

# PERAMALAN HASIL PRODUKSI MINYAK KELAPA SAWIT PT. BAKRIE PASAMAN PLANTATIONS DENGAN METODE HOLT-WINTER'S EXPONENTIAL SMOOTHING

Mhd Ariza Siregar\*<sup>1</sup>, Nia Budi Puspitasari<sup>2</sup>

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

## Abstrak

*PT. Bakrie Pasaman Plantations merupakan sebuah perusahaan yang bergerak dibidang perkebunan kelapa sawit yang menghasilkan crude palm oil atau minyak kelapa sawit dan palm kernel atau inti sawit. PT. Bakrie Pasaman Plantations memiliki permasalahan dimana dalam memproduksi minyak kelapa sawit hanya berdasarkan Tandan Buah Segar atau buah kelapa sawit yang masuk ke pabrik. Sehingga hal tersebut berpengaruh terhadap naik turunnya hasil produksi minyak kelapa sawit. Tujuan penelitian ini untuk meramalkan hasil produksi minyak kelapa sawit satu periode kedepan agar dapat menjadi acuan dalam meningkatkan hasil produksi minyak kelapa sawit menggunakan Holt-Winter's Exponential Smoothing model aditif dan model multiplikatif, perhitungannya dilakukan secara manual dan menggunakan software Eviews 10, serta perhitungan error menggunakan Mean Absolute Percentage Error. Kemudian hasil permalan dilakukan validasi menggunakan peta moving range dan uji f. Peramalan hasil produksi dengan perhitungan manual model aditif dan multiplikatif menghasilkan error sebesar 22,39 dan 19,61, sedangkan peritungan software Eviews 10 model aditif dan multiplikatif menghasilkan error sebesar 9,25 dan 9,21. Dari hasil peramalan produksi minyak kelapa sawit didapatkan hasil perhitungan dengan error terkecil menggunakan software Eviews 10 model multiplikatif. Semakin kecil nilai error maka suatu peramalan semakin baik tetapi tidak sepenuhnya akurat karena disebabkan berbagai faktor-faktor yang mempengaruhi. Maka, perusahaan dapat mengambil dan menentukan kebijakan dalam meningkatkan hasil produksi minyak kelapa sawit.*

**Kata Kunci:** *holt-winter's exponential smoothing, peramalan, deret waktu*

## Abstract

*PT. Bakrie Pasaman Plantations is a company engaged in oil palm plantations that produces crude palm oil or palm oil and palm kernel or palm kernel. PT. Bakrie Pasaman Plantations has a problem where in producing palm oil only based on Fresh Fruit Bunches or oil palm fruit that enters the factory. So that it affects the rise and fall of palm oil production. The purpose of this study is to predict the yield of palm oil production for the next period so that it can be used as a reference in increasing palm oil production using the Holt-Winter's Exponential Smoothing additive model and multiplicative model, the calculations are done manually and using Eviews 10 software, as well as error calculations using Mean Absolute Percentage Error. Then the forecasting results are validated using a moving range map and f test. Forecasting production results using additive and multiplicative model manual calculations resulted in errors of 22.39 and 19.61, while the calculation of Eviews 10 software additive and multiplicative models resulted in errors of 9.25 and 9.21. From the results of forecasting palm oil production, the calculation results with the smallest error using the Eviews 10 multiplicative model software are obtained. The smaller the error value, the better a forecast is, but it is not completely accurate because it is caused by various influencing factors. So, companies can take and determine policies in increasing palm oil production.*

**Keywords:** *holt-winter's exponential smoothing, forecasting, time series*

## 1. PENDAHULUAN

PT. Bakrie Pasaman Plantations merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang usaha perkebunan kelapa sawit serta pengolahan buah kelapa sawit menjadi minyak sawit mentah/*crude palm oil* (CPO) dan inti sawit/*palm kernel* (PK). Dari perkebunan dapat dihasilkan komoditi ekspor terbesar setelah sub sektor pertambangan minyak dan gas serta kehutanan. Tidak dapat mengabaikan peranannya, perkebunan di Indonesia selain merupakan sumber energi bagi industri, pengolahan hasil perkebunan juga dapat menyerap tenaga kerja karena pada dasarnya yang dikelola adalah jenis tanaman yang sulit digarap secara mekanis terutama tanaman keras tahunan. Hal ini memberikan dampak positif bagi pelestarian alam disekitarnya yang dapat menciptakan kehidupan sehat dalam kawasan yang luas

Di dalam memproduksi minyak sawit mentah/*crude palm oil*, PT. Bakrie Pasaman Plantations hanya berdasarkan TBS (Tandan Buah Segar) yang masuk ke pabrik. Buah sawit yang masuk ke pabrik tidak hanya berasal dari perkebunan perusahaan melainkan juga berasal dari perkebunan masyarakat. Banyak atau sedikitnya buah sawit yang masuk ke pabrik akan mempengaruhi hasil produksi minyak sawit mentah/*crude palm oil*. Maka perlu adanya suatu peramalan produksi untuk meramalkan hasil produksi kedepannya, sehingga perusahaan dapat menentukan minimal/maksimal jumlah target produksi. Jumlah target produksi ditentukan untuk mengetahui proses apa yang harus dilakukan dalam meningkatkan produksi minyak kelapa sawit tersebut.

Ramalan yang dilakukan umumnya akan berdasarkan pada data masa lampau yang dianalisis dengan menggunakan cara-cara tertentu. Data masa lampau dikumpulkan, dipelajari, dan dianalisis lalu dihubungkan seiring dengan perjalanan waktu. Jelas dalam hal tersebut kita

berhadapan dengan ketidakpastian sehingga akan ada faktor akurasi atau keseksamaan yang harus diperhitungkan. Tingkat akurasi suatu ramalan berbeda untuk tiap persoalan dan bergantung pada berbagai faktor, yang jelas tidak akan selalu didapatkan hasil ramalan dengan ketepatan seratus persen. Ini tidak berarti bahwa ramalan menjadi percuma. Tetapi sebaliknya terbukti, bahwa ramalan banyak digunakan dan membantu dengan baik dalam berbagai manajemen sebagai dasar-dasar perencanaan, pengawasan, dan pengambilan keputusan.

### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini ialah untuk memberikan estimasi hasil produksi minyak kelapa sawit di periode mendatang menggunakan metode Holt-Winter's *Exponential Smoothing*.

## 2. LANDASAN TEORI

### Peramalan (*Forecasting*)

Peramalan merupakan suatu upaya untuk memperoleh gambaran mengenai apa yang akan terjadi di masa mendatang. Dalam hal ini gambaran mengenai masa depan tersebut akan menjadi dasar didalam membuat perencanaan. Kegiatan yang memprediksi/memperkirakan masa depan menggunakan kondisi atau data masa lalu yang akurat (Supangat, 2007).

*Forecasting* dapat membantu dalam membuat perencanaan dimasa yang akan datang secara tepat, untuk menentukan sumberdaya yang akan dibutuhkan dimasa yang akan datang, dan sebagai dasar untuk membuat keputusan yang tepat agar di periode yang akan datang suatu perusahaan memenuhi target yang telah ditentukan (Montgomery, 2008).

Berdasarkan waktu, *forecasting* terbagi menjadi 3 (Heizer & Render, 2005) yaitu:

1. Peramalan jangka panjang, yaitu peramalan yang biasanya berkaitan

dengan perencanaan fasilitas perusahaan dan perencanaan penanaman modal yang membutuhkan waktu lebih dari 18 bulan.

2. Peramalan jangka menengah, yaitu peramalan yang biasanya berkaitan dengan perencanaan penjualan, perencanaan produksi serta perencanaan karyawan honor dimana mencakup dalam waktu 3 sampai 18 bulan.
3. Peramalan jangka pendek, yaitu peramalan yang biasanya berkaitan dengan pembelian bahan produksi, penjadwalan serta penugasan para karyawan dalam kurung waktu kurang dari 3 bulan

Sedangkan berdasarkan sifat penyusunannya, *forecasting* dibagi menjadi dua jenis (Ginting, 2007):

1. Peramalan subjektif, yang didasarkan atas perasaan atau intuisi dari orang yang menyusunnya.
2. Peramalan objektif, didasarkan atas data yang relevan pada masa lalu, dengan menggunakan teknik-teknik dan metode-metode dalam penganalisaan data tersebut.

### ***Time Series***

Deret waktu ialah sekumpulan data pengamatan yang diperoleh dari perhitungan waktu ke waktu. Pada umumnya pengumpulan dan pencatatan dilakukan dalam jangka waktu tertentu misalnya tiap bulan, tiap akhir tahun, sepuluh tahun dan sebagainya. Contoh data *time series* adalah pertumbuhan ekonomi suatu negara pertahun, jumlah produksi minyak perbulan, indeks harga saham perhari. Hal yang harus diperhatikan pada peramalan *time series* adalah *error* (galat). *Error* merupakan bagian yang tidak terpisahkan dalam metode peramalan. Hasil dari peramalan sangatlah jarang yang sama dengan data aktualnya,

maka seorang peramal hanya bisa berusaha untuk membuat galat atau *error* nya menjadi seminimal mungkin (Cryer & Chan, 2008).

### **Holt-Winter's Exponential Smoothing**

Pemulusan eksponensial (*exponential smoothing*) adalah suatu tipe teknik peramalan rata-rata bergerak yang melakukan penimbangan terhadap data masa lalu dengan cara eksponensial sehingga data paling akhir mempunyai bobot atau timbangan lebih besar dalam rata-rata bergerak. Menurut Makridakis, Wheelwright & Mcgee dalam bukunya "*forecasting*" (hal 104), menyatakan bahwa apabila data yang dianalisa bersifat stationer, maka penggunaan metode rata-rata bergerak (*moving average*) atau *exponential smoothing* cukup tepat akan tetapi apabila datanya menunjukkan suatu trend linier, maka model yang baik untuk digunakan adalah *exponential smoothing linier* dari brown atau model *exponential smoothing linier* dari holt.

Metode Holt-Winter's merupakan gabungan dari metode Holt dan Winter's, dimana nilai *trend* pada metode Holt digabungkan dengan nilai musiman pada metode Winter's, sehingga metode Holt-Winter's dapat menangani faktor musiman dan trend yang muncul secara sekaligus pada sebuah data *time series*. Metode Holt-Winter's dapat digunakan untuk data nonstasioner (Kalekar, 2004).

### 3. METODE PENELITIAN

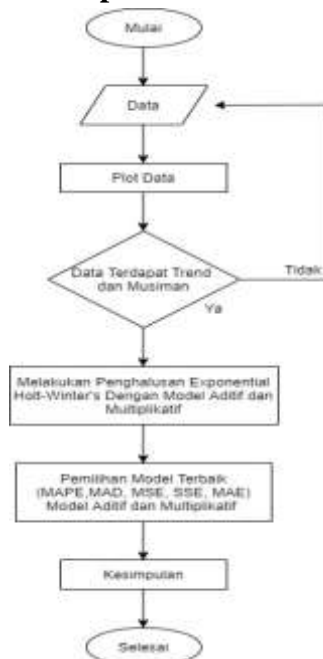
#### Alur Penelitian



Gambar 1. Metode Penelitian

Pada Gambar 1 penelitian ini dilakukan dalam enam tahap berdasarkan yaitu studi pendahuluan, perumusan masalah, pengumpulan data, pengolahan data, pemilihan metode, dan rekomendasi perbaikan.

#### Model Konseptual Penelitian



Gambar 2. Model Konseptual Penelitian

Pada Gambar 2 penelitian diawali dengan membuat plot data deret waktu (*time series*), menguji asumsi, mengolah data dengan menggunakan metode Holt-Winter's *Exponential Smoothing*, memilih metode terbaik, meramalkan hasil produksi CPO atau minyak kelapa sawit dengan metode terbaik.

#### Teknik Pengumpulan Data

– Data Primer (*Field Work Research*)

Data primer merupakan data yang didapat dengan melakukan survei di lapangan yang menggunakan semua metode pengumpulan original original (Kuncoro, 2013).

a. Observasi langsung lapangan, yaitu dengan mendatangi dan mengamati secara langsung obyek penelitian yang berada di Parit, Kecamatan Koto Balingka, Kabupaten Pasaman Barat.

b. Wawancara langsung dengan pihak yang terlibat dalam proses produksi PT. Bakrie Pasaman Plantations

– Data Sekunder (*Library Research*)

Data sekunder merupakan data yang telah disajikan oleh pihak lain atau pihak perusahaan

a. Studi Pustaka

Mencari sumber data tertulis baik dari buku atau jurnal dengan cara *literature* untuk mendapatkan konsep teori dan data yang dapat mendukung pembahasan penelitian.

b. Visi dan Misi perusahaan

c. Struktur Organisasi

d. Data hasil produksi minyak kelapa sawit/*crude palm oil*

#### Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan setelah semua data yang diperlukan untuk penelitian terkumpul. Berikut merupakan tahapan pengolahan data yang dilakukan (Suppalakpanya, Nikhom, Booranawong, & Booranawong, 2019):

- a. Membuat plot data deret waktu
- b. Menguji asumsi
  - Stasioner
  - *Trend*
  - Musiman
- c. Mengolah data dengan menggunakan metode Holt-Winter's *Exponential Smoothing* model aditif dan multiplikatif
  - Pendugaan parameter  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  dengan kisaran nilai pada interval (0,1) dengan menggunakan *software* Eviews.
  - Menentukan nilai awal untuk penghalusan eksponensial, *trend*, dan musiman
    - a) Model Aditif
 
$$L_n = (X_1 + X_2 + \dots + X_n)/n$$

$$b_n = (X_n - X_1)/(n - 1)$$

$$S_i = X_i - L_n \quad (1)$$
    - b) Model Multiplikatif
 
$$L_n = (X_1 + X_2 + \dots + X_n)/n$$

$$b_n = (X_n - X_1)/(n - 1)$$

$$S_i = X_i/L_n \quad (2)$$
  - Menghitung nilai Holt-Winter's *Exponential Smoothing* (penghalusan eksponensial, penghalusan *trend*, penghalusan musiman dan peramalan Holt-Winter's *Exponential Smoothing* dengan model aditif dan multiplikatif).
    - a) Model Aditif
      - Penghalusan Eksponensial
 
$$L_t = \alpha(X_t - S_{t-m}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$
      - Penghalusan Kecenderungan
 
$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$
      - Penghalusan Musiman
 
$$S_t = \gamma(X_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-n}$$
      - Nilai Peramalan
 
$$Y_{t+m} = L_t + mb_t + S_{t-n+m} \quad (3)$$
    - b) Model Multiplikatif
      - Penghalusan Eksponensial
 
$$L_t = \alpha\left(\frac{X_t}{S_{t-m}}\right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$
      - Penghalusan Kecenderungan
 
$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$
      - Penghalusan Musiman

$$S_t = \gamma\left(\frac{X_t}{L_t}\right) + (1 - \gamma)S_{t-n}$$

- Nilai Peramalan
 
$$Y_{t+m} = (L_t + mb_t)S_{t-n+m} \quad (4)$$
- Melakukan verifikasi atau memilih metode terbaik dari metode Holt-Winter's *Exponential Smoothing* dengan model aditif dan multiplikatif yang dilihat dari nilai *error* atau kesalahan yang terkecil dengan mempertimbangkan nilai MAPE, MSE, SSE, dan MAE.

a) MAPE

$$MAPE = \sum_{t=1}^N \frac{|PE_t|}{N}$$

$$PE = \left(\frac{X_t - F_t}{X_t}\right) 100 \quad (5)$$

b) MSE

$$MSE = \sum_{t=1}^N \frac{e_t^2}{N} \quad (6)$$

c) SSE

$$SSE = \sum_{t=1}^N e_t^2 \quad (7)$$

d) MAE

$$MAE = \sum_{t=1}^N \frac{|e_t|}{N} \quad (8)$$

- Melakukan validasi menggunakan metode peta *Moving Range*.
 
$$MR_t = Error_t - Error_{t-1}$$

$$\overline{MR} = \frac{\sum MR}{n}$$

$$UCL = 2,66 \times \overline{MR}$$

$$LCL = (-2,66) \times \overline{MR} \quad (9)$$
- Ramalkan hasil produksi CPO atau minyak kelapa sawit PT. Bakrie Pasaman Plantations dengan metode terbaik.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil produksi minyak kelapa sawit pada PT. Bakrie Pasaman Plantations periode 2016-2020 sebagai berikut:

**Tabel 1. Hasil Produksi Minyak Kelapa Sawit**

Tahun Bulan	2016 (Ton)	2017 (Ton)	2018 (Ton)	2019 (Ton)	2020 (Ton)
Januari	3223	2460	2685	2146	2695
Februari	3576	2562	2406	2119	2428
Maret	3266	3165	2983	2398	2737
April	3824	3191	3126	2097	3043
Mei	3989	2975	3635	2720	2458
Juni	3691	2155	2795	2396	3098
Juli	3082	3390	4425	2959	3072
Agustus	3471	3112	3622	2426	3224
September	2626	2527	3241	2492	2401
Oktober	2663	2570	3001	2174	2208
November	2360	2696	2647	2443	2367
Desember	2327	2421	2156	2526	2386

##### 1) Membuat Plot Data



**Gambar 3. Jumlah Produksi Minyak Kelapa Sawit**

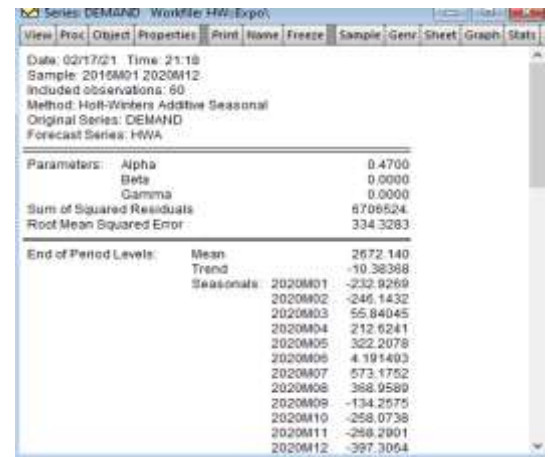
Pada gambar 3. dapat dilihat bahwa data memiliki puncak yang beragam yang terus berulang dari periode ke periode berikutnya namun cenderung menurun. Hal ini menunjukkan bahwa data mengandung unsur *trend* dan musiman. Sehingga metode yang tepat untuk digunakan pada data yang mengandung unsur *trend* dan musiman

yaitu Holt-Winter's *Exponential Smoothing*.

##### 2) Pemilihan Parameter

Pemilihan parameter  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  dilakukan menggunakan *software* Eviews 10. Eviews 10 merupakan sebuah *software* yang digunakan untuk mengolah data statistika dan ekonometri pada data yang berjenis deret waktu.

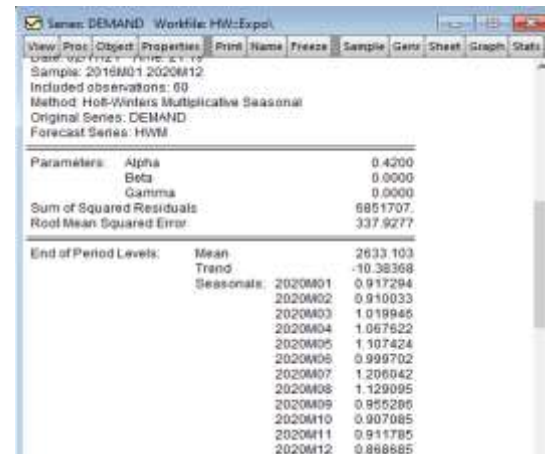
- Model Aditif



**Gambar 4. Parameter Model Aditif**

Didapatkan hasil parameter  $\alpha = 0,47$ ,  $\beta = 0$ , dan  $\gamma = 0$ . Hasil tersebut masih berada pada interval (0,1).

- Model Multiplikatif



**Gambar 5. Parameter Model Multiplikatif**

Didapatkan hasil parameter  $\alpha = 0,42$ ,  $\beta = 0$ , dan  $\gamma = 0$ . Hasil tersebut masih berada pada interval (0,1).

##### 3) Holt-Winter's *Exponential Smoothing* Model Aditif

###### a) Penentuan nilai awal

- Menentukan nilai awal *exponential*

Menentukan nilai awal *exponential* dapat dilakukan secara langsung yaitu dengan memilih nilai rata-rata satu periode awal.

$$L_n = (X_1 + X_2 + \dots + X_n)/n$$

$$L_{12} = \frac{3223 + 3576 + \dots + 2327}{12}$$

$$L_{12} = 3174,97$$

- Menentukan Nilai Awal *Trend*

Menentukan nilai kecenderungan atau *trend* awal pada musim pertama.

$$b_n = (X_n - X_1)/(n - 1)$$

$$b_{12} = (X_{12} - X_1)/(12 - 1)$$

$$b_{12} = \frac{2327 - 3223}{12 - 1}$$

$$b_{12} = -81,47$$

- Menentukan Nilai Awal Musiman

Menentukan nilai musiman awal diperlukan minimal satu periode data musiman awal.

$$S_i = X_i - L_n$$

$$S_i = X_i - L_{12}$$

$$S_1 = 3223 - 3174,97 = 48,45$$

$$S_2 = 3576 - 3174,97 = 401,29$$

$$S_3 = 3266 - 3174,97 = 91,40$$

$$S_4 = 3824 - 3174,97 = 648,75$$

$$S_5 = 3989 - 3174,97 = 813,99$$

$$S_6 = 3691 - 3174,97 = 516,51$$

$$S_7 = 3082 - 3174,97 = -92,81$$

$$S_8 = 3471 - 3174,97 = 295,65$$

$$S_9 = 2626 - 3174,97 = -549,01$$

$$S_{10} = 2663 - 3174,97 = -511,94$$

$$S_{11} = 2360 - 3174,97 = -814,55$$

$$S_{12} = 2327 - 3174,97 = -847,72$$

b) Menentukan Nilai *Exponential Smoothing*

Untuk periode berikutnya nilai *exponential smoothing* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$L_t = \alpha(X_t - S_{t-m}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$L_{13} = \alpha(X_{13} - S_{13-1}) + (1 - \alpha)(L_{13-1} + b_{13-1})$$

$$L_{13} = 0,47(2460 - (-847,72)) + (1 - 0,47)(3174,97 + (-81,47))$$

$$L_{13} = 3194,97$$

c) Menentukan Nilai *Trend*

Nilai kecenderungan atau *trend* untuk periode berikutnya ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$b_{13} = \beta(L_{13} - L_{13-1}) + (1 - \beta)b_{13-1}$$

$$b_{13} = 0(3194,35 - 3174,97) + (1 - 0)(-81,47)$$

$$b_{13} = -81,47$$

d) Menentukan Nilai Musiman

Periode berikutnya dari nilai musiman adalah sebagai berikut:

$$S_t = \gamma(X_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-n}$$

$$S_{13} = \gamma(X_{13} - L_{13}) + (1 - \gamma)S_{13-12}$$

$$S_{13} = 0(2460 - 3194,35) + (1 - 0)48,45$$

$$S_{13} = 48,45$$

e) Proses Peramalan

Melakukan proses peramalan untuk periode ke depan dengan menggunakan rumus pada persamaan berikut:

$$Y_{t+m} = L_t + mb_t + S_{t-n+m}$$

$$Y_{12+1} = L_{12} + (1 \times b_{12}) + S_{12-12+1}$$

$$Y_{13} = 3174,97 + (1 \times (-81,47)) + 48,45$$

$$Y_{13} = 3141,94$$

f) Verifikasi

- Nilai *Error*

$$\text{Error} = X_t - Y_t$$

$$\text{Error} = X_{13} - Y_{13}$$

$$\text{Error} = 2460 - 3141,94$$

$$\text{Error} = -681,58$$

$$\text{Error}^2 = (X_t - Y_t)^2$$

$$\text{Error}^2 = (X_{13} - Y_{13})^2$$

$$\text{Error}^2 = (2460 - 3141,94)^2$$

$$\text{Error}^2 = 464554,15$$

$$\text{PE} = \left( \frac{X_t - Y_t}{X_t} \right) \times 100$$

$$\text{PE} = \left( \frac{X_{13} - Y_{13}}{X_{13}} \right) \times 100$$

$$\text{PE} = \left( \frac{2460 - 3141,94}{2460} \right) \times 100$$

$$PE = -27,7$$

- MAPE

$$MAPE = \sum_{t=1}^N \frac{|PE_t|}{N}$$

$$MAPE = \frac{1074,580}{58} = 22,39$$

- MSE

$$MSE = \sum_{t=1}^N \frac{e_t^2}{N}$$

$$MSE = \frac{26785484,15}{58} = 558030,92$$

- SSE

$$SSE = \sum_{t=1}^N e_t^2$$

$$SSE = 26785484,15$$

- MAE

$$MAE = \sum_{t=1}^N \frac{|e_t|}{N}$$

$$MAE = \frac{28815,38}{58} = 600,32$$

Berdasarkan hasil verifikasi tersebut, maka didapatkan nilai *error* terkecil yaitu pada MAPE yang menghasilkan *error* sebesar 22,39.

#### 4) Holt-Winter's *Exponential Smoothing* Model Multiplikatif

##### a) Penentuan nilai awal

- Menentukan nilai awal *exponential*
- Menentukan nilai awal *exponential* dapat dilakukan secara langsung yaitu dengan memilih nilai rata-rata satu periode awal.

$$L_n = (X_1 + X_2 + \dots + X_n)/n$$

$$L_{12} = \frac{3223 + 3576 + \dots + 2327}{12}$$

$$L_{12} = 3174,97$$

- Menentukan Nilai Awal *Trend*
  - Menentukan nilai kecenderungan atau *trend* awal pada musim pertama.
- $$b_n = (X_n - X_1)/(n - 1)$$

$$b_{12} = (X_{12} - X_1)/(12 - 1)$$

$$b_{12} = \frac{2327 - 3223}{12 - 1}$$

$$b_{12} = -81,47$$

- Menentukan Nilai Awal Musiman
- Menentukan nilai musiman awal diperlukan minimal satu periode data musiman awal.

$$S_i = X_i/L_n$$

$$S_i = X_i/L_{12}$$

$$S_1 = 3223/3174,97 = 1,02$$

$$S_2 = 3576/3174,97 = 1,13$$

$$S_3 = 3266/3174,97 = 1,03$$

$$S_4 = 3824/3174,97 = 1,20$$

$$S_5 = 3989/3174,97 = 1,26$$

$$S_6 = 3691/3174,97 = 1,16$$

$$S_7 = 3082/3174,97 = 0,97$$

$$S_8 = 3471/3174,97 = 1,09$$

$$S_9 = 2626/3174,97 = 0,83$$

$$S_{10} = 2663/3174,97 = 0,84$$

$$S_{11} = 2360/3174,97 = 0,74$$

$$S_{12} = 2327/3174,97 = 0,73$$

##### b) Menentukan Nilai *Exponential Smoothing*

Untuk periode berikutnya nilai *exponential smoothing* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$L_t = \alpha \left( \frac{X_t}{S_{t-m}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$L_{13} = \alpha \left( \frac{X_{13}}{S_{13-1}} \right) + (1 - \alpha)(L_{13-1} + b_{13-1})$$

$$L_{13} = 0,42 \left( \frac{2460}{0,73} \right) + (1 - 0,42)(3174,97 + (-81,47))$$

$$L_{13} = 3203,99$$

##### c) Menentukan Nilai *Trend*

Nilai kecenderungan atau *trend* untuk periode berikutnya ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$b_{13} = \beta(L_{13} - L_{13-1}) + (1 - \beta)b_{13-1}$$

$$b_{13} = 0(3194,35 - 3174,97) + (1 - 0)(-81,47)$$

$$b_{13} = -81,47$$



d) Menentukan Nilai Musiman

Periode berikutnya dari nilai musiman adalah sebagai berikut:

$$S_t = \gamma \left( \frac{X_t}{L_t} \right) + (1 - \gamma) S_{t-n}$$

$$S_{13} = \gamma \left( \frac{X_{13}}{L_{13}} \right) + (1 - \gamma) S_{13-12}$$

$$S_{13} = 0 \left( \frac{2460}{3203,99} \right) + (1 - 0) 1,02$$

$$S_{13} = 1,02$$

e) Proses Peramalan

Melakukan proses peramalan untuk periode ke depan dengan menggunakan rumus pada persamaan berikut:

$$Y_{t+m} = (L_t + mb_t) S_{t-n+m}$$

$$Y_{12+1} = (L_{12} + 1 \times b_{12}) S_{12-12+1}$$

$$Y_{13} = (3174,97 + (1 \times (-81,47))) 1,02$$

$$Y_{13} = 3140,70$$

f) Verifikasi

- Nilai Error

$$\text{Error} = X_t - Y_t$$

$$\text{Error} = X_{13} - Y_{13}$$

$$\text{Error} = 2460 - 3140,70$$

$$\text{Error} = -680,34$$

$$\text{Error}^2 = (X_t - Y_t)^2$$

$$\text{Error}^2 = (X_{13} - Y_{13})^2$$

$$\text{Error}^2 = (2460 - 3140,70)^2$$

$$\text{Error}^2 = 462861,08$$

$$\text{PE} = \left( \frac{X_t - Y_t}{X_t} \right) \times 100$$

$$\text{PE} = \left( \frac{X_{13} - Y_{13}}{X_{13}} \right) \times 100$$

$$\text{PE} = \left( \frac{2460 - 3140,70}{2460} \right) \times 100$$

$$\text{PE} = -27,65$$

- MAPE

$$\text{MAPE} = \sum_{t=1}^N \frac{|\text{PE}_t|}{N}$$

$$\text{MAPE} = \frac{941,400}{58} = 19,61$$

- MSE

$$\text{MSE} = \sum_{t=1}^N \frac{e_t^2}{N}$$

$$\text{MSE} = \frac{21153384,98}{58} = 440695,52$$

- SSE

$$\text{SSE} = \sum_{t=1}^N e_t^2$$

$$\text{SSE} = 21153384,98$$

- MAE

$$\text{MAE} = \sum_{t=1}^N \frac{|e_t|}{N}$$

$$\text{MAE} = \frac{25359,48}{58} = 528,32$$

Berdasarkan hasil verifikasi tersebut, maka didapatkan nilai *error* terkecil yaitu pada MAPE yang menghasilkan *error* sebesar 19,61.

5) Holt-Winter's Exponential Smoothing Model Aditif Software EvIEWS 10

a) Verifikasi

- Nilai Error

$$\text{Error} = X_t - Y_t$$

$$\text{Error} = X_1 - Y_1$$

$$\text{Error} = 3223 - 2999$$

$$\text{Error} = 224,40$$

$$\text{Error}^2 = (X_t - Y_t)^2$$

$$\text{Error}^2 = (X_1 - Y_1)^2$$

$$\text{Error}^2 = (3223 - 2999)^2$$

$$\text{Error}^2 = 50353,12$$

$$\text{PE} = \left( \frac{X_t - Y_t}{X_t} \right) \times 100$$

$$\text{PE} = \left( \frac{X_1 - Y_1}{X_1} \right) \times 100$$

$$\text{PE} = \left( \frac{3223 - 2999}{3223} \right) \times 100$$

$$\text{PE} = 6,961$$

- MAPE

$$\text{MAPE} = \sum_{t=1}^N \frac{|\text{PE}_t|}{N}$$

$$\text{MAPE} = \frac{554,925}{60} = 9,25$$

- MSE

$$\text{MSE} = \sum_{t=1}^N \frac{e_t^2}{N}$$

$$\text{MSE} = \frac{6702666,63}{60} = 111711,11$$

- SSE

$$\text{SSE} = \sum_{t=1}^N e_t^2$$

$$\text{SSE} = 6702666,63$$

- MAE

$$MAE = \frac{\sum_t^N |e_t|}{N}$$

$$MAE = \frac{15328,596}{60} = 255,48$$

Berdasarkan hasil verifikasi tersebut, maka didapatkan nilai *error* terkecil yaitu pada MAPE yang menghasilkan *error* sebesar 9,25.

6) Holt-Winter's *Exponential Smoothing Model* Multiplikatif *Software Eviews* 10

a) Verifikasi

- Nilai *Error*

$$Error = X_t - Y_t$$

$$Error = X_1 - Y_1$$

$$Error = 3223 - 2965$$

$$Error = 258,77$$

$$Error^2 = (X_t - Y_t)^2$$

$$Error^2 = (X_1 - Y_1)^2$$

$$Error^2 = (3223 - 2965)^2$$

$$Error^2 = 66961,40$$

$$PE = \left( \frac{X_t - Y_t}{X_t} \right) \times 100$$

$$PE = \left( \frac{X_1 - Y_1}{X_1} \right) \times 100$$

$$PE = \left( \frac{3223 - 2965}{3223} \right) \times 100$$

$$PE = 8,03$$

- MAPE

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^N |PE_t|}{N}$$

$$MAPE = \frac{552,82}{60} = 9,21$$

- MSE

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^N e_t^2}{N}$$

$$MSE = \frac{6847944,23}{60} = 114132,40$$

- SSE

$$SSE = \sum_{t=1}^N e_t^2$$

$$SSE = 6847944,23$$

- MAE

$$MAE = \frac{\sum_t^N |e_t|}{N}$$

$$MAE = \frac{15349,906}{60} = 255,83$$

Berdasarkan hasil verifikasi tersebut, maka didapatkan nilai *error* terkecil yaitu pada MAPE yang menghasilkan *error* sebesar 9,21.

7) Rekap *Error*

**Tabel 2. Hasil Rekap *Error***

Model	Manual	<i>Software Eviews</i> 10
Aditif	22,39	9,25
Multiplikatif	19,61	9,21

Hasil rekap perhitungan *error* yang telah dicari menggunakan metode MAPE, didapatkan metode yang dipilih yaitu model multiplikatif menggunakan *software Eviews* 10 sebesar 9,21 karena memberikan nilai *error* yang terkecil dibandingkan dengan nilai *error* yang dihasilkan oleh model aditif.

8) Validasi

Validasi dilakukan untuk mengetahui apakah data masih dalam batas yang telah ditentukan. Dalam uji validasi ini metode yang digunakan ialah peta *Moving Range*.

- *Moving Range*

$$MR_t = Error_t - Error_{t-1}$$

$$MR_2 = Error_2 - Error_{2-1}$$

$$MR_2 = 536,89 - 258,77$$

$$MR_2 = 278,12$$

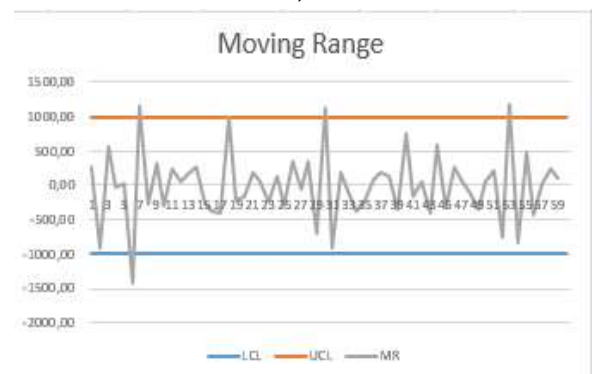
$$\overline{MR} = \frac{\sum MR}{n} = \frac{21897,261}{59} = 371,140$$

$$UCL = 2,66 \times \overline{MR} = 2,66 \times 371,140$$

$$= 987,23$$

$$LCL = (-2,66) \times \overline{MR} = (-2,66) \times 371,140$$

$$= -987,23$$



**Gambar 6. Grafik *Moving Range***

Dilihat dari grafik validasi bahwa terdapat nilai *error* yang melebihi batas UCL dan LCL, yaitu nilai MR6 = -1411,53, MR7 = 1161,2, MR18 = 998,66, MR30 = 1133,26 dan MR53 = 1167,56. Maka model yang digunakan belum valid dan perlu dilakukan validasi menggunakan metode lain.

- Uji F

Uji F digunakan untuk mengetahui apakah nilai variansi antara data CPO dengan hasil *forecasting* memiliki variansi yang sama.

1.  $H_0$  : variansi hasil produksi CPO = variansi *forecast*
2.  $H_1$  : variansi hasil produksi CPO  $\neq$  variansi *forecast*
3.  $\alpha$  : 0,05
4. Daerah Kritis :  $f \text{ hitung} > f \text{ tabel}$ ,  $f \text{ hitung} > 1,5043$
5. Perhitungan :  
Berikut merupakan perhitungan validasi uji F untuk model multiplikatif menggunakan *software* Microsoft Excel.

F-Test Two-Sample for Variances

	Variable 1	Variable 2
Mean	2817,6709	2775,163625
Variance	270611,3558	198368,5126
Observations	60	72
df	59	71
F	<b>1,364185033</b>	
P(F<=f) one-tail	0,105123382	
F Critical one-tail	1,504251292	

Gambar 7. Hasil Uji F

6. Keputusan : Jangan tolak  $H_0$  karena  $f \text{ hitung} < f \text{ tabel}$ ,  $1,3641 < 1,5043$ .
7. Kesimpulan : Hasil produksi CPO dan *forecast* mempunyai variansi yang sama.

Berdasarkan hasil uji F yang telah dilakukan diketahui bahwa variansi

hasil produksi CPO sama dengan variansi *forecast*. Hal ini dibuktikan dari nilai  $f \text{ hitung} < f \text{ tabel}$ ,  $1,3541 < 1,5043$ . Maka model *forecast* yang digunakan sudah valid.

9) Hasil Ramalan

Tabel 3. Hasil Ramalan Minyak Kelapa Sawit

No	Periode	Forecast (Ton)
1	Januari 2021	2406
2	Februari 2021	2377
3	Maret 2021	2654
4	April 2021	2767
5	Mei 2021	2858
6	Juni 2021	2570
7	Juli 2021	3088
8	Agustus 2021	2879
9	September 2021	2426
10	Oktober 2021	2294
11	November 2021	2297
12	Desember 2021	2179

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil peramalan *software* Eviews 10 model multiplikatif dengan perhitungan *error* menggunakan MAPE, dapat diketahui bahwa peramalan dengan menggunakan Holt-Winter's *Exponential Smoothing* Model Multiplikatif memberikan hasil peramalan dengan nilai *error* terkecil. Hal ini dapat menjadi bahan acuan PT. Bakrie Pasaman Plantations untuk mengambil dan menentukan kebijakan dalam usaha peningkatan hasil produksi minyak kelapa sawit.

Peramalan minyak kelapa sawit pada PT. Bakrie Pasaman Plantations pada tahun 2021 tetap mengalami fluktuasi namun tidak berbeda jauh dengan data minyak kelapa sawit pada tahun 2016-2020. Ketidakstabilan produksi minyak kelapa sawit disebabkan karena adanya beberapa faktor atau indikasi seperti faktor iklim dimana intensitas curah hujan sangat mempengaruhi jumlah produksi kelapa sawit yang dihasilkan, indikasi hama

dan penyakit tanaman, kondisi tanah yang sudah mengeras akibat gangguan pupuk kimia yang berlebihan yang menyebabkan tanah sulit menyerap unsur hara dan mineral-mineral penting dan adanya *human error* seperti pemupukan yang tidak benar, prosedur panen kelapa sawit yang salah sehingga membuat pohon sawit menjadi *stress* yang menyebabkan penurunan jumlah panen yang kemudian akan berdampak pada jumlah kelapa sawit yang di panen tidak stabil untuk menghasilkan produksi minyak kelapa sawit atau *crude palm oil* (CPO).

Adapun hal yang harus dilakukan oleh PT. Bakrie Pasaman Plantations ialah melakukan efisiensi pada sarana pendukung produktivitas dan melakukan teknik penanganan pasca panen untuk menjaga kualitas dalam meningkatkan jumlah produksi minyak kelapa sawit. Teknik pasca panen meliputi pemanenan sawit yang secara umum dapat dipanen setelah 3,5 tahun dari masa pemanenan, penentuan masa panen, teknik pemanenan, tindakan untuk memisahkan buah sawit dengan tandannya, pengangkutan buah sawit yang sudah dipanen harus segera diolah dan proses pengolahan di pabrik seperti proses penggilingan atau pencacahan dan pemerasan buah sawit agar minyak yang terkandung dalam daging buah ataupun pada ampas sawit dapat dikeluarkan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Cryer, J., & Chan, K.-S. (2008). *Time Series Analysis With Application in R Second Edition*. USA: Springer.
- Ginting, R. (2007). *Sistem Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Heizer, J., & Render, B. (2005). *OPERATIONS MANAGEMENT*. Jakarta: Salemba Empat.
- Kalekar, P. (2004). *Time Series Forecasting Using Holt-Winters Exponential Smoothing*. India: Kanwal Rekhi School of Information Technology.

- Kuncoro, M. (2013). *Metode Riset untuk Bisnis & Ekonomi: Bagaimana Meneliti & Menulis Tesis*. Jakarta: Erlangga.
- Makridakis, S., Wheelwright, S., & Hyndman, R. (1998). *Forecasting: Methods and Applications*. Jakarta: Erlangga.
- Montgomery, D. C. (2008). *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. New jersey: Holden-Day Inc.
- Oktarina, T., & Rasmila. (2018). Peramalan Produksi *Crude Palm Oil* (CPO) Menggunakan Metode Arima Pada PT. SAMPOERNA AGRO TBK. Seminar Nasional Sistem Informasi Indonesia, 252-260.
- Supangat, A. (2007). *Statistika Dalam Kajian Deskriptif*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Suppalakpanya, K., Nikhom, R., Booranawong, T., & Booranawong, A. (2019). *Forecasting Oil Palm and Crude Palm Oil Data In Thailand Using Exponential Time-Series . Engineering and Applied Science Research*, 44-55.