JMP : Volume 4 Nomor 1, Juni 2012, hal. 123 - 134

KAJIAN PEMODELAN DERET WAKTU NONLINIER *THRESHOLD AUTOREGRESSIVE* (TAR)

Puji Noviandari

Universitas Jenderal Soedirman
veeyan_love18@yahoo.com

Renny

Universitas Jenderal Soedirman
renny_shajako@yahoo.com

ABSTRACT. *Nonlinear time series are time series that are not stable due to a sudden jump. Nonlinear time series often found in financial data. Threshold Autoregressive (TAR) modeling is a time series modeling with a segmented autoregressive (AR)'s model such that among different regimes may have different AR model. This research studied how to obtain the Ordinary Least Square (OLS) estimator for TAR model and examine signification the OLS's estimator by using t test. This research also studied the other stages of TAR modeling, which are nonlinearity test using Tsay test, TAR model identification by using arranged AR approach and Akaike's Information Criterion (AIC), and diagnostic test by examining the white noise properties and normality test on the residuals. As an illustration, the TAR modeling was applied on weekly data of rupiah exchange rate against US dollar for period October 4th 2004 to November 7th 2011. The result show that the best TAR model for the data is* $TAR(2;2,2;1)$ *with threshold value* $r=9857$.

Keywords*: Nonlinear time series, Threshold Autoregressive, Ordinary Least Square estimator, white noise.*

ABSTRAK. *Deret waktu nonlinier merupakan deret waktu yang tidak stabil akibat terjadinya lonjakan secara tiba-tiba. Deret waktu nonlinier sering dijumpai pada data finansial. Pemodelan deret waktu nonlinier Threshold Autoregressive (TAR) merupakan pemodelan deret waktu dengan model autoregressive (AR) tersegmen sehingga diantara regime (segmen) yang berbeda dimungkinkan untuk mempunyai model AR yang berbeda. Pada penelitian ini dipelajari cara memperoleh estimator Ordinary Least Square (OLS) pada model TAR dan cara menguji kesignifikanan dari estimator OLS menggunakan uji t. Kemudian dipelajari tahap-tahap lain dalam pemodelan TAR yaitu uji nonlinieritas melalui uji Tsay, identifikasi model TAR melalui pendekatan AR tersusun dan Akaike's Information Criterion (AIC), dan uji diagnostik melalui uji sifat white noise dan uji kenormalan pada residual. Sebagai contoh, pemodelan TAR diterapkan pada data mingguan kurs rupiah terhadap dollar Amerika Serikat periode 4 Oktober 2004 sampai dengan 7 Nopember 2011. Hasilnya menunjukkan bahwa model TAR terbaik untuk data tersebut adalah* $TAR(2;2,2;1)$ *dengan nilai threshold* $r=9857$.

Kata Kunci*: Deret waktu nonlinier, Threshold Autoregressive, estimator Ordinary Least Square, white noise.*

1. PENDAHULUAN

Deret waktu merupakan serangkaian data pengamatan yang terjadi berdasarkan indeks waktu secara berurutan dengan interval waktu pengamatan tetap (Aswi dan Sukarna, 2006:5). Misalnya data bulanan curah hujan, data tahunan jumlah penduduk, data harian kurs, dan sebagainya. Menurut Makridakis dan McGee (1993) (dalam Nuryana, 2009:1), model-model deret waktu seperti *Moving Average, Exponential Smoothing,* Regresi *Dummy, Holt* dan *Winter* serta ARIMA Box-Jenkins adalah model-model yang sering digunakan untuk data yang mengandung hubungan linier.

Dalam praktek di lapangan, model-model linier tersebut seringkali tidak dapat menjelaskan data yang tidak stabil akibat terjadinya lonjakan secara tiba-tiba (kenaikan nilai secara tajam pada data). Data seperti ini sering dijumpai pada data finansial, seperti data saham, data inflasi, dan data kurs (Cryer dan Chan, 2008:384). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pemodelan deret waktu nonlinier diperkenalkan, salah satunya adalah pemodelan *Threshold Autoregressive* (TAR) yang dikenalkan oleh Howell Tong pada tahun 1978. Model TAR merupakan model *autoregressive* (AR) tersegmen sehingga diantara *regime* (segmen) yang berbeda dimungkinkan untuk mempunyai model AR yang berbeda. Oleh sebab itu, pada penelitian ini penulis tertarik untuk mengkaji pemodelan deret waktu nonlinier TAR.

Berdasarkan latar belakang tersebut, permasalahan yang muncul adalah bagaimana kajian dari pemodelan deret waktu nonlinier TAR dan bagaimana menggunakan pemodelan TAR pada data nyata. Pada penelitian ini, pemodelan TAR yang dikaji dibatasi hanya untuk kasus dua *regime* dan ditekankan pada kajian estimasi parameter model TAR. Penelitian ini mempunyai beberapa tujuan yaitu mengkaji pemodelan deret waktu nonlinier menggunakan model TAR dua *regime* dan mengilustrasikan pemodelan TAR pada data mingguan kurs rupiah terhadap dollar Amerika Serikat periode 4 Oktober 2004 sampai dengan 7 Nopember 2011. Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah hasil kajian pemodelan TAR dua *regime* diharapkan dapat digunakan sebagai acuan dasar untuk mempelajari pemodelan TAR dengan orde *regime* yang lebih tinggi dan ilustrasi pemodelan TAR pada data nyata diharapkan dapat memberikan gambaran bagaimana tahap-tahap dalam pemodelan TAR dilakukan.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model TAR yang paling sederhana adalah model TAR dengan dua *regime*, ditulis $\text{TAR}(2; p_1, p_2; d)$. Deret waktu Z_t dikatakan mengikuti model TAR $(2; p_1, p_2; d)$ apabila

$$Z_t = \begin{cases} \phi_0^{(1)} + \sum_{q=1}^{p_1} \phi_q^{(1)} Z_{t-q} + a_t^{(1)}, & \text{jika } Z_{t-d} < r \\ \phi_0^{(2)} + \sum_{q=1}^{p_2} \phi_q^{(2)} Z_{t-q} + a_t^{(2)}, & \text{jika } Z_{t-d} \geq r \end{cases} \tag{1}$$

(Cryer dan Chan, 2008:396).

Persamaan (1) menyatakan model TAR dengan dua *regime* dan satu *threshold* (nilai ambang batas) yaitu r. *Regime* pertama mengikuti model $\text{AR}(p_1)$, *regime* kedua mengikuti model $\text{AR}(p_2)$, dan parameter *delay* d merupakan parameter yang mengindikasikan adanya kemungkinan bahwa lamanya *adjustment process* untuk terjadinya perubahan *regime* memerlukan lebih dari satu periode waktu (Permata, 2008:8). Misal $p = \text{maks}\{p_1, p_2\}$, maka $d \leq p$.

2.1 Estimasi Parameter Model TAR Menggunakan Metode *Ordinary Least Square*

Model $\text{TAR}(2; p_1, p_2; d)$ pada persamaan (1) merupakan model nonlinier, tetapi model ini dapat didekati oleh model linier dengan cara membuat dua model terpisah untuk masing-masing *regime* yaitu

$$Z_t^{(1)} = \phi_0^{(1)} + \phi_1^{(1)} Z_{t-1} + \ldots + \phi_{p_1}^{(1)} Z_{t-p_1} + a_t^{(1)}, \ \text{jika } Z_{t-d} < r \tag{2}$$

$$Z_t^{(2)} = \phi_0^{(2)} + \phi_1^{(2)} Z_{t-1} + \ldots + \phi_{p_2}^{(2)} Z_{t-p_2} + a_t^{(2)}, \ \text{jika } Z_{t-d} \geq r, \tag{3}$$

dengan:

$Z_t^{(j)}$ = pengamatan saat *t* pada *regime* ke-*j*, $j = 1, 2$

p_j	=	orde AR pada *regime* ke-*j*, $j=1,2$
$\phi_0^{(j)},\phi_1^{(j)},\ldots,\phi_{p_j}^{(j)}$	=	parameter model TAR pada *regime* ke-*j*, $j=1,2$ ($\phi_0^{(j)}$ disebut juga parameter intersep)
$a_t^{(j)}$	=	*error* saat *t* pada *regime* ke-*j* yang berdistribusi $N(0,\sigma_a^2)$ dan antar *t* yang berbeda bersifat saling bebas.

Dari persamaan (2) dan (3), model TAR dengan dua *regime*, secara umum dapat ditulis dengan

$$Z_t^{(j)}=\phi_0^{(j)}+\phi_1^{(j)}Z_{t-1}+\ldots+\phi_{p_j}^{(j)}Z_{t-p_j}+a_t^{(j)},\quad \text{untuk } j\text{=1,2} \tag{4}$$

Jika disusun dalam bentuk matriks, persamaan (4) menjadi

$$\mathbf{Z}_j=\mathbf{X}_j\boldsymbol{\varphi}^{(j)}+\mathbf{a}_j, \tag{5}$$

dengan:

$\mathbf{Z}_j$	=	vektor variabel tak bebas $(Z_{p_j+1}^{(j)},Z_{p_j+2}^{(j)},...,Z_n^{(j)})^t$ berukuran $\left(n-p_j\right)$ x 1
$\boldsymbol{\varphi}^{(j)}$	=	vektor parameter model TAR $(\phi_0^{(j)},\phi_1^{(j)},...,\phi_{p_j}^{(j)})^t$ berukuran $\left(p_j+1\right)$ x 1
$\mathbf{a}_j$	=	vektor *error* $(a_{p+1}^{(j)},a_{p+2}^{(j)},...,a_n^{(j)})^t$ berukuran $\left(n-p_j\right)$ x 1
$\mathbf{X}_j$	=	matriks variabel bebas berukuran $\left(n-p_j\right)$ x $\left(p_j+1\right)$.

Menurut prinsip metode *Least Square*, estimator OLS untuk parameter $\boldsymbol{\varphi}^{(j)}$ adalah $\boldsymbol{\varphi}^{(j)}=\hat{\boldsymbol{\varphi}}^{(j)}$ yang dapat meminimumkan jumlah kuadrat *error*

$$L\left(\boldsymbol{\varphi}^{(j)}\right)=\mathbf{a}_j{}^t\mathbf{a}_j=\left(\mathbf{Z}_j-\mathbf{X}_j\boldsymbol{\varphi}^{(j)}\right)^t\left(\mathbf{Z}_j-\mathbf{X}_j\boldsymbol{\varphi}^{(j)}\right).$$

Karena $L\left(\boldsymbol{\varphi}^{(j)}\right)$ merupakan fungsi yang kontinu dan diferensiabel terhadap $\boldsymbol{\varphi}^{(j)}$, maka $\boldsymbol{\varphi}^{(j)}=\hat{\boldsymbol{\varphi}}^{(j)}$ dapat dicari dengan menyelesaikan persamaan $\dfrac{\partial L\left(\boldsymbol{\varphi}^{(j)}\right)}{\partial\boldsymbol{\varphi}^{(j)}}=0$.

Karena jumlah kuadrat *error*

$$L\left(\boldsymbol{\varphi}^{(j)}\right)=\mathbf{Z}_j{}^t\mathbf{Z}_j-2\left(\mathbf{X}_j{}^t\mathbf{Z}_j\right)^t\boldsymbol{\varphi}^{(j)}+\left(\boldsymbol{\varphi}^{(j)}\right)^t\left(\mathbf{X}_j{}^t\mathbf{X}_j\right)\boldsymbol{\varphi}^{(j)},$$

maka turunan pertamanya terhadap masing-masing elemen di $\boldsymbol{\varphi}^{(j)}$ adalah

$\frac{\partial L\left(\boldsymbol{\varphi}^{(j)}\right)}{\partial \boldsymbol{\varphi}^{(j)}} = -2\mathbf{X}_j{}^t\mathbf{Z}_j + 2\mathbf{X}_j{}^t\mathbf{X}_j\boldsymbol{\varphi}^{(j)}$. Persamaan $\frac{\partial L\left(\boldsymbol{\varphi}^{(j)}\right)}{\partial \boldsymbol{\varphi}^{(j)}} = 0$ ekuivalen dengan persamaan berikut:

$$\left(\mathbf{X}_j{}^t\mathbf{X}_j\right)\boldsymbol{\varphi}^{(j)} = \mathbf{X}_j{}^t\mathbf{Z}_j. \tag{6}$$

Jika $\mathbf{X}_j{}^t\mathbf{X}_j$ nonsingular, maka solusi persamaan (6) adalah $\hat{\boldsymbol{\varphi}}^{(j)} = \left(\mathbf{X}_j{}^t\mathbf{X}_j\right)^{-1}\mathbf{X}_j{}^t\mathbf{Z}_j$. Jadi, estimator OLS untuk parameter $\boldsymbol{\varphi}^{(j)}$ adalah

$$\hat{\boldsymbol{\varphi}}^{(j)} = \left(\mathbf{X}_j{}^t\mathbf{X}_j\right)^{-1}\mathbf{X}_j{}^t\mathbf{Z}_j, \quad \text{untuk } j = 1, 2.$$

Untuk menguji kesignifikanan dari estimator OLS dapat digunakan uji t dengan statistik uji yang digunakan

$$t_{\text{hitung}} = \frac{\hat{\boldsymbol{\varphi}}^{(j)}}{SE\left(\hat{\boldsymbol{\varphi}}^{(j)}\right)}.$$

Estimator OLS dikatakan signifikan berbeda dengan nol jika $\left|t_{hitung}\right| > t_{\frac{\alpha}{2}, n-n_p}$ atau nilai-$p<\alpha$, dengan $\alpha = 0,05$, n merupakan banyaknya pengamatan, dan n_p merupakan banyaknya parameter.

2.2 Uji Nonlinieritas Menggunakan Uji Tsay

Uji nonlinieritas adalah pengujian hipotesis untuk memeriksa apakah data deret waktu yang diteliti bersifat nonlinier atau tidak. Salah satu uji yang digunakan adalah uji Tsay (Chan, dkk, 2005:39). Uji Tsay merupakan uji deteksi nonlinieritas pada deret waktu yang menggunakan konsep orde AR tersusun dan *predictive residuals*. Statistik uji yang digunakan dalam uji Tsay adalah statistik F yang didefinisikan sebagai

$$\hat{F}(p,d) = \frac{\left(\sum_{r_{\min}+1}^{n-d-h+1} \hat{e}_i^2 - \sum_{r_{\min}+1}^{n-d-h+1} \hat{\varepsilon}_i^2\right) \Big/ (p+1)}{\sum_{r_{\min}+1}^{n-d-h+1} \hat{e}_i^2 \Big/ \left(n-d-h-r_{\min}-p\right)}, \tag{7}$$

dengan $h = \text{maks}\{1, p+1-d\}$ dan $r_{\min} \approx (n/10) + p.$ Asumsi linieritas ditolak jika $\hat{F}(p,d) > F_{\alpha,(p+1,n-d-h-r_{\min}-p)}$ atau nilai-$p<\alpha$.

2.3 Identifikasi Model TAR

Prosedur pengidentifikasian model TAR berdasarkan pendekatan AR tersusun dan *Akaike's Information Criterion* (AIC).

a. Mengidentifikasi parameter *delay*

Misal $D = \{1, 2, ..., p\}$ adalah himpunan yang anggotanya berpotensi untuk menjadi parameter *delay d* dan *p* adalah orde maksimum AR, maka untuk memilih nilai *d* dari himpunan *D* tersebut dapat dilakukan melalui statistik F_{hitung} pada persamaan (7). Nilai *d* yang dipilih adalah

$$\hat{F}\left(p,\hat{d}\right) = \underset{d\in D}{\text{maks}}\left\{\hat{F}\left(p,\hat{d}\right)\right\}.$$

b. Mengidentifikasi himpunan yang anggotanya berpotensi menjadi nilai *threshold*

Misal $R = \{r_1, r_2, ..., r_s\}$ adalah himpunan yang anggotanya berpotensi untuk menjadi nilai *threshold r*, maka *R* dapat dapat ditentukan melalui *scatterplot* antara *t-ratio* (statistik *t*) pada koefisien AR tersusun *lag d* dengan Z_{t-d}. Berdasarkan *scatterplot* tersebut, dapat ditentukan *R* yang membagi plot menjadi 2 *regime* sehingga tiap *regime*-nya merupakan deret waktu linier.

c. Mengidentifikasi orde model AR tiap *regime*

Berdasarkan nilai *delay d* dan himpunan *R* yang telah diketahui dan misal *p* adalah order AR maksimum dari dua *regime*, maka dapat ditentukan orde model AR tiap *regime* melalui AIC. Orde model AR tiap *regime* disimbolkan dengan p_j, untuk $j = 1, 2$ dipilih berdasarkan AIC yaitu

$$\text{AIC}(\hat{p}_j) = \min_{0\le p_j \le p}\left\{n_j \ln\left[\frac{\left\|\hat{\mathbf{a}}(p_j)\right\|^2}{n_j}\right] + 2(p_j+1)\right\}$$

dengan:

n_j = jumlah pengamatan yang mengikuti model AR $\left(p_j\right)$ pada *regime* ke-*j*

$\hat{\mathbf{a}}(p_j)$ = vektor residual dari model $\text{AR}(p_j)$, dengan nilai $\left\|\hat{\mathbf{a}}(p_j)\right\|$ adalah panjang vektor-vektor $\hat{\mathbf{a}}(p_j)$.

d. Mengidentifikasi nilai *threshold*

Setelah diketahui nilai $\text{AIC}(\hat{p}_j)$, maka nilai *threshold* r dapat ditentukan dengan menggunakan AIC yaitu

$$\text{AIC}(d,\hat{r}) = \min_{r\in R}\left\{\text{AIC}(d,r)\right\}$$

dengan $\text{AIC}(d,r) = \text{AIC}(\hat{p}_1) + \text{AIC}(\hat{p}_2)$.

2.4 Uji Diagnostik

Uji diagnostik merupakan uji yang digunakan untuk memeriksa kesesuaian asumsi-asumsi yang digunakan pada model TAR yaitu *error* dari model bersifat *white noise* (berdistribusi normal dengan mean nol, variansi konstan, dan antar pengamatan bersifat saling bebas). Karena *error* a_t tidak pernah teramati, maka pengujian asumsi-asumsi untuk *error* a_t dapat dilakukan pada residual model yaitu $\hat{a}_t = Z_t - \hat{Z}_t$, dengan $\hat{Z}_t$ merupakan prediksi dari pengamatan ke-*t*.

a) Uji Sifat *White Noise* pada Residual

Pengujian asumsi residual $\hat{a}_t$ mempunyai mean nol, variansi konstan, dan antar pengamatan tidak berkorelasi, dapat dilihat melalui diagram plot antara residual $\hat{a}_t$ dengan *t*. Jika fluktuasi residual standar terjadi di sekitar 0 dan bergerak di suatu kisaran nilai tertentu, maka dapat dikatakan bahwa asumsi mean nol dan variansi konstan pada model sudah terpenuhi. Pengujian asumsi antar pengamatan tidak berkorelasi dapat dilakukan melalui plot ACF sampel residual, ACF sampel residual didefinisikan sebagai

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k}\left(\hat{a}_t - \bar{\hat{a}}\right)\left(\hat{a}_{t+k} - \bar{\hat{a}}\right)}{\sum_{t=1}^{n}\left(\hat{a}_t - \bar{\hat{a}}\right)^2}, \quad \text{untuk } k=0,1,2,\ldots$$

Jika semua nilai ACF sampel dari residual pada plot residual berada pada batas kritisnya yaitu lebih dari 95 % nilai r_k berada pada ambang batas $\pm\frac{1,96}{\sqrt{n}}$, dapat disimpulkan bahwa $E\left(\hat{a}_t\hat{a}_{t+k}\right)=0$ artinya residual $\hat{a}_t$ dan residual $\hat{a}_{t+k}$ tidak berkorelasi.

b) Uji Kenormalan pada Residual

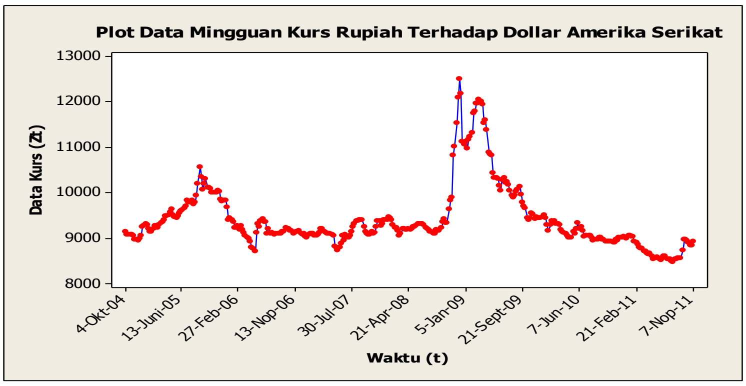
Pengujian asumsi residual $\hat{a}_t$ berdistribusi normal dapat dilakukan melalui histogram residual yang didukung oleh plot *probability normal* (Q-Q *plot*). Kenormalan residual $\hat{a}_t$ dapat dicirikan oleh histogram residual yang mendekati simetris atau plot *probability normal* yang menyebar di sekitar garis linier.

2.5 Pemodelan TAR pada Data Mingguan Kurs Rupiah terhadap Dollar Amerika Serikat

Ilustrasi pemodelan TAR dilakukan pada data mingguan kurs rupiah terhadap dollar Amerika Serikat periode 4 Oktober 2004 sampai dengan 7 Nopember 2011, sebanyak 370 pengamatan (http://www.ortax.org/).

a) Membuat Plot Data Mingguan Kurs

Berdasarkan Gambar 1., terlihat bahwa pada data mingguan kurs terjadi lonjakan secara tiba-tiba. Hal ini mengindikasikan bahwa data bersifat nonlinier.



Gambar 1. Plot Data Mingguan Kurs

b) Uji Nonlinier Menggunakan Uji Tsay

Berdasarkan uji Tsay, diperoleh $\hat{F}(p,d) = 6{,}666$ dan nilai-p $= 3{,}168 \text{ x } 10^{-19}$ sehingga asumsi linieritas ditolak sebab $\hat{F}(p,d) = 6{,}666 > F_{0,05;311} = 1{,}96822$ dan nilai-p $= 3{,}168 \text{ x } 10^{-19} < \alpha = 0{,}05$. Jadi, model bersifat nonlinier.

c) Identifikasi Model TAR, Estimasi Parameter Model TAR Menggunakan Metode OLS, dan Uji Signifikansi Parameter

Berdasarkan Tabel 1., diketahui bahwa nilai AIC minimum sebesar 4296. Dari nilai AIC minimum diperoleh nilai $d = 1$, $p_1 = 2$, $p_2 = 2$, dan $r = 9857$ sehingga data mingguan kurs mengikuti model TAR(2;2,2;1) dengan nilai *threshold* $r = 9857$. Estimasi parameter model TAR pada *regime* 1 dan *regime* 2 dapat dilihat pada Tabel 2. dan Tabel 3. Berdasarkan Tabel 2. Dan Tabel 3., terlihat bahwa parameter model TAR untuk masing-masing *regime*, telah signifikan berbeda dengan nol sebab nilai-$p < \alpha$.

Tabel 1. Nilai AIC Untuk Parameter *Delay d* dengan $1 \le d \le 7$

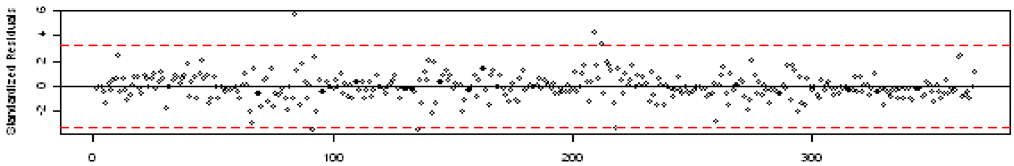
Delay (*d*)	Nilai AIC	Nilai *Threshold* (*r*)	Orde AR *Regime* 1 (p_1)	Orde AR *Regime* 2 (p_2)
1	4296	9857,0	2	2
2	4304	9674,0	2	2
3	4310	9632,0	2	2
4	4343	9343,6	2	4
5	4373	9330,0	2	4
6	4362	9417,6	3	4
7	4386	9330,0	2	4

Tabel 2. Estimasi Parameter Model TAR(2;2,2;1) pada *Regime* Pertama

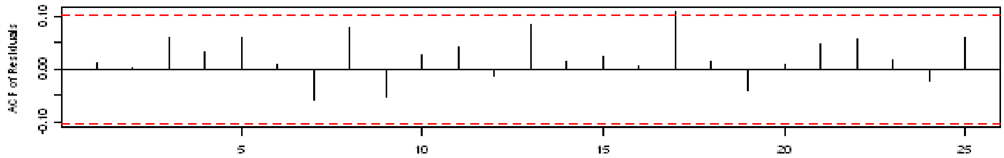
	Estimasi	*Standard Error*	t_{hitung}	nilai-*p*
$\hat{\phi}_0^{(1)}$	308,5168	133,0267	2,3192	0,0201
$\hat{\phi}_1^{(1)}$	1,1944	0,0559	21,3774	0,0000
$\hat{\phi}_2^{(1)}$	-0,2280	0,0553	-4,1223	0,0000

Tabel 3. Estimasi Parameter Model TAR(2;2,2;1) pada *Regime* Kedua

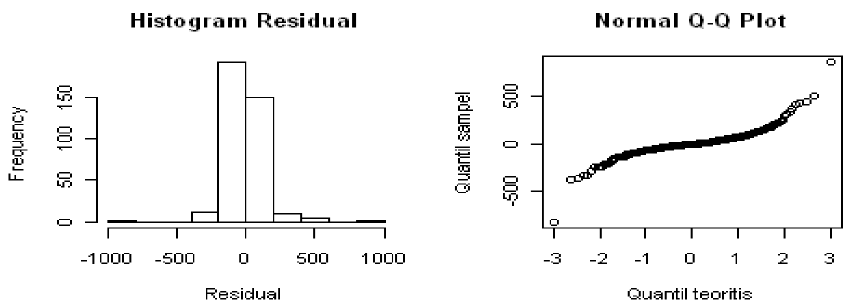
	Estimasi	*Standard Error*	t_{hitung}	nilai-*p*
$\hat{\phi}_0^{(2)}$	850,2015	462,4364	1,8385	0,0710
$\hat{\phi}_1^{(2)}$	1,2907	0,1223	10,5550	0,0000
$\hat{\phi}_2^{(2)}$	-0,3706	0,1212	-3,0578	0,0033



Gambar 2. Plot Residual Standar



Gambar 3. Plot ACF Sampel Residual



Gambar 4. Histogram Residual dan Plot *Normal Probability* (Q-Q *plot*) Untuk Residual Model TAR(2;2,2;1)

d) Uji Diagnostik

Berdasarkan Gambar 2., terlihat bahwa asumsi residual $\hat{a}_t$ mempunyai mean nol dan variansi konstan pada model sudah terpenuhi. Berdasarkan Gambar 3., terlihat bahwa 95% nilai ACF sampel dari residual berada pada batas kritisnya, maka dapat disimpulkan bahwa residual $\hat{a}_t$ dan residual $\hat{a}_{t+k}$ tidak berkorelasi. Berdasarkan Gambar 4., terlihat bahwa histogram residual hampir simetris dan plot *Normal Probability* yang menyebar mendekati garis linier. Hal tersebut menunjukkan bahwa residual berdistribusi normal.

e) Model Terbaik

Model TAR terbaik untuk data mingguan kurs rupiah terhadap dollar Amerika Serikat periode 4 Oktober 2004 sampai dengan 7 Nopember 2011 adalah TAR(2;2,2;1) dengan nilai *threshold* r=9857 serta model pada *regime* pertama dan *regime* kedua sebagai berikut:

$$Z_t = \begin{cases} 308,5168 + 1,1944 Z_{t-1} - 0,2280 Z_{t-2} + a_t^{(1)}, & \text{jika } Z_{t\text{-}1} < 9857 \\ \\ 850,2015 + 1,2907 Z_{t-1} - 0,3706 Z_{t-2} + a_t^{(2)}, & \text{jika } Z_{t\text{-}1} \geq 9857, \end{cases} \tag{8}$$

dengan $t \in \{p_1 + 1, \ldots, n\}$ untuk *regime* pertama dan $t \in \{p_2 + 1, \ldots, n\}$ untuk *regime* kedua sehingga $t \in \{3, \ldots, n\}$. Persamaan (8) menyatakan model TAR dua *regime* dengan nilai *threshold* r=9857 dan parameter *delay* $d = 1$. *Regime* pertama dan *regime* kedua mengikuti model AR(2).

3. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini telah dikaji bagaimana memperoleh estimator OLS untuk parameter model TAR, diperoleh $\hat{\boldsymbol{\varphi}}^{(j)} = \left(\mathbf{X}_j{}^t \mathbf{X}_j\right)^{-1} \mathbf{X}_j{}^t \mathbf{Z}_j$, untuk $j = 1, 2$.
2. Ada empat tahap dalam pemodelan TAR dua *regime* yaitu menguji keberadaan sifat nonlinier pada deret waktu menggunakan uji Tsay, mengidentifikasi model berdasarkan pendekatan AR tersusun dan AIC, mengestimasi parameter model TAR menggunakan metode OLS dan menguji kesignifikanan dari estimator OLS menggunakan uji *t*, serta uji diagnostik yang terdiri dari uji sifat *white noise* dan uji kenormalan pada residual.
3. Model TAR terbaik untuk data mingguan kurs rupiah terhadap dollar Amerika Serikat periode 4 Oktober 2004 sampai dengan 7 Nopember 2011 adalah TAR

$(2;2,2;1)$ dengan nilai *threshold* $r = 9857$, serta model pada *regime* pertama dan *regime* kedua sebagai berikut:

$$Z_t = \begin{cases} 308,5168 + 1,1944 Z_{t-1} - 0,2280 Z_{t-2} + a_t^{(1)}, & \text{jika } Z_{t\text{-}1} < 9857 \\ \\ 850,2015 + 1,2907 Z_{t-1} - 0,3706 Z_{t-2} + a_t^{(2)}, & \text{jika } Z_{t\text{-}1} \geq 9857, \end{cases}$$

dengan $t \in \{3, \ldots, n\}$.

Permasalahan terbuka yang dapat disarankan adalah:

1. Pengembangan penelitian untuk pemodelan TAR dengan orde lebih dari dua *regime*.
2. Pembahasan secara detail mengenai kajian uji nonlinieritas menggunakan uji Tsay, identifikasi model TAR berdasarkan pendekatan AR tersusun dan AIC, dan uji diagnostik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis pertama mengucapkan terima kasih kepada Dr. Nunung Nurhayati selaku Pembimbing Skripsi yang dengan penuh kesabaran telah memberikan waktu, ilmu dan motivasi kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

Aswi dan Sukarna. (2006). *Analisis Deret Waktu, Teori dan Aplikasi*. Andira Publisher, Makassar.

Chan, W. S, Wong A. C. S. dan Tong, H. (2005). *Some Nonlinear Threshold Autoregressive Time Series Models For Actuarial Use*. North American Actuarial Journal, North American.

Cryer, J. D. dan Chan, K. C. (2008). *Time Series Analysis With Applications in R*. 2nd Ed. Springer, New York.

Nuryana, F. (2009). *Pemodelan Deret Waktu dengan Self Exciting Threshold Autoregressive (SETAR) dan Perubahan Struktur*. Tesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Observation and Research of Taxation. (2011). *Kurs Menteri Keuangan Berdasarkan Mata Uang*. http://www.ortax.org/. Diakses tanggal 7 Desember 2011.

Permata, M. I. (2008). *Threshold Autoregressive Model of Exchange Rate Pass-Through Effect in Indonesia*. Working Paper. Bank Indonesia, Jakarta..