

Penerapan Model *Self-Exciting Threshold Autoregressive* (SETAR) Nonlinear dalam Memodelkan Data Harga Minyak Sawit (FCPOc1)

Yunus Iman Katabba*, Kezia Estefani

Program Studi Statistika, Fakultas Sains dan Analitika Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 60111, Indonesia

*Corresponding author e-mail: ynsikatabba@gmail.com

Article Info

Received September 2023
Accepted October 2023
Published October 2023

Keyword:

Forecasting
Nonlinear
Palm oil
SETAR
Time series

Abstract

Palm oil is an agricultural commodity that has an important role in the global economy. Palm oil is obtained from the fruit of the oil palm tree (*Elaeis guineensis*) which grows in tropical regions, especially in countries such as Indonesia, Malaysia, Thailand and several West African countries. Palm oil has a variety of uses in the food, cosmetics and fuel industries, making it one of the most traded commodities in the world. Palm oil price fluctuations have a significant influence on the economy in producing and consuming countries. Therefore, a time series analysis is needed that can predict fluctuations caused by certain conditions. This analysis is carrying out nonlinear analysis using the SETAR (Self Exciting Threshold Autoregressive) method on palm oil prices to obtain a prediction model and prediction results for palm oil prices. The SETAR model is a special case part of the Threshold Autoregressive (TAR) model. The SETAR model threshold is a lag value of the series itself or the endogenous variable. Analysis carried out using the SETAR method produces a SETAR (3,1,1) model with threshold (r) = 0.01626070 where the fit value approaches the actual data value and the predicted value follows the actual data pattern.

1. Pendahuluan

Minyak sawit adalah salah satu komoditas pertanian yang memiliki peran yang sangat signifikan dalam perekonomian global. Minyak sawit merupakan minyak nabati yang diperoleh dari mesocarp buah pohon kelapa sawit, khususnya dari spesies *Elaeis guineensis* [1]. Pohon kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) biasanya tumbuh subur di wilayah tropis, terutama di negara-negara seperti Indonesia, Malaysia, Thailand, dan beberapa negara di Afrika Barat. Kepentingan minyak sawit tidak hanya terbatas pada aspek ekonomi; namun, juga mencakup dampak yang sangat luas terhadap lingkungan dan isu-isu sosial. Harga minyak sawit merupakan parameter utama dalam dinamika ekonomi global, mengingat penggunaannya yang luas dalam berbagai produk konsumen dan industri, seperti makanan, kosmetik, dan bahan bakar biodiesel. Oleh karena itu, fluktuasi harga minyak sawit memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap perekonomian, baik di negara-negara produsen maupun konsumen. Permintaan yang terus meningkat

dari pasar global sering kali mendorong kenaikan harga, sementara faktor-faktor seperti perubahan cuaca, perubahan kebijakan, dan dinamika perdagangan internasional dapat berkontribusi pada volatilitas harga yang tajam.

Untuk mengatasi kompleksitas fluktuasi harga minyak sawit yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, diperlukan analisis *time series* yang dapat memprediksi fluktuasi harga akibat kondisi-kondisi tertentu. Salah satu metode yang relevan untuk analisis ini adalah metode *Self Exciting Threshold Autoregressive* (SETAR). Metode SETAR merupakan model *time series* yang dapat diterapkan pada data yang mengikuti model nonlinier [2]. Data harga minyak sawit yang digunakan pada penelitian memiliki karakteristik nonlinier. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis nonlinier menggunakan metode SETAR terhadap data harga minyak sawit, dengan tujuan utama mengembangkan model prediksi yang dapat memberikan hasil prediksi yang akurat terkait harga minyak sawit di masa depan.

2. Metode Penelitian

2.1. Model Autoregressive (AR)

Model AR, atau *Autoregressive Model*, adalah suatu model dalam analisis data dan statistik yang menunjukkan bahwa variabel Y_t pada waktu t memiliki keterkaitan dengan data pada waktu sebelumnya. Secara umum, proses AR dapat dijelaskan sebagai berikut [3].

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + a_t$$

di mana:

Y_t : merupakan nilai pengamatan pada waktu ke- t

Y_{t-i} : merupakan nilai pengamatan pada waktu sebelumnya, $i = 1, 2, 3, \dots, p$

ϕ_0 : merupakan konstanta

ϕ_i : merupakan koefisien AR, $i = 1, 2, \dots, p$

a_t : merupakan suatu proses *white noise* pada waktu ke- t

2.2. Model Threshold Autoregressive (TAR)

Model TAR adalah salah satu metode yang digunakan untuk menggambarkan hubungan nonlinier dalam deret waktu dengan memperhitungkan *threshold* tertentu. Pemikiran dasar di balik model TAR adalah bahwa hubungan antara variabel dalam deret waktu dapat berubah dengan cepat atau secara tidak linear ketika nilai variabel melewati *threshold* tertentu. Model TAR dapat diterapkan dalam berbagai jenis analisis deret waktu, termasuk untuk memprediksi dan memodelkan fenomena ekonomi atau keuangan yang melibatkan perubahan tiba-tiba dalam perilaku pasar atau variabel lainnya [2].

Model TAR terdiri dari dua variasi, yaitu SETAR dan STAR, yang memiliki perbedaan dalam cara transisi dan pendefinisian *regime*. SETAR, sebagai salah satu varian, mengidentifikasi dua atau lebih *regime* berdasarkan nilai lag dari deret waktu itu sendiri. Oleh karena itu, model SETAR memerlukan penghitungan lag yang paling sesuai serta *threshold* yang optimal untuk menentukan *regime* dengan tepat [4].

2.3. Model Self Exciting Threshold Autoregressive (SETAR)

Model *Self Exciting Threshold Autoregressive* merupakan salah satu model nonlinear deret waktu. Model SETAR adalah salah satu bagian kasus khusus dari model *Threshold Autoregressive* (TAR). *Threshold* model

SETAR merupakan suatu nilai lag dari deretnya sendiri atau variabel endogen [5].

Model j -*regime* SETAR (d, p_1, \dots, p_j) mempunyai persamaan sebagai berikut:

$$Y_t = \begin{cases} \phi_{0,1} + \sum_{i=1}^{p_1} \phi_{i,1} Y_{t-i} + a_t, & \text{jika } Y_{t-d} \leq r_1 \\ \phi_{0,2} + \sum_{i=1}^{p_2} \phi_{i,2} Y_{t-i} + a_t, & \text{jika } r_1 < Y_{t-d} \leq r_2 \\ \vdots \\ \phi_{0,j} + \sum_{i=1}^{p_j} \phi_{i,j} Y_{t-i} + a_t, & \text{jika } r_{j-1} < Y_{t-d} \end{cases}$$

di mana:

j : merupakan nomor *regime* dalam model.

d : merupakan panjang delay variabel *Threshold*.

p_j : merupakan orde *autoregressive* pada *regime* ke- j dalam model.

r_j : merupakan nilai *Threshold* pada *regime* ke- j .

Nilai *Threshold* memenuhi batas $-\infty = r_1 < r_{j-1} < r_j = \infty$. Untuk setiap *regime* ke- j , $a_t \sim N(0, \sigma_a^2)$. Dalam masing-masing *regime* diasumsikan bahwa perilaku dinamis deret waktu mengikuti proses *autoregressive* linear [6].

Secara umum langkah-langkah pemodelan *Self Exciting Threshold Autoregressive* (SETAR) pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian non-linieritas Terasvirta pada data harga minyak sawit.

Uji Terasvirta adalah uji deteksi nonlinieritas yang dikembangkan dari model *neural network* yang ditemukan oleh Terasvirta pada tahun 1993 [7]. Uji Terasvirta menggunakan statistik uji χ^2 dengan prosedur pengujian sebagai berikut:

- a. Meregresikan Y_t pada Y_{t-1}, \dots, Y_{t-p} dengan konstanta 1 dan menghitung nilai sisaan \hat{u}_t .
- b. Meregresikan \hat{u}_t pada Y_{t-1}, \dots, Y_{t-p} dengan konstanta 1 dan v predictor tambahan suku kuadratik dan kubik yang merupakan hasil pendekatan dari deret Taylor.
- c. Menghitung koefisien determinasi (R^2) dari regresi pada Langkah (b).
- d. Menghitung statistik uji $\chi^2 = nR^2 \sim \chi_{\alpha, v}^2$.

Hipotesis yang digunakan adalah model linier sebagai hipotesis awal dan model non-linier sebagai hipotesis alternatif. Jika nilai dari statistik uji $\chi^2 > \chi_v^2$ atau jika $p\text{-value} < \alpha$ maka keputusannya tolak hipotesis awal [8-9].

2. Mengidentifikasi model SETAR dengan menentukan orde *autoregressive* (p), banyaknya *regime* (j), panjang delay variabel *threshold* (d), nilai *threshold* (r), *embedding dimension* (m) dan jarak waktu (τ).

Banyaknya *regime* dapat ditentukan dengan uji nonlinieritas terhadap *threshold*. Pengujian dilakukan menggunakan *likelihood ratio* dengan statistik uji sebagai berikut:

$$F_{01} = n \left(\frac{SSR_0 - SSR_1}{SSR_1} \right)$$

di mana:

n : merupakan banyaknya data pengamatan

SSR_0 : merupakan Sum of Square residual model pada H_0

SSR_1 : merupakan Sum of Square residual model pada H_1

Statistik uji F_{01} digunakan pada 3 hipotesis sebagai berikut berikut [3]:

- H_0 : model AR (1 *regime*)
 H_1 : model SETAR dengan 1 *threshold* (2 *regime*)
- H_0 : model AR (1 *regime*)
 H_1 : model SETAR dengan 2 *threshold* (3 *regime*)
- H_0 : model SETAR dengan 1 *threshold* (2 *regime*)
 H_1 : model SETAR dengan 2 *threshold* (3 *regime*)

Jika nilai p-value dari statistik uji F_{01} kecil dari $\alpha = 0.05$ maka keputusannya tolak H_0 .

3. Melakukan estimasi parameter dan uji signifikansi parameter model SETAR.

Pengujian signifikansi parameter dilakukan dengan statistik uji t dengan hipotesis berikut:

$H_0: \phi = 0$, parameter tidak signifikan

$H_1: \phi \neq 0$, parameter signifikan

Jika nilai p-value dari statistik uji t lebih kecil dari nilai $\alpha = 0.05$ maka keputusannya tolak H_0 , artinya parameter signifikan dan begitu pula sebaliknya.

4. Melakukan uji diagnostik

Pengujian diagnostik terbagi atas uji *white noise* dan uji normalitas. Kedua pengujian tersebut dilakukan pada data sisaan (residual).

a. Uji *white noise*

Uji *white noise* dilakukan dengan menggunakan pengujian Ljung-Box untuk melihat apakah residual telah memenuhi *white noise*, dengan statistik uji:

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^K \frac{\rho_k^2}{n-k}$$

di mana:

n : merupakan jumlah data

k : merupakan nilai lag k

K : merupakan maksimum lag

ρ_k : merupakan nilai fungsi autokorelasi lag k

Statistik uji Q digunakan pada hipotesis berikut:

H_0 : residual memenuhi *white noise*

H_1 : residual tidak memenuhi *white noise*

Jika nilai $Q > \chi_{(df; k-p-q)}^2$ atau nilai p-value lebih kecil dari $\alpha = 0.05$ maka keputusannya tolak H_0 , artinya residual tidak memenuhi *white noise* begitu pula sebaliknya.

b. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan dengan pengujian Kolmogorov-Smirnov untuk melihat apakah residual telah berdistribusi normal, dengan statistik uji [10]:

$$D = \text{Sup}_x |F_n(x) - F_0(x)|$$

di mana:

D : merupakan nilai statistik uji Kolmogorov-Smirnov
 $F_n(x)$: merupakan nilai peluang kumulatif berdasarkan data

$F_0(x)$: merupakan nilai peluang kumulatif dibawah H_0 $P(Z < Z_i)$

Statistik uji D digunakan pada hipotesis berikut:

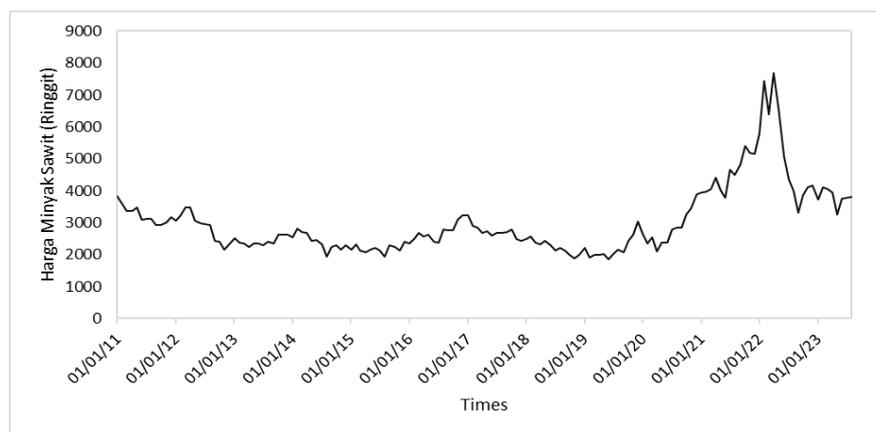
H_0 : $F_n(x) = F_0(x)$ (berdistribusi normal)

H_1 : $F_n(x) \neq F_0(x)$ (tidak berdistribusi normal)

Jika nilai $D > D_\alpha$ (D_α adalah nilai kritis uji Kolmogorov-Smirnov) atau p-value lebih kecil dari $\alpha = 0.05$ maka keputusannya tolak H_0 , artinya residual tidak berdistribusi normal begitu pula sebaliknya.

5. Melakukan prediksi beberapa periode ke depan

Melakukan prediksi beberapa periode kedepan dapat dilakukan dengan model terbaik yang didapatkan berdasarkan nilai AIC terkecil.



Gambar 1. Plot data harga minyak sawit 1 Januari 2011 - 1 Agustus 2023)

2.4. Sumber Data

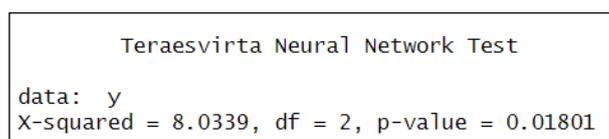
Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan data sekunder mengenai harga minyak sawit bulanan dalam mata uang Ringgit Malaysia. Data yang digunakan untuk analisis mencakup periode dari tanggal 1 Januari 2011 hingga 1 Agustus 2023, dengan total 152 data yang diperoleh melalui <https://id.investing.com>.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data plot pada Gambar 1, dapat disimpulkan bahwa harga minyak sawit dalam rentang data pertama hingga data ke-152 mengalami fluktuasi naik-turun. Kenaikan signifikan dalam harga sawit, seperti yang terjadi pada data ke-134 dan 136, menyebabkan terjadinya lonjakan dalam data harga bulanan. Peningkatan harga minyak sawit pada data ke-134, yang terjadi pada Februari 2022, disebabkan oleh peningkatan produksi dan perbaikan kondisi ekonomi global. Dalam analisis ini, dilakukan pengujian Non Linearitas Terasvirta pada data yang telah diubah, dengan variabel y merupakan hasil transformasi data tersebut.

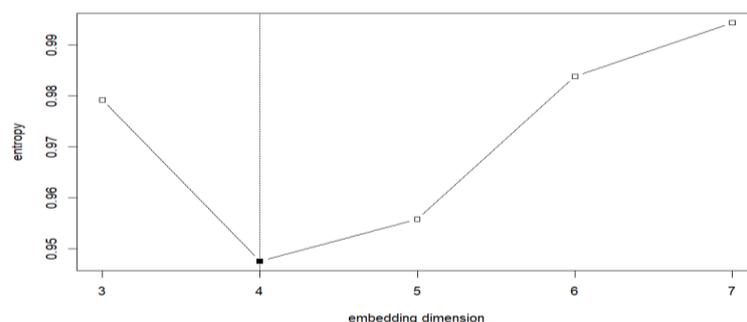
Hasil pengujian pada Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai p -value yang diperoleh adalah 0.01801, yang lebih

rendah daripada α yang ditetapkan sebesar 0.05. Artinya, hipotesis nol (H_0) ditolak, dan kesimpulannya adalah data tersebut memiliki sifat nonlinier. Tahap berikutnya adalah melakukan identifikasi model SETAR, yang bertujuan untuk menentukan orde *autoregressive* (p), jumlah *regime* (j), panjang delay variabel *threshold* (d), dan nilai *threshold* (r). Dalam proses identifikasi ini, parameter tambahan seperti *embedding dimension* (m) dan jarak waktu (τ) juga diperlukan.



Gambar 2. Hasil uji Terasvirta untuk non linieritas data

Berdasarkan pada Gambar 3, dapat disimpulkan bahwa *embedding dimension* sebesar 4 menghasilkan tingkat entropi yang paling rendah. Proses penentuan *embedding dimension* juga menghasilkan nilai τ sekitar 1. Setelah *embedding dimension* dan jarak waktu (τ) ditentukan, maka langkah awal dalam mengidentifikasi model SETAR adalah menentukan jumlah *regime* dengan menguji berdasarkan *threshold* tertentu.



Gambar 3. Plot *embedding dimension* dari data transformasi

Tabel 1. Hasil uji *nonlinearitas* terhadap *threshold* data transformasi

Uji	Statistik Uji	P-value
Linear Ar vs 1 <i>threshold</i> SETAR	15.20510	0,0
Linear Ar vs 2 <i>threshold</i> SETAR	26.32843	0,1
1 <i>threshold</i> SETAR vs 2 <i>threshold</i> SETAR	10.38997	0,7

Tabel 2. Nilai AIC model 2-regime SETAR (d, p1, p2)

No	d	p1	p2	R	AIC
1	0	1	1	0.02063282	-2175.731
2	0	1	1	0.02068572	-2175.374
3	0	1	1	0.02067246	-2175.364
4	3	1	1	0.01626070	-2174.812
5	3	1	1	0.01632775	-2174.812
6	0	1	1	0.02060651	-2174.505
7	0	1	1	0.02076137	-2174.042
8	0	1	1	0.02082430	-2173.880
9	0	1	1	0.02074350	-2173.646
10	0	1	1	0.02132007	-2173.478

Tabel 1 menunjukkan bahwa data transformasi mengikuti sebuah model 1 *threshold* SETAR karena pada uji antara model linier AR dan 1 *threshold* SETAR menghasilkan $p\text{-value} < 0.05$ (tolak H_0) serta uji antara model linier AR dan 2 *threshold* SETAR menghasilkan $p\text{-value} > 0.05$ (gagal tolak H_0) dan pada uji antara model 1 *threshold* dan 2 *threshold* SETAR menghasilkan $p\text{-value} > 0.05$ (gagal tolak H_0). Hal ini berarti bahwa data transformasi memiliki 1 *threshold* pada model SETAR, atau dengan kata lain data transformasi dapat dimodelkan dalam bentuk model 2-regime SETAR.

Dari semua kemungkinan model yang terbentuk akan dipilih model SETAR dengan AIC paling minimum sebagai model awal atau model yang terpilih. Sepuluh model 2-regime SETAR (d, p1, p2) yang optimal dengan AIC terkecil secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 2.

Pendugaan model 2-regime SETAR (d, p1, p2) didasarkan pada nilai AIC terkecil, yaitu model SETAR (0,1,1) dengan *threshold* (r)= 0.02063282. Model tersebut digunakan untuk estimasi dan pengujian

signifikansi parameter dengan hasil dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, hasil uji signifikansi parameter menunjukkan bahwa terdapat dua parameter dalam model yang memiliki nilai $p\text{-value}$ di atas $\alpha=0.05$. Hal ini mengindikasikan bahwa gagal tolak H_0 , sehingga model tersebut tidak memenuhi kriteria uji signifikansi. Oleh karena itu, diperlukan pertimbangan untuk mencari model lain yang lebih sesuai. Hasil akhirnya adalah penggunaan model 2-regime SETAR (d, p1, p2) dengan konfigurasi SETAR (3, 1, 1) dan *threshold* (r) sebesar 0.01626070.

Berdasarkan Tabel 4 hasil pengujian signifikansi parameter menunjukkan bahwa $p\text{-value}$ untuk semua parameter dalam model 2-regime SETAR (3,1,1) dengan *threshold* (r)= 0.01626070 lebih kecil dari $\alpha=0.05$. Oleh karena itu, hipotesis nol (H_0) ditolak, dan model ini telah lulus uji signifikansi. Selanjutnya, perlu dilakukan uji diagnostik terhadap model ini.

Tabel 3. Hasil pendugaan dan pengujian signifikansi parameter model 2-regime SETAR (0,1,1)

Parameter	Nilai Estimasi	P-value	Keterangan
$\phi_{0,1}$	0.00063732	0.2715	Tidak Signifikan
$\phi_{1,1}$	0.96684936	2.2e-16	Signifikan
$\phi_{0,2}$	0.00379756	0.1183	Tidak Signifikan
$\phi_{1,2}$	0.81551742	3.05e-11	Signifikan

Tabel 4. Hasil pendugaan dan pengujian signifikansi parameter model 2-regime SETAR (3,1,1)

Parameter	Nilai Estimasi	P-value	Keterangan
$\phi_{0,1}$	0.00295584	0.02941	Signifikan
$\phi_{1,1}$	0.79872660	1.437e-15	Signifikan
$\phi_{0,2}$	0.00192826	0.01634	Signifikan
$\phi_{1,2}$	0.90292539	2.2e-16	Signifikan

Hasil uji Ljung-Box pada Gambar 4 menunjukkan bahwa p -value untuk lag 12, 24, 36, dan 48 lebih tinggi daripada nilai α yang ditetapkan sebesar 0,05. Oleh karena itu, gagal tolak H_0 , dan dapat disimpulkan bahwa model SETAR (3,1,1) dengan $threshold$ (r) sebesar 0.01626070 telah berhasil memenuhi kriteria *white noise*. Selanjutnya, dilakukan uji normalitas pada residual menggunakan metode *Kolmogorov-Smirnov*.

lags	statistic	df	p-value
12	17.84720	12	0.12040951
24	35.11243	24	0.06675112
36	44.51308	36	0.15605303
48	60.02748	48	0.11417849

Gambar 4. Hasil uji Ljung-Box

Hasil pengujian *Kolmogorov-Smirnov* pada Gambar 5 mengindikasikan bahwa nilai p -value sebesar 2.2e-16 lebih kecil daripada α yang telah ditetapkan sebesar 0.05. Oleh karena itu, tolak H_0 , yang mengartikan bahwa model tersebut tidak mengikuti distribusi normal. Ketidaknormalan dalam residual model time series sering disebabkan oleh adanya pencilan (*outlier*) dalam data. Untuk mengatasi masalah ini, dapat dilakukan pemodelan dan analisis outlier untuk mengidentifikasi serta menangani data pencilan tersebut.

```
Asymptotic one-sample Kolmogorov-Smirnov test
data: residuals(model.1)
D = 0.49927, p-value < 2.2e-16
alternative hypothesis: two-sided
```

Gambar 5. Hasil Uji *Kolmogorov-Smirnov*

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dan didapatkan suatu model terbaik yaitu model SETAR (3,1,1) dengan $threshold$ (r) sebesar 0.01626070, bentuk persamaan untuk model tersebut pada data harga minyak sawit adalah sebagai berikut:

$$y_t = \begin{cases} 0.00295584 + 0.79872660y_{t-1} + a_t, & y_{t-3} \leq 0.01626070 \\ 0.00192826 + 0.90292539y_{t-1} + a_t, & y_{t-3} > 0.01626070 \end{cases}$$

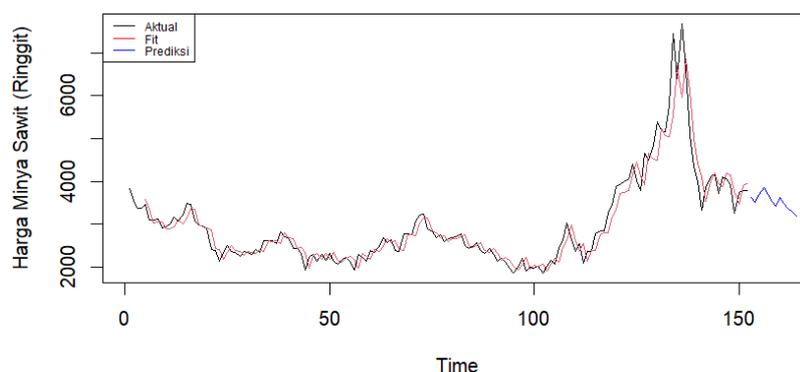
Persamaan model tersebut memberikan pengertian bahwa model SETAR (3,1,1) menggambarkan perilaku time series y_t dipengaruhi oleh kondisi pada tiga waktu sebelumnya (y_{t-1} , y_{t-2} , y_{t-3}). Jika nilai y_{t-3} lebih kecil atau sama dengan ambang batas 0.01626070, maka berada dalam *regime* pertama dengan karakteristik *autoregressive* yang lebih rendah. Sebaliknya, jika nilai y_{t-3} lebih besar dari $threshold$ 0.01626070, maka berada dalam *regime* kedua dengan karakteristik *autoregressive* yang lebih tinggi.

Berdasarkan model SETAR (3,1,1) dengan $threshold$ (r) sebesar 0.01626070, dilakukan prediksi harga minyak sawit untuk beberapa periode ke depan. Namun, perlu diingat bahwa data yang digunakan sebelumnya telah mengalami transformasi, sehingga diperlukan langkah transformasi balik untuk memperoleh hasil prediksi yang sesuai dengan data aktual.

Berikut ini adalah hasil prediksi harga minyak sawit untuk 12 bulan ke depan (Tabel 5). Hasil prediksi untuk 12 bulan ke depan yang telah dilakukan dapat divisualisasikan dalam Gambar 6.

Tabel 5. Hasil prediksi 12 bulan ke depan model 2-regime SETAR (3,1,1)

Hari	Harga Minyak Sawit	Hari	Harga Minyak Sawit
153	3639.648	159	3424.074
154	3503.424	160	3626.503
155	3695.372	161	3492.212
156	3860.250	162	3377.263
157	3690.572	163	3278.280
158	3546.796	164	3192.597



Gambar 6. Plot data aktual vs data fit vs data prediksi

Berdasarkan plot data Aktual Vs Fit Vs Prediksi pada gambar 6, dapat disimpulkan penggunaan model 2-regime SETAR (3,1,1) model dengan *threshold* (r) sebesar 0.01626070 menghasilkan data prediksi yang tidak jauh berbeda dengan data Aktual.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, model SETAR yang dapat digunakan untuk memodelkan data harga minyak sawit (FCPOc1) adalah 2-regime SETAR (3,1,1) dengan *threshold* (r) = 0.01626070.

$$y_t = \begin{cases} 0.00295584 + 0.79872660y_{t-1} + a_t, & y_{t-3} \leq 0.01626070 \\ 0.00192826 + 0.90292539y_{t-1} + a_t, & y_{t-3} > 0.01626070 \end{cases}$$

dimana y adalah data transformasi. Hasil prediksi dari model tersebut menghasilkan data prediksi yang berbanding lurus dengan plot data aktual di akhir dimana fluktuasi data prediksi cenderung menurun mengikuti pola data sebenarnya. Pada penelitian berikutnya, dapat dipertimbangkan penggunaan model SETAR dengan integrasi yang lebih mendalam terhadap deteksi outlier pada data harga minyak sawit (FCPOc1) guna meningkatkan keakuratan analisis dan prediksi.

Daftar Pustaka

1. Reeves, J. B., Weihrauch, J. L. 1979. *Composition of foods: fats and oils*. Washington, D.C.: U.S. Dept. of Agriculture, Science and Education Administration.
2. Tong, H. 1990. *Non-Linear Time Series: A Dynamical System Approach*. Oxford University Press. Oxford.
3. Wei, W. W. S. 2006. *Time Series Analisis Univariate and Multivariate Methods, Second Edition*. Pearson Education, Inc. New York.
4. Ghosh, H., Prajnesu dan Sunilkumar, G. 2006. Self-Exciting Threshold Autoregressive Models for Describing Cyclical Data. *Calcutta Statistical association Buletin*, 58(1-2), 115-132. <https://doi.org/10.1177/0008068320060108>
5. Jaras, J., & A. M. Gishani. 2010. *Threshold Detection in Autoregressive Non-linear Model*. Departement of Statistics. Und University.
6. Makridakis, S., S. C. Wheelwright dan V. E. McGee. 1993. *Metode Aplikasi Peramalan, Edisi Kedua*. Alih bahasa Untung S. A. dan Abdul B. Erlangga. Jakarta.
7. Terasvirta, T., Lin, C. F. dan Granger, C. W. J. 1993. Power of the Neural Networks Linearity test, *Journal of Time Series Analysis*, 14(2), 209-220. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9892.1993.tb00139.x>
8. Subanar & Suhartono. 2004. Uji Linieritas Tipe Lagrange Multiplier dengan Ekspansi Taylor untuk Deteksi Hubungan Nonlinier pada Data Time Series. *J. Indones. Math. Soc. (MIHMMI)*, 1-15.
9. Hansen. 1999. Testing for linearity. *Journal of Economic Surveys*. 13(5): 551-576. <https://doi.org/10.1111/1467-6419.00098>
10. Ghozali, I. 2006. *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS*. Semarang: Universitas Diponegoro.