



PERAMALAN JUMLAH PRODUKSI TANDAN BUAH SEGAR (TBS) KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN METODE *FUZZY TIME SERIES* (STUDI KASUS: PT KALIMANTAN SAWIT KUSUMA)

Rizka Indriyani Pratiwi, Nur Salam, Hj. Maisarah

Program Studi Statistika Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat
Jl. A. Yani KM. 36, Banjarbaru 70714, Kalimantan Selatan
Email: rizkaindriyani661@gmail.com

ABSTRACT

Palm oil is a type of plantation crop that occupies an important position in the agricultural and plantation sectors. This is because oil palm is the largest producer of economic value per hectare in the world. The oil produced by palm oil comes from Fresh Fruit Bunches (FFB) which consist of various levels of maturity. PT Kalimantan Sawit Kusuma is experiencing instability in the amount of production, so forecasting is needed to estimate how to keep the amount of production stable. The method used is fuzzy time series (FTS), which is data forecasting that applies fuzzy sets as a basis for forecasting modeling by processing past data patterns to be applied in predicting future data. The goal is to obtain forecasting results for FFB production from April 2023 to December 2023 and obtain a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) value. Forecasting results of Palm Oil FFB Production applying FTS Lee Order 1 in April 2023 to December 2023 are 8,412, 8,309, 8,309, 8,309, 8,309, 8,309, 8,309, 8,309 and 8,309 tons with a MAPE value of 9.07046%. While the forecasting results for Palm Oil FFB Production using FTS Lee Order 2 for April 2023 to December 2023 are 7,309, 8,559, 7,309, 8,559, 7,309, 7,309, 8,559 and 7,309 tons with a MAPE value of 4.80541%.

Keywords: *Fresh Fruit Bunches, Palm Oil, Fuzzy Time Series, Forecasting*

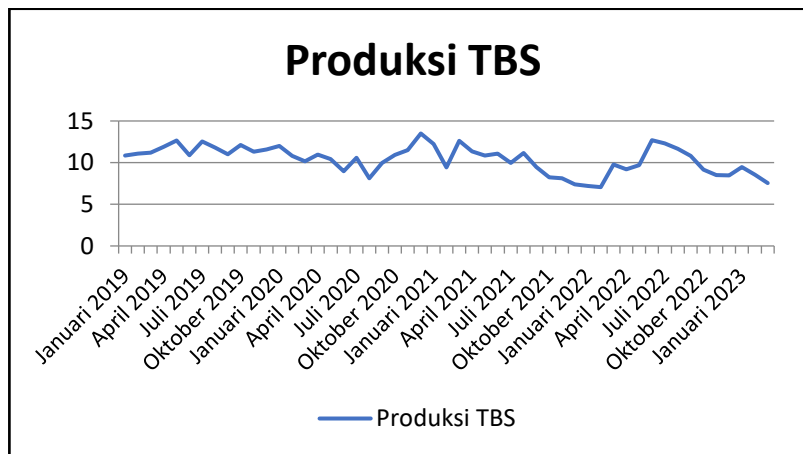
ABSTRAK

Kelapa Sawit adalah salah satu jenis tanaman perkebunan yang menduduki posisi penting dalam sektor pertanian dan sektor perkebunan. Hal ini disebabkan kelapa sawit merupakan penghasil nilai ekonomi terbesar per hektarnya di dunia. Minyak yang di produksi kelapa sawit berasal dari Tandan Buah Segar (TBS) yang terdiri dari berbagai tingkat kematangan. PT Kalimantan Sawit Kusuma mengalami ketidakstabilan dalam jumlah produksi sehingga di perlukan peramalan untuk memperkirakan cara supaya jumlah produksi nya tetap stabil. Metode yang digunakan yaitu *fuzzy time series (FTS)*, yang merupakan peramalan data yang menerapkan himpunan *fuzzy* sebagai dasar pemodelan peramalan dengan mengolah pola data masa lalu untuk diterapkan dalam meramalkan data yang akan datang. Adapun tujuannya adalah memperoleh hasil peramalan Produksi TBS bulan April 2023 hingga Desember 2023 dan memperoleh nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil peramalan Produksi TBS Kelapa Sawit menerapkan FTS Lee Orde 1 pada bulan April 2023 hingga Desember 2023 adalah 8.412, 8.309, 8.309, 8.309, 8.309, 8.309, 8.309 dan 8.309 ton dengan nilai MAPE sebesar 9.07046 %. Sedangkan hasil peramalan Produksi TBS Kelapa Sawit menerapkan FTS Lee Orde 2 bulan April 2023 hingga Desember 2023 adalah sebesar 7.309, 8.559, 7.309, 8.559, 7.309, 7.309 dan 7.309 ton dengan nilai MAPE sebesar 4.80541 %.

Kata Kunci: Tandan Buah Segar, Kelapa Sawit, *Fuzzy Time Series*, Peramalan

PENDAHULUAN

Pada tahun 2018, provinsi Kalimantan Tengah berada di urutan ketiga di Indonesia sebagai penghasil kelapa sawit dengan luas mencapai 1 hektar. Produksi perkebunan kelapa sawit adalah sebesar 5.524 ton, dimana 277.701 ton dari produksi perkebunan rakyat dan 4.880.083 ton dari produksi perusahaan swasta. PT Kalimantan Sawit Kusuma (KSK) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri perkebunan kelapa sawit. Perusahaan ini juga mengalami perubahan hasil produksi dari waktu ke waktu seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Produksi TBS PT Kalimantan Sawit Kusuma

Berdasarkan data pada Gambar 1 Tahun 2019 hingga tahun 2023 Produksi Tanda Buah Segar (TBS) pada PT Kalimantan Sawit Kusuma mengalami penurunan tahun 2019 total produksi TBS sebanyak 138.866 ton, tahun 2020 total produksi TBS sebanyak 127.904 ton, tahun 2021 total produksi TBS sebanyak 121.953 ton, tahun 2022 total produksi TBS sebanyak 116.520 ton, dan tahun 2023 total hasil produksi sementara yaitu 25.580 ton.

Hal ini menjadi tantangan bagi PT Kalimantan Sawit Kusuma, bagaimana caranya memperkirakan jumlah produksi TBS Kelapa Sawit agar tetap stabil sehingga kerugian akibat kurangnya produksi TBS kelapa sawit tidak terjadi kembali. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem yang mampu melakukan peramalan terhadap jumlah produksi TBS. Salah satu metode peramalan yang dapat diterapkan untuk mengatasi masalah ketidakpastian adalah metode *fuzzy time series*.

Fuzzy time series (FTS) merupakan peramalan data yang menerapkan himpunan *fuzzy* sebagai dasar pemodelan peramalan. Peramalan dengan FTS merupakan peramalan dengan mengolah pola data masa lalu kemudian diterapkan untuk meramalkan data yang akan datang. FTS mempunyai kelebihan berupa tidak memerlukan jumlah data historis dalam jumlah banyak dan tidak memerlukan asumsi dalam melakukan peramalan. FTS memiliki beberapa model salah satunya

yaitu FTS model Lee yang dikembangkan dari model Song dan Chissom, Cheng, dan Chen dalam meramalkan suatu nilai dimasa yang akan datang.

Dalam penelitian terdahulu yakni penelitian yang dilakukan oleh Adji Prasetyo, dkk. (2021) dengan judul “Prediksi Produksi Kelapa Sawit Menggunakan Metode Regresi Linier Berganda”. Metode peramalan yang digunakan pada penelitian ini adalah Regresi Linier Berganda dengan variabel *predictor* yang digunakan dalam memprediksi adalah bulan, curah hujan, umur luas lahan, jumlah pokok, jumlah tandan, rerata berat, dengan variabel terikat yaitu hasil produksi kelapa sawit. Hasil penelitian menunjukkan persamaan Regresi Linier Berganda yang didapatkan yaitu $Y = -415337,95 + 1073,82208X_1 + 3736,68741X_2 + 15306,629X_3 + -621,89932X_4 + 11,7449262X_5 + 7,47948459X_6 + 33441,5621X_7$ dengan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 14.28%.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu terdapat pada metode yang digunakan, lokasi penelitian dan juga variabel yang diterapkan. Adapun tujuan penelitian ini untuk mengetahui peramalan jumlah produksi TBS kelapa sawit di PT KSK menggunakan metode FTS *Lee* serta mengetahui nilai MAPE jumlah produksi kelapa sawit di PT KSK.

TINJAUAN PUSTAKA

Analisis Runtun Waktu (*Time series*)

Analisis runtun waktu pertama kali diperkenalkan dan dikembangkan pada tahun 1970 oleh Box dan Jenkins. Runtun waktu adalah himpunan observasi terurut dalam waktu atau dalam dimensi lain. Waktu antara dua observasi yang berurutan biasanya adalah konstan atau tidak dapat dilakukan akumulasi terhadap observasi untuk suatu periode waktu yang digunakan tidak benar-benar konstan misalnya bulan kalender. Data runtun waktu yaitu data yang dikumpulkan dari waktu ke waktu untuk melihat perkembangan suatu kegiatan, dimana bila data digambarkan akan menunjukkan fluktuasi dan dapat digunakan untuk dasar penarikan trend yang dapat digunakan untuk dasar peramalan yang berguna untuk dasar perencanaan dan penarikan kesimpulan (Supranto, 2001).

Metode *Fuzzy Time series*

Menurut Danung (2021) *Fuzzy Time series (FTS)* merupakan salah satu metode peramalan data yang menggunakan konsep himpunan *fuzzy* sebagai dasar perhitungannya. Sistem peramalan menggunakan metode ini bekerja dengan mengembalikan pola data aktual, yang kemudian digunakan untuk meramalkan data yang akan datang.

Menurut (Qiu, Liu, & Li, 2011) tahapan proses *Fuzzy Time series* adalah yaitu:

1. Menentukan himpunan semesta pembicaraan (U) data aktual dengan rumus berikut:

$$U = [D_{min} - Z_1, D_{max} + Z_2] \quad (2.1)$$

Keterangan:

D_{min} = Data minimal

D_{max} = Data Maksimum

Z_1 dan Z_2 = Bilangan positif sembarang

2. Menentukan banyaknya himpunan *fuzzy* dengan langkah sebagai berikut:

a. Menentukan panjang interval U sebagai berikut:

$$R = (D_{max} + Z_2) - (D_{min} - Z_1) \quad (2.2)$$

b. Hitung rata-rata nilai selisih (*lag absolute*) sebagai berikut:

$$mean = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} |(D_{t+1}) - D_t|}{N-1} \quad (2.3)$$

Keterangan:

D_t = Data waktu ke- t

N = Jumlah data

c. Menentukan basis interval, hasil dari proses (2.3) dibagi 2 sebagai berikut:

$$K = \frac{mean}{2} \quad (2.4)$$

d. Menentukan banyaknya himpunan *fuzzy* sebagai berikut:

$$n = \frac{R}{K} \quad (2.5)$$

3. Menghitung nilai tengah himpunan *fuzzy* sebagai berikut:

$$m_i = \frac{Batas\ bawah\ u_i + Batas\ atas\ u_i}{2} \quad (2.6)$$

4. Mendefinisikan derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* terhadap A_i dan melakukan *fuzzyfikasi* pada data aktual.

5. Membuat *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) berdasarkan data aktual.

6. Membentuk *fuzzy logical relationship group* (FLRG), dengan cara mengelompokkan *fuzzyfikasi* yang terbentuk.

7. Menentukan *Defuzzyfikasi* nilai peramalan. Aturan dalam melakukan *Defuzzyfikasi* pada model Lee adalah:

Aturan 1: Jika hasil *fuzzyfikasi* pada periode ke t adalah A_j dan terdapat *fuzzyfikasi* yang tidak mempunyai relasi logika *fuzzy*, misal $A_i \rightarrow \emptyset$, dimana nilai maksimum dari nilai keanggotaan A_i berada pada interval u_i dan nilai tengah u_i adalah m_i , maka hasil peramalan $\hat{Y}_t^{(m)}$ adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_t^{(m)} = m_i \quad (2.7)$$

Aturan 2: Jika hasil *fuzzyfikasi* periode ke t adalah A_j dan hanya terdapat satu FLR pada FLRG, misal $A_i \rightarrow A_j$, dimana A_i dan A_j adalah *fuzzyfikasi* dan nilai maksimum dari nilai keanggotaan A_j berada pada interval u_j dan nilai tengah dari u_j adalah m_j , maka hasil peramalan $\hat{Y}_t^{(m)}$ adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_t^{(m)} = m_j \quad (2.8)$$

Aturan 3: Jika hasil *fuzzyfikasi* pada periode ke t adalah $A_j, A_k, \dots, A_l$ memiliki beberapa FLR (p) pada FLRG, misalnya misal $A_i \rightarrow A_j, A_j, A_k, A_k, \dots, A_l$ dimana $A_j, A_j, A_k, A_k, \dots, A_l$ adalah *fuzzyfikasi* dimana

nilai maksimum dari nilai keanggotaan $A_j, A_j, A_k, A_k, \dots, A_l$ berada pada interval $u_j, u_j, u_k, u_k, \dots, u_l$ dan $m_j, m_j, m_k, m_k, \dots, m_l$ adalah nilai tengah, maka hasil peramalan $\hat{Y}_t^{(m)}$ adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_t^{(m)} = \frac{2}{p} m_j + \frac{2}{p} m_k + \frac{1}{p} m_l \quad (2.9)$$

MAPE (Mean Absolute Percentage Error)

Menurut Jumingan (2009) kesalahan persentase absolut rata-rata (MAPE) dihitung dengan membagi kesalahan absolut setiap periode dengan nilai yang sebenarnya diamati. Jika kurang dari 10% nilai MAPE dari hasil peramalan adalah sangat baik dan jika kurang dari 20% nilai MAPE dari hasil peramalan adalah baik. Rumus MAPE adalah:

$$MAPE = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{t=1}^n \frac{|D_t - \hat{Y}_t^{(m)}|}{D_t} \times 100\% \quad (2.10)$$

Keterangan:

$MAPE$: Mean Absolute Percentage Error

N : jumlah sampel

D_t : data waktu ke- t

$\hat{Y}_t^{(m)}$: nilai peramalan orde ke – m periode ke – t

METODE PENELITIAN

Variabel yang di gunakan yaitu data produksi Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit di PT Kalimantan Sawit Kusuma. Data yang akan digunakan yaitu data sekunder yang diperoleh dari PT Kalimantan Sawit Kusuma dari Januari 2019 – Maret 2023

Langkah-langkah yang dilakukan analisis sebagai berikut:

1. Melakukan analisis statistika deskriptif berupa *time series plot* untuk mengetahui pola data, data maksimum, dan data minimum Produksi Tandan Buah Segar (TBS) PT Kalimantan Sawit Kusuma.
2. Menentukan himpunan semesta pembicaraan (U) FTS model Lee menggunakan persamaan 2.1
3. Menentukan banyaknya himpunan *fuzzy* (u_i) FTS Model Lee menggunakan persamaan 2.5
4. Menghitung nilai tengah u_i FTS model Lee menggunakan persamaan 2.6
5. Mendefinisikan derajat keanggotaan u_i terhadap A_i FTS model Lee menggunakan persamaan 2.7
6. Melakukan *fuzzyfikasi* data Produksi Tandan Buah Segar (TBS) PT Kalimantan Sawit Kusuma.
7. Membentuk *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG)
8. Menentukan *Defuzzyfikasi* nilai peramalan berdasarkan aturan defuzzifikasi FTS model Lee beserta nilai MAPE hasil peramalan FTS model Lee.

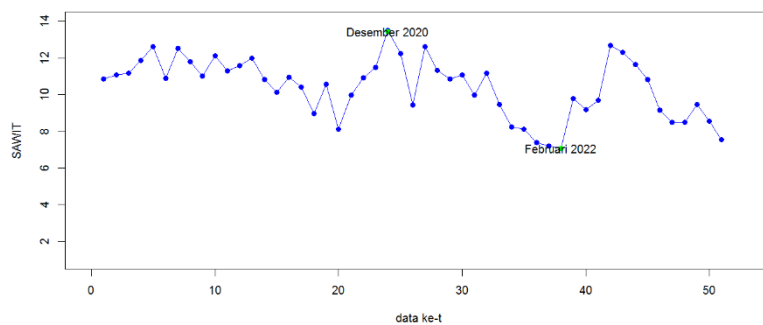
9. Kesimpulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini merupakan hasil-hasil peramalan dengan menggunakan metode *fuzzy time series*.

Plot Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Produksi TBS Kelapa Sawit di PT Kalimantan Sawit Kusuma dari bulan Januari 2019 hingga Maret 2023.



Gambar 2. *Time Series* data TBS

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa tandan buah segar mengalami jumlah produksi yang tidak menentu. Jumlah produksi tbs terendah terjadi pada bulan Februari 2022 yaitu 7.059 ton dan tertinggi terjadi pada bulan Desember 2020 yaitu 13.449 ton.

Himpunan Semesta Pembicaraan

Berdasarkan data produksi tandan buah segar, diperoleh nilai minimum sebesar 7.059 ton dan nilai maksimum sebesar 13.449 ton, dan menggunakan nilai $Z_1 = 1$ dan $Z_2 = 5$

$$U = [D_{min} - Z_1, D_{max} + Z_2]$$

$$= [7.059 - 1, 13.449 + 5] = [6.059, 18.449]$$

Menghitung Banyaknya Himpunan *Fuzzy*

1. Menghitung Panjang Interval Semesta Pembicaraan (U)

$$R = y_{max} + Z_2 - y_{min} - Z_1$$

$$= 13.449 + 5 - 7.059 - 1$$

$$= 12,44$$

2. Hitung rata-rata nilai selisih absolute:

$$mean = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} |(D_{t+1}) - D_t|}{N-1}$$

$$= \frac{52.952}{51-1}$$

$$= 1.059$$

3. Menghitung Basis Interval Himpunan *Fuzzy*

$$K = \frac{\text{mean}}{2} \\ = \frac{1.059}{2} = 0,529 \approx 0,5$$

4. Menghitung Banyaknya Himpunan *Fuzzy*

$$n = \frac{R}{K} \\ = \frac{12.44}{0,529} = 23.36 \approx 23$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka di peroleh hasil sebanyak 23 himpunan *fuzzy*. Panjang interval himpunan *fuzzy* sama yakni 0,5 maka $U = [6.059, 17.309]$ dipartisi menjadi 23 himpunan yang sama panjang yaitu u_i dimana $i = 1, 2, 3, \dots, 23$.

$$\begin{array}{lll} u_1 = [6.059, 6.559] & u_9 = [10.059, 10.559] & u_{17} = [14.059, 14.559] \\ u_2 = [6.559, 7.059] & u_{10} = [10.559, 11.059] & u_{18} = [14.559, 15.059] \\ u_3 = [7.059, 7.559] & u_{11} = [11.059, 11.559] & u_{19} = [15.059, 15.559] \\ u_4 = [7.559, 8.059] & u_{12} = [11.559, 12.059] & u_{20} = [15.559, 16.059] \\ u_5 = [8.059, 8.559] & u_{13} = [12.059, 12.559] & u_{21} = [16.059, 16.559] \\ u_6 = [8.559, 9.059] & u_{14} = [12.559, 13.059] & u_{22} = [16.559, 17.059] \\ u_7 = [9.059, 9.559] & u_{15} = [13.059, 13.559] & u_{23} = [17.059, 17.559] \\ u_8 = [9.559, 10.059] & u_{16} = [13.559, 14.059] & \end{array}$$

Perhitungan Nilai Tengah Himpunan *Fuzzy*

Perhitungan nilai tengah himpunan *fuzzy* menggunakan Persamaan (2.6). Nilai tengah himpunan *fuzzy* ke-1 sampai ke-23 diperoleh menggunakan persamaan (2.6). berikut contoh perhitungan nilai tengah himpunan *fuzzy* ke-1 (m_i):

$$m_1 = \frac{(\text{Batas bawah } u_1 + \text{Batas atas } u_1)}{2} \\ = \frac{(6.059 + 6.559)}{2} \\ = 6.309$$

Hasil perhitungan nilai tengah *fuzzy* (m_i) secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Tengah Himpunan *Fuzzy*

no	m_i	no	m_i	no	m_i
1	6.309	9	10.309	17	14.309
2	6.809	10	10.809	18	14.809
3	7.309	11	11.309	19	15.309
4	7.809	12	11.809	20	15.809
5	8.309	13	12.309	21	16.309
6	8.809	14	12.809	22	16.809
7	9.309	15	13.309	23	17.309
8	9.809	16	13.809	-	-

Fuzzyfikasi

Proses *fuzzyfikasi* untuk data Produksi TBS Kelapa Sawit di PT Kalimantan Sawit Kusuma dari bulan Januari 2019 hingga Maret 2023 dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. *Fuzzyfikasi Data*

No	Bulan	Produksi TBS	<i>Fuzzyfikasi</i>
1	Januari 2019	10.858	A ₁₀
2	Februari 2019	11.079	A ₁₁
3	Maret 2019	11.187	A ₁₁
4	April 2019	11.881	A ₁₂
5	Mei 2019	12.638	A ₁₄
⋮	⋮	⋮	⋮
49	Januari 2023	9.468	A ₇
50	Februari 2023	8.556	A ₅
51	Maret 2023	7.556	A ₃

Berdasarkan Tabel 2, maka diperoleh hasil *fuzzyfikasi* data produksi TBS kelapa sawit dari Januari 2019 hingga Maret 2023. Misal, hasil *fuzzyfikasi* nilai produksi TBS pada bulan Januari 2019 adalah A₁₀. Hasil *fuzzyfikasi* tersebut terjadi karena nilai produksi TBS bulan Januari 2019 adalah 10.858. Nilai tersebut termasuk ke dalam himpunan *fuzzy* ke-10 (u_{10}) dengan interval [10.559, 11.059]. Sehingga, hasil *fuzzyfikasi* nilai produksi TBS pada bulan Januari 2019 adalah A₁₀. *Fuzzyfikasi* pada bulan selanjutnya memiliki langkah-langkah yang sama seperti *fuzzyfikasi* pada bulan Januari 2019.

Fuzzy Logical Relationship (FLR)

Orde 1

Penentuan FLR Orde 1 melibatkan 1 data historis yang disimbolkan dengan $D_{(t-1)} \rightarrow D_t$

Tabel 3. FLR Orde 1 Data Produksi TBS

Bulan	FLR Orde 1
Januari 2019 → Februari 2019	A ₁₀ → A ₁₁
Februari 2019 → Maret 2019	A ₁₁ → A ₁₁
Maret 2019 → April 2019	A ₁₁ → A ₁₂
April 2019 → Mei 2019	A ₁₂ → A ₁₄
⋮	⋮
Januari 2023 → Februari 2023	A ₇ → A ₅
Februari 2023 → Maret 2023	A ₅ → A ₃

Berdasarkan Tabel 3, maka diperoleh hasil FLR dari data produksi TBS kelapa sawit. Misal, bulan Januari 2019 merupakan *current state* ($D_{(t-1)}$) dengan nilai *fuzzyfikasi* adalah A₁₀. Bulan Februari 2019 merupakan *next state* (D_t) dengan nilai *fuzzyfikasi* A₁₁. Hasil FLR yang terbentuk antara bulan Januari 2019 dengan Februari 2019 adalah A₁₀ → A₁₁. FLR pada bulan selanjutnya memiliki langkah-langkah yang sama seperti FLR pada bulan Januari 2019 dengan bulan Februari 2019.

Orde 2

Penentuan FLR Orde 2 melibatkan data historis yang disimbolkan dengan $D_{(t-2)}, D_{(t-1)} \rightarrow D_t$.

Tabel 4. FLR Orde 2 Data Produksi TBS

Bulan	FLR Orde 1
Januari 2019, Februari 2019 $\rightarrow$ Maret 2019	$A_{10}, A_{11} \rightarrow A_{11}$
Februari 2019, Maret 2019 $\rightarrow$ April 2019	$A_{11}, A_{11} \rightarrow A_{12}$
Maret 2019, April 2019 $\rightarrow$ Mei 2019	$A_{11}, A_{12} \rightarrow A_{14}$
April 2019, Mei 2019 $\rightarrow$ Juni 2019	$A_{12}, A_{14} \rightarrow A_{10}$
$\vdots$	$\vdots$
Desember 2022, Januari 2023 $\rightarrow$ Februari 2023	$A_5, A_7 \rightarrow A_5$
Januari 2023, Februari 2023 $\rightarrow$ Maret 2023	$A_7, A_5 \rightarrow A_3$

Berdasarkan Tabel 4, maka diperoleh hasil FLR dari data produksi TBS kelapa sawit. Misal bulan Januari 2019 merupakan *current state* ($D_{(t-2)}$) dengan nilai *fuzzyfikasi* A_{10} . Bulan Februari 2019 merupakan *current state* ($D_{(t-1)}$) dengan nilai *fuzzyfikasi* A_{11} . Bulan Maret 2019 merupakan *next state* (D_t) dengan nilai *fuzzyfikasi* A_{11} . Hasil FLR yang terbentuk antara bulan Januari 2019, bulan Februari 2019 dan bulan Maret 2019 adalah $A_{10}, A_{11} \rightarrow A_{11}$. FLR pada bulan selanjutnya memiliki langkah-langkah yang sama seperti FLR pada bulan Januari 2019, Februari 2019 dengan Maret 2019.

Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)

Orde 1

FLRG Orde 1 dilakukan dengan cara mengelompokkan *fuzzyfikasi* yang memiliki 1 *current state* yang sama yaitu ($D_{(t-1)}$) lalu dikelompokkan menjadi satu grup pada *next state*.

Tabel 5. FLRG Orde 1 dari data Produksi TBS

Grup	FLRG
1	$A_{10} \rightarrow A_5, A_7, A_9, A_9, A_{11}, A_{11}, A_{11}, A_{13}, A_{13}$
2	$A_{11} \rightarrow A_7, A_8, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{12}, A_{15}$
3	$A_{12} \rightarrow A_{10}, A_{10}, A_{10}, A_{12}, A_{14}$
4	$A_{13} \rightarrow A_7, A_{11}, A_{12}, A_{12}$
5	$A_{14} \rightarrow A_{10}, A_{11}, A_{13}$
6	$A_{15} \rightarrow A_{13}$
7	$A_3 \rightarrow A_3, A_3, A_8$
8	$A_5 \rightarrow A_3, A_5, A_5, A_7, A_8$
9	$A_6 \rightarrow A_{10}$
10	$A_7 \rightarrow A_5, A_5, A_5, A_8, A_{14}$
11	$A_8 \rightarrow A_7, A_{10}, A_{11}, A_{14}$
12	$A_9 \rightarrow A_6, A_{10}$

Berdasarkan Tabel 5, semua FLR yang terbentuk pada Tabel 3 dikelompokkan menjadi FLRG yang saling berhubungan. Misal, FLRG yang

terbentuk pada grup 4 pada Tabel 5 adalah $A_{13} \rightarrow A_7$, $A_{13} \rightarrow A_{11}$, $A_{13} \rightarrow A_{12}$ dan $A_{13} \rightarrow A_{12}$. Semua FLR tersebut dikelompokkan menjadi 1 FLRG yaitu $A_{13} \rightarrow A_7, A_{11}, A_{12}, A_{12}$. FLRG pada grup selanjutnya memiliki langkah-langkah yang sama seperti FLRG pada grup 4.

Orde 2

FLRG Orde 2 dilakukan dengan cara mengelompokkan *fuzzyfikasi* yang memiliki 2 *current state* yang sama yaitu $D_{(t-2)}, D_{(t-1)}$ lalu dikelompokkan menjadi satu grup pada *next state*.

Tabel 6. FLRG Orde 2 dari data Produksi TBS

Grup	FLRG
1	$A_{10}, A_{11} \rightarrow A_8, A_{11}, A_{15}$
2	$A_{10}, A_{13} \rightarrow A_{11}, A_{12}$
3	$A_{10}, A_9 \rightarrow A_6, A_{10}$
4	$A_{10}, A_5 \rightarrow A_8$
5	$A_{10}, A_7 \rightarrow A_5$
	$\vdots$
34	$A_8, A_7 \rightarrow A_8$
35	$A_8, A_{14} \rightarrow A_{13}$
36	$A_9, A_{10} \rightarrow A_9$
37	$A_9, A_6 \rightarrow A_{10}$

Berdasarkan Tabel 6, semua FLR yang terbentuk pada Tabel 4 dikelompokkan menjadi FLRG yang saling berhubungan. Misal, FLRG yang terbentuk pada grup 13 pada Tabel 6 adalah $A_{12}, A_{10} \rightarrow A_7$, $A_{12}, A_{10} \rightarrow A_9$, dan $A_{12}, A_{10} \rightarrow A_{13}$. *Fuzzy logical relationship* (FLR) tersebut dikelompokkan menjadi 1 FLRG yaitu $A_{12}, A_{10} \rightarrow A_7, A_9, A_{13}$. FLRG pada grup selanjutnya memiliki langkah-langkah yang sama seperti FLRG pada grup 13.

Defuzzyfikasi

Orde 1

Defuzzykasi dilakukan dengan mengikuti 3 aturan *Defuzzyfikasi* FTS model Lee Orde 1. Berdasarkan pembentukan FLRG pada Tabel 5, maka diperoleh 12 grup. Hasil *Defuzzyfikasi* nilai peramalan dari 12 grup yang terbentuk dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Defuzzyfikasi dari FLRG Orde 1

Grup	FLRG	Persamaan	Peramalan
1	$A_{10} \rightarrow A_5, A_7, A_9, A_9, A_{11}, A_{11}, A_{11}, A_{13}, A_{13}$	(2.9)	$A_{10} = \frac{1}{9} \times 8.309 + \frac{1}{9} \times 9.309 + \frac{2}{9} \times 10.309 + \frac{3}{9} \times 11.309 + \frac{2}{9} \times 12.309 = 10.753$
2	$A_{11} \rightarrow A_7, A_8, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{12}, A_{15}$	(2.9)	$A_{11} = \frac{1}{7} \times 9.309 + \frac{1}{7} \times 9.809 + \frac{1}{7} \times 10.809 + \frac{1}{7} \times 11.309 + \frac{2}{7} \times 11.809 + \frac{1}{7} \times 13.309 = 11.166$
3	$A_{12} \rightarrow A_{10}, A_{10}, A_{10}, A_{12}, A_{14}$	(2.9)	$A_{12} = \frac{3}{5} \times 10.809 + \frac{1}{5} \times 11.809 + \frac{1}{5} \times 12.809 = 11.409$
4	$A_{13} \rightarrow A_7, A_{11}, A_{12}, A_{12}$	(2.9)	$A_{13} = \frac{1}{4} \times 9.309 + \frac{1}{4} \times 11.309 + \frac{2}{4} \times 11.809 = 11.059$
5	$A_{14} \rightarrow A_{10}, A_{11}, A_{13}$	(2.9)	$A_{14} = \frac{1}{3} \times 10.809 + \frac{1}{3} \times 11.309 + \frac{1}{3} \times 12.309 = 11.476$
6	$A_{15} \rightarrow A_{13}$	(2.8)	$A_{15} = 12.309$
7	$A_3 \rightarrow A_3, A_3, A_8$	(2.9)	$A_3 = \frac{2}{3} \times 7.309 + \frac{1}{3} \times 9.809 = 8.412$
8	$A_5 \rightarrow A_3, A_5, A_5, A_7$	(2.9)	$A_5 = \frac{1}{3} \times 7.309 + \frac{1}{3} \times 8.309 + \frac{1}{3} \times 9.309 = 8.309$
9	$A_6 \rightarrow A_{10}$	(2.8)	$A_6 = 10.809$
10	$A_7 \rightarrow A_5, A_5, A_5, A_8, A_{14}$	(2.9)	$A_7 = \frac{3}{5} \times 8.309 + \frac{1}{5} \times 9.809 + \frac{1}{5} \times 12.809 = 9.509$
11	$A_8 \rightarrow A_7, A_{10}, A_{11}, A_{14}$	(2.9)	$A_8 = \frac{1}{4} \times 9.309 + \frac{1}{4} \times 10.809 + \frac{1}{4} \times 11.309 + \frac{1}{4} \times 12.809 = 11.509$
12	$A_9 \rightarrow A_6, A_{10}$	(2.9)	$A_9 = \frac{1}{2} \times 8.809 + \frac{1}{3} \times 10.809 = 9.809$

Berdasarkan Tabel 7, nilai peramalan dari FLRG Orde 1 FTS model Lee ke-1 adalah 10.753 ton. Nilai tersebut diperoleh karena FLR yang terbentuk pada FLRG Orde 1 grup ke 11 terdiri dari 9 yaitu $A_{10} \rightarrow A_5, A_{10} \rightarrow A_7, A_{10} \rightarrow A_9, A_{10} \rightarrow A_9, A_{10} \rightarrow A_{11}, A_{10} \rightarrow A_{11}, A_{10} \rightarrow A_{11}, A_{10} \rightarrow A_{13}$, dan $A_{10} \rightarrow A_{13}$. Sehingga Defuzzyfikasi nilai peramalan dari FLRG Orde 1 grup ke-1 menggunakan persamaan (2.9). Berdasarkan persamaan tersebut nilai peramalan didasarkan pada

nilai tengah u_i yang memiliki derajat keanggotaan didalam $A_5, A_7, A_9, A_9, A_{11}, A_{11}, A_{11}, A_{13}$, dan $A_5, A_7, A_9, A_9, A_{11}, A_{11}, A_{11}, A_{13}$, . Sehingga, nilai peramalan dari FLRG Orde 1 grup ke 1 FTS model Lee adalah 10.753 ton. *Defuzzyfikasi* pada grup selanjutnya memiliki langkah-langkah yang sama seperti *Defuzzyfikasi* pada grup ke-1.

Nilai peramalan akhir untuk data Produksi TBS Kelapa Sawit di PT Kalimantan Sawit Kusuma pada bulan Januari 2019 sampai Maret 2023 diperoleh dari hasil *Defuzzyfikasi* grup FLRG Orde 1 pada Tabel 7. misal, perhitungan nilai Peramalan pada bulan Februari 2019 ($D_{(t)}$) memiliki *current state* ($D_{(t-1)}$) yaitu bulan Januari 2019. Berdasarkan Tabel 2, *fuzzyfikasi* bulan Februari 2019 adalah A_{11} dan *fuzzyfikasi* bulan Januari 2019 adalah A_{10} . Berdasarkan Tabel 3, hasil *fuzzyfikasi* tersebut membentuk $A_{10} \rightarrow A_{11}$. Berdasarkan Tabel 4.10, hasil FLR tersebut termasuk ke dalam *Defuzzyfikasi* Grup FLRG ke-1 dengan hasil peramalan sebesar 10.753 ton.

Orde 2

Defuzzykasi dilakukan dengan mengikuti 3 aturan *Defuzzyfikasi* FTS model Lee Orde 2. Berdasarkan pembentukan FLRG pada Tabel 6, maka diperoleh 36 grup. Hasil *Defuzzyfikasi* nilai peramalan dari 36 grup yang terbentuk dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. *Defuzzyfikasi* dari FLRG Orde 2

Grup	FLRG	Persamaan	Peramalan
1	$A_{10}, A_{11} \rightarrow A_8, A_{11}, A_{15}$	(2.9)	$A_{10}, A_{11} = \frac{1}{3} \times 9.809$ $+ \frac{1}{3} \times 11.309$ $+ \frac{1}{3} \times 13.309$ $= 11.476$
2	$A_{10}, A_{13} \rightarrow A_{11}, A_{12}$	(2.9)	$A_{10}, A_{13} = \frac{1}{2} \times 1.309$ $+ \frac{1}{2} \times 11.809$ $= 11.559$
3	$A_{10}, A_9 \rightarrow A_6, A_{10}$	(2.9)	$A_{10}, A_9 = \frac{1}{2} \times 8.809$ $+ \frac{1}{2} \times 10.809$ $= 9.809$
4	$A_{10}, A_5 \rightarrow A_8$	(2.8)	$A_{10}, A_5 = 9.809$
5	$A_{10}, A_7 \rightarrow A_5$	(2.8)	$A_{10}, A_7 = 8.309$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
35	$A_8, A_{14} \rightarrow A_{13}$	(2.8)	$A_8, A_{14} = 12.309$
36	$A_9, A_{10} \rightarrow A_9$	(2.8)	$A_9, A_{10} = 10.309$
37	$A_9, A_6 \rightarrow A_{10}$	(2.8)	$A_9, A_6 = 10.809$

Berdasarkan Tabel 8 nilai peramalan dari FLRG Orde 2 grup ke 1 adalah 11.476. Nilai tersebut diperoleh karena FLR yang terbentuk pada FLRG Orde 2 grup ke 1 terdiri dari 3 yaitu $A_{10}, A_{11} \rightarrow A_8, A_{10}, A_{11} \rightarrow A_{11}$ dan $A_{10}, A_{11} \rightarrow A_{15}$. Sehingga, *defuzzifikasi* nilai peramalan dari FLRG Orde 2 grup 1 menggunakan persamaan (2.9). Berdasarkan persamaan tersebut, nilai peramalan didasarkan pada nilai tengah u_i yang memiliki derajat keanggotaan didalam A_8, A_{11} dan A_{15} . Sehingga nilai Peramalan dari FLRG Orde 2 grup ke 1 adalah 11.476. *Defuzzifikasi* pada grup selanjutnya memiliki langkah-langkah yang sama seperti *Defuzzifikasi* pada grup 1.

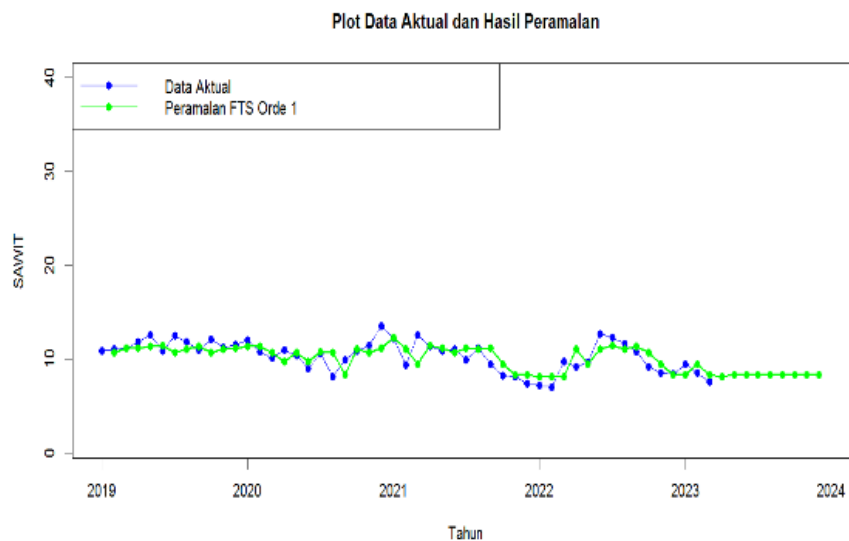
Nilai peramalan akhir untuk data Produksi TBS Kelapa Sawit di PT Kalimantan Sawit Kusuma pada bulan Januari 2019 sampai dengan bulan Maret 2023 di peroleh dari hasil *defuzzifikasi* grup FLRG Orde 2. Misal, perhitungan nilai Peramalan pada bulan Maret 2019 ($D_{(t)}$) memiliki 2 *current state* ($D_{(t-2)}, D_{(t-1)}$) yaitu bulan Januari 2019 dan Februari 2019. Berdasarkan Tabel 2, *fuzzyfikasi* bulan Maret 2019 adalah A_{11} , bulan Februari 2019 adalah A_{11} dan *fuzzyfikasi* bulan Januari 2019 adalah A_{10} . Berdasarkan Tabel 3 hasil *fuzzyfikasi* tersebut membentuk FLR $A_{10}, A_{11} \rightarrow A_{11}$. Berdasarkan Tabel 8, hasil FLR tersebut termasuk ke dalam *Defuzzifikasi* grup FLRG ke 1 dengan hasil peramalan 11.476. Sehingga, hasil peramalan bulan Maret 2019 adalah 11.476 ton.

Grafik Data Historis dan Hasil Peramalan

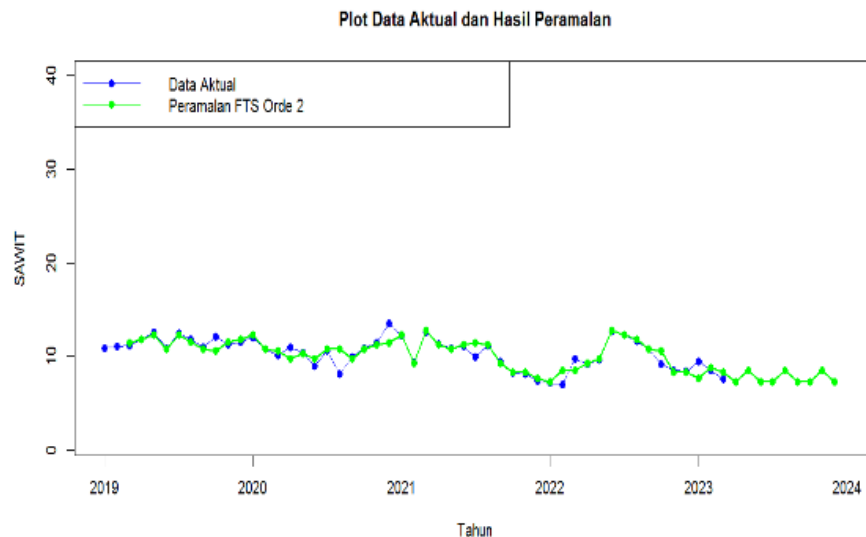
Tabel 9. Hasil Peramalan

Tahun	Bulan	Hasil Peramalan	
		Orde 1	Orde 2
2023	April	8.412	7.309
	Mei	8.309	8.559
	Juni	8.309	7.309
	Juli	8.309	7.309
	Agustus	8.309	8.559
	September	8.309	7.309
	Oktober	8.309	7.309
	November	8.309	8.559
	Desember	8.309	7.309

Berdasarkan hasil peramalan pada Tabel 9, diperoleh plot data pada grafik berikut:



Gambar 3. *Time series* plot Orde 1



Gambar 4. *Time series* plot Orde 2

Berdasarkan Gambar 3 dan 4 terlihat bahwa produksi tandan buah segar kelapa sawit di PT Kalimantan Sawit Kusuma memiliki pola data musiman dan peramalan FTS Lee Orde1 dan Orde 2 mendekati plot data produksi TBS kelapa sawit di PT Kalimantan Sawit Kusuma.

MAPE Hasil Peramalan

Setelah didapatkan hasil peramalan, dilakukan perhitungan akurasi peramalan dengan cara menghitung nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Nilai MAPE yang didapatkan yaitu sebagai berikut:

Tabel 10. Nilai MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*)

Nilai MAPE	
Orde 1	9.07046
Orde 2	4.80541

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada pembahasan dapat disimpulkan bahwa hasil peramalan Produksi Tandan Buah Segar Kelapa Sawit pada Bulan April 2023 hingga Bulan Desember 2023 dengan menerapkan metode *fuzzy time series Lee* orde 1 adalah 8.412, 8.309, 8.309, 8.309, 8.309, 8.309, 8.309, 8.309 dan 8.309 ton dengan MAPE sebesar 9.07046 %.

Hasil peramalan Produksi Tandan Buah Segar Kelapa Sawit pada Bulan April 2023 hingga Bulan Desember 2023 dengan menerapkan metode *fuzzy time series Lee* orde 2 adalah sebesar 7.309, 8.559, 7.309, 8.559, 7.309, 7.309, 8.559 dan 7.309 ton dengan MAPE sebesar 4.80541 %.

REFERENSI

- Adpim, B. (2020). *Kalteng Sumbangkan 25,3% Produk CPO Nasional*. Retrieved from Biro Administrasi Pimpinan Sekretariat Daerah Provinsi Kalimantan Tengah. <https://biroadpim.kalteng.go.id/2020/01/kepala-daerah-provinsi-penghasil-sawit-sepakati-10>
- Aldi, D. N. (2021). Prediksi Harga Jagung Menggunakan Metode Fuzzy Time series dengan atau Tanpa Menggunakan Markov Chain. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis*. 49-54.
- Aswi & Sukarna. (2006). *Analisis Deret Waktu Aplikasi dan Teori*. Makasar: Andira Publisher.
- Badan Pusat Statistik. (2018). *Provinsi Kalimantan Tengah*. Retrieved from Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2016-2018. <https://kalteng.bps.go.id/indicator/54/569/1/kelapa-sawit.html>
- Jumingan. (2009). *Teori dan Pembuatan Proposal Keayakan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. (2013). Retrieved from Market Brief Kelapa Sawit dan Olahannya. http://djpen.kemendag.go.id/app_frontend/admin/docs/researchcorner/8491378877725.pdf
- Khaswarina, S. (2001). *Keragaman Bibit Kelapa Sawit Terhadap Pemberian Berbagai Kombinasi Pupuk di Pembibitan Utama*. Medan: Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.

- Makridakis, S. W. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan (edisi ke-2)*. Jakarta: Erlangga. Retrieved from <https://kalteng.bps.go.id/indicator/54/569/1/kelapa-sawit.html>
- Marzuqi, M. T. (2022). Prediksi Jumlah Pengunjung Semarang Zoo dengan Metode Fuzzy Time series. *Zeta – Math Journal*. Vol. 7(1), 19-27.
- Naba, A. (2009). *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi Offset. Retrieved from <https://kalteng.bps.go.id/indicator/54/569/1/kelapa-sawit.html>
- Prasetyo, A., Salahuddin & Amirullah. (2021). Prediksi Produksi Kelapa Sawit Menggunakan Metode Regresi Linier Berganda. *Jurnal Infomedia: Tknik Informatika, Multimedia & Jaringan*. Vol. 6(2), 76-80.
- Qiu, W., Liu, X., & Li, H. (2011). A Generalized Method for Forecasting Based on Fuzzy Time series. *International Journal of Expert System with Applications*, Vol. 38, 10446-10453.
- Sugumonrong, D. P. (2019). Prediksi Harga Emas Menggunakan Metode Fuzzy Time series Model Algoritma Chen. *Informatics Engineering Research and Technology*, 1(1), 48-54.
- Supranto. (2001). *Statistik Teori dan Aplikasi*. Jakarta: Erlangga.
- Wang, Y., Lie, Y., & Fan, X. (2015). Intuitionistic Fuzzy Time series Forecasting Model Based on Intuitionistic Fuzzy Reasoning. *International Journal of Mathematical Problems in Engineering*. Vol. 2016(1), 1-12.