

PERAMALAN NILAI TUKAR PETANI SUBSEKTOR TANAMAN PANGAN PROVINSI BALI MENGGUNAKAN METODE *FUZZY TIME SERIES* CHEN

Ulyatil Aeni^{1§}, I Wayan Sumarjaya², I Gusti Ayu Made Srinadi³

¹Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email: ulyatilaeni@gmail.com]

²Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email: sumarjaya@unud.ac.id]

³Program Studi Matematika, Fakultas MIPA-Universitas Udayana [Email: srinadi@unud.ac.id]

[§]Corresponding Author

ABSTRACT

Forecasting is a way to predict future events. One of the methods for forecasting is to use fuzzy time series Chen method. Fuzzy time series Chen is a development of fuzzy time series Song and Chissom method with more simplified arithmetic operations. In this study, the forecasting for the NTP especially in food crops sub-sector of Bali was done by using first-order and high-order fuzzy time series methods to predict next period. The results show that the most appropriate forecasting method is the second-order fuzzy time series Chen with the result for June 2022 are 90.95, July 2022 are 91.95, and August 2022 are 92.45 with MSE value of 0.4563 and MAPE value of 0.2824%.

Keywords: farmer's exchange rate, forecasting, fuzzy time series Chen, high-order

1. PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan penopang ke dua perekonomian di Provinsi Bali setelah sektor pariwisata. Menurunnya pendapatan sektor pariwisata pada masa pandemi membuat pemerintah melakukan pembangunan pada sektor pertanian agar dapat sejajar dengan sektor pariwisata untuk menstabilkan perekonomian di Provinsi Bali. Pembangunan sektor pertanian berorientasi pada perbaikan kesejahteraan petani dan indeks nilai tukar petani menjadi salah satu indikator yang dapat digunakan untuk mengukur bagaimana tingkat kesejahteraan petani (Rachmat, 2013).

Indeks nilai tukar petani (NTP) didefinisikan sebagai perbandingan indeks harga yang diterima petani (It) terhadap indeks harga yang dibayar petani (Ib) (Badan Pusat Statistik, 2021). Berdasarkan data BPS tahun 2022, indeks NTP di Provinsi Bali pada bulan Mei 2022 naik sebesar 0,17 persen dari 93,69 pada bulan sebelumnya menjadi 93,85. Namun, indeks NTP pada subsektor tanaman pangan Provinsi Bali mengalami penurunan 0,33 persen dari 90,02 pada bulan sebelumnya menjadi 89,72. Indeks NTP di provinsi bali masih berada di bawah nilai 100 dan masih mengalami penurunan pada subsektor tanaman pangan, sedangkan NTP diharapkan dapat meningkat

dari waktu ke waktu. Oleh sebab itu, diperlukan metode untuk memprediksi atau meramalkan NTP di Provinsi Bali khususnya untuk sektor pertanian subsektor tanaman pangan.

Peramalan (*forecasting*) sebuah teknik untuk mengetahui nilai pada masa yang akan datang berdasarkan data historis. Peramalan berkaitan erat dengan model statistika. Sebelum membuat sebuah peramalan, perlu dilakukan pembuatan model peramalan dan model tersebut dibuat berdasarkan data historis yang diamati.

Data NTP subsektor tanaman pangan Provinsi Bali termasuk data deret waktu atau *time series*. Metode *fuzzy time series* menjadi salah satu metode yang dapat digunakan untuk meramalkan data yang berbentuk deret waktu.

Metode *fuzzy time series* pertama kali diperkenalkan oleh Song dan Chissom yang merupakan konsep baru dalam peramalan *time series* yang menggunakan logika *fuzzy* dan teori *fuzzy set* sehingga dapat menjelaskan data yang samar dan berbentuk linguistik (Fauziah et al., 2016). Sistem peramalan dalam *fuzzy time series* akan menangkap bagaimana pola yang terbentuk pada data-data sebelumnya (historis), dan selanjutnya pola tersebut diproyeksikan untuk mendapatkan hasil peramalan (Tauryawati & Irawan, 2014).

Metode *fuzzy time series* Chen merupakan pengembangan dari metode *fuzzy time series* yang dikembangkan oleh Song dan Chissom dengan operasi aritmetika yang lebih sederhana dan lebih efisien. Kemudian, dikembangkan kembali oleh Chen pada tahun 2022 dengan sebutan *high-order fuzzy time series* atau yang dikenal dengan konsep *n-order fuzzy time series*. Pengembangan metode *high-order fuzzy time series* ini sebagai upaya untuk menangani masalah hasil peramalan metode *fuzzy time series* Chen orde satu yang dianggap tidak cukup baik (Chen, 2002).

Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini dilakukan peramalan nilai tukar petani terutama pada subsektor tanaman pangan Provinsi Bali untuk periode selanjutnya menggunakan metode *fuzzy time series* Chen orde satu dan orde tinggi, dengan perhitungan ketepatan hasil peramalan menggunakan *mean square error* (MSE) dan *mean absolut percentage error* (MAPE).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Identifikasi data

Data yang digunakan adalah data bulanan nilai tukar petani (NTP) subsektor tanaman pangan Provinsi Bali yang merupakan data sekunder dan diambil dari *website* resmi Badan Pusat Statistika (BPS) Provinsi Bali. Data yang diambil adalah data dengan kurun waktu 5 tahun terakhir yakni dari bulan Januari 2017 sampai bulan Mei 2022 dengan jumlah data sebanyak 65 data.

2.2 Analisis Data

Pada penelitian ini, software yang digunakan dalam analisis data adalah *software* R untuk meramalkan dengan metode *fuzzy time series* Chen orde satu dan menggunakan *software Excel* untuk meramalkan dengan metode *fuzzy time series* Chen orde tinggi. Adapun Langkah-langkah peramalan adalah sebagai berikut (Chen, 1996):

1. Menentukan himpunan semesta U (*universe of discourse*) menggunakan rumus:

$$U = [X_{\min} - D_1, X_{\max} + D_2] \quad (1)$$

dengan X_{\min} adalah nilai minimum data aktual, X_{\max} adalah nilai maksimum data aktual, D_1 dan D_2 adalah bilangan positif

sembarang yang ditentukan sendiri oleh peneliti.

2. Menentukan panjang interval dan jumlah interval dengan menggunakan metode berbasis rata-rata (*average based*) dengan algoritma berikut:

- a. Menghitung selisih absolut untuk menghitung nilai rata-rata absolut dengan rumus:

$$mean = \frac{\sum_i^n |A_{i+1} - A_i|}{n} \quad (2)$$

- b. Menentukan panjang interval

$$\ell = \frac{mean}{2} \quad (3)$$

- c. Menentukan basis panjang interval yang kemudian dibulatkan berdasarkan tabel basis interval

Tabel 1. Basis Interval

Jangkauan	Basis
0,1 – 1,0	0,1
1,1 – 10	1
11 – 100	10
101 – 1000	100

- d. Menentukan banyaknya kelas interval

$$n = \frac{R}{\ell} \quad (4)$$

3. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* A_i dan menentukan derajat keanggotaan. Berikut ini pendefinisian himpunan *fuzzy* A_i :

$$A_1 = \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \dots + \frac{0}{u_n}$$

$$A_2 = \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \dots + \frac{0}{u_n} \quad (5)$$

⋮

$$A_n = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \dots + \frac{0,5}{u_{n-2}} + \frac{1}{u_n}$$

4. Melakukan *fuzzyfikasi* pada data NTP. Proses *fuzzyfikasi* ini akan mengubah data aktual menjadi variabel linguistik menggunakan nilai derajat keanggotaan.
5. Membentuk *fuzzy logical relationship* (FLR) pada FTS orde satu dan orde tinggi. Pembentukan FLR pada FTS orde satu dengan menggunakan satu data historis ($A_i \rightarrow A_j$). Sedangkan pembentukan FLR pada FTS orde tinggi menggunakan dua data historis atau lebih.

6. Membentuk *fuzzy logical relationship group* (FLRG) berdasarkan dari pengelompokan setiap hasil FLR yang memiliki sisi kiri (*current state*) yang sama.
7. Melakukan proses *defuzzyfikasi* dan perhitungan peramalan berdasarkan aturan peramalan. Pada tahapan *defuzzyfikasi* akan mengubah *output fuzzy* menjadi nilai tegas (*crisp*) sehingga diperoleh nilai peramalan.
8. Menghitung ketepatan hasil peramalan menggunakan MAPE (*mean absolute percentage error*) dan MSE (*mean square error*) dengan persamaan berikut:

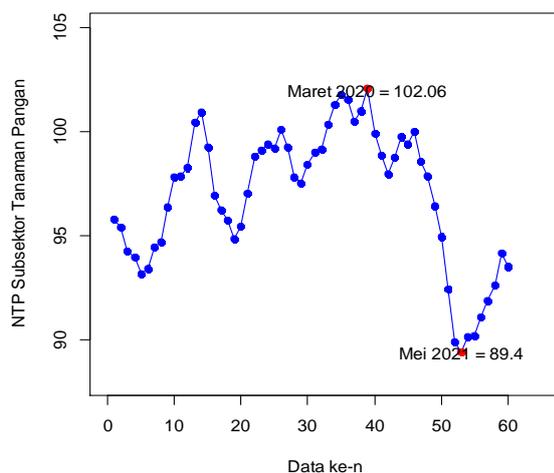
$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \quad (6)$$

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i - F_i)^2}{n} \quad (7)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Deskriptif

Penelitian ini menerapkan metode *fuzzy time series* Chen untuk meramalkan data NTP subsektor tanaman pangan Provinsi Bali pada periode selanjutnya. Plot data NTP subsektor tanaman pangan Provinsi Bali bulan Januari 2017 - Mei 2022 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Plot Data NTP Subsektor Tanaman Pangan

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa plot NTP subsektor tanaman pangan Provinsi Bali berfluktuasi dan beragam.

Nilai maksimum terjadi pada bulan Maret 2020 sebesar 102,06 kemudian mulai menurun hingga mencapai nilai minimum pada bulan Mei 2021 sebesar 89,4. Penurunan nilai NTP mulai terjadi dari Bulan Maret 2020 yakni ketika pandemi Covid-19 mulai masuk di Provinsi Bali.

3.2 Fuzzy Time Series Chen Orde Satu

Proses peramalan data NTP subsektor tanaman pangan Provinsi Bali dengan metode *fuzzy time series* Chen memiliki langkah-langkah sebagai berikut.

1. Penentuan Himpunan Semesta U (*universe of discourse*)

Penentuan himpunan semesta dengan $X_{\min} = 89,4$; $X_{\max} = 102,06$; $D_1 = 0,2$; $D_2 = 0,14$ berdasarkan persamaan (1) diperoleh himpunan semesta (U) = [89,2; 102,2]. Jangkauan data yang diperoleh adalah 13.

2. Penentuan Panjang Interval dan Jumlah Interval menggunakan metode *average based*

Tabel 2. Selisih Absolut Data NTP

Bulan	Data	$ A_{(i+1)} - A_i $
Januari 2017	95,77	0,37
Februari 2017	95,4	1,15
Maret 2017	94,25	0,32
April 2017	93,93	0,76
Mei 2017	93,17	0,25
Juni 2017	93,42	1,04
⋮	⋮	⋮
April 2022	90,02	0,3
Mei 2022	89,72	
Jumlah		58,31

Berdasarkan jumlah selisih absolut, diperoleh rata-rata selisih absolut sesuai persamaan (2) yaitu 0,91. Kemudian, diperoleh panjang interval efektif sesuai persamaan (3) yaitu 0,5 setelah dibulatkan berdasarkan Tabel (1) basis interval. Selanjutnya, jumlah kelas interval yang terbentuk dengan panjang interval sama dengan 0,5 berdasarkan persamaan (4) adalah 26 kelas. Kelas interval dan nilai tengahnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kelas Interval dan Nilai Tengah

Kelas Interval	Nilai Tengah (m_i)
$u_1 = [89,2; 89,7]$	89,45
$u_2 = [89,7; 90,2]$	89,95
$u_3 = [90,2; 90,7]$	90,45
$u_4 = [90,7; 91,2]$	90,95
$u_5 = [91,2; 91,7]$	91,45
$u_6 = [91,7; 92,2]$	91,95
\vdots	\vdots
$u_{25} = [101,2; 102,7]$	101,45
$u_{26} = [101,7; 102,2]$	101,95

3. Pendefinisian Himpunan Fuzzy A_i dan Melakukan Fuzzyfikasi pada data historis

Pendefinisian himpunan fuzzy A_i berdasarkan persamaan (5) sebanyak 26 kelas interval dimana nilai keanggotaannya adalah 0; 0,5 atau 1 dengan $1 \leq i \leq 26$.

$$A_1 = 1/u_1 + 0,5/u_2 + \dots + 0/u_{25} + 0/u_{26}$$

$$A_2 = 0,5/u_1 + 1/u_2 + \dots + 0/u_{25} + 0/u_{26}$$

$$A_3 = 0/u_1 + 0,5/u_2 + \dots + 0/u_{25} + 0/u_{26}$$

\vdots

$$A_{25} = 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 1/u_{25} + 0,5/u_{26}$$

$$A_{26} = 0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0,5/u_{25} + 1/u_{26}$$

Selanjutnya proses fuzzyfikasi yaitu proses mengubah seluruh data aktual menjadi nilai linguistik menggunakan derajat keanggotaan yang telah ditentukan. Hasil fuzzyfikasi terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Fuzzyfikasi data NTP Subsektor

Bulan	Data	Fuzzyfikasi
Januari 2017	95,77	A_{14}
Februari 2017	95,4	A_{13}
Maret 2017	94,25	A_{11}
April 2017	93,93	A_{10}
Mei 2017	93,17	A_8
Juni 2017	93,42	A_9
\vdots	\vdots	\vdots
April 2022	90,02	A_2
Mei 2022	89,72	A_2

Data aktual bulan Januari 2017 yakni 95,77 termasuk dalam u_{14} dengan kelas interval $[95,7; 96,2]$ dan derajat keanggotaan bernilai benar (1) terletak pada himpunan fuzzy A_{14} . Sehingga, hasil fuzzyfikasi data aktual bulan Januari 2017 adalah A_{14}

4. Menentukan Fuzzy Logical Relationship (FLR)

Penentuan FLR Orde satu sesuai dengan algoritma Chen. Misalkan, $F(t-1)$ sebagai *current state* = A_i dan $F(t)$ sebagai *next state* = A_j , FLR yang akan terbentuk yaitu $A_i \rightarrow A_j$.

Tabel 5. FLR Orde Satu

Bulan	FLR Orde satu
Januari 2017	-
Februari 2017	$A_{14} \rightarrow A_{13}$
Maret 2017	$A_{13} \rightarrow A_{11}$
April 2017	$A_{11} \rightarrow A_{10}$
Mei 2017	$A_{10} \rightarrow A_8$
Juni 2017	$A_8 \rightarrow A_9$
\vdots	\vdots
April 2022	$A_7 \rightarrow A_2$
Mei 2022	$A_2 \rightarrow A_2$

5. Menentukan Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)

Fuzzy logical relationship group (FLRG) dibentuk berdasarkan dari hasil FLR pada langkah sebelumnya. Setiap FLR yang memiliki sisi kiri ($F(t-1)$) yang sama akan dikelompokkan menjadi satu dan ini disebut sebagai FLRG. Dalam pembentukan FLRG model Chen, FLR yang memiliki dua atau lebih relasi yang sama hanya akan dihitung satu relasi saja karena relasi tersebut di anggap sama.

Tabel 6. FLRG Orde Satu

Grup	FLRG Orde Satu
Grup 1	$A_1 \rightarrow A_2$
Grup 2	$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_4$
Grup 3	$A_4 \rightarrow A_6$
Grup 4	$A_6 \rightarrow A_7$
Grup 5	$A_7 \rightarrow A_2, A_{10}$
Grup 6	$A_8 \rightarrow A_7, A_8, A_9$
\vdots	\vdots
Grup 23	$A_{25} \rightarrow A_{23}, A_{26}$
Grup 24	$A_{26} \rightarrow A_{22}, A_{25}$

6. Defuzzyfikasi dan Hasil Peramalan

Proses Defuzzyfikasi akan mengubah hasil data *output fuzzy* menjadi nilai tegas (numeris) kembali berdasarkan aturan defuzzyfikasi FTS

Chen dan ini akan menjadi nilai peramalan. Hasil *defuzzifikasi* dapat dilihat pada Tabel 7.

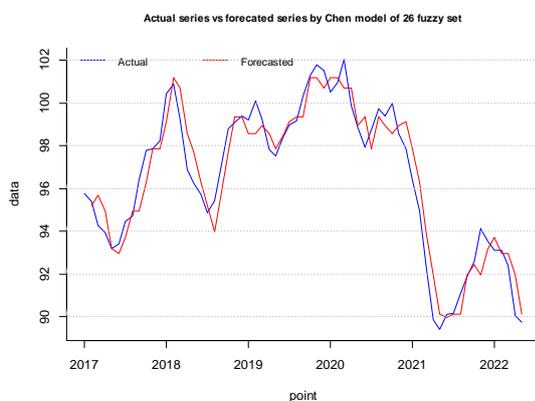
Tabel 7. *Defuzzifikasi* Orde Satu

Grup	FLRG	Nilai Peramalan
Grup 1	$A_1 \rightarrow A_2$	89,95
Grup 2	$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_4$	90,12
Grup 3	$A_4 \rightarrow A_6$	91,95
Grup 4	$A_6 \rightarrow A_7$	92,45
Grup 5	$A_7 \rightarrow A_2, A_{10}$	91,95
Grup 6	$A_8 \rightarrow A_7, A_8, A_9$	93,45
⋮	⋮	⋮
Grup 23	$A_{25} \rightarrow A_{23}, A_{26}$	101,2
Grup 24	$A_{26} \rightarrow A_{22}, A_{25}$	100,7

Hasil *Defuzzifikasi* pada Tabel 7 digunakan dalam penentuan hasil peramalan data NTP subsektor tanaman pangan Provinsi Bali bulan Januari 2017 – Mei 2022. Hasil peramalan terdapat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Peramalan Orde Satu

Bulan	Data Aktual	Hasil Peramalan
Januari 2017	95,77	-
Februari 2017	95,4	95,2
Maret 2017	94,25	95,7
April 2017	93,93	94,95
Mei 2017	93,17	93,2
Juni 2017	93,42	93,45
⋮	⋮	⋮
April 2022	90,02	91,95
Mei 2022	89,72	90,12



Gambar 2. Plot Perbandingan Data Aktual dan Hasil Peramalan Orde Satu

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa plot hasil peramalan (garis merah) hampir mengikuti pola dari plot data aktual (garis biru).

3.3 High Orde Fuzzy Time Series

Peramalan dengan *high orde fuzzy time series* memiliki langkah yang sama dengan FTS Chen orde satu pada penentuan himpunan semesta, pembentukan interval, dan *fuzzifikasi*. Perbedaannya terletak pada pembentukan FLR dan FLRG yang membutuhkan dua atau lebih data historis. Pembentukan FLR dan FLRG *high orde tinggi fuzzy time series* adalah sebagai berikut.

1. Pembentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) Orde Dua

Pembentukan FLR orde dua membutuhkan dua data historis yaitu $F(t - 1)$ dan $F(t - 2)$. Misalkan $F(t - 2)$ sebagai *current state* = A_i , $F(t - 1)$ sebagai *current state* = A_j dan $F(t)$ sebagai *next state* = A_k , sehingga FLR yang terbentuk adalah $A_i, A_j \rightarrow A_k$. Hasil pembentukan FLR orde dua terdapat pada Tabel 9.

Tabel 9. FLR Orde Dua

Bulan	FLR Orde Dua
Januari 2017	-
Februari 2017	-
Maret 2017	$A_{14}, A_{13} \rightarrow A_{11}$
April 2017	$A_{13}, A_{11} \rightarrow A_{10}$
Mei 2017	$A_{11}, A_{10} \rightarrow A_8$
Juni 2017	$A_{10}, A_8 \rightarrow A_9$
⋮	⋮
April 2022	$A_8, A_7 \rightarrow A_2$
Mei 2022	$A_7, A_2 \rightarrow A_2$

2. Pembentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) Orde Dua

Pembentukan FLRG orde dua dengan cara mengelompokkan FLR orde dua yang memiliki sisi kiri atau *current state* yang sama. Pembentukan FLRG orde dua dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. FLRG Orde Dua

Grup	FLRG Orde Dua
Grup 1	$A_1, A_2 \rightarrow A_2$
Grup 2	$A_2, A_1 \rightarrow A_2$
Grup 3	$A_2, A_2 \rightarrow A_4$
Grup 4	$A_2, A_4 \rightarrow A_6$
Grup 5	$A_4, A_6 \rightarrow A_7$
Grup 6	$A_6, A_7 \rightarrow A_{10}$
⋮	⋮
Grup 57	$A_{26}, A_{22} \rightarrow A_{20}$
Grup 58	$A_{26}, A_{25} \rightarrow A_{23}$

3. Defuzzifikasi dan Hasil Peramalan Fuzzy Time Series Orde Dua

Hasil defuzzifikasi fuzzy time series Chen orde dua dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Defuzzifikasi Orde Dua

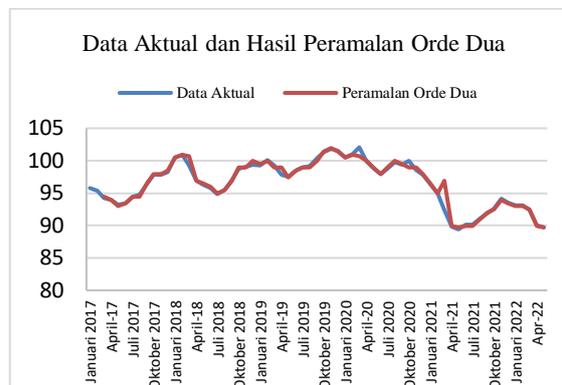
Grup	FLRG	Nilai Peramalan
Grup 1	$A_1, A_2 \rightarrow A_2$	89,95
Grup 2	$A_2, A_1 \rightarrow A_2$	89,95
Grup 3	$A_2, A_2 \rightarrow A_4$	90,95
Grup 4	$A_2, A_4 \rightarrow A_6$	91,95
Grup 5	$A_4, A_6 \rightarrow A_7$	92,45
Grup 6	$A_6, A_7 \rightarrow A_{10}$	93,95
⋮	⋮	⋮
Grup 57	$A_{26}, A_{22} \rightarrow A_{20}$	98,95
Grup 58	$A_{26}, A_{25} \rightarrow A_{23}$	100,45

Selanjutnya, hasil peramalan NTP subsektor tanaman pangan Provinsi Bali dengan FTS Chen orde dua terdapat pada tabel 12.

Tabel 12. Hasil peramalan FTS Orde dua

Bulan	Data Aktual	Hasil Peramalan
Januari 2017	95,77	-
Februari 2017	95,4	-
Maret 2017	94,25	94,45
April 2017	93,93	93,95
Mei 2017	93,17	92,95
Juni 2017	93,42	93,45
⋮	⋮	⋮
April 2022	90,02	89,95
Mei 2022	89,72	89,70

Berikut ini plot perbandingan hasil peramalan dan data aktual data NTP Subsektor tanaman pangan dengan bantuan software Microsoft Excel.



Gambar 3. Plot Perbandingan Data Aktual dan Hasil Peramalan Orde Dua

4. Pembentukan Fuzzy Logical Relationship (FLR) Orde Tiga

Pembentukan FLR orde tiga membutuhkan tiga data historis yaitu $F(t-1)$, $F(t-2)$, dan $F(t-3)$. Misalkan $F(t-3)$ sebagai *current state* = A_i , $F(t-2)$ sebagai *current state* = A_j , $F(t-1)$ sebagai *current state* = A_k dan $F(t)$ sebagai *next state* = A_l , sehingga terbentuk FLR yaitu $A_i, A_j, A_k \rightarrow A_l$. Hasil FLR orde tiga dapat dilihat dalam tabel 13.

Tabel 13. FLR Orde Tiga

Bulan	FLR Orde Tiga
Januari 2017	-
Februari 2017	-
Maret 2017	-
April 2017	$A_{14}, A_{13}, A_{11} \rightarrow A_{10}$
Mei 2017	$A_{13}, A_{11}, A_{10} \rightarrow A_8$
Juni 2017	$A_{11}, A_{10}, A_8 \rightarrow A_9$
⋮	⋮
April 2022	$A_8, A_8, A_7 \rightarrow A_2$
Mei 2022	$A_8, A_7, A_2 \rightarrow A_2$

5. Pembentukan Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG) Orde Tiga

FLRG orde tiga terbentuk berdasarkan pada mengelompokkan setiap FLR orde tiga yang memiliki sisi kiri atau *current state* ($F(t-3), F(t-2), F(t-1)$) yang sama. Adapun

FLRG orde tiga yang terbentuk dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 14. FLRG Orde Tiga

Grup	FLRG Orde Dua
Grup 1	$A_1, A_2, A_2 \rightarrow A_4$
Grup 2	$A_2, A_1, A_2 \rightarrow A_2$
Grup 3	$A_2, A_2, A_4 \rightarrow A_6$
Grup 4	$A_2, A_4, A_6 \rightarrow A_7$
Grup 5	$A_4, A_6, A_7 \rightarrow A_{10}$
Grup 6	$A_6, A_7, A_{10} \rightarrow A_9$
⋮	⋮
Grup 61	$A_{26}, A_{22}, A_{20} \rightarrow A_{18}$
Grup 62	$A_{26}, A_{25}, A_{23} \rightarrow A_{24}$

6. Defuzzifikasi dan Hasil Peramalan Fuzzy Time Series Orde Tiga

Tabel 15. Defuzzifikasi Orde Tiga

Grup	FLRG	Nilai Peramalan
Grup 1	$A_1, A_2, A_2 \rightarrow A_4$	90,95
Grup 2	$A_2, A_1, A_2 \rightarrow A_2$	89,95
Grup 3	$A_2, A_2, A_4 \rightarrow A_6$	91,95
Grup 4	$A_2, A_4, A_6 \rightarrow A_7$	92,45
Grup 5	$A_4, A_6, A_7 \rightarrow A_{10}$	93,95
Grup 6	$A_6, A_7, A_{10} \rightarrow A_9$	93,45
⋮	⋮	⋮
Grup 61	$A_{26}, A_{22}, A_{20} \rightarrow A_{18}$	97,95
Grup 62	$A_{26}, A_{25}, A_{23} \rightarrow A_{24}$	100,95

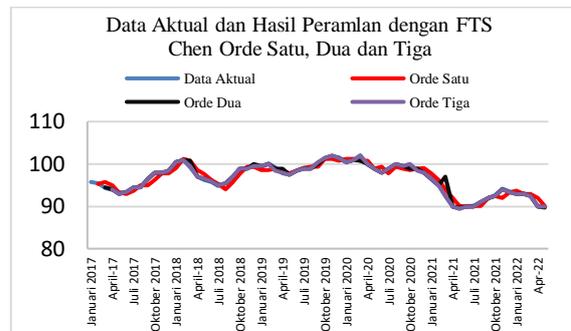
Selanjutnya, hasil peramalan FTS orde tiga untuk nilai NTP subsektor tanaman pangan Provinsi Bali terdapat pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil Peramalan FTS Orde Tiga

Bulan	Data Aktual	Hasil Peramalan
Januari 2017	95,77	-
Februari 2017	95,4	-
Maret 2017	94,25	-
April 2017	93,93	93,95
Mei 2017	93,17	92,95
Juni 2017	93,42	93,45
⋮	⋮	⋮
April 2022	90,02	89,95
Mei 2022	89,72	89,95



Gambar 4. Plot Data Aktual dan Hasil Peramalan Orde Tiga



Gambar 5. Plot Data Aktual dan Hasil Peramalan Orde Satu, Orde Dua, dan Orde Tiga

Berdasarkan gambar 5, dilihat bahwa ketiga plot hasil peramalan tersebut tidak jauh berbeda dengan data aktual, namun plot hasil peramalan dengan FTS Chen orde tiga yang paling mendekati pola data aktual.

3.4 Hasil Peramalan Periode Selanjutnya

Hasil peramalan nilai tukar petani (NTP) subsektor tanaman pangan Provinsi Bali untuk periode selanjutnya adalah sebagai berikut:

Tabel 17. Hasil Peramalan Orde Satu

Bulan	Data Aktual	FLR	Hasil Peramalan
Mei 2022	89,72	$A_2 \rightarrow A_2$	90,12
Juni 2022	-	$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_4$	90,12

Tabel 18. Hasil Peramalan Orde Dua

Bulan	Data Aktual	FLR	Hasil Peramalan
Mei 2022	89,72	$A_7, A_2 \rightarrow A_2$	89,70
Juni 2022	-	$A_2, A_2 \rightarrow A_4$	90,95
Juli 2022	-	$A_2, A_4 \rightarrow A_6$	91,95
Agustus 2022	-	$A_4, A_6 \rightarrow A_7$	92,45

Tabel 19. Hasil Peramalan Orde Tiga

Bulan	Data Aktual	FLR	Hasil Peramalan
Mei 2022	89,72	$A_8, A_7, A_2 \rightarrow A_2$	89,95
Juni 2022	-	$A_7, A_2, A_2 \rightarrow \#$	-

Hasil peramalan dengan orde satu hanya diperoleh untuk satu bulan selanjutnya yakni bulan Juni 2022, sedangkan hasil peramalan setelah bulan Juni 2022 menghasilkan nilai peramalan yang konstan. Kemudian, hasil peramalan periode selanjutnya dengan FTS Chen orde dua diperoleh untuk tiga bulan, yaitu bulan Juni 2022, Juli 2022 dan Agustus 2022. Sedangkan, dengan FTS Chen orde tiga tidak diperoleh hasil peramalan untuk periode selanjutnya karena tidak ada FLR yang sama dengan ketiga *fuzzyfikasi* yang terbentuk ($A_7, A_2, A_2 \rightarrow \#$).

3.5 Ketepatan Hasil Peramalan

Perhitungan ketepatan hasil peramalan menggunakan MSE (*mean square error*) dan MAPE (*mean absolut percentage error*). Hasil perhitungan ketepatan hasil peramalan FTS Chen untuk orde satu, orde dua, serta orde tiga terdapat pada Tabel 20.

Tabel 20. Ketepatan Hasil Peramalan

FTS Chen	MSE	MAPE
Orde Satu	0,9379	0,7991%
Orde Dua	0,4563	0,2824%
Orde Tiga	0,0265	0,1228%

Berdasarkan Tabel 20 dapat disimpulkan bahwa untuk penentuan hasil peramalan data NTP subsektor tanaman pangan Provinsi Bali lebih baik menggunakan FTS Chen orde dua karena memiliki nilai MSE dan MAPE yang lebih kecil daripada FTS Chen orde satu. FTS Chen orde tiga tidak dapat digunakan karena tidak mendapatkan hasil peramalan untuk periode selanjutnya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil peramalan nilai tukar petani (NTP) subsektor tanaman pangan Provinsi Bali yang paling tepat menggunakan metode *fuzzy time series* Chen orde dua dengan hasil peramalan untuk tiga bulan selanjutnya, yaitu bulan Juni 2022 adalah 90,95; bulan Juli 2022 adalah 91,95; dan bulan Agustus 2022 adalah 92,45. Peramalan dengan orde satu kurang tepat karena hanya menghasilkan peramalan untuk satu bulan

selanjutnya dan setelah itu hasil peramalannya konstan. Sedangkan, orde tiga tidak bisa digunakan karena tidak mendapatkan hasil peramalan untuk periode selanjutnya.

Ketepatan hasil peramalan nilai tukar petani (NTP) subsektor tanaman pangan Provinsi Bali dengan metode *fuzzy time series* Chen yang menghasilkan *error* terkecil adalah MSE dan MAPE orde dua yaitu MSE sebesar 0,4563 dan MAPE sebesar 0,2824%.

Adapun saran yang dapat penulis berikan pada peneliti selanjutnya jika ingin melakukan penelitian dengan metode *fuzzy time series* yaitu dapat dilakukan kajian metode *fuzzy time series* orde tinggi dan dibandingkan dengan metode lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2021). *Perkembangan Indeks Nilai Tukar Petani Provinsi Bali*. Badan Pusat Statistik.
- Chen, S. (1996). Forecasting Enrollments Based on Fuzzy Time Series. *Fuzzy Sets and Systems*, 81, 311–319.
- Chen, S. (2002). Forecasting Enrollments Based On High-Order Fuzzy Time Series. *Cybernetics and System: An International Journal*, 33, 1–16.
- Fauziah, N., Wahyuningsih, S., & Nasution, Y. N. (2016). Peramalan Menggunakan Fuzzy Time Series Chen (Studi Kasus: Curah Hujan Kota Samarinda). *Jurnal Statistika*, 4(2), 52–61.
- Rachmat, M. (2013). *Nilai Tukar Petani: Konsep, Pengukuran dan Relevansinya sebagai Indikator Kesejahteraan Petani*. 31 No. 2, 111–122.
- Tauryawati, M. L., & Irawan, M. I. (2014). Perbandingan Metode Fuzzy Time Series Cheng dan Metode Box-Jenkins untuk Memprediksi. *Jurnal Sains Dan Seni POMITS*, 3(2), 34–39.