

METODE *TIME INVARIANT FUZZY TIME SERIES* UNTUK PREDIKSI PRODUKSI KELAPA SAWIT

Valentinus Markus, Dadan Kusnandar, Naomi Nesyana Debatara

INTISARI

*Perkebunan kelapa sawit merupakan komoditas unggulan di Indonesia yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan menjadi salah satu sumber penghasilan bagi sebagian masyarakat Kalimantan Barat. Kelapa sawit termasuk jenis tanaman musiman yang memiliki data produksi secara deret waktu dan dapat diprediksi menggunakan *time invariant fuzzy time series*. *Time invariant fuzzy time series* merupakan metode peramalan yang memiliki dua aspek penting yaitu pada data variasi yang merupakan selisih dari data aktual dan perhitungan relasi (R) yang digunakan untuk prediksi waktu yang akan datang. Tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan hasil prediksi produksi kelapa sawit selama enam periode kedepan. Data yang digunakan dalam penelitian adalah jumlah produksi tandan buah segar kelapa sawit bulanan di tujuh kebun PT. Perkebunan Nusantara XIII, periode Januari 2019 hingga September 2022 dengan satuan ton. Keakuratan hasil prediksi diukur menggunakan *mean absolute percentage error (MAPE)*, dengan nilai *MAPE* 7,456% menunjukkan kategori sangat baik dalam memprediksi produksi kelapa sawit. Adapun nilai prediksi produksi yang diperoleh selama enam periode adalah pada bulan Oktober 2022 sebesar 21187,421 ton, November 2022 sebesar 20316,5420 ton, Desember 2022 sebesar 225716704 ton, Januari 2023 sebesar 23145,2444 ton, Februari 2023 sebesar 20854,3326 ton dan Maret 2023 sebesar 26132,9919 ton.*

Kata Kunci: *variasi, prediksi, perkebunan*

PENDAHULUAN

Perkebunan di Indonesia memiliki beberapa komoditas unggulan seperti perkebunan kelapa sawit, produk yang utama dari tanaman ini adalah minyak sawit atau CPO dan minyak inti sawit atau PKO. Dibandingkan dengan tanaman penghasil minyak lainnya seperti zaitun, kedelai, kelapa, dan bunga matahari, kelapa sawit adalah yang terbesar. Sementara tanaman lain menghasilkan rata-rata 4-4,5 ton/ha minyak nabati, kelapa sawit dapat menghasilkan hingga 6 ton/ha [1]. Produksi kelapa sawit setiap tahun juga mengalami peningkatan dan penurunan yang tidak pasti oleh sebab itu diperlukan suatu peramalan untuk memberi informasi kedepannya.

Peramalan merupakan proses memperkirakan hal-hal yang akan terjadi pada masa yang akan datang berdasarkan data yang telah ada pada waktu sebelumnya secara deret waktu. Data deret waktu digunakan dalam peramalan kuantitatif, yaitu memprediksi berdasarkan data kuantitatif historisnya [2]. Metode yang banyak digunakan untuk melakukan proses peramalan menggunakan data *time series* adalah *fuzzy time series*, dan terus dikembangkan salah satunya yaitu metode *time invariant fuzzy time series*.

Pendekatan dengan metode *time invariant fuzzy* adalah kumpulan data *fuzzy diskrit* sebagai data historis untuk membuat prakiraan yang hubungannya tidak bergantung pada waktu ke t . [3]. Metode ini dapat memprediksi semua jenis data deret waktu termasuk data produksi kelapa sawit yang akan digunakan dengan memanfaatkan nilai variasi selisih dari data aktual sebagai proses perhitungan dalam memprediksi kedepannya.

Berdasarkan pemaparan pada latar belakang tersebut, maka penelitian ini membahas bagaimana penerapan metode *time invariant fuzzy time series* dalam memprediksi produksi kelapa sawit dengan tujuan menentukan hasil prediksi produksi kelapa sawit selama 6 periode kedepan menggunakan metode *time invariant fuzzy time series*, data yang digunakan adalah produksi tandan buah segar kelapa sawit pada bulan Januari 2019 hingga September 2022.

LOGIKA FUZZY

Logika *fuzzy* adalah teknik logika yang memiliki nilai samar dalam menyelesaikan masalah, yang dapat diartikan bisa benar atau salahnya nilai secara bersamaan. Nilai yang diperoleh nantinya adalah nilai antara rentang nol dan satu dalam logika fuzzy, tidak satu atau nol.

Teori pengelompokan item di dalam batas samar dikenal sebagai teori himpunan fuzzy. Himpunan ini diwakili oleh fungsi yang mengukur seberapa dekat elemen penyusun semesta yang menyerupai konsep yang syarat keanggotaan himpunan. Derajat keanggotaan suatu elemen dalam himpunan, yang dengan demikian disebut sebagai himpunan fuzzy, adalah apa yang disebut fungsi ini, yang digambarkan sebagai fungsi keanggotaan. Karena itu, setiap elemen pada semesta memiliki tingkat keanggotaan (nilai keanggotaan) yang unik, yang dapat dinyatakan sebagai bilangan real dengan interval $[0,1]$ [3].

FUZZY TIME SERIES

Metode yang diperkenalkan pertama kali oleh Song dan Chissom pada tahun 1993, metode ini menitikkan pada konsep teori *fuzzy set* sebagai dasar perhitungannya dan *variabel linguistic*. Proses peramalan dari *fuzzy time series* mengelola pola dari data masa lalu kemudian digunakan untuk memproyeksi data kedepannya [3].

Jika himpunan semesta $U = \{u_1, u_2, u_3 \dots, u_n\}$, maka suatu himpunan *fuzzy* A_i terhadap (U) dengan fungsi keanggotaan umumnya dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut [4].

$$A_i = \left\{ \frac{\mu_{A_i}(u_1)}{u_1}, \frac{\mu_{A_i}(u_2)}{u_2}, \frac{\mu_{A_i}(u_3)}{u_3}, \dots, \frac{\mu_{A_i}(u_n)}{u_n} \right\} \quad (1)$$

untuk menentukan derajat keanggotaan u_j adalah dengan aturan berikut:

$$\mu_{A_i}(u_j) = \begin{cases} 1 & ; i = j \\ 0,5 & ; i = j - 1 \text{ atau } i = j + 1 \\ 0 & ; \text{lainnya} \end{cases}$$

Data aktual $X(t)$ merupakan data deret waktu pada metode *fuzzy time series*. Khusus penggunaan pada metode *time invariant fuzzy time series* data aktual $X(t)$ adalah nilai variasi yang merupakan selisih dari data aktual historisnya. Sehingga nilai variasi yang akan digunakan untuk proses peramalan, dengan memiliki tiga aturan yaitu:

- Aturan 1 : Apabila data aktual $X(t)$ masuk kedalam u_i , maka derajat anggota untuk u_i yaitu 1. u_{i+1} ialah 0,5 dan jikalau bukan u_i dan u_{i+1} maka dinyatakan 0.
- Aturan 2 : Apabila data aktual $X(t)$ masuk kedalam u_i , $1 \leq i \leq n$, maka derajat anggota dari u_i yaitu 1. u_{i-1} dan u_{i+1} ialah 0,5 dan jikalau bukan u_i , u_{i-1} dan u_{i+1} maka dinyatakan 0.
- Aturan 3 : Apabila data aktual $X(t)$ masuk kedalam u_i , maka derajat anggota untuk u_i yaitu 1. u_{i-1} ialah 0,5 dan jikalau bukan u_i dan u_{i-1} maka dinyatakan 0 [5].

TIME INVARIANT FUZZY TIME SERIES

Sah dan Degtiarev pada tahun 2007 pertama kali menyatakan bahwa metode *time invariant fuzzy time series* adalah sebagai metode peramalan yang memiliki dua aspek penting dalam proses peramalan yaitu pada nilai variasi data yang merupakan selisih dari data aktualnya dan pada relasi (R) yang akan digunakan untuk menentukan nilai peramalannya. Proses peramalan dengan metode *time invariant fuzzy time series* melalui tahapan-tahapan berikut ini [3].

1. Mencari Nilai Variasi Data (V)

Variasi data merupakan selisih dari data aktual ke (t) dengan ($t - 1$), di mana nilai ini dihitung mulai dari periode 2, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

2. Mendefinisikan Himpunan Semesta

Setelah mendapatkan nilai variasi dari seluruh data, selanjutnya dicari nilai variasi minimum dan maksimumnya. Kemudian dari nilai yang diperoleh tersebut dibentuk himpunan semesta seperti pada persamaan berikut ini:

$$U = [V_{\min} - D_1, V_{\max} + D_2]$$

dengan V_{\min} merupakan nilai variasi terkecil pada data, dan V_{\max} merupakan nilai variasi terbesar pada data. Untuk nilai D_1 dan D_2 merupakan bilangan positif sembarang.

3. Menentukan *Range* dan Interval

Selanjutnya mencari nilai *range*, setelah itu mempartisi himpunan semesta (U) kepanjang kelas interval (K) yang sama dengan persamaan *sturges* berikut ini:

$$I = \frac{\text{Range}}{K} = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{1 + 3,322 \times \log n}$$

kemudian nilai dari setiap interval dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} u_1 &= [V_{\min} - D_1, V_{\min} - D_1 + I] \\ u_2 &= [V_{\min} - D_1 + I, V_{\min} - D_1 + 2I] \\ &\vdots \\ u_n &= [V_{\min} - D_1 + (n - 1)I, V_{\min} - D_1 + nI] \end{aligned}$$

4. Mendefinisikan Himpunan-Himpunan *Fuzzy* A_i

Berdasarkan aturan penerapan fungsi keanggotaan pada persamaan (1), maka terbentuk himpunan-himpunan *fuzzy* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A_1 &= \left\{ \frac{1}{u_1}, \frac{0,5}{u_2}, \frac{0}{u_3}, \frac{0}{u_4}, \frac{0}{u_5}, \dots, \frac{0}{u_n} \right\} \\ A_2 &= \left\{ \frac{0,5}{u_1}, \frac{1}{u_2}, \frac{0,5}{u_3}, \frac{0}{u_4}, \frac{0}{u_5}, \dots, \frac{0}{u_n} \right\} \\ &\vdots \\ A_n &= \left\{ \frac{0}{u_1}, \frac{0}{u_2}, \frac{0}{u_3}, \frac{0}{u_4}, \frac{0}{u_5}, \dots, \frac{0,5}{u_{n-1}}, \frac{1}{u_n} \right\} \end{aligned}$$

5. Tahap Fuzzifikasi Variasi

Tahap fuzzifikasi variasi merupakan proses mengidentifikasi data aktual ke dalam *fuzzy* set, yang mana telah diperoleh sebelumnya nilai interval dari masing-masing himpunan *fuzzy*. Fuzzifikasi dinotasikan sebagai berikut, jika $F(t - 1)$ berada pada himpunan *fuzzy* set A_k maka $F(t - 1)$ akan di *fuzzifikasi* sebagai A_k .

6. Menentukan *Fuzzy Logic Relationship* (FLR)

Dalam tahap ini menentukan FLR yang digunakan yaitu $R(t, t - 1)$ maka $F(t)$ disebabkan oleh $F(t - 1)$, maka relasi yang diperoleh yaitu $F(t - 1) \rightarrow F(t)$.

7. Tahap *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG) dan menghitung Relasi (R_i) setiap *Fuzzy* ke- i

Setelah menentukan fuzzifikasi dan FLR langkah selanjutnya yaitu menentukan FLR menjadi FLRG. FLR yang memiliki *current state* (A_i) bila terdapat ada yang sama maka disatukan menjadi satu grup. Asumsikan jika dua buah relasi logika *fuzzy* dengan $A_2 \rightarrow A_1$ dan $A_2 \rightarrow A_3$, maka grup relasi logika *fuzzy* (FLRG) yang terbentuk adalah $A_2 \rightarrow A_1, A_3$. Sehingga R_2 dibentuk dari hasil penggabungan relasi logika *fuzzy* $A_2 \rightarrow A_1, A_3$. maka dibentuk persamaan sebagai berikut :

$$R_2 = A_2^T \times A_1 \cup A_2^T \times A_3$$

dengan A_2^T merupakan transpose vektor *fuzzy* A_1 , untuk $i = 1, 2, \dots, n$ dan simbol " \cup " adalah operator penggabungan pada operasi himpunan *fuzzy*

8. Menentukan *Output* Peramalan dan Defuzzifikasi

Penentuan *output* peramalan, berdasarkan dari variasi yang telah diketahui dari periode sebelumnya, yaitu jika $A_{t-1} = A_j$ dan $R_i = R_j$, untuk $j = 1, 2, 3, \dots, n$. Sehingga dari definisi komposisi diperoleh adalah sebagai berikut:

$$A_t = A_j \circ R_j$$

kemudian setelah diperoleh nilai *output* maka dilakukan proses defuzzifikasi sebagai berikut [3]:

- Jika nilai *output* dari derajat anggota samadengan 0, maka nilai dari *output* prediksi yaitu $y = 0$.
- Jika nilai *output* dari derajat anggota hanya terdapat satu nilai *maximum*, maka nilai tengah interval ini merupakan nilai *output* dari prediksinya.
- Jika nilai *output* dari derajat anggota memiliki dua ataupun lebih nilai *maximum* yang saling berurutan, maka nilai tengah interval digunakan sebagai nilai *output* dari prediksinya.
- Jika terdapat nilai *output* yang tidak termasuk pada point a,b,dan c, maka nilai *output* prediksinya ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_{A_i}(u_i) \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n \mu_{A_i}(u_i)}$$

dengan $\mu_{A_i}(u_i)$ ialah nilai derajat anggota dari u_i ke A_i dan m_i yang merupakan titik tengah rentang untuk $i = 1,2,3, \dots, n$.

9. Menghitung Nilai Prediksi

Selanjutnya dalam menentukan hasil nilai *output* prediksi dapat dihitung dengan menerapkan persamaan sebagai berikut:

$$F_t = x_{t-1} + y \tag{5}$$

dengan x_{t-1} adalah nilai yang sesungguhnya pada data ke $t - 1$ dan y adalah nilai defuzzifikasi.

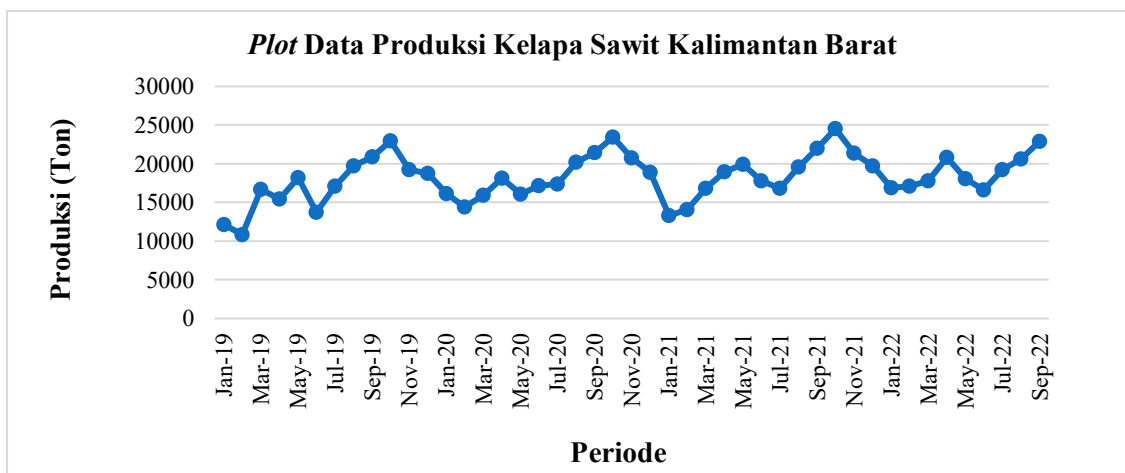
Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE dipergunakan ketika menghitung rata-rata nilai *error* mutlak hasil prediksi dengan nilai sesungguhnya sebagai presentase. Jika semakin kecil nilai MAPE, maka tingkat kesuksesan sistem dinyatakan sangat tinggi. Bentuk persamaan MAPE sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{x_t - F_t}{x_t} \right| \times 100\% \tag{6}$$

STUDI KASUS

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder hasil produksi tandan buah segar (TBS) kelapa sawit bulanan di PT. Perkebunan Nusantara XIII (PTPN XIII) wilayah Kalimantan Barat dengan periode Januari 2019 hingga September 2022. Berikut diberikan Gambar 1 menunjukkan hasil *plot* produksi kelapa sawit periode Januari 2019 hingga September 2022.



Gambar 1. *Plot* Data Produksi Kelapa Sawit Periode Januari 2019 hingga September 2022

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa pola produksi kelapa sawit mengalami kenaikan dan penurunan jumlah produksi pada periode tertentu yang artinya produksi kelapa sawit ini termasuk dalam data musiman. Data produksi sebanyak 45, dari hasil analisis diperoleh data yang terendah pada bulan Februari 2019 sebesar 10853,20 ton, sedangkan produksi tertinggi pada bulan Oktober 2021 sebesar 24533,37 ton.

Metode *Time Invariant Fuzzy Time Series* untuk Prediksi Produksi Kelapa Sawit

Tahapan-tahapan dalam memprediksi dengan menerapkan metode *time invariant fuzzy time series* adalah:

1. Mencari Nilai Variasi Data

Berlandaskan pada persamaan (2) nilai variasi data historis dari periode Januari 2019 hingga September 2022 disajikan dalam Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Variasi Data

t	Periode	Data Aktual	Variasi Data
1	Januari 2019	12103,04	-
2	Februari 2019	10853,20	-1249,84
3	Maret 2019	16664,76	5811,56
4	April 2019	15430,76	-1234,00
5	Mei 2019	18189,09	2758,33
⋮	⋮	⋮	⋮
44	Agustus 2022	20623,33	1381,17
45	September 2022	22904,81	2281,48

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh nilai variasi maksimum dan minimum yaitu 5811,5 dan -5560,69 yang akan digunakan untuk menentukan himpunan semesta.

2. Himpunan Semesta

Berdasarkan nilai variasi maksimum dan minimum ditentukan nilai D_1 dan D_2 , sehingga nilai yang digunakan $D_1 = 40$ dan $D_2 = 39$. Menggunakan persamaan (3) berikut perhitungan himpunan semesta (U):

$$U = [-5560,69 - 40, 5811,56 + 39] \\ = [-5600,69, 5850,56]$$

3. Mempartisi U Menjadi panjang interval yang sama menggunakan distribusi frekuensi

$$I = \frac{\text{Range}}{K} = \frac{(5850,56) - (-5600,69)}{1 + 3,322 \times \log(45)} = \frac{11451,25}{6} = 1908,54$$

lebar interval akan digunakan untuk membagi interval menjadi sama panjang. Hasil dari nilai U yang telah diperoleh, selanjutnya dibagi ke dalam 6 interval yang sama panjang dengan melihat jumlah kelas = 6 dan lebar interval = 1908,54.

Selanjutnya menentukan distribusi frekuensi kepadatan data produksi kelapa sawit menggunakan persamaan (4) yang diberikan pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Frekuensi Kepadatan

u_i	Batas Bawah	Batas Atas	Jumlah Data	Sub-Interval	Lebar Sub-Interval
u_1	-5600,69	-3692,15	3	2	954,271
u_2	-3692,15	-1783,61	8	4	477,135
u_3	-1783,61	124,93	7	3	636,181
u_4	124,93	2033,48	11	5	381,708
u_5	2033,48	3942,02	14	6	318,090

u_i	Batas Bawah	Batas Atas	Jumlah Data	Sub-Interval	Lebar Sub-Interval
u_6	3942,02	5850,56	1	1	1908,542
Jumlah			44	21	

Pada Tabel 2 diperoleh 21 jumlah sub-interval yang terbentuk, sehingga terdapat 21 himpunan *fuzzy* yang digunakan dalam proses peramalan selanjutnya.

4. Tahap Fuzzifikasi

Pada tahap fuzzifikasi, dicari nilai batas bawah dan batas atas dari 21 himpunan *fuzzy* menggunakan lebar subinterval. Kemudian dicari nilai tengah untuk setiap himpunan *fuzzy*, sehingga diperoleh hasil perhitungan seperti pada Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 3. Interval *Fuzzy* Menggunakan Kepadatan Frekuensi

A_t	Batas Bawah	Batas Atas	Lebar Sub-Interval	Nilai Tengah (m_i)
A_1	-5600,690	-4646,419	954,271	-5123,555
A_2	-4646,419	-3692,148	954,271	-4169,284
A_3	-3692,148	-3215,013	477,135	-3453,581
A_4	-3215,013	-2737,878	477,135	-2976,445
A_5	-2737,878	-2260,742	477,135	-2499,310
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
A_{20}	3623,928	3942,018	318,090	3782,973
A_{21}	3942,018	5850,560	1908,542	4896,289

Hasil nilai tengah (m_i) yang diperoleh dari setiap himpunan *fuzzy* tersebut digunakan untuk memperoleh nilai defuzzifikasi (y) pada tahap menghitung nilai defuzzifikasi (y) nantinya.

5. Membentuk *Fuzzy Logic Relationship* (FLR)

Pada hasil perhitungan ditahap fuzzifikasi maka menentukan FLR yang memiliki hubungan antar setiap data yang terurut ke data selanjutnya dalam bentuk himpunan *fuzzy*. Pada data yang ke-2 terfuzzifikasikan menjadi A_7 dan data selanjutnya ke-3 terfuzzifikasikan menjadi A_{21} sehingga model FLR $A_7 \rightarrow A_{21}$ dan pembentukan proses FLR untuk seterusnya dapat dilihat dalam Tabel 4 berikut:

Tabel 4. FLR Data Produksi Kelapa Sawit

No	Periode	FLR
1	Januari 2019	-
2	Februari 2019	-
3	Maret 2019	$A_7 \rightarrow A_{21}$
4	April 2019	$A_{21} \rightarrow A_7$
5	Mei 2019	$A_7 \rightarrow A_{17}$
\vdots	\vdots	\vdots
44	Agustus 2022	$A_{16} \rightarrow A_{13}$
45	September 2022	$A_{13} \rightarrow A_{15}$

6. Menentukan *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG) dan Relasi *Fuzzy*

Selanjutnya menentukan FLRG, *current state* A_1 terdapat FLR A_{11} sehingga FLRG yang terbentuk adalah $A_1 \rightarrow A_{11}$ dan seterusnya. Hasil dari FLRG produksi kelapa sawit disajikan dalam Tabel 5 berikut ini:

Tabel 5. Penentuan FLRG

<i>Current State</i>	<i>Next State</i>	FLRG
A_1	A_{11}	$A_1 \rightarrow A_{11}$
A_2	A_9, A_{19}	$A_2 \rightarrow A_9, A_{19}$
A_3	-	$A_3 \rightarrow -$
A_4	A_7, A_7, A_{10}	$A_4 \rightarrow A_7, A_7, A_{10}$

Proses perhitungan yang sama juga digunakan untuk menghitung nilai *output* $A_2 \circ R_2$ sampai dengan $A_{21} \circ R_{21}$. Sehingga diperoleh hasil *output* untuk setiap $A_i \circ R_i$ sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 A_1 \circ R_1 &= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \\
 A_2 \circ R_2 &= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0] \\
 A_3 \circ R_3 &= - \\
 A_4 \circ R_4 &= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \\
 A_5 \circ R_5 &= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 1 \ 0,5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \\
 &\vdots \\
 A_{20} \circ R_{20} &= - \\
 A_{21} \circ R_{21} &= [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 0,5 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]
 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh setiap *output* prediksi, selanjutnya menentukan *output* prediksi untuk setiap periode, berikut *output* diperoleh untuk setiap periode:

Tabel 6. *Output* Prediksi Setiap Periode

No	Periode	Fuzzifikasi	<i>Output</i> Prediksi
1	Januari 2019	-	-
2	Februari 2019	A_7	-
3	Maret 2019	A_{21}	$A_7 \circ R_7$
4	April 2019	A_7	$A_{21} \circ R_{21}$
5	Mei 2019	A_{17}	$A_7 \circ R_7$
44	Agustus 2022	A_{13}	$A_{16} \circ R_{16}$
45	September 2022	A_{15}	$A_{13} \circ R_{13}$

Selanjutnya, dilakukan proses defuzzifikasi untuk memperoleh nilai *output* peramalan (y). Sehingga diperoleh hasil defuzzifikasi yang dicantumkan pada Tabel 7 berikut ini:

Tabel 7 Hasil Defuzzifikasi (y)

<i>Output</i> Prediksi	Model Persamaan	y
$A_1 \circ R_1$	m_{11}	697,4975
$A_2 \circ R_2$	$\frac{(\mu_{A_2}(u_8) \cdot m_8) + (\mu_{A_2}(u_9) \cdot m_9) + (\mu_{A_2}(u_{10}) \cdot m_{10}) + (\mu_{A_2}(u_{18}) \cdot m_{18}) + (\mu_{A_2}(u_{19}) \cdot m_{19}) + (\mu_{A_2}(u_{20}) \cdot m_{20})}{4}$	1619,9593
$A_3 \circ R_3$	-	-
$A_4 \circ R_4$	$\frac{(\mu_{A_4}(u_6) \cdot m_6) + (\mu_{A_4}(u_7) \cdot m_7) + (\mu_{A_4}(u_8) \cdot m_8) + (\mu_{A_4}(u_9) \cdot m_9) + (\mu_{A_4}(u_{10}) \cdot m_{10}) + (\mu_{A_4}(u_{11}) \cdot m_{11})}{4}$	-580,8278
$A_5 \circ R_5$	$\frac{m_6 + m_7}{2}$	-1743,8454
\vdots	\vdots	\vdots
$A_{20} \circ R_{20}$	-	-
$A_{21} \circ R_{21}$	m_7	-1465,5164

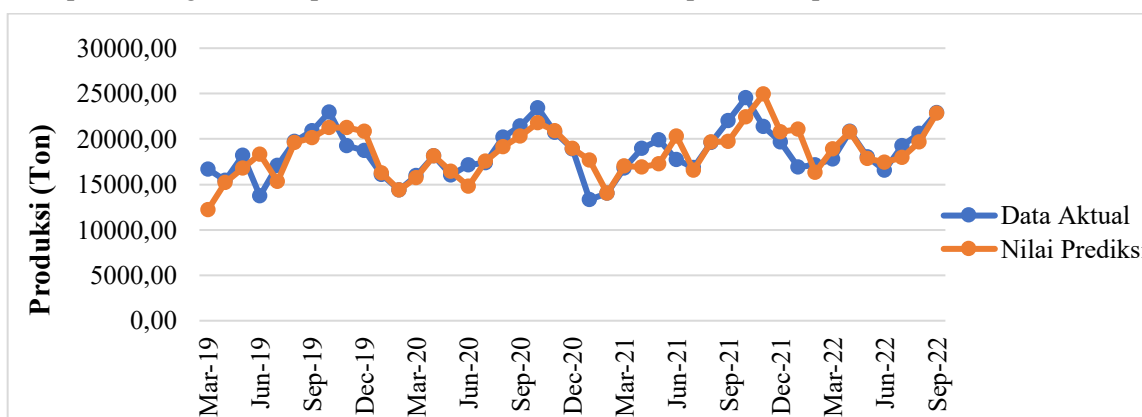
8. Menghitung Nilai Prediksi

Nilai *output* peramalan yang diperoleh menggunakan persamaan (5), diperoleh hasil peramalan nilai produksi kelapa sawit secara keseluruhan, dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil Prediksi Produksi Kelapa Sawit

Periode	Data Aktual	Fuzzifikasi	Output Prediksi	Defuzzifikasi	Nilai Prediksi
Januari 2019	12103,04	-	-	-	-
Februari 2019	10853,20	A_7	-	-	-
Maret 2019	16664,76	A_{21}	$A_7 \text{ }_0 R_7$	1384,1983	12237,3983
April 2019	15430,76	A_7	$A_{21} \text{ }_0 R_{21}$	-1465,5164	15199,2436
Mei 2019	18189,09	A_{17}	$A_7 \text{ }_0 R_7$	1384,1983	16814,9583
Juni 2019	13712,42	A_2	$A_{17} \text{ }_0 R_{17}$	105,6224	18294,7124
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Agustus 2022	20623,33	A_{13}	$A_{16} \text{ }_0 R_{16}$	411,2162	19653,3763
September 2022	22904,81	A_{15}	$A_{13} \text{ }_0 R_{13}$	2192,5218	22815,8518

Perbandingan pola data aktual dan hasil peramalan menggunakan *time invariant fuzzy time series*, berikut perbandingan kedua pola *time series* data tersebut dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Plot Perbandingan Data Aktual dan Hasil Prediksi

Disajikan bentuk pola kedua *plot* pada Gambar 2 antara data aktual produksi dengan data hasil prediksi tiap periodenya menggunakan metode *time invariant fuzzy time series* tidak menunjukkan perbedaan kedua pola pada *plot* tersebut, dapat dikatakan bahwa pola hasil prediksi secara signifikan mengikuti pola data aktual produksi.

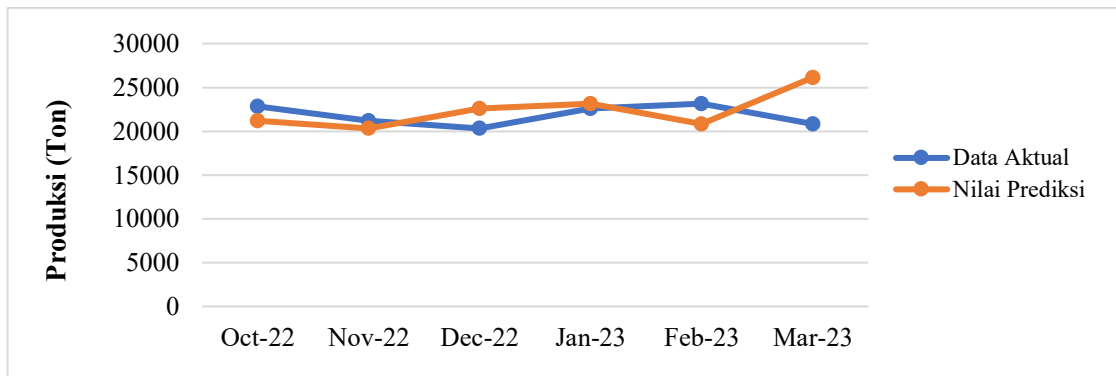
Selanjutnya diperoleh MAPE dengan menggunakan persamaan (6) yaitu sebesar 7,456% yang berarti bahwa tingkat keakuratan metode *time invariant fuzzy time series* untuk prediksi sangat baik.

Prediksi Produksi Kelapa Sawit untuk Enam Periode ke Depan

Memprediksi enam periode kedepannya menggunakan metode *time invariant fuzzy time series*, metode ini hanya dapat memprediksi satu periode kedepan yaitu pada periode oktober 2022 dengan hasil prediksi 21187,4721, sehingga untuk memprediksi beberapa periode kedepan menganggap setiap nilai prediksi yang diperoleh sebagai data *input* untuk data aktual yang akan digunakan untuk memprediksi periode berikutnya. Berikut hasil prediksi data produksi kelapa sawit untuk enam periode ke depan:

Tabel 9. Hasil Prediksi Enam Periode

No	Periode	Data Aktual	Fuzzifikasi	Defuzzifikasi (y)	Hasil Prediksi
1	Oktober 2022	22815,8518	A_9	-1717,3379	21187,4721
2	November 2022	21187,4721	A_7	-2499,3098	20316,5420
3	Desember 2022	20316,5420	A_8	1384,1983	22571,6704
4	Januari 2023	22571,6704	A_{15}	2828,7024	23145,2444
5	Februari 2023	23145,2444	A_{11}	-1717,3379	20854,3326
6	Maret 2023	20854,3326	A_5	2987,7475	26132,9919



Gambar 3 Plot Perbandingan Data Aktual dan Hasil Prediksi Enam Periode

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa bentuk pola kedua *plot* antara data aktual produksi hasil prediksi dengan data hasil prediksi enam periode tidak menunjukkan perbedaan kedua pola pada *plot* tersebut, dapat disimpulkan bahwa pola hasil prediksi linier dengan pola data aktual produksi.

PENUTUP

Berdasarkan hasil pembahasan, sebanyak 45 data yang diprediksi dengan tingkat kesalahan setiap bulannya yang diukur menggunakan *mean absolute percentage error* (MAPE) adalah 7,456% maka prediksi yang dilakukan terbilang dalam kategori sangat baik. Nilai prediksi produksi kelapa sawit yang diperoleh menggunakan *time invariant fuzzy time series* selama enam periode kedepan yaitu pada bulan Oktober 2022 sebesar 21187,4721 ton, November sebesar 20316,5420 ton, Desember sebesar 22571,6704 ton, Januari 2023 sebesar 23145,2444 ton, Februari sebesar 20854,3326 ton dan Maret sebesar 26132,9919 ton.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Yohansyah, W. M., dan Lubis, I. Analisis Produktivitas Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di PT. Perdana Inti Sawit Perkasa I, Riau. *Bul. Agrohorti*. 2014; 2 (1):125 – 131.
- [2]. Harjono, Muhammad, M. dan Akhsani, L. Peramalan *Time Invariant Fuzzy Time Series* Mahasiswa. 2017; 63-68.
- [3]. Binaiya, S. R., Hayati, M. N. dan Purnamasari, I. Peramalan Menggunakan *Time Invariant Fuzzy Time Series* (Studi Kasus: Indeks Harga Konsumen Provinsi Kalimantan Timur). *Jurnal Eksponensial*. 2019; 10 (2): 175-182.
- [4]. Riyadli, H. Analisis Perbandingan Logika *Fuzzy Time Series* Sebagai Metode Peramalan. *Journal Speed Sentra Penelitian Engineering dan Edukasi*. 2016; 8 (1): 22-28.
- [5]. Safitri, K., Kusnandar, D. dan Debatara, N. N. Peramalan Curah Hujan dengan Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*. *Bimaster*. 2023; 12 (1): 35-42.
- [6]. Zeidi, A., Kusnandar, D. dan Debatara, N. N. Perbandingan *Average Based* dan *Sturges* Pada *Fuzzy Time Series Chen* Untuk Peramalan Harga Saham. *Bimaster*. 2023; 12 (1): 43-52.

VALENTINUS MARKUS : Jurusan Matematika FMIPA Untan, Pontianak
valentinus_markus@student.untan.ac.id

DADAN KUSNANDAR : Jurusan Matematika FMIPA Untan, Pontianak
dkusnand@untan.ac.id

NAOMI NESSYANA DEBATARAJA : Jurusan Matematika FMIPA Untan, Pontianak
naominessyana@math.untan.ac.id