Winter's Exponential Smoothing*
PT. Z Tbk.

Date: 06/09/20 Time: 04:42

Sample: 1 1040

Included observations: 1040

Method: Holt-Winters Multiplicative *Seasonal*

Original Series: PT. Z Tbk.

Forecast Series: Z

Parameters:	Alpha	0.9163
	Beta	0.0025
	Gamma	0.6529
Sum of Squared Residuals		18609589
Root Mean Squared Error		133.7678
<hr/>		
End of Period Levels:	<i>Mean</i>	8171.311
	Tren	-1.957321
	<i>Seasonals:</i>	
	1029	1.006232
	1030	1.001301
	1031	0.997034
	1032	0.995921
	1033	0.992787
	1034	0.996895
	1035	0.998821
	1036	0.997833
	1037	1.002523
	1038	0.999747
	1039	1.003791
	1040	1.007114

LAMPIRAN J
Hasil Prediksi Harga Saham
PT. X Tbk.

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
3/2/2020	54909.5462302489	16/3/2020	61258.8259493984
4/2/2020	53963.9904226848	17/3/2020	61496.3159655150
5/2/2020	53363.1902642813	18/3/2020	63190.9991744547
6/2/2020	54650.7999767313	19/3/2020	63475.2647987891
7/2/2020	54060.9992245427	20/3/2020	63965.6204389746
10/2/2020	55084.5555866530	23/3/2020	65395.4998514149
11/2/2020	54563.2053556727	24/3/2020	65820.5191814525
12/2/2020	55886.4030995697	25/3/2020	65652.3092465105
13/2/2020	55914.9834063247	26/3/2020	62443.9157611313
14/2/2020	55704.3235707019	27/3/2020	62663.3606745500
17/2/2020	56217.1111078832	30/3/2020	63859.2203116493
18/2/2020	55545.1871146023	31/3/2020	63606.2220431741
19/2/2020	54916.5941621166	1/4/2020	64226.0110336641
20/2/2020	55618.7526547650	2/4/2020	66039.8932691280
21/2/2020	55553.5532858936	3/4/2020	65928.7332217912
24/2/2020	55113.2896082927	6/4/2020	65181.2959176355
25/2/2020	55148.8594440939	7/4/2020	63379.0668128807
26/2/2020	55710.6724854014	8/4/2020	65398.5411814809
27/2/2020	58700.0717610205	9/4/2020	65314.7097156518
28/2/2020	57969.8934826767	10/4/2020	65233.5085119728
2/3/2020	58316.0362594772	13/4/2020	66317.5826757268
3/3/2020	58035.4347205806	14/4/2020	63156.0844253971
4/3/2020	57749.9664661159	15/4/2020	62649.4520863769
5/3/2020	58183.0018401556	16/4/2020	61701.4118958835
6/3/2020	59650.5160169250	17/4/2020	60771.7556798132
9/3/2020	60253.4985953125	20/4/2020	59501.0942361125
10/3/2020	60706.5872109227	21/4/2020	60601.2577856153
11/3/2020	61259.4343906369	22/4/2020	60533.1154417870
12/3/2020	61332.4030747001	23/4/2020	59872.9610893835
13/3/2020	60973.1896538536	24/4/2020	60712.6795163192

Lampiran J Lanjutan

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
27/4/2020	62358.7040248201	18/5/2020	66178.7477349571
28/4/2020	64665.2395137705	19/5/2020	65526.8446375838
29/4/2020	65456.8299300047	20/5/2020	67387.6348238360
30/4/2020	65940.9744749266	21/5/2020	67662.4037988936
1/5/2020	66467.5905114957	22/5/2020	69552.2745784603
4/5/2020	67611.4420944672	25/5/2020	69828.5798355428
5/5/2020	66999.8251569479	26/5/2020	70920.7478145802
6/5/2020	66562.0744665650	27/5/2020	70140.6112620752
7/5/2020	65487.2985107677	28/5/2020	71482.7976246137
8/5/2020	67028.3973856627	29/5/2020	68351.7273449678
11/5/2020	68265.0354407085	1/6/2020	67405.3804489202
12/5/2020	67542.4935810799	2/6/2020	67762.5820463327
13/5/2020	67303.2704108718	3/6/2020	70956.3491882444
14/5/2020	66888.8407845938	4/6/2020	71126.9225789736
15/5/2020	67752.7496670708	5/6/2020	74012.6669638851

LAMPIRAN K
Hasil Prediksi Harga Saham
PT. Y Tbk.

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
3/2/2020	6915.73586317404	16/3/2020	7571.58624162802
4/2/2020	6634.83448601061	17/3/2020	7653.71804929689
5/2/2020	6513.19935793635	18/3/2020	7762.84324396260
6/2/2020	6900.07419150542	19/3/2020	7665.54960450927
7/2/2020	6934.16656554075	20/3/2020	7605.57251358575
10/2/2020	7034.05471299071	23/3/2020	7675.55753810092
11/2/2020	6981.48912412675	24/3/2020	7670.05111616725
12/2/2020	7019.55951816921	25/3/2020	7423.24552017281
13/2/2020	6987.21765087499	26/3/2020	7442.78614597652
14/2/2020	6970.11039917053	27/3/2020	7531.93297821298
17/2/2020	7035.92274290577	30/3/2020	7866.72000251152
18/2/2020	7035.22302838625	31/3/2020	7860.35016417931
19/2/2020	7129.67635744609	1/4/2020	7907.59559903075
20/2/2020	7216.13530356452	2/4/2020	7957.43217770377
21/2/2020	7326.12199558698	3/4/2020	7955.97580676474
24/2/2020	7309.41215020090	6/4/2020	7801.15216848334
25/2/2020	7176.81778022326	7/4/2020	7816.23004309640
26/2/2020	7325.89175096983	8/4/2020	7635.43363381292
27/2/2020	7444.39168358581	9/4/2020	7649.02930292398
28/2/2020	7422.32605019611	10/4/2020	7600.26171690911
2/3/2020	7245.14531789896	13/4/2020	7841.57242271116
3/3/2020	7264.16941195424	14/4/2020	7718.32475928892
4/3/2020	7209.73267103669	15/4/2020	7803.35083696788
5/3/2020	7583.49705205568	16/4/2020	7915.85840492615
6/3/2020	7697.84417145655	17/4/2020	7871.07218350679
9/3/2020	8244.94154452897	20/4/2020	7705.02550391706
10/3/2020	8012.12131514264	21/4/2020	7632.89589803463
11/3/2020	7687.41435787064	22/4/2020	7651.48747404871
12/3/2020	7581.40919717868	23/4/2020	7609.52545409308
13/3/2020	7382.04424032686	24/4/2020	7514.02059183456

Lampiran K Lanjutan

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
27/4/2020	7566.88294865315	18/5/2020	7507.16895443806
28/4/2020	7574.19959240362	19/5/2020	7517.15744194875
29/4/2020	7676.87987002576	20/5/2020	7546.90276188742
30/4/2020	7738.44924490488	21/5/2020	7547.12745698193
1/5/2020	7639.24948496138	22/5/2020	7464.77663277754
4/5/2020	7630.93952138410	25/5/2020	7436.07159013310
5/5/2020	7551.43501150950	26/5/2020	7531.92359812900
6/5/2020	7541.81180136665	27/5/2020	7670.63609221045
7/5/2020	7538.37334839584	28/5/2020	7657.19395099601
8/5/2020	7533.38916044759	29/5/2020	7657.68033285373
11/5/2020	7550.56277750256	1/6/2020	7657.02274390168
12/5/2020	7506.96567523199	2/6/2020	7713.40584429868
13/5/2020	7508.97353236136	3/6/2020	7709.18732236078
14/5/2020	7483.11246587655	4/6/2020	7751.38462585145
15/5/2020	7518.40345684865	5/6/2020	7797.11877959711

LAMPIRAN L
Hasil Prediksi Harga Saham
PT. Z Tbk.

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
3/2/2020	7179.34210557476	16/3/2020	8322.43396686807
4/2/2020	7212.89621466962	17/3/2020	8198.14313411388
5/2/2020	7141.07338521901	18/3/2020	8271.54834747227
6/2/2020	7460.27508713429	19/3/2020	8330.19631463263
7/2/2020	7233.30457410379	20/3/2020	8527.86425991712
10/2/2020	7229.78469352361	23/3/2020	8687.84694384550
11/2/2020	7088.17638270685	24/3/2020	8481.66893348869
12/2/2020	7207.70552826057	25/3/2020	8417.76166034954
13/2/2020	7222.18178792000	26/3/2020	8554.12793794705
14/2/2020	7134.97280961002	27/3/2020	8745.73501571006
17/2/2020	7190.44410075577	30/3/2020	8912.41467911633
18/2/2020	7147.61749336316	31/3/2020	9079.41163553719
19/2/2020	7164.96138759873	1/4/2020	9525.74835651204
20/2/2020	7132.64753869969	2/4/2020	9305.60640073334
21/2/2020	7179.59711166672	3/4/2020	9071.50441975747
24/2/2020	7096.10468786079	6/4/2020	8860.44912076071
25/2/2020	7147.87702142296	7/4/2020	8705.63090906417
26/2/2020	7176.64279861843	8/4/2020	8568.66297743626
27/2/2020	7463.93209106447	9/4/2020	8535.37785307805
28/2/2020	7443.64109197575	10/4/2020	8571.55616472212
2/3/2020	7347.19297277782	13/4/2020	8815.99082193141
3/3/2020	7350.39327720472	14/4/2020	8791.19335744641
4/3/2020	7472.10315331718	15/4/2020	8796.70708189226
5/3/2020	7724.20336205565	16/4/2020	8910.36932075253
6/3/2020	7947.00791877180	17/4/2020	8776.59143895657
9/3/2020	8122.45036769730	20/4/2020	8708.54602940857
10/3/2020	8187.90267362489	21/4/2020	8617.86025618274
11/3/2020	8146.36739236020	22/4/2020	8527.65532392122
12/3/2020	8329.66777068725	23/4/2020	8402.53957220989
13/3/2020	8229.24428005039	24/4/2020	8591.95991227163

Lampiran L Lanjutan

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
27/4/2020	8580.21117284622	18/5/2020	9014.96870366554
28/4/2020	8619.36279495954	19/5/2020	9305.76917334338
29/4/2020	8645.56491045983	20/5/2020	9405.18847416966
30/4/2020	8675.47211817311	21/5/2020	8966.03870641948
1/5/2020	8691.48026535430	22/5/2020	8791.50540541545
4/5/2020	8715.40104554616	25/5/2020	8845.41724038439
5/5/2020	8606.70554402454	26/5/2020	8710.53451215681
6/5/2020	8595.73794203929	27/5/2020	8539.97877177941
7/5/2020	8607.96725714617	28/5/2020	8643.68263827704
8/5/2020	8787.87229395381	29/5/2020	8732.56181335893
11/5/2020	8800.04965134619	1/6/2020	9039.94937070284
12/5/2020	8793.90090280071	2/6/2020	8942.01900365354
13/5/2020	8775.03242596950	3/6/2020	8775.57543473399
14/5/2020	8825.22658480747	4/6/2020	8870.19477327072
15/5/2020	8807.37072546545	5/6/2020	8842.90834767074

LAMPIRAN M
Nilai *Return* Harga Saham
PT. X Tbk.

Tanggal	Return	Tanggal	Return	Tanggal	Return
3/2/2020	0.0000	16/3/2020	0.0047	27/4/2020	0.0271
4/2/2020	-0.0172	17/3/2020	0.0039	28/4/2020	0.0370
5/2/2020	-0.0111	18/3/2020	0.0276	29/4/2020	0.0122
6/2/2020	0.0241	19/3/2020	0.0045	30/4/2020	0.0074
7/2/2020	-0.0108	20/3/2020	0.0077	1/5/2020	0.0080
10/2/2020	0.0189	23/3/2020	0.0224	4/5/2020	0.0172
11/2/2020	-0.0095	24/3/2020	0.0065	5/5/2020	-0.0090
12/2/2020	0.0243	25/3/2020	-0.0026	6/5/2020	-0.0065
13/2/2020	0.0005	26/3/2020	-0.0489	7/5/2020	-0.0161
14/2/2020	-0.0038	27/3/2020	0.0035	8/5/2020	0.0235
17/2/2020	0.0092	30/3/2020	0.0191	11/5/2020	0.0184
18/2/2020	-0.0120	31/3/2020	-0.0040	12/5/2020	-0.0106
19/2/2020	-0.0113	1/4/2020	0.0097	13/5/2020	-0.0035
20/2/2020	0.0128	2/4/2020	0.0282	14/5/2020	-0.0062
21/2/2020	-0.0012	3/4/2020	-0.0017	15/5/2020	0.0129
24/2/2020	-0.0079	6/4/2020	-0.0113	18/5/2020	-0.0232
25/2/2020	0.0006	7/4/2020	-0.0276	19/5/2020	-0.0099
26/2/2020	0.0102	8/4/2020	0.0319	20/5/2020	0.0284
27/2/2020	0.0537	9/4/2020	-0.0013	21/5/2020	0.0041
28/2/2020	-0.0124	10/4/2020	-0.0012	22/5/2020	0.0279
2/3/2020	0.0060	13/4/2020	0.0166	25/5/2020	0.0040
3/3/2020	-0.0048	14/4/2020	-0.0477	26/5/2020	0.0156
4/3/2020	-0.0049	15/4/2020	-0.0080	27/5/2020	-0.0110
5/3/2020	0.0075	16/4/2020	-0.0151	28/5/2020	0.0191
6/3/2020	0.0252	17/4/2020	-0.0151	29/5/2020	-0.0438
9/3/2020	0.0101	20/4/2020	-0.0209	1/6/2020	-0.0138
10/3/2020	0.0075	21/4/2020	0.0185	2/6/2020	0.0053
11/3/2020	0.0091	22/4/2020	-0.0011	3/6/2020	0.0471
12/3/2020	0.0012	23/4/2020	-0.0109	4/6/2020	0.0024
13/3/2020	-0.0059	24/4/2020	0.0140	5/6/2020	0.0406

LAMPIRAN N
Nilai *Return* Harga Saham
PT. Y Tbk.

Tanggal	Return	Tanggal	Return	Tanggal	Return
3/2/2020	0.0000	16/3/2020	0.0257	27/4/2020	0.0070
4/2/2020	-0.0406	17/3/2020	0.0108	28/4/2020	0.0010
5/2/2020	-0.0183	18/3/2020	0.0143	29/4/2020	0.0136
6/2/2020	0.0594	19/3/2020	-0.0125	30/4/2020	0.0080
7/2/2020	0.0049	20/3/2020	-0.0078	1/5/2020	-0.0128
10/2/2020	0.0144	23/3/2020	0.0092	4/5/2020	-0.0011
11/2/2020	-0.0075	24/3/2020	-0.0007	5/5/2020	-0.0104
12/2/2020	0.0055	25/3/2020	-0.0322	6/5/2020	-0.0013
13/2/2020	-0.0046	26/3/2020	0.0026	7/5/2020	-0.0005
14/2/2020	-0.0024	27/3/2020	0.0120	8/5/2020	-0.0007
17/2/2020	0.0094	30/3/2020	0.0444	11/5/2020	0.0023
18/2/2020	-0.0001	31/3/2020	-0.0008	12/5/2020	-0.0058
19/2/2020	0.0134	1/4/2020	0.0060	13/5/2020	0.0003
20/2/2020	0.0121	2/4/2020	0.0063	14/5/2020	-0.0034
21/2/2020	0.0152	3/4/2020	-0.0002	15/5/2020	0.0047
24/2/2020	-0.0023	6/4/2020	-0.0195	18/5/2020	-0.0015
25/2/2020	-0.0181	7/4/2020	0.0019	19/5/2020	0.0013
26/2/2020	0.0208	8/4/2020	-0.0231	20/5/2020	0.0040
27/2/2020	0.0162	9/4/2020	0.0018	21/5/2020	0.0000
28/2/2020	-0.0030	10/4/2020	-0.0064	22/5/2020	-0.0109
2/3/2020	-0.0239	13/4/2020	0.0318	25/5/2020	-0.0038
3/3/2020	0.0026	14/4/2020	-0.0157	26/5/2020	0.0129
4/3/2020	-0.0075	15/4/2020	0.0110	27/5/2020	0.0184
5/3/2020	0.0518	16/4/2020	0.0144	28/5/2020	-0.0018
6/3/2020	0.0151	17/4/2020	-0.0057	29/5/2020	0.0001
9/3/2020	0.0711	20/4/2020	-0.0211	1/6/2020	-0.0001
10/3/2020	-0.0282	21/4/2020	-0.0094	2/6/2020	0.0074
11/3/2020	-0.0405	22/4/2020	0.0024	3/6/2020	-0.0005
12/3/2020	-0.0138	23/4/2020	-0.0055	4/6/2020	0.0055
13/3/2020	-0.0263	24/4/2020	-0.0126	5/6/2020	0.0059

LAMPIRAN O
Nilai *Return* Harga Saham
PT. Z Tbk.

Tanggal	Return	Tanggal	Return	Tanggal	Return
3/2/2020	0.0000	16/3/2020	0.0113	27/4/2020	-0.0014
4/2/2020	0.0047	17/3/2020	-0.0149	28/4/2020	0.0046
5/2/2020	-0.0100	18/3/2020	0.0090	29/4/2020	0.0030
6/2/2020	0.0447	19/3/2020	0.0071	30/4/2020	0.0035
7/2/2020	-0.0304	20/3/2020	0.0237	1/5/2020	0.0018
10/2/2020	-0.0005	23/3/2020	0.0188	4/5/2020	0.0028
11/2/2020	-0.0196	24/3/2020	-0.0237	5/5/2020	-0.0125
12/2/2020	0.0169	25/3/2020	-0.0075	6/5/2020	-0.0013
13/2/2020	0.0020	26/3/2020	0.0162	7/5/2020	0.0014
14/2/2020	-0.0121	27/3/2020	0.0224	8/5/2020	0.0209
17/2/2020	0.0078	30/3/2020	0.0191	11/5/2020	0.0014
18/2/2020	-0.0060	31/3/2020	0.0187	12/5/2020	-0.0007
19/2/2020	0.0024	1/4/2020	0.0492	13/5/2020	-0.0021
20/2/2020	-0.0045	2/4/2020	-0.0231	14/5/2020	0.0057
21/2/2020	0.0066	3/4/2020	-0.0252	15/5/2020	-0.0020
24/2/2020	-0.0116	6/4/2020	-0.0233	18/5/2020	0.0236
25/2/2020	0.0073	7/4/2020	-0.0175	19/5/2020	0.0323
26/2/2020	0.0040	8/4/2020	-0.0157	20/5/2020	0.0107
27/2/2020	0.0400	9/4/2020	-0.0039	21/5/2020	-0.0467
28/2/2020	-0.0027	10/4/2020	0.0042	22/5/2020	-0.0195
2/3/2020	-0.0130	13/4/2020	0.0285	25/5/2020	0.0061
3/3/2020	0.0004	14/4/2020	-0.0028	26/5/2020	-0.0152
4/3/2020	0.0166	15/4/2020	0.0006	27/5/2020	-0.0196
5/3/2020	0.0337	16/4/2020	0.0129	28/5/2020	0.0121
6/3/2020	0.0288	17/4/2020	-0.0150	29/5/2020	0.0103
9/3/2020	0.0221	20/4/2020	-0.0078	1/6/2020	0.0352
10/3/2020	0.0081	21/4/2020	-0.0104	2/6/2020	-0.0108
11/3/2020	-0.0051	22/4/2020	-0.0105	3/6/2020	-0.0186
12/3/2020	0.0225	23/4/2020	-0.0147	4/6/2020	0.0108
13/3/2020	-0.0121	24/4/2020	0.0225	5/6/2020	-0.0031

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di kota Lamongan, 06 Agustus 1997, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis sebelumnya telah menempuh jenjang pendidikan formal, tepatnya di SDN Sugio 1 (2004-2010), SMPN 1 Sugio (2010-2013), dan SMAN 1 Sukodadi (2013-2016). Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 Jurusan Matematika di Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui Jalur SBMPTN pada tahun 2016 dan terdaftar dengan NRP 06111640000074. Dalam penelitian Tugas Akhir ini, penulis mendalami bidang studi Pemodelan dan Simulasi Sistem.

Penulis aktif di beberapa organisasi dan unit kegiatan mahasiswa diantaranya : Himpunan Mahasiswa Matematika (HIMATIKA) sebagai staf ASCI periode 2017-2018, Anggota UKM Kopma ITS (2016-2017), Staf media dan jaringan UKM Penalaran ITS (2017-2017), serta staf dana dan usaha LDJ Ibnu Muqlah Departemen Matematika ITS.

Disamping itu, sejak semester 5 penulis dipercaya menjadi asisten dosen matakuliah kalkulus I dan kalulus II. Kritik, saran, maupun pertanyaan serta informasi lebih lengkap mengenai Tugas Akhir ini dapat ditujukan ke alamat email penulis: choiriyahsapta12@gmail.com.