

Peramalan *Return* Saham Bank Central Asia Menggunakan *Self Exciting Threshold Autoregressive – Genetic Algorithm*

Tesalonika Putri dan Irhamah

Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: irhamah@statistika.its.ac.id

Abstrak—Tujuan utama investor melakukan investasi adalah mendapatkan *return* investasi yang sesuai dengan apa yang telah diinvestasikannya. Untuk mendapatkan hasil investasi yang tepat, investor perlu mengetahui kondisi *return* saham di masa yang akan datang dengan tingkat resiko yang kecil. 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 para-meter model SETAR dengan *genetic algorithm* (GA) untuk mengatasi hal tersebut. GA melakukan proses pencarian solusi terbaik berdasarkan kumpulan solusi. Pemodelan *return* saham BCA dilakukan menggunakan model SETAR, SETAR GA dan ARIMA. Model terbaik adalah model subset SETAR (2,[1,3,4],1) menggunakan optimasi *genetic algorithm*, karena menghasilkan akurasi peramalan paling tinggi dibandingkan model.

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

I. PENDAHULUAN

SAHAM merupakan salah satu instrumen keuangan yang menjadi sarana berinvestasi bagi masyarakat pemodal (investor). Tujuan utama investor melakukan investasi adalah mendapatkan *return* investasi yang sesuai dengan apa yang telah diinvestasikannya. Konsep *return* adalah tingkat keuntungan yang dinikmati oleh investor atas suatu investasi yang telah diinvestasikan, sehingga *return* saham adalah *income* yang diperoleh pemegang saham sebagai hasil dari investasi di perusahaan tertentu [1]. Mekanisme harga saham diatur dalam Bursa Efek Indonesia (BEI). Salah satu perusahaan yang tergabung dalam BEI 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 ini menjadikan BCA sebagai perusahaan yang paling diincar oleh investor karena hasil investasi yang cukup me-

narik. Namun demikian, untuk mendapatkan hasil investasi yang tepat, investor perlu mengetahui kondisi *return* saham di masa yang akan datang dengan tingkat resiko yang kecil.

Pada kasus *return* saham terjadi volatilitas atau 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 nonlinear. Salah satu model nonlinear yang digunakan adalah *Self Exciting Threshold Autoregressive* (SETAR). Model ini memisahkan data menjadi dua bagian yang disebut *regime* bawah dan *regime* atas. Pada model SETAR, *threshold* yang digunakan untuk memisahkan data diambil dari nilai lag deret waktu tersebut [2]. Namun demikian, sering dijumpai permasalahan dalam melakukan Pemodelan SETAR yang menyebabkan hasil prediksi kurang tepat sehingga pada penelitian ini dilakukan optimasi untuk estimasi parameter model SETAR menggunakan *Genetic Algorithm* (GA) [3]. Keunggulan metode GA adalah bekerja pada kumpulan solusi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil peramalan *return* saham BCA menggunakan model SETAR dan SETAR GA. Penelitian sebelumnya pernah dilakukan oleh Irhamah, dkk [4] serta Maulida dan Irhamah [5] untuk identifikasi model SETAR dan estimasi parameter model SETAR menggunakan GA, kemudian diperoleh hasil bahwa metode SETAR GA menghasilkan ketepatan peramalan yang lebih tinggi dibandingkan model lainnya. Berdasarkan penelitian tersebut maka dalam penelitian ini dilakukan. Pemodelan *return* saham BCA menggunakan SETAR dan SETAR GA serta membandingkan dengan model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Model ARIMA merupakan salah satu model yang digunakan untuk data yang tidak stasioner sehingga perlu ditransformasi (jika tidak stasioner dalam varians) dan *differencing* (jika tidak stasioner dalam mean) [6]. Z_t dikatakan proses ARIMA jika mengikuti model *auto-regressive* orde p , *moving average* orde q , dan *differencing* sebanyak d kali atau dapat ditulis model ARIMA (p,d,q) . Secara umum, model

ARIMA (p,d,q) ditunjukkan pada persamaan (1) berikut ini.

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

Dalam melakukan Pemodelan ARIMA, data harus stasioner dalam *mean* dan varians. Uji *augmented dickey fuller* (ADF) digunakan untuk menguji stasioneritas data, sedangkan untuk mengetahui stasioner dalam varians dapat menggunakan *box cox transformation*.

B. Uji Nonlinearitas Terasvirta

Uji nonlinearitas terasvirta dilakukan untuk mengetahui apakah suatu data mengikuti pola linear atau nonlinear. Uji terasvirta menggunakan uji F dan terdapat suku kuadratik hasil dari ekspansi deret Taylor [7]. Prosedur untuk mendapatkan nilai statistik uji F adalah sebagai berikut.

1. Meregresikan Z_t dengan 1, Z_{t-1} , Z_{t-2} , ..., Z_{t-p} sehingga diperoleh residual \hat{a}_t dan menghitung jumlah kuadrat residual (SSR_0).
2. Meregresikan \hat{a}_t dengan 1, Z_{t-1} , Z_{t-2} , ..., Z_{t-p} dan m prediktor tambahan yang diperoleh dari hasil ekspansi deret Taylor, kemudian diperoleh residual \hat{v}_t dan menghitung jumlah kuadrat residual (SSR).
3. Menghitung nilai F dengan rumus berikut ini.

$$F = \frac{(SSR_0 - SSR)/m}{SSR/(N - p - 1 - m)} \quad (2)$$

dimana N adalah jumlah pengamatan.

Nilai F didekati dengan distribusi F dengan derajat bebas m (prediktor tambahan) dan $N - p - 1 - m$ dimana p adalah banyak orde. Data bersifat nonlinear apabila diperoleh kesimpulan tolak H_0 .

C. Model Self Exciting Threshold Autoregressive (SETAR)

Model *Self Exciting Threshold Autoregressive* (SETAR) merupakan pengembangan dari model TAR dimana *threshold* yang digunakan diambil dari nilai *lag* deret waktu itu [2]. Pada model SETAR, data dipisahkan sebanyak k *regime*. *Regime* yang digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak 2 *regime*, sehingga model SETAR untuk masing-masing *regime* ditunjukkan pada persamaan berikut ini.

$$Z_t = \begin{cases} \phi_{0,1} + \sum_{i=1}^{p_1} \phi_{i,1} Z_{t-i} + a_{t,1} ; \text{jika } Z_{t-d} \leq r \\ \phi_{0,2} + \sum_{i=1}^{p_2} \phi_{i,2} Z_{t-i} + a_{t,2} ; \text{jika } Z_{t-d} > r \end{cases} \quad (3)$$

Persamaan di atas menunjukkan model SETAR ($2,p_1,p_2$) yang merupakan model SETAR dengan 2 *regime* dimana p_1 menunjukkan orde AR pada *regime* bawah dan p_2 menunjukkan orde AR pada *regime* atas. Kemudian d adalah *delay*. *Delay* adalah efek dari orde maksimum atau lag yang keluar dari plot PACF, namun nilai *delay* juga dapat kurang dari orde maksimum karena berdasarkan *lag* yang signifikan. Kemudian r adalah *threshold* yang diperoleh dari persentil *lag* deret waktu tersebut. Persamaan (3) dapat ditulis dalam bentuk matrik berikut ini.

$$\mathbf{Z} = \mathbf{X}\Phi + \mathbf{a} \quad (4)$$

dimana \mathbf{Z} merupakan vektor yang terdiri dari data deret waktu *regime* bawah dan *regime* atas yaitu $Z_{t,1}, Z_{t+1,1}, \dots, Z_{T,1}, Z_{t,2}, Z_{t+1,2}, \dots, Z_{T,2}$. Kemudian \mathbf{X} adalah matrik yang terdiri dari elemen variabel prediktor 1, $Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-p}$ untuk masing-masing *regime*. Vektor Φ adalah vektor yang terdiri dari elemen parameter model yaitu $\phi_{0,1}, \phi_{1,1}, \phi_{2,1}, \dots, \phi_{p,1}, \phi_{0,2}, \phi_{1,2}, \dots, \phi_{p,2}$.

Setelah diperoleh bentuk matrik untuk persamaan model SETAR, maka diperoleh estimasi parameter model SETAR menggunakan metode OLS dengan persamaan berikut ini.

$$\Phi = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}'\mathbf{Z} \quad (5)$$

D. Kriteria Pemilihan Model Terbaik

Akaike's Information Criteria (AIC) adalah suatu kriteria pemilihan model terbaik yang diperkenalkan Akaike dengan mempertimbangkan banyaknya parameter dalam model. Semakin kecil nilai AIC yang diperoleh maka semakin baik model yang digunakan. Kriteria AIC dapat dirumuskan sebagai berikut [5].

$$AIC = N \ln\left(\frac{SSE}{N}\right) + 2M \quad (6)$$

dimana SSE adalah *sum of square error* dan M adalah banyak parameter dalam model.

Selain AIC, kriteria pemilihan model menggunakan *Mean Square Error* (MSE). MSE adalah pengukuran kebaikan model berdasarkan nilai rata-rata dari jumlah kuadrat *error*.

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^l (Z_t - \hat{Z}_t)^2}{l} \quad (7)$$

E. Genetic Algorithm (GA)

Genetic Algorithm (GA) dikembangkan pertama kali oleh John Holland dan mengatakan bahwa setiap masalah yang berbentuk adaptasi (alami maupun buatan) dapat diformulasikan dalam terminology genetika. GA melibatkan proses evolusi Darwin dan operasi genetika atas kromosom. Prosedur GA dijelaskan sebagai berikut [8].

1. Menentukan kromosom atau individu. Kromosom yang digunakan pada penelitian ini adalah bilangan real. Setiap anggota kromosom disusun oleh gen-gen dimana masing-masing gen mewakili elemen dari vektor solusi.
2. Menentukan fungsi *fitness* untuk mengukur tingkat kebaikan atau kesesuaian suatu solusi. Fungsi *fitness* yang digunakan adalah nilai *sum square error* (SSE). Rumus SSE adalah sebagai berikut.

$$SSE = \sum_{t=1}^T (Z_t - \hat{Z}_t)^2 \quad (8)$$

dimana Z_t adalah deret waktu *return* saham BCA dan \hat{Z}_t adalah deret waktu yang diperoleh dari Pemodelan SETAR pada persamaan (3) dengan estimasi parameter hasil optimasi GA. Karena pada penelitian ini dilakukan optimasi untuk meminimumkan SSE maka fungsi *fitness* yang digunakan menjadi $\frac{1}{SSE}$. Setelah setiap solusi dievaluasi

dengan fungsi *fitness*, perlu dilakukan proses seleksi untuk memilih *parent* di antara populasi solusi.

3. Proses pengkopian kromosom atau elitisme untuk mempertahankan individu yang bernilai *fitness* tinggi.
4. Seleksi kromosom menggunakan roda *roulette*, yaitu masing-masing individu dipetakan dalam garis secara beraturan sehingga setiap segmen individu memiliki ukuran sama dengan ukuran *fitness*. Kemudian sebuah bilangan random dibangkitkan, apabila segmen dalam kawasan bilangan random maka akan terseleksi. Proses diulang hingga diperoleh individu yang diharapkan.
5. *Crossover* atau pindah silang yaitu proses pembentukan kromosom baru dengan memindah-silangkan dua buah kromosom. Proses ini hanya bisa dilakan dengan suatu probabilitas tertentu (P_c). Apabila suatu bilangan random yang dibangkitkan kurang dari P_c maka dapat dilakukan pindah silang.
6. Penggantian populasi yaitu semua individu dari suatu generasi digantikan sekaligus oleh individu baru hasil pindah silang dan mutasi.

F. Return Saham

Return saham merupakan hasil yang yang diperoleh dari suatu investasi. Salah satu jenis *return* saham adalah *return* realisasi, yaitu *return* yang sudah terjadi dan dihitung berdasarkan data historis [8]. *Return* saham dapat dihitung menggunakan logaritma dari rasio harga penutupan saham.

$$r_t = \ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right) \quad (9)$$

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 ($t-1$)

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. 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. Pada penelitian ini, *return* yang digunakan adalah *ln return* (*natural logarithmic*), namun pada pembahasan selanjutnya akan disebut *return*.

B. Langkah Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan analisis deret waktu nonlinear dengan ARIMA dan *Self Exciting Threshold Autoregressive* (SETAR), dimana estimasi parameter model SETAR dioptimasi dengan metode *Genetic Algorithm* (GA). Tahapan analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Melakukan analisis statistika deskriptif

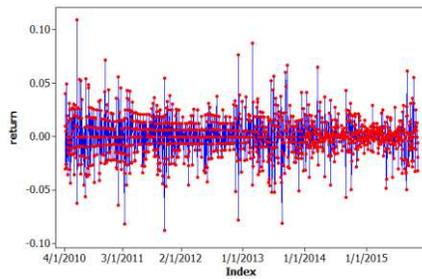
2. Melakukan identifikasi model ARIMA
 - a. Melakukan plot data *return* saham.
 - b. Melakukan pengujian stasioneritas dalam varian, jika data tidak stasioner dalam varians dilakukan transformasi Box-Cox.
 - c. Melakukan pengujian stasioneritas dalam mean, jika data tidak stasioner dalam mean maka dilakukan differencing.
 - d. Melakukan identifikasi model dengan plot ACF dan PACF.
 - e. Melakukan estimasi parameter dan pengujian parameter.
 - f. Melakukan pemeriksaan asumsi residual *white noise* dan distribusi normal. Jika tidak berdistribusi normal maka melakukan deteksi *outlier*.
3. Uji nonlinieritas Terasvirta
4. Melakukan identifikasi model SETAR.
 - a. Menentukan order maksimum dari AR (p) berdasarkan plot PACF yang telah dilakukan pada analisis sebelumnya.
 - b. Menentukan nilai *threshold*.
 - 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 Pemodelan 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 *out-sample* berdasarkan model terbaik.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data *return* saham BCA mengalami fluktuasi terendah sebesar -0,087697 yang terjadi pada tanggal 22 September 2011. Penurunan ini disebabkan karena krisis ekonomi Eropa yang membuat investor menarik dana dari pasar modal. Kemudian *return* saham BCA tertinggi terjadi pada 17 Maret 2011 dimana harga saham naik dari Rp 4802,75 menjadi Rp 5356,91. Data *return* saham juga menunjukkan fluktuasi setiap hari.

A. Pemodelan Return Saham BCA menggunakan ARIMA

Sebelum melakukan identifikasi model ARIMA perlu dilakukan pengujian stasioneritas *mean* dan varians. Hasil uji



Gambar. 1. Plot Time Series Data Return Saham BCA

Dickey Fuller menunjukkan *p-value* sebesar 0,01 sehingga data *return* saham BCA sudah stasioner dalam *mean*. Kemudian *rounded value* pada *box-cox plot* yaitu sebesar 3 sehingga data *return* saham BCA tidak perlu dilakukan transformasi.

Berdasarkan plot ACF dan PACF diketahui bahwa *lag* yang keluar batas adalah *lag 1*, *lag 3*, dan *lag 4* sehingga model ARIMA yang diduga adalah ARIMA (4,0,0), ARIMA ([1,3,4],0,0), dan ARIMA (0,0,[1,3,4]). Setelah dilakukan estimasi parameter dan uji signifikansi yang ditunjukkan pada Tabel 1 diperoleh model dugaan ARIMA ([1,3,4],0,0) dan ARIMA (0,0,[1,3,4]).

Tabel 1. Hasil Estimasi Parameter Model 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
ARIMA ([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	
ARIMA (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	

Hasil uji diagnostik diketahui bahwa kedua model memenuhi asumsi residual saling bebas, namun belum berdistribusi normal sehingga perlu dilakukan deteksi *outlier*. Setelah dilakukan deteksi *outlier*, dilakukan Pemodelan dengan penambahan *outlier*. Namun demikian, residual belum berdistribusi normal. Lalu dilakukan pengecekan kurtosis pada residual dan diperoleh nilai kurtosis yang cukup tinggi yaitu 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. Kemudian diperoleh hasil model ARIMA terbaik berdasarkan kriteria AIC untuk data *training* dan MSE untuk data *testing* adalah model ARIMA ([1,3,4],0,0) dan secara matematis dituliskan sebagai berikut.

Tabel 2. Perbandingan Keباikhan Model ARIMA

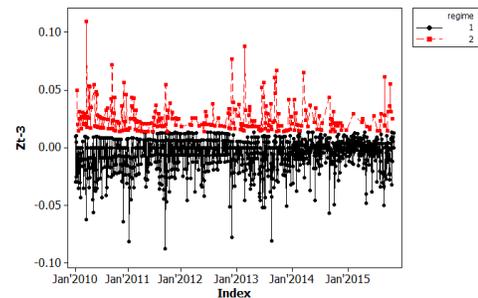
Model ARIMA	AIC (<i>in-sample</i>)	MSE (<i>out-sample</i>)
ARIMA ([1,3,4],0,0)	-7749,6	0,000389
ARIMA (0,0,[1,3,4])	-7749,0	0,000401

$$Z_t = 0,001 - 0,0849Z_{t-1} - 0,0985Z_{t-3} - 0,1109Z_{t-4} + a_t \quad (10)$$

B. Pemodelan Return Saham BCA menggunakan SETAR

Sebelum melakukan Pemodelan *return* saham BCA menggunakan SETAR maka perlu melakukan pengujian nonlinearitas. Hasil pengujian diperoleh *p-value* sebesar 0,000281 sehingga dapat disimpulkan bahwa data *return* saham bersifat nonlinear karena *p-value* kurang dari α (5%).

Pada Pemodelan SETAR perlu mengestimasi nilai *delay* (*d*), *threshold* (*r*), orde AR *regime* bawah (*p*₁) dan *regime* atas (*p*₂). Estimasi nilai tersebut dipilih berdasarkan nilai AIC terkecil yaitu model SETAR (2,4,1) *delay* sebesar 3 dan *threshold* sebesar 0,0137.



Gambar. 2. Plot Data Return Saham Berdasarkan Regime

Setelah diperoleh nilai *threshold* dan *delay*, data dipisahkan menjadi *regime* bawah dan *regime* atas. Gambar 2 menjelaskan bahwa *threshold* membagi data *return* saham menjadi 1211 data masuk *regime* bawah dan 294 data masuk pada *regime* atas.

Pada uji signifikansi parameter SETAR (2,4,1) terdapat parameter yang tidak signifikan sehingga dilakukan Pemodelan kembali menggunakan regresi *stepwise* terhadap data *regime* bawah dan *regime* atas. Kemudian diperoleh model SETAR hasil regresi *stepwise* yaitu model SETAR (2,[1,3,4],1). Model ini memiliki nilai AIC sebesar -11955,52 berdasarkan data *in-sample*. Hasil perbandingan kedua model SETAR tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3 diperoleh model terbaik SETAR yaitu SETAR (2,[1,3,4],1) dan secara matematis model tersebut

Tabel 3. Hasil Perbandingan Model SETAR

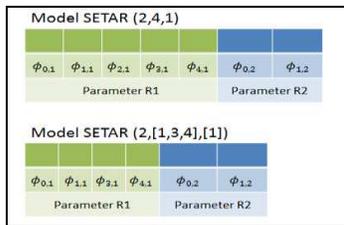
Model SETAR	AIC (<i>in-sample</i>)	MSE (<i>out-sample</i>)
SETAR (2,4,1)	-11888,1	0,000381
SETAR (2,[1,3,4],1)	-11955,52	0,000383

dituliskan sebagai berikut.

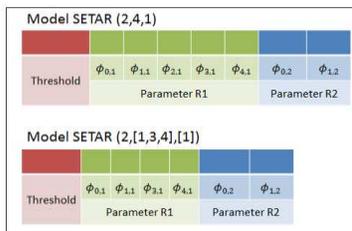
$$Z_t = \begin{cases} 0,001 - 0,135Z_{t-1} - 0,098Z_{t-3} - 0,145Z_{t-4} & ; \text{jika } Z_{t-3} \leq 0,0136 \\ 0,0013 - 0,0903Z_{t-1} & ; \text{jika } Z_{t-3} > 0,0136 \end{cases} \quad (11)$$

C. *Pemodelan Return Saham BCA menggunakan SETAR GA*

Setelah diperoleh model SETAR terbaik, maka perlu melakukan optimasi untuk parameter model SETAR menggunakan *genetic algorithm*. 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 3 dan Gambar 4.



Gambar. 3. Ilustrasi Kromosom GA tanpa *Threshold*



Gambar. 4. Ilustrasi Kromosom GA 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. Nilai *threshold* diperoleh berdasarkan daerah pencarian 15-85%.

Kemudian dilakukan optimasi parameter dengan *threshold* yang diperoleh pada analisis SETAR sebelumnya yaitu *threshold* sebesar 0,0136. Tabel 6 menunjukkan hasil estimasi parameter model SETAR-GA tanpa optimasi *threshold*.

Tabel 4.
Parameter Genetic Algorithm

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

Berdasarkan estimasi parameter yang ditunjukkan pada Tabel 5 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. Selanjutnya dilakukan optimasi estimasi parameter model SETAR dengan menambahkan optimasi *threshold* ke dalam kromosom dimana hasil estimasi parameter ditunjukkan pada Tabel 6.

Setelah diperoleh model SETAR dengan optimasi GA, maka melakukan perbandingan kebaikan model dengan kriteria AIC untuk data *training* dan MSE untuk data *testing*.

Tabel 5.
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
SETAR (2,[1,3,4],1)	$\phi_{1,2}$	-0,077	-0,04	0,968
	$\phi_{0,1}$	0,001	1,83	0,067
	$\phi_{1,1}$	-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

Tabel 6.
Estimasi Parameter SETAR-GA dengan 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
threshold = -0,01504				
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
threshold = 0,03257				

Tabel 7.
Perbandingan Kebaikan Model SETAR-GA

Model	Optimasi <i>Threshold</i>	<i>Threshold</i>	AIC (in-sample)	MSE (out-sample)
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 7 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 untuk data *return* saham BCA dengan metode GA ditunjukkan pada persamaan berikut ini.

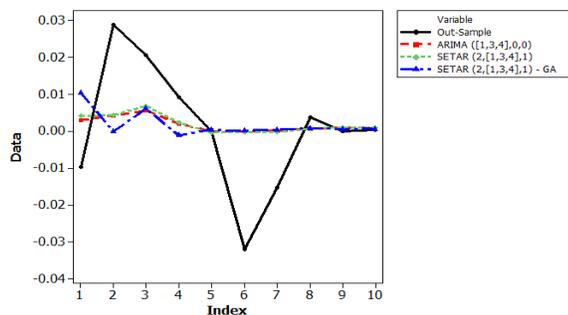
$$Z_t = \begin{cases} 0,001 - 0,468Z_{t-1} - 0,105Z_{t-3} - 0,101Z_{t-4} & ; \text{jika } Z_{t-3} \leq 0,0136 \\ 0,039 - 0,908Z_{t-1} & ; \text{jika } Z_{t-3} > 0,0136 \end{cases} \quad (12)$$

Interpretasi model tersebut adalah data *return* saham yang masuk *regime* bawah dipengaruhi oleh 1 periode, 3 periode, dan 4 periode hari sebelumnya, sedangkan data *return* saham yang masuk *regime* atas dipengaruhi oleh 1 periode hari sebelumnya.

D. Perbandingan Performasi Model Terbaik

Setelah diperoleh model terbaik untuk masing-masing model yang telah dijelaskan sebelumnya, maka melakukan perbandingan performasi model terbaik berdasarkan nilai AIC untuk data *in-sample* dan nilai MSE untuk data *out-sample*. Kemudian hasil perbandingan model terbaik ditunjukkan pada Gambar 5.

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.



Gambar. 5. Plot Time Series Data Out-Sample dan Hasil Ramalan

Tabel 8. Perbandingan Keباikannya Model

Model	Threshold	AIC (in-sample)	MSE (out-sample)
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	0,03257	-11991,2	0,000311

Setelah diperoleh model ramalan terbaik, berikut ini adalah ramalan *return* saham BCA 10 periode ke depan yang ditunjukkan pada Tabel 9 dan model untuk meramalkan data *return* saham BCA adalah sebagai berikut.

$$Z_t = \begin{cases} 0,001 - 0,468Z_{t-1} - 0,105Z_{t-3} - 0,101Z_{t-4} & ; \text{jika } Z_{t-3} \leq 0,0136 \\ 0,039 - 0,908Z_{t-1} & ; \text{jika } Z_{t-3} > 0,0136 \end{cases} \quad (13)$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

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

1. Pemodelan *return* saham menggunakan ARIMA mengikuti deret waktu *autoregressive* dan diperoleh model terbaik yaitu ARIMA ([1,3,4],0,0) berdasarkan nilai AIC *in-sample*.
2. Model SETAR terbaik untuk data *return* saham BCA adalah SETAR (2,4,1), dengan *delay* sebesar 3 dan *threshold* sebesar 0,03176. Namun pada model tersebut terdapat

parameter yang tidak signifikan sehingga dilanjutkan pemodelan menggunakan subset SETAR. Model terbaik yang diperoleh yaitu model SETAR (2,[1,3,4],[1]).

3. Pemodelan *return* saham BCA menggunakan SETAR-GA pada optimasi estimasi parameter, memberikan hasil terbaik dibandingkan dengan model SETAR dan model ARIMA karena menghasilkan AIC *in-sample* dan MSE *out-sample* terkecil, Model terbaik SETAR-GA yang dihasilkan adalah SETAR (2,[1,3,4],[1]) dengan *threshold* 0,0136 dan *delay* sebesar 3. Hasil peramalan *return* saham menggunakan model subset SETAR GA ditunjukkan pada Tabel 9.

Saran penelitian selanjutnya yaitu menggunakan model peramalan yang dapat menangkap *outlier* karena pada analisis ini 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.

Tabel 9.

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ang, R., 1997. Buku Pintar Pasar Modal Indonesia. Jakarta: Mediasoft Indonesia
- [2] Franses, P. H. & Dijk, D. V., 2003. *Non-Linear Time Series In Empirical Finance*. New York: Cambridge University Press.
- [3] Sawaka, M., 2002. *Genetic Algorithms and Fuzzy Multiobjective Optimization*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- [4] Irhamah, Kuswanto, H., & Nurhidayati, M. 2015. *Identification of Self-Exciting Threshold Autoregressive Model In Stock Return Data by Using Genetic Algorithm. Presented in International Conference on Mathematics: Pure, Applied and Computation 2015*. Surabaya.
- [5] Nurhidayati, M. & Irhamah. 2015. *Identification of Self-Exciting Threshold Autoregressive Model by Using Genetic Algorithm. Proceedings The 5th Annual Basic Science International Conference*. Malang.
- [6] Wei, W. W. S., 2006. *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods Second Edition*. New York: Pearson.
- [7] Terasvirta, T., Lin, C.-F. & Granger, C. W., 1993. *Power of The Neural Network Linearity Test. Journal of Time Series Analysis*, Volume 14, pp. 209-220.
- [8] Wu, B. & Chang, C. L., 2002. *Using Genetic Algorithms to Parameter (d,r) Estimation For Threshold Autoregressive Model. Computational Statistics And Data Analysis*, Volume 38, pp. 315-330
- [9] Jogiyanto, Hm. 2009. Analisis dan Disain Sistem Informasi: Pendekatan Terstruktur Teori dan Praktek Aplikasi Bisnis. Yogyakarta: Andi.