



TUGAS AKHIR - KM184801

**OPTIMASI PORTOFOLIO INVESTASI MENGGUNAKAN
MODEL PREDICTIVE CONTROL (MPC) BERDASARKAN
HASIL PREDIKSI HARGA SAHAM DENGAN METODE
*DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING***

HASNA KHALISHFI YASYFA
06111640000110

Dosen Pembimbing
Subchan, Ph.D.

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



TUGAS AKHIR – KM184801

**OPTIMASI PORTOFOLIO INVESTASI
MENGUNAKAN *MODEL PREDICTIVE CONTROL*
(MPC) BERDASARKAN HASIL PREDIKSI HARGA
SAHAM DENGAN METODE *DOUBLE EXPONENTIAL*
*SMOOTHING***

**HASNA KHALISHFI YASYFA
NRP. 0611164000110**

**Dosen Pembimbing:
Subchan, Ph.D.**

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



FINAL PROJECT – KM184801

**INVESTMENT PORTFOLIO OPTIMIZATION USING
MODEL PREDICTIVE CONTROL (MPC) BASED ON
STOCK PRICE PREDICTION WITH DOUBLE
EXPONENTIAL SMOOTHING METHOD**

**HASNA KHALISHFI YASYFA
NRP. 06111640000110**

**Supervisors:
Subchan, Ph.D.**

**MATHEMATICS DEPARTMENT
Faculty of Sains and Data Analytic
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020**

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI PORTOFOLIO INVESTASI MENGGUNAKAN *MODEL PREDICTIVE CONTROL (MPC)* BERDASARKAN HASIL PREDIKSI HARGA SAHAM DENGAN METODE *DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING*


INVESTMENT PORTFOLIO OPTIMIZATION USING MODEL PREDICTIVE CONTROL (MPC) BASED ON STOCK PRICE PREDICTION WITH DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING METHOD

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Matematika
Pada bidang studi Matematika Terapan
Program Studi S-1 Departemen Matematika
Fakultas Sains dan Analitika Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :
HASNA KHALISHFI YASYFA
NRP. 06111640000110

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I,



Subchan, Ph.D
NIP. 19710513 199702 1 001

Mengetahui,

Kepala Departemen Matematika
FSAD ITS



Subchan, Ph.D
NIP. 19710513 199702 1 001
Surabaya, 19 Agustus 2020

**OPTIMASI PORTOFOLIO INVESTASI MENGGUNAKAN
MODEL *PREDICTIVE CONTROL* (MPC) BERDASARKAN HASIL
PREDIKSI HARGA SAHAM DENGAN METODE *DOUBLE
EXPONENTIAL SMOOTHING***

Nama Mahasiswa : Hasna Khalishfi Yasyfa
NRP : 0611164000110
Departemen : Matematika
Pembimbing : Subchan, Ph.D.

ABSTRAK

Investasi dalam bentuk saham banyak diminati masyarakat karena dapat memberikan prospek jangka panjang. Investor mengharapkan *return* yang maksimal pada tingkat risiko tertentu atau risiko yang minimum dengan tingkat *return* tertentu. Dalam manajemen portofolio saham, terdapat permasalahan kendali optimal yang digunakan untuk mengontrol modal dari investor agar dapat memberikan tambahan modal bagi investor. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Model Predictive Control* (MPC). Optimasi portofolio saham merupakan permasalahan dinamis sehingga akan lebih baik jika mengetahui prediksi harga saham agar investor dapat mempertimbangkan pembagian modal yang ditanamkan untuk investasi di perusahaan. Pada data historis harga saham seringkali menunjukkan pola trend naik maupun turun, maka digunakanlah metode peramalan *Double Exponential Smoothing* untuk memprediksi harga saham pada data dengan pola trend. Berdasarkan hasil simulasi, MPC dapat bekerja dengan baik dalam menyelesaikan permasalahan kendali optimal sehingga investor dapat mengambil keputusan terbaik dari hasil prediksi harga saham yang diperoleh. Dari hasil prediksi harga saham diperoleh MAPE <10% yang berarti kemampuan model peramalan sudah sangat baik. Akan tetapi total modal investor belum mencapai target dikarenakan hasil prediksi harga saham menunjukkan trend menurun terus menerus.

Kata Kunci : *Double Exponential Smoothing*, *Model Predictive Control* (MPC), optimasi portofolio, prediksi harga saham.

INVESTMENT PORTOFOLIO OPTIMIZATION USING MODEL PREDICTIVE CONTROL (MPC) BASED ON STOCK PRICE PREDICTION WITH DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING METHOD

Name : Hasna Khalishfi Yasyfa
Identity Number : 0611164000110
Department : Mathematics
Supervisor : Subchan, Ph.D.

ABSTRACT

Stock investment can provide long-term prospects. Investors expect a stock investment that can provide maximum return with minimum risk. In stock portfolio management, there are optimal control that used to control investor's assets, so that it can improve investor's assets. Investment portfolio optimization that can be used is Model Predictive Control (MPC). Portfolio optimization is a dynamic problems, we better knows the stock price prediction so investors can consider the modal share that will be invested in each company. Some historical stock price data are shows trend, both upward or downward trends, so Double Exponential Smoothing method can be used to solve that trend problem. Based on the simulation result, MPC work well in solving optimal control problems so that that investors can make the best decision from forecasted stock price. Stock price prediction shown MAPE <10%, it means forecasting model's ability is fine. However, investor's total assets has not reached the target because the prediction results of the stock price show a continuous downward trend.

Keywords : *Double Exponential Smoothing, Model Predictive Control, stock price prediction, portfolio optimization.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, karena berkah, rahmat dan ridho-Nya, penulis dapat menyelesaikan Penelitian Tugas Akhir yang berjudul **“OPTIMASI PORTOFOLIO INVESTASI MENGGUNAKAN *MODEL PREDICTIVE CONTROL* (MPC) BERDASARKAN HASIL PREDIKSI HARGA SAHAM DENGAN METODE *DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING*”** yang merupakan salah satu syarat akademis untuk menyelesaikan Program Sarjana Strata Tingkat 1 Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Analitika Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik berkat doa, kerja sama, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Sehubungan dengan hal tersebut, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak, ibu dan teman-teman penulis yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi dan doa kepada penulis.
2. Bapak Subchan, Ph.D. selaku Kepala Departemen Matematika ITS sekaligus Dosen Pembimbing penulis yang telah memberikan bimbingan, ilmu, motivasi, dukungan dan doa kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
3. Ibu Dr. Dwi Ratna Sulistyaningrum, S.Si, MT dan Bapak Dr. Budi Setiyono, MT. selaku Sekretaris Program Studi Sarjana Departemen Matematika FSAD ITS yang telah memberikan arahan akademik.
4. Ibu Alvinda Mustika Rukmi, S.Si, M.Si selaku dosen wali penulis atas segala masukkan dan bimbingan kepada penulis selama perkuliahan.
5. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Departemen Matematika ITS yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan motivasi kepada penulis selama perkuliahan.

6. Seluruh staff Departemen Matematika ITS yang telah memberikan pelayanan dan membantu penulis selama perkuliahan.
7. Kepada kedua orang tua, kedua adik saya, dan seluruh keluarga besar yang selalu mendukung saya, memberi semangat saya, dan selalu mendoakan saya setiap detiknya.
8. Sahabat ‘manusia gabut’ Fara, Farida, Hasna, Islah, dan Rizkha, yang selalu menghibur, memberikan motivasi, dan ilmu selama mengerjakan Tugas Akhir
9. Sahabat pertama di Suarabaya Jinan dan Vivien yang selalu mendukung, menghibur, dan memberikan semangat selama di ITS.
10. Sahabat hehehe, Annisa, Zane, Aufa, Bunga, Erlin, Kirmad, Kirbek, Masha, Vivien, Jinan yang selalu memberikan saran, semangat, dan hiburan selama pengerjaan Tugas Akhir.
11. Sahabat ‘Selfie’ Bella, Ade, Kamila, Kiki, Shahla, Cici yang selalu menghibur, mendukung, dan memberikan semangat.
12. Teman-teman SC Bayu, Safira, Saskia, Masha, Meyla, Bejo, Fityan, Ulum, Lutvi yang pernah berjuang bersama, selalu memberikan hiburan dan semangat.
13. Teman-teman Lemniscate selalu memberikan motivasi, ilmu, hiburan, liburan, dan dukungan selama perkuliahan maupun di luar perkuliahan.
14. Sapta yang selalu membantu memberikan masukan, ilmu, dan motivasi kepada penulis untuk mengerjakan Tugas Akhir.
15. Semua pihak yang belum disebutkan yang telah membantu dan memotivasi penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih belum sempurna, masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca sehingga Tugas Akhir ini bisa lebih baik lagi. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Surabaya, 11 Juni 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	5
1.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Penelitian Terdahulu	7
2.2. Investasi	8
2.3. <i>Return</i> dalam Investasi Saham.....	9
2.4. Model Matematika dalam Portofolio Investasi Saham	9
2.5. Model Peramalan Exponential Smoothing.....	11
2.6. Pengukuran Kesalahan Peramalan	13
2.7. <i>Model Predictive Control</i> (MPC).....	14
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Tahapan Penelitian	19
3.2 Diagram Alir Penelitian	22
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Peramalan Harga Saham PT. A.....	25
4.2 Peramalan Harga Saham PT. B.....	30

4.3	Peramalan Harga Saham PT. C.....	35
4.4	Perhitungan Nilai <i>Return</i> Saham.....	40
4.5	Model Matematika Dalam Portofolio Investasi Saham .	42
4.6	Penerapan MPC	46
4.7	Simulasi Penerapan MPC.....	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		66
5.1	Kesimpulan	66
5.2	Saran	67
DAFTAR PUSTAKA.....		68
LAMPIRAN		70
BIODATA PENULIS.....		140

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1	Diagram Alir Penelitian.....	23
Gambar 4. 1	Plot Box-Cox Saham PT. A.....	26
Gambar 4. 2	Plot <i>Time Series</i> Harga Saham PT. A.....	27
Gambar 4. 3	Plot <i>Time Series</i> hasil <i>Differencing</i> Harga Saham PT. A.....	28
Gambar 4. 4	Hasil Peramalan Harga Saham PT. A.....	30
Gambar 4. 5	Plot Box-Cox Saham PT. B.....	31
Gambar 4. 6	Plot <i>Time Series</i> Harga Saham PT. B.....	32
Gambar 4. 7	Plot <i>Time Series</i> hasil <i>Differencing</i> Harga Saham PT. B.....	33
Gambar 4. 8	Hasil Peramalan Harga Saham PT. B.....	35
Gambar 4. 9	Plot Box-Cox Saham PT.C.....	36
Gambar 4. 10	Plot <i>Time Series</i> Harga Saham PT. C.....	37
Gambar 4. 11	Plot <i>Time Series</i> hasil <i>Differencing</i> Harga Saham PT. C.....	38
Gambar 4. 12	Hasil Peramalan Harga Saham PT. C.....	40
Gambar 4. 13	<i>Return</i> Saham Berdasarkan Hasil Prediksi.....	41
Gambar 4. 14	Skema Aliran Modal dalam Protfolio Investor..	43
Gambar 4. 15	Nilai $p1$ dan $q1$ untuk saham PT. A.....	58
Gambar 4. 16	Nilai $p2$ dan $q2$ untuk saham PT. B.....	59
Gambar 4. 17	Nilai $p3$ dan $q3$ untuk saham PT. C.....	59
Gambar 4. 18	Nilai Transfer Dana Pinjaman dalam Portofolio .	60
Gambar 4. 19	Perubahan Jumlah Modal Investor di Bank dan Jumlah Pinjaman Modal Investor.....	61
Gambar 4. 20	Perubahan Jumlah Modal Investor pada Aset Saham.....	61
Gambar 4. 21	Perubahan Total Seluruh Modal Investor pada Portofolio.....	62

Halaman ini sengaja dikosongkan.

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Contoh Nilai <i>Return</i> Saham.....	41
Tabel 4. 2 Nilai Parameter pada Optimasi Portofolio	57
Tabel 4. 3 Nilai Numerik Hasil Simulasi pada Pengamatan	63

Halaman ini sengaja dikosongkan.

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	70
LAMPIRAN B	95
LAMPIRAN C	113
LAMPIRAN D	128
LAMPIRAN E.....	130
LAMPIRAN F.....	132
LAMPIRAN G	134
LAMPIRAN H	135
LAMPIRAN I.....	136
LAMPIRAN J.....	137
LAMPIRAN K	138
LAMPIRAN L	139

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pasar modal dapat menjadi indikator berkembangnya perekonomian suatu negara. Pasar modal dapat menyediakan fasilitas untuk mempertemukan dua kepentingan, yaitu pihak yang memiliki kelebihan dana dan pihak yang memerlukan dana. Pihak yang memiliki kelebihan dana dapat menginvestasikan dana tersebut dengan harapan memperoleh keuntungan, sedangkan pihak yang memerlukan dana digunakan untuk kepentingan investasi tanpa menunggu tersedianya dana operasional perusahaan.[1]

Investasi dalam bentuk saham banyak diminati masyarakat karena dapat memberikan prospek jangka panjang. Investasi adalah komitmen atas sejumlah dana atau sumber daya lainnya yang ditanamkan saat ini dengan tujuan memperoleh sejumlah keuntungan di masa datang. Sedangkan saham merupakan surat berharga yang berisi bukti penyertaan modal pada suatu perusahaan. Dalam investasi saham, terdapat dua hal yang menjadi pertimbangan bagi para investor, yaitu tingkat pengembalian atau *return* dan tingkat risiko. Investasi saham diharapkan dapat memberikan *return* yang maksimal pada tingkat risiko tertentu atau risiko yang minimum dengan tingkat *return* tertentu. Semakin besar *return*, semakin besar pula risiko yang harus dipertimbangkan. Untuk mengurangi tingkat risiko berinvestasi, biasanya investor melakukan diversifikasi atau penyebaran investasi pada beberapa perusahaan dengan membentuk portofolio saham.[2]

Portofolio merupakan kombinasi atau sekumpulan asset, berupa aset finansial maupun asset riil yang dimiliki investor atau dapat diartikan pula sebagai serangkaian investasi sekuritas yang

diinvestasikan dan dipegang oleh investor, baik individu maupun entitas. Portofolio yang efisien didefinisikan sebagai portofolio yang memberikan *return* ekspektasi terbesar dengan risiko terkecil dan tingkat *return* yang sudah pasti. Maka untuk melihat bagaimana prospek investasi saham disebuah perusahaan, diperlukan suatu prediksi harga saham. Setelah portofolio yang efisien terbentuk, maka investor dapat memilih portofolio optimal yang sesuai dengan kebijakan investasinya[3]. Permasalahan portofolio saham pada dasarnya merupakan permasalahan dinamis yang melibatkan dinamika stokastik dari harga aset yang terus berkembang. Selain itu dalam investasi biasanya terdapat kendala berupa terbatasnya dana yang dimiliki investor, terbatasnya jumlah pinjaman yang diperkenankan, dan sebagainya. Sehingga diperlukan optimasi portofolio saham untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi kendala pada sebuah sistem adalah *Model Predictive Control* (MPC). Tipe pengendali ini termasuk dalam kategori pengendali berbasis model proses, yaitu model proses digunakan secara eksplisit untuk mendesain pengendali, dengan meminimumkan suatu fungsi kriteria. MPC juga dapat menggabungkan semua tujuan menjadi fungsi objektif tunggal serta optimasi yang diberikan sangat efektif untuk menangani sistem yang memiliki kendala *input* dan *state*. Keunggulan dari metode MPC adalah kemampuannya dalam mengatasi kendala pada variabel kontrol dan variabel *state*[4].

Optimasi portofolio saham merupakan permasalahan yang dinamis. Sehingga untuk melihat bagaimana prospek investasi saham disebuah perusahaan, selain melakukan analisis secara fundamental, investor perlu mengetahui informasi mengenai peramalan harga saham. Informasi tersebut bermanfaat bagi investor untuk mempertimbangkan keputusan untuk menjual atau membeli saham suatu perusahaan. Berdasarkan penelitian dari

Irma Fitria dkk. yang berjudul “Perbandingan Metode ARIMA dan *Double Exponential Smoothing* pada Peramalan Harga Saham LQ45 Tiga Perusahaan dengan Nilai *Earning Per Share* (EPS) Tertinggi”, metode *Double Exponential Smoothing* dapat menghasilkan hasil peramalan harga saham yang lebih baik daripada ARIMA dengan nilai error yang lebih kecil[5]. Sehingga pada penelitian ini saya menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* dengan harapan dapat memberikan prediksi harga saham yang akurat, sehingga dapat membantu investor dalam melakukan kontrol optimal pada portofolio saham yang dimiliki. Metode ini dapat menganalisa data yang mengandung pola trend secara univariat, dan mengasumsikan nilai dan kesalahan dimasa lalu sebagai dasar peramalan di masa yang akan datang. Metode *Double Exponential Smoothing* dapat memodelkan trend dan level dari suatu deret waktu secara fleksibel yang dapat dimuluskan dengan bobot yang berbeda[6].

Berdasarkan latar belakang tersebut, dalam penelitian ini terdapat dua hal pokok yang akan dilakukan, penulis akan melakukan peramalan harga saham dan menyelesaikan permasalahan kendali optimal dalam optimasi portofolio pada manajemen investasi saham. Untuk peramalan harga saham penulis menggunakan metode *Double Exponential Smoothing*, selanjutnya untuk menyelesaikan permasalahan kendali optimal dalam optimasi portofolio digunakan metode *Model Predictive Control* (MPC) berdasarkan pada prediksi harga saham yang telah diperoleh.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disajikan di atas, penulis menuliskan beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam Penelitian Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan metode *Double Exponential Smoothing* dalam memprediksi harga saham?
2. Bagaimana penerapan *Model Predictive Control* (MPC) pada permasalahan optimasi portofolio dalam manajemen investasi saham?

1.3 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini, penulis membatasi permasalahan sebagai berikut:

1. Saham yang dipilih sebagai objek penelitian adalah saham PT. A tanggal 2 Mei 2014 s/d 31 Januari 2020, PT. B 4 Januari 2016 s/d 31 Januari 2020, dan PT. C dari tanggal 31 Maret 2016 s/d 31 Januari 2020.
2. Metode peramalan yang digunakan adalah *Double Exponential Smoothing* dan metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi portofolio adalah Model Predictive Control (MPC).
3. Inisialisasi awal untuk modal yang diinvestasikan pada saham, jumlah tabungan, dan pinjaman investor diberikan.
4. Hasil prediksi saham didekatkan secara deterministik.
5. Portofolio yang dibentuk berasal dari aset finansial berupa saham, jumlah tabungan investor di bank, dan jumlah pinjaman dana investor.
6. Pada saat investasi portofolio berlangsung, diasumsikan bahwa perekonomian negara dalam keadaan normal dan tidak dalam kondisi krisis moneter, sehingga tidak terjadi perubahan harga saham secara drastis

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Menganalisa hasil penerapan metode *Double Exponential Smoothing* dalam memprediksi harga saham PT. A, PT. B, dan PT. C
2. Menerapkan *Model Predictive Control* (MPC) untuk menyelesaikan permasalahan kendali optimal pada optimasi portofolio dalam manajemen investasi saham.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Diperoleh pengetahuan yang berguna bagi kalangan akademik maupun masyarakat yang ingin berinvestasi mengenai cara memprediksi harga saham dengan metode *Double Exponential Smoothing*.
2. Diperoleh pengetahuan mengenai penerapan MPC dalam menyelesaikan permasalahan kendali optimal pada optimasi portofolio, sehingga didapatkan portofolio yang optimal dalam investasi saham.
3. Penelitian ini merupakan suatu pengembangan ilmu matematika terapan di bidang keuangan, sehingga dapat dijadikan rujukan khususnya dalam manajemen investasi saham.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai manajemen investasi portofolio saham telah banyak dilakukan oleh ilmuwan. Markowitz melakukan penelitian mengenai portofolio dan memperkenalkan teori pemilihan portofolio yang optimal sehingga mampu menghasilkan *expected return* yang maksimal dan meminimumkan varian dan dikembangkan menjadi teori portofolio yang dikenal sebagai *mean variance efficiency (MV)* portofolio[7]. Sudipto dan Paul melakukan penelitian untuk *Delegated Portfolio Management* yang menghasilkan formulasi *mean-variance*[8]. Syaifudin melakukan penelitian mengenai penerapan *Model Predictive Control (MPC)* pada Optimasi Portofolio Saham, dari penelitian tersebut MPC dapat diterapkan dengan baik pada permasalahan optimasi portofolio saham. MPC dapat memberikan nilai kontrol yang optimal dengan adanya kendala pada *state* dan kontrol pada sistem[4]. Dan pada 2016, Irma F. melakukan penelitian mengenai optimasi portofolio pada manajemen saham berdasarkan pada prediksi harga saham. Metode peramalan yang digunakan adalah Arima-Kalman Filter kemudian dioptimasi dengan metode MPC[2].

Untuk penelitian mengenai peramalan *Double Exponential Smoothing* juga telah banyak dilakukan. Kalekar P. S. melakukan penelitian untuk menganalisis model dari *Time Series Forecasting* dengan Holt-Winters Exponential Smoothing[9]. Pada 2015, Jonnius melakukan penelitian mengenai peramalan indeks harga saham dengan pendekatan Exponential Smoothing. Di tahun yang sama, Ariyanto R. dkk juga menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* untuk meramalkan produksi tanaman pangan. Dan Fitria I. dkk melakukan penelitian mengenai

perbandingan metode Arima dan *Double Exponential Smoothing* pada peramalan harga saham LQ45 pada tiga perusahaan dengan nilai Earning per Share tertinggi dan menghasilkan bahwa metode *Double Exponential Smoothing* dapat menghasilkan hasil peramalan yang lebih baik[5].

2.2. Investasi

Investasi adalah komitmen atas sejumlah dana atau sumber daya lainnya yang ditanamkan saat ini dengan tujuan memperoleh sejumlah keuntungan di masa datang. Seorang investor membeli sejumlah saham saat ini dengan harapan memperoleh keuntungan dari kenaikan harga saham ataupun sejumlah dividen di masa yang akan datang sebagai imbalan atas waktu dan risiko yang terkait dengan investasi tersebut. Investasi dapat berkaitan dengan pengelolaan aset real (tanah, emas, bangunan) maupun pengelolaan aset finansial (deposito, saham, obligasi). Aset finansial adalah klaim berbentuk surat berharga atas sejumlah aset-aset pihak penerbit surat berharga tersebut. Sumber dana investasi dapat berasal dari aset yang dimiliki saat ini, pinjam dari pihak lain, maupun dari tabungan. Investor menginvestasikan dana yang dimiliki dengan harapan adanya peningkatan kemampuan konsumsi investor di masa datang. Hal mendasar dalam proses keputusan investasi adalah hubungan antara *return* dan risiko. Semakin besar *return* harapan, semakin besar pula risiko yang harus dipertimbangkan[10].

Return dapat dikatakan suatu tingkat keuntungan investasi. Dalam manajemen investasi, terdapat *return* harapan dan *return* aktual. *Return* harapan merupakan tingkat *return* yang diantisipasi investor sedangkan *return* aktual merupakan *return* yang telah diperoleh investor di masa lalu. Antara tingkat *return* aktual dan harapan yang diperoleh investor mungkin saja terdapat perbedaan,

perbedaan tersebutlah yang dikatakan risiko yang harus dipertimbangkan dalam proses investasi.[7]

2.3. *Return* dalam Investasi Saham

Return dapat dikatakan suatu tingkat keuntungan investasi. Dalam berinvestasi investor mengharapkan imbalan yang akan diperoleh setelah menanamkan modal di pasar saham. Imbalan tersebut dikenal dengan istilah *return*. Dalam konteks portofolio saham, *return* yang didapatkan oleh investor merupakan imbalan dari setiap investasi saham yang telah dipilih. Rumus untuk mendapatkan *return* adalah [4]

$$R_i = \frac{S_i - S_{i-1}}{S_{i-1}}$$

dengan

R_i : *return* saham pada waktu i

S_i : harga saham pada waktu i

S_{i-1} : harga saham pada waktu $i - 1$

2.4. Model Matematika dalam Portofolio Investasi Saham

Dalam investasi, semakin besar *return* yang diharapkan, semakin besar pula risikonya. Sehingga ketika seorang memutuskan untuk berinvestasi dan membentuk portofolio, perlu diperhatikan mekanisme atau strategi dalam manajemen modal portofolio tersebut. Mula-mula seorang investor memiliki sejumlah modal yang dapat digunakan untuk investasi pada n aset. Investor juga memiliki modal yang bersumber dari bank yang dinyatakan sebagai aset ke- $n + 1$. Kemudian investor meminjamkan dana untuk investasi kepada pihak lain, maka aset ini disebut pinjaman modal dan dinyatakan sebagai aset ke- $n + 2$. Model dari manajemen portofolio untuk n aset dapat dinyatakan [4]

$$x_i(K + 1) = [1 + R_i(k)][x_i(k) + p_i(k) - q_i(k)],$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

dengan

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

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

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

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

Biaya transaksi yang dibayarkan didefinisikan sebagai α dan β , dimana masing-masing menunjukkan biaya transaksi dalam pembelian dan biaya transaksi dalam penjualan saham. Persamaan di bawah ini menunjukkan perubahan dari aset bebas risiko

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

dengan

$r_1(k)$: tingkat suku bunga bank

$\vartheta(k)$: transfer antara rekening aset bebas risiko dan rekening pinjaman modal

Jika $\vartheta(k) > 0$, maka menunjukkan bahwa investor meminjam modal, dan jika $\vartheta(k) < 0$, maka investor membayar kredit pinjaman modal tersebut. Perubahan dari pinjaman modal investor ditulis sebagai berikut

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

dengan

$r_2(k)$: bunga dari pinjaman modal

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

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

2.5. Model Peramalan Exponential Smoothing

Menurut T. Hani Handoko, Exponential Smoothing adalah suatu tipe peramalan rata-rata bergerak yang melakukan penimbangan terhadap data masa lalu dengan cara eksponensial sehingga data paling akhir mempunyai bobot lebih besar dalam rata-rata bergerak. Menurut Render dan Heizer, penghalusan eksponensial adalah teknik peramalan rata-rata bergerak dengan pembobotan dimana data diberi bobot oleh sebuah fungsi eksponensial. Dan menurut Gardner, metode pemulusan eksponensial adalah pendekatan yang relatif sederhana namun kuat untuk peramalan. Exponential Smoothing merupakan sebuah prosedur dari peramalan yang ditinjau kembali secara kontinu. Exponential Smoothing menunjukkan penurunan beban secara eksponensial seiring dengan semakin lamanya sebuah observasi. Dengan kata lain, observasi saat ini diberi nilai beban lebih besar daripada observasi sebelumnya.

Metode Exponential Smoothing meliputi beberapa metode. Single Exponential Smoothing dikenal sebagai metode pemulusan eksponensial sederhana. Metode ini digunakan untuk peramalan jangka pendek dan mengasumsikan bahwa data berfluktuasi dengan rata-rata cukup stabil (tidak ada pola pertumbuhan trend atau konsisten). Kemudian *Double Exponential Smoothing* digunakan ketika data menunjukkan trend. Pemulusan eksponensial

ini lebih banyak dibandingkan pemulusan sederhana tetapi ada komponen yang perlu diperbaharui setiap periode level dan trendnya. Level merupakan pemulusan estimasi dari nilai data pada akhir setiap periode. Trend merupakan estimasi dari rata-rata pertumbuhan pada setiap akhir periode. Dan Triple Exponential Smoothing digunakan jika data menunjukkan trend dan musiman. Untuk mengatasi musiman maka perlu diberikan tiga parameter.[9]

2.5.1 Metode Peramalan *Double Exponential Smoothing*

Metode ini digunakan ketika data menunjukkan trend. Pemulusan eksponensial ini lebih banyak dibandingkan pemulusan sederhana tetapi ada komponen yang perlu diperbaharui setiap periode level dan trendnya. Level merupakan pemulusan estimasi dari nilai data pada akhir setiap periode. Trend merupakan estimasi dari rata-rata pertumbuhan pada setiap akhir periode. Rumus dalam peramalan dengan metode *Double Exponential Smoothing* meliputi[9],

$$L_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (2.1)$$

$$T_t = \gamma(L_t - L_{t-1}) + (1 - \gamma)(T_{t-1}) \quad (2.2)$$

$$F_{t+m} = L + T_t m \quad (2.3)$$

dengan

L_t : Nilai pemulusan level pada periode ke- t

L_{t-1} : Nilai pemulusan level pada periode ke- $(t - 1)$

X_t : Data aktual time series periode ke- t

T_t : Nilai pemulusan trend periode ke- t

T_{t-1} : Nilai pemulusan trend periode ke- $(t - 1)$

F_{t+m} : Hasil peramalan m periode ke depan

α, γ : Parameter pemulusan dengan nilai antara 0 s/d 1

m : Periode masa mendatang

2.6. Pengukuran Kesalahan Peramalan

Pada aplikasinya tidak ada prediksi yang memiliki tingkat akurasi 0%, karena setiap prediksi pasti mengandung kesalahan. Oleh karena itu, untuk mengetahui metode prediksi dengan tingkat akurasi tinggi, dibutuhkan perhitungan tingkat kesalahan. Semakin kecil tingkat kesalahan maka semakin baik prediksi. Dengan tingkat kesalahan kurang dari 5% artinya peramalan tersebut telah memiliki tingkat akurasi 95% dan hasilnya dapat dikatakan sudah mendekati akurat.[11]

Sebuah notasi matematika dikembangkan untuk menunjukkan periode waktu yang lebih spesifik karena metode peramalan kuantitatif sering kali memperlihatkan data time series. Huruf Y akan digunakan untuk menotasikan sebuah variabel time series meskipun ada lebih dari satu variabel yang ditunjukkan. Periode waktu bergabung dengan observasi yang ditunjukkan sebagai tanda. Sehingga Y_t menunjukkan nilai dari runtun waktu pada periode waktu t . Notasi matematika dikembangkan untuk membedakan waktu nilai nyata dari runtun waktu dan nilai ramalan. \hat{A} akan diletakkan di atas sebuah nilai untuk menunjukkan bahwa hal tersebut sedang diramal. Nilai ramalan untuk Y_t adalah \hat{Y}_t . Ketepatannya dapat dinilai dengan membandingkan deret asli (Y_1, Y_2, \dots) dengan deret nilai ramalan ($\hat{Y}_1, \hat{Y}_2, \dots$). Untuk menghitung error atau sisa untuk tiap periode peramalan menggunakan,

$$e_t = Y_t - \hat{Y}_t \quad (2.4)$$

dengan

e_t : error peramalan pada periode waktu t

Y_t : nilai aktual pada periode waktu t

\hat{Y}_t : nilai ramalan untuk periode waktu t

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dihitung dengan menggunakan kesalahan absolut pada tiap periode dengan nilai observasi yang nyata untuk periode tersebut. Kemudian merata-rata kesalahan persentase absolut. Pendekatan ini berguna ketika ukuran atau besar variabel ramalan penting dalam mengevaluasi ketepatan ramalan. MAPE mengindikasikan seberapa besar kesalahan dalam meramal yang dibandingkan dengan nilai nyata.

$$\begin{aligned}
 MAPE &= \sum_{t=1}^n \frac{|Pe_t|}{n} \times 100\% \\
 &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - \hat{Y}_t|}{Y_t} \times 100\% \quad (2.5)
 \end{aligned}$$

Nilai MAPE yang semakin kecil menunjukkan semakin akurat teknik peramalan, dan semakin besar nilai MAPE maka semakin tidak akurat teknik peramalannya. Kemampuan peramalan sangat baik jika memiliki nilai MAPE kurang dari 10, dan mempunyai kemampuan peramalan yang baik jika nilai MAPE kurang dari 20.

2.7. Model Predictive Control (MPC)

Model Predictive Control atau MPC adalah suatu metode proses kontrol yang banyak diterapkan di proses industri. MPC merupakan salah satu algoritma multivariable control. Untuk langkah kerja MPC, awalnya sistem memiliki model dari plant. Data *input* dan *output* sebelumnya masuk melalui port *input* MPC. Dari *input* dan *output* dilakukan estimasi berdasarkan model plant yang telah didefinisikan sebelumnya. Estimasi menghasilkan *output* yang disebut *predicted output*, kemudian nilainya dibandingkan dengan *reference trajectory* atau target nilai *output*. Dari hasil perbandingan dihasilkan angka galat yang disebut *future error*. *Future error* kemudian masuk ke dalam blok optimizer. Optimizer berfungsi untuk berkerja di dalam rentang *constraint* yang telah diberikan dengan tujuan untuk meminimalkan *cost function*, yaitu suatu fungsi kriteria yang dibentuk dari fungsi

kuadratik error antara nilai predicted *output* dan reference trajectory.

Kemudian MPC mengambil keputusan untuk meminimalkan future error dengan keputusan yang masih dalam constraint yang telah ditetapkan. Hasil dari blok ini adalah 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. Dalam MPC linier, persamaan yang digunakan adalah persamaan dalam bentuk matriks ruang keadaan diskrit linier. Persamaan ruang keadaan diskrit linier yang digunakan adalah sebagai berikut[4]

$$\mathbf{x}(k + 1|k) = \mathbf{A}\mathbf{x}(k|k) + \mathbf{B}\mathbf{u}(k|k) \quad (2.6)$$

$$\mathbf{y}(k|k) = \mathbf{C}\mathbf{x}(k|k) \quad (2.7)$$

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 m

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

\mathbf{B} = matriks keadaan berdimensi $n \times m$

\mathbf{C} = matriks keadaan berdimensi $n \times n$

$\mathbf{x}(k + 1|k)$ menyatakan nilai x saat $k + 1$ yang diprediksi ketika dalam tahap k .

‘ Dalam penyederhanaan tulisan, $\mathbf{x}(k|k)$ dapat ditulis $\mathbf{x}(k)$. Pada penentuan prediksi keluaran MPC, sinyal masuka yang digunakan adalah $\mathbf{u}(k)$. Maka persamaan (2.6) harus diubah supaya terdapat unsur $\mathbf{u}(k)$ di dalamnya. Pertama lakukan iterasi untuk mencari prediksi dari persamaan ruang keadaan (2.6).

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

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

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

dengan kendala

$$\begin{aligned}
\mathbf{F}_1\mathbf{x}(j+1) &\leq \mathbf{f}_1 \\
\mathbf{F}_2\mathbf{u}(j) &\leq \mathbf{f}_2 \\
\mathbf{u}(j)_{min} &\leq \mathbf{u}(j) \leq \mathbf{u}(j)_{max}
\end{aligned}$$

untuk $j = k, k+1, \dots, k+N_p-1$. \mathbf{F}_1 adalah matriks berdimensi $l \times n$, \mathbf{F}_2 matriks berdimensi $p \times m$, \mathbf{f}_1 adalah vektor berdimensi $l \times 1$, dan \mathbf{f}_2 adalah vektor berdimensi $p \times 1$. Penyelesaian masalah optimasi akan menghasilkan penyelesaian optimal

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

Dengan menggunakan prinsip *receding horizon* pada MPC, yakni nilai kontrol optimal yang diberikan pada sistem adalah vektor awal dari penyelesaian optimalnya, maka nilai kontrol yang diberikan pada sistem persamaan (6) adalah

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

dengan

$\mathbf{u}(k)$: nilai vektor kontrol pada saat ke k

$\mathbf{u}^*(k)$: adalah nilai kontrol optimal saat ke k

Dalam penelitian ini, tujuan dari permasalahan kendali optimal pada optimasi portofolio adalah mendapatkan nilai kontrol untuk meminimumkan selisih antara target total modal yang diinginkan investor dan total modal optimal yang mampu dicapai, dengan upaya pengendalian yang minimum pula. Fungsi objektif yang akan diminimumkan pada permasalahan ini diberikan sebagai berikut:

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

dengan $\mathbf{e}^T(k+j) = \mathbf{y}(k+j) - \mathbf{r}(k+j)$, $\mathbf{r}(k+j)$ adalah *reference trajectory* pada langkah ke- $k+j$ yang berupa target total modal yang diinginkan investor. \mathbf{Q} adalah matriks bobot *error* pada ruang keadaan berdimensi $n \times n$, sedangkan \mathbf{R} adalah matriks bobot pada kontrol berdimensi $m \times m$.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB III

METODE PENELITIAN

Dalam bab ini diuraikan langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam proses pengerjaan penelitian Tugas Akhir. Terdapat sepuluh tahap yang dilakukan dalam pengerjaan penelitian ini, antara lain studi literatur, pengumpulan data, analisa data, pembentukan dan analisa model peramalan, perhitungan *return* saham, implementasi MPC dalam optimasi portofolio saham, simulasi penerapan MPC, analisa hasil dan pembahasan, serta penyusunan hasil penelitian Tugas Akhir.

3.1 Tahapan Penelitian

1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur terhadap hal-hal yang berkaitan dengan penelitian, diantaranya mengenai saham, investasi, metode peramalan *Double Exponential Smoothing*, model matematika dari manajemen portofolio dalam investasi saham, dan optimasi *Model Predictive Control* (MPC). Referensi yang digunakan adalah buku-buku, skripsi, thesis, dan paper-paper dalam jurnal ilmiah yang berkaitan dengan topik pada penelitian ini.

2. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data sebagai studi kasus yang digunakan pada penelitian. Data yang digunakan haruslah data yang mengandung unsur data tren. Pada penelitian ini data yang digunakan adalah harga penutupan saham dari PT. A tanggal 2 Mei 2014 s/d 31 Januari 2020, PT. B tanggal 4 Januari 2016 s/d 31 Januari 2020, dan PT. C dari tanggal 31 Maret 2016 s/d 31 Januari 2020 yang bersumber dari Yahoo Finance.

3. Analisis Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data yang stasioner dan menunjukkan trend naik atau turun.

Stasioneritas berarti bahwa tidak terdapat perubahan yang drastis pada data. Fluktuasi data berada disekitar nilai rata-rata yang konstan, tidak tergantung pada waktu dan variansi dari fluktuasi tersebut. Data *time series* dikatakan stasioner jika rata-rata dan variansinya konstan, tidak ada unsur trend dalam data, dan tidak ada unsur musiman. Data harga penutupan saham harian akan dianalisa dengan uji stasioneritas yang meliputi *mean* dan varian. Cek stasioneritas terhadap varian dapat melalui plot *Box-Cox*, dan cek stasioneritas terhadap *mean* dapat melalui plot *time series*. Jika data tidak stasioner dalam varian, maka dilakukan transformasi *Box-Cox*, dan jika data tidak stasioner dalam *mean*, maka dilakukan *differencing* untuk beberapa periode sampai data stasioner.

4. Pembentukan dan Analisa Model Peramalan

Pada tahap ini akan dicari konstanta pemulusan α (level) dan γ (trend) yang memiliki nilai error terkecil. Kemudian dari konstanta pemulusan tersebut dapat dibentuk model peramalan dari persamaan (1), (2) dan (3). Selanjutnya akan dihitung nilai error untuk model yang didapatkan dengan menggunakan MAPE dan didapatkanlah hasil peramalan dengan model *Double Exponential Smoothing*.

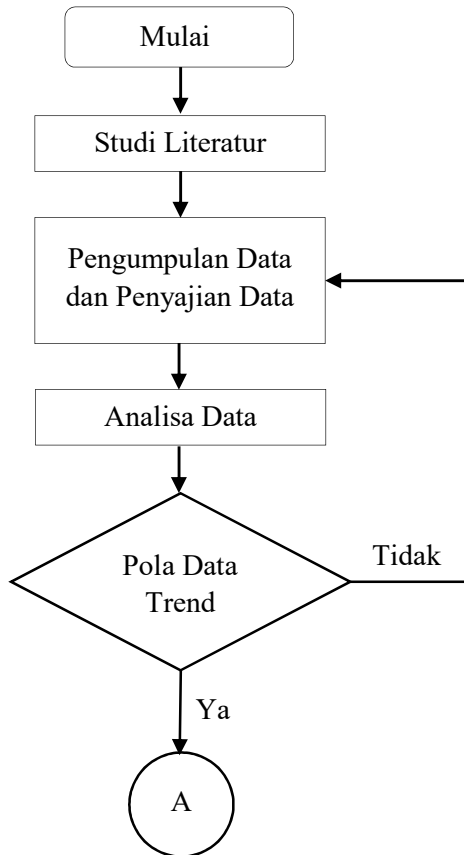
5. Perhitungan *Return* Saham

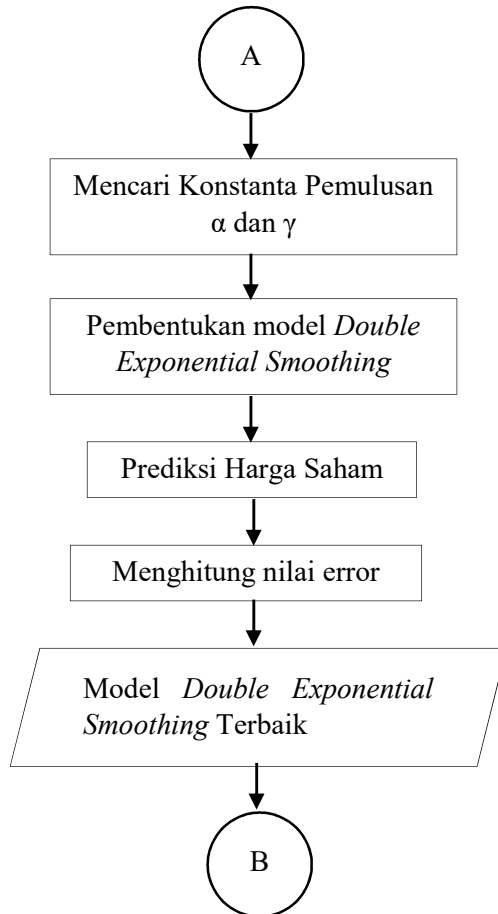
Setelah mendapatkan prediksi harga saham, selanjutnya dilakukan perhitungan *return* saham dari masing-masing perusahaan dalam objek penelitian. Nilai *return* tersebut digunakan untuk keperluan dalam permasalahan optimasi portofolio saham.

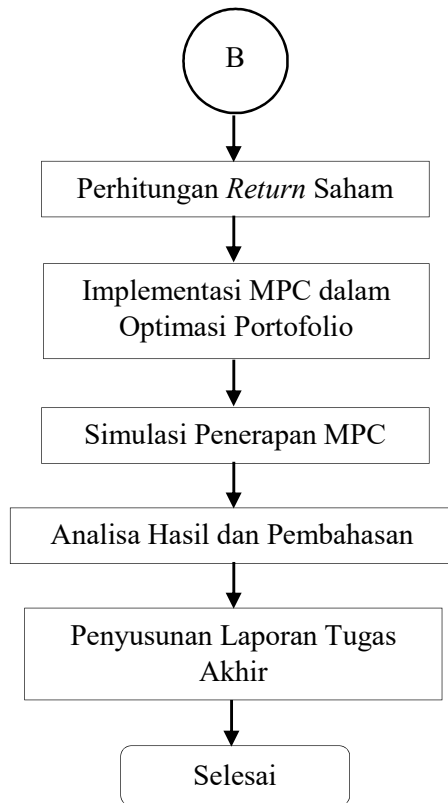
6. Implementasi MPC dalam Optimasi Portofolio Saham
Pada tahap ini ditentukan *variable state*, variabel kontrol, dan kendala-kendala yang akan diselesaikan berdasarkan manajemen portofolio. Selanjutnya diimplementasikan metode MPC untuk menyelesaikan masalah kendali optimal pada optimasi portofolio terbaik yang mampu meminimumkan suatu fungsi objektif, yaitu total seluruh modal investor di dalam portofolio semakin bertambah mendekati target yang diharapkan investor
7. Simulasi Penerapan MPC
Pada tahap ini dilakukan simulasi menggunakan *software* MATLAB terhadap penerapan MPC dalam permasalahan kendali optimal pada optimasi portofolio dalam manajemen investasi saham. Sehingga dapat dilihat kinerja MPC untuk mendapatkan pengendali yang mampu meminimumkan fungsi objektif dan mengatasi semua kendala yang ada pada sistem.
8. Analisa Hasil dan Pembahasan
Pada tahap ini dilakukan analisa dan pembahasan terhadap hasil simulasi yang didapatkan. Kemudian akan disusun kesimpulan dari hasil yang diperoleh pada penelitian.
9. Penyusunan Hasil Penelitian
Pada tahap ini dilakukan pembuatan laporan hasil penelitian yang dimulai dari halaman judul, abstrak, daftar isi, bab 1 sampai bab 5, dan daftar pustaka.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Secara umum tahapan-tahapan yang dilakukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini sesuai dengan diagram alur yang ditunjukkan pada Gambar 3.1







Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini portofolio yang dibentuk dalam manajemen investasi saham terdiri dari tiga aset saham, satu aset tabungan investor, dan satu aset pinjaman dana investor. Saham yang dijadikan sebagai objek penelitian antara lain, saham PT. A, PT. B, dan PT. C

Pada penelitian ini hal pertama yang dilakukan adalah memprediksi harga saham dari masing-masing perusahaan. Prediksi harga saham dilakukan dengan membentuk suatu model peramalan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing*. Model tersebut kemudian digunakan untuk mendapatkan prediksi harga saham di periode mendatang.

Setelah mendapatkan prediksi harga saham, dilakukan perhitungan tingkat *return* dari masing-masing saham. Tingkat *return* tersebut akan dipergunakan pada saat melakukan optimasi portofolio saham. Metode yang digunakan pada penelitian ini untuk optimasi portofolio adalah metode *Model Predictive Control* (MPC). Penyelesaian dari permasalahan optimasi portofolio ini adalah mendapatkan total modal portofolio yang mendekati target dengan cara melakukan penyebaran modal pada setiap aset dalam portofolio secara optimal sehingga investor dapat merencanakan strategi terbaik dalam memajemen setiap modal pada portofolionya untuk mendapatkan peningkatan atau penambahan modal/kekayaan secara optimal.

4.1 Peramalan Harga Saham PT. A

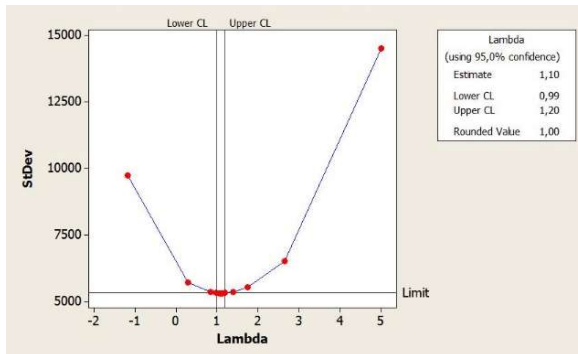
Dalam pentukkan model peramalan harga saham dengan metode *Double Exponential Smoothing*, pertama dilakukan analisis data, pencarian konstanta pemulusan α (level) dan γ

(trend), identifikasi dan pembentukkan model peramalan, dan perhitungan error.

4.1.1 Deskripsi dan Analisa Data

Data observasi yang digunakan untuk membentuk model peramalan harga saham PT. A adalah data closing price harian pada tanggal 2 Mei 2014 sampai 31 Januari 2020. Data harga saham PT. A terlampir pada Lampiran A.

Sebelum melakukan proses peramalan, data perlu dilakukan analisis terlebih dahulu. Selanjutnya akan dilakukan uji stasioneritas baik dalam varian maupun dalam mean. Suatu data dikatakan stasioner apabila data tersebut berada dalam keseimbangan disekitar nilai yang konstan selama waktu tertentu. Uji stasioner terhadap varian dapat dilakukan dengan Plot Box-Cox. Data dikatakan stasioner terhadap varian apabila memiliki *rounded value* $\lambda=1$. Berikut Gambar 4.1 dari Plot Box-Cox data harga saham PT. A

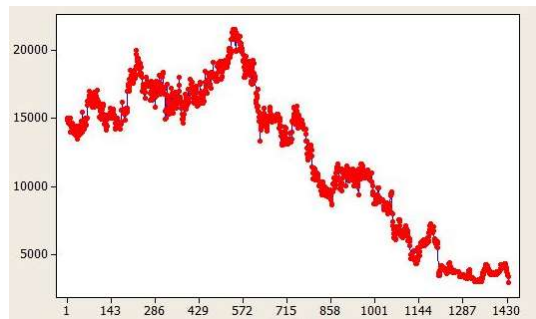


Gambar 4. 1 Plot Box-Cox Saham PT. A

Pada Gambar 4.1 terlihat bahwa Plot Box-Cox dari data harga saham PT. A memberikan nilai optimal untuk λ sebesar 1,10 dengan nilai kepercayaan 95%, berada dalam interval selang

kepercayaan antara 0,99 dan 1,20, dan memiliki rounded value $\lambda=1$. Maka dari itu dapat dikatakan data harga saham PT. A sudah stasioner dalam varian.

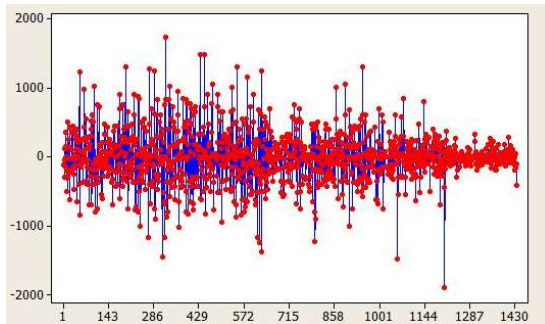
Kemudian akan dilakukan uji stasioneritas terhadap *mean* dengan melihat plot *time series* dari data harga saham yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 berikut,



Gambar 4. 2 Plot *Time Series* Harga Saham PT. A

Dari gambar tersebut terlihat adanya unsur trend yang cenderung naik selama 570 hari dari data harga saham PT. A. Kemudian pada hari ke 571 trend mengalami penurunan. Adanya unsur trend yang naik dan turun ini menunjukkan bahwa data harga saham PT. A belum stasioner terhadap *mean*. Diperkuat dengan hasil uji *unit root Augmented Dickey-Fuller* menggunakan *software* Eviews. Berdasarkan hasil uji tersebut dapat dilihat nilai probabilitas ADF sebesar 0,8775 dimana lebih besar daripada tingkat signifikansi $\alpha=0,05$. Dibuktikan juga dengan uji statistik t, dengan nilai $|t_{stat.Matahari}| = -0,556113 < |ADF_{5\%}| = -2,863351$. Sehingga hipotesis H_0 yang menyatakan bahwa data tidak stasioner gagal ditolak. Dengan demikian data harga saham PT. A belum stasioner.

Agar data harga saham PT. A dapat stasioner, perlu dilakukan *differencing* terhadap data tersebut. Selanjutnya data hasil *differencing* diuji kembali kestasionerannya. Dari Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa grafik sudah terlihat berada dalam kondisi stasioner setelah dilakukan *differencing* satu kali. Grafik berada pada kondisi keseimbangan disekitar nilai konstan. Selain itu tidak terlihat adanya trend naik maupun turun pada grafik tersebut. Diperkuat oleh hasil uji *Augmented Dickey-Fuller* pada lampiran G. Setelah dilakukan *differencing* diperoleh probabilitas ADF sebesar 0.00 dimana lebih kecil daripada tingkat signifikansi $\alpha=0,05$. Dibuktikan juga dengan uji statistik t, dengan nilai $|t_{stat.Matahari}| = 41,46768 > |ADF_{5\%}| = 2,863351$. Dengan demikian data harga saham PT. Matahari Department Store telah berada dalam kondisi stasioner dengan satu kali *differencing*.



Gambar 4. 3 Plot *Time Series* hasil *Differencing* Harga Saham PT. A

Setelah data berada dalam kondisi stasioner, selanjutnya dilakukan identifikasi dan pembentukan model peramalan pada sub bab berikutnya.

4.1.2 Pembentukan Model Peramalan *Double Exponential Smoothing*.

Setelah memperoleh data yang stasioner, selanjutnya akan dibentuk model peramalan untuk metode peramalan *Double Exponential Smoothing*. Pada metode *smoothing* ini diperlukan dua konstanta pemulusan yaitu konstanta α (level) dan γ (trend). Konstanta tersebut merupakan bilangan acak antara 1 dan 0 yang ditentukan dengan cara *trial* dan *error* sampai didapatkan konstanta yang memiliki *error* terkecil terhadap data harga saham. Dari data harga saham PT. A dengan menggunakan *software* Rstudio diperoleh nilai konstanta α (level) dan γ (trend). Sehingga diperoleh konstanta $\alpha = 0,9024542$ dan $\gamma = 0,009081008$.

Selanjutnya menentukan nilai pemulusan dengan memasukkan konstanta pemulusan tersebut ke persamaan (2.1) dan (2.2)

$$\begin{aligned}L_t &= \alpha X_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \\L_t &= 0,9024542 X_t + (1 - 0,9024542)(L_{t-1} + T_{t-1}) \\L_t &= 0,9024542 X_t + (0,0975458)(L_{t-1} + T_{t-1})\end{aligned}\quad (4.1)$$

$$\begin{aligned}T_t &= \gamma(L_t - L_{t-1}) + (1 - \gamma)(T_{t-1}) \\T_t &= 0,009081008(L_t - L_{t-1}) + (0,990918992)(T_{t-1})\end{aligned}\quad (4.2)$$

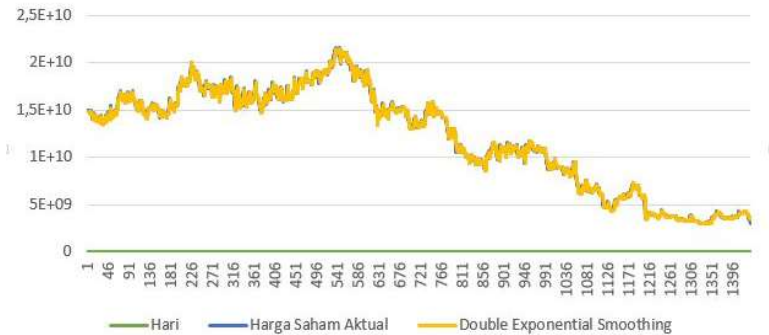
Setelah diketahui nilai pemulusan *Double Exponential Smoothing*, kemudian akan dilakukan peramalan untuk periode selanjutnya dengan menggunakan persamaan (2.3)

$$F_{t+m} = L_t + T_t m$$

dengan t merupakan banyaknya data aktual dan $m = 1, 2, \dots, n$ dimana m merupakan jumlah periode mendatang yang diramalkan.

Kemudian dari model tersebut diperoleh angka perhitungan nilai saham yang diberikan pada lampiran D dengan grafik hasil peramalan dapat dilihat pada Gambar 4.4. Kemudian dilakukan

perhitungan nilai error MAPE dan diperoleh rata-rata *error* untuk PT. A adalah 2,1% sehingga model peramalan *Double Exponential Smoothing* sangat baik dalam meramalkan harga saham perusahaan tersebut. Dapat dilihat pula pada grafik 4.4, grafik hasil peramalan harga saham hampir menutupi seluruh grafik harga aktual sehingga model sudah cukup baik dalam meramalkan harga saham.



Gambar 4. 4 Hasil Peramalan Harga Saham PT. A

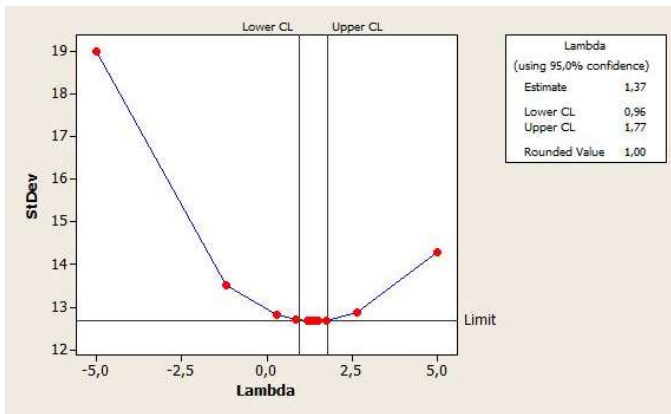
4.2 Peramalan Harga Saham PT. B

Langkah-langkah yang digunakan dalam menentukan model peramalan harga saham PT. B sama seperti yang dijelaskan pada Subbab 4.1. Pada peramalan dengan metode *Double Exponential Smoothing*, pertama dilakukan analisis data, pencarian konstanta pemulusan α (level) dan γ (trend), identifikasi dan pembentukan model peramalan, dan perhitungan error.

4.2.1 Deskripsi dan Analisa Data

Data observasi yang digunakan untuk membentuk model peramalan harga saham PT. B adalah data closing price harian pada tanggal 4 Januari 2016 sampai 31 Januari 2020. Data harga saham PT. B terlampir pada Lampiran B.

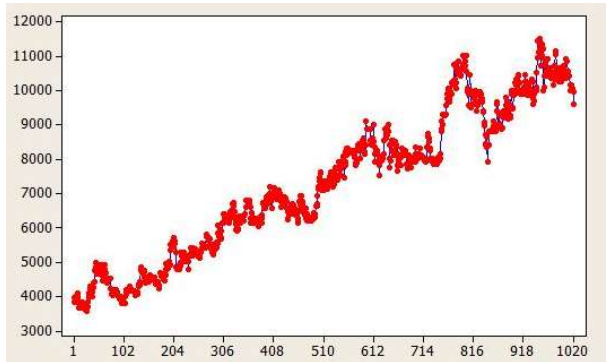
Akan dilakukan uji stasioneritas baik dalam varian maupun dalam mean. Suatu data dikatakan stasioner apabila data tersebut berada dalam keseimbangan disekitar nilai yang konstan selama waktu tertentu. Uji stasioner terhadap varian dapat dilakukan dengan Plot Box-Cox. Data dikatakan stasioner terhadap varian apabila memiliki rounded value $\lambda=1$. Berikut Gambar 4.5 dari Plot Box-Cox data harga saham PT. B



Gambar 4. 5 Plot Box-Cox Saham PT. B

Pada Gambar 4.5 terlihat bahwa Plot Box-Cox dari data harga saham PT. B memberikan nilai optimal untuk λ sebesar 1,37 dengan nilai kepercayaan 95%, berada dalam interval selang kepercayaan antara 0,96 dan 1,77, dan memiliki rounded value $\lambda=1$. Maka dari itu dapat dikatakan data harga saham PT. B sudah stasioner dalam varian.

Kemudian akan dilakukan uji stasioneritas terhadap *mean* dengan melihat plot *time series* dari data harga saham yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 berikut

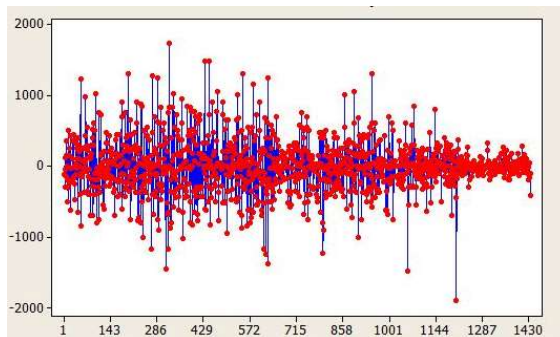


Gambar 4. 6 Plot *Time Series* Harga Saham PT. B

Dari gambar tersebut terlihat adanya unsur trend yang cenderung naik secara dominan. Tetapi terlihat pula adanya unsur trend menurun selama beberapa waktu, dan terlihat jelas pada hari ke 820 adanya penurunan drastis pada harga saham PT. B. Adanya unsur trend yang naik dan turun ini menunjukkan bahwa data harga saham PT. B belum stasioner terhadap *mean*. Diperkuat dengan hasil uji *unit root Augmented Dickey-Fuller* menggunakan *software* Eviews. Berdasarkan hasil uji tersebut dapat dilihat nilai probabilitas ADF sebesar 0,6179 dimana lebih besar daripada tingkat signifikansi $\alpha=0,05$. Dibuktikan juga dengan uji statistik t, dengan nilai $|t_{stat.Matahari}| = 1,325069 < |ADF_{5\%}| = 2,864171$. Sehingga hipotesis H_0 yang menyatakan bahwa data tidak stasioner gagal ditolak. Dengan demikian data harga saham PT. B belum stasioner.

Agar data harga saham PT. B dapat stasioner, perlu dilakukan *differencing* terhadap data tersebut. Selanjutnya data hasil *differencing* diuji kembali kestasionerannya. Dari Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa grafik sudah terlihat berada dalam kondisi stasioner setelah dilakukan *differencing* satu kali. Grafik berada pada kondisi keseimbangan disekitar nilai konstan. Selain itu tidak terlihat adanya trend naik maupun turun pada grafik

tersebut. Diperkuat oleh hasil uji *Augmented Dickey-Fuller* pada lampiran H. Setelah dilakukan *differencing* diperoleh probabilitas ADF sebesar 0.00 dimana lebih kecil daripada tingkat signifikansi $\alpha=0,05$. Dibuktikan juga dengan uji statistik t, dengan nilai $|t_{stat.Matahari}| = 22,45391 > |ADF_{5\%}| = 2,863351$,. Dengan demikian data harga saham PT. B Tbk telah berada dalam kondisi stasioner dengan satu kali *differencing*.



Gambar 4. 7 Plot *Time Series* hasil *Differencing* Harga Saham PT. B

Setelah data berada dalam kondisi stasioner, selanjutnya dilakukan identifikasi dan pembentukan model peramalan pada sub bab berikutnya.

4.2.2 Pembentukan Model Peramalan *Double Exponential Smoothing*.

Sama seperti pada subbab sebelumnya, Setelah memperoleh data yang stasioner, selanjutnya akan dibentuk model peramalan untuk metode peramalan *Double Exponential Smoothing*. Pada metode smoothing ini diperlukan dua konstanta pemulusan yaitu konstanta α (level) dan γ (trend). Konstanta tersebut merupakan bilangan acak antara 1 dan 0 yang ditentukan dengan cara *trial* dan *error* sampai didapatkan konstanta yang memiliki error

terkecil terhadap data harga saham. Dari data harga saham PT. B dengan menggunakan software Rstudio diperoleh nilai konstanta α (level) dan γ (trend). Sehingga diperoleh konstanta pemulusan $\alpha = 0,4082649$ dan $\gamma = 0,01259$.

Selanjutnya akan ditentukan nilai pemulusan dan trend dengan memasukkan konstanta pemulusan tersebut ke persamaan (2.1) dan (2.2)

$$\begin{aligned} L_t &= \alpha X_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \\ L_t &= 0,4082649 X_t + (1 - 0,4082649)(L_{t-1} + T_{t-1}) \\ L_t &= 0,4082649 X_t + (0,5917351)(L_{t-1} + T_{t-1}) \end{aligned} \quad (4.3)$$

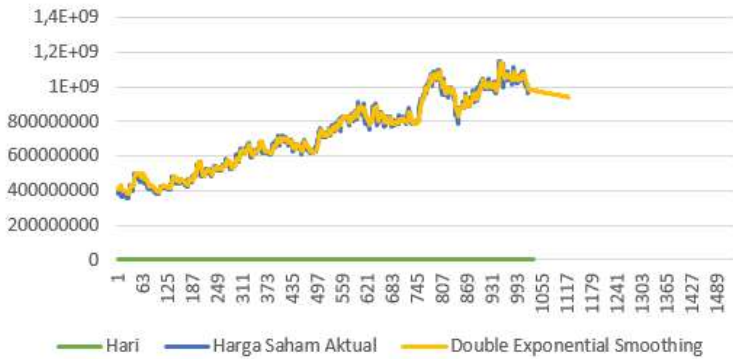
$$\begin{aligned} T_t &= \gamma(L_t - L_{t-1}) + (1 - \gamma)(T_{t-1}) \\ T_t &= 0,01259(L_t - L_{t-1}) + (0,98741)(T_{t-1}) \end{aligned} \quad (4.4)$$

Setelah diketahui nilai pemulusan *Double Exponential Smoothing*, kemudian akan dilakukan peramalan untuk periode selanjutnya dengan menggunakan persamaan (2.3)

$$F_{t+m} = L_t + T_t m$$

dengan t merupakan banyaknya data aktual dan $m = 1, 2, \dots, n$ dimana m merupakan jumlah periode mendatang yang diramalkan.

Kemudian dari model tersebut diperoleh angka perhitungan nilai saham yang diberikan pada lampiran E dengan grafik hasil peramalan dapat dilihat pada Gambar 4.4. Kemudian dilakukan perhitungan nilai error MAPE dan diperoleh rata-rata *error* untuk PT. B adalah 2,2 sehingga model peramalan *Double Exponential Smoothing* sangat baik dalam meramalkan harga saham perusahaan tersebut. Dapat dilihat pula pada grafik 4.8, grafik hasil peramalan harga saham hampir menutupi seluruh grafik harga aktual sehingga model sudah cukup baik dalam meramalkan harga saham.



Gambar 4. 8 Hasil Peramalan Harga Saham PT. B

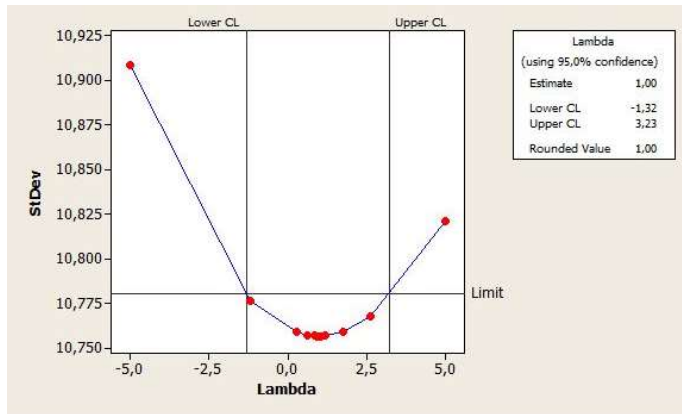
4.3 Peramalan Harga Saham PT. C

Langkah-langkah yang digunakan dalam menentukan model peramalan harga saham PT. C sama seperti yang dijelaskan pada Subbab 4.1 dan 4.2. Pada peramalan dengan metode *Double Exponential Smoothing*, pertama dilakukan analisis data, pencarian konstanta pemulusan α (level) dan γ (trend), identifikasi dan pembentukan model peramalan, dan perhitungan error.

4.3.1 Deskripsi dan Analisa Data

Data observasi yang digunakan untuk membentuk model peramalan harga saham PT. C adalah data closing price harian pada tanggal 3 Maret 2016 sampai 31 Januari 2020. Data harga saham PT. C terlampir pada Lampiran C.

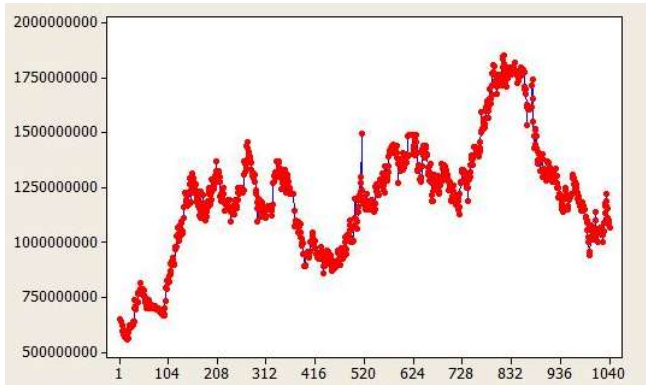
Akan dilakukan uji stasioneritas baik dalam varian maupun dalam mean. Suatu data dikatakan stasioner apabila data tersebut berada dalam keseimbangan disekitar nilai yang konstan selama waktu tertentu. Uji stasioner terhadap varian dapat dilakukan dengan Plot Box-Cox. Data dikatakan stasioner terhadap varian apabila memiliki rounded value $\lambda=1$. Berikut Gambar 4.9 dari Plot Box-Cox data harga saham PT. C



Gambar 4. 9 Plot Box-Cox Saham PT.C

Pada Gambar 4.9 terlihat bahwa Plot Box-Cox dari data harga saham PT. C memberikan nilai optimal untuk λ sebesar 1,00 dengan nilai kepercayaan 95%, berada dalam interval selang kepercayaan antara -1,32 dan 3,23, dan memiliki *rounded value* $\lambda=1$. Maka dari itu dapat dikatakan data harga saham PT. C sudah stasioner dalam varian.

Kemudian akan dilakukan uji stasioneritas terhadap *mean* dengan melihat plot *time series* dari data harga saham yang ditunjukkan pada Gambar 4.10 berikut

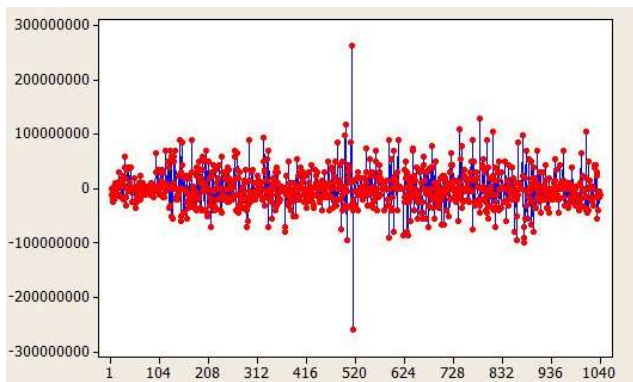


Gambar 4. 10 Plot *Time Series* Harga Saham PT. C

Dari gambar tersebut terlihat adanya unsur trend yang menaik dan menurun. Tetapi dari plot *time series* PT. C tersebut terlihat trend cenderung naik walaupun di akhir mengalami penurunan. Adanya unsur trend yang naik dan turun ini menunjukkan bahwa data harga saham PT. C belum stasioner terhadap *mean*. Diperkuat dengan hasil uji *unit root Augmented Dickey-Fuller* menggunakan *software* Eviews. Berdasarkan hasil uji tersebut dapat dilihat nilai probabilitas ADF sebesar 0,1227 dimana lebih besar daripada tingkat signifikansi $\alpha=0,05$. Dibuktikan juga dengan uji statistik t, dengan nilai $|t_{stat.Matahari}| = 2,471903 < |ADF_{5\%}| = 2,864108$. Sehingga hipotesis H_0 yang menyatakan bahwa data tidak stasioner gagal ditolak. Dengan demikian data harga saham PT. C belum stasioner.

Agar data harga saham PT. C dapat stasioner, perlu dilakukan *differencing* terhadap data tersebut. Selanjutnya data hasil *differencing* diuji kembali kestasionerannya. Dari Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa grafik sudah terlihat berada dalam kondisi stasioner setelah dilakukan *differencing* satu kali. Grafik berada pada kondisi keseimbangan disekitar nilai konstan. Selain

itu tidak terlihat adanya trend naik maupun turun pada grafik tersebut. Diperkuat oleh hasil uji *Augmented Dickey-Fuller* pada lampiran I. Setelah dilakukan *differencing* diperoleh probabilitas ADF sebesar 0.00 dimana lebih kecil daripada tingkat signifikansi $\alpha=0,05$. Dibuktikan juga dengan uji statistik t, dengan nilai $|t_{stat.Matahari}| = 34,77375 > |ADF_{5\%}| = 2,864111$,. Dengan demikian data harga saham PT. C Tbk telah berada dalam kondisi stasioner dengan satu kali *differencing*



Gambar 4. 11 Plot *Time Series* hasil *Differencing* Harga Saham PT. C

Setelah data berada dalam kondisi stasioner, selanjutnya dilakukan identifikasi dan pembentukan model peramalan pada sub bab berikutnya.

4.3.2 Pembentukan Model Peramalan *Double Exponential Smoothing*.

Sama seperti pada subbab 4.2.2 , setelah memperoleh data yang stasioner, selanjutnya akan dibentuk model peramalan untuk metode peramalan *Double Exponential Smoothing*. Pada metode smoothing ini diperlukan dua konstanta pemulusan yaitu

konstanta α (level) dan γ (trend). Konstanta tersebut merupakan bilangan acak antara 1 dan 0 yang ditentukan dengan cara *trial* dan *error* sampai didapatkan konstanta yang memiliki error terkecil terhadap data harga saham. Dari data harga saham PT. C dengan menggunakan software Rstudio diperoleh nilai konstanta pemulusan α (level) dan γ (trend). Sehingga diperoleh konstanta pemulusan $\alpha=0,9173887$ dan $\gamma=0,01242227$.

Selanjutnya akan ditentukan nilai pemulusan dan trend dengan memasukkan konstanta pemulusan tersebut ke persamaan (2.1) dan (2.2)

$$L_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

$$L_t = 0,9173887 X_t + (1 - 0,9173887)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

$$L_t = 0,9173887 X_t + (0,0826113)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (4.5)$$

$$T_t = \gamma(L_t - L_{t-1}) + (1 - \gamma)(T_{t-1})$$

$$T_t = 0,01242227(L_t - L_{t-1}) + (0,98757773)(T_{t-1}) \quad (4.6)$$

Setelah diketahui nilai pemulusan *Double Exponential Smoothing*, kemudian akan dilakukan peramalan untuk periode selanjutnya dengan menggunakan persamaan (2.3)

$$F_{t+m} = L_t + T_t m$$

dengan t merupakan banyaknya data aktual dan $m = 1, 2, \dots, n$ dimana m merupakan jumlah periode mendatang yang diramalkan.

Kemudian dari model tersebut diperoleh angka perhitungan nilai saham yang diberikan pada lampiran F dengan grafik hasil peramalan dapat dilihat pada Gambar 4.4. Kemudian dilakukan perhitungan nilai error MAPE dan diperoleh rata-rata error untuk PT. C adalah 1,9 sehingga model peramalan *Double Exponential Smoothing* sangat baik dalam meramalkan harga saham perusahaan tersebut. Dapat dilihat pula pada grafik 4.12, grafik hasil peramalan harga saham hampir menutupi seluruh grafik

harga aktual sehingga model sudah cukup baik dalam meramalkan harga saham.



Gambar 4. 12 Hasil Peramalan Harga Saham PT. C

Setelah memperoleh nilai prediksi saham dari PT. A, PT. B, dan PT. C, akan dilakukan perhitungan nilai *return* saham dari masing-masing perusahaan tersebut yang akan dibahas pada subba selanjutnya

4.4 Perhitungan Nilai *Return* Saham

Pada Subbab ini, nilai *return* saham dari masing-masing perusahaan dihitung berdasarkan hasil prediksi harga saham yang telah diperoleh pada Subbab sebelumnya. Adapun rumus untuk menghitung *return* saham adalah sebagai berikut

$$R_i = \frac{S_i - S_{i-1}}{S_{i-1}}$$

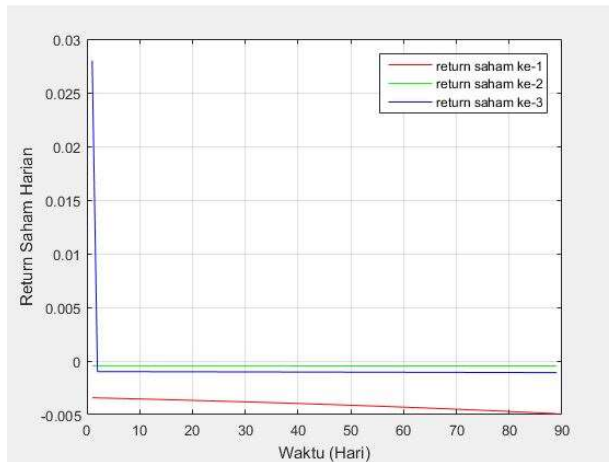
dengan

R_i : *return* saham pada waktu i

S_i : harga saham pada waktu i

S_{i-1} : harga saham pada waktu $i - 1$

Berikut diberikan grafik nilai *return* berdasarkan prediksi harga saham menggunakan *Double Exponential Smoothing*.



Gambar 4. 13 *Return Saham Berdasarkan Hasil Prediksi*

Untuk mempermudah memahami interpretasi dari nilai *return* pada Gambar 4.12 berikut diberikan contoh nilai *return* saham yang diperoleh berdasarkan prediksi harga saham menggunakan *Double Exponential Smoothing*. Berikut diberikan nilai *return* dari ketiga perusahaan selama lima hari

Tabel 4. 1 Contoh Nilai *Return Saham*

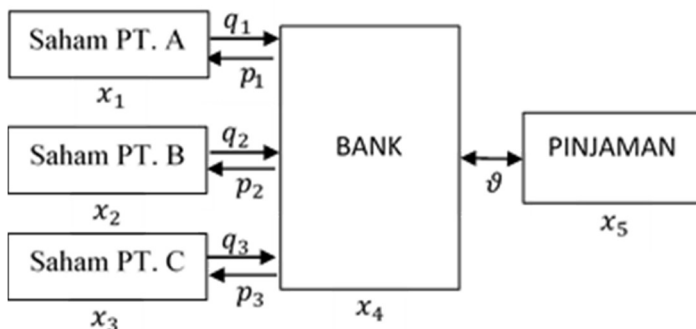
Tanggal	PT. A	PT. B	PT. C
03-Feb-20	-0,116918535	-0,016940477	-0,009050111
04-Feb-20	-0,003431287	-0,000445168	0,027997386
05-Feb-20	-0,003443101	-0,000445366	-0,000991409
06-Feb-20	-0,003454997	-0,000445565	-0,000992393
07-Feb-20	-0,003466975	-0,000445764	-0,000993379

Berdasarkan tabel 4.1 nilai *return* dari prediksi harga saham PT. C, PT. B, dan PT. A pada tanggal 03 Februari 2020 bernilai negatif. ini berarti bahwa pada hari itu harga saham

diprediksi mengalami penurunan, tetapi untuk PT. C pada tanggal 04 Februari 2020 menunjukkan nilai *return* yang positif. Berarti pada tanggal 04 Februari 2020, harga saham PT. C akan mengalami kenaikan. Sedangkan PT. A dan PT. B pada tanggal 04 Februari 2020 nilai *return* menunjukkan angka negatif yang berarti pada hari itu pun kedua perusahaan tersebut mengalami penurunan harga saham. Hal ini berarti ada peluang untuk investor melakukan investasi pada tanggal 04 Februari 2020 di PT. C karena berpotensi mendapatkan keuntungan berinvestasi pada dua perusahaan lainnya. Selanjutnya untuk tanggal 05 Februari 2020 sampai 07 Februari 2020, nilai *return* menunjukkan angka negatif, berarti ketiga perusahaan tersebut akan terus mengalami penurunan harga saham. Dengan kondisi seperti ini, investor sebaiknya tidak melakukan investasi pada ketiga perusahaan karena akan kurang menguntungkan bagi para investor, dan akan mengakibatkan jumlah modal investor akan berkurang.

4.5 Model Matematika Dalam Portofolio Investasi Saham

Pada Subbab 2.4 telah dijelaskan mengenai model matematika dari manajemen portofolio dalam investasi saham. Adapun yang dimaksud dengan manajemen portofolio adalah mengatur penyebaran modal yang dimiliki investor untuk ditempatkan pada setiap aset dalam portofolionya dengan jumlah yang optimal. Dalam penelitian ini, portofolio yang dibentuk terdiri atas tiga aset saham, yaitu saham PT. A, PT. B, dan PT. C, kemudian ada satu aset bebas risiko (bank), dan satu aset pinjaman modal. Pada Gambar 4.13 menunjukkan skema portofolio dalam investasi saham yang dapat menggambarkan proses penyebaran modal pada setiap aset dalam portofolio.



Gambar 4. 14 Skema Aliran Modal dalam Protfolio Investor

Gambar 4.14 menceritakan bahwa modal investor yang disimpan di dalam aset saham perusahaan akan bertambah jika adanya transfer modal dari aset bebas risiko (bank) sebesar p . Berarti investor telah menanamkan modalnya pada aset saham tersebut. Sebaliknya, modal investor pada aset saham akan berkurang jika terjadi transfer modal dari aset berisiko (saham) ke aset bebas risiko sebesar q . Dapat dikatakan pula investor telah menjual sahamnya sehingga uang hasil penjualan masuk ke rekening bank. Jika investor membutuhkan tambahan modal untuk membeli saham, investor dapat meminjam sejumlah modal pada aset pinjaman sebesar ϑ . Kemudian saat modal investor mencukupi, investor dapat membayarkan kembali modal yang telah dipinjam. Berdasarkan skema tersebut dapat dibentuk model matematika dalam manajemen portofolio saham yang secara umum telah dijelaskan pada subbab 2.4.

Selanjutnya akan dilakukan analisa terhadap model matematika tersebut. Akan dimisalkan terlebih dahulu variabel *state* yang meliputi x_1 , x_2 , x_3 , x_4 , dan x_5

x_1 : Jumlah modal yang diinvestasikan pada saham PT. A

x_2 : Jumlah modal yang diinvestasikan pada saham PT. B

x_3 : Jumlah modal yang diinvestasikan pada saham PT. C

x_4 : Jumlah modal investor pada aset bebas risiko (bank)

x_5 : Jumlah pinjaman modal investor

Perubahan jumlah modal pada aset tersebut dapat dirumuskan

$x_i(k+1) = [1 + R_i(k)][x_i(k) + p_i(k) - q_i(k)]$, $i = 1, 2, 3$
dengan $x_i(k+1) \geq 0$. Karena ruas kiri bernilai tak negatif, maka ruas kanan harus bernilai tak negatif juga. Sehingga,

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

Diberikan nilai *return* saham sebagai berikut,

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

Sehingga

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

Karena $S_i(k) > 0$ untuk setiap i , maka $S_i(k) > 0$ dan $S_i(k-1) > 0$. Sehingga diperoleh

$$\frac{S_i(k)}{S_i(k-1)} > 0$$

Karena ruas kanan bernilai positif, maka ruas kiri juga bernilai positif. Maka $[1 + R_i(k)] > 0$, sehingga

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

Disyaratkan bahwa $p_i(k) \geq 0$ dan $q_i(k) \geq 0$. Dalam hal ini, jika $R_i(k) < 0$, maka harga saham waktu ke- k turun dibandingkan dengan harga saham pada waktu ke- $(k-1)$. Hal ini memberikan kondisi yang kurang menguntungkan bagi para investor untuk berinvestasi. Sebaliknya, jika $R_i(k) > 0$, maka hal ini menunjukkan bahwa harga saham mengalami kenaikan. Sehingga para investor akan mendapatkan keuntungan jika berinvestasi pada aset saham tersebut. Lalu, jika $R_i(k) = 0$, maka hal ini menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan terhadap

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

Kemudian, dimisalkan x_4 menyatakan jumlah modal yang dimiliki oleh investor pada bank (aset bebas risiko). Perubahan modal investor pada aset ini dinyatakan sebagai

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

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

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

Kemudian, dimisalkan bahwa x_5 merupakan jumlah modal investor melalui aset pinjaman. Perubahan jumlah pinjaman modal investor dapat dirumuskan

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

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

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

Jika $\vartheta(k) > 0$, maka hal tersebut menunjukkan bahwa investor meminjam sejumlah modal. Jika sebaliknya, ketika $\vartheta(k) < 0$, maka investor mengembalikan sejumlah modal yang telah dipinjam.

Kemudian jumlah modal investor dalam portofolio yang dijadikan sebagai *output* sistem adalah modal bersih yang dimiliki investor, yaitu jumlah dari kekayaan atau modal investor pada aset-aset saham serta aset bebas risiko (bank), dikurangi dengan jumlah modal yang dipinjam oleh investor. Dapat dituliskan dengan rumus:

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

4.6 Penerapan MPC

Pada subbab ini akan dibahas mengenai penerapan *Model Predictive Control* (MPC) dalam optimasi portofolio saham. Dalam permasalahan ini, terdapat beberapa langkah yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan optimasi portofolio dengan metode MPC.

4.6.1 Membangun Model Persamaan Ruang Keadaan Diskrit

Terdapat beberapa hal yang harus dilakukn terlebih dahulu dalam membangun model persamaan ruang keadaan diskrit, yaitu menentukan variabel *state*, kontrol, dan *output* sistem. Untuk menentukan variabel *state*, kontrol, dan *output* sistem dalam optimalisasi portofolio berdasarkan pada model matematika dari manajemen portofolio yang digunakan.

Komponen utama dalam portofolio saham terdiri atas lima komponen, yaitu tiga aset berisiko (saham), satu aset bebas risiko (aset investor di bank), dan satu aset investor yang berasal dari dana pinjaman. Jumlah modal yang diinvestasikan pada PT. A, PT. B, dan PT. C. masing-masing disimbolkan dengan x_1 , x_2 , dan x_3 . Sedangkan untuk jumlah modal investor di bank dan rekenening pinjaman masing-masing disimbolkan dengan x_4 , dan x_5 . Dalam hal ini, x_i dengan $i = 1, 2, \dots, 5$ ditentukan sebagai variabel *state* yang dapat dinyatakan dengan

$$\mathbf{x} = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5]^T$$

Pada manajemen portofolio saham, jumlah modal pada setiap aset sangat bergantung pada seberapa besar jumlah modal yang ditransfer dari satu ke aset lainnya. Maka, untuk memajemen modal yang tersimpan dalam setiap aset portofolio dengan baik, jumlah uang yang ditransfer tersebut perlu dikendalikan. Sehingga, seberapa besar modal yang harus dikeluarkan untuk membeli dan menjual saham, serta seberapa besar modal yang harus dipinjam dan dikembalikan perlu dikontrol secara optimal. Maka, p_i , q_i , dan ϑ dengan $i = 1, 2, \dots, 5$ dapat dijadikan sebagai variabel kontrol, sehingga

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

Output sistem dalam optimalisasi portofolio didefinisikan sebagai \mathbf{y} , yaitu jumlah seluruh modal investor dengan $\mathbf{y} = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 - x_5$.

Ketika sudah ditentukan variabel *state*, kontrol, dan *output* sistem, mengacu pada Persamaan (2.6) dan (2.7), maka dibentuk persamaan ruang keadaan diskrit sebagai berikut:

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

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

Dengan,

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

$B =$

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

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

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

Suatu sistem dapat dikatakan terkontrol apabila untuk setiap sebarang $x(0) = x_0$, terdapat memasukkan $u(t)$ yang tidak dibatasi mentrasfer keadaan x_0 ke sebarang keadaan akhir x_k dengan waktu akhir k hingga. Lalu, suatu sistem dapat dikatakan teramat jika setiap keadaan awal x_0 secara tunggal dapat diamati dari setiap pengukuran keluaran sistem dari waktu awal ke waktu akhir. Untuk pengecekan kekontrolan suatu sistem dapat dilakukan dengan menghitung rank dari matriks kekontrolan,

yaitu $M_c = [B \ AB \ A^2B \ A^3B \ A^4B]$. Dan untuk pengecekan keteramatan suatu system dilakukan dengan menghitung rank dari matriks keteramatan, yaitu $M_c = [C \ CA \ CA^2 \ CA^3 \ CA^4]^T$. Dari hasil perhitungan yang dilakukan setelah memberikan nilai pada parameter yang digunakan, dapat diperoleh bahwa rank matriks keterkontrolan dan keteramatan adalah 5. Sehingga, penerapan MPC pada optimalisasi portofolio dapat dilakukan.

4.6.2 Menentukan Kendala dalam Permasalahan Optimasi Portofolio

Dari hasil analisis model yang dilakukan pada Subbab 4.5, didapat jumlah modal yang ditransfer dari aset bebas risiko ke aset berisiko bernilai tak negative, begitu pula sebaliknya, sehingga, $p_i(k) \geq 0$ dan $q_i(k) \geq 0$. Lalu, dimisalkan bahwa jumlah modal yang ditransfer pada setiap harinya dibatasi sebesar p_{max_i} dan q_{max_i} , sehingga didapat batasan sebagai berikut

$$\begin{aligned} p_i(k) &\leq p_{max_i}, i = 1,2,3 \\ q_i(k) &\leq q_{max_i}, i = 1,2,3 \end{aligned}$$

Hal yang sama juga berlaku untuk jumlah pinjaman modal yang dinotasikan dengan x_5 . Jumlah pinjaman yang boleh dipinjam setiap harinya harus dibatasi, misal dnegan nilai maksimal d_0 . Selain itu, jumlah transfer antara rekening bank dan rekening pinjaman juga dibatasi setiap harinya yang dinotasikan dengan ϑ . Maka, diperoleh batasan sebagai berikut

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

Ada beberapa kendala dalam permasalahan optimasi portofolio saham dari analisis model pada Subbab 4.5 dan batasan-batasan yang sudah didapat sebagai berikut:

$$0 \leq p_i(k) \leq p_{max_i} \quad (4.7)$$

$$0 \leq q_i(k) \leq q_{max_i} \quad (4.8)$$

$$-\vartheta_{max} \leq \vartheta(k) \leq \vartheta_{max} \quad (4.9)$$

$$0 \leq x_5(k) + \vartheta(k) \leq d_0 \quad (4.10)$$

$$x_4(k) + v(k) - (1 - \alpha) \sum_{i=0}^3 p_i(k) + (1 - \beta) \sum_{i=0}^3 q_i(k) \geq 0 \quad (4.11)$$

$$x_i(k) + p_i(k) - q_i(k) \geq 0 \quad (4.12)$$

dengan $i = 1, 2, 3$.

Persamaan kendala (4.7) sampai dengan (4.12) dapat ditulis dalam bentuk pertidaksamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned} P_1 u(k) &\leq h_1 \\ b_1 &\leq S_1 u(k) \leq b_2 \end{aligned}$$

dengan

$$\begin{aligned} \tilde{u}(k) &= [p_1(k) \quad p_2(k) \quad p_3(k) \quad q_1(k) \quad q_2(k) \quad q_3(k) \quad \vartheta]^T \\ P_1 &= \begin{bmatrix} 1 + \alpha & 1 + \alpha & 1 + \alpha & -(1 - \beta) & -(1 - \beta) & -(1 - \beta) & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\ h_1 &= [x_4(k) \quad x_5(k) \quad d_0(k) - x_5(k) \quad x_1(k) \quad x_2(k) \quad x_5(k)]^T \\ b_1 &= [0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad -\vartheta_{max}]^T \\ b_2 &= [p_{max_1} \quad p_{max_2} \quad p_{max_3} \quad q_{max_1} \quad q_{max_2} \quad q_{max_3} \quad \vartheta_{max}]^T \end{aligned}$$

dan S_1 adalah matriks identitas berukuran 7×7 .

4.6.3 Menentukan Nilai Kontrol Optimal

Untuk mencapai keuntungan yang maksimal dengan usaha yang minimal, selisih atau *error* antara target dan *output* pencapaian seluruh modal investor harus diminimumkan. Dari hal tersebut, berikut merupakan dungsi objektif yang akan diminimumkan, yaitu [11]:

$$\begin{aligned}
 J(\mathbf{u}(k), \mathbf{e}(k)) &= \sum_{j=0}^{N_p} \mathbf{e}^T(k+j) \mathbf{Q} \mathbf{e}(k+j) \\
 &\quad + \sum_{j=0}^{N_p-1} \mathbf{u}^T(k+j) \mathbf{R} \mathbf{u}(k+j) \quad (4.13)
 \end{aligned}$$

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

Metode kendali optimal yang digunakan pada MPC linier memiliki bentuk *quadratic programming*. Maka fungsi objektif (4.13) perlu diubah dalam bentuk *quadratic programming* sehingga dapat dilakukan optimasi menggunakan *function* ‘quadprog’ pada *software* MATLAB. Berikut langkah mengubah fungsi objektif (4.13) ke bentuk *quadratic programming*

$$\begin{aligned}
 J(\mathbf{u}(k), \mathbf{e}(k)) &= \sum_{j=0}^{N_p} \|\mathbf{e}(k+j)\|_{\mathbf{Q}}^2 + \sum_{j=0}^{N_p-1} \|\mathbf{u}(k+j)\|_{\mathbf{R}}^2 \\
 &= \sum_{j=1}^{N_p} \|\mathbf{e}(k+j)\|_{\mathbf{Q}}^2 + \|\mathbf{u}(k+j-1)\|_{\mathbf{R}}^2
 \end{aligned}$$

dimana

$$\|e(k+j)\|_Q^2 = (\mathbf{r}(k+j) - \mathbf{y}(k+j))^T \mathbf{Q} \mathbf{r}(k+j)$$

$$\|\mathbf{u}(k+j-1)\|_R^2 = \mathbf{u}(k+j-1)^T \mathbf{R} \mathbf{u}(k+j-1)$$

Akan dicari prediksi *state* dan *output*

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

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

⋮

$$\mathbf{x}(k+N_p) = \mathbf{A}^{N_p}\mathbf{x}(k) + \mathbf{A}^{N_p-1}\mathbf{B}\mathbf{u}(k) + \dots + \mathbf{B}\mathbf{u}(k+N_p-1)$$

selanjutnya prediksi dari *output* menjadi

$$\mathbf{y}(k+1) = \mathbf{C}\mathbf{x}(k+1)$$

$$= \mathbf{C}(\mathbf{A}\mathbf{x}(k) + \mathbf{B}\mathbf{u}(k))$$

$$\mathbf{y}(k+2) = \mathbf{C}\mathbf{x}(k+2)$$

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

⋮

$$\mathbf{y}(k+N_p) = \mathbf{C}\mathbf{x}(k+N_p)$$

$$= \mathbf{C}(\mathbf{A}^{N_p}\mathbf{x}(k) + \mathbf{A}^{N_p-1}\mathbf{B}\mathbf{u}(k) + \dots + \mathbf{B}\mathbf{u}(k+N_p-1))$$

$$= \mathbf{C}\mathbf{A}^{N_p}\mathbf{x}(k) + \mathbf{C}\mathbf{A}^{N_p-1}\mathbf{B}\mathbf{u}(k) + \dots + \mathbf{C}\mathbf{B}\mathbf{u}(k+N_p-1)$$

didefinisikan vektor

$$\mathbf{Y} = [\mathbf{y}(k+1) \quad \mathbf{y}(k+2) \quad \dots \quad \mathbf{y}(k+N_p)]^T$$

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

Dimensi dari Y dan U adalah N_p . Maka Y dapat dituliskan ke dalam bentuk

$$Y = \widehat{A}x(k) + \widehat{B}\hat{u}$$

dengan

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

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

berdasarkan fungsi objektif (4.13), maka didapatkan kembali persamaan berikut

$$J = (r - Y)^T \widehat{Q}(r - Y) + U^T \widehat{R}\hat{u}$$

dimana

$$r = \begin{bmatrix} r(k+1) \\ r(k+2) \\ r(k+3) \\ \vdots \\ r(k+N_p) \end{bmatrix}_{N_p \times 1} \quad \widehat{Q} = \begin{bmatrix} Q & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & Q & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & Q & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & Q \end{bmatrix}_{N_p \times N_p}$$

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

Dengan substitusi $Y = \hat{A}x(k) + \hat{B}\hat{u}$ ke persamaan (4.13) maka diperoleh

$$\begin{aligned}
J &= (r - [\hat{A}x(k) + \hat{B}\hat{u}])^T \hat{Q}(r - [\hat{A}x(k) + \hat{B}\hat{u}]) + \hat{u}^T \hat{R}\hat{u} \\
&= (r - \hat{A}x(k) - \hat{B}\hat{u})^T \hat{Q}(r - \hat{A}x(k) - \hat{B}\hat{u}) + \hat{u}^T \hat{R}\hat{u} \\
&= (r - \hat{A}x(k) - \hat{B}\hat{u})^T \hat{Q}(r - \hat{A}x(k) - \hat{B}\hat{u}) + \hat{u}^T \hat{R}\hat{u} \\
&= r^T \hat{Q}r - r^T \hat{Q}\hat{A}x(k) - r^T \hat{Q}\hat{B}\hat{u} - x^T(k) \hat{A}^T \hat{Q}\hat{R} + x^T(k) \hat{A}^T \hat{Q}\hat{A}x + \\
&\quad x^T(k) \hat{A}^T \hat{Q}\hat{B}\hat{u} - \hat{u}^T \hat{B}^T \hat{Q}r + \hat{u}^T \hat{B}^T \hat{Q}\hat{A}x(k) + \hat{u}^T \hat{B}^T \hat{Q}\hat{B}\hat{u} + \\
&\quad \hat{u}^T \hat{R}\hat{u} \\
&= r^T \hat{Q}r - 2x^T(k) \hat{A}^T \hat{Q}r - 2\hat{u}^T \hat{B}^T \hat{Q}r + x^T(k) \hat{A}^T \hat{Q}\hat{A}x - \\
&\quad r^T \hat{Q}\hat{A}x(k) + 2\hat{u}^T \hat{B}^T \hat{Q}\hat{A}x(k) + \hat{u}^T (\hat{B}^T \hat{Q}\hat{B} + \hat{R})\hat{u}
\end{aligned}$$

Suku-suku yang tidak mengandung variabel \hat{u} dapat dihilangkan dari proses optimasi, sehingga diperoleh nilai J yang baru sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
J &= -2\hat{u}^T \hat{B}^T \hat{Q}r + 2\hat{u}^T \hat{B}^T \hat{Q}\hat{A}x(k) + \hat{u}^T (\hat{B}^T \hat{Q}\hat{B} + \hat{R})\hat{u} \\
&= \hat{u}^T (2\hat{B}^T \hat{Q}[\hat{A}x(k) - r]) + \frac{1}{2} \hat{u}^T (2(\hat{B}^T \hat{Q}\hat{B} + \hat{R}))\hat{u}
\end{aligned}$$

dengan memisalkan $H = 2\hat{B}^T \hat{Q}[\hat{A}x(k) - r]$ dan $f = \frac{1}{2}(\hat{B}^T \hat{Q}\hat{B} + \hat{R})$, maka diperoleh

$$J = \hat{u}^T H + 2\hat{u}^T f \hat{u}$$

Dari pembuktian di atas, maka fungsi objektif dapat dinyatakan dengan bentuk *quadratic programming* sebagai berikut:

$$J(\mathbf{u}(k)) = \hat{\mathbf{u}}^T(k) \mathbf{H} \hat{\mathbf{u}}(k) + 2\mathbf{f}^T \hat{\mathbf{u}}(k) \quad (4.14)$$

dengan

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

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

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

$$\mathbf{r} = \begin{bmatrix} r(k+1) \\ r(k+2) \\ r(k+3) \\ \vdots \\ r(k+N_p) \end{bmatrix}_{N_p \times 1}$$

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

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

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

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

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

Dengan demikian, permasalahan optimasi portofolio saham adalah meminimumkan fungsi objektif (4.14) dengan kendala

$$\mathbf{P}\hat{\mathbf{u}}(k) \leq \mathbf{h}$$

$$\mathbf{B}_1 \leq \mathbf{S}\hat{\mathbf{u}}(k) \leq \mathbf{B}_2$$

dengan

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

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

$$\mathbf{h} = [\mathbf{h}_1 \ \mathbf{h}_1 \ \cdots \ \mathbf{h}_1]^T$$

$$\mathbf{B}_1 = [\mathbf{b}_1 \ \mathbf{b}_1 \ \cdots \ \mathbf{b}_1]^T$$

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

Solusi optimal dari permasalahan optimasi ini adalah

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

Berdasarkan prinsip *receding horizon* pada MPC, nilai kontrol optimal yang *diinput* pada system adalah vector awal dari

solusi optimal. Maka, nilai kontrol yang diberikan pada variabel *state* pada Persamaan (2.6) 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

4.6.4 Mendapatkan Portofolio yang Optimal

Setelah mendapatkan nilai kontrol optimal, kemudian memasukkan nilai kontrol optimal tersebut ke dalam system perasamaan (2.6) dan (2.7). Dari algoritma MPC, jika nilai kontrol optimal dimasukkan ke dalam persamaan *state*, maka diperoleh nilai prediksi *state* pada Langkah selanjutnya, yaitu $\mathbf{x}(k + 1|k)$. Dengan adanya nilai $\mathbf{x}(k + 1|k)$, akan didapat nilai *output* sistem. Kemudian, nilai *output* yang didapat itu dimasukkan ke dalam perhitungan optimasi berikutnya untuk mendapatkan nilai kontrol optimal pada langkah selanjutnya. Proses ini berulang sampai waktu yang ditetapkan.

Solusi kontrol optimal yang didapat menggunakan MPC adalah suatu nilai yang selalu membuat fungsi objektif Persamaan (4.13) bernilai minimum. Maka, nilai kontrol optimal tersebut selalu menghasilkan nilai *output*. Nilai *output* yang dimaksud adalah total seluruh modal investor semakin meningkat mendekati target yang diharapkan investor. Semakin tinggi nilai *output*, maka nilai *error* yang dihasilkan menjadi minimum. Walaupun pada suatu waktu total seluruh modal investor mengalami penurunan karena menurunnya nilai *return* saham, tetapi pengendali MPC akan berusaha meningkatkan kembali nilai seluruh modal investor tersebut

4.7 Simulasi Penerapan MPC

Sebelum melakukan optimasi portofolio, akan diberikan nilai parameter pada tabel berikut yang mengacu pada [4].

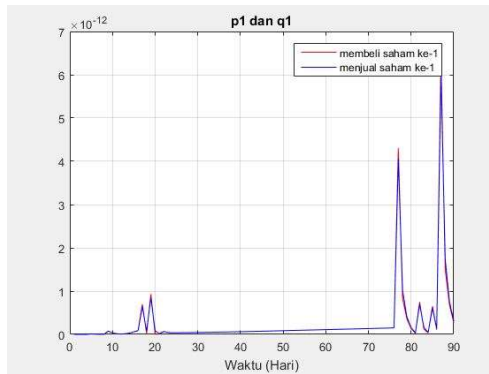
Tabel 4. 2 Nilai Parameter pada Optimasi Portofolio

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

Awalnya investor memiliki modal sebesar 100.000.000 yang disimpan dalam aset bebas risiko (bank). Kemudian modal tersebut akan digunakan untuk investasi pada aset saham PT. A, PT. B, PT. C. Investor mengharapkan modalnya akan terus bertambah sampai mendekati target modal yang diinginkan, yaitu 300.000.000. Untuk mencapai hal tersebut jumlah modal yang dimiliki investor pada setiap perusahaan harus dimanajemen dengan baik. Keputusan untuk mengambil atau menjual saham, meminjam atau mengembalikan pinjaman modal juga harus dikontrol sedemikian rupa, sehingga investor mampu memperoleh keuntungan melalui investasi yang ia lakukan. Pada

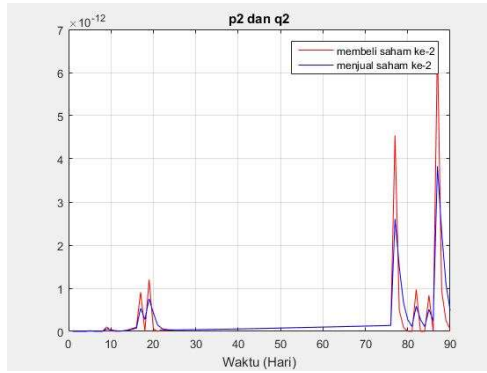
simulasi ini jumlah transfer modal yang diperbolehkan untuk menjual/membeli saham dan meminjam/membayar pinjaman modal setiap harinya maksimal 100.000.000

Sebagai contoh Analisa hasil simulasi, di bawah ini adalah grafik hasil simulasi untuk optimasi portofolio berdasarkan pada prediksi harga saham *Double Exponential Smoothing*. Hasil simulasi untuk variabel kontrol pada sistem dapat dilihat sebagai berikut



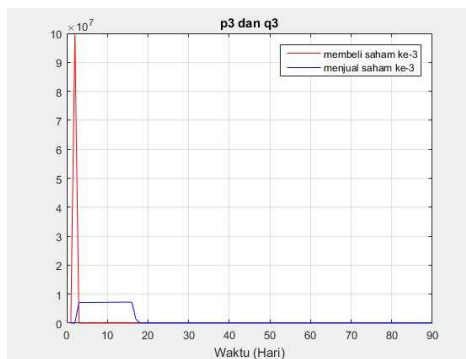
Gambar 4. 15 Nilai p_1 dan q_1 untuk saham PT. A

Berdasarkan Gambar 4.15 dapat ditunjukkan bahwa nilai seluruh variabel kontrol yang meliputi jumlah transfer modal antar aset bebas risiko (bank) dan aset berisiko (saham) yang digunakan untuk membeli dan menjual saham berada dalam batasan yang diberikan pada persamaan (4.7) dan (4.12) dengan nilai $p_1(k)$ dan $q_1(k)$ berada dalam rentang 0 dan 100.000.000. Grafik berwarna merah menunjukkan jumlah transfer modal untuk membeli saham PT. A dan grafik berwarna biru menunjukkan jumlah transfer modal untuk menjual saham PT. A. Untuk lebih jelasnya akan ditunjukkan nilai variabel kontrol dalam bentuk tabel numerik pada Tabel 4.3.



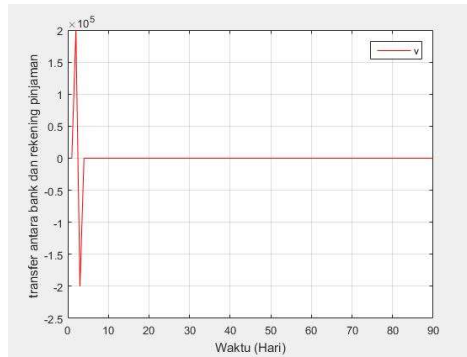
Gambar 4. 16 Nilai p_2 dan q_2 untuk saham PT. B.

Dari Gambar 4.16, nilai seluruh variabel kontrol yang meliputi jumlah transfer modal antar aset bebas risiko (bank) dan aset berisiko (saham) yang digunakan untuk membeli dan menjual saham juga sudah berada dalam batasan yang diberikan pada persamaan (4.7) dan (4.12) dengan nilai $p_2(k)$ dan $q_2(k)$ berada dalam rentang 0 dan 100.000.000. Grafik berwarna merah menunjukkan jumlah transfer modal untuk membeli saham PT. B dan grafik berwarna biru menunjukkan jumlah transfer modal untuk menjual saham PT.B. Untuk lebih jelasnya akan ditunjukkan nilai variabel kontrol dalam bentuk tabel numerik pada Tabel 4.3.



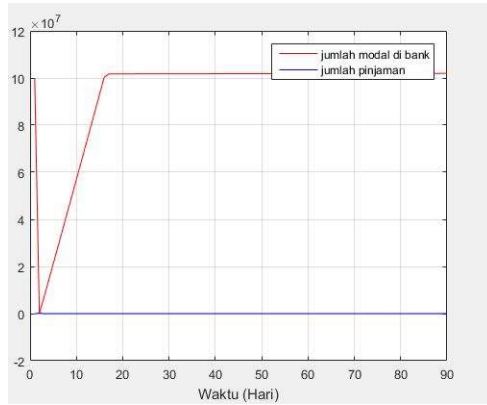
Gambar 4. 17 Nilai p_3 dan q_3 untuk saham PT. C

Dari Gambar 4.17, nilai seluruh variabel kontrol yang meliputi jumlah transfer modal antar aset bebas risiko (bank) dan aset berisiko (saham) yang digunakan untuk membeli dan menjual saham juga sudah berada dalam batasan yang diberikan pada persamaan (4.7) dan (4.12) dengan nilai $p_3(k)$ dan $q_3(k)$ berada dalam rentang 0 dan 100.000.000. Grafik berwarna merah menunjukkan jumlah transfer modal untuk membeli saham PT. C dan grafik berwarna biru menunjukkan jumlah transfer modal untuk menjual saham PT. C. Untuk lebih jelasnya akan ditunjukkan nilai variabel kontrol dalam bentuk tabel numerik pada Tabel 4.3.



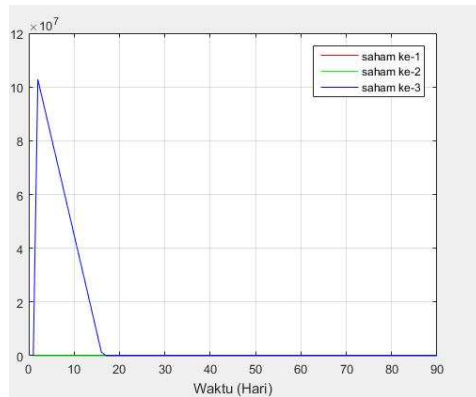
Gambar 4. 18 Nilai Transfer Dana Pinjaman dalam Portofolio

Gambar 4.18 menunjukkan pergerakan jumlah transfer modal antara rekening bank dan rekening pinjaman. Nilai dari modal variabel $\vartheta(k)$ berada dalam batasan yang ditentukan, yaitu antara -1×10^8 dan 1×10^8 . Pada saat $\vartheta(k)$ bernilai positif maka investor meminjam sejumlah modal untuk membeli saham, dan jika $\vartheta(k)$ bernilai negatif maka investor membayar modal yang telah dipinjam. Untuk lebih jelasnya akan ditunjukkan nilai variabel kontrol dalam bentuk tabel numerik pada Tabel 4.3.



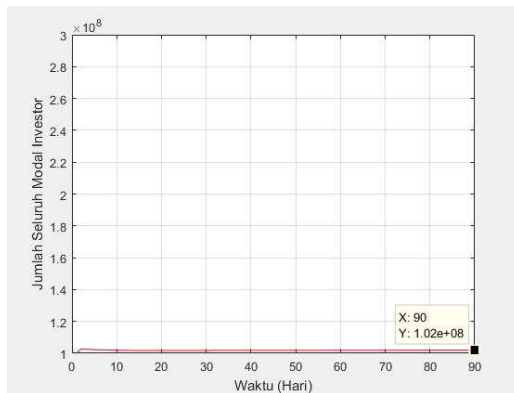
Gambar 4. 19 Perubahan Jumlah Modal Investor di Bank dan Jumlah Pinjaman Modal Investor

Dari Gambar 4.19 dapat terlihat jumlah modal investor pada bank dan jumlah pinjaman modal investor. MPC akan memberikan nilai kontrol agar investor mengetahui waktu yang tepat kapan akan meminjam modal atau membayar pinjaman, serta jumlah yang tepat pula. Untuk lebih jelasnya jumlah modal investor di bank dan jumlah pinjaman investor akan ditunjukkan dalam bentuk tabel numerik pada Tabel 4.3



Gambar 4. 20 Perubahan Jumlah Modal Investor pada Aset Saham

Dari Gambar 4.20, dapat dilihat bahwa modal yang dimiliki investor pada aset saham PT. C naik pada hari kedua, kemudian menurun terus pada hari berikutnya. Dan untuk saham PT. A dan PT. B jika diperbesar akan terlihat naik turun tetapi jumlahnya hampir mendekati nol sehingga dapat dianggap investor tidak melakukan investasi pada kedua perusahaan ini. Hal ini terjadi karena tingkat *return* pada masing-masing saham setiap harinya. Jika *return* bernilai negatif, maka MPC akan mengurangi besarnya modal yang disimpan pada aset tersebut agar terhindar dari kerugian. Namu jika tingkat *return* bernilai positif, maka jumlah modal akan bertambah. Pengendali MPC berusaha agar investor dapat memperoleh kerugian seminimal mungkin jika saham diprediksi menurun. Sehingga MPC berperan sebagai pengambil keputusan mengenai kapan waktu yang tepat untuk membeli atau menjual saham. Serta memberikan saran terbaik mengenai waktu yang tepat untuk meminjam atau membayar pinjaman modal



Gambar 4. 21 Perubahan Total Seluruh Modal Investor pada Portofolio

Dari Gambar 4.21 terlihat bahwa total seluruh modal investor pada portofolio tidak terjadi kenaikan yang signifikan.

Dengan modal awal investor 100.000.000, pada akhir masa periode peramalan, total modal investor pada portofolio hanya bertambah 2.000.000 menjadi 102.000.000. Angka tersebut masih sangat jauh dari *reference trajectory* yang diinginkan yaitu 300.000.000.

Untuk mempermudah memahami grafik pada gambar 4.15 - 4.21, di bawah ini merupakan hasil pengamatan selama 5 hari. Yaitu dari tanggal 04 Februari 2020, 05 Februari 2020, 18 Februari 2020, 25 Februari 2020, dan 05 Juni 2020.

Tabel 4. 3 Nilai Numerik Hasil Simulasi pada Pengamatan

Tanggal	Prediksi Harga Saham		
	PT. A	PT. B	PT. C
04 Feb 2020	2.961.346.322	983.053.946	1.099.263.965
05 Feb 2020	2.736.735.911	982.616.126	1.098.174.145
18 Feb 2020	2.859.077.359	978.675.753	1.088.365.760
25 Feb 2020	2.808.101.756	976.486.657	1.082.916.658
05 Juni 2020	2.063.857.946	944.525.852	1.003.359.762

Tanggal	Nilai <i>Return</i>		
	PT. A	PT. B	PT. C
04 Feb 2020	-0,00342980	-0,00044517	0,02799739
05 Feb 2020	-0,00371146	-0,00044537	-0,00099141
18 Feb 2020	-0,00355321	-0,00044716	-0,00100033
25 Feb 2020	-0,00361748	-0,00044816	-0,00100536
05 Juni 2020	-0,00491555	-0,00046332	-0,00108499

x_1	p_1	q_1
$6,7 \times 10^{-20}$	$5,865 \times 10^{-19}$	$5,193 \times 10^{-19}$
$5,422 \times 10^{-20}$	$5,066 \times 10^{-19}$	$5,192 \times 10^{-19}$
$8,317 \times 10^{-16}$	$7,811 \times 10^{-15}$	$8,502 \times 10^{-15}$
$6,675 \times 10^{-14}$	$6,964 \times 10^{-13}$	$6,381 \times 10^{-13}$
$2,336 \times 10^{-14}$	$2,722 \times 10^{-13}$	$3,063 \times 10^{-13}$

x_2	p_2	q_2
$2,815 \times 10^{-19}$	$7,255 \times 10^{-19}$	$4,439 \times 10^{-19}$
$3,577 \times 10^{-19}$	$5,292 \times 10^{-19}$	$4,528 \times 10^{-19}$
$6,757 \times 10^{-15}$	$2,857 \times 10^{-15}$	$8,892 \times 10^{-15}$
$4,293 \times 10^{-13}$	$9,091 \times 10^{-13}$	$5,382 \times 10^{-13}$
$3,287 \times 10^{-13}$	$4,787 \times 10^{-14}$	$4,821 \times 10^{-13}$

x_3	p_3	q_3
102.800.000	100.000.000	$8,434 \times 10^{-21}$
95.590.000	$1,351 \times 10^{-19}$	7.117.000
30.470.000	$2,118 \times 10^{-15}$	7.221.000
0	$2,827 \times 10^{-13}$	1.429.000
$1,1 \times 10^{-13}$	$2,081 \times 10^{-13}$	$3,667 \times 10^{-13}$

x_4	x_5	ϑ	Total Modal
0	200.100	200.000	102.600.000
6.903.000	0	-200.100	102.500.000
71.370.000	$1,052 \times 10^{-14}$	$-8,668 \times 10^{-15}$	101.800.000
101.700.000	$8,666 \times 10^{-13}$	$7,547 \times 10^{-13}$	101.700.000
102.000.000	$4,09 \times 10^{-13}$	$-5,947 \times 10^{-13}$	102.000.000

Dari Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa pada tanggal 04 Februari 2020, *return* PT. C bernilai positif, sedangkan *return* PT. A dan PT. B bernilai negatif. Hal ini menunjukkan bahwa prediksi harga saham PT. C sedang mengalami peningkatan, sedangkan harga saham PT. A dan PT. B diprediksi akan menurun. Sehingga MPC memutuskan untuk membeli saham PT. C sebesar 100.000.000 sehingga modal investor pada aset tersebut menjadi 102.800.000. Selanjutnya pada tanggal 05 Februari 2020, *return* ketiga saham bernilai negatif. Berarti pada tanggal tersebut harga ketiga saham mengalami penurunan. Maka untuk menghindari kerugian, MPC memutuskan untuk menjual saham PT. C sebesar 7.117.000 sehingga modal investor pada PT. C menjadi

95.590.000. Dana dari penjualan saham tersebut kemudian digunakan untuk membayar pinjaman dari bank sebesar 200.100 sehingga pinjaman investor menjadi 0 dan uang investor di bank menjadi 6.903.000. Pada hari selanjutnya, dapat dilihat bahwa nilai *return* PT. A, PT. B, dan PT. C terus menunjukkan angka negatif. sehingga MPC pun memutuskan untuk terus menjual sebagian saham investor agar tidak mengalami kerugian terus-menerus. Sehingga pada tanggal 05 Juni 2020, jumlah modal yang dimiliki investor menjadi 102.000.000.

Dapat dilihat dari hasil simulasi bahwa investor tidak bisa mencapai target 300.000.000 jika berinvestasi saham pada PT. A, PT. B, dan PT. C Hal ini dikarenakan prediksi harga saham yang terus mengalami penurunan, sehingga nilai *return* saham pun terus menunjukkan angka negatif yang mengakibatkan investor diprediksi akan terus mengalami kerugian.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan diberikan kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya. Selain itu akan diberikan pula saran atau rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa

1. Hasil peramalan harga saham PT. A, PT. B, dan PT. C dengan metode *Double Exponential Smoothing* menghasilkan MAPE sebesar 2.1% , 2,2% , dan 1,9%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode ini tepat dalam memprediksi harga saham perusahaan-perusahaan tersebut.
2. Pada permasalahan optimasi portofolio dalam manajemen investasi saham, *Model Predictive Control* (MPC) dapat diterapkan dengan baik. MPC dapat berusaha memberikan strategi terbaik dalam memajemen seluruh modal yang dimiliki investor. MPC juga dapat mengambil keputusan mengenai waktu dan jumlah yang tepat bagi investor untuk menjual atau membeli saham dan meminjam atau mengembalikan pinjaman modal pada portofolio saham. Berdasarkan hasil simulasi, variabel kontrol berada dalam batasan constraint yang telah ditetapkan. Akan tetapi total modal yang dihasilkan masih jauh dari target 300.000.000. Hal ini dikarenakan dari hasil prediksi harga saham yang terus mengalami penurunan sehingga investor diprediksi akan terus mengalami kerugian. Maka dari itu akan sulit

bagi investor untuk mendapatkan keuntungan yang besar jika menginvestasikan sahamnya pada PT. A, PT. B, dan PT. C

5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu

1. mempertimbangkan untuk menggunakan harga saham yang cenderung mengalami trend naik agar prediksi harga saham pun akan naik dan investor dapat memperoleh keuntungan.
2. Periode waktu dalam optimasi portofolio ditetapkan, sehingga pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan optimasi portofolio dengan beberapa variasi waktu, sehingga dapat diketahui waktu yang optimal untuk mencapai target yang telah ditetapkan investor pada permasalahan optimasi portofolio.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muthahharah, I. 2015. **Pemodelan Harga Saham Negara ASEAN Menggunakan Varma dan Varmax**. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [2] Fitria, I. 2016. **Optimasi Portofolio dalam Manajemen Investasi Saham Berdasarkan pada Prediksi Harga Saham**. Thesis Program Magister Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengentahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [3] Fatimah, R. F. N. 2018. **Perbandingan Metode EWMA dan ARCH/GARCH dalam Pembetulan Portofolio Optimal pada Saham Syariah di *Jakarta Islamic Index (JII)***. Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- [4] Syaifudin, W. H. (2015). **Penerapan Model Predictive Control (MPC) Pada Optimasi Portofolio Saham**. Thesis Program Magister Jurusan Matematika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [5] Fitria, I., Alam, M. S. K., Subchan. 2017. **Perbandingan Metode ARIMA dan *Double Exponential Smoothing* pada Peramalan Harga Saham LQ45 Tiga Perusahaan dengan Nilai *Earning Per Share (EPS)* Tertinggi**, 14(2), pp. 113-125.

- [6] Ningtiyas, S. R. 2018. **Aplikasi Metode *Double Exponential Smoothing Holt* dan ARIMA untuk Meramalkan Voluntary Counseling and Testing (VCT) ODHA di Provinsi Jawa Timur.** The Indonesian Journal of Public Health Vol 13 No. 2, Hal 156-168.
- [7] Markowitz, H. (1952). **Portfolio Selection.** Journal of Finance Vol. 7 No. 1, Hal 77-91
- [8] Bhattacharya, S., Peleiderer, P. (1985). ***Delegated Portfolio Management.*** Journal of Economic Theory 36.
- [9] Kalekar, P. S. 2004. **Time Series Forecasting Using Holt-Winters Exponential Smoothing.** Kanwal Rekhi School of Information Technology.
- [10] Tandelin, E. (2010). **Portofolio dan Investasi.** Yogyakarta. Kanisius.
- [11] Sinaga, H. D. E., Irawati, N. (2018). **Perbandingan *Double Moving Average* Dengan *Double Exponential Smoothing* Pada Peramalan Bahan Medis Habis Pakai.** JURTEKSI Vol. IV No. 2, Hal. 197-204.
- [12] Subchan, Rahmawati, E. (2019). **Pemodelan dan Optimasi Multi-Tujuan Portofolio Saham dengan Resiko Menggunakan Nadir Compromise Programming.** Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Analitika Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A Data Harga Saham Penutupan Harian PT. A

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
02-MAY-14	15000000000	10-Jun-14	13875000000
05-MAY-14	14875000000	11-Jun-14	13975000000
06-MAY-14	15000000000	12-Jun-14	13750000000
07-MAY-14	14950000000	13-Jun-14	14100000000
08-MAY-14	14650000000	16-Jun-14	13950000000
09-MAY-14	14800000000	17-Jun-14	14400000000
12-MAY-14	14650000000	18-Jun-14	14225000000
13-MAY-14	15000000000	19-Jun-14	13975000000
14-MAY-14	15000000000	20-Jun-14	13975000000
16-MAY-14	14700000000	23-Jun-14	13500000000
19-MAY-14	14500000000	24-Jun-14	13825000000
20-MAY-14	14000000000	25-Jun-14	13700000000
21-MAY-14	14500000000	26-Jun-14	13725000000
22-MAY-14	14650000000	27-Jun-14	13700000000
23-MAY-14	14350000000	30-Jun-14	13800000000
26-MAY-14	14600000000	01-Jul-14	14200000000
28-MAY-14	14375000000	02-Jul-14	14450000000
30-MAY-14	14525000000	03-Jul-14	13800000000
02-Jun-14	13900000000	04-Jul-14	14200000000
03-Jun-14	14325000000	07-Jul-14	14500000000
04-Jun-14	14300000000	08-Jul-14	14600000000
05-Jun-14	14100000000	09-Jul-14	14600000000
06-Jun-14	14075000000	10-Jul-14	14800000000
09-Jun-14	14050000000	11-Jul-14	14400000000

14-Jul-14	1400000000	01-Sep-14	1640000000
15-Jul-14	1422500000	02-Sep-14	1650000000
16-Jul-14	1545000000	03-Sep-14	1665000000
17-Jul-14	1460000000	04-Sep-14	1595000000
18-Jul-14	1450000000	05-Sep-14	1577500000
21-Jul-14	1435000000	08-Sep-14	1607500000
22-Jul-14	1420000000	09-Sep-14	1625000000
23-Jul-14	1445000000	10-Sep-14	1597500000
24-Jul-14	1452500000	11-Sep-14	1637500000
25-Jul-14	1450000000	12-Sep-14	1690000000
04-AUG-14	1475000000	15-Sep-14	1620000000
05-AUG-14	1500000000	16-Sep-14	1580000000
06-AUG-14	1492500000	17-Sep-14	1610000000
07-AUG-14	1490000000	18-Sep-14	1670000000
08-AUG-14	1452500000	19-Sep-14	1650000000
11-AUG-14	1495000000	22-Sep-14	1620000000
12-AUG-14	1500000000	23-Sep-14	1610000000
13-AUG-14	1597500000	24-Sep-14	1660000000
14-AUG-14	1625000000	25-Sep-14	1640000000
15-AUG-14	1620000000	26-Sep-14	1600000000
18-AUG-14	1630000000	29-Sep-14	1702500000
19-AUG-14	1622500000	30-Sep-14	1622500000
20-AUG-14	1645000000	01-OCT-14	1620000000
21-AUG-14	1700000000	02-OCT-14	1610000000
22-AUG-14	1665000000	03-OCT-14	1590000000
25-AUG-14	1625000000	06-OCT-14	1587500000
26-AUG-14	1620000000	07-OCT-14	1580000000
27-AUG-14	1605000000	08-OCT-14	1505000000

28-AUG-14	1600000000	09-OCT-14	1580000000
29-AUG-14	1627500000	10-OCT-14	1550000000
13-OCT-14	1512500000	24-Nov-14	1527500000
14-OCT-14	1500000000	25-Nov-14	1570000000
15-OCT-14	1490000000	26-Nov-14	1542500000
16-OCT-14	1490000000	27-Nov-14	1525000000
17-OCT-14	1562500000	28-Nov-14	1500000000
20-OCT-14	1580000000	01-DEC-14	1520000000
21-OCT-14	1595000000	02-DEC-14	1505000000
22-OCT-14	1600000000	03-DEC-14	1530000000
23-OCT-14	1600000000	04-DEC-14	1545000000
24-OCT-14	1585000000	05-DEC-14	1562500000
27-OCT-14	1530000000	08-DEC-14	1565000000
28-OCT-14	1520000000	09-DEC-14	1547500000
29-OCT-14	1515000000	10-DEC-14	1550000000
30-OCT-14	1455000000	11-DEC-14	1512500000
31-OCT-14	1462500000	12-DEC-14	1520000000
03-Nov-14	1452500000	15-DEC-14	1522500000
04-Nov-14	1472500000	16-DEC-14	1490000000
05-Nov-14	1455000000	17-DEC-14	1420000000
06-Nov-14	1427500000	18-DEC-14	1427500000
07-Nov-14	1420000000	19-DEC-14	1465000000
10-Nov-14	1410000000	22-DEC-14	1445000000
11-Nov-14	1442500000	23-DEC-14	1425000000
12-Nov-14	1490000000	24-DEC-14	1437500000
13-Nov-14	1522500000	29-DEC-14	1455000000
14-Nov-14	1520000000	30-DEC-14	1500000000
17-Nov-14	1515000000	02-Jan-15	1477500000
18-Nov-14	1522500000	05-Jan-15	1477500000
19-Nov-14	1517500000	06-Jan-15	1435000000

20-Nov-14	15200000000	07-Jan-15	14500000000
21-Nov-14	15075000000	08-Jan-15	14500000000
09-Jan-15	14300000000	23-Feb-15	17500000000
12-Jan-15	14450000000	24-Feb-15	17350000000
13-Jan-15	14600000000	25-Feb-15	17000000000
14-Jan-15	14200000000	26-Feb-15	17200000000
15-Jan-15	14650000000	27-Feb-15	17850000000
16-Jan-15	14525000000	02-Mar-15	18500000000
19-Jan-15	14550000000	03-Mar-15	17750000000
20-Jan-15	14700000000	04-Mar-15	17500000000
21-Jan-15	15600000000	05-Mar-15	17950000000
22-Jan-15	15500000000	06-Mar-15	18175000000
23-Jan-15	16200000000	09-Mar-15	18100000000
26-Jan-15	15600000000	10-Mar-15	17850000000
27-Jan-15	15375000000	11-Mar-15	17700000000
28-Jan-15	15675000000	12-Mar-15	17950000000
29-Jan-15	15450000000	13-Mar-15	17850000000
30-Jan-15	15525000000	16-Mar-15	17550000000
02-Feb-15	15400000000	17-Mar-15	17650000000
03-Feb-15	15600000000	18-Mar-15	17550000000
04-Feb-15	15275000000	19-Mar-15	18025000000
05-Feb-15	14850000000	20-Mar-15	18300000000
06-Feb-15	15600000000	23-Mar-15	17925000000
09-Feb-15	15300000000	24-Mar-15	17900000000
10-Feb-15	15700000000	25-Mar-15	18200000000
11-Feb-15	15400000000	26-Mar-15	18000000000
12-Feb-15	15400000000	27-Mar-15	18600000000
13-Feb-15	15650000000	30-Mar-15	18800000000
16-Feb-15	15425000000	31-Mar-15	19700000000
17-Feb-15	15700000000	01-Apr-15	19950000000

18-Feb-15	1700000000	02-Apr-15	1917500000
20-Feb-15	1745000000	06-Apr-15	1935000000
07-Apr-15	1940000000	21-MAY-15	1750000000
08-Apr-15	1942500000	22-MAY-15	1755000000
09-Apr-15	1870000000	25-MAY-15	1732500000
10-Apr-15	1895000000	26-MAY-15	1770000000
13-Apr-15	1857500000	27-MAY-15	1750000000
14-Apr-15	1820000000	28-MAY-15	1745000000
15-Apr-15	1822500000	29-MAY-15	1745000000
16-Apr-15	1910000000	01-Jun-15	1732500000
17-Apr-15	1830000000	03-Jun-15	1737500000
20-Apr-15	1815000000	04-Jun-15	1735000000
21-Apr-15	1900000000	05-Jun-15	1750000000
22-Apr-15	1870000000	08-Jun-15	1632500000
23-Apr-15	1820000000	09-Jun-15	1680000000
24-Apr-15	1832500000	10-Jun-15	1640000000
27-Apr-15	1800000000	11-Jun-15	1767500000
28-Apr-15	1700000000	12-Jun-15	1700000000
29-Apr-15	1700000000	15-Jun-15	1632500000
30-Apr-15	1750000000	16-Jun-15	1635000000
04-MAY-15	1725000000	17-Jun-15	1655000000
05-MAY-15	1712500000	18-Jun-15	1725000000
06-MAY-15	1700000000	19-Jun-15	1750000000
07-MAY-15	1707500000	22-Jun-15	1740000000
08-MAY-15	1687500000	23-Jun-15	1740000000
11-MAY-15	1687500000	24-Jun-15	1697500000
12-MAY-15	1650000000	25-Jun-15	1662500000
13-MAY-15	1692500000	26-Jun-15	1680000000
15-MAY-15	1735000000	29-Jun-15	1670000000
18-MAY-15	1747500000	30-Jun-15	1655000000

19-MAY-15	18025000000	01-Jul-15	15800000000
20-MAY-15	17975000000	02-Jul-15	17050000000
03-Jul-15	17675000000	21-AUG-15	15550000000
06-Jul-15	17425000000	24-AUG-15	14900000000
07-Jul-15	17500000000	25-AUG-15	15650000000
08-Jul-15	17600000000	26-AUG-15	14975000000
09-Jul-15	16700000000	27-AUG-15	16700000000
10-Jul-15	17300000000	28-AUG-15	16700000000
13-Jul-15	17300000000	31-AUG-15	17525000000
14-Jul-15	17600000000	01-Sep-15	16650000000
15-Jul-15	17300000000	02-Sep-15	16300000000
22-Jul-15	18125000000	03-Sep-15	16100000000
23-Jul-15	17650000000	04-Sep-15	16500000000
24-Jul-15	17300000000	07-Sep-15	15700000000
27-Jul-15	17050000000	08-Sep-15	15325000000
28-Jul-15	16775000000	09-Sep-15	15275000000
29-Jul-15	16725000000	10-Sep-15	16100000000
30-Jul-15	17000000000	11-Sep-15	16000000000
31-Jul-15	17500000000	14-Sep-15	16075000000
03-AUG-15	17400000000	15-Sep-15	15500000000
04-AUG-15	17500000000	16-Sep-15	15650000000
05-AUG-15	18100000000	17-Sep-15	16675000000
06-AUG-15	18000000000	18-Sep-15	17225000000
07-AUG-15	18000000000	21-Sep-15	16850000000
10-AUG-15	18400000000	22-Sep-15	16700000000
11-AUG-15	18325000000	23-Sep-15	16250000000
12-AUG-15	16875000000	25-Sep-15	15800000000
13-AUG-15	17200000000	28-Sep-15	15700000000
14-AUG-15	17100000000	29-Sep-15	15375000000
18-AUG-15	17300000000	30-Sep-15	16100000000

19-AUG-15	16775000000	01-OCT-15	15900000000
20-AUG-15	16725000000	02-OCT-15	15825000000
05-OCT-15	16325000000	17-Nov-15	15750000000
06-OCT-15	16500000000	18-Nov-15	15325000000
07-OCT-15	16925000000	19-Nov-15	15750000000
08-OCT-15	16500000000	20-Nov-15	15975000000
09-OCT-15	16650000000	23-Nov-15	16250000000
12-OCT-15	16025000000	24-Nov-15	16250000000
13-OCT-15	15750000000	25-Nov-15	16750000000
15-OCT-15	15925000000	26-Nov-15	16500000000
16-OCT-15	16300000000	27-Nov-15	16450000000
19-OCT-15	16300000000	30-Nov-15	15650000000
20-OCT-15	16250000000	01-DEC-15	16475000000
21-OCT-15	16400000000	02-DEC-15	15975000000
22-OCT-15	16100000000	03-DEC-15	15950000000
23-OCT-15	16475000000	04-DEC-15	16375000000
26-OCT-15	17425000000	07-DEC-15	17150000000
27-OCT-15	18025000000	08-DEC-15	16325000000
28-OCT-15	17000000000	09-DEC-15	16325000000
29-OCT-15	16350000000	10-DEC-15	16500000000
30-OCT-15	16575000000	11-DEC-15	16150000000
02-Nov-15	16400000000	14-DEC-15	16500000000
03-Nov-15	16450000000	15-DEC-15	17025000000
04-Nov-15	16250000000	16-DEC-15	17100000000
05-Nov-15	16050000000	17-DEC-15	17875000000
06-Nov-15	15750000000	18-DEC-15	17225000000
09-Nov-15	15300000000	21-DEC-15	16800000000
10-Nov-15	15275000000	22-DEC-15	17500000000
11-Nov-15	14925000000	23-DEC-15	17125000000
12-Nov-15	15000000000	28-DEC-15	17600000000

13-Nov-15	14650000000	29-DEC-15	17300000000
16-Nov-15	14900000000	30-DEC-15	17600000000
04-Jan-16	17275000000	16-Feb-16	16500000000
05-Jan-16	16500000000	17-Feb-16	16500000000
06-Jan-16	17100000000	18-Feb-16	16600000000
07-Jan-16	16425000000	19-Feb-16	16100000000
08-Jan-16	16125000000	22-Feb-16	16525000000
11-Jan-16	16150000000	23-Feb-16	16250000000
12-Jan-16	16325000000	24-Feb-16	16975000000
13-Jan-16	16975000000	25-Feb-16	16950000000
14-Jan-16	16650000000	26-Feb-16	17000000000
15-Jan-16	17375000000	29-Feb-16	18475000000
18-Jan-16	17050000000	01-Mar-16	17650000000
19-Jan-16	17225000000	02-Mar-16	17650000000
20-Jan-16	16800000000	03-Mar-16	17725000000
21-Jan-16	16500000000	04-Mar-16	17275000000
22-Jan-16	16200000000	07-Mar-16	16950000000
25-Jan-16	15900000000	08-Mar-16	16800000000
26-Jan-16	16000000000	10-Mar-16	17700000000
27-Jan-16	16100000000	11-Mar-16	17700000000
28-Jan-16	16425000000	14-Mar-16	17700000000
29-Jan-16	16000000000	15-Mar-16	17850000000
01-Feb-16	16150000000	16-Mar-16	17800000000
02-Feb-16	16150000000	17-Mar-16	18275000000
03-Feb-16	16125000000	18-Mar-16	18250000000
04-Feb-16	16125000000	21-Mar-16	18000000000
05-Feb-16	17600000000	22-Mar-16	18200000000
09-Feb-16	17500000000	23-Mar-16	18100000000
10-Feb-16	16900000000	24-Mar-16	18000000000
11-Feb-16	16700000000	28-Mar-16	17500000000

12-Feb-16	16075000000	29-Mar-16	17225000000
15-Feb-16	16175000000	30-Mar-16	18000000000
31-Mar-16	18350000000	16-MAY-16	19150000000
01-Apr-16	18175000000	17-MAY-16	18800000000
04-Apr-16	18000000000	18-MAY-16	18800000000
05-Apr-16	18000000000	19-MAY-16	17850000000
06-Apr-16	18050000000	20-MAY-16	18050000000
07-Apr-16	19100000000	23-MAY-16	18350000000
08-Apr-16	18325000000	24-MAY-16	18000000000
11-Apr-16	18325000000	25-MAY-16	18650000000
12-Apr-16	17950000000	26-MAY-16	18600000000
13-Apr-16	17950000000	27-MAY-16	18800000000
14-Apr-16	17950000000	30-MAY-16	18650000000
15-Apr-16	17950000000	31-MAY-16	18975000000
18-Apr-16	17950000000	01-Jun-16	18850000000
19-Apr-16	17950000000	02-Jun-16	19075000000
20-Apr-16	18000000000	03-Jun-16	18975000000
21-Apr-16	17725000000	06-Jun-16	19250000000
22-Apr-16	17750000000	07-Jun-16	19250000000
25-Apr-16	17700000000	08-Jun-16	18775000000
26-Apr-16	17900000000	09-Jun-16	18900000000
27-Apr-16	18800000000	10-Jun-16	19125000000
28-Apr-16	18275000000	13-Jun-16	18800000000
29-Apr-16	19000000000	14-Jun-16	18750000000
02-MAY-16	19000000000	15-Jun-16	18950000000
03-MAY-16	19000000000	16-Jun-16	19000000000
04-MAY-16	19000000000	17-Jun-16	19250000000
09-MAY-16	18475000000	20-Jun-16	19525000000
10-MAY-16	19000000000	21-Jun-16	19925000000
11-MAY-16	18500000000	22-Jun-16	20100000000

12-MAY-16	19150000000	23-Jun-16	19625000000
13-MAY-16	19025000000	24-Jun-16	20000000000
27-Jun-16	20000000000	15-AUG-16	20650000000
28-Jun-16	19500000000	16-AUG-16	20925000000
29-Jun-16	20150000000	18-AUG-16	21000000000
30-Jun-16	20000000000	19-AUG-16	20150000000
01-Jul-16	19750000000	22-AUG-16	20400000000
11-Jul-16	20750000000	23-AUG-16	20500000000
12-Jul-16	20800000000	24-AUG-16	19875000000
13-Jul-16	21275000000	25-AUG-16	20425000000
14-Jul-16	20825000000	26-AUG-16	20200000000
15-Jul-16	21500000000	29-AUG-16	20125000000
18-Jul-16	20850000000	30-AUG-16	20000000000
19-Jul-16	20975000000	31-AUG-16	20000000000
20-Jul-16	21050000000	01-Sep-16	19200000000
21-Jul-16	21000000000	02-Sep-16	19225000000
22-Jul-16	21000000000	05-Sep-16	19700000000
25-Jul-16	21150000000	06-Sep-16	19100000000
26-Jul-16	21000000000	07-Sep-16	18750000000
27-Jul-16	21500000000	08-Sep-16	18025000000
28-Jul-16	20800000000	09-Sep-16	18075000000
29-Jul-16	19925000000	13-Sep-16	18200000000
01-AUG-16	20000000000	14-Sep-16	18000000000
02-AUG-16	21300000000	15-Sep-16	18550000000
03-AUG-16	21000000000	16-Sep-16	18400000000
04-AUG-16	21025000000	19-Sep-16	19550000000
05-AUG-16	20825000000	20-Sep-16	18900000000
08-AUG-16	21025000000	21-Sep-16	18800000000
09-AUG-16	20700000000	22-Sep-16	18850000000
10-AUG-16	21100000000	23-Sep-16	19200000000

11-AUG-16	20900000000	26-Sep-16	19100000000
12-AUG-16	20900000000	27-Sep-16	19025000000
28-Sep-16	18600000000	09-Nov-16	16700000000
29-Sep-16	19025000000	10-Nov-16	17100000000
30-Sep-16	18475000000	11-Nov-16	15850000000
03-OCT-16	19200000000	14-Nov-16	15500000000
04-OCT-16	18900000000	15-Nov-16	15100000000
05-OCT-16	18775000000	16-Nov-16	14800000000
06-OCT-16	18725000000	17-Nov-16	15425000000
07-OCT-16	18175000000	18-Nov-16	15200000000
10-OCT-16	18200000000	21-Nov-16	14700000000
11-OCT-16	17700000000	22-Nov-16	13325000000
12-OCT-16	17575000000	23-Nov-16	14575000000
13-OCT-16	17500000000	24-Nov-16	14400000000
14-OCT-16	18400000000	25-Nov-16	14100000000
17-OCT-16	18600000000	28-Nov-16	14250000000
18-OCT-16	19100000000	29-Nov-16	14650000000
19-OCT-16	18925000000	30-Nov-16	14400000000
20-OCT-16	19150000000	01-DEC-16	14375000000
21-OCT-16	19250000000	02-DEC-16	14950000000
24-OCT-16	19000000000	05-DEC-16	14450000000
25-OCT-16	18300000000	06-DEC-16	14700000000
26-OCT-16	17675000000	07-DEC-16	15200000000
27-OCT-16	17850000000	08-DEC-16	15700000000
28-OCT-16	18100000000	09-DEC-16	15400000000
31-OCT-16	18025000000	13-DEC-16	14800000000
01-Nov-16	16850000000	14-DEC-16	14425000000
02-Nov-16	16325000000	15-DEC-16	14400000000
03-Nov-16	16100000000	16-DEC-16	14500000000
04-Nov-16	15925000000	19-DEC-16	14950000000

07-Nov-16	15825000000	20-DEC-16	14475000000
08-Nov-16	16500000000	21-DEC-16	14500000000
22-DEC-16	14450000000	03-Feb-17	15125000000
23-DEC-16	14275000000	06-Feb-17	15150000000
27-DEC-16	14025000000	07-Feb-17	15250000000
28-DEC-16	14725000000	08-Feb-17	15325000000
29-DEC-16	15100000000	09-Feb-17	15325000000
30-DEC-16	15125000000	10-Feb-17	15325000000
02-Jan-17	15125000000	13-Feb-17	15150000000
03-Jan-17	15050000000	14-Feb-17	15150000000
04-Jan-17	15150000000	15-Feb-17	15150000000
05-Jan-17	15525000000	16-Feb-17	14800000000
06-Jan-17	15800000000	17-Feb-17	14275000000
09-Jan-17	15575000000	20-Feb-17	14275000000
10-Jan-17	15675000000	21-Feb-17	14475000000
11-Jan-17	15325000000	22-Feb-17	14750000000
12-Jan-17	15250000000	23-Feb-17	14975000000
13-Jan-17	15150000000	24-Feb-17	14400000000
16-Jan-17	14925000000	27-Feb-17	14000000000
17-Jan-17	14925000000	28-Feb-17	13650000000
18-Jan-17	14700000000	03-Mar-17	13100000000
19-Jan-17	14900000000	06-Mar-17	13075000000
20-Jan-17	14875000000	07-Mar-17	13200000000
23-Jan-17	14875000000	08-Mar-17	13050000000
24-Jan-17	15025000000	09-Mar-17	13225000000
25-Jan-17	15150000000	10-Mar-17	13200000000
26-Jan-17	15100000000	13-Mar-17	13050000000
27-Jan-17	14950000000	14-Mar-17	13150000000
30-Jan-17	14975000000	15-Mar-17	13225000000
31-Jan-17	14775000000	16-Mar-17	13525000000

01-Feb-17	14775000000	20-Mar-17	13750000000
02-Feb-17	14950000000	21-Mar-17	14075000000
22-Mar-17	14350000000	09-MAY-17	15075000000
23-Mar-17	14250000000	10-MAY-17	14550000000
24-Mar-17	13900000000	12-MAY-17	14800000000
27-Mar-17	13550000000	15-MAY-17	15025000000
29-Mar-17	13325000000	16-MAY-17	14950000000
30-Mar-17	13125000000	17-MAY-17	14800000000
31-Mar-17	13175000000	18-MAY-17	14650000000
03-Apr-17	13500000000	19-MAY-17	15350000000
04-Apr-17	13125000000	22-MAY-17	15900000000
05-Apr-17	13125000000	23-MAY-17	15500000000
06-Apr-17	13400000000	24-MAY-17	15000000000
07-Apr-17	13250000000	26-MAY-17	14250000000
10-Apr-17	13475000000	29-MAY-17	14450000000
11-Apr-17	13300000000	30-MAY-17	14600000000
12-Apr-17	13875000000	31-MAY-17	15100000000
13-Apr-17	13450000000	01-Jun-17	15100000000
17-Apr-17	13350000000	02-Jun-17	15200000000
18-Apr-17	13375000000	05-Jun-17	14800000000
19-Apr-17	13375000000	06-Jun-17	14800000000
20-Apr-17	13250000000	07-Jun-17	14525000000
21-Apr-17	13300000000	08-Jun-17	14525000000
25-Apr-17	13450000000	09-Jun-17	14600000000
26-Apr-17	14000000000	12-Jun-17	14575000000
27-Apr-17	14750000000	13-Jun-17	14675000000
28-Apr-17	14600000000	14-Jun-17	14675000000
02-MAY-17	14800000000	15-Jun-17	14825000000
03-MAY-17	14875000000	16-Jun-17	14500000000
04-MAY-17	15275000000	19-Jun-17	14525000000

05-MAY-17	15775000000	20-Jun-17	14550000000
08-MAY-17	15750000000	21-Jun-17	14250000000
22-Jun-17	14175000000	03-AUG-17	10950000000
23-Jun-17	14175000000	04-AUG-17	11375000000
26-Jun-17	14175000000	07-AUG-17	11200000000
27-Jun-17	14175000000	08-AUG-17	11350000000
28-Jun-17	14175000000	09-AUG-17	11300000000
29-Jun-17	14175000000	10-AUG-17	10850000000
30-Jun-17	14175000000	11-AUG-17	10475000000
03-Jul-17	14200000000	14-AUG-17	10975000000
04-Jul-17	13800000000	15-AUG-17	11250000000
05-Jul-17	13300000000	16-AUG-17	11025000000
06-Jul-17	13300000000	17-AUG-17	11025000000
07-Jul-17	12800000000	18-AUG-17	11000000000
10-Jul-17	12350000000	21-AUG-17	10600000000
11-Jul-17	12075000000	22-AUG-17	10550000000
12-Jul-17	11950000000	23-AUG-17	10775000000
13-Jul-17	12100000000	24-AUG-17	10900000000
14-Jul-17	12150000000	25-AUG-17	10700000000
17-Jul-17	12625000000	28-AUG-17	10600000000
18-Jul-17	12600000000	29-AUG-17	10375000000
19-Jul-17	13000000000	30-AUG-17	10400000000
20-Jul-17	12350000000	31-AUG-17	10000000000
21-Jul-17	12150000000	01-Sep-17	10000000000
24-Jul-17	12575000000	04-Sep-17	10150000000
25-Jul-17	12975000000	05-Sep-17	10225000000
26-Jul-17	13000000000	06-Sep-17	10100000000
27-Jul-17	13000000000	07-Sep-17	10000000000
28-Jul-17	12200000000	08-Sep-17	10025000000
31-Jul-17	12675000000	11-Sep-17	9675000000

01-AUG-17	11450000000	12-Sep-17	9350000000
02-AUG-17	10550000000	13-Sep-17	9500000000
14-Sep-17	9725000000	26-OCT-17	9025000000
15-Sep-17	10200000000	27-OCT-17	8600000000
18-Sep-17	9925000000	30-OCT-17	8675000000
19-Sep-17	10325000000	31-OCT-17	8600000000
20-Sep-17	9900000000	01-Nov-17	9600000000
21-Sep-17	9900000000	02-Nov-17	10150000000
22-Sep-17	9850000000	03-Nov-17	10200000000
25-Sep-17	9750000000	06-Nov-17	10150000000
26-Sep-17	9950000000	07-Nov-17	10275000000
27-Sep-17	9625000000	08-Nov-17	10600000000
28-Sep-17	9400000000	09-Nov-17	10000000000
29-Sep-17	9275000000	10-Nov-17	9900000000
02-OCT-17	9675000000	13-Nov-17	10200000000
03-OCT-17	9875000000	14-Nov-17	10500000000
04-OCT-17	9675000000	15-Nov-17	10400000000
05-OCT-17	9650000000	16-Nov-17	10600000000
06-OCT-17	9800000000	17-Nov-17	10975000000
09-OCT-17	9750000000	20-Nov-17	11300000000
10-OCT-17	9500000000	21-Nov-17	11300000000
11-OCT-17	9200000000	22-Nov-17	11400000000
12-OCT-17	9350000000	23-Nov-17	11600000000
13-OCT-17	9400000000	24-Nov-17	11475000000
16-OCT-17	9650000000	27-Nov-17	11125000000
17-OCT-17	9650000000	28-Nov-17	11175000000
18-OCT-17	9700000000	29-Nov-17	11150000000
19-OCT-17	9600000000	30-Nov-17	10600000000
20-OCT-17	9250000000	01-DEC-17	10600000000
23-OCT-17	9500000000	04-DEC-17	10500000000

24-OCT-17	9425000000	05-DEC-17	9775000000
25-OCT-17	9100000000	06-DEC-17	10100000000
07-DEC-17	10275000000	18-Jan-18	10600000000
08-DEC-17	10000000000	19-Jan-18	11000000000
11-DEC-17	9850000000	22-Jan-18	10625000000
12-DEC-17	9650000000	23-Jan-18	11075000000
13-DEC-17	10250000000	24-Jan-18	11225000000
14-DEC-17	11300000000	25-Jan-18	11225000000
15-DEC-17	10950000000	26-Jan-18	11200000000
18-DEC-17	11100000000	29-Jan-18	11100000000
19-DEC-17	10975000000	30-Jan-18	10975000000
20-DEC-17	10600000000	31-Jan-18	11125000000
21-DEC-17	10875000000	01-Feb-18	11250000000
22-DEC-17	10875000000	02-Feb-18	10850000000
25-DEC-17	10875000000	05-Feb-18	10500000000
26-DEC-17	10875000000	06-Feb-18	10000000000
27-DEC-17	11050000000	07-Feb-18	10400000000
28-DEC-17	11000000000	08-Feb-18	10575000000
29-DEC-17	10000000000	09-Feb-18	10200000000
01-Jan-18	10000000000	12-Feb-18	10225000000
02-Jan-18	10675000000	13-Feb-18	10675000000
03-Jan-18	10950000000	14-Feb-18	10375000000
04-Jan-18	11075000000	15-Feb-18	10550000000
05-Jan-18	11500000000	16-Feb-18	10550000000
08-Jan-18	11250000000	19-Feb-18	11100000000
09-Jan-18	11025000000	20-Feb-18	11075000000
10-Jan-18	11025000000	21-Feb-18	10575000000
11-Jan-18	11375000000	22-Feb-18	10225000000
12-Jan-18	10625000000	23-Feb-18	10100000000
15-Jan-18	10800000000	26-Feb-18	9925000000

16-Jan-18	10425000000	27-Feb-18	9350000000
17-Jan-18	10625000000	28-Feb-18	10650000000
01-Mar-18	11250000000	12-Apr-18	10850000000
02-Mar-18	10800000000	13-Apr-18	10700000000
05-Mar-18	11000000000	16-Apr-18	10700000000
06-Mar-18	11050000000	17-Apr-18	10700000000
07-Mar-18	10750000000	18-Apr-18	10475000000
08-Mar-18	10500000000	19-Apr-18	10475000000
09-Mar-18	11000000000	20-Apr-18	10475000000
12-Mar-18	11600000000	23-Apr-18	10900000000
13-Mar-18	11650000000	24-Apr-18	10975000000
14-Mar-18	11200000000	25-Apr-18	10975000000
15-Mar-18	11500000000	26-Apr-18	10975000000
16-Mar-18	11500000000	27-Apr-18	10975000000
19-Mar-18	11500000000	30-Apr-18	10350000000
20-Mar-18	11350000000	01-MAY-18	10350000000
21-Mar-18	11200000000	02-MAY-18	10000000000
22-Mar-18	11175000000	03-MAY-18	9375000000
23-Mar-18	10800000000	04-MAY-18	9600000000
26-Mar-18	10900000000	07-MAY-18	9400000000
27-Mar-18	10925000000	08-MAY-18	8725000000
28-Mar-18	10600000000	09-MAY-18	8700000000
29-Mar-18	10950000000	10-MAY-18	8700000000
30-Mar-18	10950000000	11-MAY-18	9400000000
02-Apr-18	10575000000	14-MAY-18	9375000000
03-Apr-18	10950000000	15-MAY-18	9200000000
04-Apr-18	10975000000	16-MAY-18	8950000000
05-Apr-18	11075000000	17-MAY-18	8725000000
06-Apr-18	11100000000	18-MAY-18	8800000000
09-Apr-18	11200000000	21-MAY-18	8975000000

10-Apr-18	11050000000	22-MAY-18	8950000000
11-Apr-18	10975000000	23-MAY-18	8800000000
24-MAY-18	9400000000	05-Jul-18	8800000000
25-MAY-18	9400000000	06-Jul-18	8675000000
28-MAY-18	9900000000	09-Jul-18	8450000000
29-MAY-18	9900000000	10-Jul-18	8500000000
30-MAY-18	9150000000	11-Jul-18	8175000000
31-MAY-18	9150000000	12-Jul-18	7975000000
01-Jun-18	9150000000	13-Jul-18	8150000000
04-Jun-18	9000000000	16-Jul-18	8150000000
05-Jun-18	9000000000	17-Jul-18	8025000000
06-Jun-18	8850000000	18-Jul-18	8175000000
07-Jun-18	8925000000	19-Jul-18	8400000000
08-Jun-18	9000000000	20-Jul-18	8700000000
11-Jun-18	9000000000	23-Jul-18	9300000000
12-Jun-18	9000000000	24-Jul-18	9450000000
13-Jun-18	9000000000	25-Jul-18	9450000000
14-Jun-18	9000000000	26-Jul-18	9550000000
15-Jun-18	9000000000	27-Jul-18	9450000000
18-Jun-18	9000000000	30-Jul-18	9500000000
19-Jun-18	9000000000	31-Jul-18	8025000000
20-Jun-18	8825000000	01-AUG-18	7950000000
21-Jun-18	8575000000	02-AUG-18	7400000000
22-Jun-18	8450000000	03-AUG-18	7100000000
25-Jun-18	8250000000	06-AUG-18	6800000000
26-Jun-18	8600000000	07-AUG-18	6250000000
27-Jun-18	8475000000	08-AUG-18	6500000000
28-Jun-18	8575000000	09-AUG-18	6500000000
29-Jun-18	8800000000	10-AUG-18	6675000000
02-Jul-18	8800000000	13-AUG-18	6375000000

03-Jul-18	8500000000	14-AUG-18	6100000000
04-Jul-18	8650000000	15-AUG-18	6125000000
16-AUG-18	6425000000	27-Sep-18	6900000000
17-AUG-18	6425000000	28-Sep-18	6925000000
20-AUG-18	7000000000	01-OCT-18	6850000000
21-AUG-18	7050000000	02-OCT-18	7100000000
22-AUG-18	7050000000	03-OCT-18	6875000000
23-AUG-18	6750000000	04-OCT-18	6550000000
24-AUG-18	6475000000	05-OCT-18	6475000000
27-AUG-18	6775000000	08-OCT-18	6700000000
28-AUG-18	6700000000	09-OCT-18	6525000000
29-AUG-18	7550000000	10-OCT-18	6275000000
30-AUG-18	7500000000	11-OCT-18	6000000000
31-AUG-18	7500000000	12-OCT-18	5975000000
03-Sep-18	7375000000	15-OCT-18	6000000000
04-Sep-18	7075000000	16-OCT-18	6050000000
05-Sep-18	6525000000	17-OCT-18	6150000000
06-Sep-18	6375000000	18-OCT-18	5900000000
07-Sep-18	6500000000	19-OCT-18	5625000000
10-Sep-18	6725000000	23-OCT-18	4990000000
11-Sep-18	6725000000	25-OCT-18	4700000000
12-Sep-18	6550000000	29-OCT-18	4940000000
13-Sep-18	6450000000	30-OCT-18	4790000000
14-Sep-18	6475000000	31-OCT-18	4850000000
17-Sep-18	6425000000	01-Nov-18	4830000000
18-Sep-18	6250000000	02-Nov-18	4830000000
19-Sep-18	6425000000	05-Nov-18	4770000000
20-Sep-18	6525000000	06-Nov-18	4680000000
21-Sep-18	6675000000	07-Nov-18	4730000000
24-Sep-18	6675000000	08-Nov-18	5200000000

25-Sep-18	6550000000	09-Nov-18	5275000000
26-Sep-18	6700000000	12-Nov-18	4760000000
13-Nov-18	4790000000	27-DEC-18	6100000000
15-Nov-18	4500000000	28-DEC-18	5600000000
16-Nov-18	4500000000	31-DEC-18	5600000000
19-Nov-18	4490000000	01-Jan-19	5600000000
20-Nov-18	4490000000	02-Jan-19	5625000000
21-Nov-18	4350000000	03-Jan-19	5775000000
22-Nov-18	4300000000	04-Jan-19	5775000000
23-Nov-18	4460000000	07-Jan-19	5775000000
26-Nov-18	4460000000	08-Jan-19	5725000000
27-Nov-18	4400000000	09-Jan-19	5750000000
28-Nov-18	4510000000	10-Jan-19	6150000000
29-Nov-18	4680000000	11-Jan-19	6000000000
03-DEC-18	5475000000	14-Jan-19	6000000000
04-DEC-18	5325000000	15-Jan-19	6225000000
05-DEC-18	5200000000	16-Jan-19	6150000000
06-DEC-18	4980000000	17-Jan-19	5900000000
07-DEC-18	4920000000	18-Jan-19	6000000000
10-DEC-18	5175000000	21-Jan-19	6275000000
11-DEC-18	5500000000	22-Jan-19	6600000000
12-DEC-18	5575000000	23-Jan-19	6600000000
13-DEC-18	5625000000	24-Jan-19	6775000000
14-DEC-18	5625000000	25-Jan-19	7075000000
17-DEC-18	5825000000	28-Jan-19	7250000000
18-DEC-18	5825000000	29-Jan-19	6975000000
19-DEC-18	5900000000	30-Jan-19	6775000000
20-DEC-18	5800000000	31-Jan-19	7000000000
21-DEC-18	5825000000	01-Feb-19	6850000000
24-DEC-18	5825000000	04-Feb-19	6575000000

25-DEC-18	5825000000	05-Feb-19	6575000000
26-DEC-18	5825000000	06-Feb-19	6675000000
07-Feb-19	6575000000	26-Mar-19	3950000000
08-Feb-19	6700000000	27-Mar-19	3910000000
11-Feb-19	7000000000	28-Mar-19	4050000000
12-Feb-19	6750000000	29-Mar-19	4050000000
13-Feb-19	6700000000	01-Apr-19	4030000000
14-Feb-19	6000000000	02-Apr-19	4000000000
15-Feb-19	6150000000	03-Apr-19	4000000000
18-Feb-19	5925000000	04-Apr-19	3860000000
19-Feb-19	6000000000	05-Apr-19	3940000000
20-Feb-19	5925000000	08-Apr-19	3830000000
21-Feb-19	5800000000	09-Apr-19	3870000000
22-Feb-19	5775000000	10-Apr-19	3820000000
25-Feb-19	5975000000	11-Apr-19	3820000000
26-Feb-19	5700000000	12-Apr-19	3740000000
27-Feb-19	5550000000	15-Apr-19	3690000000
28-Feb-19	5750000000	16-Apr-19	3590000000
01-Mar-19	5950000000	17-Apr-19	3590000000
04-Mar-19	5500000000	18-Apr-19	3640000000
07-Mar-19	3600000000	19-Apr-19	3640000000
11-Mar-19	3650000000	22-Apr-19	3800000000
12-Mar-19	3470000000	23-Apr-19	3890000000
13-Mar-19	3460000000	24-Apr-19	3900000000
14-Mar-19	3690000000	25-Apr-19	4050000000
15-Mar-19	3790000000	26-Apr-19	4320000000
18-Mar-19	4160000000	29-Apr-19	4370000000
19-Mar-19	4060000000	01-MAY-19	4070000000
20-Mar-19	4110000000	02-MAY-19	4050000000
21-Mar-19	4150000000	03-MAY-19	4090000000

22-Mar-19	4150000000	06-MAY-19	4090000000
25-Mar-19	4040000000	07-MAY-19	4040000000
08-MAY-19	3840000000	19-Jun-19	3460000000
09-MAY-19	3860000000	20-Jun-19	3440000000
10-MAY-19	3830000000	21-Jun-19	3480000000
13-MAY-19	3860000000	24-Jun-19	3390000000
14-MAY-19	3710000000	25-Jun-19	3410000000
15-MAY-19	3650000000	26-Jun-19	3450000000
16-MAY-19	3630000000	27-Jun-19	3430000000
17-MAY-19	3670000000	28-Jun-19	3450000000
20-MAY-19	3720000000	01-Jul-19	3440000000
21-MAY-19	3760000000	02-Jul-19	3540000000
22-MAY-19	3680000000	03-Jul-19	3410000000
23-MAY-19	3750000000	04-Jul-19	3350000000
24-MAY-19	3780000000	05-Jul-19	3340000000
27-MAY-19	3760000000	08-Jul-19	3320000000
28-MAY-19	3720000000	09-Jul-19	3310000000
29-MAY-19	3750000000	10-Jul-19	3270000000
30-MAY-19	3750000000	11-Jul-19	3270000000
31-MAY-19	3750000000	12-Jul-19	3260000000
03-Jun-19	3750000000	15-Jul-19	3260000000
04-Jun-19	3750000000	16-Jul-19	3270000000
05-Jun-19	3750000000	17-Jul-19	3270000000
06-Jun-19	3750000000	18-Jul-19	3250000000
07-Jun-19	3750000000	19-Jul-19	3250000000
10-Jun-19	3750000000	22-Jul-19	3260000000
11-Jun-19	3750000000	23-Jul-19	3480000000
12-Jun-19	3650000000	25-Jul-19	3800000000
13-Jun-19	3510000000	26-Jul-19	3700000000
14-Jun-19	3400000000	29-Jul-19	3770000000

17-Jun-19	3370000000	30-Jul-19	3840000000
18-Jun-19	3330000000	31-Jul-19	3730000000
01-AUG-19	3540000000	12-Sep-19	3060000000
02-AUG-19	3450000000	13-Sep-19	3030000000
05-AUG-19	3300000000	16-Sep-19	3010000000
06-AUG-19	3290000000	17-Sep-19	3010000000
07-AUG-19	3270000000	18-Sep-19	3000000000
08-AUG-19	3290000000	19-Sep-19	3030000000
09-AUG-19	3270000000	20-Sep-19	3200000000
12-AUG-19	3250000000	23-Sep-19	3120000000
13-AUG-19	3220000000	24-Sep-19	3050000000
14-AUG-19	3250000000	25-Sep-19	3020000000
15-AUG-19	3270000000	26-Sep-19	3060000000
16-AUG-19	3250000000	27-Sep-19	3240000000
19-AUG-19	3230000000	30-Sep-19	3430000000
20-AUG-19	3160000000	01-OCT-19	3690000000
21-AUG-19	3150000000	02-OCT-19	3520000000
22-AUG-19	3030000000	03-OCT-19	3580000000
23-AUG-19	3100000000	04-OCT-19	3800000000
26-AUG-19	3000000000	07-OCT-19	3700000000
27-AUG-19	3000000000	08-OCT-19	3800000000
28-AUG-19	3000000000	09-OCT-19	3920000000
29-AUG-19	3000000000	10-OCT-19	3870000000
30-AUG-19	3020000000	11-OCT-19	3980000000
02-Sep-19	3020000000	14-OCT-19	4030000000
03-Sep-19	3020000000	15-OCT-19	4250000000
04-Sep-19	3010000000	16-OCT-19	4220000000
05-Sep-19	3000000000	17-OCT-19	4200000000
06-Sep-19	3020000000	18-OCT-19	4180000000
09-Sep-19	3030000000	21-OCT-19	4130000000

10-Sep-19	3010000000	22-OCT-19	4170000000
11-Sep-19	3130000000	23-OCT-19	3980000000
24-OCT-19	3940000000	05-DEC-19	3740000000
25-OCT-19	3750000000	06-DEC-19	3760000000
28-OCT-19	3890000000	09-DEC-19	3620000000
29-OCT-19	3760000000	10-DEC-19	3670000000
30-OCT-19	3700000000	11-DEC-19	3660000000
31-OCT-19	3640000000	12-DEC-19	3710000000
01-Nov-19	3600000000	13-DEC-19	3700000000
04-Nov-19	3520000000	16-DEC-19	3810000000
05-Nov-19	3530000000	17-DEC-19	3790000000
06-Nov-19	3700000000	18-DEC-19	3870000000
07-Nov-19	3610000000	19-DEC-19	3970000000
08-Nov-19	3650000000	23-DEC-19	4250000000
11-Nov-19	3600000000	26-DEC-19	4210000000
12-Nov-19	3660000000	27-DEC-19	4210000000
13-Nov-19	3680000000	30-DEC-19	4210000000
14-Nov-19	3600000000	02-Jan-20	4120000000
15-Nov-19	3500000000	03-Jan-20	4040000000
18-Nov-19	3520000000	06-Jan-20	4200000000
19-Nov-19	3560000000	07-Jan-20	4190000000
20-Nov-19	3590000000	08-Jan-20	4150000000
21-Nov-19	3550000000	09-Jan-20	4140000000
22-Nov-19	3600000000	10-Jan-20	4120000000
25-Nov-19	3560000000	13-Jan-20	4230000000
26-Nov-19	3490000000	14-Jan-20	4280000000
27-Nov-19	3550000000	15-Jan-20	4280000000
28-Nov-19	3580000000	16-Jan-20	4280000000
29-Nov-19	3530000000	17-Jan-20	4250000000
02-DEC-19	3570000000	20-Jan-20	4150000000

03-DEC-19	3750000000	21-Jan-20	4040000000
04-DEC-19	3650000000	22-Jan-20	4020000000
23-Jan-20	3900000000	29-Jan-20	3470000000
24-Jan-20	3710000000	30-Jan-20	3360000000
27-Jan-20	3550000000	31-Jan-20	2940000000
28-Jan-20	3600000000		

Sumber: finance.yahoo.com

LAMPIRAN B
Data Harga Saham Penutupan Harian
PT. B

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
04-Jan-16	384500000	05-Feb-16	360000000
05-Jan-16	397000000	09-Feb-16	360500000
06-Jan-16	399000000	10-Feb-16	357500000
07-Jan-16	389500000	11-Feb-16	370000000
08-Jan-16	404000000	12-Feb-16	382000000
11-Jan-16	386000000	15-Feb-16	395000000
12-Jan-16	409000000	16-Feb-16	402000000
13-Jan-16	400000000	17-Feb-16	408500000
14-Jan-16	387000000	18-Feb-16	428500000
15-Jan-16	380000000	19-Feb-16	417500000
18-Jan-16	365000000	22-Feb-16	415500000
19-Jan-16	368500000	23-Feb-16	403500000
20-Jan-16	368500000	24-Feb-16	400000000
21-Jan-16	366500000	25-Feb-16	414000000
22-Jan-16	366500000	26-Feb-16	425000000
25-Jan-16	383000000	29-Feb-16	425000000
26-Jan-16	370000000	01-Mar-16	439000000
27-Jan-16	381000000	02-Mar-16	443000000
28-Jan-16	374500000	03-Mar-16	475000000
29-Jan-16	374500000	04-Mar-16	498000000
01-Feb-16	365000000	07-Mar-16	486500000
02-Feb-16	364000000	08-Mar-16	466000000
03-Feb-16	360000000	10-Mar-16	470000000
04-Feb-16	360000000	11-Mar-16	470000000

14-Mar-16	470000000	26-Apr-16	403500000
15-Mar-16	487000000	27-Apr-16	419000000
16-Mar-16	490000000	28-Apr-16	419500000
17-Mar-16	474000000	29-Apr-16	420000000
18-Mar-16	490000000	02-MAY-16	418000000
21-Mar-16	483000000	03-MAY-16	419000000
22-Mar-16	475000000	04-MAY-16	420000000
23-Mar-16	474000000	09-MAY-16	418000000
24-Mar-16	463000000	10-MAY-16	416000000
28-Mar-16	445000000	11-MAY-16	413000000
29-Mar-16	465500000	12-MAY-16	414000000
30-Mar-16	474500000	13-MAY-16	400000000
31-Mar-16	480000000	16-MAY-16	403000000
01-Apr-16	492500000	17-MAY-16	400000000
04-Apr-16	492000000	18-MAY-16	399000000
05-Apr-16	478000000	19-MAY-16	393000000
06-Apr-16	467500000	20-MAY-16	394000000
07-Apr-16	456500000	23-MAY-16	400000000
08-Apr-16	440000000	24-MAY-16	386000000
11-Apr-16	440000000	25-MAY-16	381000000
12-Apr-16	452000000	26-MAY-16	384000000
13-Apr-16	452000000	27-MAY-16	388000000
14-Apr-16	452000000	30-MAY-16	384000000
15-Apr-16	452000000	31-MAY-16	378000000
18-Apr-16	452000000	01-Jun-16	379000000
19-Apr-16	452000000	02-Jun-16	378000000
20-Apr-16	421000000	03-Jun-16	400000000
21-Apr-16	419000000	06-Jun-16	405000000
22-Apr-16	419000000	07-Jun-16	408000000
25-Apr-16	406500000	08-Jun-16	420000000

09-Jun-16	420000000	01-AUG-16	469000000
10-Jun-16	420000000	02-AUG-16	477000000
13-Jun-16	420000000	03-AUG-16	472000000
14-Jun-16	420000000	04-AUG-16	471000000
15-Jun-16	428000000	09-AUG-16	471000000
16-Jun-16	418000000	10-AUG-16	474000000
17-Jun-16	416000000	11-AUG-16	456000000
20-Jun-16	416000000	12-AUG-16	449000000
21-Jun-16	415000000	15-AUG-16	439000000
22-Jun-16	415000000	16-AUG-16	443000000
23-Jun-16	418000000	18-AUG-16	448000000
24-Jun-16	415000000	19-AUG-16	448000000
27-Jun-16	415000000	22-AUG-16	449000000
28-Jun-16	415000000	23-AUG-16	450000000
29-Jun-16	417000000	24-AUG-16	442000000
30-Jun-16	415000000	25-AUG-16	459000000
01-Jul-16	404000000	29-AUG-16	460000000
11-Jul-16	406000000	30-AUG-16	462000000
12-Jul-16	407000000	31-AUG-16	460000000
13-Jul-16	407000000	01-Sep-16	455000000
14-Jul-16	407000000	02-Sep-16	460000000
15-Jul-16	414000000	05-Sep-16	449000000
18-Jul-16	411000000	06-Sep-16	452000000
20-Jul-16	437000000	07-Sep-16	452000000
21-Jul-16	430000000	08-Sep-16	450000000
22-Jul-16	432000000	09-Sep-16	448000000
26-Jul-16	441000000	13-Sep-16	455000000
27-Jul-16	477000000	14-Sep-16	442000000
28-Jul-16	485000000	15-Sep-16	440000000
29-Jul-16	475000000	16-Sep-16	436000000

19-Sep-16	434000000	31-OCT-16	550000000
20-Sep-16	439000000	01-Nov-16	552500000
21-Sep-16	441000000	02-Nov-16	560000000
22-Sep-16	440000000	03-Nov-16	555000000
23-Sep-16	424000000	04-Nov-16	545000000
26-Sep-16	427000000	07-Nov-16	570000000
27-Sep-16	433000000	08-Nov-16	567500000
28-Sep-16	470000000	09-Nov-16	552500000
29-Sep-16	469000000	10-Nov-16	560000000
30-Sep-16	460000000	11-Nov-16	527500000
03-OCT-16	460000000	15-Nov-16	485000000
04-OCT-16	466000000	17-Nov-16	484000000
05-OCT-16	457000000	18-Nov-16	480000000
06-OCT-16	462000000	21-Nov-16	481000000
07-OCT-16	453000000	22-Nov-16	488000000
10-OCT-16	450000000	23-Nov-16	489000000
11-OCT-16	445000000	24-Nov-16	485000000
12-OCT-16	462000000	25-Nov-16	479000000
13-OCT-16	461000000	28-Nov-16	487000000
14-OCT-16	479000000	29-Nov-16	498000000
17-OCT-16	494000000	30-Nov-16	527500000
18-OCT-16	495000000	01-DEC-16	522500000
19-OCT-16	480000000	02-DEC-16	517500000
20-OCT-16	481000000	05-DEC-16	510000000
21-OCT-16	485000000	06-DEC-16	517500000
24-OCT-16	500000000	07-DEC-16	527500000
25-OCT-16	497000000	08-DEC-16	527500000
26-OCT-16	490000000	09-DEC-16	515000000
27-OCT-16	535000000	13-DEC-16	502500000
28-OCT-16	550000000	14-DEC-16	500000000

15-DEC-16	502500000	27-Jan-17	527500000
16-DEC-16	505000000	30-Jan-17	530000000
19-DEC-16	505000000	31-Jan-17	552500000
20-DEC-16	505000000	01-Feb-17	540000000
21-DEC-16	502500000	02-Feb-17	542500000
22-DEC-16	479000000	03-Feb-17	540000000
23-DEC-16	480000000	06-Feb-17	545000000
27-DEC-16	517500000	07-Feb-17	542500000
28-DEC-16	522500000	08-Feb-17	542500000
29-DEC-16	522500000	09-Feb-17	540000000
30-DEC-16	540000000	10-Feb-17	545000000
02-Jan-17	540000000	13-Feb-17	580000000
03-Jan-17	517500000	14-Feb-17	575000000
04-Jan-17	530000000	15-Feb-17	575000000
05-Jan-17	517500000	16-Feb-17	575000000
06-Jan-17	542500000	17-Feb-17	572500000
09-Jan-17	527500000	20-Feb-17	560000000
10-Jan-17	527500000	21-Feb-17	547500000
11-Jan-17	527500000	22-Feb-17	555000000
12-Jan-17	537500000	23-Feb-17	567500000
13-Jan-17	532500000	24-Feb-17	552500000
16-Jan-17	520000000	27-Feb-17	542500000
17-Jan-17	530000000	28-Feb-17	537500000
18-Jan-17	517500000	01-Mar-17	527500000
19-Jan-17	520000000	02-Mar-17	540000000
20-Jan-17	520000000	03-Mar-17	522500000
23-Jan-17	520000000	06-Mar-17	535000000
24-Jan-17	530000000	07-Mar-17	535000000
25-Jan-17	512500000	08-Mar-17	550000000
26-Jan-17	522500000	09-Mar-17	550000000

10-Mar-17	547500000	27-Apr-17	647500000
13-Mar-17	547500000	28-Apr-17	632500000
14-Mar-17	557500000	02-MAY-17	632500000
15-Mar-17	540000000	03-MAY-17	630000000
16-Mar-17	555000000	04-MAY-17	635000000
17-Mar-17	607500000	05-MAY-17	652500000
20-Mar-17	585000000	08-MAY-17	670000000
21-Mar-17	585000000	09-MAY-17	672500000
22-Mar-17	575000000	10-MAY-17	662500000
23-Mar-17	580000000	12-MAY-17	645000000
24-Mar-17	592500000	15-MAY-17	630000000
27-Mar-17	590000000	16-MAY-17	620000000
29-Mar-17	570000000	17-MAY-17	610000000
30-Mar-17	567500000	18-MAY-17	595000000
03-Apr-17	615000000	22-MAY-17	630000000
04-Apr-17	615000000	23-MAY-17	590000000
05-Apr-17	615000000	24-MAY-17	597500000
06-Apr-17	640000000	26-MAY-17	592500000
07-Apr-17	635000000	31-MAY-17	627500000
10-Apr-17	625000000	01-Jun-17	627500000
11-Apr-17	640000000	05-Jun-17	632500000
12-Apr-17	635000000	06-Jun-17	620000000
13-Apr-17	622500000	07-Jun-17	615000000
17-Apr-17	622500000	08-Jun-17	622500000
18-Apr-17	620000000	09-Jun-17	630000000
19-Apr-17	620000000	12-Jun-17	630000000
20-Apr-17	620000000	13-Jun-17	620000000
21-Apr-17	615000000	14-Jun-17	620000000
25-Apr-17	617500000	15-Jun-17	637500000
26-Apr-17	617500000	16-Jun-17	632500000

19-Jun-17	640000000	31-Jul-17	630000000
20-Jun-17	640000000	01-AUG-17	615000000
21-Jun-17	660000000	02-AUG-17	612500000
22-Jun-17	680000000	03-AUG-17	612500000
23-Jun-17	680000000	04-AUG-17	615000000
26-Jun-17	680000000	07-AUG-17	627500000
27-Jun-17	680000000	08-AUG-17	635000000
28-Jun-17	680000000	09-AUG-17	670000000
29-Jun-17	680000000	11-AUG-17	672500000
30-Jun-17	680000000	14-AUG-17	655000000
03-Jul-17	670000000	15-AUG-17	655000000
04-Jul-17	660000000	16-AUG-17	655000000
05-Jul-17	615000000	17-AUG-17	655000000
06-Jul-17	627500000	18-AUG-17	662500000
07-Jul-17	642500000	21-AUG-17	682500000
10-Jul-17	642500000	22-AUG-17	690000000
11-Jul-17	630000000	23-AUG-17	687500000
12-Jul-17	625000000	24-AUG-17	670000000
13-Jul-17	615000000	25-AUG-17	685000000
14-Jul-17	625000000	28-AUG-17	695000000
17-Jul-17	617500000	29-AUG-17	687500000
18-Jul-17	622500000	30-AUG-17	720000000
19-Jul-17	625000000	31-AUG-17	700000000
20-Jul-17	625000000	01-Sep-17	700000000
21-Jul-17	620000000	04-Sep-17	677500000
24-Jul-17	625000000	05-Sep-17	657500000
25-Jul-17	620000000	06-Sep-17	697500000
26-Jul-17	605000000	07-Sep-17	697500000
27-Jul-17	615000000	08-Sep-17	702500000
28-Jul-17	615000000	11-Sep-17	700000000

12-Sep-17	685000000	24-OCT-17	635000000
13-Sep-17	715000000	25-OCT-17	655000000
14-Sep-17	695000000	27-OCT-17	647500000
15-Sep-17	702500000	30-OCT-17	647500000
18-Sep-17	690000000	31-OCT-17	655000000
19-Sep-17	682500000	01-Nov-17	665000000
20-Sep-17	687500000	02-Nov-17	665000000
21-Sep-17	687500000	03-Nov-17	665000000
22-Sep-17	690000000	06-Nov-17	670000000
25-Sep-17	700000000	07-Nov-17	665000000
26-Sep-17	707500000	08-Nov-17	640000000
27-Sep-17	690000000	09-Nov-17	650000000
28-Sep-17	680000000	10-Nov-17	655000000
29-Sep-17	700000000	13-Nov-17	655000000
02-OCT-17	682500000	14-Nov-17	652500000
03-OCT-17	660000000	16-Nov-17	652500000
04-OCT-17	667500000	17-Nov-17	645000000
05-OCT-17	667500000	20-Nov-17	632500000
06-OCT-17	675000000	22-Nov-17	612500000
09-OCT-17	670000000	23-Nov-17	622500000
10-OCT-17	680000000	24-Nov-17	627500000
11-OCT-17	687500000	27-Nov-17	650000000
12-OCT-17	690000000	28-Nov-17	677500000
13-OCT-17	685000000	29-Nov-17	665000000
16-OCT-17	685000000	30-Nov-17	692500000
17-OCT-17	677500000	01-DEC-17	692500000
18-OCT-17	655000000	04-DEC-17	662500000
19-OCT-17	622500000	05-DEC-17	647500000
20-OCT-17	625000000	06-DEC-17	670000000
23-OCT-17	645000000	07-DEC-17	677500000

08-DEC-17	655000000	22-Jan-18	712500000
11-DEC-17	647500000	23-Jan-18	720000000
12-DEC-17	635000000	24-Jan-18	745000000
13-DEC-17	655000000	25-Jan-18	735000000
14-DEC-17	655000000	26-Jan-18	727500000
15-DEC-17	642500000	29-Jan-18	760000000
18-DEC-17	625000000	30-Jan-18	757500000
19-DEC-17	640000000	31-Jan-18	730000000
20-DEC-17	620000000	01-Feb-18	710000000
21-DEC-17	630000000	02-Feb-18	722500000
22-DEC-17	620000000	05-Feb-18	710000000
25-DEC-17	620000000	06-Feb-18	707500000
26-DEC-17	620000000	07-Feb-18	725000000
27-DEC-17	630000000	08-Feb-18	735000000
28-DEC-17	620000000	09-Feb-18	717500000
29-DEC-17	620000000	12-Feb-18	715000000
01-Jan-18	620000000	13-Feb-18	712500000
02-Jan-18	627500000	14-Feb-18	715000000
03-Jan-18	625000000	15-Feb-18	712500000
04-Jan-18	630000000	16-Feb-18	712500000
05-Jan-18	622500000	19-Feb-18	727500000
08-Jan-18	637500000	20-Feb-18	717500000
09-Jan-18	642500000	21-Feb-18	737500000
10-Jan-18	630000000	22-Feb-18	740000000
11-Jan-18	640000000	23-Feb-18	747500000
12-Jan-18	662500000	26-Feb-18	745000000
15-Jan-18	662500000	27-Feb-18	750000000
16-Jan-18	662500000	28-Feb-18	760000000
17-Jan-18	670000000	01-Mar-18	737500000
19-Jan-18	692500000	02-Mar-18	727500000

05-Mar-18	720000000	16-Apr-18	830000000
06-Mar-18	730000000	17-Apr-18	830000000
07-Mar-18	725000000	18-Apr-18	817500000
08-Mar-18	740000000	19-Apr-18	817500000
09-Mar-18	750000000	20-Apr-18	817500000
12-Mar-18	775000000	23-Apr-18	820000000
13-Mar-18	767500000	24-Apr-18	822500000
14-Mar-18	770000000	25-Apr-18	822500000
15-Mar-18	745000000	26-Apr-18	822500000
16-Mar-18	745000000	27-Apr-18	822500000
19-Mar-18	740000000	30-Apr-18	825000000
20-Mar-18	772500000	01-MAY-18	825000000
21-Mar-18	790000000	02-MAY-18	822500000
22-Mar-18	752500000	03-MAY-18	815000000
23-Mar-18	755000000	04-MAY-18	805000000
26-Mar-18	780000000	07-MAY-18	810000000
27-Mar-18	750000000	08-MAY-18	780000000
28-Mar-18	770000000	09-MAY-18	787500000
29-Mar-18	777500000	10-MAY-18	787500000
30-Mar-18	777500000	11-MAY-18	825000000
02-Apr-18	795000000	14-MAY-18	827500000
03-Apr-18	807500000	15-MAY-18	830000000
04-Apr-18	802500000	16-MAY-18	840000000
05-Apr-18	790000000	17-MAY-18	845000000
06-Apr-18	745000000	18-MAY-18	840000000
09-Apr-18	790000000	21-MAY-18	825000000
10-Apr-18	780000000	22-MAY-18	802500000
11-Apr-18	820000000	23-MAY-18	802500000
12-Apr-18	810000000	24-MAY-18	830000000
13-Apr-18	830000000	25-MAY-18	842500000

28-MAY-18	855000000	09-Jul-18	825000000
29-MAY-18	855000000	10-Jul-18	815000000
30-MAY-18	860000000	11-Jul-18	795000000
31-MAY-18	842500000	12-Jul-18	795000000
01-Jun-18	842500000	13-Jul-18	800000000
04-Jun-18	820000000	16-Jul-18	780000000
05-Jun-18	815000000	17-Jul-18	750000000
06-Jun-18	840000000	18-Jul-18	790000000
07-Jun-18	910000000	19-Jul-18	800000000
08-Jun-18	885000000	20-Jul-18	800000000
11-Jun-18	885000000	23-Jul-18	795000000
12-Jun-18	885000000	24-Jul-18	800000000
13-Jun-18	885000000	25-Jul-18	810000000
14-Jun-18	885000000	26-Jul-18	800000000
15-Jun-18	885000000	27-Jul-18	815000000
18-Jun-18	885000000	30-Jul-18	855000000
19-Jun-18	885000000	31-Jul-18	885000000
20-Jun-18	855000000	01-AUG-18	885000000
21-Jun-18	855000000	02-AUG-18	890000000
22-Jun-18	840000000	03-AUG-18	860000000
25-Jun-18	855000000	06-AUG-18	875000000
26-Jun-18	855000000	07-AUG-18	870000000
27-Jun-18	860000000	08-AUG-18	890000000
28-Jun-18	850000000	09-AUG-18	900000000
29-Jun-18	900000000	10-AUG-18	880000000
02-Jul-18	835000000	13-AUG-18	840000000
03-Jul-18	790000000	14-AUG-18	800000000
04-Jul-18	815000000	15-AUG-18	775000000
05-Jul-18	820000000	16-AUG-18	795000000
06-Jul-18	820000000	17-AUG-18	795000000

20-AUG-18	825000000	01-OCT-18	810000000
21-AUG-18	855000000	02-OCT-18	785000000
22-AUG-18	855000000	03-OCT-18	770000000
23-AUG-18	855000000	04-OCT-18	780000000
24-AUG-18	825000000	05-OCT-18	780000000
27-AUG-18	810000000	08-OCT-18	810000000
28-AUG-18	845000000	09-OCT-18	800000000
29-AUG-18	850000000	10-OCT-18	790000000
30-AUG-18	850000000	11-OCT-18	790000000
31-AUG-18	835000000	12-OCT-18	790000000
03-Sep-18	840000000	15-OCT-18	775000000
04-Sep-18	815000000	16-OCT-18	790000000
05-Sep-18	765000000	17-OCT-18	805000000
06-Sep-18	780000000	18-OCT-18	795000000
07-Sep-18	795000000	19-OCT-18	800000000
10-Sep-18	800000000	22-OCT-18	790000000
11-Sep-18	800000000	23-OCT-18	795000000
12-Sep-18	800000000	24-OCT-18	795000000
13-Sep-18	780000000	25-OCT-18	790000000
14-Sep-18	805000000	26-OCT-18	835000000
17-Sep-18	810000000	29-OCT-18	815000000
18-Sep-18	815000000	30-OCT-18	815000000
19-Sep-18	830000000	31-OCT-18	800000000
20-Sep-18	815000000	01-Nov-18	800000000
21-Sep-18	815000000	02-Nov-18	800000000
24-Sep-18	810000000	05-Nov-18	810000000
25-Sep-18	810000000	06-Nov-18	810000000
26-Sep-18	815000000	07-Nov-18	815000000
27-Sep-18	820000000	08-Nov-18	830000000
28-Sep-18	825000000	09-Nov-18	830000000

12-Nov-18	810000000	24-DEC-18	785000000
13-Nov-18	810000000	25-DEC-18	785000000
14-Nov-18	805000000	26-DEC-18	785000000
15-Nov-18	805000000	27-DEC-18	800000000
16-Nov-18	805000000	28-DEC-18	805000000
19-Nov-18	800000000	31-DEC-18	805000000
20-Nov-18	800000000	01-Jan-19	805000000
21-Nov-18	800000000	02-Jan-19	795000000
22-Nov-18	795000000	03-Jan-19	800000000
23-Nov-18	790000000	04-Jan-19	800000000
26-Nov-18	795000000	07-Jan-19	815000000
27-Nov-18	795000000	09-Jan-19	885000000
28-Nov-18	795000000	10-Jan-19	880000000
29-Nov-18	835000000	11-Jan-19	910000000
30-Nov-18	875000000	14-Jan-19	900000000
03-DEC-18	865000000	15-Jan-19	930000000
04-DEC-18	860000000	16-Jan-19	930000000
05-DEC-18	850000000	17-Jan-19	930000000
06-DEC-18	825000000	18-Jan-19	930000000
07-DEC-18	830000000	21-Jan-19	930000000
10-DEC-18	800000000	22-Jan-19	925000000
11-DEC-18	795000000	23-Jan-19	930000000
12-DEC-18	800000000	24-Jan-19	955000000
13-DEC-18	800000000	25-Jan-19	975000000
14-DEC-18	790000000	28-Jan-19	990000000
17-DEC-18	785000000	29-Jan-19	995000000
18-DEC-18	785000000	30-Jan-19	990000000
19-DEC-18	790000000	31-Jan-19	1005000000
20-DEC-18	785000000	01-Feb-19	975000000
21-DEC-18	785000000	05-Feb-19	965000000

06-Feb-19	985000000	20-Mar-19	1070000000
07-Feb-19	995000000	21-Mar-19	1085000000
08-Feb-19	990000000	22-Mar-19	1100000000
11-Feb-19	1020000000	25-Mar-19	1055000000
12-Feb-19	1020000000	26-Mar-19	1005000000
13-Feb-19	1025000000	27-Mar-19	995000000
14-Feb-19	1015000000	28-Mar-19	1000000000
15-Feb-19	1025000000	29-Mar-19	955000000
18-Feb-19	1075000000	01-Apr-19	990000000
19-Feb-19	1075000000	02-Apr-19	1045000000
20-Feb-19	1030000000	03-Apr-19	1045000000
21-Feb-19	1005000000	04-Apr-19	995000000
22-Feb-19	1020000000	05-Apr-19	1000000000
25-Feb-19	1060000000	08-Apr-19	950000000
26-Feb-19	1050000000	09-Apr-19	960000000
27-Feb-19	1080000000	10-Apr-19	955000000
28-Feb-19	1060000000	11-Apr-19	960000000
01-Mar-19	1085000000	12-Apr-19	960000000
04-Mar-19	1055000000	15-Apr-19	975000000
05-Mar-19	1045000000	16-Apr-19	985000000
06-Mar-19	1045000000	17-Apr-19	985000000
07-Mar-19	1045000000	18-Apr-19	1000000000
08-Mar-19	1040000000	19-Apr-19	1000000000
11-Mar-19	1060000000	22-Apr-19	940000000
12-Mar-19	1060000000	23-Apr-19	960000000
13-Mar-19	1075000000	24-Apr-19	965000000
14-Mar-19	1065000000	25-Apr-19	965000000
15-Mar-19	1100000000	26-Apr-19	955000000
18-Mar-19	1065000000	29-Apr-19	985000000
19-Mar-19	1075000000	30-Apr-19	995000000

01-MAY-19	995000000	13-Jun-19	885000000
02-MAY-19	990000000	14-Jun-19	885000000
03-MAY-19	990000000	17-Jun-19	880000000
06-MAY-19	970000000	18-Jun-19	890000000
07-MAY-19	975000000	19-Jun-19	940000000
08-MAY-19	970000000	20-Jun-19	960000000
09-MAY-19	965000000	21-Jun-19	965000000
10-MAY-19	940000000	24-Jun-19	935000000
13-MAY-19	935000000	25-Jun-19	900000000
14-MAY-19	905000000	26-Jun-19	900000000
16-MAY-19	895000000	27-Jun-19	925000000
17-MAY-19	840000000	28-Jun-19	900000000
20-MAY-19	845000000	01-Jul-19	900000000
21-MAY-19	870000000	02-Jul-19	890000000
22-MAY-19	865000000	03-Jul-19	885000000
23-MAY-19	835000000	04-Jul-19	885000000
24-MAY-19	790000000	05-Jul-19	890000000
27-MAY-19	840000000	08-Jul-19	890000000
28-MAY-19	840000000	09-Jul-19	940000000
29-MAY-19	880000000	10-Jul-19	920000000
30-MAY-19	880000000	11-Jul-19	935000000
31-MAY-19	880000000	12-Jul-19	930000000
03-Jun-19	880000000	15-Jul-19	930000000
04-Jun-19	880000000	16-Jul-19	955000000
05-Jun-19	880000000	17-Jul-19	980000000
06-Jun-19	880000000	18-Jul-19	970000000
07-Jun-19	880000000	19-Jul-19	935000000
10-Jun-19	885000000	22-Jul-19	920000000
11-Jun-19	910000000	23-Jul-19	915000000
12-Jun-19	895000000	24-Jul-19	920000000

25-Jul-19	960000000	05-Sep-19	1010000000
26-Jul-19	945000000	06-Sep-19	1010000000
29-Jul-19	925000000	09-Sep-19	1045000000
30-Jul-19	920000000	10-Sep-19	1025000000
31-Jul-19	945000000	11-Sep-19	1005000000
01-AUG-19	1000000000	12-Sep-19	1015000000
02-AUG-19	990000000	13-Sep-19	1025000000
05-AUG-19	945000000	16-Sep-19	1015000000
06-AUG-19	950000000	17-Sep-19	985000000
07-AUG-19	985000000	18-Sep-19	995000000
08-AUG-19	1000000000	19-Sep-19	985000000
09-AUG-19	1000000000	20-Sep-19	1000000000
12-AUG-19	990000000	23-Sep-19	1020000000
13-AUG-19	1020000000	24-Sep-19	1005000000
14-AUG-19	1030000000	25-Sep-19	1000000000
15-AUG-19	1015000000	26-Sep-19	1025000000
16-AUG-19	1010000000	27-Sep-19	1025000000
19-AUG-19	1030000000	30-Sep-19	1030000000
20-AUG-19	1045000000	01-OCT-19	1025000000
21-AUG-19	1045000000	02-OCT-19	975000000
22-AUG-19	1040000000	03-OCT-19	960000000
23-AUG-19	1000000000	04-OCT-19	990000000
26-AUG-19	1020000000	07-OCT-19	970000000
27-AUG-19	990000000	08-OCT-19	995000000
28-AUG-19	990000000	09-OCT-19	995000000
29-AUG-19	1000000000	10-OCT-19	1000000000
30-AUG-19	990000000	11-OCT-19	1010000000
02-Sep-19	1000000000	14-OCT-19	1050000000
03-Sep-19	990000000	15-OCT-19	1095000000
04-Sep-19	1000000000	16-OCT-19	1145000000

17-OCT-19	1140000000	28-Nov-19	1050000000
18-OCT-19	1110000000	29-Nov-19	1015000000
21-OCT-19	1140000000	02-DEC-19	1040000000
22-OCT-19	1150000000	03-DEC-19	1030000000
23-OCT-19	1120000000	04-DEC-19	1070000000
24-OCT-19	1135000000	05-DEC-19	1105000000
25-OCT-19	1070000000	06-DEC-19	1115000000
28-OCT-19	1100000000	09-DEC-19	1065000000
29-OCT-19	1135000000	10-DEC-19	1050000000
30-OCT-19	1120000000	11-DEC-19	1065000000
31-OCT-19	1000000000	12-DEC-19	1050000000
01-Nov-19	1010000000	13-DEC-19	1030000000
04-Nov-19	1040000000	16-DEC-19	1035000000
05-Nov-19	1090000000	17-DEC-19	1025000000
06-Nov-19	1075000000	18-DEC-19	1035000000
07-Nov-19	1070000000	19-DEC-19	1065000000
08-Nov-19	1055000000	20-DEC-19	1025000000
11-Nov-19	1045000000	23-DEC-19	1040000000
12-Nov-19	1060000000	26-DEC-19	1030000000
13-Nov-19	1090000000	27-DEC-19	1055000000
14-Nov-19	1040000000	30-DEC-19	1055000000
15-Nov-19	1065000000	02-Jan-20	1065000000
18-Nov-19	1055000000	03-Jan-20	1070000000
19-Nov-19	1055000000	06-Jan-20	1055000000
20-Nov-19	1065000000	07-Jan-20	1055000000
21-Nov-19	1050000000	08-Jan-20	1035000000
22-Nov-19	1035000000	09-Jan-20	1040000000
25-Nov-19	1040000000	10-Jan-20	1090000000
26-Nov-19	1045000000	13-Jan-20	1085000000
27-Nov-19	1050000000	14-Jan-20	1085000000

15-Jan-20	1050000000	24-Jan-20	1015000000
16-Jan-20	1055000000	27-Jan-20	1000000000
17-Jan-20	1040000000	28-Jan-20	1005000000
20-Jan-20	1040000000	29-Jan-20	1000000000
21-Jan-20	1040000000	30-Jan-20	995000000
22-Jan-20	1015000000	31-Jan-20	960000000
23-Jan-20	1000000000		

Sumber: finance.yahoo.com

LAMPIRAN C
Data Harga Saham Penutupan Harian
PT. C

Tanggal	Harga	Tanggal	Harga
03-Mar-16	815000000	17-Jun-16	905000000
04-Mar-16	815000000	20-Jun-16	900000000
07-Mar-16	790000000	21-Jun-16	970000000
08-Mar-16	790000000	22-Jun-16	980000000
10-Mar-16	785000000	23-Jun-16	980000000
11-Mar-16	785000000	24-Jun-16	980000000
14-Mar-16	785000000	27-Jun-16	980000000
17-Mar-16	780000000	28-Jun-16	1030000000
26-May-16	795000000	29-Jun-16	1030000000
27-May-16	790000000	01-Jul-16	1035000000
30-May-16	825000000	11-Jul-16	1040000000
31-May-16	830000000	12-Jul-16	1010000000
01-Jun-16	825000000	13-Jul-16	1080000000
02-Jun-16	815000000	14-Jul-16	1030000000
03-Jun-16	820000000	15-Jul-16	1035000000
06-Jun-16	850000000	18-Jul-16	1095000000
07-Jun-16	855000000	19-Jul-16	1040000000
08-Jun-16	870000000	20-Jul-16	1040000000
09-Jun-16	905000000	21-Jul-16	1050000000
10-Jun-16	915000000	22-Jul-16	1110000000
13-Jun-16	900000000	25-Jul-16	1160000000
14-Jun-16	930000000	26-Jul-16	1160000000
15-Jun-16	920000000	27-Jul-16	1230000000
16-Jun-16	920000000	28-Jul-16	1230000000

29-Jul-16	1215000000	19-Sep-16	1215000000
01-Aug-16	1195000000	20-Sep-16	1220000000
02-Aug-16	1185000000	21-Sep-16	1215000000
03-Aug-16	1165000000	22-Sep-16	1180000000
04-Aug-16	1190000000	23-Sep-16	1160000000
05-Aug-16	1180000000	26-Sep-16	1130000000
08-Aug-16	1175000000	27-Sep-16	1125000000
09-Aug-16	1175000000	28-Sep-16	1115000000
12-Aug-16	1235000000	29-Sep-16	1140000000
15-Aug-16	1185000000	30-Sep-16	1100000000
16-Aug-16	1230000000	03-Oct-16	1140000000
18-Aug-16	1230000000	04-Oct-16	1120000000
23-Aug-16	1295000000	05-Oct-16	1160000000
24-Aug-16	1250000000	06-Oct-16	1190000000
25-Aug-16	1250000000	07-Oct-16	1175000000
26-Aug-16	1270000000	10-Oct-16	1225000000
29-Aug-16	1265000000	11-Oct-16	1240000000
30-Aug-16	1265000000	12-Oct-16	1250000000
31-Aug-16	1240000000	13-Oct-16	1215000000
01-Sep-16	1185000000	14-Oct-16	1175000000
02-Sep-16	1210000000	17-Oct-16	1195000000
05-Sep-16	1200000000	18-Oct-16	1230000000
06-Sep-16	1165000000	19-Oct-16	1290000000
07-Sep-16	1185000000	20-Oct-16	1285000000
08-Sep-16	1175000000	21-Oct-16	1290000000
09-Sep-16	1155000000	24-Oct-16	1285000000
13-Sep-16	1125000000	25-Oct-16	1245000000
14-Sep-16	1115000000	26-Oct-16	1255000000
15-Sep-16	1145000000	27-Oct-16	1305000000
16-Sep-16	1235000000	28-Oct-16	1300000000

31-Oct-16	1370000000	13-Dec-16	1155000000
01-Nov-16	1370000000	14-Dec-16	1140000000
02-Nov-16	1325000000	15-Dec-16	1095000000
03-Nov-16	1275000000	16-Dec-16	1155000000
04-Nov-16	1275000000	19-Dec-16	1145000000
07-Nov-16	1325000000	20-Dec-16	1135000000
08-Nov-16	1310000000	21-Dec-16	1165000000
09-Nov-16	1280000000	22-Dec-16	1145000000
10-Nov-16	1300000000	23-Dec-16	1130000000
11-Nov-16	1280000000	27-Dec-16	1130000000
14-Nov-16	1210000000	28-Dec-16	1150000000
15-Nov-16	1190000000	29-Dec-16	1180000000
16-Nov-16	1220000000	30-Dec-16	1195000000
17-Nov-16	1245000000	02-Jan-17	1195000000
18-Nov-16	1240000000	03-Jan-17	1170000000
21-Nov-16	1205000000	04-Jan-17	1155000000
22-Nov-16	1250000000	05-Jan-17	1195000000
23-Nov-16	1220000000	06-Jan-17	1230000000
24-Nov-16	1180000000	09-Jan-17	1250000000
25-Nov-16	1180000000	10-Jan-17	1225000000
28-Nov-16	1145000000	11-Jan-17	1225000000
29-Nov-16	1180000000	12-Jan-17	1230000000
30-Nov-16	1190000000	13-Jan-17	1230000000
01-Dec-16	1170000000	16-Jan-17	1245000000
02-Dec-16	1170000000	17-Jan-17	1250000000
05-Dec-16	1150000000	18-Jan-17	1230000000
06-Dec-16	1170000000	19-Jan-17	1240000000
07-Dec-16	1150000000	20-Jan-17	1230000000
08-Dec-16	1195000000	23-Jan-17	1235000000
09-Dec-16	1195000000	24-Jan-17	1240000000

25-Jan-17	1310000000	10-Mar-17	1195000000
26-Jan-17	1370000000	13-Mar-17	1175000000
27-Jan-17	1360000000	14-Mar-17	1150000000
30-Jan-17	1320000000	15-Mar-17	1130000000
31-Jan-17	1340000000	16-Mar-17	1120000000
01-Feb-17	1375000000	17-Mar-17	1150000000
02-Feb-17	1440000000	20-Mar-17	1185000000
03-Feb-17	1460000000	21-Mar-17	1170000000
06-Feb-17	1430000000	22-Mar-17	1160000000
07-Feb-17	1385000000	23-Mar-17	1145000000
08-Feb-17	1415000000	24-Mar-17	1155000000
09-Feb-17	1405000000	27-Mar-17	1135000000
10-Feb-17	1395000000	29-Mar-17	1130000000
13-Feb-17	1375000000	30-Mar-17	1125000000
14-Feb-17	1365000000	31-Mar-17	1115000000
15-Feb-17	1365000000	03-Apr-17	1125000000
16-Feb-17	1330000000	04-Apr-17	1150000000
17-Feb-17	1305000000	05-Apr-17	1150000000
20-Feb-17	1310000000	06-Apr-17	1160000000
21-Feb-17	1305000000	07-Apr-17	1150000000
22-Feb-17	1315000000	10-Apr-17	1165000000
23-Feb-17	1295000000	11-Apr-17	1165000000
24-Feb-17	1310000000	12-Apr-17	1155000000
27-Feb-17	1275000000	13-Apr-17	1155000000
28-Feb-17	1310000000	17-Apr-17	1150000000
01-Mar-17	1240000000	18-Apr-17	1160000000
02-Mar-17	1225000000	19-Apr-17	1160000000
03-Mar-17	1185000000	20-Apr-17	1145000000
06-Mar-17	1155000000	21-Apr-17	1125000000
09-Mar-17	1200000000	25-Apr-17	1175000000

26-Apr-17	1270000000	12-Jun-17	1310000000
27-Apr-17	1305000000	13-Jun-17	1300000000
28-Apr-17	1275000000	14-Jun-17	1275000000
02-May-17	1305000000	15-Jun-17	1255000000
03-May-17	1320000000	16-Jun-17	1250000000
04-May-17	1305000000	19-Jun-17	1230000000
05-May-17	1320000000	20-Jun-17	1225000000
08-May-17	1315000000	21-Jun-17	1230000000
09-May-17	1370000000	22-Jun-17	1225000000
10-May-17	1300000000	23-Jun-17	1225000000
12-May-17	1370000000	26-Jun-17	1225000000
15-May-17	1370000000	27-Jun-17	1225000000
16-May-17	1365000000	28-Jun-17	1225000000
17-May-17	1345000000	29-Jun-17	1225000000
18-May-17	1340000000	30-Jun-17	1225000000
19-May-17	1335000000	03-Jul-17	1145000000
22-May-17	1310000000	05-Jul-17	1100000000
23-May-17	1300000000	06-Jul-17	1090000000
24-May-17	1245000000	07-Jul-17	1080000000
26-May-17	1250000000	10-Jul-17	1085000000
29-May-17	1270000000	11-Jul-17	1075000000
30-May-17	1280000000	13-Jul-17	1095000000
31-May-17	1300000000	14-Jul-17	1070000000
01-Jun-17	1300000000	17-Jul-17	1080000000
02-Jun-17	1330000000	18-Jul-17	1075000000
05-Jun-17	1300000000	19-Jul-17	1085000000
06-Jun-17	1260000000	20-Jul-17	1045000000
07-Jun-17	1230000000	21-Jul-17	1025000000
08-Jun-17	1270000000	24-Jul-17	1020000000
09-Jun-17	1300000000	25-Jul-17	995000000

26-Jul-17	985000000	08-Sep-17	930000000
27-Jul-17	995000000	11-Sep-17	940000000
28-Jul-17	945000000	12-Sep-17	925000000
31-Jul-17	945000000	13-Sep-17	955000000
01-Aug-17	945000000	14-Sep-17	950000000
02-Aug-17	895000000	15-Sep-17	950000000
03-Aug-17	900000000	18-Sep-17	935000000
04-Aug-17	895000000	19-Sep-17	980000000
08-Aug-17	955000000	20-Sep-17	960000000
09-Aug-17	935000000	21-Sep-17	960000000
10-Aug-17	960000000	22-Sep-17	935000000
11-Aug-17	945000000	25-Sep-17	925000000
14-Aug-17	950000000	26-Sep-17	890000000
15-Aug-17	930000000	27-Sep-17	860000000
16-Aug-17	960000000	28-Sep-17	895000000
17-Aug-17	960000000	29-Sep-17	900000000
21-Aug-17	1010000000	02-Oct-17	890000000
22-Aug-17	1010000000	03-Oct-17	900000000
23-Aug-17	1000000000	04-Oct-17	925000000
24-Aug-17	1030000000	05-Oct-17	935000000
25-Aug-17	1045000000	06-Oct-17	965000000
28-Aug-17	1020000000	09-Oct-17	965000000
29-Aug-17	1010000000	10-Oct-17	950000000
30-Aug-17	985000000	11-Oct-17	955000000
31-Aug-17	1010000000	12-Oct-17	960000000
01-Sep-17	1010000000	13-Oct-17	935000000
04-Sep-17	975000000	16-Oct-17	940000000
05-Sep-17	950000000	17-Oct-17	940000000
06-Sep-17	950000000	18-Oct-17	925000000
07-Sep-17	930000000	19-Oct-17	910000000

20-Oct-17	870000000	01-Dec-17	1000000000
23-Oct-17	885000000	04-Dec-17	970000000
24-Oct-17	890000000	05-Dec-17	950000000
25-Oct-17	900000000	06-Dec-17	1035000000
26-Oct-17	895000000	07-Dec-17	1015000000
27-Oct-17	880000000	08-Dec-17	1015000000
30-Oct-17	910000000	11-Dec-17	1025000000
31-Oct-17	915000000	12-Dec-17	1040000000
01-Nov-17	905000000	13-Dec-17	1055000000
02-Nov-17	890000000	14-Dec-17	1100000000
03-Nov-17	895000000	15-Dec-17	1080000000
06-Nov-17	900000000	18-Dec-17	1005000000
07-Nov-17	905000000	19-Dec-17	1055000000
08-Nov-17	955000000	20-Dec-17	1015000000
09-Nov-17	965000000	21-Dec-17	1005000000
10-Nov-17	925000000	22-Dec-17	1010000000
13-Nov-17	915000000	25-Dec-17	1010000000
14-Nov-17	915000000	26-Dec-17	1010000000
15-Nov-17	900000000	27-Dec-17	1110000000
16-Nov-17	935000000	28-Dec-17	1080000000
17-Nov-17	975000000	29-Dec-17	1200000000
20-Nov-17	960000000	01-Jan-18	1200000000
21-Nov-17	925000000	02-Jan-18	1105000000
22-Nov-17	960000000	03-Jan-18	1070000000
23-Nov-17	925000000	04-Jan-18	1065000000
24-Nov-17	935000000	05-Jan-18	1095000000
27-Nov-17	960000000	08-Jan-18	1140000000
28-Nov-17	975000000	09-Jan-18	1160000000
29-Nov-17	1025000000	10-Jan-18	1195000000
30-Nov-17	1000000000	11-Jan-18	1205000000

12-Jan-18	1215000000	23-Feb-18	1140000000
15-Jan-18	1300000000	26-Feb-18	1160000000
16-Jan-18	1270000000	27-Feb-18	1150000000
17-Jan-18	1235000000	28-Feb-18	1180000000
18-Jan-18	1500000000	01-Mar-18	1255000000
19-Jan-18	1240000000	02-Mar-18	1265000000
22-Jan-18	1200000000	05-Mar-18	1235000000
23-Jan-18	1180000000	06-Mar-18	1230000000
24-Jan-18	1195000000	07-Mar-18	1220000000
25-Jan-18	1190000000	08-Mar-18	1215000000
26-Jan-18	1185000000	09-Mar-18	1215000000
29-Jan-18	1155000000	12-Mar-18	1270000000
30-Jan-18	1150000000	13-Mar-18	1265000000
31-Jan-18	1170000000	14-Mar-18	1265000000
01-Feb-18	1190000000	15-Mar-18	1290000000
02-Feb-18	1220000000	16-Mar-18	1260000000
05-Feb-18	1180000000	19-Mar-18	1285000000
06-Feb-18	1170000000	20-Mar-18	1315000000
07-Feb-18	1160000000	22-Mar-18	1285000000
08-Feb-18	1155000000	23-Mar-18	1260000000
09-Feb-18	1150000000	26-Mar-18	1240000000
12-Feb-18	1170000000	27-Mar-18	1230000000
13-Feb-18	1165000000	28-Mar-18	1280000000
14-Feb-18	1170000000	29-Mar-18	1350000000
15-Feb-18	1190000000	30-Mar-18	1350000000
16-Feb-18	1190000000	02-Apr-18	1310000000
19-Feb-18	1195000000	03-Apr-18	1300000000
20-Feb-18	1175000000	04-Apr-18	1285000000
21-Feb-18	1165000000	05-Apr-18	1300000000
22-Feb-18	1155000000	06-Apr-18	1320000000

09-Apr-18	1350000000	21-May-18	1410000000
10-Apr-18	1395000000	22-May-18	1330000000
11-Apr-18	1420000000	23-May-18	1345000000
12-Apr-18	1410000000	24-May-18	1360000000
13-Apr-18	1430000000	25-May-18	1385000000
16-Apr-18	1430000000	28-May-18	1390000000
17-Apr-18	1430000000	29-May-18	1390000000
18-Apr-18	1440000000	30-May-18	1405000000
19-Apr-18	1440000000	31-May-18	1365000000
20-Apr-18	1440000000	01-Jun-18	1365000000
23-Apr-18	1450000000	04-Jun-18	1395000000
24-Apr-18	1410000000	05-Jun-18	1485000000
25-Apr-18	1410000000	06-Jun-18	1485000000
26-Apr-18	1410000000	07-Jun-18	1490000000
27-Apr-18	1410000000	08-Jun-18	1490000000
30-Apr-18	1425000000	11-Jun-18	1490000000
01-May-18	1425000000	12-Jun-18	1490000000
02-May-18	1440000000	13-Jun-18	1490000000
03-May-18	1410000000	14-Jun-18	1490000000
04-May-18	1390000000	15-Jun-18	1490000000
07-May-18	1360000000	18-Jun-18	1490000000
08-May-18	1270000000	19-Jun-18	1490000000
09-May-18	1360000000	20-Jun-18	1405000000
10-May-18	1360000000	21-Jun-18	1440000000
11-May-18	1360000000	22-Jun-18	1425000000
14-May-18	1325000000	25-Jun-18	1400000000
15-May-18	1380000000	27-Jun-18	1470000000
16-May-18	1340000000	28-Jun-18	1460000000
17-May-18	1355000000	29-Jun-18	1490000000
18-May-18	1340000000	02-Jul-18	1410000000

03-Jul-18	1325000000	15-Aug-18	1215000000
04-Jul-18	1330000000	16-Aug-18	1190000000
05-Jul-18	1355000000	17-Aug-18	1190000000
06-Jul-18	1330000000	20-Aug-18	1235000000
09-Jul-18	1345000000	21-Aug-18	1295000000
10-Jul-18	1350000000	22-Aug-18	1295000000
12-Jul-18	1300000000	23-Aug-18	1310000000
13-Jul-18	1295000000	24-Aug-18	1305000000
16-Jul-18	1280000000	27-Aug-18	1250000000
17-Jul-18	1350000000	28-Aug-18	1280000000
18-Jul-18	1425000000	29-Aug-18	1270000000
19-Jul-18	1415000000	30-Aug-18	1300000000
20-Jul-18	1440000000	31-Aug-18	1270000000
23-Jul-18	1400000000	03-Sep-18	1305000000
24-Jul-18	1400000000	04-Sep-18	1235000000
25-Jul-18	1390000000	05-Sep-18	1225000000
26-Jul-18	1405000000	06-Sep-18	1220000000
27-Jul-18	1445000000	07-Sep-18	1260000000
30-Jul-18	1430000000	10-Sep-18	1300000000
31-Jul-18	1405000000	11-Sep-18	1300000000
01-Aug-18	1400000000	12-Sep-18	1280000000
02-Aug-18	1345000000	13-Sep-18	1360000000
03-Aug-18	1320000000	14-Sep-18	1340000000
06-Aug-18	1310000000	17-Sep-18	1305000000
07-Aug-18	1285000000	18-Sep-18	1345000000
08-Aug-18	1315000000	19-Sep-18	1355000000
09-Aug-18	1350000000	20-Sep-18	1300000000
10-Aug-18	1360000000	21-Sep-18	1350000000
13-Aug-18	1315000000	24-Sep-18	1335000000
14-Aug-18	1270000000	25-Sep-18	1325000000

26-Sep-18	1330000000	07-Nov-18	1225000000
27-Sep-18	1330000000	08-Nov-18	1270000000
28-Sep-18	1300000000	09-Nov-18	1275000000
01-Oct-18	1310000000	12-Nov-18	1275000000
02-Oct-18	1285000000	14-Nov-18	1335000000
03-Oct-18	1275000000	15-Nov-18	1320000000
04-Oct-18	1275000000	16-Nov-18	1330000000
05-Oct-18	1240000000	19-Nov-18	1325000000
08-Oct-18	1260000000	20-Nov-18	1325000000
09-Oct-18	1280000000	21-Nov-18	1310000000
10-Oct-18	1260000000	22-Nov-18	1295000000
11-Oct-18	1195000000	23-Nov-18	1270000000
12-Oct-18	1190000000	26-Nov-18	1285000000
15-Oct-18	1210000000	27-Nov-18	1270000000
16-Oct-18	1235000000	28-Nov-18	1250000000
17-Oct-18	1235000000	29-Nov-18	1250000000
18-Oct-18	1260000000	30-Nov-18	1190000000
19-Oct-18	1195000000	03-Dec-18	1300000000
22-Oct-18	1185000000	04-Dec-18	1290000000
23-Oct-18	1205000000	05-Dec-18	1300000000
24-Oct-18	1205000000	06-Dec-18	1300000000
25-Oct-18	1215000000	07-Dec-18	1355000000
26-Oct-18	1175000000	10-Dec-18	1320000000
29-Oct-18	1185000000	11-Dec-18	1400000000
30-Oct-18	1180000000	12-Dec-18	1380000000
31-Oct-18	1190000000	13-Dec-18	1355000000
01-Nov-18	1200000000	14-Dec-18	1355000000
02-Nov-18	1150000000	17-Dec-18	1380000000
05-Nov-18	1130000000	18-Dec-18	1400000000
06-Nov-18	1160000000	19-Dec-18	1435000000

20-Dec-18	1435000000	23-May-19	1630000000
21-Dec-18	1430000000	24-May-19	1535000000
24-Dec-18	1430000000	27-May-19	1620000000
25-Dec-18	1430000000	28-May-19	1610000000
26-Dec-18	1430000000	29-May-19	1610000000
27-Dec-18	1410000000	30-May-19	1610000000
28-Dec-18	1420000000	31-May-19	1620000000
31-Dec-18	1420000000	03-Jun-19	1620000000
01-Jan-19	1420000000	04-Jun-19	1620000000
02-Jan-19	1395000000	05-Jun-19	1620000000
03-Jan-19	1415000000	06-Jun-19	1620000000
04-Jan-19	1430000000	07-Jun-19	1620000000
07-Jan-19	1460000000	13-Jun-19	1555000000
08-Jan-19	1510000000	14-Jun-19	1485000000
09-Jan-19	1505000000	17-Jun-19	1430000000
10-Jan-19	1595000000	18-Jun-19	1450000000
11-Jan-19	1520000000	19-Jun-19	1520000000
14-Jan-19	1515000000	20-Jun-19	1515000000
15-Jan-19	1565000000	21-Jun-19	1485000000
16-Jan-19	1540000000	24-Jun-19	1430000000
17-Jan-19	1555000000	25-Jun-19	1375000000
18-Jan-19	1525000000	26-Jun-19	1360000000
21-Jan-19	1540000000	27-Jun-19	1415000000
22-Jan-19	1570000000	28-Jun-19	1410000000
23-Jan-19	1600000000	01-Jul-19	1405000000
24-Jan-19	1620000000	02-Jul-19	1385000000
29-Jan-19	1620000000	03-Jul-19	1390000000
30-Jan-19	1600000000	04-Jul-19	1325000000
31-Jan-19	1570000000	05-Jul-19	1375000000
07-Feb-19	1635000000	08-Jul-19	1395000000

09-Jul-19	1405000000	21-Aug-19	1305000000
10-Jul-19	1380000000	22-Aug-19	1270000000
12-Jul-19	1340000000	23-Aug-19	1250000000
15-Jul-19	1305000000	26-Aug-19	1250000000
16-Jul-19	1315000000	27-Aug-19	1205000000
17-Jul-19	1335000000	28-Aug-19	1225000000
18-Jul-19	1300000000	29-Aug-19	1215000000
19-Jul-19	1300000000	30-Aug-19	1210000000
22-Jul-19	1285000000	02-Sep-19	1205000000
23-Jul-19	1295000000	03-Sep-19	1205000000
24-Jul-19	1365000000	04-Sep-19	1185000000
25-Jul-19	1370000000	05-Sep-19	1170000000
26-Jul-19	1365000000	06-Sep-19	1150000000
29-Jul-19	1340000000	09-Sep-19	1150000000
30-Jul-19	1315000000	10-Sep-19	1140000000
31-Jul-19	1345000000	11-Sep-19	1150000000
01-Aug-19	1300000000	12-Sep-19	1205000000
02-Aug-19	1330000000	13-Sep-19	1200000000
05-Aug-19	1310000000	16-Sep-19	1215000000
06-Aug-19	1290000000	17-Sep-19	1250000000
07-Aug-19	1275000000	18-Sep-19	1240000000
08-Aug-19	1280000000	19-Sep-19	1220000000
09-Aug-19	1310000000	20-Sep-19	1210000000
12-Aug-19	1305000000	23-Sep-19	1215000000
13-Aug-19	1285000000	24-Sep-19	1170000000
14-Aug-19	1290000000	25-Sep-19	1150000000
15-Aug-19	1305000000	26-Sep-19	1195000000
16-Aug-19	1295000000	27-Sep-19	1200000000
19-Aug-19	1340000000	30-Sep-19	1205000000
20-Aug-19	1340000000	01-Oct-19	1210000000

02-Oct-19	1210000000	13-Nov-19	1150000000
03-Oct-19	1220000000	14-Nov-19	1120000000
04-Oct-19	1225000000	15-Nov-19	1110000000
07-Oct-19	1225000000	18-Nov-19	1115000000
08-Oct-19	1295000000	19-Nov-19	1100000000
09-Oct-19	1310000000	20-Nov-19	1090000000
10-Oct-19	1295000000	21-Nov-19	1060000000
11-Oct-19	1265000000	22-Nov-19	1025000000
14-Oct-19	1275000000	25-Nov-19	1000000000
15-Oct-19	1280000000	26-Nov-19	960000000
16-Oct-19	1250000000	27-Nov-19	940000000
17-Oct-19	1250000000	28-Nov-19	950000000
18-Oct-19	1260000000	29-Nov-19	1015000000
21-Oct-19	1265000000	02-Dec-19	1080000000
22-Oct-19	1230000000	03-Dec-19	1050000000
23-Oct-19	1200000000	04-Dec-19	1075000000
24-Oct-19	1200000000	05-Dec-19	1075000000
25-Oct-19	1210000000	06-Dec-19	1070000000
28-Oct-19	1185000000	09-Dec-19	1070000000
29-Oct-19	1185000000	10-Dec-19	1065000000
30-Oct-19	1170000000	11-Dec-19	1030000000
31-Oct-19	1170000000	12-Dec-19	1015000000
01-Nov-19	1145000000	13-Dec-19	1035000000
04-Nov-19	1185000000	16-Dec-19	1140000000
05-Nov-19	1185000000	17-Dec-19	1100000000
06-Nov-19	1180000000	18-Dec-19	1055000000
07-Nov-19	1165000000	19-Dec-19	1040000000
08-Nov-19	1155000000	20-Dec-19	1000000000
11-Nov-19	1145000000	23-Dec-19	1050000000
12-Nov-19	1150000000	26-Dec-19	1050000000

27-Dec-19	1065000000	16-Jan-20	1135000000
30-Dec-19	1065000000	17-Jan-20	1180000000
02-Jan-20	1070000000	20-Jan-20	1165000000
03-Jan-20	1070000000	21-Jan-20	1190000000
06-Jan-20	1055000000	22-Jan-20	1220000000
07-Jan-20	1060000000	23-Jan-20	1165000000
08-Jan-20	1035000000	24-Jan-20	1155000000
09-Jan-20	1035000000	27-Jan-20	1115000000
10-Jan-20	1035000000	28-Jan-20	1100000000
13-Jan-20	1005000000	29-Jan-20	1085000000
14-Jan-20	1050000000	30-Jan-20	1080000000
15-Jan-20	1090000000	31-Jan-20	1070000000

Sumber: finance.yahoo.com

LAMPIRAN D
Hasil Peramalan Harga Saham
PT. A

Tanggal	Forecast	Tanggal	Forecast
03-Feb-20	2971223687	06-Mar-20	2726540790
04-Feb-20	2961028566	09-Mar-20	2716345669
05-Feb-20	2950833445	10-Mar-20	2706150549
06-Feb-20	2940638325	11-Mar-20	2695955428
07-Feb-20	2930443204	12-Mar-20	2685760307
10-Feb-20	2920248083	13-Mar-20	2675565187
11-Feb-20	2910052962	16-Mar-20	2665370066
12-Feb-20	2899857842	17-Mar-20	2655174945
13-Feb-20	2889662721	18-Mar-20	2644979825
14-Feb-20	2879467600	19-Mar-20	2634784704
17-Feb-20	2869272480	20-Mar-20	2624589583
18-Feb-20	2859077359	23-Mar-20	2614394463
19-Feb-20	2848882238	24-Mar-20	2604199342
20-Feb-20	2838687118	25-Mar-20	2594004221
21-Feb-20	2828491997	26-Mar-20	2583809101
24-Feb-20	2818296876	27-Mar-20	2573613980
25-Feb-20	2808101756	30-Mar-20	2563418859
26-Feb-20	2797906635	31-Mar-20	2553223738
27-Feb-20	2787711514	01-Apr-20	2543028618
28-Feb-20	2777516394	02-Apr-20	2532833497
02-Mar-20	2767321273	03-Apr-20	2522638376
03-Mar-20	2757126152	06-Apr-20	2512443256
04-Mar-20	2746931032	07-Apr-20	2502248135
05-Mar-20	2736735911	08-Apr-20	2492053014

09-Apr-20	2481857894	21-Mei-20	2176004273
10-Apr-20	2471662773	22-Mei-20	2165809152
13-Apr-20	2461467652	25-Mei-20	2155614032
14-Apr-20	2451272532	26-Mei-20	2145418911
15-Apr-20	2441077411	27-Mei-20	2135223790
16-Apr-20	2430882290	28-Mei-20	2125028670
17-Apr-20	2420687170	29-Mei-20	2114833549
20-Apr-20	2410492049	01-Jun-20	2104638428
21-Apr-20	2400296928	02-Jun-20	2094443308
22-Apr-20	2390101808	03-Jun-20	2084248187
23-Apr-20	2379906687	04-Jun-20	2074053066
24-Apr-20	2369711566	05-Jun-20	2063857946
27-Apr-20	2359516445		
28-Apr-20	2349321325		
29-Apr-20	2339126204		
30-Apr-20	2328931083		
01-Mei-20	2318735963		
04-Mei-20	2308540842		
05-Mei-20	2298345721		
06-Mei-20	2288150601		
07-Mei-20	2277955480		
08-Mei-20	2267760359		
11-Mei-20	2257565239		
12-Mei-20	2247370118		
13-Mei-20	2237174997		
14-Mei-20	2226979877		
15-Mei-20	2216784756		
18-Mei-20	2206589635		
19-Mei-20	2196394515		
20-Mei-20	2186199394		

LAMPIRAN E
Hasil Peramalan Harga Saham
PT. B

Tanggal	Forecast	Tanggal	Forecast
03-Feb-20	983491765	06-Mar-20	972984103
04-Feb-20	983053946	09-Mar-20	972546284
05-Feb-20	982616126	10-Mar-20	972108464
06-Feb-20	982178307	11-Mar-20	971670645
07-Feb-20	981740488	12-Mar-20	971232826
10-Feb-20	981302669	13-Mar-20	970795007
11-Feb-20	980864849	16-Mar-20	970357187
12-Feb-20	980427030	17-Mar-20	969919368
13-Feb-20	979989211	18-Mar-20	969481549
14-Feb-20	979551392	19-Mar-20	969043730
17-Feb-20	979113572	20-Mar-20	968605910
18-Feb-20	978675753	23-Mar-20	968168091
19-Feb-20	978237934	24-Mar-20	967730272
20-Feb-20	977800115	25-Mar-20	967292453
21-Feb-20	977362295	26-Mar-20	966854633
24-Feb-20	976924476	27-Mar-20	966416814
25-Feb-20	976486657	30-Mar-20	965978995
26-Feb-20	976048838	31-Mar-20	965541176
27-Feb-20	975611018	01-Apr-20	965103356
28-Feb-20	975173199	02-Apr-20	964665537
02-Mar-20	974735380	03-Apr-20	964227718
03-Mar-20	974297561	06-Apr-20	963789899
04-Mar-20	973859741	07-Apr-20	963352079
05-Mar-20	973421922	08-Apr-20	962914260

09-Apr-20	962476441	21-Mei-20	949341863
10-Apr-20	962038622	22-Mei-20	948904044
13-Apr-20	961600802	25-Mei-20	948466225
14-Apr-20	961162983	26-Mei-20	948028406
15-Apr-20	960725164	27-Mei-20	947590586
16-Apr-20	960287345	28-Mei-20	947152767
17-Apr-20	959849525	29-Mei-20	946714948
20-Apr-20	959411706	01-Jun-20	946277129
21-Apr-20	958973887	02-Jun-20	945839309
22-Apr-20	958536068	03-Jun-20	945401490
23-Apr-20	958098248	04-Jun-20	944963671
24-Apr-20	957660429	05-Jun-20	944525852
27-Apr-20	957222610		
28-Apr-20	956784791		
29-Apr-20	956346971		
30-Apr-20	955909152		
01-Mei-20	955471333		
04-Mei-20	955033514		
05-Mei-20	954595694		
06-Mei-20	954157875		
07-Mei-20	953720056		
08-Mei-20	953282237		
11-Mei-20	952844417		
12-Mei-20	952406598		
13-Mei-20	951968779		
14-Mei-20	951530960		
15-Mei-20	951093140		
18-Mei-20	950655321		
19-Mei-20	950217502		
20-Mei-20	949779683		

LAMPIRAN F
Hasil Peramalan Harga Saham
PT. C

Tanggal	Forecast	Tanggal	Forecast
03-Feb-20	1069325642	06-Mar-20	1074198094
04-Feb-20	1099263965	09-Mar-20	1073108273
05-Feb-20	1098174145	10-Mar-20	1072018453
06-Feb-20	1097084324	11-Mar-20	1070928632
07-Feb-20	1095994504	12-Mar-20	1069838812
10-Feb-20	1094904683	13-Mar-20	1068748991
11-Feb-20	1093814863	16-Mar-20	1067659171
12-Feb-20	1092725042	17-Mar-20	1066569350
13-Feb-20	1091635222	18-Mar-20	1065479530
14-Feb-20	1090545401	19-Mar-20	1064389709
17-Feb-20	1089455581	20-Mar-20	1063299889
18-Feb-20	1088365760	23-Mar-20	1062210069
19-Feb-20	1087275940	24-Mar-20	1061120248
20-Feb-20	1086186119	25-Mar-20	1060030428
21-Feb-20	1085096299	26-Mar-20	1058940607
24-Feb-20	1084006478	27-Mar-20	1057850787
25-Feb-20	1082916658	30-Mar-20	1056760966
26-Feb-20	1081826837	31-Mar-20	1055671146
27-Feb-20	1080737017	01-Apr-20	1054581325
28-Feb-20	1079647196	02-Apr-20	1053491505
02-Mar-20	1078557376	03-Apr-20	1052401684
03-Mar-20	1077467555	06-Apr-20	1051311864
04-Mar-20	1076377735	07-Apr-20	1050222043
05-Mar-20	1075287914	08-Apr-20	1049132223

09-Apr-20	1048042402	21-Mei-20	1015347787
10-Apr-20	1046952582	22-Mei-20	1014257967
13-Apr-20	1045862761	25-Mei-20	1013168146
14-Apr-20	1044772941	26-Mei-20	1012078326
15-Apr-20	1043683120	27-Mei-20	1010988505
16-Apr-20	1042593300	28-Mei-20	1009898685
17-Apr-20	1041503479	29-Mei-20	1008808864
20-Apr-20	1040413659	01-Jun-20	1007719044
21-Apr-20	1039323838	02-Jun-20	1006629224
22-Apr-20	1038234018	03-Jun-20	1005539403
23-Apr-20	1037144197	04-Jun-20	1004449583
24-Apr-20	1036054377	05-Jun-20	1003359762
27-Apr-20	1034964556		
28-Apr-20	1033874736		
29-Apr-20	1032784915		
30-Apr-20	1031695095		
01-Mei-20	1030605274		
04-Mei-20	1029515454		
05-Mei-20	1028425633		
06-Mei-20	1027335813		
07-Mei-20	1026245992		
08-Mei-20	1025156172		
11-Mei-20	1024066351		
12-Mei-20	1022976531		
13-Mei-20	1021886710		
14-Mei-20	1020796890		
15-Mei-20	1019707069		
18-Mei-20	1018617249		
19-Mei-20	1017527428		
20-Mei-20	1016437608		

LAMPIRAN G
Uji Stasioner *Unit Root Augmented Dickey-Fuller*
PT. A

1. Uji Stasioner Data

Null Hypothesis: PT__MATAHARI has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=23)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-0.556113	0.8775
Test critical values: 1% level	-3.434705	
5% level	-2.863351	
10% level	-2.567783	

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

2. Uji Stasioner Data *Differencing* Tingkat Satu

Null Hypothesis: D(PT__MATAHARI) has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=23)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-41.46768	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.434705	
5% level	-2.863351	
10% level	-2.567783	

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

LAMPIRAN H
Uji Stasioner *Unit Root Augmented Dickey-Fuller*
PT. B

1. Uji Stasioner Data

Null Hypothesis: MITRA_ADIPERKASA has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 3 (Automatic - based on SIC, maxlag=21)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.325069	0.6197
Test critical values:		
1% level	-3.436561	
5% level	-2.864171	
10% level	-2.568223	

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

2. Uji Stasioner Data *Differencing* Tingkat Satu

Null Hypothesis: D(MITRA_ADIPERKASA) has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=21)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-22.45391	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.436561	
5% level	-2.864171	
10% level	-2.568223	

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

LAMPIRAN I
Uji Stasioner *Unit Root Augmented Dickey-Fuller*
PT. C

1. Uji Stasioner Data

Null Hypothesis: PT_RAMAYANA has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=21)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.471903	0.1227
Test critical values:		
1% level	-3.436419	
5% level	-2.864108	
10% level	-2.568189	

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

2. Uji Stasioner Data *Differencing* Tingkat Satu

Null Hypothesis: D(PT_RAMAYANA) has a unit root
 Exogenous: Constant
 Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=21)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-34.77375	0.0000
Test critical values:		
1% level	-3.436425	
5% level	-2.864111	
10% level	-2.568190	

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

LAMPIRAN J

Parameter Pemulusan *Double Exponential Smoothing* PT. A

```
> #MATAHARI
> Matahari<-read.csv("E:/matahari.csv")
> Matahari<-ts(Matahari, frequency = 12)
>
> process1<- Holtwinters(Matahari, gamma = FALSE)
> process1
Holt-winters exponential smoothing with trend and without seasonal component.
```

```
Call:
Holtwinters(x = Matahari, gamma = FALSE)
```

```
Smoothing parameters:
alpha: 0.9017419
beta : 0.00907056
gamma: FALSE
```

LAMPIRAN K

Parameter Pemulusan *Double Exponential Smoothing* PT. B

```
> #Mitra Adiperkasa
> Mitra<-read.csv("E:/mitraadi.csv")
> Mitra<-ts(Mitra, frequency = 12)
>
> process2<-Holtwinters(Mitra, gamma = FALSE)
> process2
Holt-winters exponential smoothing with trend and without seasonal component.
```

```
Call:
Holtwinters(x = Mitra, gamma = FALSE)
```

```
Smoothing parameters:
alpha: 0.4082649
beta : 0.01259048
gamma: FALSE
```

LAMPIRAN L

Parameter Pemulusan *Double Exponential Smoothing* PT. C

```
> Ramayana<-read.csv("E:/ramayana.csv")
> Ramayana<-ts(Ramayana, frequency = 12)
>
> process3=Holtwinters(Ramayana, gamma = FALSE)
> process3
Holt-winters exponential smoothing with trend and without seasonal component.
```

```
Call:
Holtwinters(x = Ramayana, gamma = FALSE)
```

```
Smoothing parameters:
alpha: 0.9173887
beta : 0.01242227
gamma: FALSE
```

BIODATA PENULIS



HASNA KHALISHFI YASYFA, dilahirkan di Bandung pada tanggal 01 Desember 1998 dengan keadaan sehat wal alfiat. Penulis merupakan anak sulung dari tiga bersaudara dari pasangan Triaz Isnarto Putra dan Eva Nurzanah. Penulis menempuh pendidikan mulai dari tahun 2002-2003 di sebuah TK di Tambun, lalu 2003-2004 di TK Sempoa Sidoarjo. Kemudian 2004-2007 di SDIT Insan Kamil Sidoarjo, dan 2007-2010 di SDIT Fajar Hidayah Cibubur. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke Al-Kahfi Boarding School dari tahun 2010-2012 dan pada 2012-2013 di SMPIT Salman Alfarisi Bandung. Kemudian pada tahun 2013-2016 di SMAN 1 Bandung. Dan pada tahun 2016 penulis menempuh pendidikan S1 di Departemen Matematika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan NRP 06111640000110.

Di Departemen Matematika ITS, penulis mengambil rumpun minat Matematika Terapan yang terdiri atas Pemodelan Matematika dan Riset Operasi dan Pengolahan Data. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan di Himpunan Mahasiswa Matematika ITS. Untuk kritik dan saran mengenai penelitian Tugas Akhir ini, dapat menghubungi melalui *e-mail* hasna.yasyfa9@gmail.com . Terimakasih dan semoga bermanfaat.