

Peramalan Nilai Tukar Petani Subsektor Peternakan Menggunakan *Fuzzy Time Series* Lee

Mahadi Muhammad^{1*}, Sri Wahyuningsih², Meiliyani Siringoringo³

¹ Laboratorium Ekonomi dan Bisnis, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman,
Jl. Barong Tongkok No. 4 Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75123, Kalimantan Timur, Indonesia

^{2,3} Program Studi Statistika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman,
Jl. Barong Tongkok No. 4 Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75123, Kalimantan Timur, Indonesia

* Penulis Korespondensi. Email: mahadimuhammad98@gmail.com

ABSTRAK

Fuzzy time series (FTS) Lee adalah suatu metode peramalan yang digunakan ketika jumlah data historis yang tersedia sedikit, serta tidak mensyaratkan asumsi-asumsi tertentu yang harus terpenuhi. Metode ini menggunakan data historis berupa himpunan *fuzzy* yang berasal dari bilangan *real* atas himpunan semesta pada data aktual. FTS Lee adalah perkembangan dari FTS Song dan Chissom, FTS Cheng, serta FTS Chen. Pada penelitian ini dibahas penerapan FTS Lee pada data Nilai Tukar Petani Subsektor Peternakan (NTPT) di Kalimantan Timur. Tujuan penelitian ini adalah memperoleh hasil peramalan NTPT di Kalimantan Timur pada bulan Januari 2020 dengan menggunakan FTS Lee. Langkah awal dalam penelitian ini yaitu menentukan himpunan semesta pembicaraan, langkah kedua menentukan banyaknya himpunan *fuzzy*, langkah ketiga mendefinisikan derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* terhadap A_i dan melakukan *fuzzyfikasi* pada data aktual, langkah keempat membuat *fuzzy logical relationship*, langkah kelima membuat *fuzzy logical relationship group*, langkah keenam melakukan *defuzzyfikasi* sehingga diperoleh hasil peramalan, serta dilanjutkan dengan menghitung nilai *mean absolute percentage error*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peramalan menggunakan FTS Lee pada bulan Januari 2020 adalah 110,25. Nilai *mean absolute percentage error* pada hasil peramalan dengan menggunakan FTS Lee adalah sangat baik.

Kata Kunci:

Fuzzy Time Series Lee; Nilai Tukar Petani; Peramalan

ABSTRACT

Lee's Fuzzy time series (FTS) is a forecasting method that is used when the number of historical data that available was small and does not require certain assumptions to be fulfilled. This method uses historical data in the form of fuzzy sets derived from real numbers over the set of universes in the actual data. FTS Lee is a development of FTS Song and Chissom, FTS Cheng, and FTS Chen. This research discusses the application of FTS Lee to the Exchange Rate of Farmers Subsectors Farm (ERFSF) in Kalimantan Timur. The purpose of this study was to obtain the results of ERFSF forecasting in Kalimantan Timur in January 2020 using FTS Lee. The first step during research is to determine the set of speech universes, the second step is to determine the number of fuzzy sets, the third step is to define the degree of fuzzy association membership and fuzzification on the actual data, the fourth step is to create a fuzzy logical relationship, the fifth step is to create a fuzzy logical

relationship group, the sixth step is to perform defuzzification in order to obtain forecasting results, and continue by calculating the mean absolute percentage error value. The results showed that forecasting using FTS Lee in January 2020 was 110,25. The mean absolute percentage error value in forecasting results using FTS Lee is very good.

Keywords:

Fuzzy Time Series Lee; Nilai Tukar Petani; Forecasting

Format Sitasi:

M. Muhammad, S. Wahyuningsih and M. Siringoringo, "Peramalan Nilai Tukar Petani Subsektor Peternakan Menggunakan Fuzzy Time Series Lee," *Jambura J. Math.*, vol. 3, no. 1, pp. 1-15, 2021

1. Pendahuluan

Peramalan merupakan salah satu cara untuk meramalkan suatu nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data masa lalu maupun data masa kini [1]. Peramalan disebabkan oleh adanya jangka waktu antara kebutuhan mendatang dengan peristiwa itu sendiri [2]. Metode dalam analisis runtun waktu memiliki beberapa pilihan yang dapat digunakan dalam meramalkan data, seperti ARIMA, SARIMA, *Smoothing*, fungsi transfer dan sebagainya. Metode-metode tersebut memiliki kelemahan yaitu membutuhkan banyak data historis dan mensyaratkan asumsi-asumsi tertentu yang harus dipenuhi, seperti metode ARIMA dan SARIMA. Metode yang berkembang untuk mengatasi kelemahan-kelemahan pada metode peramalan sebelumnya ialah metode *fuzzy time series* (FTS) [3].

FTS merupakan metode peramalan yang menggunakan data berupa himpunan *fuzzy* yang berasal dari bilangan *real* atas himpunan semesta pada data aktual. Himpunan *fuzzy* digunakan untuk menggantikan data historis yang akan diramalkan sehingga peramalan FTS tidak memerlukan data historis dalam jumlah banyak [4]. FTS Lee adalah perkembangan dari FTS Song dan Chissom, FTS Cheng, serta FTS Chen untuk meramalkan suatu nilai di masa yang akan datang [5]. FTS Lee digunakan untuk peramalan yang bersifat jangka pendek dengan pola data stasioner maupun non-stasioner. Penerapan FTS Lee salah satunya akan dilakukan untuk meramalkan Nilai Tukar Petani Subsektor Peternakan (NTPT) di Kalimantan Timur.

NTPT merupakan salah satu alat ukur atau indikator yang digunakan untuk menilai tingkat kesejahteraan petani subsektor peternakan. NTPT dibagi menjadi tiga yaitu $NTPT > 100$, berarti petani subsektor peternakan mengalami peningkatan dalam hal perdagangan. $NTPT = 100$, berarti petani subsektor peternakan tidak mengalami peningkatan maupun penurunan dalam hal perdagangan. $NTPT < 100$, berarti petani subsektor peternakan mengalami penurunan dalam hal perdagangan [6].

NTPT di Kalimantan Timur mengalami peningkatan terbesar di Indonesia pada bulan Desember 2017 yaitu sebesar 1,51% atau 106,30 [7]. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa penduduk Provinsi Kalimantan Timur masih menggantungkan hidupnya pada subsektor peternakan. NTPT berperan penting untuk mengetahui tingkat kesejahteraan petani subsektor peternakan sehingga perlu dilakukan peramalan. Peramalan ini menjadi tolak ukur bagi pemerintah dan petani subsektor peternakan dalam membuat kebijakan untuk meningkatkan kesejahteraan petani subsektor peternakan di Provinsi Kalimantan Timur.

Metode FTS Lee untuk peramalan pernah diteliti oleh Handayani dan Anggriani [8] untuk meramalkan harga emas. Berdasarkan Hasil peramalan tersebut diperoleh

metode FTS Lee lebih baik dibandingkan metode FTS Chen. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Tamrin, *et.al* [9] untuk meramalkan jumlah ikan. Hasil peramalan tersebut diperoleh metode FTS Lee lebih baik dibandingkan metode FTS Chen. Penelitian Nilai Tukar Petani (NTP) sebelumnya pernah dilakukan oleh beberapa peneliti namun dengan menggunakan metode yang berbeda. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Istiqomah [10] dengan hasil metode ARIMA lebih baik dibandingkan dengan metode *exponential smoothing*. Penelitian NTP lainnya dilakukan oleh Desvina dan Meijer [11], penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode ARCH lebih baik dibandingkan metode GARCH.

Pada penelitian ini digunakan metode FTS Lee untuk meramalkan NTPT di Kalimantan Timur. Penggunaan metode tersebut karena FTS Lee dapat meramalkan data dengan jumlah data historis yang tersedia sedikit dan tanpa mensyaratkan asumsi-asumsi tertentu yang harus terpenuhi, serta FTS Lee menghasilkan nilai akurasi yang lebih baik dari pada metode FTS Chen. Hal ini disebabkan karena FTS Lee tetap menghitung *fuzzy logical relationship group* yang sama. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk meramalkan NTPT di Kalimantan Timur pada bulan Januari 2020 dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Lee.

2. Metode

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Kalimantan Timur. Data penelitian adalah nilai tukar petani subsektor peternakan (NTPT) di Kalimantan Timur. Data tersebut merupakan data deret waktu bulanan dari bulan Juli 2017 hingga Desember 2019. Teknik analisis yang digunakan adalah metode *fuzzy time series* Lee.

2.1. Metode *Fuzzy Time Series* Lee

Fuzzy time series (FTS) adalah sebuah konsep baru yang diusulkan oleh Song dan Chissom (1993) berdasarkan teori himpunan fuzzy dan konsep variabel linguistik dan aplikasinya oleh zadeh [12]. FTS adalah metode peramalan dengan menggunakan kecerdasan buatan untuk mengolah data aktual yang dibentuk ke dalam nilai-nilai linguistik yang dikenal dengan himpunan *fuzzy* [13]. FTS memiliki perbedaan utama dengan peramalan konvensional *time series* lainnya yaitu terletak pada nilai yang digunakan. FTS menggunakan nilai-nilai linguistik yang dikenal dengan himpunan *fuzzy* [14].

Himpunan *fuzzy* adalah himpunan dimana nilai keanggotaan dari setiap elemennya tidak mempunyai batasan yang jelas [15]. Himpunan *fuzzy* memiliki lebih dari 2 nilai keanggotaan dalam rentang 0 sampai dengan 1, seperti : sangat buruk, buruk, cukup, baik dan sangat baik [16]. FTS Lee adalah perkembangan dari FTS Song dan Chissom, FTS Cheng, serta FTS Chen untuk meramalkan suatu nilai di masa yang akan datang [5]. FTS Lee digunakan untuk peramalan yang bersifat jangka pendek dengan pola data stasioner maupun non-stasioner. Langkah-langkah peramalan dengan menggunakan FTS Lee adalah sebagai berikut [5]:

- a) **Langkah pertama:** menentukan U atau himpunan semesta pembicaraan data aktual dengan rumus berikut:

$$U = [D_{\min} - Z_1, D_{\max} + Z_2] \quad (1)$$

dimana nilai Z_1 dan Z_2 adalah sembarang bilangan positif. Sedangkan D_{\min} adalah nilai data terkecil dan D_{\max} adalah nilai data terbesar.

b) **Langkah kedua:** menentukan banyaknya himpunan *fuzzy* dengan langkah sebagai berikut:

1. Menentukan R atau panjang interval U dengan rumus sebagai berikut:

$$R = D_{\max} + Z_2 - D_{\min} - Z_1 \tag{2}$$

2. Hitung *mean* atau rata-rata nilai selisih (*lag absolute*) dengan rumus sebagai berikut:

$$mean = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} |D_{t+1} - D_t|}{N - 1} \tag{3}$$

dimana nilai D_t adalah data waktu ke- t , D_{t+1} adalah data waktu ke- $(t+1)$, dan N adalah jumlah data atau banyaknya data.

3. Menentukan K atau basis interval, hasil dari proses (2.3) dibagi 2 dengan rumus sebagai berikut:

$$K = \frac{mean}{2} \tag{4}$$

Nilai basis interval beserta jangkauan pada setiap basisnya dapat dilihat secara lengkap pada Tabel 1.

Tabel 1. Basis interval

Jangkauan	Basis
0,10 - 1	0,10
1,10 - 10	1
11 - 100	10
101 - 1000	100
1001 - 10000	1000

4. Setelah mendapat nilai basis interval maka nilai jangkauan dari basis tersebut dapat digunakan sebagai panjang interval himpunan *fuzzy*.

5. Menentukan n atau banyaknya himpunan *fuzzy* dengan rumus sebagai berikut:

$$n = \frac{R}{K} \tag{5}$$

6. Mencari m atau nilai tengah himpunan *fuzzy* dengan rumus sebagai berikut:

$$m_i = \frac{(\text{Batas bawah } u_i + \text{Batas atas } u_i)}{2} \tag{6}$$

dimana u_i adalah himpunan *fuzzy* ke- i , dan m_i adalah nilai tengah himpunan *fuzzy* ke- i .

- c) **Langkah ketiga:** mendefinisikan derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* terhadap A_i ($\mu_{A_i}(u_i)$) dan melakukan *fuzzyfikasi* pada data aktual. Menurut Sutojo, *et.al* [17], *fuzzyfikasi* adalah proses untuk mengubah input sistem yang mempunyai nilai tegas (numeris) menjadi variabel linguistik menggunakan nilai keanggotaan yang disimpan dalam basis pengetahuan *fuzzy*. Banyaknya variabel linguistik dalam himpunan *fuzzy* tidak memiliki batasan tertentu. Pendefinisian himpunan *fuzzy* pada A_i (A_i adalah *fuzzyfikasi* ke- i) melalui nilai keanggotaan. Nilai keanggotaan dari himpunan *fuzzy* u_i disederhanakan dengan nilai diantara 0, 0,5, dan 1, dimana $1 \leq i \leq n$, n adalah banyaknya himpunan *fuzzy*. Pendefinisian derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* terhadap A_i dapat dilihat pada Persamaan 7.

$$\mu_{A_i}(u_i) = \begin{cases} 1 & \text{jika } i = i \\ 0,5 & \text{jika } i = i-1 \text{ atau } i = i+1 \\ 0 & \text{yang lainnya} \end{cases} \quad (7)$$

Dari Persamaan 7 tersebut menghasilkan pendefinisian himpunan *fuzzy* sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \mu_{A_1}(u_i) &= \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \dots + \frac{0}{u_n} \\ \mu_{A_2}(u_i) &= \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \dots + \frac{0}{u_n} \\ \mu_{A_3}(u_i) &= \frac{0}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \dots + \frac{0}{u_n} \\ &\vdots \\ \mu_{A_n}(u_i) &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \dots + \frac{1}{u_n} \end{aligned} \quad (8)$$

di mana u_i ($i=1,2,\dots,n$) adalah himpunan *fuzzy* ke- i dan bilangan yang diberi simbol “/” menyatakan nilai keanggotaan u_i dalam suatu A_i ($i=1,2,\dots,n$) yang nilainya ialah 0, 0,5, atau 1.

- d) **Langkah keempat:** membuat *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) berdasarkan data aktual. Tahap ini menentukan relasi logika *fuzzy* yaitu $A_i \rightarrow A_j$. A_i merupakan *current state* $D_{(t-1)}$ dan A_j adalah *next state* pada waktu ke D_t . FLR menghubungkan relasi antara nilai linguistik yang ditentukan berdasarkan tabel *fuzzyfikasi* yang didapat sebelumnya.
- e) **Langkah kelima:** membuat *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) model Lee. FLRG dilakukan dengan cara mengelompokkan *fuzzyfikasi* yang memiliki *current state* yang sama lalu dikelompokkan menjadi satu grup pada *next state*. Pada FTS

Lee, semua FLR dikelompokkan menjadi FLRG yang saling berhubungan. Misal, A_1 : $A_1 \rightarrow A_2$, $A_1 \rightarrow A_2$ dan $A_1 \rightarrow A_3$. Dari 3 *fuzzy logical relationship* (FLR) dapat dikelompokkan menjadi $A_1 \rightarrow A_2, A_2, A_3$, Lee akan menghasilkan $A_1 \rightarrow A_2$, $A_1 \rightarrow A_2$ dan $A_1 \rightarrow A_3$, menurut Lee $A_1 \rightarrow A_2$, $A_1 \rightarrow A_2$ dapat mempengaruhi nilai peramalan maka nilai tersebut harus dihitung.

- f) **Langkah keenam:** melakukan *defuzzyfikasi*, menurut Sutojo, et.al [17], *defuzzyfikasi* adalah mengubah *output fuzzy* yang diperoleh dari aturan-aturan logika *fuzzy* menjadi nilai tegas menggunakan nilai keanggotaan yang sesuai dengan saat dilakukan *fuzzyfikasi*. Pada tahap ini, *fuzzy output* akan diubah menjadi nilai tegas (numeris) untuk menghasilkan nilai peramalan. Aturan dalam melakukan *defuzzyfikasi* pada model Lee adalah :

Aturan 1 : jika hasil *fuzzyfikasi* pada tahun 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 $\hat{y}_t^{(1)}$ adalah sebagai berikut :

$$\hat{y}_t^{(1)} = m_i \tag{9}$$

Aturan 2 : jika hasil *fuzzyfikasi* tahun ke t adalah A_j dan hanya terdapat satu FLR pada FLRG, misalnya $A_i \rightarrow A_j$ 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 $\hat{y}_t^{(1)}$ adalah sebagai berikut:

$$\hat{y}_t^{(1)} = m_j \tag{10}$$

Aturan 3 : jika hasil *fuzzyfikasi* tahun ke t adalah A_j, A_k, \dots, A_l memiliki beberapa FLR (p) pada FLRG, misalnya $A_i \rightarrow A_j, A_j, A_k, A_k, \dots, A_l$ 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 $\hat{y}_t^{(1)}$ adalah sebagai berikut:

$$\hat{y}_t^{(1)} = \frac{2}{p} m_j + \frac{2}{p} m_k + \dots + \frac{1}{p} m_l \tag{11}$$

- g) **Langkah ketujuh:** Menghitung ketepatan nilai peramalan dengan menggunakan *mean absolute percentage error* (MAPE). Nilai MAPE yang semakin kecil maka semakin akurat teknik peramalan tersebut dan sebaliknya. Hasil peramalan sangat baik jika memiliki nilai MAPE kurang dari 10% dan mempunyai kemampuan peramalan yang baik jika nilai MAPE kurang dari 20% [18]. Rumus MAPE adalah

$$MAPE = \left(\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \frac{|D_t - \hat{y}_t^{(m)}|}{D_t} \right) \times 100\% \quad (12)$$

dimana:

$MAPE$: Mean Absolute Percentage Error

N : jumlah data

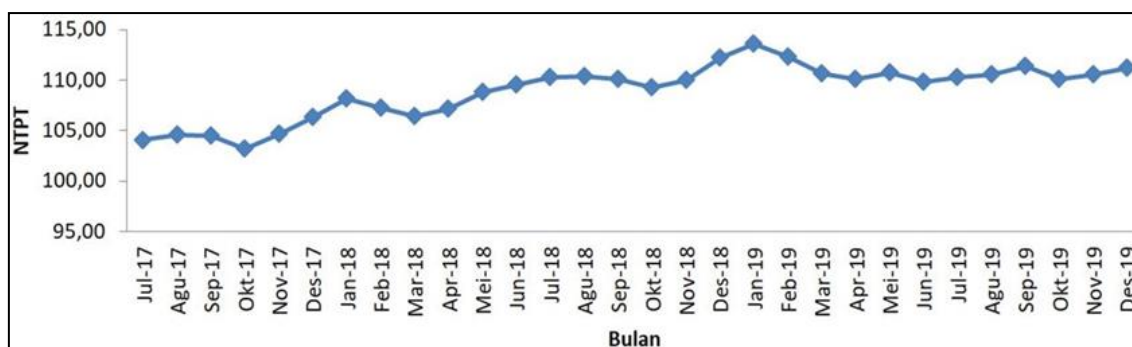
D_t : data waktu ke- t

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

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Time Series Plot NTPT di Kalimantan Timur

Time series plot digunakan untuk melihat pergerakan pola data, serta untuk melihat titik terendah dan tertinggi dari pola data tersebut. *Time series plot* data NTPT di Kalimantan Timur dari bulan Juli 2017 hingga Desember 2019 ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Time series plot data NTPT di Kalimantan Timur

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa NTPT di Kalimantan Timur memiliki pola data *trend* naik. NTPT terendah di Kalimantan Timur terjadi pada bulan Oktober 2017 dan yang tertinggi terjadi pada bulan Januari 2019.

3.2. Penentuan Himpunan Semesta Pembicaraan

Data NTPT di Kalimantan Timur pada bulan Juli 2017 sampai dengan Desember 2019 memiliki NTPT terendah sebesar 103,20 dan NTPT tertinggi sebesar 113,59. Berdasarkan Persamaan (1), nilai Z_1 dan Z_2 adalah sembarang bilangan positif. Peneliti menentukan $Z_1 = 0,20$ dan $Z_2 = 0,70$. Berdasarkan Persamaan (1), himpunan semesta pembicaraan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} U &= [D_{\min} - Z_1; D_{\max} + Z_2] \\ &= [103,20 - 0,20; 113,59 + 0,70] \\ &= [103,00; 114,29] \end{aligned}$$

3.3. Penentuan Banyaknya Himpunan Fuzzy

Penentuan banyaknya himpunan *fuzzy* pada data NTPT di Kalimantan Timur dari bulan Juli 2017 sampai dengan Desember 2019 dihitung dengan cara sebagai berikut:

1. Menghitung panjang interval semesta pembicaraan

Panjang interval semesta pembicaraan ditentukan dengan menggunakan Persamaan

(2). Berikut perhitungan panjang interval semesta pembicaraan:

$$\begin{aligned}
 R &= D_{\max} + Z_2 - D_{\min} - Z_1 \\
 &= 113,59 + 0,70 - 103,20 - 0,20 \\
 &= 11,29
 \end{aligned}$$

2. Menghitung rata-rata Selisih absolut setiap data

Rata-rata selisih absolut setiap data dicari dengan menghitung jumlah selisih absolut antara data historis pada waktu ke- $t+1$ dengan data historis ke- t . Jumlah selisih absolut data tersebut dibagi dengan banyaknya data dikurang 1. Selisih absolut data historis dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Rata-rata selisih absolut data historis

No.	Tahun	Bulan	NTPT	$ D_{t+1} - D_t $
1	2017	Juli	104,08	0,48
2	2017	Agustus	104,56	0,11
3	2017	September	104,45	1,25
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
30	2019	Desember	111,18	-
$\sum_{i=1}^{N-1} D_{t+1} - D_t $				27,04
$mean = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} D_{t+1} - D_t }{N-1}$				0,93

3. Menghitung basis interval himpunan *fuzzy*

Hasil rata-rata selisih absolut data digunakan untuk menghitung basis interval *fuzzy* dengan menggunakan Persamaan (4). Berikut perhitungan basis interval himpunan *fuzzy* :

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{mean}{2} \\
 &= \frac{0,93}{2} \\
 &= 0,465 \approx 0,47
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, diperoleh nilai basis interval yaitu 0,47. Nilai basis interval sebesar 0,47 berdasarkan Tabel 1 termasuk dalam basis interval 0,10 dengan pembulatan panjang interval menjadi 0,50.

4. Menghitung banyaknya himpunan *fuzzy*

Basis interval digunakan untuk menghitung banyaknya himpunan *fuzzy* dengan menggunakan Persamaan (5). Berikut perhitungan banyaknya himpunan *fuzzy*:

$$n = \frac{R}{K} = \frac{11,29}{0,5} = 22,58 \approx 23$$

Berdasarkan perhitungan banyaknya himpunan *fuzzy*, maka diperoleh hasil banyaknya himpunan *fuzzy* sebanyak 23 himpunan *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* tersebut memiliki panjang interval yang sama yaitu 0,5, maka $U = [103,00; 114,29]$ dipartisi menjadi 23 himpunan yang sama panjang yaitu u_i dimana $i = 1, 2, 3, \dots, 23$. Berdasarkan partisi tersebut, maka himpunan *fuzzy* yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} u_1 &= [103,00; 103,50) & u_9 &= [107,00; 107,50) & u_{17} &= [111,00; 111,50) \\ u_2 &= [103,50; 104,00) & u_{10} &= [107,50; 108,00) & u_{18} &= [111,50; 112,00) \\ u_3 &= [104,00; 104,50) & u_{11} &= [108,00; 108,50) & u_{19} &= [112,00; 112,50) \\ u_4 &= [104,50; 105,00) & u_{12} &= [108,50; 109,00) & u_{20} &= [112,50; 113,00) \\ u_5 &= [105,00; 105,50) & u_{13} &= [109,00; 109,50) & u_{21} &= [113,00; 113,50) \\ u_6 &= [105,50; 106,00) & u_{14} &= [109,50; 110,00) & u_{22} &= [113,50; 114,00) \\ u_7 &= [106,00; 106,50) & u_{15} &= [110,00; 110,50) & u_{23} &= [114,00; 114,50) \\ u_8 &= [106,50; 107,00) & u_{16} &= [110,50; 111,00) \end{aligned}$$

3.4. Perhitungan Nilai Tengah Himpunan *Fuzzy*

Perhitungan nilai tengah himpunan *fuzzy* menggunakan Persamaan (6). Hasil perhitungan nilai tengah himpunan *fuzzy* (m_i) secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai tengah himpunan *fuzzy*

No.	m_i	No.	m_i	No.	m_i	No.	m_i
1	103,25	7	106,25	13	109,25	19	112,25
2	103,75	8	106,75	14	109,75	20	112,75
3	104,25	9	107,25	15	110,25	21	113,25
4	104,75	10	107,75	16	110,75	22	113,75
5	105,25	11	108,25	17	111,25	23	114,25
6	105,75	12	108,75	18	111,75	24	-

Berdasarkan Tabel 3 nilai tengah himpunan *fuzzy* ke-1 sampai dengan ke-23 diperoleh menggunakan Persamaan (6). Berikut contoh perhitungan nilai tengah himpunan *fuzzy* ke-1 (m_1) :

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

$$m_1 = \frac{(103,00 + 103,50)}{2} = 103,25$$

3.5. Pendefinisian Derajat Keanggotaan Himpunan Fuzzy terhadap A_i dalam Proses Fuzzyfikasi

Pendefinisian derajat keanggotaan himpunan fuzzy terhadap A_i didasarkan pada 23 himpunan fuzzy yang terbentuk. Diasumsikan nilai fuzzyfikasi dari variabel linguistik data NTPT di Kalimantan Timur yaitu $A_1, A_2, A_3, \dots, A_{23}$. Setiap himpunan fuzzy u_i dimana $i = 1, 2, 3, \dots, 23$ didefinisikan terhadap A_i dengan menggunakan Persamaan (7). Berikut pendefinisian derajat keanggotaan himpunan fuzzy terhadap A_i :

$$\begin{aligned} \mu_{A_1}(u_i) &= \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \dots + \frac{0}{u_{23}} \\ \mu_{A_2}(u_i) &= \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \dots + \frac{0}{u_{23}} \\ \mu_{A_3}(u_i) &= \frac{0}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \dots + \frac{0}{u_{23}} \\ &\vdots \\ \mu_{A_{23}}(u_i) &= \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \dots + \frac{1}{u_{23}} \end{aligned}$$

u_i merupakan himpunan fuzzy ke- i dan bilangan yang diberi simbol “/” menyatakan derajat keanggotaan u_i terhadap A_i , $i = 1, 2, 3, \dots, 23$ yang dimana nilainya adalah 0,5, 1, atau 0. Selain itu, tanda (+) dalam pendefinisian derajat keanggotaan himpunan fuzzy terhadap A_i di atas tidak melambangkan operasi penjumlahan, melainkan melambangkan keseluruhan unsur-unsur u_i .

Berdasarkan pendefinisian derajat keanggotaan himpunan fuzzy terhadap A_i , maka diperoleh hasil fuzzyfikasi. Hasil fuzzyfikasi secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi	Nilai Linguistik
A_1	Sangat sangat turun drastis sekali
\vdots	\vdots
A_{11}	Sedikit turun
A_{12}	Moderat
A_{13}	Sedikit naik
\vdots	\vdots
A_{23}	Sangat sangat turun drastis sekali

Berdasarkan Tabel 4 maka diperoleh 23 nilai *fuzzyfikasi*. Misal, A_1 adalah hasil *fuzzyfikasi* yang diperoleh dari pendefinisian derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* (u_i) terhadap A_1 . Hasil pendefinisian tersebut diperoleh derajat keanggotaan u_1 sebesar 1, derajat keanggotaan u_2 sebesar 0,5 dan derajat keanggotaan u_3 sampai dengan u_{23} sebesar 0. Derajat keanggotaan maksimum terletak pada u_1 yaitu sebesar 1 dan interval u_1 adalah $[103,00, 103,50)$. Berdasarkan derajat keanggotaan maksimum tersebut, maka hasil *fuzzyfikasi* dari suatu nilai yang berada pada interval $[103,00, 103,50)$ adalah A_1 . *Fuzzyfikasi* pada pendefinisian derajat keanggotaan u_i terhadap A_i lainnya mengikuti langkah-langkah sebelumnya.

3.6. *Fuzzyfikasi* Data NTPT di Kalimantan Timur

Berdasarkan derajat keanggotaan dalam pendefinisian himpunan *fuzzy* pada A_i dalam proses *fuzzyfikasi*, maka proses *fuzzyfikasi* untuk data NTPT di Kalimantan Timur dari bulan Juli 2017 sampai dengan bulan Desember 2019 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 *Fuzzyfikasi* data NTPT

No.	Tahun	Bulan	NTPT	<i>Fuzzyfikasi</i>
1	2017	Juli	104,08	A_3
2	2017	Agustus	104,56	A_4
3	2017	September	104,45	A_3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
30	2019	Desember	111,18	A_{17}

Berdasarkan Tabel 5 maka diperoleh hasil *fuzzyfikasi* data NTPT di Kalimantan Timur dari bulan Juli 2017 sampai dengan Desember 2019. Misal, hasil *fuzzyfikasi* nilai NTPT di Kalimantan Timur pada bulan Juli 2017 adalah A_3 . Hasil *fuzzyfikasi* tersebut terjadi karena nilai NTPT di Kalimantan Timur pada bulan Juli 2017 adalah 104,08. Nilai tersebut termasuk kedalam himpunan *fuzzy* ke-3 (u_3) dengan interval $[104,00, 104,50)$. Derajat keanggotaan maksimum yang dimiliki oleh himpunan *fuzzy* ke-3 (u_3) terletak pada nilai *fuzzyfikasi* A_3 yaitu 1. Sehingga, hasil *fuzzyfikasi* nilai NTPT di Kalimantan Timur pada bulan Juli 2017 adalah A_3 . *Fuzzyfikasi* pada bulan selanjutnya memiliki langkah-langkah yang sama seperti *fuzzyfikasi* pada bulan Juli 2017.

3.7. Penentuan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR)

FLR adalah kegiatan yang dilakukan untuk menghubungkan relasi antara variabel linguistik yang ditentukan berdasarkan tabel *fuzzyfikasi* yang diperoleh pada Tabel 5. Hasil FLR dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 FLR dari Data NTPT di Kalimantan Timur

Bulan	FLR Orde 1
Juli 2017 → Agustus 2017	$A_3 \rightarrow A_4$
Agustus 2017 → September 2017	$A_4 \rightarrow A_3$
September 2017 → Oktober 2017	$A_3 \rightarrow A_1$
⋮	⋮
November 2019 → Desember 2019	$A_{16} \rightarrow A_{17}$

Bulan Agustus 2017 merupakan *next state* (D_t) dengan nilai *fuzzyfikasi* A_4 . Hasil FLR yang terbentuk antara bulan Juli 2017 dengan bulan Agustus 2017 adalah $A_3 \rightarrow A_4$. FLR pada bulan selanjutnya memiliki langkah-langkah yang sama seperti FLR pada bulan Juli 2017 dengan Agustus 2017.

3.8. Penentuan Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)

FLRG dilakukan dengan cara mengelompokkan *fuzzyfikasi* yang memiliki *current state* yang sama yaitu $D_{(t-1)}$ lalu dikelompokkan menjadi satu grup pada *next state*. Hasil FLRG secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 FLRG dari Data NTPT di Kalimantan Timur

Grup	FLRG	Grup	FLRG
1	$A_1 \rightarrow A_4$	8	$A_{17} \rightarrow A_{15}$
2	$A_{11} \rightarrow A_9$	9	$A_{19} \rightarrow A_{22}, A_{16}$
3	$A_{12} \rightarrow A_{14}$	10	$A_{22} \rightarrow A_{19}$
4	$A_{13} \rightarrow A_{15}$	11	$A_3 \rightarrow A_4, A_1$
5	$A_{14} \rightarrow A_{15}, A_{15}$	12	$A_4 \rightarrow A_7, A_3$
6	$A_{15} \rightarrow A_{15}, A_{15}, A_{19}, A_{13}, A_{16}, A_{16}, A_{16}$	13	$A_7 \rightarrow A_{11}, A_9$
7	$A_{16} \rightarrow A_{14}, A_{15}, A_{17}, A_{17}$	14	$A_9 \rightarrow A_7, A_{12}$

Berdasarkan Tabel 7, semua FLR yang terbentuk pada Tabel 6 dikelompokkan menjadi FLRG yang saling berhubungan. Misal, FLRG yang terbentuk pada Grup 7 pada Tabel 7 adalah $A_{16} \rightarrow A_{14}$, $A_{16} \rightarrow A_{15}$, $A_{16} \rightarrow A_{17}$ dan $A_{16} \rightarrow A_{17}$. 4 *fuzzy logical relationship* (FLR) tersebut dikelompokkan menjadi 1 FLRG yaitu $A_{16} \rightarrow A_{14}, A_{15}, A_{17}, A_{17}$. FLRG pada grup selanjutnya memiliki langkah-langkah yang sama seperti FLRG pada grup 1.

3.9. Perhitungan Defuzzyfikasi Nilai Peramalan Dan Nilai MAPE Hasil Peramalan

Pada tahap ini, *fuzzy output* akan diubah menjadi nilai tegas (numeris) untuk menghasilkan nilai peramalan. *Defuzzyfikasi* dilakukan dengan mengikuti 3 aturan *defuzzyfikasi* FTS Lee. Berdasarkan pembentukan FLRG pada Tabel 7, maka diperoleh 14 grup. Hasil *defuzzyfikasi* nilai peramalan dari 14 grup yang terbentuk dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Hasil *Defuzzyfikasi* Nilai Peramalan FLRG

Grup	FLRG	Persamaan	Peramalan
1	$A_1 \rightarrow A_4$	(2.10)	$A_1 = 104,75$
2	$A_{11} \rightarrow A_9$	(2.10)	$A_{11} = 107,25$
3	$A_{12} \rightarrow A_{14}$	(2.10)	$A_{12} = 109,75$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
14	$A_9 \rightarrow A_7, A_{12}$	(2.11)	$A_9 = \frac{1}{2} \times 106,25 + \frac{1}{2} \times 108,75$ $= 107,50$

Nilai peramalan akhir untuk data NTPT di Kalimantan Timur pada bulan Juli 2017 sampai dengan Desember 2019 diperoleh dari hasil *defuzzyfikasi* grup FLRG pada Tabel 8. Hasil peramalan dapat dilihat pada Tabel 9.

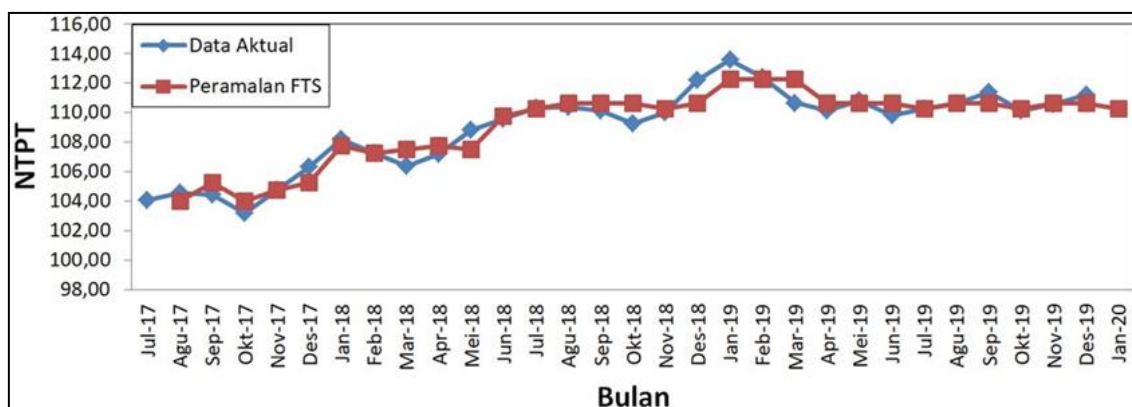
Tabel 9 Peramalan data NTPT di Kalimantan Timur

No.	Tahun	Bulan	NTPT	Peramalan
1	2017	Juli	104,08	-
2	2017	Agustus	104,56	104,00
3	2017	September	104,45	105,25
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
30	2019	Desember	111,18	110,62
31	2020	Januari	-	110,25

Berdasarkan Tabel 9 diperoleh nilai peramalan pada bulan Januari 2020 sebesar 110,25. Hasil peramalan tersebut menunjukkan bahwa petani subsektor peternakan mengalami peningkatan dalam hal perdagangan. Hal ini terjadi karena hasil peramalan NTPT di Kalimantan Timur pada bulan Januari 2020 lebih besar dari nilai 100. Langkah selanjutnya menghitung nilai MAPE hasil peramalan FTS Lee. Nilai MAPE dihitung dengan menggunakan Persamaan (12). Perhitungan nilai MAPE dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 Perhitungan nilai MAPE hasil peramalan

No.	Tahun	Bulan	NTPT	Peramalan	$\left D_t - \hat{y}_t^{(m)} \right / D_t$
1	2017	Juli	104,08	-	-
2	2017	Agustus	104,56	104,00	0,00536
3	2017	September	104,45	105,25	0,00766
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
30	2019	Desember	111,18	110,62	0,00504
$\sum_{i=2}^{30} \left D_t - \hat{y}_t^{(m)} \right / D_t$					0,15494
$MAPE = \left(\frac{1}{29} \sum_{i=2}^{30} \left D_t - \hat{y}_t^{(m)} \right / D_t \right) \times 100\%$					0,53428%



Gambar 2 Time series plot perbandingan hasil peramalan FTS Lee dengan data NTPT di Kalimantan Timur

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa *time series plot* hasil peramalan FTS Lee cenderung mendekati *time series plot* data aktual NTPT di Kalimantan Timur. Berdasarkan perhitungan nilai MAPE pada Tabel 10, diperoleh nilai MAPE sebesar 0,53428%. Nilai MAPE tersebut menunjukkan bahwa hasil peramalan NTPT di Kalimantan Timur dengan menggunakan FTS Lee adalah sangat baik karena kurang dari 10%. Nilai MAPE yang kecil yaitu sebesar 0,53428% disebabkan karena kesesuaian metode FTS Lee yang digunakan dengan pola data NTPT yang diperoleh. Selain itu, nilai MAPE yang kecil dipengaruhi karena FTS Lee memperhatikan perulangan atau tetap menghitung *fuzzy logical relationship group* yang sama.

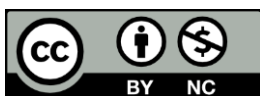
4. Kesimpulan

Hasil peramalan data NTPT di Kalimantan Timur pada bulan Januari 2020 dengan menggunakan metode *fuzzy time series Lee* adalah sebesar 110,25. Hasil peramalan tersebut menunjukkan bahwa petani subsektor peternakan mengalami peningkatan dalam hal perdagangan. Hal ini terjadi karena hasil peramalan NTPT di Kalimantan Timur pada bulan Januari 2020 lebih besar dari nilai 100. Nilai MAPE dari hasil peramalan data NTPT di Kalimantan Timur dengan menggunakan metode *fuzzy time series Lee* adalah sebesar 0,53428%. Nilai MAPE tersebut menunjukkan bahwa hasil peramalan data NTPT di Kalimantan Timur dengan menggunakan metode *fuzzy time series Lee* tergolong sangat baik karena kurang dari 10%.

Referensi

- [1] Aswi and Sukarna, *Analisis Deret Waktu Aplikasi dan Teori*. Makassar: Andira Publisher, 2006.
- [2] S. Makridakis, S. C. Wheelwright, and V. E. McGree, *Metode dan Aplikasi Peramalan*, edisi 2. Jakarta: Erlangga, 1999.
- [3] Y. Wang, Y. Lei, and Y. Wang, "Intuitionistic Fuzzy Time Series Forecasting Model Based on Intuitionistic Fuzzy Reasoning," *International Journal of Mathematical Problems in Engineering.*, vol. 2016, pp. 1–12, 2016.
- [4] A. B. Elfajar, B. D. Setiawan, and C. Dewi, "Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Kota Batu Menggunakan Metode Time Invariant Fuzzy Time Series," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer.*, vol. 1, no. 2,

- pp. 85-94, 2017.
- [5] W. Qiu, X. Liu, and H. Li, "A Generalized Method for Forecasting Based on Fuzzy Time Series," *International Journal of Expert System with Applications.*, vol. 38, pp. 10446 - 10453, 2011.
- [6] BPS, *Statistik Nilai Tukar Petani Provinsi Kalimantan Timur*. Samarinda: Badan Pusat Provinsi Kalimantan Timur, 2018.
- [7] BPS Provinsi Kalimantan Timur, "Nilai Tukar Petani," 2017. [Online]. Available: <https://kaltim.bps.go.id/subject/22/nilai-tukar-petani.html>. [Accessed: 24-Aug-2019].
- [8] L. Handayani and D. Anggriani, "Perbandingan Model Chen dan Model Lee pada Metode Fuzzy Time Series untuk Prediksi Harga Emas," *Jurnal Pseudocode.*, vol. 2, no. 1, pp. 28-36, 2015.
- [9] H. Tamrin, J. Noh, and S. Hamzah, "Perbandingan Model Chen dan Model Lee pada Metode Fuzzy Time Series untuk Prediksi Jumlah Ikan," *Jurnal Teknologi Informatika (J-TIFA).*, vol. 5.1, no. 1, pp. 8-17, 2015.
- [10] W. Istiqomah and M. Y. Darsyah, "Efektivitas Metode Arima dan Exponential Smoothing untuk Meramalkan Nilai Tukar Petani di Jawa Tengah," *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Unimus.*, vol. 1, no. 1, pp. 343-350, 2018.
- [11] A. P. Desvina and I. O. Meijer, "Penerapan Model ARCH/GARCH untuk Peramalan Nilai Tukar Petani," *Jurnal Sains Matematika dan Statistika.*, vol. 4, no. 1, pp. 43-54, 2018.
- [12] Q. Song and B. S. Chissom, "Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series-Part 1," *International Journal of Fuzzy Sets and Systems.*, vol. 54, no. 1, pp. 1-9, 1993.
- [13] S. Azmiyati and W. N. Tanjung, "Peramalan Jumlah Tandan Buah Segar (Tbs) Kelapa Sawit dengan Metode Fuzzy Time Series Chen dan Algoritma Ruy Chyn Tsur," *Jurnal PASTI.*, vol. 8, no. 1, pp. 36-48, 2017.
- [14] K. Nugroho, "Model Analisis Prediksi Menggunakan Metode Fuzzy Time Series," *Jurnal Infokam.*, vol. 8, no. 1, pp. 46-50, 2016.
- [15] A. Naba, *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi, 2009.
- [16] S. Kusumadewi and S. Hartati, *Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf*, edisi 2. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [17] T. Sutojo, J. Noh, and V. Suhartono, *Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: Andi, 2010.
- [18] Jumingan, *Teori dan Pembuatan Proposal Kelayakan*. Jakarta: PT. Bumi Aksara, 2009.



This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Editorial of JJoM: Department of Mathematics, Universitas Negeri Gorontalo, Jln. Prof. Dr. Ing. B.J. Habibie, Moutong, Tilongkabila, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo 96119, Indonesia.