

EVALUASI METODE FUZZY TIME SERIES CHENG DAN RUEY CHYN TSAUR

(Evaluation Of Cheng and Ruey Chyn Tsaaur's Fuzzy Time Series Method)

Fatkurokhman Fauzi^{1*}, Dwi Agustina², Indah Manfaati Nur³

^{1,2,3}Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Muhammadiyah Semarang

Jl. Kedungmundu No.18, Kec. Tembalang, Semarang, 50273, Jawa Tengah, Indonesia

e-mail: fatkurokhmanf@unimus.ac.id^{1*}, dwiagstn39@gmail.com², indahmnur@unimus.ac.id³

Abstrak: Penelitian ini berfokus terhadap evaluasi metode Logika Fuzzy Time Series (FTS) Cheng dan Fuzzy Time Series (FTS) Logika Ruey Chyn Tsaaur yang diterapkan pada data Nilai Tukar Petani (NTP). Data NTP yang digunakan adalah data NTP bulanan Provinsi Jawa Tengah dari periode 2008-2020. Evaluasi metode menggunakan Mean Square Error (MSE) dan Mean Percentage Error (MAPE) untuk melihat ketepatan/akurasinya. Hasil analisis menunjukkan bahwa peramalan FTS Logika Cheng dan FTS Logika Ruey Chyn Tsaaur keduanya memiliki pola yang hampir sama dengan pola data sebenarnya. Hasil MSE dan MAPE dari FTS logika Cheng adalah 0,3331 dan 0,43%, sedangkan hasil MSE dan MAPE logika Ruey Chyn Tsaaur FTS adalah 0,4054 dan 0,47%. Peramalan periode berikutnya menggunakan FTS logika Cheng sebesar 101,1711 dan FTS logika Ruey Chyn Tsaaur sebesar 101,4112.

Kata Kunci: Akurasi Peramalan, Fuzzy Time Series, Cheng, Ruey Chyn Tsaaur.

Abstract: This study focuses on evaluating the Fuzzy Time Series (FTS) Cheng and Fuzzy Time Series (FTS) Logika Ruey Chn Tsaaur methods which are applied to Farmer's Exchange Rate (NTP) data. The NTP data used is the monthly NTP data for Central Java Province from the 2008-2020 period. Evaluation of the method using Mean Square Error (MSE) and Mean Percentage Error (MAPE) to see the accuracy. The results of the analysis show that the forecasting of FTS Logika Cheng and FTS Logika Ruey Chn Tsaaur both have almost the same pattern as the actual data pattern. The MSE and MAPE results from the Cheng Logika FTS were 0.3331 and 0.43%, while the MSE and MAPE results from the Ruey Chyn Tsaaur FTS Logika were 0.4054 and 0.47%, respectively. Forecasting the next period using Cheng Logika FTS of 101.1711 and Ruey Chyn Tsaaur's FTS Logika of 101.4112.

Keywords: Forecasting Accuracy, Fuzzy Time Series, Cheng, Ruey Chn Tsaaur..

1. PENDAHULUAN

Salah satu penyumbang perekonomian Indonesia adalah sektor pertanian. Pemerintah Indonesia telah menetapkan target untuk meningkatkan produksi bidang pertanian (kelapa sawit) dua kali lipat [1]. Peningkatan sarana prasarana guna menunjang produktifitas petani terus dibangun oleh pemerintah. Pembangunan pada sektor pertanian untuk kesejahteraan petani menjadi tujuan pembangunan nasional[2]. Program peningkatan produksi pertanian, menjaga stabilitas pasokan bahan pangan, dan meningkatkan pendapatan/kesejahteraan petani sudah diatur dalam kebijakan dan program pembangunan nasional.

Berdasarkan orientasi pembangunan pertanian kearah perbaikan kesejahteraan petani, diperlukan adanya alat ukur untuk menilai perkembangan kesejahteraan petani tersebut. Nilai Tukar Petani (NTP) merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur tingkat kesejahteraan petani [3].

Secara geografis Provinsi Jawa Tengah dilalui jalur pegunungan dan sumber air. Sebagian lahan yang terdapat pegunungan dimanfaatkan untuk pertanian. Selain itu Provinsi Jawa Tengah juga ikut andil dalam perekonomian nasional di bidang pertanian. Menurut Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah, nilai tukar petani di provinsi Jawa Tengah naik dari tahun sebelumnya sebanyak 0,95% [4] .

Menurut BPS Provinsi Jawa Tengah NTP Pada tahun 2019, NTP diawali dengan indeks sebesar 103,77 pada Januari 2019 dan diakhiri dengan indeks sebesar 106,00 pada Desember 2019, atau secara *year on year* Desember 2019 mengalami kenaikan sebesar 2,27% dibandingkan dengan NTP pada Desember 2018 yang berarti bahwa selama tahun 2019 petani mengalami kenaikan, ketika rata-rata tingkat harga yang mereka terima mengalami kenaikan yang lebih cepat[5].

Permasalahan yang sering muncul pada sektor pertanian adalah sarana dan prasarana pertanian sehingga mengakibatkan biaya produksi. Dampak yang ditimbulkan dari naiknya biaya produksi hasil pertanian tidak terjual sehingga merugikan petani. Oleh karena itu, peramalan NTP diperlukan sebagai salah satu indikator tingkat kesejahteraan petani. Hasil peramalan NTP dengan metode yang tepat dapat menentukan arah kebijakan pemerintah terkait pertanian nasional.

Peramalan data yang menggunakan himpunan *fuzzy* sebagai dasar pemodelan peramalan dinamakan metode *Fuzzy Time Series* (FTS) [6]. Peramalan dengan FTS adalah peramalan dengan mengolah pola data masa lalu kemudian digunakan untuk meramalkan data yang akan datang [7]–[9]. FTS bekerja dengan cara menangkap pola dari data historis untuk memproyeksikan data masa depan [10]. Penyederhanaan oprasi aritmatika pada tahapan pembentukan relasi fuzzy dilakukan untuk meningkatkan akurasi peramalan metode FTS [11].

Perbedaan antara FTS Cheng dan FTS Chen terdapat pada langkah pembentukan *Fuzzy Set* dan terdapat bobot pada setiap kelompok relasi *fuzzy* [12], [13]. Selanjutnya metode ini dikembangkan lagi oleh Ruey Chyn Tsaur [14], Tsaur menggabungkan metode FTS klasik dengan markov chain. Hasil dari penelitian Tsaur memberikan akurasi yang cukup baik. Lestari [15] menerapkan metode FTS Cheng dan Chen untuk meramalkan produksi padi, hasil penelitian diperoleh metode FTS Cheng memiliki *error* peramalan MAPE yang lebih kecil yaitu 4,18% dibandingkan dengan metode FTS Chen sebesar 4,71%. Metode Fuzzy Ruey Chyn Tsaur juga bekerja dengan baik dalam memprediksi curah hujan pada tahun 2021, dengan nilai MAPE yang diperoleh sebesar 0,37 dan presisi sebesar 99,63% [16]. FTS Cheng dan FTS Ruey Chyn Tsaur sama-sama memiliki hasil akurasi yang cukup baik, namun belum ada peneliti yang membandingkan kedua metode tersebut, sehingga penelitian ini bertujuan untuk membandingkan dan mengevaluasi hasil peramalan metode FTS Cheng dan FTS Ruey Chyn Tsaur. Kedua metode tersebut penting dibandingkan untuk mendapatkan metode yang paling akurat untuk meramalkan.

2. METODOLOGI

2.1. Ringkasan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini merujuk pada publikasi Nilai Tukar Petani (NTP) Badan Pusat Statistika (BPS) Provinsi Jawa Tengah Januari 2008 samapai dengan Desember 2020. Terdapat 156 data yang digunakan untuk membangun model *Fuzzy Time Series* (FTS) Cheng and *Fuzzy Time Series* (FTS) Logika Ruey Chn Tsaur. Adapun Struktur data penelitian sebagai berikut:

Tabel 1. Struktur Data Penelitian

No	Waktu	X
1	Januari (2008)	X_1
2	Februari (2008)	X_2
3	Maret (2008)	X_3
\vdots	\vdots	\vdots
154	Oktober (2020)	X_{154}
155	November (2020)	X_{155}
156	Desember (2020)	X_{156}

2.2. Langkah Penelitian

Adapun langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis deskriptif.
2. Melakukan permodelan *Fuzzy Time Series* (FTS) Cheng and *Fuzzy Time Series* (FTS) Logika Ruey Chyn Tsaur dengan langkah sebagai berikut

Model Cheng:

- a. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* ada data historis yang diamati.
- b. Pembentukan interval, fuzzifikasi data historis, dan menetapkan *Fuzzy Logikaal Relationship Group* (FLRG).
- c. Menetapkan Pembobotan lalu dinormalisasi.
- d. Melakukan peramalan berdasarkan himpunan *fuzzy*, dan melakukan defuzzifikasi data *fuzzy*.
- e. Menghitung nilai *error* menggunakan MSE dan MAPE.

Model Ruey Chyn Tsaur:

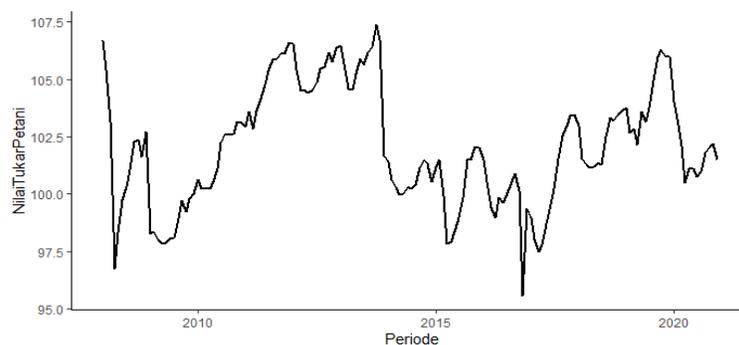
- a. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* pada data historis yang diamati.
- b. Pembentukan interval, fuzzifikasi data historis, dan menetapkan FLRG.
- c. Melakukan Peramalan Probabilitas Matriks Transisi, melakukan defuzzifikasi data *fuzzy*.
- d. Menghitung nilai *error* menggunakan MSE dan MAPE.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil dan pembahasan akan dibahas tentang karakteristik data yang tercerminkan pada statistika deksriptif. Selain itu, dijelaskan langkah-langkah dalam menentukan hasil peramalan menggunakan metode *fuzzy* model Cheng dan Ruey Chyn Tsaur. Penelitian ini berbantuan *software* R.

3.1 Statistika Deskriptif

Berdasarkan analisa didapatkan bahwa NTP tertinggi sebesar 107,37 pada Oktober 2013 sedangkan NTP terendah sebesar 95,55 pada November 2016 dengan rata – rata NTP sebesar 102,07 dan nilai standar deviasi sebesar 2,60724255.



Gambar 1. Time Series Plot

Plot NTP Provinsi Jawa Tengah membentuk pola siklis yang terjadi akibat data yang dipengaruhi fluktuatif jangka panjang. Berbagai faktor yang mempengaruhi fluktuasi tersebut diantaranya seperti gejolak produksi pertanian maupun gejolak yang terjadi akibat adanya distorsi pasar yang mempengaruhi harga-harga pasar.

3.2 Penerapan FTS Logika Cheng

Adapun langkah-langkah peramalan menggunakan metode FTS Cheng terboboti adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *Universe of Discourse*.

Nilai minimal (D_{min}) dari data NTP Provinsi Jawa Tengah adalah sebesar 95,55 dan maksimal (D_{max}) nya adalah sebesar 107,37. Menentukan himpunan semesta menggunakan formula $U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2]$. Nilai D_1 dan D_2 merupakan nilai positif sembarang yang dapat membulatkan nilai minimal (D_1) dan membulatkan nilai maksimal menjadi lebih besar (D_2) [17]. Nilai minimal sudah diketahui sebesar 95,55 dan peneliti ingin membulatkannya menjadi 95, sehingga nilai D_1 yang diperoleh sebesar $95,55 - 95$ dan diperoleh nilai D_1 nya sebesar 0,55. Sedangkan untuk nilai maksimal sudah diketahui sebesar 107,37 dan peneliti ingin membulatkannya menjadi 109, sehingga nilai D_2 yang diperoleh sebesar $109 - 107,37$ dan diperoleh nilai D_2 nya sebesar 1,63. Setelah diketahui nilai D_1 dan D_2 diperoleh himpunan semesta dengan persamaan (2.23) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} U &= [D_{min} - D_1 ; D_{max} + D_2] \\ &= [95,55 - 0,55 ; 107,37 + 1,63] \\ &= [95 ; 109] \end{aligned} \quad (1)$$

2. Menentukan Interval

Prastisi himpunan semesta.

$$\begin{aligned} (n) &= 1 + 3,222 \text{ Log } (n) \\ u &= 1 + 3,322 \log(156) = 8,285559916 \approx 8 \end{aligned} \quad (2)$$

Panjang interval yang didapatkan adalah sebesar 8. Proses selanjutnya dalam FTS Cheng adalah penentuan interval. Penentuan interval didefinisikan dengan menggunakan rumus berikut.

$$\begin{aligned} l &= \frac{[(D_{max} + D_2)(D_{min} - D_1)]}{n} \\ l &= \frac{[(107,37 + 1,63)(95,55 - 0,55)]}{8} = 1,75 \end{aligned} \quad (3)$$

Setelah mendapatkan panjang intervalnya ($l = 1,75$). Dicari definisi $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7$, dan u_8 . dari himpunan semesta U dengan persamaan (2.26). berikut definisi interval sebagai berikut:

$$\begin{aligned} u_1 &= [D_{min} - D_1 ; D_{min} - D_1 + l] \\ &= [(95,55 - 0,55) ; (95,55 - 0,55) + 1,75] \\ &= [95,00 ; 96,75] \end{aligned} \quad (4)$$

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan nilai tengah atau *mid point* (m) dari setiap himpunan semesta U dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$m_1 = \frac{(\text{batas bawah} + \text{batas atas})}{2} = \frac{(95,00 + 96,75)}{2} = \frac{191,75}{2} = 95,88 \quad (5)$$

Tabel 2. Pembagian Himpunan Semesta U dan Nilai Tengah

Semesta Pembicara	Batas Bawah	Batas Atas	Nilai Tengah
(1)	(2)	(3)	(4)
u_1	95,00	96,75	95,88
u_2	96,75	98,50	97,63
u_3	98,50	100,25	99,38
u_4	100,25	102,00	101,13
u_5	102,00	103,75	102,88
u_6	103,75	105,50	104,63
u_7	105,50	107,25	106,38
u_8	107,25	109,00	108,13

3. Menentukan himpunan *fuzzy* pada semesta pembicara U.

Berikut adalah bentuk persamaan himpunan *fuzzy*.

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \frac{1}{U_1} + \frac{0,5}{U_2} + \frac{0}{U_3} + \frac{0}{U_4} + \frac{0}{U_5} + \frac{0}{U_6} + \frac{0}{U_7} + \frac{0}{U_8} \\
 A_2 &= \frac{0,5}{U_1} + \frac{1}{U_2} + \frac{0,5}{U_3} + \frac{0}{U_4} + \frac{0}{U_5} + \frac{0}{U_6} + \frac{0}{U_7} + \frac{0}{U_8} \\
 A_3 &= \frac{0}{U_1} + \frac{0,5}{U_2} + \frac{1}{U_3} + \frac{0,5}{U_4} + \frac{0}{U_5} + \frac{0}{U_6} + \frac{0}{U_7} + \frac{0}{U_8} \\
 A_4 &= \frac{0}{U_1} + \frac{0}{U_2} + \frac{0,5}{U_3} + \frac{1}{U_4} + \frac{0,5}{U_5} + \frac{0}{U_6} + \frac{0}{U_7} + \frac{0}{U_8} \\
 A_5 &= \frac{0}{U_1} + \frac{0}{U_2} + \frac{0}{U_3} + \frac{0,5}{U_4} + \frac{1}{U_5} + \frac{0,5}{U_6} + \frac{0}{U_7} + \frac{0}{U_8} \\
 A_6 &= \frac{0}{U_1} + \frac{0}{U_2} + \frac{0}{U_3} + \frac{0}{U_4} + \frac{0,5}{U_5} + \frac{1}{U_6} + \frac{0,5}{U_7} + \frac{0}{U_8} \\
 A_7 &= \frac{0}{U_1} + \frac{0}{U_2} + \frac{0}{U_3} + \frac{0}{U_4} + \frac{0}{U_5} + \frac{0,5}{U_6} + \frac{1}{U_7} + \frac{0,5}{U_8} \\
 A_8 &= \frac{0}{U_1} + \frac{0}{U_2} + \frac{0}{U_3} + \frac{0}{U_4} + \frac{0}{U_5} + \frac{0}{U_6} + \frac{0,5}{U_7} + \frac{1}{U_8}
 \end{aligned} \tag{6}$$

4. Melakukan fuzzifikasi pada pola data historis.

Data bulan Januari 2008 (t=1) sebesar 106,69 masuk interval $U_7 = [105.50 - 107.25]$. Setelah menentukan data tersebut masuk ke dalam interval U_7 , maka data tersebut difuzzifikasikan ke dalam A_7 , begitu juga seterusnya untuk NTP hingga pada data ke 156.

Tabel 3. Fuzzifikasi

No	Periode	NTP	Fuzzifikasi
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Jan-08	106,69	A7
2	Feb-08	105,41	A6
3	Mar-08	103,17	A5
⋮	⋮	⋮	⋮
155	Nov-20	102,19	A5
156	Dec-20	101,49	A4

5. Pembentukan *Fuzzy Logika Relationships* (FLR) dan FLRG.

Data ke 1 (Januari 2008) fuzzifikasi A_7 dan data kedua (Februari 2008) fuzzifikasi A_6 sehingga terbentuk FLR ($A_7 \rightarrow A_6$) dan seterusnya.

Tabel 4. FLR

No	Periode	NTP	FLR
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Jan-08	106,69	*
2	Feb-08	105,41	A7 → A6
3	Mar-08	103,17	A6 → A5
⋮	⋮	⋮	⋮
154	Oct-20	102,08	A4 → A5
155	Nov-20	102,19	A5 → A5
156	Dec-20	101,49	A5 → A4

Untuk mempermudah perhitungan FLR dilakukan pengelompokkan dari setiap perpindahan *state* yang dinamakan proses FLRG. Berikut merupakan FLRG dari seluruh data.

Tabel 5. FLRG

Current State	Next State	FLRG
(1)	(2)	(3)
A ₁	A ₂ , A ₃	A ₁ → A ₂ , A ₃
A ₂	10(A ₂), 4(A ₃)	A ₂ → 10(A ₂), 4(A ₃)
A ₃	A ₁ , 2(A ₂), 14(A ₃), 8(A ₄)	A ₃ → A ₁ , 2(A ₂), 14(A ₃), 8(A ₄)
A ₄	6(A ₃), 25(A ₄), 7(A ₅)	A ₄ → 6(A ₃), 25(A ₄), 7(A ₅)
A ₅	A ₁ , A ₂ , 5(A ₄), 25(A ₅), 3(A ₆)	A ₅ → A ₁ , A ₂ , 5(A ₄), 25(A ₅), 3(A ₆)
A ₆	3(A ₅), 11(A ₆), 4(A ₇)	A ₆ → 3(A ₅), 11(A ₆), 4(A ₇)
A ₇	A ₄ , 4(A ₆), 16(A ₇), A ₈	A ₇ → A ₄ , 4(A ₆), 16(A ₇), A ₈
A ₈	A ₇	A ₈ → A ₇

6. Menetapkan pembobot

Berdasarkan FLRG tersebut, maka akan diketahui nilai pembobotannya. Nilai masing-masing pembobot diperoleh dari FLRG yang telah didapatkan, seperti contoh untuk *current state* A₁ yang mempunyai nilai *next state* A₂ dan A₃ sehingga bisa diperoleh nilai pembobot untuk A₁ → A₂ ialah 1, dan A₁ → A₃ juga memiliki pembobot 1.

Tabel 6. Pembobotan Fuzzy

X _(t-1)	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈
A ₁	0	1	1	0	0	0	0	0
A ₂	0	10	4	0	0	0	0	0
A ₃	1	2	14	8	0	0	0	0
A ₄	0	0	6	25	7	0	0	0
A ₅	1	1	0	5	25	3	0	0
A ₆	0	0	0	0	3	11	4	0
A ₇	0	0	0	1	0	4	16	1
A ₈	0	0	0	0	0	0	1	0

Setelah mendapatkan pembobot, selanjutnya menentukan pembobot ternormalisasi diperoleh dengan cara masing-masing pembobot dibagi total pembobot masing-masing *current state*.

Tabel 7. Bobot Ternormalisasi

$X_{(t-1)}$	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈
A ₁	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0	0	0	0
A ₂	0	$\frac{10}{14}$	$\frac{4}{14}$	0	0	0	0	0
A ₃	$\frac{1}{25}$	$\frac{2}{25}$	$\frac{14}{41}$	$\frac{8}{25}$	0	0	0	0
A ₄	0	0	$\frac{6}{38}$	$\frac{25}{38}$	$\frac{7}{38}$	0	0	0
A ₅	$\frac{1}{35}$	$\frac{1}{35}$	0	$\frac{1}{35}$	$\frac{2}{35}$	$\frac{3}{35}$	0	0
A ₆	0	0	0	0	$\frac{3}{18}$	$\frac{11}{18}$	$\frac{4}{18}$	0
A ₇	0	0	0	$\frac{1}{22}$	0	$\frac{4}{22}$	$\frac{16}{22}$	$\frac{1}{22}$
A ₈	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{1}$	0
							$\frac{1}{1}$	

7. Deffuzzifikasi

Deffuzzifikasi dapat dihitung dengan mengalikan matriks defuzzifikasi (L_{df}) berupa nilai tengah dengan matriks pembobot ($W_n(t)$).

Tabel 8. Deffuzzifikasi

Himpunan Fuzzy	Deffuzzifikasi
(1)	(2)
A ₁	98,500
A ₂	98,125
A ₃	99,655
A ₄	101,171
A ₅	102,425
A ₆	104,722
A ₇	105,898
A ₈	106,375

Berdasarkan nilai defuzzifikasi tersebut diperoleh nilai peramalan NTP Provinsi Jawa Tengah, tersaji dalam Tabel 9 sebagai berikut.

Tabel 9. Hasil Peramalan

Periode	Fuzzifikasi	Nilai Aktual	Peramalan
(2)	(3)	(4)	(5)
Jan-08	A ₇	106,69	*
Feb-08	A ₆	105,41	104,7222
Mar-08	A ₅	103,17	102,4250
Apr-08	A ₁	96,74	98,5000
May-08	A ₂	98,32	98,1250
...
Sep-20	A ₄	101,82	101,1711
Oct-20	A ₄	102,08	102,4250
Nov-20	A ₅	102,19	102,4250
Dec-20	A ₅	101,49	101,1711
Jan-21	*	*	101,1711

Berdasarkan Tabel 9 didapatkan nilai peramalan NTP Provinsi Jawa Tengah periode bulan Februari 2008 sebesar 104,7222 berdasarkan defuzzifikasi A₆, begitu juga untuk periode bulan Maret 2008

dikarenakan fuzzifikasi nya adalah A5 sehingga hasil peramalan diperoleh dari nilai defuzzifikasi A5. Untuk peramalan periode selanjutnya yaitu Januari 2021 menggunakan fuzzifikasi bulan Desember 2020 yaitu A₅ dengan hasil peramalan sebesar 101.1711.

3.3 Penerapan FTS Logika Ruey Chyn Tsaur

FTS Logika Ruey Chyn Tsaur memiliki langkah yang sama dengan FTS Chen pada langkah 1 sampai dengan 5. Penggunaan matriks probabilitas transisi digunakan dalam model FTS Logika Ruey Chyn Tsaur untuk memperoleh probabilitas terbesar. Adapun langkah-langkah FTS Logika Ruey Chyn Tsaur sebagai berikut:

6. Menghitung Matriks Probabilitas Transisi

Berdasarkan interval sebelumnya didapat matriks probabilitas transisi berorde 8 × 8. Matriks transisi probabilitas sebagai berikut.

Tabel 10. Matriks Probabilitas

P_{ij}	J							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,0000	0,5000	0,5000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,7143	0,2857	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,0400	0,0800	0,5600	0,3200	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4	0,0000	0,0000	0,1579	0,6579	0,1842	0,0000	0,0000	0,0000
5	0,0286	0,0286	0,0000	0,1429	0,7143	0,0857	0,0000	0,0000
6	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1667	0,6111	0,2222	0,0000
7	0,0000	0,0000	0,0000	0,0455	0,0000	0,1818	0,7273	0,0455
8	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000

7. Defuzzifikasi

Peramalan awal dapat dilihat pada matriks probabilitas transisi berdasarkan nilai probabilitas, kemudian dapat dilakukan perhitungan untuk peramalan berdasarkan data histori. Perhitungan menggunakan data aktual dimulai dari t = 2 yaitu bulan Februari 2011. Data tersebut memiliki FLR A2 bertransisi pada A1 sehingga dapat dihitung peramalannya sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 F(2) &= A_6 \rightarrow 3(A_5), 11(A_6), 4(A_7) \\
 &= M_5(P_{65}) + Y_{t-1}(P_{66}) + M_7(P_{67}) \\
 &= (104,625 * 0,1667) + (106,69 * 0,6111) + (106,375 * 0,2222) \\
 &= 106,27500
 \end{aligned} \tag{7}$$

Tabel 11. Peramalan awal sebelum disesuaikan

No	Periode	Nilai Aktual	Peramalan Awal
(1)	(2)	(3)	(5)
1	Jan-08	106,69	*
2	Feb-08	105,41	106,27500
3	Mar-08	103,17	105,20194
4	Apr-08	96,74	102,63571
...
154	Oct-20	102,08	101,62829
155	Nov-20	102,19	101,85714
156	Dec-20	101,49	101,93571
157	Jan-21	*	101,41118

8. Menghitung nilai penyesuaian pada peramalan (*adjusted value*) dan peramalan akhir.

Perhitungan untuk bulan Februari 2008, diketahui bahwa FLR-nya adalah A₇ → A₆. Berikut diperoleh nilai penyesuaian:

$$\begin{aligned}
 D_{t(\text{februari } 2008)}(A_7 \rightarrow A_6) &= -\left(\frac{l}{2}\right) = -\left(\frac{1,75}{2}\right) = -0,875 \\
 D_{t(\text{april } 2008)}(A_5 \rightarrow A_1) &= -\left(\frac{l}{2}\right)v = -\left(\frac{1,75}{2}\right)4 = -3,500
 \end{aligned} \tag{8}$$

Kemudian untuk menghitung peramalan akhir yang didapat dari tahap peramalan awal dan nilai penyesuaian, misalnya pada peramalann akhir $t=2$ (Februari 2008) adalah sebagai berikut.

$$F'_2 = F_2 + D = 106,2750 - 0,875 = 105,400 \quad (9)$$

Tabel 12. Peramalan akhir

No	Periode	Peramalan Awal	Nilai Penyesuaian	Peramalan Akhir
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Jan-08	*	*	*
2	Feb-08	106,2750	-0,875	105,4000
3	Mar-08	105,2019	-0,875	104,3269
4	Apr-08	102,6357	-3,500	99,1357
5	May-08	98,5000	0,875	99,3750
...
153	Sep-20	101,0820	0,000	101,0820
154	Oct-20	101,6282	0,875	102,5032
155	Nov-20	101,8571	0,000	101,8571
156	Dec-20	101,9357	-0,875	101,0607
157	Jan-21	101,4112	0,000	101,4112

Berdasarkan Tabel 12 didapatkan nilai peramalan akhir NTP Provinsi Jawa Tengah periode bulan Februari 2008 sebesar 105,4000 dan periode bulan maret 2008 hasil peramalan akhir nya diperoleh sebesar 104.3269. Peramalan periode selanjutnya yaitu Januari 2021 sebesar 101,4112. Selanjutnya peramalan akhir digunakan untuk menghitung *Mean Square Error* (MSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

3.4 Ketepatan Metode Peramalan

Setelah dilakukan analisis peramalan NTP Provinsi Jawa Tengah bulan Januari 2008 sampai Desember 2020 menggunakan FTS Logika Cheng dan FTS Logika Ruey Chyn Tsaur. Selanjutnya akan dilakukan evaluasi hasil prediksi dengan menghitung nilai MSE dan MAPE untuk setiap model.

Tabel 13. Perbandingan Akurasi

Metode	MSE	MAPE
(1)	(2)	(3)
FTS Logika Cheng	0,3331	0,43%
FTS Logika Ruey Chyn Tsaur	0,4054	0,4793%

Berdasarkan Tabel 13 metode FTS Logika Cheng memiliki akurasi yang lebih baik dibandingkan metode FTS Logika Ruey Chyn Tsaur dengan nilai MSE dan MAPE masing-masing 0,3331 dan 0,43%.

4. KESIMPULAN

Hasil peramalan menggunakan FTS logika Cheng untuk NTP Provinsi Jawa Tengah memiliki nilai yang hampir sepola dengan nilai aktual NTP Provinsi Jawa Tengah bulan Januari 2008 sampai Desember 2020. Sedangkan peramalan untuk periode selanjutnya yaitu bulan Januari 2021 diperoleh sebesar 101,1711. peramalan untuk periode selanjutnya yaitu bulan Januari 2021 diperoleh sebesar 101,41118. Berdasarkan nilai MSE dan MAPE terkecil metode FTS Logika Cheng mempunyai hasil peramalan yang lebih akurat dibandingkan metode FTS Logika Ruey Chyn Tsaur. Diperoleh nilai ketepatan hasil peramalan FTS logika Cheng sebesar 99,57% dan ketepatan hasil peramalan FTS logika Ruey Chyn Tsaur sebesar 99,52%. Peramalan data NTP Provinsi Jawa Tengah ini dapat dicoba dibandingkan dengan metode lain selain FTS Logika Cheng dan FTS Logika Ruey Chyn Tsaur sehingga untuk meningkatkan akurasi peramalan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. R. Nurrochmat, R. Boer, M. Ardiansyah, G. Immanuel, and H. Purwawangsa, "Policy forum: Reconciling palm oil targets and reduced deforestation: Landswap and agrarian reform in Indonesia," *Forest Policy and Economics*, vol. 119, p. 102291, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102291>.
- [2] M. Teja, "Pembangunan untuk Kesejahteraan Masyarakat di Kawasan Pesisir," *Jurnal Aspirasi*, vol. 6, no. 6, pp. 63–76, 2015.
- [3] C. M. Keumala and Z. Zainuddin, "Indikator Kesejahteraan Petani melalui Nilai Tukar Petani (NTP) dan Pembiayaan Syariah sebagai Solusi Cut Muftia Keumala Zamzami Zainuddin Pendahuluan Salah satu sumber kebutuhan utama manusia berasal dari sektor," *Economica: Jurnal Ekonomi Islam*, vol. 9, no. 1, pp. 129–149, 2018.
- [4] BPS, "Perkembangan Nilai Tukar Petani dan Harga Produsen Gabah," in *Berita Resmi Statistik*, no. 91, 2020, pp. 2–4.
- [5] BPS, *Statistik Nilai Tukar Petani Provinsi Jawa Tengah 2020*. 2020.
- [6] M. Muhammad, S. Wahyuningsih, and M. Siringoringo, "Peramalan Nilai Tukar Petani Subsektor Peternakan Menggunakan Fuzzy Time Series Lee," *Jambura Journal of Mathematics*, vol. 3, no. 1, pp. 1–15, 2021, doi: 10.34312/jjom.v3i1.5940.
- [7] S. Azmiyati and W. N. Tanjung, "Peramalan Jumlah Tandan Buah Segar (Tbs) Kelapa Sawit Dengan Metode Fuzzy Time Series Chen Dan Algoritma Ruey Chyn Tsur (Studi Kasus Pada Pt. Xyz)," *Jurnal PASTI*, vol. 8, no. 1, pp. 36–48, 2016.
- [8] D. A. Fyanda, M. Ula, and Asrianda, "Implementasi Fuzzy Time Series Pada Peramalan Penjualan Tabung Gas LPG di UD. Samudera LPG Lhokseumawe," *Jurnal Sistem Informasi ISSN*, vol. 1, no. 1, pp. 1–25, 2017.
- [9] N. Ritha, T. Matulatan, and R. Hidayat, "Penerapan Fuzzy Time Series Stevenson Porter pada Peramalan Pergerakan Nilai Forex," in *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 2020, pp. 179–184.
- [10] Q. Song and B. S. Chissom, "Forecasting enrollments with fuzzy time series — part II," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 62, no. 1, pp. 1–8, 1994, doi: [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(94\)90067-1](https://doi.org/10.1016/0165-0114(94)90067-1).
- [11] S.-M. Chen, "Forecasting enrollments based on fuzzy time series," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 81, no. 3, pp. 311–319, 1996, doi: [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(95\)00220-0](https://doi.org/10.1016/0165-0114(95)00220-0).
- [12] R. Setyawan, Yudi; Zulfauzi, "Peramalan menggunakan metode double exponential smoothing dan fuzzy time series cheng (study kasus: jumlah penumpang angkutan udara domestik kota kendari)," *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*, vol. 7, no. 1, pp. 34–45, 2022.
- [13] Rahmawati, E. P. Cynthia, and K. Susilowati, "Metode Fuzzy Time Series Cheng dalam Memprediksi Jumlah Wisatawan di Provinsi Sumatera Barat," *Journal of Education Informatic Technology and ...*, vol. 1, no. 1, pp. 11–23, 2019, [Online]. Available: <http://ejurnal.umri.ac.id/index.php/JeITS/article/view/1222>.
- [14] R.-C. Tsaor, "Application To Forecast the Exchange Rate," *Journal, International Computing, Innovative*, vol. 8, no. 7, pp. 4931–4942, 2012.
- [15] K. I. Lestari, "Penggunaan Metode Fuzzy Time Series Untuk Meramalkan Produksi Padi Di Kabupaten Majalengka." 2018.
- [16] R. Rahmawati, D. E. Sari, A. N. Rahma, and M. Soleh, "Prediksi Curah Hujan di PPKS Bukit Sentang Dengan Menggunakan Fuzzy Time Series Ruey Chyn Tsaor," *Jurnal Matematika Integratif*, vol. 17, no. 1, p. 51, 2021, doi: 10.24198/jmi.v17.n1.32820.51-61.
- [17] L. Handayani and D. Anggriani, "Perbandingan Model Chen Dan Model Lee Pada Metode Fuzzy

Time Series Untuk Prediksi Harga Emas,” *Pseudocode*, vol. 2, no. 1, pp. 28–36, 2015, doi: 10.33369/pseudocode.2.1.28-36.

