

Penerapan Triple Exponential Smoothing dan Arima dalam Memprediksi Produksi Crude Palm Oil

Anggi Vasella¹, Siska Kurnia Gusti², Lestari Handayani³, Siti Ramadhani⁴

¹Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Pekanbaru, Indonesia, 28293

Surel: ¹11950125011@students.uin-suska.ac.id, ²siskakurniagusti@uin-suska.ac.id,

³lestari.handayani@uin-suska.ac.id, ⁴siti.ramadhani@uin-suska.ac.id

Tanggal Pengiriman: 2023-06-22

Tanggal Ditinjau: 2023-06-23

Tanggal Revisi: 2023-07-03

Tanggal Diterima: 2023-07-04

Abstract

In the field of oil palm plantations, PT.XYZ, located in Riau Province, is a company that produces one of them Crude Palm Oil (CPO). It is known that from the last 10 years of production, the selling price tends to be unstable resulting in stockpiling. Therefore, forecasting the right amount of production is carried out so that the problem of stockpiling can be overcome, so this study aims to forecast CPO production stock using a comparison of two algorithms, namely Triple Exponential Smoothing and ARIMA. Forecasting involves taking historical data and predicting it for the next period. After the forecasting process is carried out, the level of error in forecasting is tested using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) method to show the range of error values in forecasting calculations based on the smallest error. The output after testing with the TES method gets a benchmark $\alpha = 0.5$, $\beta = 0.004$, and $\gamma = 1.0$ the error rate is obtained using MAPE accuracy of 10.1% and 1.4% for the ARIMA model. The output of the TES method gets the MAPE category with good forecasting ability and while the output of the ARIMA method is included in the MAPE category with very good forecasting ability according to the MAPE range assessment. The role of this research is needed in order to provide information to related companies as an additional reference in forecasting CPO production. The results of the research conducted obtained the ARIMA method is the best method with the smallest error calculation of the MAPE value.

Keywords: CPO; Forecasting; Production; MAPE; Triple Exponential Smoothing

Abstrak

Dalam bidang perkebunan sawit, PT.XYZ yang terletak di Provinsi Riau merupakan perusahaan yang menghasilkan salah satunya *Crude Palm Oil* (CPO). Diketahui bahwa dari 10 tahun terakhir produksi, harga jual yang cenderung tidak stabil berakibat terjadinya penimbunan stok. Maka dari itu, dilakukan peramalan jumlah produksi yang tepat agar masalah penimbunan stok dapat diatasi, sehingga penelitian ini bertujuan untuk melakukan prakiraan stok produksi CPO menggunakan perbandingan dua algoritma yaitu *Triple Exponential Smoothing* dan ARIMA. Peramalan melibatkan pengambilan data historis serta memprediksikannya untuk periode selanjutnya. Setelah dilakukan proses peramalan maka dilakukan pengujian tingkat kesalahan dalam peramalan memakai metode Mean Absolute Percentage Error (MAPE) untuk menunjukkan kisaran nilai kesalahan dalam perhitungan peramalan berdasarkan kesalahan terkecil. Output setelah dilakukan pengujian dengan metode TES mendapatkan tolak ukur $\alpha=0,5$, $\beta=0,004$, dan $\gamma=1,0$ tingkat kesalahan diperoleh dengan menggunakan akurasi MAPE 10,1% dan 1,4% untuk model ARIMA. Pada output metode TES mendapatkan kategori MAPE dengan kemampuan peramalan baik dan sedangkan output metode ARIMA termasuk dalam kategori MAPE dengan kemampuan peramalan sangat baik sesuai penilaian rentang MAPE. Peran penelitian ini dibutuhkan agar memberikan informasi kepada perusahaan terkait sebagai referensi tambahan dalam peramalan produksi CPO. Hasil dari penelitian yang dilakukan mendapatkan metode ARIMA merupakan metode terbaik dengan perhitungan kesalahan terkecil dari nilai MAPE.

Kata kunci: CPO; Forecasting; Produksi; MAPE; Triple Exponential Smoothing

1. Pendahuluan

Salah satu mata perdagangan sebagai tumpuan dalam perekonomian Indonesia adalah perkebunan kelapa sawit (Oktarina et al., 2018). Kelapa sawit (*Palm Oil*) merupakan tanaman yang menghasilkan minyak nabati paling unggul dibandingkan tanaman lainnya (Boy, 2020). CPO atau minyak mentah dihasilkan dari buah kelapa sawit yang diproses sebelum mengalami pemurnian. (Rahmadani et al., 2018). Bahan yang telah diproses sebelumnya diolah menjadi mentega lemak bahan tambahan coklat, bahan baku es krim dan lain-lain. (Patricia, 2021).

Pada PT. XYZ, dari data yang diperoleh 10 tahun terakhir produksi CPO mempunyai harga jual yang cenderung tidak stabil menyebabkan terjadinya kendala dalam penjualan produk CPO sehingga berakibat terjadinya penimbunan stok. Ketidakstabilan harga jual ini disebabkan berasal oleh beberapa faktor seperti faktor permintaan konsumen. Maka dari itu dilakukan peramalan jumlah produksi yang tepat agar masalah penimbunan stok dapat diatasi, dengan mengetahui banyaknya jumlah produksi CPO untuk kurun waktu yang akan tiba serta memudahkan perusahaan dalam pengambilan keputusan berdasarkan hasil peramalan. Setelah melalui proses peramalan maka dilakukan pengujian rentang nilai kesalahan dalam peramalan berdasarkan hasil error yang paling kecil. Pada penelitian ini menggunakan perbandingan algoritma *Triple Exponential Smoothing* dan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) yang bersifat *time series*. Peramalan memerlukan pengambilan data masa lalu dan menaksirkannya pada periode ke depan.

Beberapa penelitian yang memakai metode regresi linear berganda mengenai penjualan *crude palm oil* (CPO) terdapat regresi yang membantu meramalkan hubungan dari satu variabel atau lebih. (Lette et al., 2022). Penelitian selanjutnya yang membahas mengenai peramalan jumlah penggunaan air bersih di PDAM, dimana penelitian tersebut menggunakan tiga parameter sehingga menghasilkan nilai rentang kesalahan peramalan terkecil (Lestari et al., 2020). Beberapa penelitian telah dilakukan terhadap metode ARIMA. Penelitian berikutnya yang membandingkan metode ARIMA dan TES mengenai kasus ekspor nonmigas menghasilkan

nilai tingkat kesalahan peramalan terkecil sebesar 1,9344. (Nurlaily et al., 2022).

Penelitian berikutnya yaitu mengenai peramalan kebutuhan energi listrik pada PT.PLN yang bertujuan untuk mengetahui nilai yang paling baik yaitu nilai terkecil, mendapatkan nilai tingkat kesalahan peramalan terkecil yang merupakan nilai yang terbaik (Syahputri et al., 2021). Kemudian penelitian selanjutnya menggunakan metode *triple exponential smoothing* mendapatkan nilai keakuratan sebanyak 98,15% mengenai peramalan penentuan stok obat (Jayanti et al., 2015).

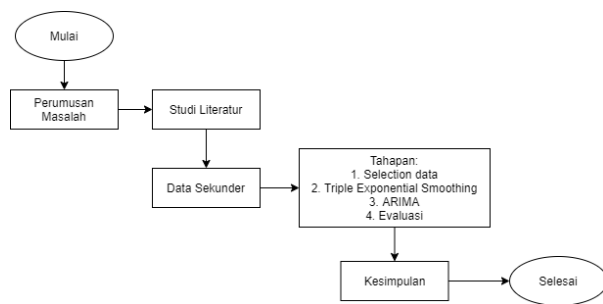
Penelitian berikutnya yang meramalkan jumlah produksi mobil menggunakan metode Exponential Smoothing yang meramalkan data pada tahun 2015 menghasilkan jumlah produksi yang besar untuk bulan januari 2016 (Utari, 2017).

Metode forecasting/peramalan adalah salah satu metode dalam data mining digunakan sebagai alat untuk membantu meramalkan suatu nilai dengan melihat data yang dianggap relevan pada masa yang akan datang, sehingga output yang dihasilkan akan digunakan sebagai informasi dalam menentukan kebijakan perusahaan untuk meningkatkan efektivitas jumlah produk yang akan diproduksi (Jambak, Azanuddin, 2020). *Winter Exponential Smoothing* bermanfaat untuk melakukan pemulusan data dengan menggunakan tiga pembobotan dalam setiap periode pada proses peramalan, sedangkan ARIMA atau metode Box-Jenskin memprediksi data deret waktu untuk perkiraan jangka pendek berdasarkan kesalahan minimum. Metode ini memakai nilai masa lalu dan kini untuk mendapatkan hasil akurat dalam prediksi jangka pendek.

2. Metode Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini didapat dari hasil wawancara oleh PT.XYZ pada tahun 2022. Data yang dipakai merupakan data hasil produksi *Crude Palm Oil* (CPO) menurut 10 tahun terakhir. Tahapan pada penelitian ini dimulai dari perumusan masalah, studi literatur, data sekunder, pemilihan data, penerapan metode, evaluasi dan penarikan kesimpulan.

Berdasarkan gambar 1 dibawah ini merupakan suatu tahapan penelitian.



Gambar 1. Tahapan penelitian

2.1 Perumusan Masalah

Perumusan masalah bertujuan untuk mengidentifikasi suatu masalah pada penelitian, dari permasalahan yang telah dijelaskan di atas yaitu mengenai penerapan metode Triple Exponential Smoothing dan ARIMA dalam memprediksi *Crude Palm Oil* (CPO) pada PT. XYZ.

2.2 Studi Literatur

Serangkaian kegiatan untuk mencari serta memahami informasi yang relevan sebagai sumber atau acuan dengan masalah yang akan diteliti, metode pengumpulan dapat berupa jurnal, buku, ataupun artikel terkait yg saling berkaitan untuk mendukung arah serta topik penelitian.

2.3 Data Sekunder

Data selection merupakan proses dalam menyeleksi atau memilih data yang relevan, sehingga jumlah data telah diminimalkan dan dapat difokuskan untuk proses data mining dengan tetap mempresentasikan data sebenarnya. Pada penelitian ini, atribut data yang digunakan hanya tanggal (bulan dan tahun), produksi, pada CPO.

2.4 Tahapan Metode

2.4.1 Data Selection

Data yang diterapkan dalam penelitian ini yaitu data tahunan pada 10 tahun terakhir mengenai data produksi CPO.

Tabel 1. Dataset produksi cpo

Bulan	Tahun	Produksi CPO(Kg)
Jan	2013	4.343.312
Feb	2013	4.122.340
Mar	2013	4.273.276
Apr	2013	5.345.232

Mei	2013	5.587.410
Juni	2013	5.412.093
Juli	2013	4.282.367
Agus	2013	5.518.673
Sept	2013	6.312.323
Okt	2013	6.126.112
Nov	2013	7.894.321
Des	2013	7.357.292
...
Des	2022	6.198.280

2.4.2 Triple Exponential Smoothing

Metode Triple Exponential Smoothing bertujuan untuk menangani faktor kecenderungan pada sebuah data time series, yang merupakan peristiwa terhadap suatu pengamatan yang dikumpulkan secara teratur oleh urutan waktu pada setiap periode waktu (Yusuf et al., 2022). Terdapat tiga unsur dalam Triple Exponential Smoothing yang menggunakan tiga pembobotan proses peramalan (Hudori, 2016). Tiga bobot tersebut memiliki rentang nilai 0 sampai satu. Adapun rumus persamaan yang digunakan dapat dilihat pada nomor (1)-(4), dibawah ini:

a. Pemulusan untuk data

$$S_t = \alpha \frac{x_t}{SN_{t-1}} (1 - \alpha) (S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (1)$$

b. Pemulusan untuk trend

$$T_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (2)$$

c. Pemulusan untuk musiman

$$SN_t = \gamma \left(\frac{x_t}{S_t} \right) + (1 - \gamma) SN_{t-L} \quad (3)$$

d. Permalan

$$F_{t+m} = (S_t + T_t) SN_{t-L+m} \quad (4)$$

Penjelasan:

SN_t = pemulusan musiman

X_t = data sesungguhnya pada waktu ke-t

T_t = pemulusan musiman /

mempresentasikan nilai trend pada titik waktu t

T_{t-1} = mempresentasikan nilai trend untuk titik waktu sebelumnya

α, β, γ = mempresentasikan parameter pembobotan dengan rentang 0-1

S_t = pemulusan trend / mempresentasikan nilai musim untuk tiap waktu t
 L = panjangnya musim
 M = periode ke depan peramalan
 S_{t-1} = mempresentasikan nilai musiman pada musim sebelumnya

Setelah memperoleh data yang sudah diproses sehingga mendapatkan jumlah produksi yang jelas, selanjutnya data akan diolah menggunakan Software dari R Studio dengan metode TES dan ARIMA.

2.4.3 Autoregressive Integrated Moving Average

Metode ARIMA untuk meramalkan data deret waktu untuk jangka pendek. George Box dan Gwilym Jenkins mengembangkan metode Box-Jenskin pada tahun 1970 (Yuniarti et al., 2022). Model ARIMA ditunjukkan dengan tiga orde yaitu p , d , q , sebagai berikut:

$$\Phi_p(B)(1-B)^d Z_t = \theta_q(B) a_t \quad (5)$$

Penjelasan:

Penjelasan:

p : orde autoregressive (derejat model AR)
 d : adalah orde integrasi (jumlah pembobotan yang dilakukan pada data time series sebelumnya)

q : orde moving average (derejat model MA)

Z_t : deret waktu stasioner

a_t : sisaan pada saat ke- t

θ_{pq} : koefisien parameter ke- p atau ke- q

B : operator backshift

$$\Phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p) \quad (6)$$

merupakan operator AR (p)

$$\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q) \quad (7)$$

merupakan operator MA (q)

Rumus di atas merupakan rumus umum untuk model ARIMA. Namun, dalam praktiknya, penentuan nilai p , d , dan q sering melibatkan analisis dan pengujian yang lebih kompleks menggunakan teknik seperti analisis Autocorrelation Function dan Partial Autocorrelation Function serta metode pengujian statistik lainnya seperti Akaike Information Criterion atau Bayesian Information Criterion

(Yunita, 2019). Pada prosedur Box-Jenskin terdapat empat tahapan di dalamnya (Elvani et al., 2016), dapat dilihat sebagai berikut:

a. Mengidentifikasi Model

Dalam mengidentifikasi model perlu dilakukan pengecekan data menggunakan ACF dan PACF. Dalam pengidentifikasi model proses differencing akan dilakukan apabila data tidak stasioner. ACF merupakan ukuran korelasi antara Z_t dan Z_{t+k} pada data, Sedangkan PACF merupakan ukuran korelasi antara Z_t dan Z_{t+k} (Salwa et al., 2018). Setelah mendapat pengaruh dependensi linier pada variabel yang mengintervensi variabel Z_{t+1} , Z_{t+2} , ..., Z_{t+k-1} dihilangkan (Setiyowati et al., 2018). Identifikasi model ARIMA dapat dilakukan dengan melihat plot ACF dan plot PACF, sebagai berikut.

Tabel 2. Plot ACF dan plot PACF model ARIMA nonmusiman

Model	ACF	PACF
AR (p)	Turun secara eksponensial (<i>dies down</i>)	terputus setelah lag p (<i>cut off after lag p</i>)
MA (q)	Terputus setelah lag q (<i>cut off after lag q</i>)	turun secara eksponensial (<i>dies down</i>)
ARMA (p, q)	turun secara eksponensial (<i>dies down</i>)	turun secara eksponensial (<i>dies down</i>)

b. Mengestimasi Parameter

Selanjutnya pada proses estimasi menggunakan metode Ordinary Least Square, Maximum Likelihood Estimation. Proses tersebut berguna untuk memeriksa signifikansi sudah akurat atau tidaknya suatu parameter. Hipotesis dari uji signifikansi ini yaitu:

$$H_0: \phi_p = 0 \text{ atau } \theta_q = 0$$

$$H_1: \phi_p \neq 0 \text{ atau } \theta_q \neq 0$$

Statistik Uji:

$$t = \frac{\hat{\phi}_p}{SE(\hat{\phi}_p)} \text{ atau } t = \frac{\hat{\theta}_q}{SE(\hat{\theta}_q)} \quad (8)$$

Daerah penolakan H_0 merupakan jika $|t| > t_{\alpha/2, n-p}$ artinya nilai n menyatakan bahwa banyak observasi dari data deret waktu dan p menyatakan jumlah parameter suatu model.



c. Uji Diagnostik

Pemeriksaan diagnostik (Diagnostic Checking) merupakan pengecekan pembuktian model asumsi (Susilawati & Sunendiari, 2022). Penelitian ini memakai metode pengujian Ljung-Box, hipotesisnya sebagai berikut:

$$H_0: \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$$

H_1 : minimal ada satu $\rho_i \neq 0$, untuk $i = 1, 2, \dots, k$
 Statistik Uji:

$$tQ = n(n+2) \sum_{i=1}^k \frac{\hat{\rho}_i^2}{(n-1)} \quad (9)$$

H_0 akan ditolak apabila $Q > \chi_{\alpha}^2, df$ atau nilai p -value $< \alpha$, dengan $df=k-p-q$. Untuk mengetahui sebuah asumsi yang memiliki distribusi normal maupun tidak menggunakan uji Kolmogorov Smirnov, berikut hipotesisnya:

$$H_0: F(x) = F_0(x) \text{ (residual berdistribusi normal)}$$

$$H_1: F(x) \neq F_0(x) \text{ (residual tidak berdistribusi normal)}$$

Statistik uji:

$$D = \text{Sup}|S(x) - F_0(x)| \quad (10)$$

H_0 ditolak apabila nilai $D > D_{(1-\alpha, n)}$ atau p -value $< \alpha$

d. Peramalan

Tahap peramalan dapat dilakukan apabila parameter model sudah dianggap signifikan dan memenuhi uji asumsi.

2.4.4 Evaluasi

Ramalan MAPE digunakan pada tahapan ini. MAPE merupakan pengukuran akurasi atau peramalan yang bertujuan untuk memberikan informasi kesalahan peramalan (Fejriani et al., 2020). Semakin rendah nilai presentasi error pada MAPE maka semakin tepat hasil prediksi tersebut. Di bawah ini adalah rumus untuk mencari MAPE:

$$APE = \left| \frac{At - F}{At} \right| \times 100 \% \quad (11)$$

$$MAPE = \frac{|\sum APE|}{n} \quad (12)$$

Penjelasan:

At = data sesungguhnya pada periode t

F_t = data prediksi pada periode t

n = banyaknya data

$||$ = mutlak

MAPE memberikan hasil yang lebih akurat dalam runtun waktu yang berfungsi untuk melihat akurasi peramalan menggunakan nilai MAPE. Berikut terdapat 4 kriteria detail kategori nilai MAPE.

Tabel 3. Arti nilai mape

Rentang MAPE	Penjelasan
< 10 %	Kemampuan model peramalan sangat baik
10 – 20 %	Kemampuan model peramalan baik
20 – 50 %	Kemampuan model peramalan cukup
> 50 %	Kemampuan model peramalan buruk

2.5 Kesimpulan

Hasil yang dapat disimpulkan pada penelitian ini mengenai hasil peramalan metode Triple Exponential Smoothing dan ARIMA menggunakan MAPE.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Metode Triple Exponential Smoothing

Pada tahapan pengujian metode TES dan ARIMA, terdapat langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut:

a. Langkah pertama, siapkan data aktual produksi dari CPO beserta runtun waktunya dari 2013-2022. Terdapat tiga kolom pada tabel 3 yaitu tanggal, produksi, peramalan CPO (Kg). Adapun sampel data dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut:

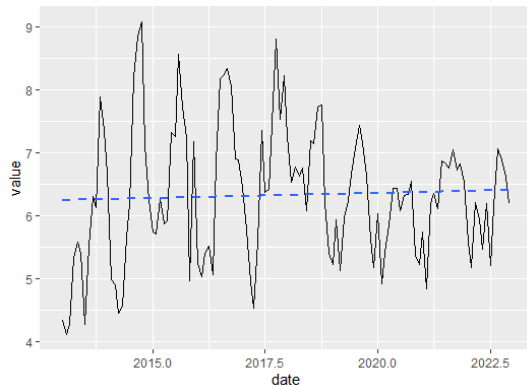
Tabel 4. Data produksi CPO

Nomor	Tanggal	Produksi
1	Jan-2013	4.343.312
2	Feb-2013	4.122.340
3	Mar-2013	4.273.276
4	Apr-2013	5.345.232
5	Mei-2013	5.587.410
6	Jun-2013	5.412.093
7	Jul-2013	4.282.367
8	Agus-2013	5.518.673
9	Sept-2013	6.312.323
10	Okt-2013	6.126.112
11	Nov-2013	7.894.321
12	Des-2013	7.357.292



--	--	--
120	Des-2022	6.198.280

Pada tabel 4, setelah didapatkan peramalan dari hasil produksi CPO selama 10 terakhir, maka selanjutnya data digunakan untuk melihat grafik menggunakan Software RStudio dengan metode Triple Exponential Smoothing dan ARIMA. Adapun grafik dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Plot Data Produksi CPO

Berdasarkan pada gambar 2, data produksi sudah diproses seleksi terlebih dahulu. Sehingga data tersebut kemudian akan digunakan dengan metode triple exponential smoothing dan arima. Penjelasan mengenai grafik, dapat dilihat bahwa pada penamaan date merupakan periode, sedangkan pada penamaan value merupakan data produksi CPO. Kemudian terdapat garis trend yang melintang cenderung naik.

b. Selanjutnya memasukkan salah satu sampel data ke dalam persamaan dasar TES untuk tiga parameter yaitu alpha, beta, dan gamma dengan rentang 0-1 merupakan rentang nilai terbaik. Nilai parameter yang digunakan nantinya akan dipilih sesuai ketetapan peneliti. Adapun persamaan (1), (2), (3), dan (4) digunakan sesuai parameter yang ditentukan, sebagai berikut:

1. Pada nilai parameter $\alpha = 0$, $\beta = 0$, $\gamma = 0$, ditemukan:

$$S_t = 0 \left(\frac{X_t}{S_{Nt-1}} \right) + (1-0) (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$S_t = (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = 0 (S_t - S_{t-1}) + (1-0) T_{t-1}$$

$$T_t = T_{t-1}$$

$$S_{Nt} = 0 \left(\frac{X_t}{S_t} \right) + (1-0) S_{Nt-L}$$

$$S_{Nt} = S_{Nt-L}$$

2. Dengan nilai parameter $\alpha = 01$, $\beta = 1$, $\gamma = 1$, ditemukan:

$$S_t = 1 \left(\frac{X_t}{S_{Nt-1}} \right) + (1-1) (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$S_t = (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = 1 (S_t - S_{t-1}) + (1-1) T_{t-1}$$

$$T_t = T_{t-1}$$

$$S_{Nt} = 1 \left(\frac{X_t}{S_t} \right) + (1-1) S_{Nt-L}$$

$$S_{Nt} = S_{Nt-L}$$

Keterangan:

S_t = pemulusan trend / mempresentasikan nilai musim untuk tiap waktu t

T_t = pemulusan musiman / mempresentasikan nilai trend pada titik waktu t

S_{Nt} = musiman pemulusan

X_t = data sesungguhnya pada waktu ke-t

S_{t-1} = mempresentasikan nilai musiman pada musim sebelumnya

T_{t-1} = mempresentasikan nilai trend untuk titik waktu sebelumnya

m = periode ke depan peramalan

L = panjangnya musim

$(\alpha)(\beta)(\gamma)$ = mempresentasikan parameter pembobotan dengan rentang 0-1

F_{t+m} = nilai peramalan

3.1.1 Pemilihan Nilai Awal

Pemilihan nilai awal diperlukan untuk pemulusan data (1), trend (2), dan musiman (3) pada algoritma *triple exponential smoothing*. Untuk parameter L diartikan sebagai panjang musiman yaitu $L = 12$, sesuai dengan data pada jumlah bulan dalam satu tahun. Adapun cara penentuan nilai awal, sebagai berikut:

1. Nilai awal pada pertemuan data periode ke-12 dengan notasi S_{12} :

$$S_{12} = \frac{1}{12} (X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_t)$$

$$S_{12} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} X_t$$

2. Nilai awal pada pemulusan nilai trend periode ke-12 dengan b_{12} :



$$T12 = \frac{1}{12} \left(\frac{X_{12+1}-X_1}{12} + \frac{X_{12+12}-x_2}{12} + \dots + \frac{x_{12+12}-x_{12}}{12} \right)$$

$$T12 = \frac{1}{12} \left(\frac{X_{13}-X_1}{12} + \frac{X_{14}-X_2}{12} + \dots + \frac{X_{24}-X_{12}}{12} \right)$$

3. Nilai awal pada musiman

$$SN_2 = \frac{X_2}{Ls}$$

$$SN_3 = \frac{X_3}{Ls}$$

·
·
·

$$SN_t = \frac{X_{Nt}}{Ls}$$

Untuk mendapatkan SN2 sampai seterusnya, maka lanjutkan rumus dengan cara seperti diatas.

3.1.2 Perhitungan Nilai Manual

sesudah mendapatkan nilai awal memakai rumus, lalu selanjutnya hitunglah nilai smoothing (pemulusan) untuk kurun waktu berikutnya yaitu ke 13. Pada tahap ini menetapkan $\alpha = 0.5$, $\beta = 0,004$. $\gamma = 1,0$ untuk periode selanjutnya. Nilai didapatkan berdasarkan persamaan seperti di bawah ini:

$$S_{13} = 0,5 \left(\frac{X_t}{SN-1t} \right) + (1-0,7) (S_{t-1} + T_{t-1})$$

Setelah itu dilakukan pencarian pemulusan *trend* seperti di bawah ini:

$$T13 = 0,004 (St - St-1) + (1 - 0,02) Tt-1$$

Setelah itu dilakukan pencarian pemulusan musiman seperti di bawah ini:

$$SN13 = 1 \left(\frac{X_{13}}{S_{13}} \right) + (1 - 1) SN13-12$$

Lanjutkan sampai periode ke- 120 dengan cara yang sama.

3.1.3 Perhitungan Peramalan

Perhitungan peramalan menjadi tahap terakhir yang dilakukan pada algoritma triple exponential smoothing dengan menggunakan Software R Studio. Dilakukan percobaan

peramalan pada periode ke-25, dan mendapatkan hasil seperti di bawah ini:

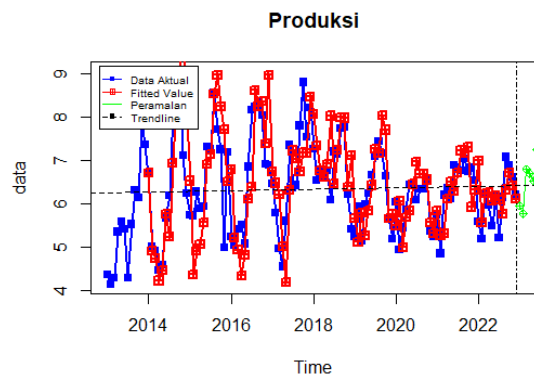
$$F_{24+1} = (S_{24} + T_{24m}) SN_{24-12+1}$$

Setelah mendapatkan hasil dari periode ke-25, maka untuk periode ke-120 selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama. Hasil peramalan produksi CPO dari tahun 2013 – 2023 akan ditunjukkan dengan tabel 4 dan gambar 3, menggunakan tools R studio, seperti di bawah ini:

Tabel 5. Hasil peramalan produksi cpo triple exponential smoothing

Bulan/Tahun	CPO (Kg)	Peramalan
Jan-2013	4.343.312	5.540.599
Feb-2013	4.122.340	5.004.288
Mar-2013	4.273.276	5.517.632
Apr-2013	5.345.232	5.475.636
Mei-2013	5.587.410	5.381.264
Jun-2013	5.412.093	5.961.964
Jul-2013	4.282.367	5.755.322
--	--	--
Jan-2023	--	5.955.012
Feb-2023	--	5.760.100
Mar-2023	--	6.793.251
Apr-2023	--	6.694.287
Mei-2023	--	6.526.628
Jun-2023	--	7.240.634
Jul-2023	--	6.728.262
Ags-2023	--	7.469.485
Sept-2023	--	7.994.998
Okt-2023	--	7.716.414
Nov-2023	--	7.333.490
Des-2023	--	6.876.142

Berdasarkan pada tabel 5, diketahui hasil setelah dilakukan peramalan dengan menggunakan *software Rstudio*. Dapat dilihat pada tabel tersebut peramalan produksi *Crude Palm Oil* (CPO) untuk kurun waktu 12 bulan.



Gambar 3. Grafik hasil prediksi TES



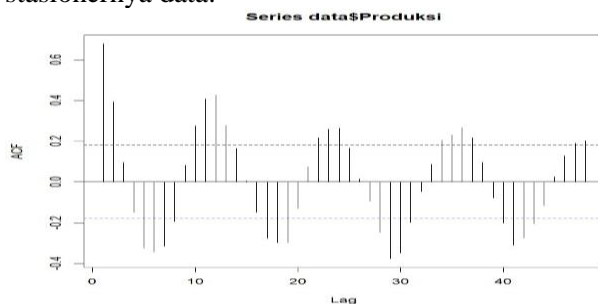
Gambar 3 tersebut menunjukkan hasil grafik peramalan menggunakan metode *triple exponential smoothing*. Pada grafik, garis berwarna biru menunjukkan data produksi CPO, garis berwarna merah menunjukkan *fited value* yang didapatkan, lalu pada garis warna hijau ialah hasil peramalan 12 bulan, sedangkan garis berwarna hitam ialah trendline.

3.2 Metode Autoregressive Integrated Moving Average

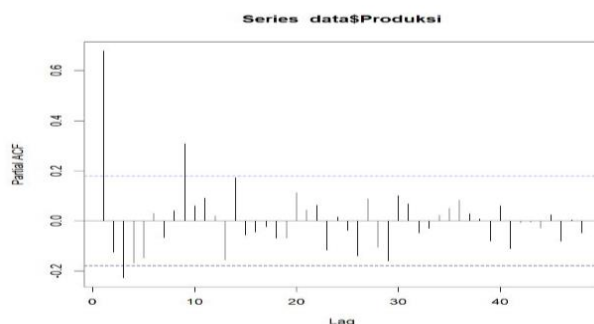
Pengujian berikutnya menggunakan metode ARIMA, berikut langkah perhitungannya:

a. Identifikasi ARIMA

Pada penelitian dilakukan identifikasi guna berfungsi untuk melihat stasioner atau tidak stasionernya data.



Gambar 4. Plot ACF dan PACF Data Produksi CPO



Gambar 5. Plot PACF Data Produksi CPO

Pada gambar 4 dan 5 merupakan plot ACF dan PACF diketahui data masih berbentuk non stasioner. Plot ACF turun secara eksponensial (menurun) sedangkan PACF terputus setelah lag 1 atau terputus pada lag 1. Oleh karena itu, model yang dihasilkan adalah model AR (1) atau ARIMA (1,0,0). Nilai $p = 1$, nilai $d = 0$ karena tidak dilakukan differencing, dan nilai $q = 0$. Tahap selanjutnya yaitu mengestimasi parameter menggunakan metode ordinary least square.

b. Mengestimasi Parameter

Setelah diperoleh model ARIMA (1,0,0), kemudian ordinary least square digunakan dalam proses estimasi parameter.

Tabel 6. Uji estimasi parameter ols data produksi cpo

Model	Coefisien	S.e Coefisien	AIC
AR (1)	1.5460	0.0961	3593.9

c. Uji Diagnostik

Model yang digunakan pada penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui model tersebut dapat digunakan dalam peramalan atau tidak. Terdapat uji asumsi residual untuk uji diagnostik yang terbagi menjadi 2 bagian, yaitu: Uji *White Noise* dan Uji *Distribusi Normal*, sebagai berikut:

1. Pengujian White Noise

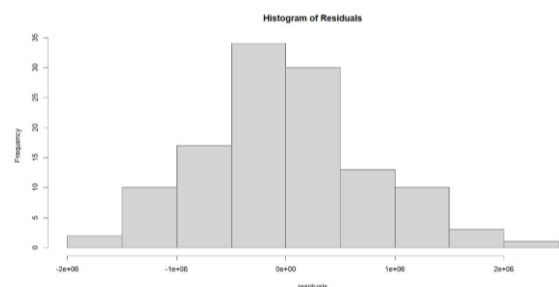
Tabel 7. Pengujian White Noise data produksi cpo

Model	Chi-Square	Df	p-value AR
(1)	46.68	36	0.1095

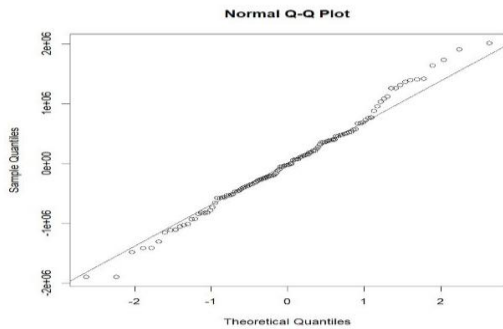
Berdasarkan hasil dari tabel 6, menunjukkan $p - value = 0.1095 > 0.05$, bahwa gangguan atau noise (Nt) dengan residual model ARIMA (2,0,2) white noise sudah terpenuhi.

2. Pengujian Distribusi Normal

Sedangkan pengujian distribusi normal, menggunakan *Quantile Plot* dan *Shapiro.test* dan didapatkan hasil seperti di bawah ini:



Gambar 6. Histogram residual model arima data produksi CPO



Gambar 7. Plot *quantile* residual data produksi CPO

Berdasarkan gambar 6 dan 7 dengan model ARIMA (2,0,2) sedangkan *Shapiro.test* mendapatkan $p\text{-value} = 0.6077$. Hasil menunjukkan nilai $p\text{-value} > 0.05$ yang berarti bahwa residual berdistribusi normal. Maka data tidak harus dinormalkan dengan cara transformasi.

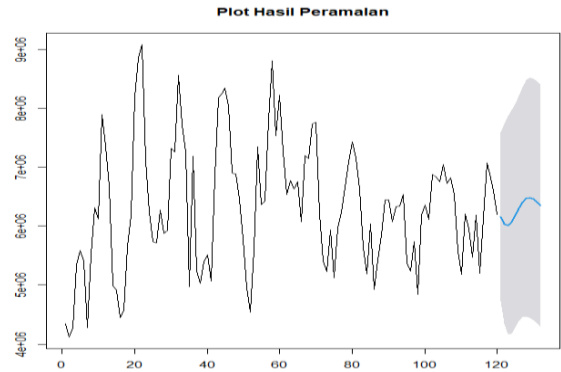
d. Peramalan

ARIMA merupakan metode peramalan yang didapat pada beberapa tahapan untuk mencari model terbaik. Dilakukan peramalan guna mengetahui jumlah produksi CPO untuk satu tahun kedepan.

Tabel 8. Hasil peramalan produksi CPO ARIMA

Bulan/Tahun	Peramalan CPO (Kg)
Jan-2023	6.165.251
Feb-2023	6.041.949
Mar-2023	6.015.312
Apr-2023	6.071.853
Mei-2023	6.071.853
Jun-2023	6.303.350
Jul-2023	6.407.452
Ags-2023	6.470.937
Sep-2023	6.486.578
Okt-2023	6.460.444
Nov-2023	6.407.646
Des-2023	6.346.730

Pada tabel 9 menggunakan metode ARIMA mendapatkan hasil peramalan dengan memanfaatkan software Rstudio.



Gambar 8. Grafik Hasil Peramalan ARIMA

Pada gambar 8 menunjukkan grafik hasil peramalan dengan menggunakan *software Rstudio* untuk garis berwarna hitam menunjukkan data aktual, sedangkan garis berwarna biru menunjukkan hasil peramalan 12 periode kedepan.

3.3 Evaluasi

Langkah selanjutnya mengolah data pada pengujian MAPE dilakukan perhitungan dengan menghitung selisih nilai hasil peramalan dengan nilai data aktual atau produksi kemudian mencari ketepatan peramalan sebagai berikut:

$$APE = \left| \frac{At - F}{At} \right| \times 100 \% \quad (13)$$

$$MAPE = \frac{|\sum APE|}{n} \quad (14)$$

Tabel 9. Hasil perhitungan tes dan arima dengan MAPE

No.	Metode	MAPE
1	TES	10.1%
2	ARIMA	1.4%

Berdasarkan nilai MAPE pada tabel 10 maka diperoleh hasil prediksi 10.1% pada peramalan data produksi *Crude Palm Oil (CPO)* menggunakan metode *triple exponential smoothing* serta 1.4% di ARIMA.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian metode ARIMA untuk rentang nilai MAPE pada Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa kemampuan peramalan sangat baik karena nilai MAPE antara $< 10\%$. Sedangkan *Triple Exponential Smoothing* tergolong kemampuan prediksi yang baik di kisaran antara 10 sampai dengan 20%. Metode yang digunakan pada penelitian ini berhasil memprediksi produksi CPO dalam

mengantisipasi dan mengontrol suatu kemungkinan yang akan terjadi dalam memproduksi CPO yaitu dengan menggunakan metode ARIMA.

Referensi

- Boy, A. (2020). Implementasi Data Mining Dalam Memprediksi Harga Crude Palm Oil (CPO) Pasar Domestik Menggunakan Algoritma Regresi Linier Berganda (Studi Kasus Dinas Perkebunan Provinsi Sumatera Utara). *Journal of Science and Social Research*, 4307(2), 78–85. <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JS SR>
- Elvani, S. P., Utary, A. R., & Yudaruddin, R. (2016). Peramalan Jumlah Produksi Tanaman Kelapa Sawit dengan Menggunakan Metode Arima. *Jurnal Manajemen*, 8(1), 95–112. <https://journal.feb.unmul.ac.id/index.php/JURNALMANAJEMEN/article/view/1189> <https://journal.feb.unmul.ac.id/index.php/JURNALMANAJEMEN/article/download/1189/115>
- Fejriani, F., Hendrawansyah, M., Muharni, L., Handayani, S. F., & Syaharuddin. (2020). Forecasting Peningkatan Jumlah Penduduk Berdasarkan Jenis Kelamin menggunakan Metode Arima. *Jurnal Kajian, Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, 8(1 April), 27–36. <http://journal.ummat.ac.id/index.php/geography/article/view/2261/pdf>
- Hudori, M. (2016). Dampak Kerugian dan Usulan Pemecahan Masalah Kualitas Crude Palm Oil (CPO) di Pabrik Kelapa Sawit. *Industrial Engineering Journal*, 5(1), 40–45.
- Jambak, Azanuddin, A. C. (2020). Data Mining untuk Memprediksi Penjualan Buah Sawit Menggunakan Metode Multi Regresi Pada PT. Karya Hevea Indonesia. *Jurnal CyberTech*, September, 1–10.
- Jayanti, N. K. D. A., Atmojo, Y. P., & Wiadnyana, I. G. N. (2015). Penerapan Metode Triple Exponential Smoothing pada Sistem Peramalan Penentuan Stok Obat. *Jurnal Sistem Dan Informatika Informatika (JSI)*, 9(2), 13–23.
- Lestari, S., Ahmar, A. S., & Ruliana, R. (2020). Eksplorasi Metode Triple Exponential

- Smoothing Pada Peramalan Jumlah Penggunaan Air Bersih di PDAM Kota Makassar. *VARIANSI: Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research*, 2(3), 128. <https://doi.org/10.35580/variasiunm14641>
- Lette, E., Zunaidi, M., & Maya, W. R. (2022). *Prediksi Penjualan Crude Palm Oil (CPO) Menggunakan Metode Regresi Linear Berganda. I*(Mei), 128–138.
- Nurlaily, D., Silfiani, M., & Hayati, N. F. (2022). Perbandingan Metode Arima, Dan Triple Exponential Smoothing Pada Studi Kasus Data Ekspor Non Migas di Kalimantan Timur. *Jurnal SNATI, I*, 10–16.
- Oktarina, T., Studi, P., Informasi, S., Komputer, F. I., Darma, U. B., Studi, P., Informatika, T., Komputer, F. I., Darma, U. B., & Palembang, K. (2018). *Peramalan Produksi Crude Palm Oil (CPO) Menggunakan Metode ARIMA pada PT . Sampoerna. November*, 252–260.
- Patricia, C. O. S. (2021). *Peramalan Harga Crude Palm Oil (CPO) Menggunakan Metode Single Exponential Smoothing dan Fuzzy Time Series. 3*(2), 1–6.
- Rahmadani, M. N., Sulistianingsih, E., & Perdana, H. (2018). *Peramalan Produksi Kelapa Sawit Dengan Metode WINTER'S Exponential Smoothing dan Pegels Exponential Smoothing. 07*(2), 1–8.
- Salwa, N., Tatsara, N., Amalia, R., & Zohra, A. F. (2018). Peramalan Harga Bitcoin Menggunakan Metode ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average). *Journal of Data Analysis, I*(1), 21–31. <https://doi.org/10.24815/jda.v1i1.11874>
- Setiyowati, E., Rusgiyono, A., & Tarno, T. (2018). Model Kombinasi Arima Dalam Peramalan Harga Minyak Mentah Dunia. *Jurnal Gaussian*, 7(1), 54–63. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.v7i1.26635>
- Susilawati, R., & Sunendiari, S. (2022). Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Menggunakan Metode Arima dan Grey System Theory. *Jurnal Riset Statistika*, 2(Juli), 1–13. <https://doi.org/10.29313/jrs.vi.603>
- Syahputri, S., Sinurat, S., & Saputra, I. (2021). Prediksi Kebutuhan Energi Listrik pada PT. PLN (Persero) Rayon Aek Nabara dengan

- Metode Exponential Smoothing. *Journal of Informatics*, 1(1), 1–9.
- Utari, N. T. (2017). *Karoseri dengan Menggunakan Metode Exponential Smoothing*. 7(Mei), 59–67.
- Yuniarti, T., Astuti, J., Rusmar, I., & ... (2022). Komparasi Metode Regresi Linier, Exponential Smoothing dan ARIMA pada Peramalan Volume Ekspor Minyak Kelapa Sawit di Indonesia. *E-Journal On*, 3(1), 1–15.
<http://inventory.poltekatiptdg.ac.id/index.php/inventory/article/view/74>
- Yunita, T. (2019). Peramalan Jumlah Penggunaan Kuota Internet Menggunakan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Tasna Yunita. *JOMTA Journal of Mathematics: Theory and Applications*, 1(2), 16–22.
- Yusuf, A., Kusrini, K., & Muhammad, A. H. (2022). Perbandingan Additive dan Multiplicative Exponential Smoothing Terhadap Prakiraan Kualitas Udara di Banjarmasin. *Jurnal ELTIKOM*, 6(1), 40–55.
<https://doi.org/10.31961/eltikom.v6i1.507>

