

**PERAMALAN HARGA SAHAM DENGAN METODE *EXPONENTIAL SMOOTH TRANSITION AUTOREGRESSIVE* (ESTAR)
(Studi Kasus pada Harga Saham Mingguan PT United Tractors)**

Dwi Rahmayani¹, Dwi Ispriyanti², Moch.Abdul Mukid³

¹Mahasiswa Jurusan Statistika FSM Undip

^{2,3}Staf Pengajar Jurusan Statistika FSM Undip

ABSTRACT

The stock price data series of PT United Tractors in the period of December 1th 2008 to December 29th 2014 is fluctuative. To model data nonlinear time series one method that can be used is Smooth Transition Autoregressive (STAR), if the function of an exponential transition then a method that can be used is Exponential Smooth Transition Autoregressive (ESTAR). In modelling ESTAR determined transition variable (s_t) of transition function $G(s_t, \gamma, c)$. Of the research result obtained model ESTAR (1,1). With significance level of 5% obtained the value of the stock price data for pt united tractors in the next four to the original. It was also strengthened by Mean Absolute Percentage Error (MAPE) 0,768233 % are relatively small.

Keywords : *Autoregressive, time series, nonlinearity, ESTAR, MAPE*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Saham merupakan surat berharga untuk bukti penyertaan atau pemilikan individu maupun institusi dalam suatu perusahaan (Anoraga dan Pakarti, 2001). Investasi dalam bentuk saham banyak dipilih para investor karena saham mampu memberikan keuntungan yang menarik. PT United Tractors adalah salah satu perusahaan yang mencatatkan sahamnya di bursa efek. Perusahaan tersebut juga ikut serta memainkan perannya di pasar bursa dengan menjadi investor atau pemegang saham. Pergerakan harga saham menggambarkan kondisi pasar pada suatu saat dan menjadi indikator penting bagi para investor untuk menentukan apakah mereka akan menjual, menahan atau membeli satu atau beberapa saham, dalam hal ini dibutuhkan metode untuk meramalkan harga saham tersebut.

Harga saham adalah data runtun waktu (*time series*), oleh karena itu untuk meramalkan harga saham tersebut dapat digunakan metode *time series*. Metode *time series* yang sering digunakan adalah metode Box-Jenkins, model yang dihasilkan pada metode Box-Jenkins adalah model-model linier, sementara tidak semua runtun waktu finansial adalah linier (Tsay, 2005).

Smooth Transition Autoregressive (STAR) merupakan perluasan dari model autoregressive untuk data runtun waktu yang nonlinier. Menurut Terasvirta (1994) model STAR terdiri dari model eksponensial STAR (ESTAR) dan model logistik STAR (LSTAR). Data harga saham PT United Tractors menunjukkan plot yang mengikuti fungsi eksponensial, oleh karena itu dalam penulisan tugas akhir ini penulis akan menggunakan metode *Exponential Smooth Transition Autoregressive* (ESTAR) untuk meramalkan harga saham.

Tujuan Penulisan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan ini adalah :

1. Menentukan model untuk harga saham PT United Tractors

2. Meramalkan data harga saham tersebut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Return

Return adalah pengembalian atau keuntungan yang diperoleh dari suatu investasi. Menurut Tsay (2005) *return* dirumuskan sebagai berikut:

$$X_t = \ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right)$$

dengan P_t = harga saham pada waktu ke-t

P_{t-1} = harga saham pada waktu t-1

2.2 Analisis Runtun Waktu

Data runtun waktu adalah data yang dikumpulkan, dicatat atau diobservasi berdasarkan urutan waktu. Suatu data runtun waktu harus memenuhi syarat stasioneritas.

2.2.1 Stasioneritas

Didalam analisis runtun waktu, asumsi stasioneritas dari data merupakan sifat yang penting. Untuk mendeteksi ketidakstasioneran data secara visual dapat digunakan plot *time series*, plot fungsi autokorelasi (ACF) dan plot fungsi autokorelasi parsial (PACF). Jika data mengandung komponen *trend*, maka plot ACF atau PACF akan meluruh secara perlahan dan data tidak stasioner. Stasioneritas data juga dapat diperiksa dengan mengamati apakah data runtun waktu mengandung akar unit (*unit root*).

Terdapat berbagai metode untuk melakukan uji akar unit salah satunya yaitu uji Dickey Fuller. Uji ini dikenalkan oleh David Dickey dan Wayne Fuller yang dikenal dengan uji *Augmented Dickey Fuller* (ADF). Model stasioneritas yang biasa digunakan sebagai acuan adalah sebagai berikut:

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + e_t$$

Dengan Hipotesis:

$H_0 : \phi = 1$ (terdapat akar unit / tidak stasioner)

$H_1 : \phi < 1$ (tidak terdapat akar unit / stasioner)

Taraf signifikansi: α

$$\text{Statistik uji: ADF} = t_{ratio} = \frac{\hat{\phi}}{se(\hat{\phi})}$$

dengan $\hat{\phi}$ adalah estimator OLS dari ϕ

$se(\hat{\phi})$ adalah standar error dari ϕ

H_0 ditolak jika $t_{ratio} <$ nilai kritis Dickey Fuller atau $p\text{-value} < \alpha$.

2.2.2 Model Runtun Waktu Stasioner

a). Model Autoregressive tingkat p (AR(p))

Menurut Soejoeti (1987), bentuk umum proses autoregressive tingkat p (AR(p)) adalah:

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + a_t$$

b). Model Moving Average tingkat q (MA(q))

Bentuk umum dari proses *Moving Average* tingkat q (MA(q)) dalam Soejoeti (1987) didefinisikan sebagai berikut:

$$X_t = a_t + \theta_1 a_{t-1} + \theta_2 a_{t-2} + \dots + \theta_q a_{t-q}$$

c). Autoregressive Moving Average (ARMA (p,q))

Proses ARMA(p,q) ini merupakan model yang diperoleh dari campuran model AR(p) dan MA(q), bentuk umum model ini adalah:

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + a_t + \theta_1 a_{t-1} + \theta_2 a_{t-2} + \dots + \theta_q a_{t-q}$$

2.3 Identifikasi Model

Dalam tahap identifikasi model ini menggunakan *Autocorrelation Function* (ACF) dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF).

2.3.1 Fungsi Autokorelasi/Autocorrelation Function (ACF)

Fungsi autokorelasi digunakan untuk menjelaskan suatu proses stokastik yang akan memberikan informasi bagaimana korelasi antara data yang berdekatan. Kovarian $Cov(X_t, X_{t-k})$ dapat ditulis sebagai berikut:

$$\gamma_k = Cov(X_t, X_{t-k}) = E(X_t - \mu)(X_{t-k} - \mu),$$

dan korelasi antara X_t dan X_{t-k} adalah:

$$\rho_k = \frac{Cov(X_t, X_{t-k})}{\sqrt{Var(X_t)}\sqrt{Var(X_{t-k})}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}$$

2.3.2 Fungsi Autokorelasi Parsial/Partial Autocorrelation Function (PACF)

Fungsi autokorelasi parsial dalam Soejoeti (1987) ditulis dengan $\{\phi_{kk} ; k=1,2,\dots\}$, yaitu himpunan autokorelasi parsial pada lag k yang didefinisikan:

$$\phi_{kk} = \frac{|\tilde{r}_k^*|}{|r_k|}$$

2.4 Estimasi Parameter dan Pengujian Parameter Model

a). Estimasi awal model AR

Estimasi dari parameter model dapat diperoleh dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (*least square method*), yaitu dengan meminimumkan jumlah kuadrat residual (*sum squared error*) berikut:

$$\sum a_t^2 = SSE = \sum_{t=1}^T (X_t - \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p})^2 \quad (4)$$

Dengan pengujian hipotesis:

$H_0 : \phi_j = 0$ (parameter tidak signifikan)

$H_1 : \phi_j \neq 0$ (parameter signifikan) untuk $j = 1, 2, \dots, p$

Taraf signifikansi: α

Statistik Uji: $t_{hit} = \frac{\hat{\phi}}{se(\hat{\phi})}$

Dengan $se(\hat{\phi})$ adalah standar error dari $\hat{\phi}$

Kriteria Penolakan: Tolak H_0 jika nilai statistika $t_{hit} >$ nilai tabel $t_{\frac{\alpha}{2}(n-p-1)}$ atau nilai p -value $< \alpha$

b). Estimasi awal model MA

Secara umum dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \gamma_k &= \theta_k \sigma_a^2 + \theta_1 \theta_{k+1} \sigma_a^2 + \dots + \theta_{q-k} \theta_q \sigma_a^2 \\ &= \sigma_a^2 (\theta_k + \theta_1 \theta_{k+1} + \dots + \theta_{q-k} \theta_q) \\ \rho_k &= \frac{\gamma_k}{\gamma_0} = \frac{\sigma_a^2 (\theta_k + \theta_1 \theta_{k+1} + \dots + \theta_{q-k} \theta_q) \sigma_a^2}{\sigma_a^2 (1 + \theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2 + \dots + \theta_q^2)} \end{aligned} \quad (10)$$

Dari persamaan 10 nilai estimasi awal dapat diperoleh, tetapi untuk mendapatkan nilai estimasi parameternya adalah sukar dan harus dilakukan dengan menggunakan suatu prosedur iteratif (Makridakis, *et.al*, 1992).

Pengujian Hipotesis:

$H_0 : \theta_i = 0$ (parameter tidak signifikan)

$H_1 : \theta_i \neq 0$ (parameter signifikan) untuk $i = 1, 2, \dots, q$

Taraf signifikansi: α

Statistik Uji : $t_{hit} = \frac{\hat{\theta}}{se(\hat{\theta})}$

Dengan $se(\hat{\theta})$ adalah standar error dari $\hat{\theta}$

Kriteria Penolakan: Tolak H_0 jika nilai statistika $t_{hit} >$ nilai tabel $t_{\frac{\alpha}{2}(n-q-1)}$ atau nilai p-value $< \alpha$.

c). Estimasi awal model ARMA

Secara umum dapat ditulis sebagai berikut:

$$\gamma_0 = \frac{1+\theta_1^2+2\phi_1\theta_1}{1-\phi_1^2} \sigma_a^2 \quad \text{dan} \quad \gamma_1 = \frac{(1+\phi_1\theta_1)(\phi_1+\theta_1)}{1-\phi_1^2} \sigma_a^2$$

$$\rho_1 = \frac{\gamma_1}{\gamma_0} = \frac{\frac{(1+\phi_1\theta_1)(\phi_1+\theta_1)\sigma_a^2}{1-\phi_1^2}}{\frac{1+\theta_1^2+2\phi_1\theta_1}{1-\phi_1^2}\sigma_a^2} = \frac{(1+\phi_1\theta_1)(\phi_1+\theta_1)}{1+\theta_1^2+2\phi_1\theta_1}$$

Dari persamaan tersebut nilai estimasi awal dapat diperoleh, tetapi untuk mendapatkan nilai estimasi parameternya adalah sukar dan harus dilakukan dengan menggunakan suatu prosedur iteratif (Makridakis, *et.al*, 1992).

2.5 Pemilihan Model Terbaik

Model terbaik dapat dipilih berdasarkan nilai *Akaike Info Criterion* (AIC), menurut Dijk(1999) AIC dirumuskan sebagai berikut:

$$AIC = n \ln \hat{\sigma}_a^2 + 2p$$

Suatu model dikatakan baik apabila, parameter-parameternya signifikan dan mempunyai AIC terkecil.

2.6 Pemeriksaan Diagnostik

2.6.1 Uji Autokorelasi

Menurut William (1993) uji autokorelasi dapat diuji menggunakan uji *Breusch-Godfrey*, hipotesisnya adalah:

H_0 : tidak terdapat autokorelasi di dalam residu model

H_1 : terdapat autokorelasi di dalam residu model

Statistik uji *Breusch-Godfrey* adalah sebagai berikut:

$$t^* = (n - k)R^2$$

$$\text{dengan } R^2 = \frac{JKR}{JKS} = \frac{\sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X})^2}{\sum_{t=2}^T (\hat{X}_t - \bar{X})^2}$$

n = ukuran sampel

k = jumlah lag

H_0 akan ditolak jika $t^* > \chi_k^2$.

2.6.2 Uji Homokedastisitas Residual

Menurut William (1993), menguji ada tidaknya efek heteroskedastisitas dengan menggunakan uji *ARCH Lagrange Multiplier* bentuk umum model ARCH(k):

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 a_{t-1}^2 + \alpha_2 a_{t-2}^2 + \dots + \alpha_k a_{t-k}^2$$

Hipotesis

$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_k = 0$ (tidak ada efek ARCH sampai lag-k)

H_1 : paling sedikit terdapat satu $\alpha_j \neq 0, j = 1, 2, \dots, k$ (ada efek ARCH)
 Statistik uji yang digunakan adalah:

$$\xi = nR^2$$

dengan $n =$ ukuran sampel

$$R^2 = \frac{JKR}{JKS} = \frac{\sum_{t=1}^T (X_t - \bar{X})^2}{\sum_{t=2}^T (\hat{X}_t - \bar{X})^2}$$

H_0 akan ditolak jika $\xi > \chi_k^2$

2.7 Model Smooth Transition Autoregressive (STAR)

Menurut Dijk (1999), spesifikasi model STAR adalah sebagai berikut:

$$X_t = (\phi_{1,0} + \phi_{1,1}X_{t-1} + \dots + \phi_{1,p}X_{t-p})(1 - G(s_t, \gamma, c)) + (\phi_{2,0} + \phi_{2,1}X_{t-1} + \dots + \phi_{2,p}X_{t-p})G(s_t, \gamma, c) + \varepsilon_t$$

2.7.1 Penentuan Variabel Transisi

Persamaan model AR(p) diperoleh $X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_p X_{t-p} + a_t$, sehingga variabel transisi yang dihasilkan adalah $X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-k}$ dengan k adalah besar orde p pada model AR(p).

2.7.2 Pengujian Nonlinieritas

hipotesis nol pengujian nonlinieritas dapat ditulis sebagai berikut:

Hipotesis :

$H_0: \phi_{1,j} = \phi_{2,j}$ (model linear)

$H_1: \phi_{1,j} \neq \phi_{2,j}$ (model nonlinear) Dengan $j = 0, 1, \dots, p$

Statistik uji

$$LM_3 = n \frac{(SSR_0 - SSR_1)}{SSR_0}$$

Tolak H_0 jika $LM_3 > \chi^2_{3p}$.

2.7.3 Pemilihan Fungsi Transisi

Pemilihan fungsi transisi $G(s_t, \gamma, c)$ dilakukan dengan menguji urutan hipotesis nol dari regresi bantu:

$$X_t = \beta_{0,0} + \beta'_0 \tilde{X}_t + \beta'_1 \tilde{X}_t s_t + \beta'_2 \tilde{X}_t s_t^2 + \beta'_3 \tilde{X}_t s_t^3 + \varepsilon_t$$

Hipotesis:

$H_0: \beta'_3 = \mathbf{0}$ (fungsi transisi eksponensial)

$H_1: \beta'_3 \neq \mathbf{0}$ (fungsi transisi logistik)

$$\text{Statistik Uji: } t = \frac{\hat{\beta}'_3}{se(\hat{\beta}'_3)}$$

dengan $\hat{\beta}'_3 =$ penduga bagi β'_3

$se(\hat{\beta}'_3) =$ standar eror $\hat{\beta}'_3$

Kriteria Penolakan: nilai p-value $< \alpha$ maka H_0 ditolak.

2.8 Model Smooth Transition Autoregressive (STAR)

2.8.1 Model Exponential Smooth Transition Autoregressive (ESTAR)

Spesifikasi model ESTAR adalah sebagai berikut:

$$X_t = \phi'_1 Z_t (1 - (1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2)) + \phi'_2 Z_t (1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2)) + \varepsilon_t$$

2.8.2 Model Logistic Smooth Transition Autoregressive (LSTAR)

Spesifikasi model LSTAR adalah sebagai berikut:

$$X_t = \phi'_1 Z_t (1 - (\frac{1}{1 + \exp(-\gamma(s_t - c))})) + \phi'_2 Z_t (\frac{1}{1 + \exp(-\gamma(s_t - c))}) + \varepsilon_t$$

2.8.3 Estimasi Parameter Model

Dijk (1999) menggunakan metode *nonlinear least square* (NLS) untuk mengestimasi parameter. Estimasi parameter pada metode NLS ditentukan dengan meminimumkan jumlah kuadrat residu yang didefinisikan sebagai:

$$\hat{\theta} = \operatorname{argmin} \sum_{t=1}^T (X_t - F(Z_t; \theta))^2$$

dengan

$$F(Z_t; \theta) = \phi_1' Z_t (1 - G(s_t, \gamma, c)) + \phi_2' Z_t G(s_t, \gamma, c)$$

Proses pencarian nilai parameter pada metode NLS ini dilakukan dengan menggunakan metode numerik yaitu metode *Gauss-Newton* untuk melakukan estimasi secara iterasi.

2.9 Peramalan dan Evaluasi Hasil Peramalan

Menurut Van Dijk (1999), *MAPE* sebagai indikasi persentase kesalahan hasil peramalan terhadap data aslinya. Semakin kecil *MAPE* maka peramalan yang dihasilkan semakin baik. *MAPE* dirumuskan sebagai:

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \left(\frac{P_t - \hat{P}_t}{P_t} \right) \times 100\% \right|$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder tentang data harga saham mingguan PT United Tractors, diambil dari alamat web <http://finance.yahoo.com> periode 1 Desember 2008 sampai 29 Desember 2014.

3.2 Metode Analisis

Langkah-langkah yang ditempuh untuk mencapai tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung nilai return dari harga saham PT United Tractors
2. Pengujian stasioneritas data return
3. Identifikasi model runtun waktu stasioner
4. Melakukan estimasi parameter
5. Pengujian model terbaik AR
6. Melakukan uji autokorelasi dan homokedastisitas residual model $AR(p)$ yang diperoleh. Orde model AR yang terbentuk akan digunakan dalam pengujian nonlinearitas pada model $STAR$.
7. Menentukan fungsi transisi
8. Estimasi model $ESTAR$
9. Pemodelan $ESTAR$
10. Meramalkan nilai *return* menggunakan model $ESTAR$ untuk mencari nilai ramalan harga saham PT United Tractors.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Data

Data harga saham terkecil terletak pada minggu pertama sebesar 3350 dan harga saham terbesar terletak pada minggu ke 172 sebesar 31700. Data berfluktuasi dari waktu ke waktu yang mengindikasikan bahwa data tidak stasioner.

4.2 Return

Data harga saham PT United Tractors tidak stasioner. Pada data nilai *return* data sudah stasioner, karena rata-rata dari plot return terlihat konstan, indikasi bahwa data

sudah stasioner juga dapat ditunjukkan pada plot ACF dan PACF. plot ACF dan PACF pada lag pertama turun secara cepat mendekati nol, sehingga data stasioner.

4.3 Pengujian Stasioneritas

Hipotesis uji ADF adalah:

$H_0 : \phi = 1$ (terdapat akar unit / data tidak stasioner)

$H_1 : \phi < 1$ (tidakterdapat akar unit / data stasioner)

nilai statistik uji ADF yang dihasilkan adalah -22,49845. Dengan menggunakan α sebesar 5% nilai kritis ADF = -3,424155. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai statistik uji ADF lebih kecil dari nilai kritis ADF yang artinya menolak H_0 yaitu tidak terdapat akar unit atau data stasioner.

4.4 Identifikasi Model

Dalam tahap identifikasi model ini digunakan fungsi autokorelasi atau *Autocorrelation Function* (ACF) dan fungsi autokorelasi parsial atau *Partial Autocorrelation Function* (PACF). Pada Lampiran 4 terlihat bahwa pada lag pertama ACF dan PACF keluar dari interval konfidensi maka model yang akan terbentuk yaitu AR(1), MA(1) dan ARMA(1,1).

4.5 Estimasi dan Pengujian Parameter Model

Selanjutnya dilakukan estimasi terhadap parameter model AR(1), MA(1) dan ARMA(1,1) dengan menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS) dan *Yulwelker*.

Tabel 2. Estimasi Parameter Model AR(1), MA(1) dan ARMA(1,1)

Model	koefisien	t_hitung	Probabilitas	Uji Signifikansi
AR (1)	-0,151461	-2,854652	0,0046	Signifikan
MA (1)	-0,175535	-3,183629	0,0016	Signifikan
ARMA (1,1)	-0,013285	-0,086512	0,9311	Tidak Signifikan
	-0,152453	-0,955166	0,3402	Tidak Signifikan

4.6 Pemilihan Model Terbaik

Pada penelitian ini kriteria untuk menentukan model terbaik yaitu parameter-parameternya signifikan dan mempunyai AIC terkecil, semakin kecil nilai AIC model semakin baik.

Tabel 3. Hasil Pengujian Parameter Model dan Nilai AIC

Model	Uji Signifikansi	AIC
AR (1)	Signifikan	-3,138307
MA (1)	Signifikan	-3,045419
ARMA (1,1)	Tidak Signifikan	-3,136166

Pada Tabel 3 model AR(1) adalah model terbaik dikarenakan untuk uji signifikansi, parameter model signifikan dan memiliki nilai AIC paling kecil yaitu -3,138307.

4.7 Uji Asumsi

4.7.1 Uji Autokorelasi residual

Pada penelitian ini untuk mengetahui ada tidaknya autokorelasi pada residual dapat diuji menggunakan uji *Breusch-Godfrey*. Hipotesis uji *Breusch-Godfrey* sebagai berikut :

H_0 : tidak terdapat autokorelasi di dalam residual model AR(1)

H_1 : terdapat autokorelasi di dalam residual model AR(1)

Nilai statistik uji *Breusch-Godfrey* pada yaitu 1,682357 dengan α sebesar 5% nilai tabel Chi-Square ($\chi^2_{(0,05;1)} = 3,841$), dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai statistik uji *Breusch-Godfrey* lebih kecil dari nilai tabel Chi-Square yang artinya terima H_0 yaitu tidak terdapat autokorelasi didalam residual model.

4.7.2 Uji Homokedastisitas

Pada penelitian ini untuk mengetahui ada tidaknya asumsi homokedastisitas pada residual dapat diuji menggunakan *Lagrange Multiplier* (LM). Hipotesis LM test sebagai berikut :

H_0 : $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_k = 0$ (tidak ada efek ARCH sampai lag-k)

H_1 : paling sedikit terdapat satu $\alpha_j \neq 0$ (ada efek ARCH sampai lag-k)

Nilai statistik uji LM test yaitu 0,680736 dengan α sebesar 5% nilai tabel Chi-Square ($\chi^2_{(0,05;1)} = 3,841$), dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai statistik uji lebih kecil dari nilai tabel Chi-Square yang artinya terima H_0 yaitu tidak ada efek ARCH.

4.8 Pemodelan Awal *Smooth Transition Autoregressive* (STAR)

Setelah dipilih model terbaik dan dilakukan uji asumsi, selanjutnya ditentukan model awal STAR. Orde model STAR diperoleh berdasarkan orde model AR(1). Berdasarkan subbab 4.4 model yang terbentuk adalah AR dengan orde $p=1$ sehingga variabel transisi dalam model STAR adalah $s_t = X_{t-1}$. Model STAR(1,1) berdasarkan persamaan (15) dapat ditulis sebagai berikut:

$$X_t = (\phi_{1,0} + \phi_{1,1}X_{t-1})(1 - G(s_t, \gamma, c)) + (\phi_{2,0} + \phi_{2,1}X_{t-1})G(s_t, \gamma, c) + \varepsilon_t$$

dengan $G(s_t, \gamma, c)$ adalah fungsi transisi.

4.9 Uji Nonlinieritas

Asumsi nonlinieritas dapat diuji menggunakan *Lagrange Multiplier* (LM). Pada perhitungan LM_3 diperlukan model regresi bantu, model regresi bantu diestimasi menggunakan metode *Ordinary Least Square* (OLS).

Tabel 4. Estimasi Model Regresi Bantu dengan Variabel Transisi $s_t = X_{t-1}$

Parameter	Koefisien	t_hitung	Probabilitas
Intercept	0,006254	1,765253	0,0785
$\beta_{0,1}$	0,120974	1,203728	0,2296
$\beta_{0,2}$	0,023944	0,371328	0,7107
$\beta_{1,1}$	-1,209968	-0,829670	0,4074
$\beta_{1,2}$	-0,898527	-0,551613	0,5810
$\beta_{2,1}$	-13,849330	-1,446069	0,1492
$\beta_{2,2}$	-5,647271	-0,551613	0,5816
$\beta_{3,1}$	50,463810	0,759013	0,4484
$\beta_{3,2}$	-40,048850	-0,453183	0,6507
<i>Sum Square Residual</i>			0,7606

Pada Tabel 4 didapat model regresi bantu sebagai berikut :

$$X_t = 0,006254 + 0,120974X_{t-1} + 0,023944z_{1t} - 1,209968X_{t-1}s_t - 0,898527z_{1t} s_t - 13,849330X_{t-1}s_t^2 - 5,647271z_{1t} s_t^2 + 50,463810X_{t-1}s_t^3 - 0,048850z_{1t} s_t^3$$

Hipotesis pengujian nonlinieritas dapat ditulis sebagai berikut:

$H_0: \phi_{1,j} = \phi_{2,j}$ (model linear)

$H_1: \phi_{1,j} \neq \phi_{2,j}$ (model nonlinear) dengan $j = 0, 1$

Berdasarkan perhitungan LM_3 diperoleh statistik uji untuk $LM_3 = 13,5323391$ dengan α sebesar 5% nilai tabel Chi-Square ($\chi^2_{(0,05;3)} = 7,815$), dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai statistik LM_3 lebih besar dari nilai tabel Chi-Square yang artinya tolak H_0 yaitu model nonlinier.

4.10 Pengujian Fungsi Transisi

Pemilihan fungsi transisi dilakukan dengan cara menguji signifikansi terhadap vektor β_3 yang terdiri dari $\begin{bmatrix} \beta_{3,1} \\ \beta_{3,2} \end{bmatrix}$.

Hipotesisnya sebagai berikut :

$H_0: \beta'_3 = \mathbf{0}$ (fungsi transisi eksponensial)

$H_1: \beta'_3 \neq \mathbf{0}$ (fungsi transisi logistik)

Pada tabel 4 nilai probabilitas $\beta_{3,1}$ dan $\beta_{3,2}$ yaitu 0,4484 dan 0,6507 dengan α sebesar 5%, dari hasil tersebut nilai probabilitas $\beta_{3,1}$ dan $\beta_{3,2}$ lebih besar dari α yang berarti terima H_0 yaitu fungsi transisi eksponensial. Model awal ESTAR (1,1) yaitu:

$$X_t = (\phi_{1,0} + \phi_{1,1}X_{t-1})(1 - (1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2)) + (\phi_{2,0} + \phi_{2,1}X_{t-1})(1 - \exp(-\gamma(s_t - c)^2)) + \varepsilon_t$$

4.11 Estimasi Parameter Model ESTAR (1,1)

Hasil estimasi model ESTAR(1,1) dengan menggunakan metode *Nonlinier Least Square* (NLS) didekati dengan iterasi *Gauss Newton* yaitu sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Estimasi Model ESTAR(1,1)

Parameter	Koefisien	Statistik Uji	Probabilitas
$\phi_{1,0}$	-0,933897	-2,318002	0,0211
$\phi_{1,1}$	3,9521	2,192214	0,0291
$\phi_{2,0}$	0,005617	1,973719	0,0493
$\phi_{2,1}$	-0,137456	-2,100504	0,0365
γ	334,151	2,310664	0,0215
c	0,226797	15,64664	0,0000

4.12 Model ESTAR (1,1)

Model ESTAR (1,1) yang diperoleh berdasarkan estimasi parameter dibagian 4.11 adalah:

$$X_t = (-0,933897 + 3,9521X_{t-1})[1 - (1 - \exp(-334,151(X_{t-1} - 0,226797)^2))] + (0,005617 - 0,137456X_{t-1})(1 - \exp(-334,151(X_{t-1} - 0,226797)^2))$$

4.13 Peramalan dan Evaluasi Hasil Peramalan

Ramalan nilai return untuk satu periode kedepan yaitu:

$$\hat{X}_{t+1|t} = (0,933897 + 3,9521X_t)[1 - (1 - \exp(-334,151(X_t - 0,226797)^2))] + (0,005617 - 0,137456X_t)(1 - \exp(-334,151(X_t - 0,226797)^2))$$

Hasil ramalan harga saham PT Unitd Tractors untuk periode 5 Januari 2015 sampai 26 Januari 2015 disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Ramalan Harga Saham PT United Tractors

Periode	Data Asli	Data Ramalan
05/01/2015	17350	17419,94
12/01/2015	17250	17438,08
19/01/2015	17575	17335,09
26/01/2015	17700	17662,04

Nilai MAPE menunjukkan angka yang cukup kecil yaitu 0,768233%, maka dapat dikatakan peramalan dengan model *Exponential Smooth Transition Autoregressive* (ESTAR(1,1)) cukup baik.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari hasil analisis dan pembahasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dari analisis dan pembahasan didapat model ESTAR (1,1) data *return* harga saham PT United Tractors yaitu

$$X_t = (0.933897 + 3.9521X_{t-1})[1 - (1 - \exp(-334.151(X_{t-1} - 0.226797)^2))] + (0.005617 - 0.137456X_{t-1})(1 - \exp(-334.151(X_{t-1} - 0.226797)^2))$$

2. Berdasarkan hasil ramalan harga saham PT United Tractors dapat dilihat bahwa nilai ramalan terbesar yaitu pada tanggal 28 Desember 2015 sebesar 22434,4065 dan nilai ramalan terkecil yaitu pada tanggal 2 Januari 2015 sebesar 17787,61569.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anoraga, P. & P. Pakarti. 2001. *Pengantar Pasar Modal*. PT Rineka Cipta, Jakarta.
- Dijk, V. 1999. *Smooth Transition Models: Extensions and Outliers Robust Inference*. Tinberg Institute, Amsterdam.
- Gujarati, D. 1978. *Ekonometrika Dasar*. Erlangga: Jakarta.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., and McGee, V. E. 1992. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Erlangga : Jakarta
- Nainggolan, S. 2009. *Perbandingan Metode Marquardt Compromise dan Metode Gauss Newton dalam Penaksiran Parameter Regresi Nonlinear*. Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Rosadi, D. 2012. *Ekonometrika & Analisis Runtun Waktu Terapan*. Andi : Yogyakarta
- Soejoeti, Z. 1987. *Analisis Runtun Waktu*. Universitas terbuka : Karunia Jakarta.
- Tarno. 2008. Estimasi Model Untuk Data Dependen dengan Metode Cross Validation. *Media Statistika* Vol.1: 2.
- Terasvirta, T. 1994. *Spesification, Estimation, and Evaluation of Smooth Transition Autoregressive Models*. Journal of the American Statistical Association, Vol.89: 425
- Tsay, R. S. 2005. *Analysis of Financial Time Series*. John Wiley & Sons, Inc : Canada.
- Wei. 2006. *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*. Addison-Wesley Publishing Company-Inc: USA.
- William H.G. 1993. *Econometric Analysis*. Pearson Education, Inc : New Jersey