

# Peramalan Produksi Kelapa Sawit Menggunakan *Winter's* dan *Pegel's Exponential Smoothing* dengan Pemantauan *Tracking Signal*

Dwi Agoes Setiawan<sup>1\*</sup>, Sri Wahyuningsih<sup>2</sup>, dan Rito Goejantoro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Statistika Ekonomi dan Bisnis, Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Mulawarman, Jl. Barong Tongkok No.04 Gunung Kelua, Kota Samarinda 75119, Kalimantan Timur, Indonesia

<sup>2,3</sup>Program Studi Statistika, Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Mulawarman, Jl. Barong Tongkok No.04 Gunung Kelua, Kota Samarinda 75119, Kalimantan Timur, Indonesia

\* Penulis Korespondensi. Email: [dwiagoes\\_setiawan@yahoo.co.id](mailto:dwiagoes_setiawan@yahoo.co.id)

## ABSTRAK

Analisis data *time series* menggunakan metode *Winter's exponential smoothing* dan *Pegel's exponential smoothing* merupakan analisis data yang dipengaruhi oleh pola data musiman. *Winter's exponential smoothing* merupakan metode peramalan yang mengasumsikan pola data bersifat *trend* aditif sedangkan *Pegel's exponential smoothing* menyajikan sembilan model klasifikasi yang memisahkan faktor *trend* dan musiman. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh model yang tepat dan hasil peramalan dari data produksi kelapa sawit Provinsi Kalimantan Timur periode Januari 2014 sampai Desember 2017. Hasil peramalan diverifikasi menggunakan metode *tracking signal*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model musiman multiplikatif tanpa *trend* pada metode *Pegel's exponential smoothing* dengan nilai MAPE sebesar 7,04% memiliki akurasi peramalan yang lebih baik daripada metode yang lainnya. Berdasarkan pemantauan menggunakan *tracking signal* diperoleh satu hasil peramalan yang bersifat bias. Model musiman multiplikatif tanpa *trend* dapat digunakan untuk meramalkan 3 bulan ke depan yaitu Januari, Februari dan Maret Tahun 2018. Hasil peramalan 3 bulan ke depan mengalami penurunan secara berturut-turut.

## Kata Kunci:

Kelapa Sawit; *Pegel's Exponential Smoothing*; Peramalan; *Winter's Exponential Smoothing*; *Tracking Signal*

## ABSTRACT

*Time-series data analysis using Winter's exponential smoothing and Pegel's exponential smoothing method is an analysis of data that is influenced by seasonal data patterns. Winter's exponential smoothing is a forecasting method that assumes data patterns are additive trends while Pegel's exponential smoothing presents nine classification models that separate trend and seasonal factors. The purpose of this study was to obtain the right model and forecasting results from the oil palm production data of East Kalimantan Province from January 2014 to December 2017. The forecasting results were verified using the tracking signal method. The results showed that the multiplicative non-trendy seasonal model in the Pegel's exponential smoothing method with a MAPE value of 7.04% had better forecasting accuracy than the other methods. Based on monitoring using the tracking signals obtained one forecasting result that is biased. The multiplicative seasonal model without trend can be used to*

---

forecast the next 3 months, namely January, February and March of 2018. Forecasting results for the next 3 months decrease in a row.

---

**Keywords:**

Oil Palm; Pegel's Exponential Smoothing; Forecasting; Winter's Exponential Smoothing; Tracking Signal

---

**Format Sitasi:**

D.A. Setiawan, S. Wahyuningsih and R. Goejantoro, "Peramalan Produksi Kelapa Sawit Menggunakan *Winter's* dan *Pegel's Exponential Smoothing* dengan Pemantauan *Tracking Signal*," *Jambura J. Math.*, vol. 2, no. 1, pp.1-14, 2020

---

## 1. Pendahuluan

Peramalan mempunyai posisi yang strategis dan menjelajah ke dalam banyak bidang seperti ekonomi, keuangan, pemasaran, produksi, riset operasional, administrasi negara, meteorologi, geofisika, kependudukan, dan pendidikan [1]. Metode peramalan dapat dibagi dalam dua kategori utama, yaitu metode kualitatif dan metode kuantitatif. Metode kualitatif lebih banyak menuntut analisis yang didasarkan pada pemikiran intuitif, perkiraan logis, dan informasi atau pengetahuan yang telah diperoleh peneliti sebelumnya. Berbeda dengan metode kualitatif, pada metode kuantitatif dibutuhkan informasi masa lalu yang dikuantitatifkan dalam bentuk data numerik [2].

Metode peramalan secara kuantitatif dapat dibagi menjadi dua jenis metode peramalan, yaitu model deret waktu (*time series*) dan model regresi (*regression*) [2]. Penentuan metode peramalan pada data *time series* perlu diketahui pola dari data tersebut sehingga peramalan menggunakan metode yang sesuai dengan pola data dapat dilakukan. Pola data dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu pola musiman, siklus, *trend*, dan *irregular* [3].

Terdapat beberapa metode umum yang dipakai dalam *exponential smoothing*, antara lain metode *single exponential smoothing*, *Brown's one-parameter double exponential smoothing*, *Holt's two-parameter double exponential smoothing*, *Winter's exponential smoothing*, dan *Pegel's exponential smoothing*. *Winter's exponential smoothing* merupakan metode yang didasarkan atas tiga persamaan *smoothing* yaitu unsur stasioner, unsur *trend*, dan unsur musiman sedangkan *Pegel's exponential smoothing* merupakan metode yang mempertimbangkan pemisahan aspek *trend* dan musiman serta modelnya bersifat aditif (linier) atau multiplikatif (*nonlinier*) [1].

Pengukuran ketepatan suatu metode peramalan yaitu dengan perhitungan kesalahan peramalan. Perhitungan kesalahan peramalan digunakan pada dua jenis keputusan. Keputusan pertama adalah untuk membandingkan akurasi metode peramalan. Metode yang dapat digunakan antara lain yaitu *mean absolute deviation* (MAD), *mean squared error* (MSE) dan *mean absolute percentage error* (MAPE). Keputusan kedua adalah untuk mengevaluasi dan mengukur realibilitas suatu metode peramalan. Metode yang dapat digunakan adalah *tracking signal* [4].

Beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan metode peramalan *Winter's* dan *Pegel's exponential smoothing*. Penelitian tersebut adalah penelitian mengenai peramalan produksi kelapa sawit menggunakan *Winter's* dan *Pegel's exponential smoothing* pada PT. Rezeki Kencana di Kabupaten Kubu Raya, dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode *Pegel's exponential smoothing* model multiplikatif lebih baik dibandingkan metode *Winter's exponential smoothing* dengan nilai MAPE sebesar 15,46%[5]. Penelitian lain yang membahas mengenai metode peramalan yang

diverifikasi menggunakan metode *tracking signal* adalah Peramalan Akseptor KB Baru Provinsi Kalimantan Timur Menggunakan *Simple Moving Average* dan *Weighted Moving Average* dengan Metode *Tracking Signal*. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa setelah kedua metode dipantau menggunakan metode *tracking signal* diketahui bahwa metode *Simple Moving Average* lebih baik dari *Weighted Moving Average* karena tidak terdapat data yang berada di luar batas kendali [6].

Pada penelitian ini peneliti melakukan peramalan produksi kelapa sawit Provinsi Kalimantan Timur dalam 3 bulan periode ke depan yaitu Januari hingga Maret Tahun 2018. Metode peramalan yang digunakan adalah *Winter's* dan *Pegel's exponential smoothing*. Hasil peramalan kemudian diverifikasi menggunakan metode *tracking signal* untuk mengetahui ketepatan dalam model peramalan tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu Pemerintah Provinsi Kalimantan Timur sebagai rujukan dalam mengelola dan merencanakan produksi kelapa sawit periode ke depan.

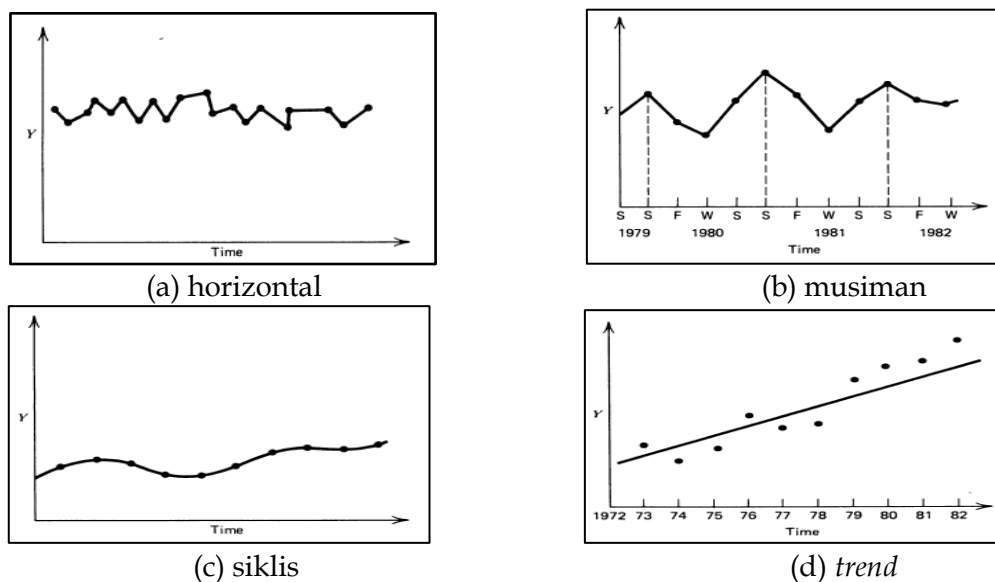
Berdasarkan uraian di atas, tujuan dari penelitian ini adalah meramalkan produksi kelapa sawit periode Januari hingga Maret Tahun 2018 dengan menggunakan metode terbaik dari *Winter's* dan *Pegel's exponential smoothing* dengan verifikasi pemantauan *tracking signal*.

## 2. Metode

Data dalam penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Indonesia. Sampel dalam penelitian ini adalah jumlah produksi kelapa sawit Provinsi Kalimantan Timur periode Januari Tahun 2014 hingga Desember Tahun 2017. Teknik analisis data menggunakan metode peramalan *Winter's* dan *Pegel's exponential smoothing* yang diverifikasi menggunakan metode pemantauan *tracking signal*.

### 2.1 Data Runtun Waktu

Pola dalam data runtun waktu dapat dibedakan menjadi empat jenis, ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola data runtun waktu

Disamping keempat pola dasar data seperti yang telah disajikan pada Gambar 1, terdapat pula klasifikasi pola data dua arah berdasarkan klasifikasi *Pegel* yang ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Pola berdasarkan klasifikasi *Pegel*

		1	2	3
		Tanpa Pengaruh Musiman	Musiman Aditif	Musiman Multiplikatif
A	Tanpa Pengaruh			
B	Kecenderungan Aditif			
C	Kecenderungan Multiplikatif			

### 2.2 *Winter's Exponential Smoothing*

Metode *Winter* merupakan satu-satunya pendekatan pemulusan yang banyak digunakan untuk deret data musiman. Metode *winter's exponential smoothing* model aditif digunakan jika plot data asli menunjukkan fluktuasi musiman yang relatif stabil sedangkan model multiplikatif digunakan jika plot data asli menunjukkan fluktuasi musiman terlihat berubah-ubah. Sama halnya dengan *exponential smoothing* lainnya, dibutuhkan nilai awal komponen untuk memulai perhitungan pada *winter's exponential smoothing*.

Pada metode *winter's exponential smoothing*, diperlukan nilai inisialisasi untuk pemulusan  $S_t$  dan indeks musiman  $I_t$ . Untuk mendapatkan estimasi nilai inisialisasi dari indeks musiman, diperlukan setidaknya data lengkap selama satu musim. Nilai inisialisasi konstanta pemulusan awal didapatkan dengan menggunakan nilai rata-rata musim pertama seperti pada Persamaan 1 [5].

$$S_L = \frac{1}{L}(Z_1 + Z_2 + \dots + Z_L) \tag{1}$$

untuk menginisialisasi *trend*, lebih baik menggunakan data lengkap selama dua musim (2 periode) seperti pada Persamaan 2.

$$b_L = \frac{1}{L} \left( \frac{Z_{L+1} - Z_1}{L} + \frac{Z_{L+2} - Z_2}{L} + \dots + \frac{Z_{L+L} - Z_L}{L} \right) \tag{2}$$

kemudian didapatkan nilai inisialisasi indeks musiman untuk model aditif seperti Persamaan 3 dan model multiplikatif seperti Persamaan 4.

$$I_1 = Z_1 - S_L, I_2 = Z_2 - S_L, \dots, I_i = Z_i - S_L \tag{3}$$

$$I_1 = \frac{Z_1}{S_L}, I_2 = \frac{Z_2}{S_L}, \dots, I_i = \frac{Z_i}{S_L} . \tag{4}$$

Persamaan yang digunakan dalam *Winter's exponential smoothing* dengan model aditif ditunjukkan pada persamaan 5, 6, 7 dan 8.

$$S_t = \alpha(Z_t - I_{t-L}) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (5)$$

$$b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1} \quad (6)$$

$$I_t = \beta(Z_t - S_t) + (1 - \beta)I_{t-L} \quad (7)$$

$$F_{t+m} = S_t + mb_t + I_{t-L+m} \quad (8)$$

Persamaan yang digunakan dalam *Winter's exponential smoothing* dengan model multiplikatif ditunjukkan pada persamaan 9, 10, 11, dan 12 [5].

$$S_t = \alpha \frac{Z_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (9)$$

$$b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1} \quad (10)$$

$$I_t = \beta \frac{Z_t}{S_t} + (1 - \beta)I_{t-L} \quad (11)$$

$$F_{t+m} = (S_t + mb_t)I_{t-L+m}, \quad (12)$$

dengan

- $F_{t+m}$  : nilai peramalan untuk m periode ke depan
- $S_t$  : nilai *exponential smoothing* pada waktu ke- $t$
- $\alpha$  : konstanta pemulusan untuk data asli
- $b_t$  : nilai pemulusan *trend* pada waktu ke- $t$
- $\beta$  : konstanta pemulusan musiman
- $I_t$  : nilai pemulusan musiman pada waktu ke- $t$
- $\gamma$  : konstanta pemulusan *trend*
- $Z_t$  : data aktual pada waktu ke- $t$
- $m$  : jumlah periode ke depan yang akan diramalkan
- $L$  : panjang musiman
- $t$  : indeks waktu,  $t=1,2, \dots, n$

### 2.3 *Pegel's Exponential Smoothing*

Pada *Pegel's exponential smoothing* terdapat sembilan kemungkinan model peramalan yang semuanya mempunyai persamaan *exponential smoothing* yang berbeda-beda untuk setiap model. Metode ini terdiri atas dua model yaitu model aditif dan model multiplikatif. Model multiplikatif digunakan apabila plot data asli menunjukkan fluktuasi *trend* dan musiman terlihat berubah-ubah. Model aditif digunakan jika plot data asli menunjukkan fluktuasi *trend* dan musiman yang relatif stabil.

Nilai inisialisasi *Pegel's exponential smoothing* sama dengan nilai inisialisasi *Winter's exponential smoothing* dengan penambahan inisialisasi untuk faktor *trend* multiplikatif. Nilai awal faktor *trend* aditif ditunjukkan oleh Persamaan (13) dan untuk *trend* multiplikatif menggunakan data lengkap selama dua musim (2 periode) seperti Persamaan 13 [5].

$$b_L = \left( \frac{Z_{L+1}/Z_1}{L} + \frac{Z_{L+2}/Z_2}{L} + \dots + \frac{Z_{L+L}/Z_L}{L} \right) \quad (13)$$

Pemulusan nilai awal *Pegel's exponential smoothing* ditampilkan pada Persamaan 14

$$S_t = \alpha P + (1 - \alpha)Q \quad (14)$$

Dengan nilai  $P$  dan  $Q$  berubah-ubah menurut sel tempat dimana nilai pemulusan ini berada. Tabel 2 menunjukkan nilai  $P$  dan  $Q$  yang sesuai.

**Tabel 2.** Simbol yang digunakan pada Persamaan (14)

Komponen <i>Trend</i>	Komponen Musiman		
	1 (tidak ada)	2 (aditif)	3 (multiplikatif)
A	$P = Z_t$	$P = Z_t - I_{t-L}$	$P = Z_t / I_{t-L}$
(tidak ada)	$Q = Z_{t-1}$	$Q = S_{t-1}$	$Q = S_{t-1}$
B	$P = Z_t$	$P = Z_t - I_{t-L}$	$P = Z_t / I_{t-L}$
(aditif)	$Q = Z_{t-1} + b_{t-1}$	$Q = S_{t-1} + b_{t-1}$	$Q = S_{t-1} + b_{t-1}$
C	$P = Z_t$	$P = Z_t - I_{t-L}$	$P = Z_t / I_{t-L}$
(multiplikatif)	$Q = S_{t-1} b_{t-1}$	$Q = S_{t-1} b_{t-1}$	$Q = S_{t-1} b_{t-1}$

Adapun pemulusan untuk *trend* dan musiman ditampilkan pada Persamaan 15, 16, 17, dan 18, berikut:

*Trend* aditif

$$b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1} \quad (15)$$

*Trend* multiplikatif

$$b_t = \gamma(S_t / S_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1} \quad (16)$$

Musiman aditif

$$I_t = \beta(Z_t - S_t) + (1 - \beta)I_{t-L} \quad (17)$$

Musiman multiplikatif

$$I_t = \beta \frac{Z_t}{S_t} + (1 - \beta)I_{t-L} \quad (18)$$

dan  $\alpha, \beta$  serta  $\gamma$  semuanya dibatasi antara 0 dan 1.

Rumusan untuk membuat ramalan  $m$  periode ke depan dengan menggunakan klasifikasi *Pegel* ditunjukkan pada Tabel 3 [1].

**Tabel 3.** Peramalan  $m$  periode ke depan menggunakan *Pegel's Exponential Smoothing*

Komponen <i>Trend</i>	Komponen Musiman		
	1 (tidak ada)	2 (aditif)	3 (multiplikatif)
A (tidak ada)	$S_t$	$S_t + I_{t-L+m}$	$S_t I_{t-L+m}$
B (aditif)	$S_t + mb_t$	$S_t + mb_t + I_{t-L+m}$	$(S_t + mb_t) I_{t-L+m}$
C (multiplikatif)	$S_t b_t^m$	$S_t b_t^m + I_{t-L+m}$	$S_t I_{t-L+m} b_t^m$

### 2.4 Ukuran Akurasi Peramalan

Secara umum terdapat dua jenis *error forecast*, yaitu deviasi dan bias. Deviasi menunjukkan jarak hasil peramalan dengan nilai aktual, berupa nilai absolut dari rata-rata *error*, tanpa memperhatikan kondisi *underestimate* dan *overestimate*. Bias menunjukkan arah *error forecasting* dengan aritmatik rata-rata, dan mempertimbangkan suatu kondisi *underestimate* dan *overestimate*. Deviasi selalu bernilai positif, sedangkan bias dapat bernilai positif atau negatif [4].

Ukuran deviasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah MAPE. MAPE dihitung dengan rumus pada Persamaan 19 [7].

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Z_t - F_t}{Z_t} \right| \times 100\%, \tag{19}$$

dengan

$Z_t$  : data aktual pada waktu ke  $t$

$F_t$  : data peramalan pada waktu ke  $t$

$n$  : jumlah data

### 2.5 *Traking Signal*

*Tracking signal* merupakan sistem yang mempunyai nilai yang besar sebagai alat untuk memantau kesalahan peramalan dan menentukan kapan kesalahan tidak bersifat random. *Tracking signal* akan memberikan sinyal kesalahan jika nilai  $T_t \geq CL$  (*control limit*)[1]. *Tracking signal* memiliki nilai inisialisasi  $E_0 = 0$  dan  $M_0 = 0,8(\sigma)$ . Persamaan pemulusan kesalahan, standar deviasi serta *tracking signal* dijelaskan pada Persamaan 20, 21, 22 dan 23 [8].

Pemulusan kesalahan

$$E_t = \theta e_t + (1 - \theta) E_{t-1} \tag{20}$$

Pemulusan kesalahan absolut

$$M_t = \theta |e_t| + (1 - \theta) M_{t-1} \tag{21}$$

Tracking signal

$$T_t = \frac{E_t}{M_t} \tag{22}$$

Standar deviasi

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (e_t - \bar{e})^2}{n-1}} \tag{23}$$

dengan

- $\theta$  : konstanta pemulusan yang berada antara 0 dan 1
- $n$  : jumlah data

Tracking signal termasuk pada kategori penilaian bias, sehingga dapat bernilai negatif atau positif. Pada tracking signal ditentukan suatu batasan (batas atas (+) dan batas bawah (-)) untuk mengidentifikasi konsistensi teknik peramalan [3].

Tracking signal menunjukkan kesalahan non-random (dengan kepercayaan 95%) bila nilai  $T_t$  melebihi 0,51 untuk  $\theta = 0,10$  atau 0,74 untuk  $\theta = 0,20$  [1]. Karakteristik utama dari pemantauan (monitor) trigg ini adalah bahwa bila digunakan dalam hubungannya dengan metode peramalan secara rutin, sistem ini dapat menunjukkan kapan terjadinya suatu kesalahan. Sistem ini sangat menguntungkan bila digunakan untuk peramalan sejumlah item besar [9].

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data produksi kelapa sawit Provinsi Kalimantan Timur periode Januari Tahun 2014 hingga periode Desember Tahun 2017[9]. Data produksi kelapa sawit disajikan dalam Tabel 4.

**Tabel 4.** Data produksi kelapa sawit Provinsi Kalimantan Timur dengan satuan Ton

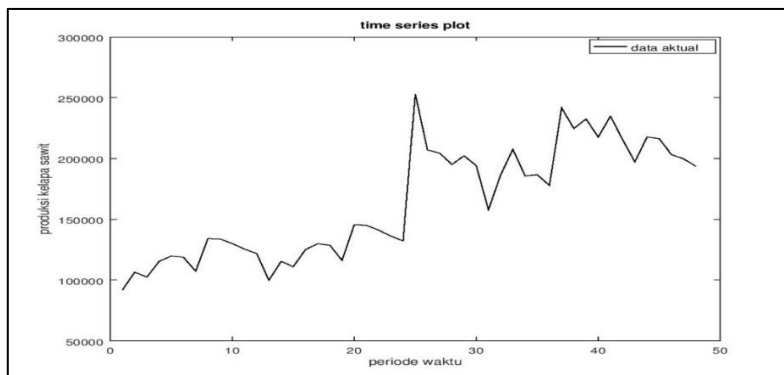
Bulan	Tahun			
	2014	2015	2016	2017
Januari	91.945	99.839	253.139	241.653
Februari	106.463	115.327	207.034	224.703
Maret	102.439	111.012	204.450	232.552
April	115.377	125.102	195.088	217.665
Mei	119.823	129.918	202.252	234.867
Juni	118.728	128.663	194.143	215.507
Juli	107.275	116.201	157.863	197.256
Agustus	134.155	145.577	186.514	217.718
September	133.787	145.089	207.619	216.345
Oktober	130.025	141.057	185.758	203.207
November	125.496	136.209	186.643	199.755
Desember	121.824	132.233	177.889	193.659

Sumber: [9]



### 3.2 Time Series Plot

Peneliti menyajikan *time series plot* untuk melihat kecenderungan pergerakan pola data pada Gambar 2.



Gambar 2. Time series plot

Gambar 2 merupakan data produksi kelapa sawit Provinsi Kalimantan Timur periode Januari 2014 hingga Desember 2017. Gambar 2 menunjukkan bahwa data produksi kelapa sawit Provinsi Kalimantan Timur berpola *trend* naik dan berpola musiman multiplikatif. Pola yang tidak teratur atau bervariasi dikatakan pola multiplikatif sehingga metode yang tepat digunakan untuk meramalkan produksi kelapa sawit Provinsi Kalimantan Timur adalah metode *Winter's exponential smoothing* model multiplikatif, *Pegel's exponential smoothing* model musiman multiplikatif.

### 3.3 Peramalan Menggunakan Metode *Winter's Exponential Smoothing*

Langkah awal melakukan peramalan adalah menentukan nilai awal dengan menggunakan Persamaan 1, Persamaan 2, dan Persamaan 4.

$$S_{12} = \frac{Z_1 + Z_2 + \dots + Z_{12}}{12} = \frac{91.945 + 106.463 + \dots + 121.824}{12} = 117.278$$

$$I_1 = \frac{Z_1}{S_{12}} = \frac{91.945}{117.278} = 0,78$$

$$I_2 = \frac{Z_2}{S_{12}} = \frac{106.463}{117.278} = 0,91$$

⋮

$$I_{12} = \frac{Z_{12}}{S_{12}} = \frac{121.824}{117.278} = 1,04$$

$$b_{12} = \frac{1}{12} \left( \frac{99.839 - 91.945}{12} + \frac{115.327 - 106.463}{12} + \dots + \frac{132.233 - 121.824}{12} \right) = 825,63$$

Setelah nilai inialisasi diperoleh, kemudian menentukan parameter pemulusan optimal secara *trial and error* dengan bantuan *software Octave*. Nilai parameter pemulusan optimal yaitu  $\alpha = 0,80$ ;  $\beta = 0,90$ ;  $\gamma = 0,10$ .

### 3.4 Peramalan Menggunakan Metode *Pegel's Exponential Smoothing*

Metode *Pegel's exponential smoothing* model multiplikatif yang dapat digunakan untuk peramalan yaitu model musiman multiplikatif tanpa *trend* dan *trend* multiplikatif musiman multiplikatif. Nilai awal model musiman multiplikatif tanpa *trend* sama dengan nilai awal *Winter's exponential smoothing*. Parameter pemulusan optimal untuk model musiman multiplikatif tanpa *trend* adalah  $\alpha = 0,80$  dan  $\beta = 0,80$ .

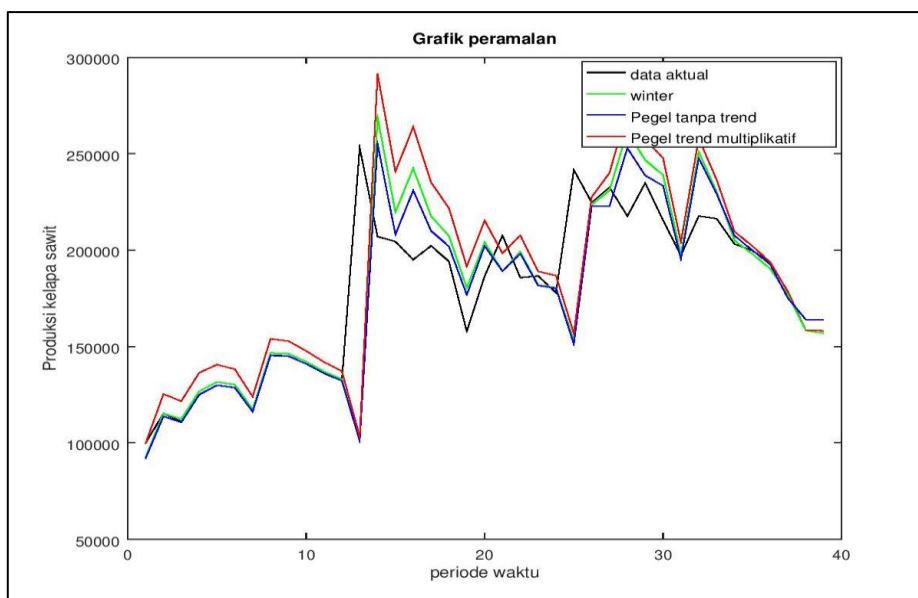
Nilai awal dan musiman untuk model *trend* multiplikatif sama dengan nilai awal *Winter's exponential smoothing* tetapi berbeda pada inialisasi faktor *trend*nya. Nilai awal faktor *trend* model *trend* multiplikatif musiman multiplikatif berdasarkan Persamaan 13, diperoleh,

$$b_{12} = \left( \frac{99.839 / 91.945}{12} + \frac{115.327 / 106.463}{12} + \dots + \frac{132.233 / 121.824}{12} \right) = 1,08$$

Nilai parameter pemulusan optimal untuk model *trend* multiplikatif musiman multiplikatif adalah  $\alpha = 0,80$ ;  $\beta = 0,90$ ;  $\gamma = 0,10$ .

### 3.5 Grafik Peramalan

Hasil peramalan menggunakan metode *Winter's exponential smoothing*, *Pegel's exponential smoothing* model musiman multiplikatif tanpa *trend* dan model *trend* multiplikatif musiman multiplikatif kemudian dibuat dalam bentuk grafik untuk melihat pola data yang telah dihasilkan. Peramalan data aktual dan hasil peramalan menggunakan *Winter's exponential smoothing* dan *Pegel's exponential smoothing* ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik peramalan

Gambar 4 menunjukkan bahwa grafik hasil peramalan menggunakan metode *Winter's exponential smoothing*, *Pegel's exponential smoothing* model musiman multiplikatif tanpa *trend* dan model *trend* multiplikatif musiman multiplikatif secara visual mendekati grafik data aktual, hal ini juga didukung oleh nilai MAPE yang rendah oleh ketiga metode tersebut.

### 3.6 Akurasi Peramalan

Akurasi peramalan diukur menggunakan MAPE dan ditampilkan pada Tabel 6.

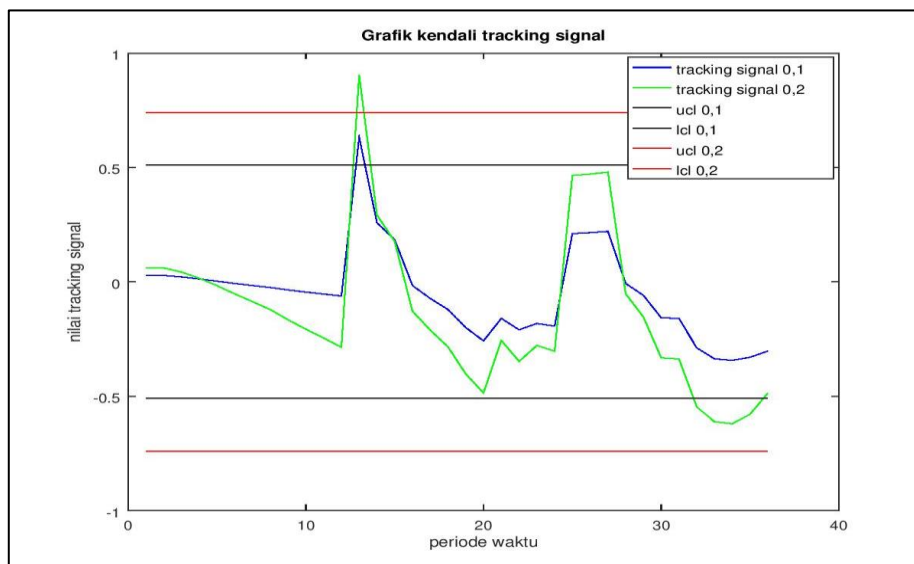
**Tabel 6.** Akurasi peramalan

Model	MAPE
A $a = 0,80; \beta = 0,90; \gamma = 0,10$	8,23%
B $a = 0,80; \beta = 0,80$	7,04%
C $a = 0,80; \beta = 0,90; \gamma = 0,10$	12,27%

Model A pada Tabel 6 adalah model *Winter's exponential smoothing*, Model B adalah *Pegel's exponential smoothing* musiman multiplikatif tanpa *trend*, dan Model C adalah *Pegel's exponential smoothing trend* multiplikatif musiman multiplikatif. Berdasarkan hasil MAPE diketahui bahwa Model B adalah model yang memiliki akurasi peramalan terbaik.

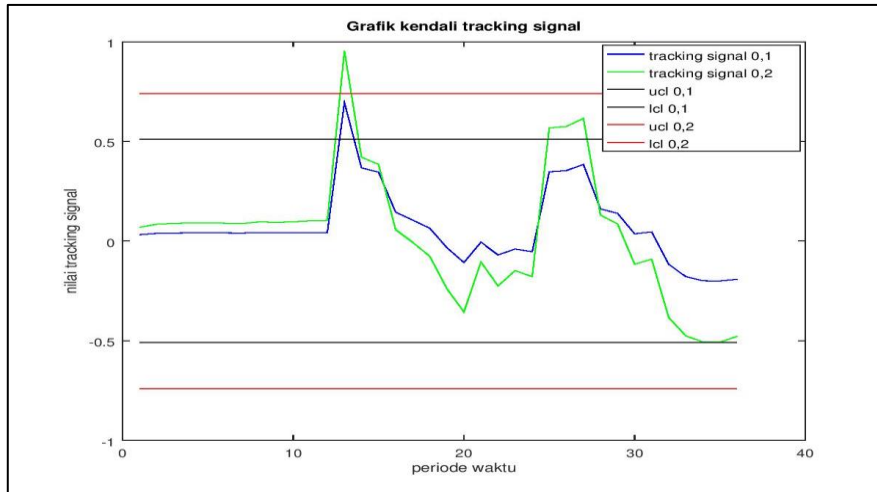
### 3.7 Verifikasi Pemantauan *Tracking Signal*

Grafik kendali *tracking signal* untuk metode peramalan *Winter's*, *Pegel's* model tanpa *trend* musiman multiplikatif dan *Pegel's* model *trend* multiplikatif musiman multiplikatif ditampilkan pada Gambar 5.



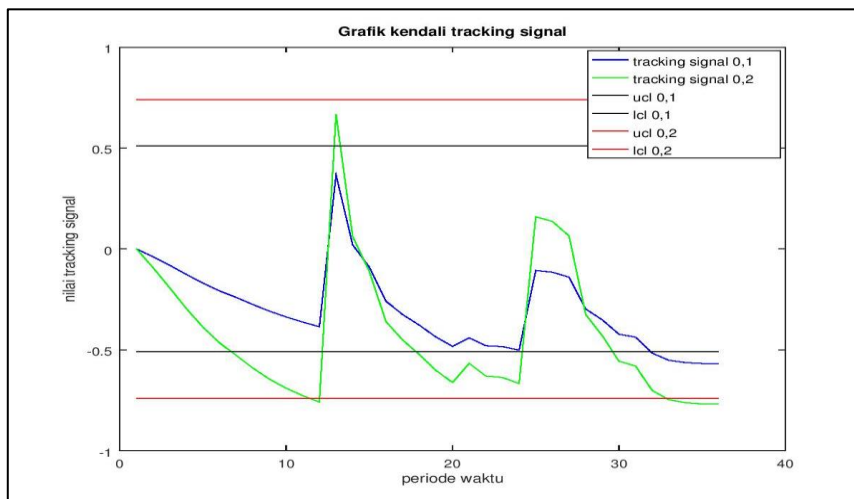
**Gambar 5.** Kendali *tracking signal* untuk *Winter's exponential smoothing*

Gambar 5 menunjukkan bahwa grafik kendali *tracking signal* untuk *Winter's exponential smoothing* terdapat nilai  $T_t$  yang berada di luar batas kendali. Nilai  $T$  dengan parameter pemulusan  $\theta = 0,10$  dan  $\theta = 0,20$  yang berada di luar batas kendali yaitu  $T_{13}$ . Terlihat pada grafik bahwa garis  $T_{13}$  (biru) dengan parameter pemulusan  $\theta = 0,10$  melampaui garis  $UCL = 0,51$  dan garis Nilai  $T_{13}$  (merah) dengan parameter pemulusan  $\theta = 0,20$  melampaui garis  $UCL = 0,74$ . Selanjutnya pada Gambar 6 ditampilkan kendali *tracking signal* untuk *Pegel's model musiman multiplikatif tanpa trend*.



**Gambar 6.** Kendali *tracking signal* untuk *Pegel's model musiman multiplikatif tanpa trend*

Gambar 6 menunjukkan bahwa grafik kendali *tracking signal* untuk *Pegel's exponential smoothing model musiman multiplikatif tanpa trend* terdapat nilai  $T_t$  yang berada di luar batas kendali. Nilai  $T$  dengan parameter pemulusan  $\theta = 0,10$  dan  $\theta = 0,20$  yang berada di luar batas kendali yaitu  $T_{13}$ . Terlihat pada grafik bahwa garis  $T_{13}$  (biru) dengan parameter pemulusan  $\theta = 0,10$  melampaui garis  $UCL = 0,51$  dan garis Nilai  $T_{13}$  (merah) dengan parameter pemulusan  $\theta = 0,20$  melampaui garis  $UCL = 0,74$ . Adapun kendali *tracking signal* untuk *Pegel's model trend multiplikatif musiman multiplikatif* ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Kendali *tracking signal* untuk *Pegel's* model *trend* multiplikatif musiman multiplikatif

Gambar 7 menunjukkan bahwa grafik kendali *tracking signal* untuk *Pegel's exponential smoothing* model *trend* multiplikatif musiman multiplikatif, terdapat nilai  $T_t$  yang berada di luar batas kendali. Nilai  $T$  dengan parameter pemulusan  $\theta = 0,10$  yang berada di luar batas kendali yaitu  $T_{32}$  hingga  $T_{36}$ . Terlihat pada grafik bahwa garis  $T_{32}$  hingga  $T_{36}$  (biru) melampaui garis  $LCL = -0,51$ . Nilai  $T$  dengan parameter pemulusan  $\theta = 0,20$  yang berada di luar batas kendali yaitu  $T_{12}$  dan  $T_{33}$  hingga  $T_{36}$ . Terlihat pada grafik bahwa garis  $T_{12}$  dan  $T_{33}$  hingga  $T_{36}$  (hijau) melampaui garis  $LCL = -0,74$ .

Berdasarkan grafik kendali *tracking signal* diketahui bahwa ketiga metode peramalan tersebut memiliki nilai  $T_t$  yang berada di luar batas kendali. Metode *Winter's exponential smoothing* dengan nilai MAPE = 8,23% memiliki akurasi peramalan sangat baik tetapi terdapat satu hasil peramalan bersifat bias pada periode  $t = 13$  atau Januari Tahun 2016. Metode *Pegel's exponential smoothing* model musiman multiplikatif tanpa *trend* dengan nilai MAPE = 7,04% terdapat satu peramalan bersifat bias seperti metode *Winter*. Metode *Pegel's exponential smoothing* model *trend* multiplikatif musiman multiplikatif dengan nilai MAPE = 12,27% memiliki akurasi peramalan baik tetapi terdapat lima hasil peramalan bersifat bias pada masing-masing parameter pemulusan *tracking signal*nya sehingga model tersebut tidak cocok digunakan pada data produksi kelapa sawit Provinsi Kalimantan Timur.

Parameter pemulusan peramalan tidak dapat mengikuti pola data pada  $t = 25$  atau  $T_{13}$  karena pola data yang tidak stabil. Data  $t = 25$  atau Januari 2016 terlihat sangat meningkat, hal ini diperkuat oleh pernyataan media *online* Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI), bahwa pada tahun 2015 harga CPO global sangat rendah dan meningkat pada awal tahun 2016.

#### 4. Kesimpulan

Hasil peramalan produksi kelapa sawit Kalimantan Timur 3 periode ke depan yaitu periode Januari, Februari dan Maret Tahun 2018 menggunakan model terbaik musiman multiplikatif tanpa *trend* pada metode *Pegel's exponential smoothing* mengalami penurunan secara berturut-turut.

#### Referensi

- [1] S. Makridakis, S. C. Wheelwright, and V. E. McGee, *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Jilid 1. Jakarta: Binarupa Aksara, 2019.
- [2] Aswi and Sukarna, *Analisis Deret Waktu: Teori dan Aplikasi*. Makassar: Andira Publisher, 2006.
- [3] J. E. Hanke and D. W. Wichern, *Business Forecasting*, Eight Edition. New Jersey: Pearson Education Inc, 2005.
- [4] A. Eunike, N. W. Setyanto, R. Yuniarti, I. Hamdala, R. P. Lukodono, and A. A. Fanani, *Perencanaan Produksi dan Pengendalian Persediaan*. Malang: UB Press, 2018.
- [5] M. N. Rahmadhani, E. Sulistianingsih, and H. Perdana, "Peramalan Produksi Kelapa Sawit dengan Metode *Winter's Exponential Smoothing* dan *Pegel's Exponential Smoothing*," *Bul. Ilm.*, vol. 7, no. 2, pp. 111-118, 2018.
- [6] E. S. Raharjo, M. N. Hayati, and S. Wahyuningsih, "Pemantauan Peramalan Akseptor KB Baru Provinsi Kalimantan Timur Menggunakan Simple Moving

Average dan Weighted Moving Average dengan Metode Tracking Signal," *J. Eks*, vol. 7, no. 1, pp. 17-22, 2016.

- [7] J. Heizer and B. Render, *Operations Management*. Jakarta: Salemba Empat, 2015.
- [8] A. L. P. M. Hendriks, R. M. J. Heuts, and L. G. Hoving, "Comparison of Automatic Monitoring System in Automatic Forecasting," *Res. Mem.*, vol. 38, no. 6, 1989.
- [9] B. P. S. Indonesia, "Statistik Kelapa Sawit." [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/publication/2018/11/13/statistik-kelapa-sawit-Indonesia>. [Accessed: 20-Mar-2019].