



TUGAS AKHIR - SS 141501

**PERAMALAN *RETURN* SAHAM
BANK CENTRAL ASIA MENGGUNAKAN
*SELF EXCITING THRESHOLD AUTOREGRESSIVE
GENETIC ALGORITHM***

TESALONIKA PUTRI
NRP 1312 100 113

Dosen Pembimbing:
Irhamah, M.Si, Ph.D

Program Studi S1 Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - SS 141501

**FORECASTING OF BANK CENTRAL ASIA'S
STOCK RETURN BY USING SELF EXCITING
THRESHOLD AUTOREGRESSIVE – GENETIC
ALGORITHM**

Tesalonika Putri
NRP 1312 100 113

Supervisor:
Irhamah, M.Si, Ph.D

Undergraduate Programme of Statistics
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

**PERAMALAN RETURN SAHAM BANK CENTRAL ASIA
MENGUNAKAN SELF EXCITING THRESHOLD
AUTOREGRESSIVE-GENETIC ALGORITHM**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada**

**Program Studi S-1 Jurusan Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**TESALONIKA PUTRI
NRP 1312 100 113**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

**Irhamah, M.Si, Ph.D
NIP. 19780406 200112 2 002**

(*Irhamah*)

**Mengetahui
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS**

Dr. Suhartono

NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JANUARI 2016



PERAMALAN *RETURN* SAHAM BANK CENTRAL ASIA MENGGUNAKAN *SELF EXCITING THRESHOLD AUTOREGRESSIVE – GENETIC ALGORITHM*

Nama Mahasiswa : Tesalonika Putri
NRP : 1312 100 113
Jurusan : Statistika, FMIPA-ITS
Pembimbing : Irhamah, M.Si, Ph.D

ABSTRAK

Tujuan utama investor melakukan investasi adalah mendapatkan *return* investasi yang sesuai dengan apa yang telah diinvestasikan-nya. Untuk mendapatkan hasil investasi yang tepat, investor perlu mengetahui kondisi *return* saham di masa yang akan datang dengan tingkat resiko yang kecil. Bank Central Asia (BCA) merupakan salah satu perusahaan yang paling diminati oleh investor karena BCA menduduki peringkat ke 4 berdasarkan pengukuran kinerja perusahaan dalam peningkatan kekayaan yang dihasilkan perusahaan di atas *return* minimal. Kasus *return* saham BCA mengikuti pola deret waktu nonlinear sehingga didekati dengan salah satu metode deret waktu nonlinear *Self Exciting Threshold Autoregressive* (SETAR). Model SETAR membagi data menjadi beberapa *regime* berdasarkan nilai *threshold* yang diambil dari *lag* deret waktu *return* saham BCA tersebut. Namun sering dijumpai permasalahan dalam memperoleh model terbaik. Pada penelitian ini dilakukan optimasi estimasi parameter model SETAR dengan *genetic algorithm* (GA) untuk mengatasi hal tersebut. GA melakukan proses pencarian solusi terbaik berdasarkan kumpulan solusi. Permodelan *return* saham BCA dilakukan menggunakan model SETAR dan SETAR GA serta membandingkannya dengan model ARIMA untuk menghasilkan akurasi peramalan paling tinggi. Model peramalan terbaik adalah model subset SETAR (2,[1,3,4],1) menggunakan optimasi *genetic algorithm*. Model ini menghasilkan ketepatan prediksi yang paling tinggi dibandingkan model lainnya.

Kata Kunci : *Return Saham, Self-Exciting Threshold Autoregressive, Genetic Algorithm, ARIMA*



(halaman ini sengaja dikosongkan)

FORECASTING OF BANK CENTRAL ASIA's STOCK RETURN BY USING SELF EXCITING THRESHOLD AUTOREGRESSIVE – GENETIC ALGORITHM

Name : Tesalonika Putri
NRP : 1312 100 113
Department : Statistics, FMIPA-ITS
Supervisor : Irhamah, M.Si, Ph.D

ABSTRACT

The main goal of an investment is to get positive return (profit). In order to get an appropriate investment, investor needs to know the future condition of stock return with minimum risk. Bank Central Asia (BCA) is one of the most chosen investment, because BCA was ranked fourth based on company's performance in increasing the wealth produced over a minimum return. The stock return of BCA follows nonlinear pattern, so this data can be modeled using one of nonlinear time series models that is Self Exciting Threshold Autoregressive (SETAR). SETAR models divide data into several regimes based on the threshold value which is taken lag from its self. There is a problem in determining the best model in SETAR. In this study, the parameter estimation was optimized using Genetic Algorithm. Genetic Algorithm is a population-based search method in finding best solution. BCA's stock return was modeled using SETAR, SETAR-GA and ARIMA models. The best forecasting model is SETAR (2,[1,3,4],1) model using genetic algorithm optimization, since it produces highest forecasting accuracy compared to other methods.

Keyword: *Stock Return, Self-Exciting Threshold Autoregressive, Genetic Algorithm, ARIMA*



(halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan baik Tugas Akhir dengan judul **Peramalan *Return Saham Bank Central Asia menggunakan Self Threshold Exciting Autoregressive – Genetic Algorithm.***

Tugas Akhir ini tidak akan terselesaikan dengan baik tanpa dukungan dan bantuan dari banyak pihak selama proses pengerjaannya, oleh karena itu penulis ingin memberikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Suhartono selaku Ketua Jurusan Statistika FMIPA ITS dan dosen wali yang telah memberikan motivasi dan bimbingan selama perkuliahan.
2. Ibu Irhamah, M.Si, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu serta memberikan bimbingan, ilmu, dan saran kepada penulis.
3. Ibu Dra. Lucia Aridinanti, M.T selaku Kaprodi S1 Jurusan Statistika ITS.
4. Bapak Dr.Brodjol Sutijo Ulama, M.Si dan Ibu Dra.Wiwiek SW, MS sebagai dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini.
5. Bapak/Ibu dosen yang telah menjadi media transfer ilmu selama perkuliahan dan karyawan yang telah membantu dalam penyelenggaraan perkuliahan Jurusan Statistika ITS.
6. Kedua orang tua tercinta, ayah Bagoes dan ibu Yeyen atas segala doa, dukungan, dan nasehat yang diberikan sampai saat ini. Kedua adik tercinta Otniel dan Kezia yang telah membantu dan memberi hiburan selama ini.
7. Mbak Maulida yang telah membantu dalam memberikan ilmu selama pembuatan Tugas Akhir ini.
8. Erjuki, Almira, Cece, Nike, Tete, dan Lina yang telah membantu, memberikan dukungan, saran, motivasi selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.

9. Teman-teman PSMITS terutama LA2013 dan teman-teman Statistika angkatan 2012, EXCELLENT, yang telah memberikan dukungan dan motivasi.
10. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini namun tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam Tugas Akhir ini sehingga saran dan masukan sangat diperlukan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak. Terimakasih kepada semuanya.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
COVER PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Analisis Deret Waktu	7
2.2 Model <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i> (ARIMA)	7
2.3 Uji Nonlinearitas Terasvirta	8
2.4 Model <i>Self-Exciting Threshold Autoregressive</i> (SETAR)	9
2.5 Estimasi Parameter Model <i>2 Regime</i>	11
2.6 Penentuan <i>Threshold</i>	12
2.7 Uji Signifikansi Parameter	13
2.8 Kriteria Pemilihan Model Terbaik	13
2.9 <i>Genetic Algorithm</i> (GA)	14

2.10 <i>Return</i> Saham	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Sumber Data	19
3.2 Variabel Penelitian	19
3.3 Langkah Penelitian	19
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Permodelan <i>Return</i> Saham BCA menggunakan ARIMA.....	24
4.2 Permodelan <i>Return</i> Saham BCA menggunakan SETAR	29
4.3 Permodelan <i>Return</i> Saham BCA menggunakan SETAR-GA.....	34
4.4 Perbandingan Performansi Model Terbaik	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 4.1 Plot <i>Time Series</i> Data <i>Return</i> Saham BCA	23
Gambar 4.2 <i>Box-Cox Plot</i> Data <i>Return</i> Saham BCA	24
Gambar 4.3 Plot ACF dan PACF Data <i>Return</i> Saham BCA..	25
Gambar 4.4 Plot <i>Time Series</i> <i>Return</i> Saham Berdasarkan <i>Regime</i>	30
Gambar 4.5 Plot Z_t dengan Z_{t-1} dan Z_{t-2}	31
Gambar 4.6 Ilustrasi Kromosom <i>Genetic Algorithm</i> tanpa <i>Threshold</i>	34
Gambar 4.7 Ilustrasi Kromosom <i>Genetic Algorithm</i> dengan <i>Threshold</i>	35
Gambar 4.8 Hasil Perbandingan <i>Out-Sample</i> dan Ramalan...	39



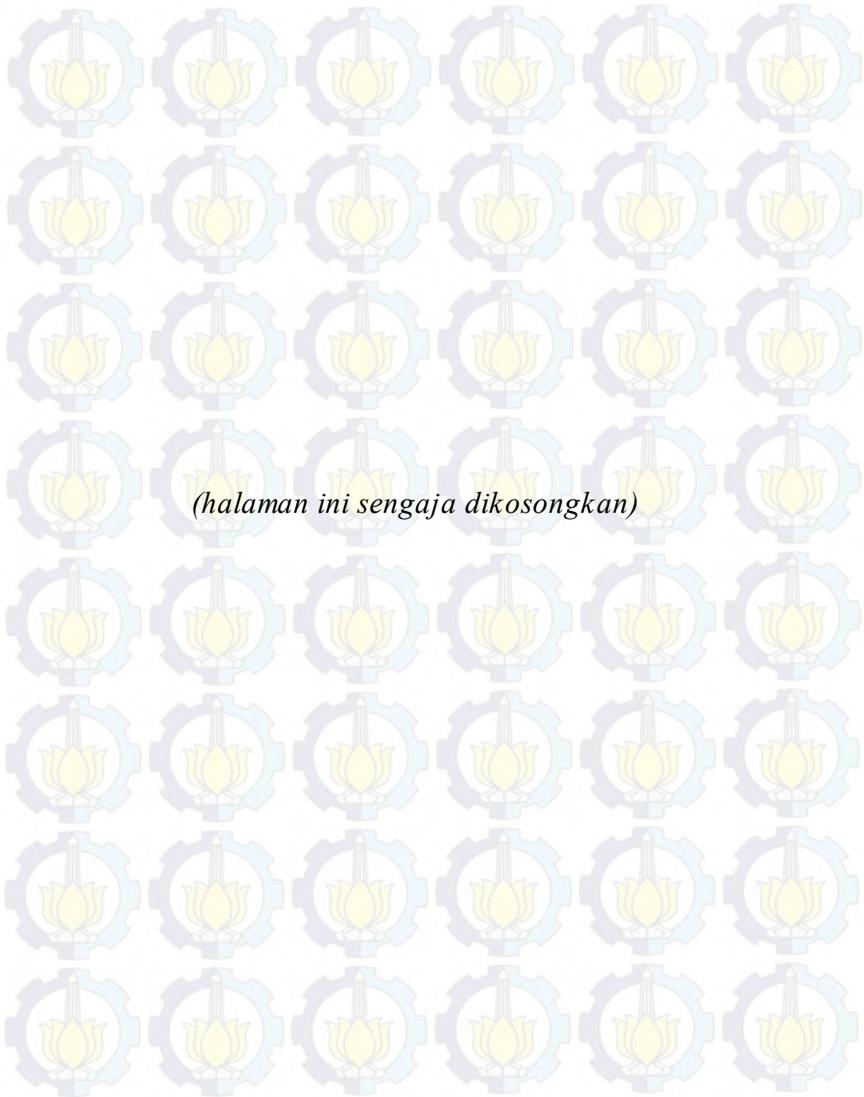
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Struktur Data <i>Return</i> Saham BCA	19
Tabel 4.1 Statistika Deskriptif Return Saham BCA.....	24
Tabel 4.2 Estimasi Paramater Model Sementara ARIMA....	25
Tabel 4.3 Hasil Uji Residual Saling Bebas	26
Tabel 4.4 Hasil Uji Normalitas Residual	27
Tabel 4.5 Data Pengamatan yang <i>Outlier</i>	28
Tabel 4.6 Perbandingan Keباikan Model ARIMA Data <i>Return</i> Saham BCA	29
Tabel 4.7 Estimasi Parameter Model SETAR(2,4,1)	32
Tabel 4.8 Estimasi Parameter Model SETAR (2,[1,3,4],1) .	33
Tabel 4.9 Parameter <i>Genetic Algorithm</i>	35
Tabel 4.10 Estimasi Parameter SETAR–GA tanpa Optimasi <i>Threshold</i>	36
Tabel 4.11 Estimasi Parameter SETAR – GA dan Optimasi <i>Threshold</i>	37
Tabel 4.12 Hasil Perbandingan Model Menggunakan <i>Genetic Algorithm</i>	38
Tabel 4.13 Hasil Perbandingan Keباikan Model	39
Tabel 4.14 Ramalan <i>Return</i> Saham BCA	39



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data Return Saham Bank Central Asia.....	45
Lampiran 2 <i>Syntax</i> Return Saham BCA Model ARIMA...	46
Lampiran 3 <i>Syntax</i> Return Saham BCA Model ARIMA dengan Penambahan <i>Outlier</i>	47
Lampiran 4 Output Deteksi <i>Outlier</i> pada Model ARIMA..	48
Lampiran 5 Uji Nonlinearitas Terasvirta.....	48
Lampiran 6 Identifikasi Model SETAR.....	49
Lampiran 7 <i>Syntax</i> dan Output Model SETAR (2,4,1).....	50
Lampiran 8 Output Model Subset SETAR	51
Lampiran 9 <i>Syntax</i> Estimasi Parameter Model SETAR menggunakan Algoritma Genetika.....	52
Lampiran 10 <i>Syntax</i> Algoritma Genetika.....	53



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pasar modal menjalankan fungsi sebagai sarana bagi perusahaan untuk mendapatkan dana dari masyarakat pemodal (investor). Salah satu instrumen keuangan yang menjadi sarana berinvestasi bagi masyarakat pemodal adalah saham. Saham merupakan instrumen investasi yang banyak dipilih oleh para investor karena saham mampu memberikan tingkat keuntungan yang menarik. Tujuan utama investor melakukan investasi adalah mendapatkan *return* investasi yang sesuai dengan apa yang telah diinvestasikannya. Tanpa keuntungan yang diperoleh dari suatu investasi, investor tentu tidak mau melakukan investasi yang tidak ada hasilnya. Konsep *return* adalah tingkat keuntungan yang dinikmati oleh pemodal atas suatu investasi yang dilakukannya. *Return* saham merupakan *income* yang diperoleh pemegang saham sebagai hasil dari investasi di perusahaan tertentu (Ang, 1997). *Return* saham yang digunakan berasal dari data historis sehingga disebut *return* realisasi dimana nilai *return* diperoleh dari harga saham saat ini dikurangi harga saham sebelumnya dan dibagi harga saham sebelumnya.

Interaksi transaksi setiap sekuritas dipasar modal berbeda-beda. Sebagian besar memiliki frekuensi yang sangat tinggi dan aktif diperdagangkan di pasar modal, namun sebagian sekuritas lainnya relatif sedikit frekuensi transaksi dan relatif pasif. Hal ini menyebabkan perkembangan dan tingkat likuiditas Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) menjadi kurang mencerminkan kondisi riil yang terjadi di bursa efek sehingga hal tersebut diatasi menggunakan indeks LQ45. Indeks LQ45 terdiri dari 45 saham Bursa Efek Indonesia dengan likuiditas yang tinggi dan kapasitas

pasar yang besar serta lolos seleksi menurut beberapa kriteria pemilihan. Salah satu perusahaan yang tergabung dalam indeks LQ45 adalah Bank Central Asia (BCA). Berdasarkan perhitungan harian data dari *Bloomberg* periode 2009 sampai 2013, BCA menduduki peringkat ke 4 berdasarkan pengukuran kinerja perusahaan dalam peningkatan kekayaan yang dihasilkan perusahaan di atas *return* minimal. Hal itu disebabkan karena BCA mempertahankan likuiditas tinggi, meningkatkan profitabilitas, memperkokoh permodalan, serta BCA bersikap transparan untuk menjaga kepercayaan dan ekspektasi investor. Berdasarkan hal tersebut, banyak investor yang mempercayakan investasinya di BCA. Namun demikian, untuk mendapatkan hasil investasi yang tepat, investor tidak cukup hanya mengetahui kondisi *return* saham saat ini tetapi investor juga perlu mengetahui bagaimana kondisi *return* saham di masa yang akan datang sehingga investor mendapatkan *return* saham yang besar dengan tingkat resiko yang kecil.

Pada kasus saham BCA terjadi volatilitas yang berarti terjadinya perubahan pada data *return* yang akan berakibat langsung pada perilaku harga saham untuk periode yang panjang. Hal tersebut menyebabkan peramalan *return* saham BCA didekati menggunakan model deret waktu nonlinier. Salah satu model deret waktu nonlinier yang dapat digunakan adalah model *Self-Exiting Threshold Autoregressive* (SETAR). Model SETAR merupakan kasus dari model *Threshold Autoregressive* (TAR) dimana *threshold* yang digunakan diambil dari nilai *lag* deret waktu itu sendiri (Franses dan Dijk, 2003). Model TAR mengasumsikan bahwa *regime* ditentukan oleh variabel Z_t , tetapi pada model SETAR mengasumsikan bahwa variabel Z_t merupakan sebuah autoregresi linier dalam sebuah *regime*, tetapi dapat berpindah antar *regime* bergantung pada nilai *lag* Z_t . Pada model

SETAR, stasioneritas dari Z_t tidak mengharuskan model tersebut stasioner pada tiap *regime*. Penelitian tentang model SETAR pernah dilakukan oleh Fitriana (2014) dengan judul Penerapan Model Nonlinear *Self-Exciting Threshold Autoregressive* (SETAR) untuk Permodelan Data Inflasi di Indonesia. Pada penelitian tersebut melakukan permodelan SETAR untuk kasus inflasi di Indonesia namun asumsi *white noise* tidak terpenuhi. Kemudian penelitian oleh Crespo dan Cauresma dengan judul *Forecasting European GDP Using Self-Exciting Threshold Autoregressive Models*. Pada kasus harga saham terjadi fenomena lompatan data serta fluktuasi sehingga model SETAR sangat baik untuk kasus ini karena model ini dapat membangkitkan dinamika nonlinear yang kompleks dan dapat menganalisis perubahan *regime* yang asimetris serta lompatan data yang tidak dapat ditangkap oleh model deret waktu linier.

Dalam melakukan permodelan SETAR yang diharapkan adalah mendapatkan hasil model terbaik. Namun demikian pada model SETAR terdapat masalah dalam penentuan nilai *regime* dan *threshold* sehingga menyebabkan model peramalan tidak sesuai. Salah satu cara mendapatkan model terbaik menggunakan *genetic algorithm* (GA). GA memiliki beberapa keunggulan dalam proses optimasi yaitu GA bekerja pada kumpulan solusi dan GA mencari berdasarkan populasi dari solusi, bukan hanya satu solusi (Sawaka, 2002). Penelitian mengenai permodelan SETAR dan GA pernah dilakukan oleh Maulida dan Irhamah (2015) diperoleh hasil bahwa identifikasi model SETAR menggunakan metode GA memberikan hasil AIC yang lebih kecil dibandingkan metode *Grid Search*. Selain model SETAR dengan GA, akan dilakukan perbandingan dengan model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) untuk mendapatkan hasil model yang terbaik. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah dengan me-

tode yang sederhana, hasil peramalan yang didapatkan sesuai atau tidak. Penelitian yang membandingkan metode SETAR dengan ARIMA pernah dilakukan oleh Nuryana (2009) diperoleh hasil bahwa metode SETAR memberikan estimasi paling akurat, namun belum melakukan perbandingan dengan metode GA.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan analisis untuk mengetahui peramalan return saham di Bank Central Asia menggunakan pendekatan algoritma genetika sehingga penelitian ini menggunakan judul Peramalan Return Saham Bank Central Asia menggunakan *Self Exciting Threshold Autoregressive - Genetic Algorithm*.

1.2 Rumusan Masalah

Return saham merupakan kasus deret waktu nonlinier. Salah satu model yang digunakan adalah model SETAR. Pada model SETAR terdapat masalah pada penentuan nilai regime dan *threshold* sehingga menyebabkan model peramalan tidak sesuai, sehingga metode GA digunakan untuk mengoptimasi parameter. Untuk melihat performansinya, dilakukan perbandingan antara model SETAR dan model SETAR-GA. Selain itu, dilakukan juga perbandingan dengan model ARIMA. Dengan demikian, pada penelitian ini dirumuskan suatu permasalahan yaitu bagaimana permodelan data *return* saham BCA dengan ARIMA? Bagaimana permodelan data *return* saham BCA model SETAR? Bagaimana permodelan data *return* saham BCA SETAR GA? Bagaimana perbandingan hasil performansi dari model ARIMA, SETAR, dan SETAR GA?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan penelitian yang ingin dicapai adalah :

1. Mendapatkan hasil permodelan ARIMA pada data return harga saham.
2. Mendapatkan hasil permodelan SETAR pada data return harga saham.
3. Mendapatkan hasil permodelan SETAR GA pada return harga saham.
4. Membandingkan hasil performasi dari model ARIMA, SETAR, dan SETAR GA pada data return harga saham.

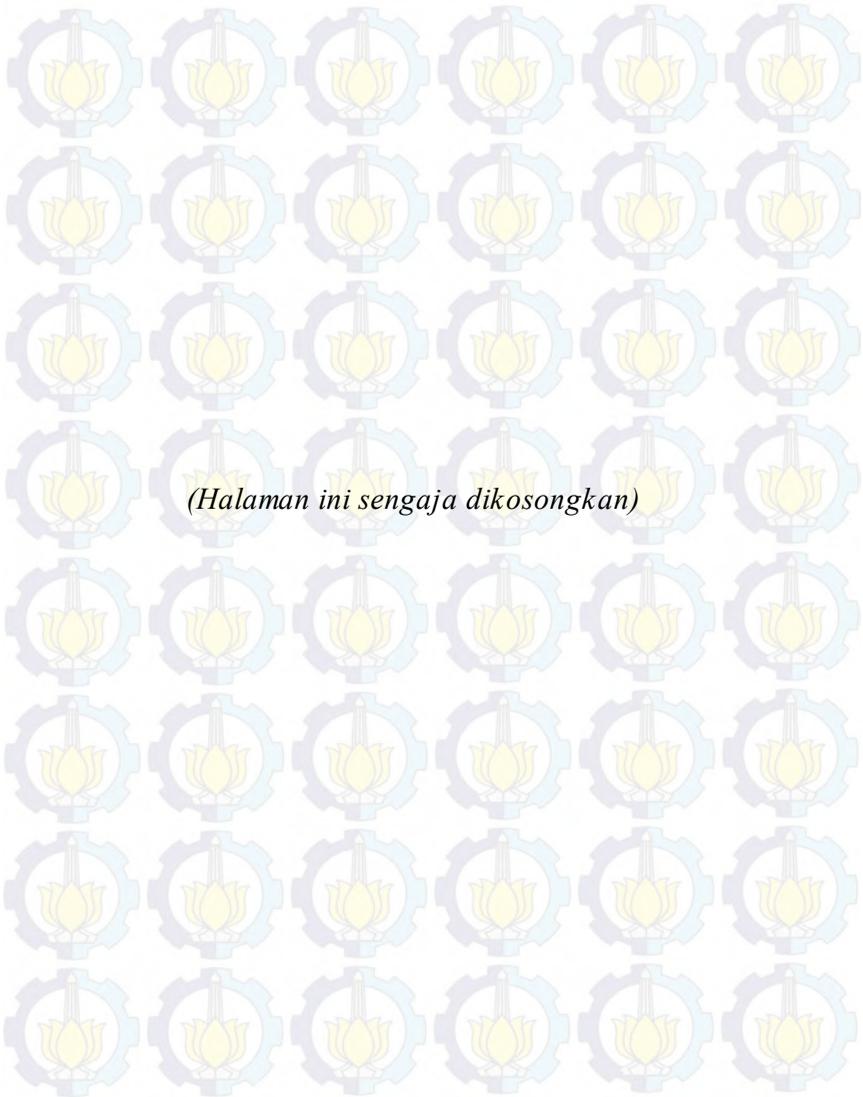
1.4 Manfaat

Penelitian tentang peramalan *return* saham ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Dapat digunakan sebagai informasi tambahan untuk perusahaan dalam menentukan strategi pengembangan perusahaan di pasar modal.
2. Dapat digunakan sebagai informasi tambahan pada penelitian-penelitian selanjutnya.
3. Dapat digunakan sebagai informasi tambahan untuk penelitian yang berkaitan dengan permodelan SETAR dan algoritma genetika.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian data deret waktu dengan menggunakan metode SETAR dan algoritma genetika. Pada metode SETAR dengan algoritma genetika dibatasi *regime* yang digunakan adalah 2. Data yang digunakan adalah data sekunder yang merupakan data *return* Bank Central Asia dimulai dari 4 Januari 2010 sampai 31 Oktober 2015 sebagai data *in sample*. Untuk data dari 2 November sampai 13 November 2015 akan digunakan sebagai validasi (data *out sample*).



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Deret Waktu

Deret waktu merupakan serangkaian pengamatan yang terjadi berdasarkan indeks waktu secara berurutan dengan interval waktu tetap. Suatu data yang dimodelkan dengan analisis deret waktu dapat diasumsikan bahwa data tersebut dalam keadaan stasioner. Artinya tidak terjadi trend dalam *mean* dan varian. Dalam analisis deret waktu, data diharapkan mengikuti proses stokastik yaitu suatu proses yang dinyatakan dalam suatu variabel random $Z(t)$ dinotasikan dengan Z_t yang mempunyai fungsi kepadatan $f(Z_t)$. Artinya data deret waktu pada t_1, t_2, \dots, t_n mempunyai nilai $Z_{t_1}, Z_{t_2}, \dots, Z_{t_n}$ secara acak dari suatu distribusi probabilitas $f(Z_t)$ (Wei, 2006).

2.2 Model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA)

Autoregressive (AR) adalah salah satu model *time series* yang stasioner yang mendeskripsikan suatu keadaan dimana nilai sekarang bergantung pada nilai-nilai sebelumnya ditambah dengan *random stock*. Proses *autoregressive* dengan orde p dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$\hat{Z}_t = \phi_1 \hat{Z}_{t-1} + \dots + \phi_p \hat{Z}_{t-p} + a_t \quad (2.1)$$

Selain *autoregressive* terdapat model *time series* stasioner lain yang disebut *moving average* (MA) yaitu model yang menjelaskan bahwa suatu observasi pada waktu t sebagai kombinasi linier dari sejumlah *random stock*. proses *moving average* dengan orde q atau MA(q) dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$\dot{Z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (2.2)$$

Kombinasi dari proses *autoregressive* dan *moving average* disebut proses *autoregressive moving average* (ARMA). Persamaan ARMA(p,q) adalah sebagai berikut.

$$\dot{Z}_t = \phi_1 \dot{Z}_{t-1} + \dots + \phi_p \dot{Z}_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (2.3)$$

Pada kasus data yang tidak stasioner, dapat dilibatkan operator *differencing* sehingga terbentuk model *integrated autoregressive moving average* (ARIMA). Jadi Z_t dikatakan proses ARIMA dengan *autoregressive* orde p , *moving average* orde q , dan *differencing* sebanyak d kali atau dapat ditulis model ARIMA (p, d, q) (Wei, 2006). Model ARIMA ditunjukkan pada persamaan (2.4).

$$(1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)(1 - B)^d Z_t = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q) a_t \quad (2.4)$$

2.3 Uji Nonlinearitas Terasvirta

Uji nonlinieritas dilakukan untuk mengetahui apakah suatu data mengikuti pola linier atau nonlinier. Salah satu uji nonlinieritas yaitu uji terasvirta Terasvirta, Lin, dan Granger (1993) memperkenalkan suatu uji nonlinieritas yang termasuk uji kelompok Lagrange Multiplier yang dikembangkan dari model neural network. Prosedur untuk mendapatkan nilai statistik uji F adalah sebagai berikut.

1. Meregresikan Z_t dengan $1, Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-p}$ dan menghitung residual \hat{a}_t serta menghitung jumlah kuadrat residual

$$SSR_0 = \sum_{t=1}^T \hat{a}_t^2 \quad (2.5)$$

2. Meregresikan \hat{a}_t dengan $1, Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-p}$ dan m prediktor tambahan yang merupakan suku kubik atau kuadratik yang merupakan hasil pendekatan ekspansi Taylor. Menghitung residual \hat{v}_t serta menghitung jumlah kuadrat residual.

$$SSR = \sum_{t=1}^T \hat{v}_t^2 \quad (2.6)$$

3. Menghitung nilai F

$$F = \frac{(SSR_0 - SSR)/m}{SSR/(N - p - 1 - m)}$$

dengan N adalah jumlah pengamatan.

Dibawah hipotesis linieritas dalam mean, nilai F didekati dengan distribusi F dengan derajat bebas m dan $N - p - 1 - m$ (Terasvirta, 1993)

2.4 Model *Self-Exciting Threshold Autoregressive* (SETAR)

Model *Self-Exciting Threshold Autoregressive* (SETAR) adalah pengembangan dari model TAR. Model TAR mengasumsikan bahwa *regime* ditentukan oleh variabel Z_t , tetapi pada model SETAR mengasumsikan bahwa variabel Z_t merupakan sebuah autoregresi linier dalam sebuah *regime*, tetapi dapat berpindah antar *regime* bergantung pada nilai *lag* Z_t . Pada model SETAR, stasioneritas dari Z_t tidak mengharuskan model tersebut stasioner pada tiap *regime*. Pada model SETAR, data dipisahkan menjadi *regime* atas dan *regime* bawah. Suatu proses Z_t mengikuti suatu proses SETAR jika mengikuti model pada persamaan (2.7) (Tsay, 1989)

$$Z_t = \phi_{0,j} + \sum_{i=1}^{p_j} \phi_{i,j} Z_{t-i} + a_{t,j}; \text{ jika } Z_{t-d} \in R_j \quad (2.7)$$

dengan

$j = 1, 2, \dots, k$

$d =$ bilangan bulat positif dan merupakan parameter delay

$a_{t,j} =$ barisan variabel acak yang identik, independen, dan mengikuti distribusi tertentu dengan mean nol dan varian σ_j^2

$R = \sum_{i=1}^k R_i$ dimana $R_1 = (-\infty, r_1)$, $R_i = (r_{i-1}, r_i)$ untuk $i = 2, \dots, k - 1$, dan $R_k = (r_k, \infty)$ serta $-\infty < r_1 < \dots < r_{k-1} < \infty$ adalah *threshold* (Wei, 2006). *Delay* diperoleh dari orde maksimum atau *lag* maksimum yang keluar dari plot PACF. Namun demikian, *delay* yang digunakan adalah efek *lag* yang berpengaruh signifikan terhadap deret waktu Z_t .

Persamaan (2.7) dapat ditulis sebagai model SETAR ($k; p_1, p_2, \dots, p_j$) dengan k adalah banyaknya *regime* yang dipisahkan oleh $(k - 1)$ *threshold* dan p_j menyatakan orde dari model *autoregressive* pada *regime* ke- j . Proses yang terjadi pada masing-masing *regime* mengikuti model linier *autoregressive*.

Penjabaran model SETAR ($k; p_1, p_2, \dots, p_j$) pada persamaan (2.7) dapat dilihat pada persamaan (2.8)

$$Z_t = \begin{cases} \phi_{0,1} + \sum_{i=1}^{p_1} \phi_{i,1} Z_{t-i} + a_{t,1}; \text{ jika } Z_{t-d} \leq r_1 \\ \phi_{0,2} + \sum_{i=1}^{p_2} \phi_{i,2} Z_{t-i} + a_{t,2}; \text{ jika } Z_{t-d} \leq r_2 \\ \dots \\ \phi_{0,k} + \sum_{i=1}^{p_k} \phi_{i,k} Z_{t-i} + a_{t,k}; \text{ jika } Z_{t-d} \leq r_k \end{cases} \quad (2.8)$$

Berdasarkan persamaan (2.8) dapat pula dibentuk model SETAR (2, p_1 , p_2) yang merupakan model SETAR dengan 2 *regime* dimana p_1 menunjukkan orde AR pada *regime* bawah sedangkan p_2 menunjukkan order AR pada *regime* atas. Bentuk persamaan model SETAR (2, p_1 , p_2) dapat dilihat pada persamaan (2.9) dengan d adalah *delay* dan r adalah *threshold*.

$$Z_t = \begin{cases} \phi_{0,1} + \sum_{i=1}^{p_1} \phi_{i,1} Z_{t-i} + a_{t,1} ; & \text{jika } Z_{t-d} \leq r \\ \phi_{0,2} + \sum_{i=1}^{p_2} \phi_{i,2} Z_{t-i} + a_{t,2} ; & \text{jika } Z_{t-d} > r \end{cases} \quad (2.9)$$

2.5 Estimasi Parameter Model 2 Regime

Estimasi parameter model 2 *regime* dilakukan dengan cara membagi data menjadi dua *regime* sesuai dengan *threshold* yang memisahkan kedua *regime* tersebut. Kemudian diperoleh persamaan (2.10) untuk *regime* bawah dan persamaan (2.11) untuk *regime* bawah. Dengan asumsi bahwa $p = \max\{p_1, p_2\}$, $\phi_{i,j} = 0$ untuk $i > p_j$, $\mathbf{a}^* = (a_1, a_2, \dots, a_p)'$ diketahui $a_1, a_2, \dots, a_p = 0$. Kemudian diperoleh bentuk persamaan (2.12).

$$Z_{t,1} = \phi_{0,1} + \sum_{i=1}^p \phi_{i,1} Z_{t-i} \quad , \text{ untuk } \textit{regime} \textit{ bawah} \quad (2.10)$$

$$Z_{t,2} = \phi_{0,2} + \sum_{i=1}^p \phi_{i,2} Z_{t-i} \quad , \text{ untuk } \textit{regime} \textit{ atas} \quad (2.11)$$

$$\mathbf{Z} = \mathbf{X}\Phi + \mathbf{a} \quad (2.12)$$

Penyelesaian untuk bentuk persamaan (2.12) dapat dilakukan dengan menggunakan OLS.

$$\mathbf{a} = \mathbf{Z} - \mathbf{X}\Phi \quad (2.13)$$

$$\mathbf{a}'\mathbf{a} = (\mathbf{Z} - \mathbf{X}\Phi)'(\mathbf{Z} - \mathbf{X}\Phi)$$

Dengan meminimumkan $\mathbf{a}'\mathbf{a}$ sama dengan $\frac{\partial \mathbf{a}'\mathbf{a}}{\partial \Phi} = 0$ sehingga

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathbf{a}'\mathbf{a}}{\partial \Phi} &= \frac{\partial}{\partial \Phi} [(\mathbf{Z} - \mathbf{X}\Phi)'(\mathbf{Z} - \mathbf{X}\Phi)] \\ \mathbf{0} &= \frac{\partial}{\partial \Phi} [(\mathbf{Z} - \mathbf{X}\Phi)'(\mathbf{Z} - \mathbf{X}\Phi)] \\ \mathbf{0} &= \frac{\partial}{\partial \Phi} [\mathbf{Z}'\mathbf{Z} - \mathbf{Z}'\mathbf{X}\Phi - \Phi'\mathbf{X}'\mathbf{Z} + \Phi'\mathbf{X}'\mathbf{X}\Phi] \\ \mathbf{0} &= \frac{\partial}{\partial \Phi} [\mathbf{Z}'\mathbf{Z} - 2\Phi'\mathbf{X}'\mathbf{Z} + \Phi'\mathbf{X}'\mathbf{X}\Phi] \\ \mathbf{0} &= \mathbf{0} - 2\mathbf{X}'\mathbf{Z} + 2\mathbf{X}'\mathbf{X}\Phi \\ \mathbf{X}'\mathbf{X}\Phi &= \mathbf{X}'\mathbf{Z} \\ \Phi &= (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{Z} \end{aligned} \tag{2.14}$$

2.6 Penentuan *Threshold*

Pada model SETAR, estimasi *threshold* membutuhkan suatu perhatian khusus. Misalkan $k = 2$ maka hanya ada 1 *threshold* misalkan r yang memenuhi $Z_{\pi_s} < r_1 < Z_{\pi_{s+1}}$ sehingga sebarang nilai pada interval $[Z_{\pi_s}, Z_{\pi_{s+1}}]$ dapat digunakan untuk menemukan r . Pada umumnya, salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menentukan estimasi untuk *threshold* yaitu dengan menggunakan estimasi persentil pada estimasi titik (Tsay, 1989). Prosedur persentil adalah sebagai berikut.

1. Mengurutkan data mulai dari data terkecil sampai terbesar.
2. Menentukan daerah persentil, misal 15-85%
3. Menghitung letak persentil dengan rumus

$$\begin{aligned} W &= \frac{i(n+1)}{100} \\ B &= \lfloor W \rfloor \\ C &= W - \lfloor W \rfloor \\ P_j &= Z_{[B]} + C \cdot (Z_{[B+1]} - Z_{[B]}) \end{aligned} \tag{2.15}$$

dimana

- W = titik P_j
 n = banyak data *return* saham
 B = pembulatan kebawah titik W
 Z_B = data ke- B
 P_j = persentil ke- j
 j = daerah persentil, 15-85%

2.7 Uji Signifikansi Parameter

Model deret waktu dibangun dengan melakukan identifikasi dan estimasi parameter dari model. Misalkan $\hat{\phi}_i$ adalah estimasi dari ϕ_i . Uji signifikan parameter dapat dilakukan dengan tahapan berikut.

1. Menetapkan hipotesis

$$H_0 : \phi_i = 0$$

$$H_1 : \phi_i \neq 0, \text{ dengan } i = 1, 2, \dots, k$$

2. Statistik uji

$$t = \frac{\hat{\phi}_i}{\sqrt{\text{var} \hat{\phi}_i}}$$

3. Kriteria penolakan H_0

Tolak H_0 jika $|t| > t_{\alpha, df}$ dengan $df = N - M$, N adalah banyaknya pengamatan dan M adalah banyaknya parameter dalam model.

2.8 Kriteria Pemilihan Model Terbaik

2.8.1 Akaike's Information Criteria (AIC)

Akaike's Information Criteria (AIC) adalah suatu kriteria pemilihan model terbaik yang diperkenalkan oleh Akaike dengan mempertimbangkan banyaknya parameter dalam model. Semakin kecil nilai AIC yang diperoleh semakin baik model yang digunakan. Kriteria AIC dapat dirumuskan sebagai berikut (Wei, 2006)

$$\begin{aligned}
 AIC(M) &= -2 \ln[\text{maksimum likelihood}] + 2M \\
 &= N \ln\left(\frac{SSE}{N}\right) + 2M
 \end{aligned}$$

dengan

SSE : *sum of square error*

M : banyak parameter dalam model

2.8.2 Mean Square Error (MSE)

Mean Square Error (MSE) adalah pengukuran kebaikan model berdasarkan nilai rata-rata dari jumlah kuadrat *error*.

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^l (Z_t - \hat{Z}_t)^2}{l}$$

dimana

Z_t = data *return* saham pada waktu ke t

\hat{Z}_t = nilai *fits* atau prediksi dari model

l = banyak data *out-sample*

2.9 Genetic Algorithm (GA)

Genetic Algorithm (GA) pertama kali dikembangkan oleh John Holland dari Universitas Michigan pada tahun 1975. GA dikembangkan berdasarkan teori evolusi dengan prinsip seleksi alam. GA merepresentasikan sebuah teknik identifikasi pendekatan selusi untuk masalah optimasi. GA adalah sebuah algoritma optimasi metaheuristik yang berdasarkan populasi solusi dan menggunakan mekanisme spesifik yang terinspirasi dari evolusi secara biologi seperti individu (kromosom), reproduksi, mutasi, rekombinasi, seleksi, ketahanan fitness (Gorunescu, 2010). GA banyak dipakai dalam menyelesaikan masalah kombinatorial seperti TSP (*traveling salesman problem*), *crew scheduling* untuk penerbangan hingga masalah kontrol.

2.9.1 Kromosom

Dalam GA, kromosom merupakan bagian penting dari algoritma. Satu kromosom atau individu mewakili satu vektor

solusi. Terkadang vektor solusi dapat digunakan dalam implementasi GA atau dapat juga dilakukan pengkodean. Pengkodean dilakukan untuk mewakili suatu solusi dengan menggunakan bilangan biner. Hal ini tergantung pada optimasi yang dihadapi. Setiap anggota kromosom disusun oleh gen-gen, dimana masing-masing gen mewakili elemen dari vektor solusi. Dengan dibangkitkannya populasi ini, maka akan tersedia banyak pilihan solusi.

2.9.2 Elitisme

Proses seleksi dilakukan secara random sehingga tidak ada jaminan bahwa suatu individu yang bernilai fitness tinggi akan selalu terpilih. Walaupun individu dengan nilai fitness tertinggi terpilih, mungkin saja individu tersebut akan rusak (nilai fitness menurun) karena proses pindah silang atau mutasi. Oleh karena itu, untuk menjaga agar individu bernilai fitness tinggi tidak hilang selama evolusi, maka perlu dibuat suatu kopiannya. Prosedur ini dikenal sebagai elitisme. Konsep elitisme dalam GA berusaha untuk mempertahankan individu terbaik yang telah diperoleh di suatu generasi ke dalam generasi selanjutnya sehingga individu terbaik akan muncul di populasi berikutnya. Elitisme dimaksudkan untuk menjaga individu terbaik untuk tetap muncul di dalam populasi pada iterasi berikutnya.

2.9.3 Fungsi *Fitness*

Fungsi *fitness* digunakan untuk mengukur tingkat kebaikan atau kesesuaian suatu solusi dengan solusi yang dicari. Fungsi fitness bisa berhubungan langsung dengan fungsi tujuan, atau bisa juga sedikit modifikasi terhadap fungsi tujuan. Sejumlah solusi yang dibangkitkan dalam populasi akan dievaluasi menggunakan nilai *fitness*.

Untuk kasus minimasi diharapkan diperoleh nilai tujuan $f(x)$ yang nilainya kecil sehingga digunakan *fitness* $\frac{1}{f(x)}$. Sebaliknya, untuk kasus maksimasi diharapkan diperoleh nilai tujuan $f(x)$ yang nilainya besar sehingga digunakan *fitness* $f(x)$.

Setelah setiap solusi dievaluasi dengan fungsi fitness, perlu dilakukan proses seleksi terhadap kromosom. Proses seleksi dilakukan untuk memilih diantara kromosom anggota populasi ini, mana yang bisa menjadi induk (*parent*) atau melakukan identifikasi diantara populasi ini, kromosom yang akan menjadi anggota populasi berikutnya. Ada beberapa cara melakukan seleksi ini. Sebagian anggota populasi bisa dipilih untuk proses reproduksi. Cara umum yang digunakan adalah melalui *roulette wheel selection*.

2.9.4 Seleksi dengan Roda Roulette

Metode seleksi roda roulette merupakan metode yang paling sederhana atau sering juga dikenal dengan nama *stochastic sampling with replacement*. Pada metode ini, individu-individu dipetakan dalam suatu segmen garis secara beraturan sedemikian hingga tiap-tiap segmen individu memiliki ukuran yang sama dengan ukuran fitnessnya. Sebuah bilangan random dibangkitkan dan individu yang memiliki segmen dalam kawasan bilangan random tersebut akan terseleksi. Proses diulang hingga diperoleh sejumlah individu yang diharapkan.

2.9.5 Crossover atau Pindah Silang

Salah satu komponen yang paling penting dalam GA adalah *crossover* atau pindah silang. Sebuah kromosom yang mengarah pada solusi yang baru bisa diperoleh dari proses memindah-silangkan dua buah kromosom. Pindah silang bisa juga berakibat buruk jika ukuran populasi sangat kecil. Dalam satu populasi

yang sangat kecil, suatu kromosom dengan gen-gen yang mengarah ke solusi akan sangat cepat menyebar ke kromosom-kromosom lainnya. Untuk mengatasi masalah ini digunakan suatu aturan bahwa pindah silang hanya bisa dilakukan dengan suatu probabilitas tertentu P_c . Artinya, pindah silang bisa dilakukan jika suatu bilangan random $[0,1)$ yang dibangkitkan kurang dari P_c yang ditentukan. Pada umumnya, P_c ditentukan mendekati 1, misalnya 0,8.

2.9.6 Penggantian Populasi

Dalam GA dikenal skema pergantian populasi yang disebut *generational replacement*, yang berarti semua individu (misal N individu dalam satu populasi) dari suatu generasi digantikan sekaligus oleh N individu baru hasil pindah silang dan mutasi. Skema penggantian ini tidak realitas dari sudut pandang biologi. Di dunia nyata, individu-individu dari generasi berbeda bisa berada dalam waktu bersamaan. Fakta lain adalah individu muncul dan hilang secara konstan, tidak pada generasi tertentu.

2.10 Return Saham

Return merupakan hasil yang diperoleh dari suatu investasi. Menurut Jogiyanto (2009), return saham dibedakan menjadi dua yaitu return realisasi (*realized return*) dan return ekspektasi (*expected return*). Return realisasi merupakan return yang sudah terjadi yang dihitung berdasarkan data historis. Return realisasi ini penting dalam mengukur kinerja perusahaan dan sebagai dasar penentuan return dan resiko dimasa mendatang. Return ekspektasi merupakan return yang diharapkan di masa mendatang dan masih bersifat tidak pasti. Dalam melakukan investasi, investor dihadapkan pada ketidakpastian (*uncertainty*) antara return yang akan diperoleh dengan risiko yang akan dihadapinya. Semakin besar

return yang diharapkan akan diperoleh dari investasi, semakin besar juga resikonya, sehingga dikatakan bahwa return ekspektasi memiliki hubungan positif dengan resiko. Resiko yang lebih tinggi biasanya dikorelasikan dengan peluang untuk mendapatkan return yang lebih tinggi pula (*high risk high return, low risk low return*). Tetapi return yang tinggi tidak selalu harus disertai dengan investasi yang berisiko. Hal ini bisa saja terjadi pada pasar yang tidak rasional. Return dari indeks bursa saham juga dapat dihitung menggunakan logaritma dari rasio harga penutupan saham.

$$r_t = \ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right) \quad (2.16)$$

dimana:

r_t = Return dari harga penutupan bursa saham pada hari ini (t)

S_t = Harga penutupan bursa saham pada hari ini (t)

S_{t-1} = Harga penutupan bursa saham pada hari kemarin (t - 1)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari *yahoo finance* yaitu data return saham harian Bank Central Asia mulai tanggal 4 Januari 2010 sampai 13 November 2015 yang diakses dari www.finance.yahoo.com. Data return saham dibagi dalam data *in-sample* dan data *out-sample*. Data *in-sample* dimulai dari 4 Januari 2010 sampai 31 Oktober 2015 dan untuk data *out-sample* sebagai data validasi digunakan data dari 2 November sampai 13 November 2015.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini, yaitu data harian *return* saham Bank Central Asia yang diperoleh dari harga penutupan bursa saham. Pada penelitian ini, *return* yang digunakan adalah *ln return* (*natural logarithmic*), namun pada pembahasan selanjutnya akan disebut *return*.

Tabel 3.1 Struktur Data *Return* Saham BCA

Tanggal	Adj.Close	Return
04-01-2010	S_1	r_1
05-01-2010	S_2	r_2
06-01-2010	S_3	r_3
...
...
12-11-2015	S_{1800}	r_{1800}
13-11-2015	S_{1801}	r_{1801}

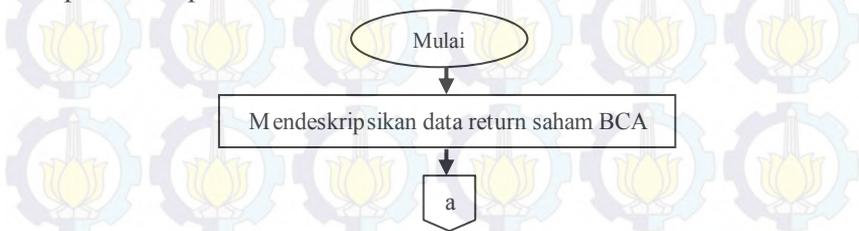
3.3 Langkah Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan analisis deret waktu nonlinear dengan ARIMA dan *Self Exciting Threshold Autoregressive*

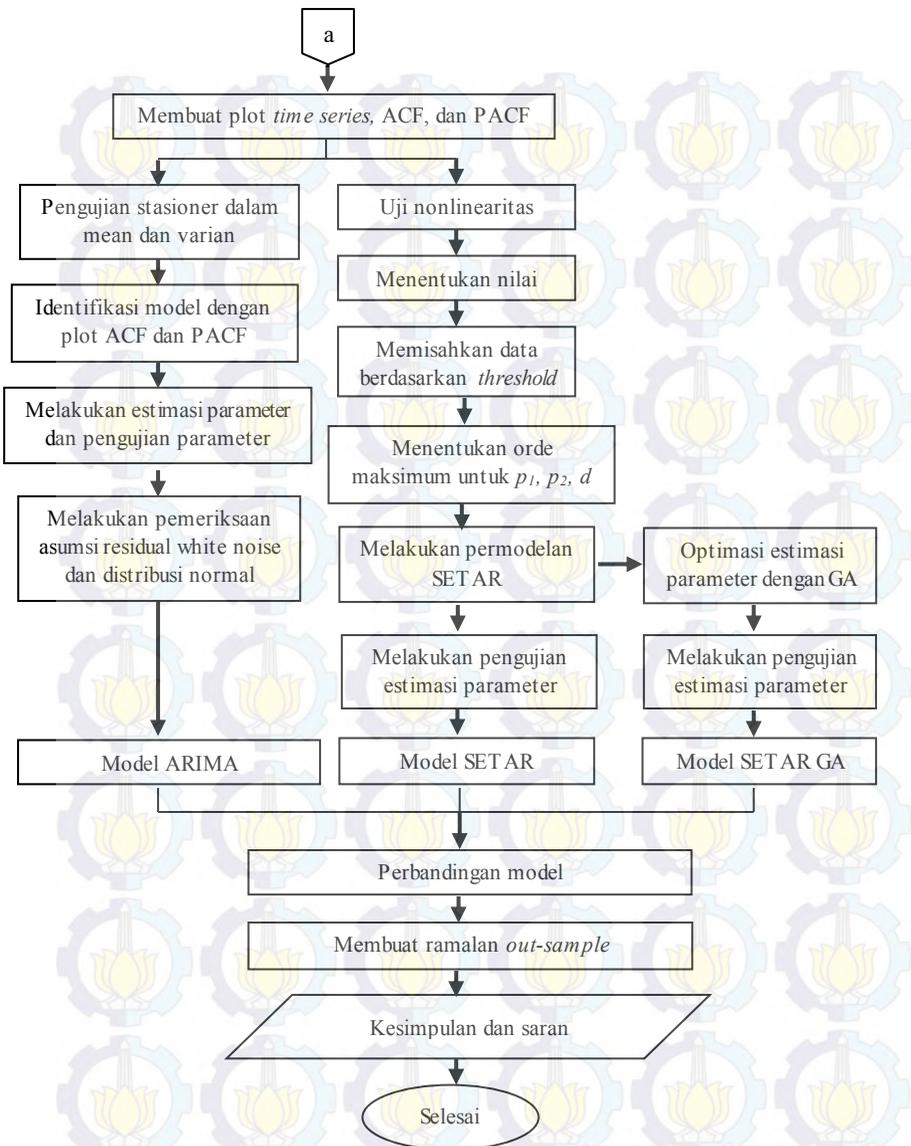
(SETAR), dimana metode SETAR dioptimasi dengan metode *Genetic Algorithm* (GA). Tahapan analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Melakukan analisis statistika deskriptif dan plot data *return* saham
2. Melakukan identifikasi model ARIMA
 - a. Melakukan pengujian stasioneritas dalam varian, jika data tidak stasioner dalam varian dilakukan transformasi *Box-Cox*.
 - b. Melakukan pengujian stasioneritas dalam *mean*, jika data tidak stasioner dalam mean maka dilakukan *differencing*.
 - c. Membuat plot ACF dan PACF.
 - d. Melakukan identifikasi model ARIMA dengan melihat plot ACF dan PACF
 - e. Melakukan estimasi parameter dan pengujian parameter.
 - f. Melakukan pemeriksaan asumsi residual *white noise* dan distribusi normal.
3. Uji nonlinieritas Terasvirta
4. Melakukan identifikasi model SETAR.
 - a. Menentukan orde maksimum dari AR (p) berdasarkan plot PACF yang telah dilakukan pada langkah analisis sebelumnya.
 - b. Menentukan nilai *threshold* dengan metode persentil pada daerah pencarian 15-85%.
 - c. Memisahkan data menjadi 2 bagian, *regime* bawah dan *regime* atas berdasarkan nilai *threshold*.
 - d. Melakukan identifikasi model SETAR untuk memperoleh nilai maksimum untuk p_1 (*regime* bawah), p_2 (*regime* atas), dan d (*delay*).

- e. Melakukan permodelan SETAR sesuai hasil identifikasi model SETAR.
 - f. Melakukan pengujian signifikansi parameter.
 5. Melakukan identifikasi model SETAR dengan GA
 - a. Menyusun kromosom dari identifikasi model yang terdiri dari orde maksimum dari d , p_1 , p_2 , dan *threshold* sesuai hasil identifikasi model SETAR pada langkah nomor 4.
 - b. Menentukan *fitness*, P_c , P_m , dan banyak generasi.
 - c. Melakukan insialisasi dari generasi ke-i.
 - d. Melakukan *decode* kromosom dari populasi.
 - e. Melakukan seleksi dengan *roulette wheel*, *crossover*, mutasi, serta *elitism* pada populasi yang dimiliki.
 - f. Diperoleh kromosom terbaik dari generasi ke-i.
 - g. Diperoleh kromosom dengan AIC minimum dan dilakukan dekode kromosom.
 - h. Melakukan estimasi parameter dengan metode GA.
 - i. Diperoleh model terbaik dengan AIC terkecil.
 6. Melakukan perbandingan model ARIMA, SETAR, dan SETAR dengan GA
 7. Membuat ramalan *return* saham berdasarkan model terbaik.
 8. Mendapatkan kesimpulan dan saran.
- Langkah analisis tersebut ditunjukkan dalam diagram alir penelitian pada Gambar 3.1.



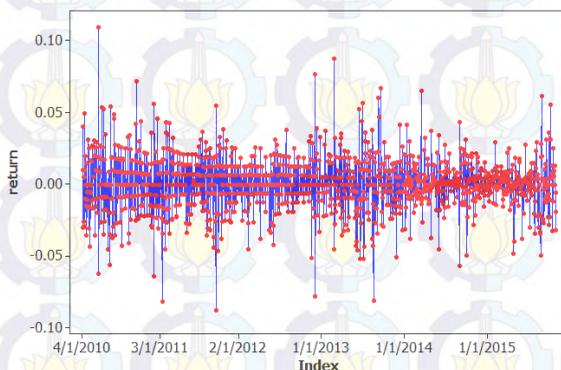
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Data return saham Bank Central Asia yang digunakan sebagai *in-sample* mulai tanggal 4 Januari 2010 sampai 30 Oktober 2015, sedangkan data *out-sample* mulai tanggal 1 November sampai 13 November 2015 yang ditunjukkan pada Lampiran 1.



Gambar 4.1 Plot *Time Series* Data Return Saham BCA

Data return saham digambarkan dalam bentuk deskripsi yang ditunjukkan pada Tabel 4.1. Dari Tabel 4.1 diperoleh *mean* sebesar 0,000708 dengan varian sebesar 0,000328. Return tertinggi sebesar 0,109199 terjadi pada bulan 17 Maret 2010 sedangkan return terendah terjadi pada 22 September 2011 dimana harga saham BCA turun dari 7383,3 menjadi 6764,06. Penurunan tersebut terjadi karena krisis ekonomi Eropa yang membuat investor menarik dana dari pasar modal. Kemudian plot *time series* dari data return saham yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 menjelaskan bahwa return saham BCA mengalami fluktuasi yang signifikan, karena setiap hari terjadi naik turun nilai return.

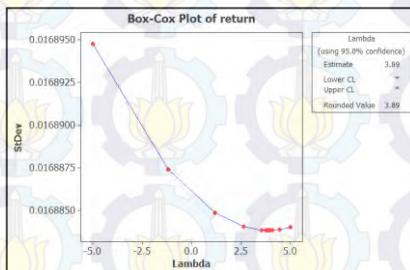
Tabel 4.1 Statistika Deskriptif *Return* Saham BCA

	N	Mean	Stdev	Variance	Minimum	Maximum
BCA	1489	0,000708	0,018107	0,000328	-0,087597	0,109199

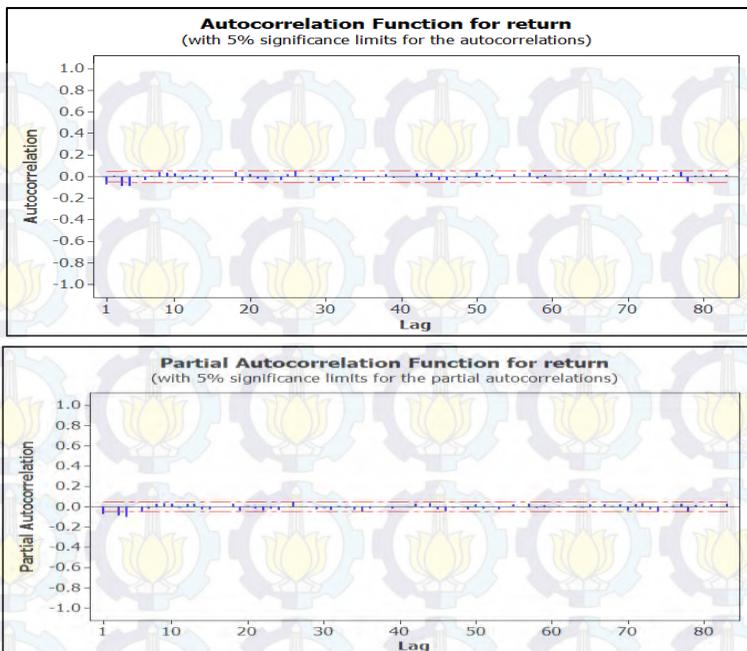
4.1 Permodelan *Return* Saham BCA menggunakan ARIMA

Sebelum melakukan identifikasi model ARIMA perlu dilakukan pengujian stasioneritas *mean* dan varians. Dari hasil pengujian diperoleh *p-value* sebesar 0,01 sehingga disimpulkan bahwa data *return* saham BCA telah stasioner dalam *mean* karena *p-value* kurang dari tingkat signifikansi 5%.

Setelah pengujian stasioner dalam *mean*, maka perlu melakukan pengujian stasioneritas dalam varian menggunakan *rounded value* pada *Box-cox plot*. Gambar 4.2 menunjukkan *rounded value* lebih besar dari 1 yaitu sebesar 3 sehingga tidak dilakukan transformasi.

**Gambar 4.2** *Box-Cox Plot* Data *Return* Saham BCA

Berikut ini adalah plot ACF dan PACF yang dijelaskan pada Gambar 4.3. Diketahui bahwa plot ACF dan PACF mengalami *cut off* setelah lag 1, lag 3, dan lag 4 sehingga model sementara yang diduga adalah ARIMA (4,0,0), ARIMA ([1,3,4],0,0), dan ARIMA (0,0,[1,3,4]). Permodelan ARIMA menggunakan data *in-sample* dan Tabel 4.2 menjelaskan estimasi parameter, kriteria AIC, dan asumsi residual.



Gambar 4.3 Plot ACF dan PACF Data *Return* Saham BCA

Tabel 4.2 Estimasi Paramater Model Sementara ARIMA

Model	Parameter	Estimasi	<i>p-value</i>	Keputusan
ARIMA (4,0,0)	μ	0,001	0,048	Signifikan
	ϕ_1	-0,086	0,001	Signifikan
	ϕ_2	-0,009	0,722	Tidak signifikan
	ϕ_3	-0,098	0,0002	Signifikan
	ϕ_4	-0,102	0,0001	Signifikan

Tabel 4.2 Estimasi Paramater Model Sementara ARIMA (Lanjutan)

Model ARIMA	Parameter	Estimasi	<i>p-value</i>	Keputusan
([1,3,4],0,0)	μ	0,001	0,049	Signifikan
	ϕ_1	-0,0849	0,001	
	ϕ_3	-0,0985	0,0002	
	ϕ_4	-0,1109	0,0001	
(0,0,[1,3,4])	μ	0,0001	0,037	Signifikan
	θ_1	0,0861	0,0009	
	θ_3	0,1028	0,0001	
	θ_4	0,0778	0,0027	

Berdasarkan hipotesis uji signifikansi parameter model yang telah dijelaskan di Bab 2, Tabel 4.2 menunjukkan bahwa terdapat parameter yang tidak signifikan dari beberapa model dugaan sementara karena *p-value* lebih besar dari α (5%), sehingga model yang akan diolah selanjutnya adalah model ARIMA ([1,3,4],0,0) dan ARIMA (0,0,[1,3,4]).

Tabel 4.3 Hasil Uji Residual Saling Bebas

Model ARIMA	Lag	X^2	<i>p-value</i>	Keputusan
([1,3,4],0,0)	6	2,58	0,4615	Saling bebas
	12	10,1	0,3427	
	18	14,76	0,4686	
	24	22,57	0,3672	
	30	28,35	0,3929	
(0,0,[1,3,4])	6	1,42	0,7004	Saling bebas
	12	9,51	0,3915	
	18	14,11	0,5176	

Tabel 4.3 Hasil Uji Residual Saling Bebas (Lanjutan)

Model ARIMA	Lag	X^2	<i>p-value</i>	Keputusan
(0,0,[1,3,4])	24	22,56	0,3681	Saling bebas
	30	28,53	0,3838	

Kemudian uji kesesuaian model yaitu residual memenuhi asumsi *white noise* dan berdistribusi normal. Hasil pengujian asumsi residual ditunjukkan pada Tabel 4.3 sedangkan asumsi residual berdistribusi normal ditunjukkan pada Tabel 4.4. Dari Tabel 4.3 diperoleh informasi bahwa semua model telah memenuhi asumsi residual saling bebas, namun pada Tabel 4.4 diketahui bahwa semua model belum memenuhi asumsi residual berdistribusi normal karena *p-value* kurang dari α (5%). Hal ini dapat disebabkan adanya *outlier* pada data return saham BCA, sehingga perlu dilakukan deteksi *outlier*.

Tabel 4.4 Hasil Uji Normalitas Residual

Model ARIMA	D	<i>p-value</i>	Keputusan
([1,3,4],0,0)	0,071	0,01	Tidak Normal
(0,0,[1,3,4])	0,074	0,01	Tidak Normal

Hasil deteksi *outlier* yang diduga mempengaruhi model ARIMA ditunjukkan pada Tabel 4.5. Data *outlier* yang terdeteksi dimasukkan kedalam model dugaan sementara dan kemudian dilakukan estimasi parameter serta pengujian asumsi residual pada permodelan ARIMA dengan penambahan *outlier*. Jenis *outlier* yang akan ditambahkan kedalam model bersifat additif (hasil output deteksi *outlier* terdapat pada Lampiran 4). Namun demikian, hasil permodelan dengan penambahan *outlier* tidak memberikan hasil residual berdistribusi normal. Salah satu cara untuk menguji normalitas residual adalah dengan menghitung

nilai kurtosis dari residual untuk masing-masing model ARIMA. Diketahui bahwa nilai kurtosis pada residual diperoleh sebesar 3,25 sehingga nilai Z kurtosis adalah 50,83. Nilai Z kurtosis tersebut dibandingkan dengan nilai Z tabel yaitu 1,96. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai Z kurtosis lebih besar dari nilai Z tabel sehingga disimpulkan bahwa residual tidak berdistribusi normal.

Tabel 4.5 Data Pengamatan yang *Outlier*

Model	Data	Jenis
ARIMA	Pengamatan	<i>Outlier</i>
([1,3,4],0,0)	51	additif
	420	additif
	791	additif
(0,0,[1,3,4])	51	additif
	420	additif
	916	additif

Setelah melakukan pengujian tersebut, menentukan model ARIMA terbaik berdasarkan nilai AIC untuk data *training* dan MSE untuk data *testing* yang ditunjukkan pada Tabel 4.6. Model ARIMA terbaik untuk meramalkan data return saham BCA adalah model ARIMA ([1,3,4],0,0) tanpa penambahan *outlier*. Persamaan matematis dari model ARIMA ([1,3,4],0,0) ditunjukkan berikut ini mengacu pada persamaan (2.4) di Bab 2.

$$Z_t = 0,001 - 0,0849Z_{t-1} - 0,0985Z_{t-3} - 0,1109Z_{t-4} + a_t$$

Model tersebut dapat diartikan bahwa *return* saham BCA dipengaruhi oleh return saham 1 periode, 3 periode dan 4 periode hari sebelumnya dengan masing-masing koefisien sebesar -0,085, -0,0985, dan -0,1109.

Tabel 4.6 Perbandingan Kebaikan Model ARIMA Data *Return* Saham BCA

Model ARIMA	AIC (<i>in-sample</i>)	MSE (<i>out-sample</i>)
ARIMA ([1,3,4],0,0)	-7749,6	0,000389
ARIMA (0,0,[1,3,4])	-7749,0	0,000401

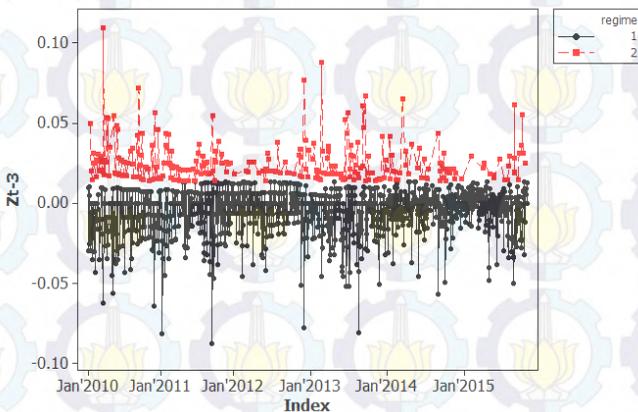
4.2 Permodelan Return Saham BCA menggunakan SETAR

Analisis selanjutnya menggunakan metode *self-exciting threshold autoregressive* (SETAR). Pola dari data return saham BCA dapat diketahui dengan melihat plot antara Z_t dan Z_{t-1} , Z_t dan Z_{t-2} , serta Z_t dan Z_{t-3} . Pola tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.4, diketahui bahwa plot tidak membentuk garis linier. Kasus return saham BCA merupakan kasus deret waktu nonlinear, untuk lebih meyakinkan hubungan nonlinear tersebut maka pengujian nonlinearitas. Pengujian ini menggunakan uji terasvirta yang dijelaskan pada Bab 2 dimana untuk mengetahui apakah dengan adanya penambahan prediktor suku kuadratik menyebabkan estimasi parameter memiliki hubungan linear atau tidak. Hasil uji nonlinearitas menggunakan terasvirta diperoleh *p-value* sebesar 0,000281.

Hasil uji nonlinearitas menunjukkan bahwa data *return* saham bersifat nonlinear karena *p-value* lebih kecil dari tingkat signifikansi 5%. Setelah pengujian nonlinearitas, perlu melakukan identifikasi orde maksimum dimana orde tersebut diperoleh dari plot PACF yang ditunjukkan pada Gambar 4.3. Plot PACF menunjukkan bahwa orde maksimum berada pada *lag* 4 sehingga model SETAR menggunakan orde 4. Selain itu akan dilakukan identifikasi model subset SETAR.

4.2.1 Model SETAR (2,4,1)

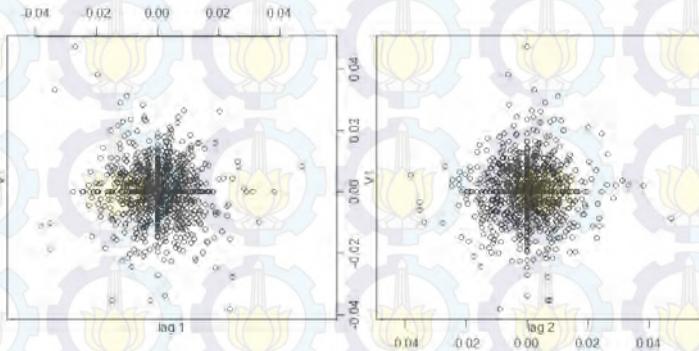
Model SETAR dengan 2 *regime* dan orde maksimum sebesar 4. Karena data dibagi menjadi dua *regime*, maka terdapat dua model SETAR, model untuk *regime* bawah dan model untuk *regime* atas. Identifikasi orde masing-masing *regime* menggunakan metode *grid search* dengan orde maksimum sebesar 4 dan kriteria AIC terkecil. Pada model SETAR, hal yang paling menentukan hasil peramalan adalah nilai *threshold* dan *delay*. *Threshold* diperoleh dengan menggunakan persentil dimana daerah pencarian *threshold* adalah 15-85% seperti yang telah dijelaskan di Bab 2. Pencarian nilai *threshold* tersebut berdasarkan lag deret waktu *return* saham BCA. Kemudian untuk prosedur metode *grid search* yaitu dengan melakukan kombinasi nilai *delay*, orde *regime* bawah (p_1), orde *regime* atas (p_2), dan nilai *threshold*. Proses tersebut dilakukan hingga diperoleh nilai AIC terkecil.



Gambar 4.4 Plot Time Series Return Saham Berdasarkan *Regime*

Hasil pencarian orde diketahui bahwa AIC terkecil dengan *delay* sebesar 3 dan *threshold* sebesar 0,0137 (hasil output ditunjukkan pada Lampiran 9). Nilai *threshold* tersebut digunakan untuk memisahkan data menjadi *regime* bawah dan *regime* atas.

Cara memisahkan data tersebut mengacu pada persamaan (2.9) di Bab 2 yaitu jika data $Z_{t-3} \leq 0,0137$ maka data tersebut masuk *regime* bawah, sedangkan jika data $Z_{t-3} > 0,0137$ maka data tersebut masuk *regime* bawah. Hasil pemisahan data berdasarkan *regime* ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.5 Plot Z_t dengan Z_{t-1} dan Z_{t-2}

Model SETAR yang diperoleh yaitu model dengan 2 *regime*, kemudian orde *regime* bawah (p_1) adalah 4, orde *regime* atas (p_2) adalah 1 sehingga dapat dituliskan model SETAR (2,4,1). Hasil estimasi parameter model SETAR (2,4,1) ditunjukkan pada Tabel 4.9 dan diperoleh AIC untuk data *in-sample* sebesar -11888,1. Berdasarkan model tersebut dilakukan perbandingan hasil ramalan dengan data *out-sample*, kemudian diperoleh nilai MSE sebesar 0,000381.

Estimasi parameter model SETAR (2,4,1) diperoleh menggunakan metode OLS seperti yang telah dijelaskan pada persamaan (2.14) di Bab 2. Hasil estimasi parameter ditunjukkan pada Tabel 4.7. Diketahui bahwa terdapat estimasi parameter yang tidak signifikan sehingga dilanjutkan dengan melakukan permodelan subset SETAR.

Tabel 4.7 Estimasi Parameter Model SETAR(2,4,1)

Parameter	Estimasi	t	p-value
$\phi_{0,1}$	0,001	1,218	0,224
$\phi_{1,1}$	-0,137	-4,670	0,000
$\phi_{2,1}$	-0,016	-0,555	0,579
$\phi_{3,1}$	-0,100	-3,437	0,001
$\phi_{4,1}$	-0,146	-3,865	0,000
$\phi_{0,2}$	-0,001	-1,193	0,233
$\phi_{1,2}$	0,090	1,663	0,097

Secara matematis model SETAR (2,4,1) yang mengacu pada persamaan (2.9) pada Bab 2 dituliskan pada persamaan berikut ini.

$$Z_t = \begin{cases} 0,001 - 0,137Z_{t-1} - 0,016Z_{t-2} - 0,100Z_{t-3} - 0,146Z_{t-4}, & Z_{t-3} \leq 0,0137 \\ -0,001 + 0,090Z_{t-1}, & Z_{t-3} > 0,0137 \end{cases}$$

Interpretasi dari model tersebut yaitu hasil ramalan *return* saham pada *regime* bawah dipengaruhi oleh data 1 periode sampai 4 periode hari sebelumnya dan *regime* atas dipengaruhi oleh 1 periode sebelumnya.

4.2.2 Model SETAR(2,[1,3,4],1)

Berdasarkan permodelan yang telah dijelaskan sebelumnya, diketahui bahwa orde maksimum untuk data *return* saham BCA adalah sebesar 4. Namun diperoleh hasil bahwa terdapat parameter yang tidak signifikan. Pada permodelan SETAR berikut dilakukan permodelan dengan menggunakan variabel yang signifikan saja. Metode pencarian dilakukan dengan menggunakan *stepwise regression*. Permodelan awal dengan

memasukkan semua data 1 periode sampai 4 periode sebelumnya sebagai variabel prediktor dan data *return* saham sebagai respon dengan *delay* sebesar 3 yang diperoleh dari permodelan sebelumnya. Hasil *stepwise regression* menunjukkan bahwa model *regime* bawah dipengaruhi oleh 1 periode, 3 periode, dan 4 periode, sedangkan *regime* atas dipengaruhi oleh 1 periode sebelumnya. Estimasi parameter model SETAR (2,[1,3,4],1) ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Estimasi Parameter Model SETAR (2,[1,3,4],1)

Parameter	Estimasi	t	p-value
$\phi_{0,1}$	0,001	1,21	0,228
$\phi_{1,1}$	-0,135	-4,61	0,000
$\phi_{3,1}$	-0,098	-3,37	0,001
$\phi_{4,1}$	-0,145	-3,81	0,000
$\phi_{0,2}$	0,0013	-1,24	0,215
$\phi_{1,2}$	-0,0903	1,70	0,091

Secara matematis model SETAR (2,[1,3,4],1) yang mengacu pada persamaan (2.9) di BAB 2 dituliskan pada persamaan berikut ini.

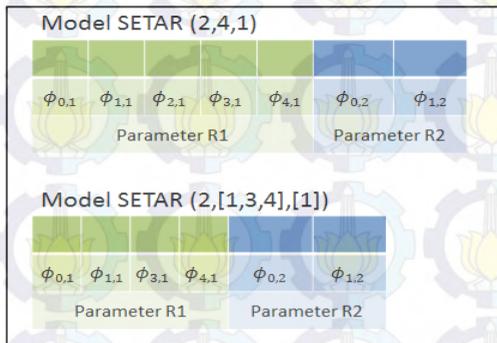
$$Z_t = \begin{cases} 0,001 - 0,135Z_{t-1} - 0,098Z_{t-3} - 0,145Z_{t-4} & , \quad Z_{t-3} \leq 0,0137 \\ -0,0013 - 0,0903Z_{t-1} & , \quad Z_{t-3} > 0,0137 \end{cases}$$

Interpretasi dari model tersebut yaitu nilai ramalan return saham pada *regime* bawah dipengaruhi oleh data 1 periode, 3 periode, dan 4 periode hari sebelumnya, sedangkan *regime* atas dipengaruhi oleh 1 periode sebelumnya. Dari model tersebut diperoleh AIC untuk data *in-sample* sebesar -11955,52. Berdasarkan model tersebut dilakukan perbandingan hasil

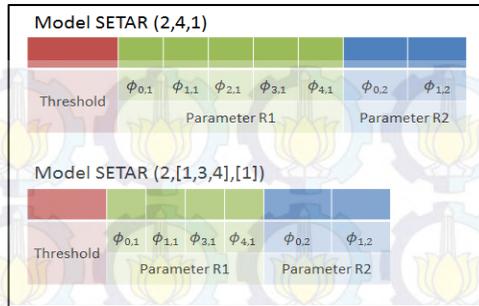
ramalan dengan data *out-sample*, kemudian diperoleh nilai MSE sebesar 0,000383.

4.3 Permodelan Return Saham BCA menggunakan SETAR-GA

Setelah diperoleh model SETAR terbaik, maka perlu melakukan optimasi untuk parameter model SETAR menggunakan *genetic algorithm*. Metode ini bekerja berdasarkan kumpulan solusi. Langkah awal yang dilakukan adalah menentukan *initial value* untuk estimasi parameter model. *Initial value* tersebut diperoleh dari estimasi parameter yang telah dianalisis sebelumnya. Pada metode *genetic algorithm*, *initial value* tersebut dimasukkan ke dalam kromosom. Pada penelitian ini akan menggunakan 2 jenis kromosom. Kromosom pertama terdiri dari estimasi parameter model SETAR untuk *regime* bawah dan *regime* atas. Kromosom kedua terdiri dari threshold dan estimasi parameter model SETAR. Ilustrasi kromosom dijelaskan pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Ilustrasi Kromosom *Genetic Algorithm* tanpa *Threshold*



Gambar 4.7 Ilustrasi Kromosom *Genetic Algorithm* dengan *Threshold*

Setelah membentuk kromosom, maka menentukan fungsi *fitness* untuk proses optimasi. Fungsi *fitness* yang digunakan adalah SSE. Kemudian melakukan penentuan parameter yang digunakan dalam metode *genetic algorithm*, yang ditunjukkan pada Tabel 4.9. Nilai *threshold* diperoleh berdasarkan daerah pencarian 15-85% dimana proses penentuan *threshold* berdasarkan persentil yang telah dijelaskan di BAB 2.

Tabel 4.9 Parameter *Genetic Algorithm*

Parameter	Nilai
Pop Size	200
Pc	0,8
Pm	0,1
Fitness	$SSE = \sum_{t=1}^T (Z_t - \hat{Z}_t)^2$

Setelah ditentukan kromosom dan parameter GA, maka melakukan prosedur *crossover*, mutasi, *elitsm*, penggantian populasi, seperti yang telah dijelaskan di BAB 2 mengenai prosedur *genetic algorithm*. Tabel 10 menunjukkan hasil optimasi estimasi parameter model SETAR-GA dimana *threshold* yang digunakan

adalah sebesar 0,0137 diperoleh dari analisis SETAR sebelumnya yaitu sebesar 0,0137.

Tabel 4.10 Estimasi Parameter SETAR – GA tanpa Optimasi *Threshold*

Model	Parameter	Estimasi	t	p-value
SETAR (2,4,1)	$\phi_{0,1}$	-0,009	-16,43	0,000
	$\phi_{1,1}$	-0,117	-3,99	0,003
	$\phi_{2,1}$	-0,201	-7,09	0,000
	$\phi_{3,1}$	0,033	1,13	0,258
	$\phi_{4,1}$	-0,089	-2,34	0,020
	$\phi_{0,2}$	0,0001	0,00	0,998
	$\phi_{1,2}$	-0,077	-0,04	0,968
	SETAR (2,[1,3,4],1)	$\phi_{0,1}$	0,001	1,83
$\phi_{1,1}$		-0,468	-16,04	0,000
$\phi_{3,1}$		-0,105	-3,60	0,000
$\phi_{4,1}$		-0,101	-2,66	0,008
$\phi_{0,2}$		0,039	37,19	0,000
$\phi_{1,2}$		-0,908	-16,89	0,000

Berdasarkan estimasi parameter yang ditunjukkan pada Tabel 4.10 diperoleh nilai AIC untuk model SETAR (2,4,1) sebesar -11946,91 sedangkan nilai AIC untuk model SETAR (2,[1,3,4],1) adalah sebesar -11991,23. Hasil uji signifikansi parameter model SETAR (2,4,1) menunjukkan bahwa terdapat beberapa estimasi parameter yang tidak signifikan. Sedangkan pada model SETAR (2,[1,3,4],1) diketahui bahwa semua estimasi

parameter model sudah signifikan dengan tingkat signifikan 10%. Kemudian dilakukan optimasi estimasi parameter model SETAR-GA dengan menambahkan proses optimasi *threshold* ke dalam kromosom.

Tabel 4.11 Estimasi Parameter SETAR – GA dan Optimasi *Threshold*

Model	Parameter	Estimasi	t	p-value
SETAR (2,4,1)	$\phi_{0,1}$	0,001	0,34	0,734
	$\phi_{1,1}$	-0,169	-2,79	0,006
	$\phi_{2,1}$	0,017	0,30	0,764
	$\phi_{3,1}$	-0,096	-1,79	0,074
	$\phi_{4,1}$	-0,061	-0,63	0,529
	$\phi_{0,2}$	0,0002	0,12	0,904
	$\phi_{1,2}$	-0,0581	-2,04	0,041
SETAR (2,[1,3,4],[1])	$\phi_{0,1}$	0,001	2,24	0,036
	$\phi_{1,1}$	-0,054	-2,09	0,000
	$\phi_{3,1}$	-0,100	-3,82	0,001
	$\phi_{4,1}$	-0,100	-3,41	0,000
	$\phi_{0,2}$	0,036	13,32	0,001
	$\phi_{1,2}$	-0,851	-6,00	0,000

Setelah diperoleh hasil estimasi parameter model maka menghitung nilai AIC untuk data *in-sample* dan MSE untuk data *out-sample* pada data *return* saham BCA. Nilai AIC dan MSE untuk masing-masing model ditunjukkan pada Tabel 4.12. Lalu

melakukan perbandingan dari hasil estimasi yang telah diperoleh dengan menggunakan *genetic algorithm*. Hasil perbandingan ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Perbandingan Model Menggunakan *Genetic Algorithm*

Model	Optimasi Threshold menggunakan GA	Threshold	AIC (<i>in-sample</i>)	MSE (<i>out-sample</i>)
SETAR (2,4,1)	Tidak	0,0137	-11946,9	0,000318
	Ya	-0,01504	-11951	0,000312
SETAR (2,[1,3,4],1)	Tidak	0,0137	-11991,2	0,000311
	Ya	0,03257	-11990,3	0,000313

Dari Tabel 4.14 dapat diketahui model SETAR terbaik menggunakan *genetic algorithm* yaitu model SETAR (2,[1,3,4],1) dengan nilai *threshold* sebesar 0,03167, AIC untuk data *in-sample* sebesar -11991,2 dan MSE untuk data *out-sample* sebesar 0,000311. Secara matematis, model terbaik yang terbentuk dari data *return* saham BCA dengan metode GA ditunjukkan pada persamaan berikut ini yang mengacu pada persamaan (2.9) di BAB 2.

$$Z_t = \begin{cases} 0,001 - 0,468Z_{t-1} - 0,105Z_{t-3} - 0,101Z_{t-4} & , Z_{t-3} \leq 0,0137 \\ 0,039 - 0,908Z_{t-1} & , Z_{t-3} \leq 0,0137 \end{cases}$$

4.4 Perbandingan Performansi Model Terbaik

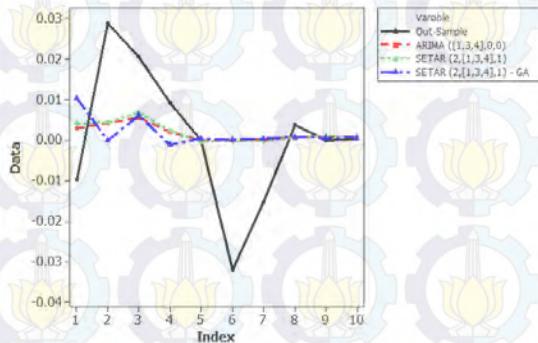
Setelah diperoleh model terbaik untuk masing-masing model yang telah dijelaskan sebelumnya, maka melakukan perbandingan performansi model terbaik berdasarkan nilai AIC untuk data *in-sample* dan nilai MSE untuk data *out-sample*. Hasil perbandingan model terbaik ditunjukkan pada Tabel 4.15. Berdasarkan Tabel 4.13 diketahui bahwa model terbaik untuk meramalkan data *return* saham BCA adalah model SETAR

(2,[1,3,4],1) – GA dengan AIC sebesar -11991,2 dan MSE sebesar 0,000311. Model ini memiliki ketepatan akurasi yang paling tinggi dibandingkan metode lainnya. Setelah diperoleh model ramalan terbaik, berikut ini adalah ramalan *return* saham BCA 10 periode ke depan yang ditunjukkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.13 Hasil Perbandingan Kebaikan Model

Model	Threshold	AIC (<i>in-sample</i>)	MSE (<i>out-sample</i>)
ARIMA ([1,3,4],0,0)	-	-10097,1	0,000388
SETAR (2,[1,3,4],[1])	0,03167	-11955,2	0,000383
SETAR (2,[1,3,4],[1]) – GA	0,03167	-11991,2	0,000311

Gambar 4.8 Hasil Perbandingan *Out-Sample* dan Ramalan



Tabel 4.14 Ramalan *Return* Saham BCA

Tanggal	Return	Tanggal	Return
16 November 2015	0,0024	24 November 2015	0,000714
17 November 2015	0,0005	25 November 2015	0,000788
18 November 2015	0,00136	26 November 2015	0,000814
19 November 2015	0,001077	27 November 2015	0,000807
20 November 2015	0,000657		
23 November 2015	0,00078		



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya, dapat diambil beberapa kesimpulan yang menjawab tujuan dari penelitian ini. Selain itu, terdapat beberapa hal yang disarankan untuk penelitian selanjutnya agar mendapatkan hasil yang lebih baik.

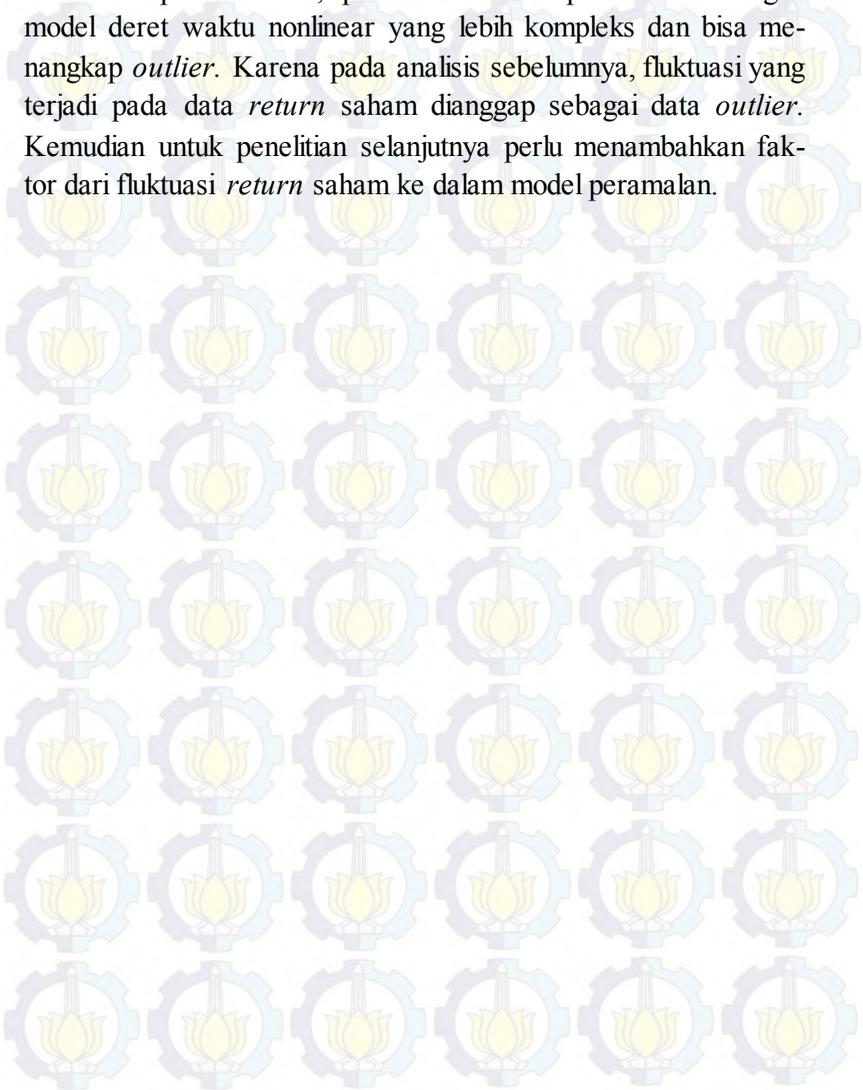
5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil dua kesimpulan dari penelitian ini.

1. Permodelan *return* saham menggunakan ARIMA mengikuti deret waktu *autoregressive* dan diperoleh model terbaik yaitu ARIMA ([1,3,4],0,0) berdasarkan nilai AIC terkecil untuk data *in-sample* dan MSE terkecil untuk data *out-sample*.
2. Permodelan *return* saham menggunakan SETAR diperoleh model terbaik SETAR (2,4,1), dengan delay sebesar 3 dan *threshold* sebesar 0,03176. Namun pada model tersebut terdapat parameter yang tidak signifikan sehingga dilanjutkan memodelkan *return* saham BCA menggunakan subset SETAR. Model terbaik yang diperoleh yaitu model subset SETAR (2,[1,3,4],[1]).
3. Setelah diperoleh model SETAR, optimasi parameter model diperlukan untuk mendapatkan hasil ramalan yang lebih baik menggunakan *genetic algorithm*. Permodelan subset SETAR dengan optimasi estimasi parameter menggunakan GA yaitu SETAR (2,[1,3,4],[1]) yang menghasilkan nilai AIC data *in-sample* dan MSE data *out-sample* terkecil sehingga model tersebut digunakan sebagai peramalan *return* saham BCA periode selanjutnya.

5.2 Saran

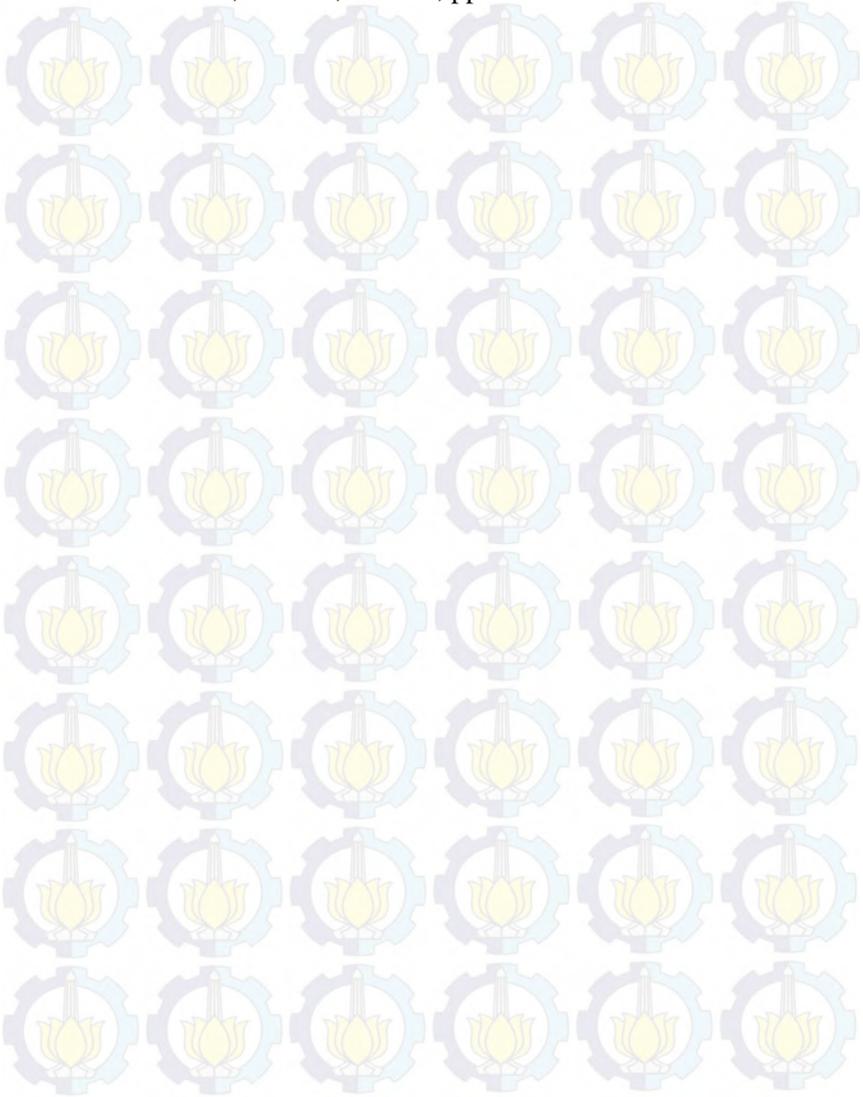
Pada penelitian ini, perlu melakukan permodelan dengan model deret waktu nonlinear yang lebih kompleks dan bisa menangkap *outlier*. Karena pada analisis sebelumnya, fluktuasi yang terjadi pada data *return* saham dianggap sebagai data *outlier*. Kemudian untuk penelitian selanjutnya perlu menambahkan faktor dari fluktuasi *return* saham ke dalam model peramalan.



DAFTAR PUSTAKA

- Crespo, J. dan Cuaresma. (2000). *Forecasting European GDP Using Self-Exciting Threshold Autoregressive Models*. Vienna: Institute for Advance Studies
- Franses, P.H. dan Dijk, D.V. (2003). *Non-Linear Time Series In Empirical Finance*. New York: Cambridge University Press.
- Jogiyanto, H. (2009). *Analisis dan Disain Sistem Informasi: Pendekatan Terstruktur Teori dan Praktek Aplikasi Bisnis*. Yogyakarta : Andi.
- Nurhad, F. (2014). Penerapan Model Nonlinear Self-Exciting Threshold Autoregressive (SETAR) Untuk Pemodelan Data Inflasi. *Jurnal Mahasiswa Statistik*, Vol. 2, No.4, pp. 289-292
- Nurhidayati, M. dan Irhamah. (2015). *Identification of Self-Exciting Threshold Autoregressive Model by Using Genetic Algorithm*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Nuryana, F. (2009). *Permodelan Data Deret Waktu Dengan Self Exciting Threshold Autoregressive (SETAR) dan Perubahan Struktur*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Sawaka, M. (2002). *Genetic Algoritms and Fuzzy Multiobjective Optimization*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Strikholm, B. dan Terasvirta, T. (2006). A Sequential Procedure For Determining The Number of Regimes. *Econometrics Journal*, Vol. 9, No. 3, pp. 472-491.
- Tandelilin, E. (2010). *Portofolio dan Investasi*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Terasvirta, T., Lin, C.F. dan Granger, C.W. (1993). Power of The Neural Network Linearity Test. *Journal of Time Series Analysis*, Vol. 14, pp. 209-220.
- Tong, H. dan Lim, K. S. (1980). Threshold Autoregression, Limit Cycles and Cyclical Data. *Journal of the Royal Statistical Society Series B*, Vol. 42, No.3, pp. 245-292.

Tsay, R. S., 1989. Testing and Modeling Threshold Autoregressive Process. *Journal of American Statistical Association*, Vol. 84, No.405, pp. 231-241.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Data *Return* Saham Bank Central Asia

- Data *In-Sample*

Tanggal	Adj.Close	Return
1/4/2010	4684.06	0.04041
1/5/2010	4730.44	0.009853
1/6/2010	4591.31	-0.02985
1/7/2010	4614.49	0.005036
1/8/2010	4498.55	-0.02545
1/11/2010	4544.93	0.010257
1/12/2010	4776.81	0.049761
1/13/2010	4637.68	-0.02956
...
9/26/2015	13650	0.012903
9/27/2015	13650	0
9/28/2015	13575	-0.00551
9/29/2015	13150	-0.03181
9/30/2015	12900	-0.01919

- Data *Out-Sample*

Tanggal	Adj.Close	Return
11/2/2015	12775	-0.00974
11/3/2015	13150	0.028932
11/4/2015	13425	0.020697
11/5/2015	13550	0.009268
...
11/10/2015	12925	-0.01536
11/11/2015	12975	0.003861
11/12/2015	12975	0
11/13/2015	12925	-0.00386

Lampiran 2 Syntax *Return* Saham BCA Model ARIMA

- ARIMA ([1,3,4],0,0)

```

data bca;
input y;
datalines;
0.013474539
0.015794267
...
-0.012964922
0.004279089
0.017549898
;

proc arima data=bca;
identify var=y;
estimate p=(1,3,4) noconstant method=ml;
outlier maxnum=25;
forecast lead=42 out=out2;
run;

proc univariate data=out2 normal;
var residual;
run;

```

- ARIMA (0,0,[1,3,4])

```

data bca;
input y;
datalines;
0.013474539
0.015794267
-0.012129313
-0.002751611
...
0.004279089
0.017549898
;

proc arima data=bca;
identify var=y;
estimate q=(1,3,4) noconstant method=ml;
outlier maxnum=25;
forecast lead=42 out=out2;
run;

proc univariate data=out2 normal;
var residual;
run;

```

Lampiran 3 Syntax Model ARIMA dengan Penambahan *Outlier*

```
data bca;
input y;
datalines;
0.013474539
0.015794267
-0.012129313
-0.002751611
...
-0.012964922
0.004279089
0.017549898
;

data bca;
set bca;
if _n_=51 then ao51=1; else ao51=0;
if _n_=791 then ao791=1; else ao791=0;
if _n_=420 then ao420=1; else ao420=0;

proc arima data=bca;
identify var=y crosscor=(ao51(1) ao791(1) ao420(1));
estimate q=(1,3,4) input=(ao51 ao791 ao420) noconstant method=ml;
outlier maxnum=25;
forecast lead=42 out=out2;
run;

proc univariate data=out2 normal;
var residual;
run;

proc export data=WORK.out2
outfile='e:\ta.xls'
dbms=excel
replace;
run;
```

Lampiran 4 Output Deteksi Outlier pada Model ARIMA

The ARIMA Procedure				
Outlier Detection Summary				
Significance used				0.05
Outlier Details				
Obs	Type	Estimate	Chi-Square	Approx Prob> ChiSq
51	Additive	0.10668	61.28	<.0001
420	Additive	-0.08401	38.14	<.0001
791	Additive	0.08399	38.01	<.0001
916	Additive	-0.08344	37.62	<.0001
251	Additive	-0.08114	36.09	<.0001

Lampiran 5 Uji Nonlinearitas Terasvirta

- Syntax Uji Nonlinearitas

```
library(tseries)
x=read.table("d:/bca.txt")
x1=as.ts(x)
terasvirta.test(x1, tvpe="F")
```

- Output Uji Nonlinearitas Terasvirta

```
Terasvirta Neural Network Test

data: x1
F = 8.6915, df1 = 2, df2 = 1465, p-value = 0.0001768
```

Lampiran 6 Identifikasi Model SETAR

- Syntax identifikasi

```
library(fracdiff)
library(colorspace)
library("tsDyn")
selectSETAR(x1,m=4,thDelay=0:3,criterion="AIC")
```

- Output Identifikasi Model SETAR

```
Using maximum autoregressive order for low regime: mL = 4
Using maximum autoregressive order for high regime: mH = 4
Searching on 564 possible threshold values within regimes
with sufficient ( 15% ) number of observations
Searching on 36096 combinations of thresholds ( 564 ),
thDelay ( 4 ), mL ( 4 ) and MM ( 4 )
Results of the grid search for 1 threshold
```

	thDelay	mL	mH	th	AIC
1	3	4	1	0.013698	-11990.16
2	3	4	1	0.013699	-11990.10
3	3	4	1	0.013890	-11989.86
4	0	4	4	0.016440	-11989.74
5	3	4	1	0.013794	-11989.71
6	3	4	1	0.013667	-11989.69
7	3	4	1	0.014127	-11989.63
8	3	4	1	0.014185	-11989.57
9	3	4	1	0.013985	-11989.51
10	3	4	1	0.014085	-11989.51

Lampiran 7 Syntax dan Output Model SETAR (2,4,1)

```

hasil=setar(x1,mL=4,mH=1,thDelay=3)
summary(hasil)
> summary(hasil)
Non linear autoregressive model

SETAR model ( 2 regimes)
Coefficients:
Low regime:
  const.L      phiL.1      phiL.2      phiL.3      phiL.4
  0.0006709785 -0.1366764525 -0.0156826948 -0.1002928434 -0.1464854723

High regime:
  const.H      phiH.1
  -0.001249984  0.090420261

Threshold:
-Variabile: Z(t) = + (0) X(t) + (0)X(t-1)+ (0)X(t-2)+ (1)X(t-3)
-Value: 0.0137
Proportion of points in low regime: 80.54%      High regime: 19.46%
Residuals:
  Min      1Q      Median      3Q      Max
-0.09218873 -0.00839110  0.00049959  0.00954388  0.11043100

Fit:
residuals variance = 0.0003149,  AIC = -11990,  MAPE = 98.85%

Coefficient(s):

```

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
const.L	0.00067098	0.00055101	1.2177	0.2235243
phiL.1	-0.13667645	0.02926873	-4.6697	3.289e-06 ***
phiL.2	-0.01568269	0.02827278	-0.5547	0.5791888
phiL.3	-0.10029284	0.02917769	-3.4373	0.0006038 ***
phiL.4	-0.14648547	0.03790067	-3.8650	0.0001159 ***
const.H	-0.00124998	0.00104789	-1.1929	0.2331161
phiH.1	0.09042026	0.05438878	1.6625	0.0966280 .

```

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Threshold
Variable: Z(t) = + (0) X(t) + (0) X(t-1)+ (0) X(t-2)+ (1) X(t-3)
Value: 0.0137

```

Lampiran 8 Output Model Subset SETAR

- Model Subset SETAR *Regime Bawah*

The regression equation is

$$Z_t_{-1} = 0.000668 - 0.135 Z_{t-1}_{-1} - 0.0985 Z_{t-3}_{-1} - 0.145 Z_{t-4}_{-1}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0.0006680	0.0005534	1.21	0.228
Zt-1_1	-0.13483	0.02927	-4.61	0.000
Zt-3_1	-0.09845	0.02923	-3.37	0.001
Zt-4_1	-0.14532	0.03811	-3.81	0.000

S = 0.0179014 R-Sq = 3.5% R-Sq(adj) = 3.3%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	0.0138404	0.0046135	14.40	0.000
Residual Error	1193	0.3823077	0.0003205		
Total	1196	0.3961481			

- Model Subset SETAR *Regime Atas*

The regression equation is

$$Z_t_{-2} = -0.00128 + 0.0903 Z_{t-1}_{-2}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-0.001278	0.001028	-1.24	0.215
Zt-1_2	0.09034	0.05324	1.70	0.091

S = 0.0174120 R-Sq = 1.0% R-Sq(adj) = 0.7%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0.0008729	0.0008729	2.88	0.091
Residual Error	286	0.0867090	0.0003032		
Total	287	0.0875819			

Lampiran 9 Syntax Estimasi Parameter Model SETAR menggunakan algoritma genetika

```

function sd=estimasiibca(z,x,p1,p2,d)
format long
a1=max(d,p1);
a1=max(a1,p2);
a2=max(p1,p2);
n=length(x);
y=x;
xt=zeros(n-a1,a2);
yp=zeros(n,1);
for j=1:a2
    a3=(a1+1)-j;
    a4=n-j;
    xt(:,j)=x(a3:a4);
end
for i=1:a2
    yp(i)=y(i);
end
a5=a2+1;
for i=a5:n
    if y(i-d)>z(1)
        yp(i)=z(2)+z(3)*xt(i-4,1)+z(4)*xt(i-
4,2)+z(5)*xt(i-4,3);
    else
        yp(i)=z(6)+z(7)*xt(i-4,1)+z(8)*xt(i-
4,2)+z(9)*xt(i-4,3)+z(10)*xt(i-4,4);
    end
end
erro=y-yp;
sd=sum(erro.^2);
end

```

Lampiran 10 Syntax Algoritma Genetika

```
FitnessFunction=@(z) estimasibca(z, x);  
numberOfVariables=11;  
fminucOptions=optimset('Display','iter','LargeScale','off'  
'');  
options=gaoptimset('PopulationSize',200,'CrossoverFcn',@c  
rossoverarithmetic,'SelectionFcn',@selectionroulette,'Hyb  
ridFcn',{@fminunc,fminucOptions});  
[z,fval]=ga(FitnessFunction,numberOfVariables,[],[],[],[]  
,[],[],[],options);
```



(halaman sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama lengkap Tesalonika Putri merupakan anak pertama dari pasangan Bagoes Prijambodo dan Budi Wuryandari, serta lahir di Palembang pada tanggal 7 Januari 1995. Penulis menempuh jenjang pendidikan TK di TKK Xaverius 4 Palembang, kemudian jenjang SD di SDN Ganung Kidul 2 Nganjuk. Pada jenjang SMP, penulis bersekolah di SMPN 1 Nganjuk dan melanjutkan jenjang SMA di SMAN 1 Nganjuk. Di tahun 2012, penulis diterima sebagai mahasiswa S1 jurusan Statistika ITS. Selama menempuh jenjang S1, penulis bergabung sebagai anggota paduan suara mahasiswa ITS, dan memperoleh prestasi juara 2 pada Festival Paduan Suara ITB Bandung. Selama 2 tahun kepengurusan PSMITS, penulis menjabat sebagai sekretaris. Penulis pernah mengikuti Pekan Ilmiah Nasional ke 27 sebagai finalis Program Kreativitas Mahasiswa bidang penelitian. Apabila pembaca ingin berdiskusi mengenai tugas akhir ini dan/atau mengenai materi lain yang berhubungan, serta kritik dan saran, dapat menghubungi penulis melalui email: cc.tesa.putri@gmail.com.