
Peramalan Data Ekspor Nonmigas Provinsi Kalimantan Timur menggunakan Metode Weighted Fuzzy Time Series LeeMuhammad Wahdeni Pramana⁽¹⁾, Ika Purnamasari⁽²⁾, Surya Prangga⁽³⁾

Universitas Mulawarman

Jl. Kuaro, Gn. Kelua, Kota Samarinda, Kalimantan Timur

e-mail: wahdeni.pramana@gmail.com

ABSTRAK

Ekspor merupakan aktivitas perdagangan atau penjualan barang dari dalam negeri ke luar negeri. Ekspor nonmigas sebagai salah satu komponen pembentuk Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) sehingga perlu adanya suatu peramalan nilai di masa mendatang. *Fuzzy Time Series* (FTS) merupakan metode peramalan dengan berdasarkan teori himpunan *fuzzy*, logika *fuzzy*, serta hasil peramalan yang dapat dibahasakan (linguistik). Metode *Weighted Fuzzy Time Series* (WFTS) Lee merupakan perluasan dari metode FTS dengan penambahan pembobotan pada tiap pola relasi yang terbentuk. Tujuan penelitian ini adalah memperoleh nilai peramalan ekspor nonmigas Provinsi Kalimantan Timur pada bulan November 2020 serta memperoleh nilai akurasi peramalan berdasarkan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE). Berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai akurasi peramalan untuk data Ekspor Nonmigas Provinsi Kalimantan Timur bulan Januari 2019 – Oktober 2020 dengan konstanta pembobot (c) $1 \leq c \leq 2$ menggunakan metode MAPE diperoleh hasil keseluruhan dibawah 10% sehingga diperoleh konstanta pembobot terbaik yaitu $c = 1$ dengan nilai MAPE terminimum yaitu sebesar 3,62% dan RMSE minimum sebesar 50,67. Dari hasil tersebut, diperoleh hasil peramalan untuk bulan November 2020 dengan menggunakan konstanta pembobot terbaik $c = 1$ yaitu sebesar 850,96 juta USD.

Kata kunci: Ekspor, MAPE, nonmigas, RMSE, WFTS Lee.

ABSTRACT

Exports is a trading and sales activity from domestic to overseas. Exports non-oil and gas as a one of component former gross regional domestic product so that its necessary to forecast a value in the future. Fuzzy Time Series (FTS) is a forecasting method based on fuzzy set theory, fuzzy logic, and the result in the form of linguistic. Weighted Fuzzy Time Series (WFTS) Lee was developed from FTS method with additions weighting in each pattern relation that is formed. This paper proposed to forecast value non-oil and gas exports in East Kalimantan Province in November 2020 and to obtain accuracy values using Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and Root Mean Square Error (RMSE) methods. The results of this paper that obtained forecast accuracy values for data exports non-oil and gas East Kalimantan Province from Januari 2019 – Oktober 2020 with constant weighter (c) $1 \leq c \leq 2$ using MAPE as a whole below 10% so that its obtained optimum constant weighter is $c = 1$ with MAPE minimum value 3,62% and RMSE minimum value 50,67. Of these results, the forecast value for November 2020 with optimum constant weighter $c = 1$ is \$850,96 million.

Keywords: Exports, MAPE, non-oil and gas, RMSE, WFTS Lee.

1. PENDAHULUAN

Kegiatan ekspor merupakan sebuah aktivitas perdagangan atau penjualan barang dari dalam negeri ke luar negeri. Perekonomian suatu negara tidak terlepas dari peran penting kegiatan ekspor (Nurawaddah, S. 2019). Ekspor merupakan salah satu mesin pendorong pertumbuhan ekonomi terutama bagi negara berkembang. Pertumbuhan

ekonomi suatu wilayah, dapat dilihat berdasarkan nilai Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) yang terdiri dari komponen ekspor dan impor dari sektor migas maupun nonmigas (Ginting, A. M. 2017). Berdasarkan data BPS Prov. Kaltim, sepanjang tahun 2018 sampai 2019 nilai ekspor sektor nonmigas di wilayah Provinsi Kalimantan Timur mengalami penurunan sebesar 917,32 Juta

US\$. Terkait hal ini, maka diperlukan adanya suatu peramalan untuk memperkirakan nilai ekspor dari sektor nonmigas di masa mendatang yang mana sektor tersebut sebagai penunjang nilai PDRB Provinsi Kalimantan Timur.

Peramalan dapat dilakukan dengan menggunakan metode statistika yang salah satunya yaitu *fuzzy time series*. Pada tahun 1993 Song dan Chissom memperkenalkan *fuzzy time series* dengan berdasarkan teori himpunan *fuzzy*, logika *fuzzy*, serta hasil peramalan yang dapat dibahasakan (linguistik). *Fuzzy Time Series* (FTS) senantiasa mengalami perkembangan dari waktu ke waktu. Pada tahun 2005 Hui-Kuang Yu memperkenalkan FTS dengan menggunakan panjang interval sebagai faktor dalam menghasilkan nilai peramalan yang lebih akurat dibandingkan FTS yang telah diperkenalkan oleh Song dan Chissom serta Chen. Di tahun yang sama (2005), Yu memperkenalkan kembali sebuah metode *Weighted Fuzzy Time Series* (WFTS) yang didalamnya terdapat pengulangan dan pembobotan yang berbeda pada tiap pola relasi yang terbentuk.

Pada tahun 2006, Cheng mengembangkan kembali WFTS dengan menggunakan data yang berpola *trend* sedangkan Lee tahun 2009 (Lee, M. H., Efendi, R., & Ismail, Z. 2009). memodifikasi WFTS menggunakan bobot yang berbeda dan berdasarkan nilai tengah dari data aktual. Lee dan Suhartono pada tahun 2010 (Lee, M. H., & Suhartono. 2010). kembali mengembangkan WFTS dengan memperhatikan urutan dari relasi yang terbentuk serta pembobotan yang baru. Hasil peramalan dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh Lee dan Suhartono memiliki akurasi yang lebih baik dibandingkan metode Yu dan Cheng.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Peramalan

Peramalan adalah proses memperkirakan atau menduga apa yang akan terjadi di masa mendatang berdasarkan data masa lalu maupun masa kini. Tujuan dari peramalan yaitu sebagai tindakan preventif untuk meminimalisir kejadian yang akan terjadi di masa mendatang.

Berdasarkan jangka waktunya peramalan memiliki 3 jenis yaitu:

1. Peramalan Jangka Pendek
2. Peramalan Jangka Menengah
3. Peramalan Jangka Panjang

Fuzzy time series sendiri termasuk ke dalam peramalan jangka pendek karena hanya dapat

meramalkan sebanyak 1 periode ke depan. Begitu halnya dengan *Weighted Fuzzy Time Series*.

2.2 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Astor Zadeh pada tahun 1962. Logika *fuzzy* adalah metodologi sistem kontrol pada pemecahan masalah yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem yang sederhana, sistem kecil, dan sistem kontrol. Secara garis besar, logika *fuzzy* merupakan suatu cara untuk mengubah suatu pernyataan dalam bentuk linguistik menjadi nilai numerik. Logika *fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan berada di antara 0 dan 1.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memahami logika *fuzzy* (Jatipaningrum, M. T. 2016) yaitu:

1. Variabel *Fuzzy*.
2. Himpunan *Fuzzy*.
3. Semesta Pembicaraan.
4. *Domain* Himpunan *Fuzzy*.

2.3 Himpunan Fuzzy

Menurut (Nasir, J., & Suprianto, J. (2017). himpunan *fuzzy* merupakan himpunan yang mendefinisikan bahwa suatu pengamatan dapat menjadi bagian dari beberapa himpunan, dengan masing-masing bagian memiliki nilai keanggotaan yang berbeda. Suatu elemen pada himpunan *fuzzy* terdapat lebih dari sama dengan 2 dengan nilai keanggotaannya berada dalam rentang 0 sampai dengan 1. Himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut yaitu:

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu kelompok yang dapat mewakili suatu keadaan dengan menggunakan bahasa sehari-hari.
2. Numerik, yaitu suatu nilai atau angka yang menyatakan ukuran dari suatu variabel.

2.4 Fuzzy Time Series

Metode *Fuzzy Time Series* (FTS) merupakan salah satu metode statistika yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan berdasarkan data masa lalu yang didalamnya termuat logika *fuzzy*, himpunan *fuzzy*, dan hasil peramalan yang dapat dibahasakan (linguistik). Proses peramalan FTS berbentuk nilai linguistik yang berasal dari bilangan *real* terhadap himpunan pembicaraan pada data aktual. Hal inilah yang digunakan sebagai pengganti data masa lalu yang akan diramalkan.

2.5 Weighted Fuzzy Time Series

Weighted Fuzzy Time Series (WFTS) merupakan perkembangan dari FTS yang didalamnya terdapat

$$\hat{F}(t) = \frac{m_{j-1} + m_{j-2} + \dots + m_{j-p}}{p} \quad (11)$$

dengan p adalah banyaknya FLR yang ada dan untuk mencari nilai tengah (m_{j-l}) untuk masing-masing FLR mengikuti Persamaan (5). Sehingga matriks *defuzzifikasi* untuk FLR lebih dari satu dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\mathbf{M}(t) = [m_{j-1}, m_{j-2}, \dots, m_{j-p}] \quad (12)$$

- Menghitung nilai pembobot berdasarkan FLRG yang terbentuk. Jika FLRG berasal dari FLR $A_i \rightarrow \emptyset$ dan $A_i \rightarrow A_j$ maka diberi pembobot sebesar 1, sedangkan jika FLRG yang terbentuk adalah $A_{j-1}, A_{j-2}, \dots, A_{j-p}$ maka pembobotnya adalah $w^*(A_{j-1}), w^*(A_{j-2}), \dots, w^*(A_{j-p})$ yang mana

$$w^*(A_{j-l}) = \frac{w(A_{j-l})}{\sum_{l=1}^p w(A_{j-l})} \quad (13)$$

Maka, secara umum $w(A_{j-l})$ dapat dituliskan sebagai berikut :

$$w(A_{j-l}) = \begin{cases} 1, & \text{jika } l = 1 \\ c^{l-1}, & \text{jika } l > 1 \text{ dan } c \geq 1 \end{cases} \quad (14)$$

Berdasarkan persamaan (14) matriks pembobot dapat ditulis :

$$\mathbf{W}_o(t) = \left[\frac{1}{\sum_{l=1}^p w(A_{j-l})}, \frac{c}{\sum_{l=1}^p w(A_{j-l})}, \frac{c^2}{\sum_{l=1}^p w(A_{j-l})}, \dots, \frac{c^{l-1}}{\sum_{l=1}^p w(A_{j-l})} \right] \quad (15)$$

- Peramalan akhir $\hat{X}(t)$ didapatkan dengan perkalian matriks *defuzzifikasi* dengan matriks pembobot. Berikut rumus peramalan akhir:

$$\hat{X}(t) = \mathbf{M}(t) \times \mathbf{W}_o(t)^T \quad (16)$$

2.6 Penentuan Panjang Interval Berbasis Rata-Rata (Average Based)

Berikut langkah penentuan panjang interval berbasis rata-rata :

- Menentukan panjang interval himpunan semesta pembicaraan (U)

$$R = (X_{maks} + D_2) - (X_{min} - D_1) \quad (17)$$

- Menghitung rata-rata selisih absolut setiap data

$$S = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} |(X_{t+1}) - X_t|}{N-1} \quad (18)$$

- Menghitung basis interval himpunan *fuzzy*

$$B = \frac{S}{2} \quad (19)$$

Dari hasil perhitungan diatas, maka disesuaikan pada tabel basis interval di bawah untuk menentukan nilai jangkauan yang akan digunakan.

Tabel 1. Basis interval

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

- Menghitung banyaknya himpunan *fuzzy*
Basis interval digunakan untuk menghitung banyaknya himpunan *fuzzy*. Berikut perhitungan banyaknya himpunan *fuzzy* :

$$n = \frac{R}{B} \quad (20)$$

- Pembentukan himpunan *fuzzy* berdasarkan panjang interval berbasis rata-rata.

2.7 Nilai Keakuratan Peramalan

Pada penelitian ini, untuk mencari nilai keakuratan peramalan digunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE). Peramalan dikatakan sangat akurat jika memiliki nilai MAPE di bawah 10% dan dapat dikatakan akurat jika nilainya berada di antara 10% dan 20% sedangkan RMSE dapat diartikan sebagai ukuran kesalahan yang didasarkan pada selisih antara dua buah nilai yang bersesuaian.

Rumus MAPE adalah :

$$\text{MAPE} = \left(\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left| \frac{X_t - \hat{X}(t)}{X_t} \right| \right) \times 100\% \quad (21)$$

Rumus RMSE adalah :

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N (X_t - \hat{X}_t)^2}{N}} \quad (22)$$

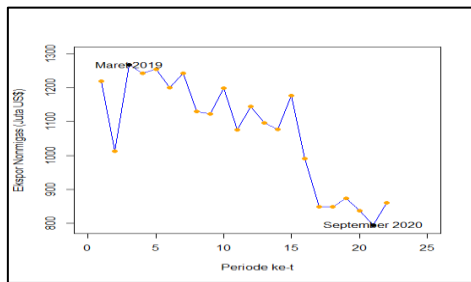
2.8 Ekspor Nonmigas

Ekspor adalah kegiatan perdagangan dengan cara mengirimkan barang dari dalam negeri ke luar negeri dengan memenuhi ketentuan yang berlaku. Melalui ekspor, suatu negara atau daerah dapat menghasilkan devisa yang dapat digunakan sebagai salah satu sumber dana untuk menunjang pembangunan (Fajar, I. S. 2013). Di Indonesia, ekspor terdiri dari beberapa sektor salah satunya sektor migas dan nonmigas. Ekspor migas meliputi barang yang dihasilkan dari minyak dan gas alam sedangkan ekspor nonmigas adalah barang yang

dihasilkan selain minyak dan gas alam. Komoditas ekspor nonmigas terbagi dalam 3 sektor yaitu sektor pertanian, pertambangan, dan industri pengolahan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data bulanan ekspor nonmigas Provinsi Kalimantan Timur dari bulan Januari 2019 – Oktober 2020 (Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Timur, 2019). Berdasarkan data yang ada, dapat digambarkan *time series plot* seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. *Time series plot* ekspor nonmigas

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa nilai ekspor nonmigas di Provinsi Kalimantan Timur pada periode Januari 2019 – Oktober 2020 menunjukkan adanya fluktuasi setiap bulannya. Pada bulan Februari 2019, nilai ekspor nonmigas mengalami penurunan yang sangat tinggi dibandingkan penurunan pada bulan-bulan lain sebesar 207,2. Namun, pada bulan berikutnya yaitu bulan Maret 2019 terjadi peningkatan yang cukup drastis dibandingkan peningkatan pada bulan lainnya yaitu sebesar 256,63. Kemudian pada bulan September 2020, nilai ekspor nonmigas mencapai titik terendahnya yaitu sebesar 793,36.

3.1 Penentuan Himpunan Semesta Pembicaraan

Berikut himpunan semesta pembicaraan sesuai Persamaan (1) dengan D_1 dan D_2 merupakan bilangan positif sembarang. Pada penelitian ini digunakan nilai $D_1 = 2,4$ dan $D_2 = 2,39$.

$$\begin{aligned}
 U &= [X_{\min} - D_1; X_{\max} + D_2] \\
 &= [793,36 - 2,4; 1.268,57 + 2,39] \\
 &= [790,96; 1.270,96]
 \end{aligned}$$

3.2 Penentuan Panjang Interval Berbasis Rata-Rata (Average Based)

Adapun perhitungan panjang interval dengan langkah sebagai berikut :

1. Menghitung panjang interval (R) dari himpunan semesta pembicaraan (U)

Panjang interval (R) ditentukan menggunakan Persamaan (17). Berikut perhitungan panjang interval (R) dari semesta pembicaraan :

$$\begin{aligned}
 R &= (X_{maks} + D_2) - (X_{\min} - D_1) \\
 &= (1.268,57 + 2,39) - (793,36 - 2,4) \\
 &= 480
 \end{aligned}$$

2. Menghitung rata-rata selisih absolut setiap data (S)

Selisih absolut data aktual dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Selisih absolut data aktual

Tahun	Bulan	Ekspor Nonmigas	$|X_t - X_{t-1}|$
2019	Januari	1.219,14	-
	Februari	1.011,94	207,2
2020	September	793,36	42,98
	Oktober	860,61	67,25
	Jumlah		1.647,99

Berdasarkan Tabel 2 maka diperoleh jumlah selisih absolut data aktual sebesar 1.647,99. Untuk selanjutnya, dihitung nilai rata-rata selisih absolut setiap data dengan menggunakan Persamaan (18):

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{\sum_{t=1}^{N-1} |X_t - X_{t-1}|}{22 - 1} \\
 &= \frac{1.647,99}{22 - 1} \\
 &= 78,48
 \end{aligned}$$

3. Menghitung basis interval himpunan *fuzzy* (B)

Hasil rata-rata selisih absolut setiap data digunakan untuk menghitung basis interval *fuzzy* dengan menggunakan Persamaan (19). Berikut perhitungan basis interval himpunan *fuzzy* :

$$\begin{aligned}
 B &= \frac{S}{2} \\
 &= \frac{78,48}{2} \\
 &= 39,24 \approx 40
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai basis interval yaitu 39,24. Nilai basis interval tersebut, berdasarkan Tabel 1 termasuk dalam jangkauan 11-

100 dengan basis 10. Dengan demikian, nilai interval dapat dibulatkan menjadi 40 sehingga nilai B yang digunakan selanjutnya sebesar 40.

4. Menghitung banyaknya himpunan fuzzy (n)

Setelah diperoleh nilai basis interval sebesar 40 maka selanjutnya akan ditentukan banyaknya himpunan fuzzy berdasarkan Persamaan (20). Berikut perhitungan penentuan banyaknya himpunan fuzzy :

$$n = \frac{R}{B} = \frac{480}{40} = 12$$

5. Setelah diperoleh hasil pada langkah sebelumnya, elanjutnya dapat dituliskan 12 himpunan fuzzy yang memiliki panjang interval yang sama yaitu 40. Himpunan semesta pembicaraan (U) dibagi menjadi 12 himpunan yang sama panjang yaitu u_i dengan $i = 1, 2, \dots, 12$.

Berikut himpunan fuzzy yang terbentuk:

$$\begin{aligned} u_1 &= [790, 96; 830, 96) & u_2 &= [830, 96; 870, 96) \\ u_3 &= [870, 96; 910, 96) & u_4 &= [910, 96; 950, 96) \\ u_5 &= [950, 96; 990, 96) & u_6 &= [990, 96; 1.030, 96) \\ u_7 &= [1.030, 96; 1.070, 96) & u_8 &= [1.070, 96; 1.110, 96) \\ u_9 &= [1.110, 96; 1.150, 96) & u_{10} &= [1.150, 96; 1.190, 96) \\ u_{11} &= [1.190, 96; 1.230, 96) & u_{12} &= [1.230, 96; 1.270, 96) \end{aligned}$$

Setelah diperoleh himpunan fuzzy, dapat ditentukan nilai tengah untuk masing-masing himpunan fuzzy. Perhitungan nilai tengah himpunan fuzzy dilakukan dengan menggunakan Persamaan (5). Berikut hasil perhitungan nilai tengah himpunan fuzzy (m_i) :

Tabel 3. Nilai tengah himpunan fuzzy

Fuzzy Set	m_i
1	810,96
2	850,96
⋮	⋮
11	1.210,96
12	1.250,96

3.3 Pendefinisian Derajat Keanggotaan Himpunan Fuzzy terhadap A_i

Pendefinisian derajat keanggotaan himpunan fuzzy terhadap A_i didasarkan pada 12 himpunan fuzzy yang terbentuk. Nilai fuzzyfikasi dari variabel linguistik data ekspor nonmigas Provinsi

Kalimantan Timur yaitu $A_1, A_2, A_3, \dots, A_{12}$. Setiap himpunan fuzzy u_i dengan $i = 1, 2, 3, \dots, 12$ didefinisikan terhadap A_i dengan menggunakan Persamaan (2).

Setelah diperoleh nilai derajat keanggotaan himpunan fuzzy terhadap A_i , maka selanjutnya dapat diperoleh hasil fuzzyfikasi. Hasil fuzzyfikasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai linguistik hasil fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi	Nilai Linguistik
A_1	Sangat sangat turun sekali
A_2	Sangat turun sekali
A_3	Turun sekali
A_4	Cukup turun
A_5	Turun
A_6	Sedikit turun
A_7	Sedikit naik
A_8	Naik
A_9	Cukup naik
A_{10}	Naik sekali
A_{11}	Sangat naik sekali
A_{12}	Sangat Sangat naik sekali

3.4 Fuzzyfikasi Data Aktual

Misal, bulan Januari 2019 dengan nilai ekspor nonmigas sebesar 1.219,14. Nilai tersebut termasuk ke dalam himpunan fuzzy ke-11 (u_{11}) dengan interval $[1.190, 96; 1.230, 96)$, sehingga bulan Januari 2019 memiliki fuzzyfikasi A_{11} .

Tabel 5. Fuzzyfikasi data ekspor nonmigas

Tahun	Bulan	Ekspor Nonmigas	Fuzzyfikasi
2019	Januari	1.219,14	A_6
	Februari	1.011,94	A_{12}
2020	Sept	793,36	A_1
	Oktober	860,61	A_2

3.5 Penentuan Fuzzy Logical Relationship (FLR)

Penentuan FLR berdasarkan current state dan next state dimana current state merupakan data pada pengamatan saat ini dan next state adalah data pengamatan selanjutnya. Misal bulan Januari 2019

merupakan *current state* ($X_{(t-1)}$) dengan nilai *fuzzyfikasi* A_{11} , dan bulan Februari 2019 merupakan *next state* (X_t) dengan nilai *fuzzyfikasi* A_6 , maka FLR yang terbentuk antara bulan Januari 2019 dengan bulan Februari 2019 adalah $A_{11} \rightarrow A_6$.

Tabel 6. FLR

Bulan	FLR
Januari 2019 → Februari 2019	$A_{11} \rightarrow A_6$
Februari 2019 → Maret 2019	$A_6 \rightarrow A_{12}$
⋮	⋮
Agustus 2020 → September 2020	$A_2 \rightarrow A_1$
September 2020 → Oktober 2020	$A_1 \rightarrow A_2$

3.6 Penentuan Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)

FLR yang terbentuk pada Tabel 6 menunjukkan adanya *current state* yang sama meskipun *next state* yang berbeda, sehingga dapat dikelompokkan dalam satu grup yang disebut FLRG. Misal, FLR pada bulan Maret 2019 → April 2019 adalah $A_{12} \rightarrow A_{12}$, begitu pula bulan April 2019 → Mei 2019 adalah $A_{12} \rightarrow A_{12}$, dan bulan Mei 2019 → Juni 2019 yaitu $A_{12} \rightarrow A_{11}$, serta bulan Juli 2019 → Agustus 2019 memiliki FLR $A_{12} \rightarrow A_9$, maka FLRG yang terbentuk yaitu $A_{12} \rightarrow A_{12}, A_{12}, A_{11}, A_9$. FLR yang hanya memiliki satu *next state* ataupun himpunan kosong dapat dikatakan pula sebagai FLRG.

Tabel 7. FLRG

Grup	FLRG
1	$A_1 \rightarrow A_2$
2	$A_2 \rightarrow A_2, A_3, A_1$
⋮	⋮
12	$A_{12} \rightarrow A_{12}, A_{12}, A_{11}, A_9$

3.7 Peramalan Awal dan Defuzzifikasi

Peramalan awal $F(t)$ dan *defuzzifikasi* $\hat{F}(t)$ dilakukan dengan berdasarkan aturan Chen (1996). Peramalan awal adalah proses peramalan dari FLRG yang terbentuk dimana hasil peramalan yang diperoleh masih berbentuk variabel linguistik. Setelah ditentukan peramalan awal, langkah selanjutnya yaitu proses *defuzzifikasi*. Proses *defuzzifikasi* yaitu proses yang bertujuan untuk

mengubah nilai peramalan yang masih berbentuk linguistik menjadi nilai numerik kembali.

Tabel 8. Peramalan awal dan defuzzifikasi

Gru	FLRG	$F(t)$	$\hat{F}(t)$
p			
1	$A_1 \rightarrow A_2$	A_2	850,96
2	$A_2 \rightarrow A_2, A_3, A_1$	A_2, A_3, A_1	850,96
⋮	⋮	⋮	⋮
12	$A_{12} \rightarrow A_{12}, A_{12}, A_{11}, A_9$	$A_{12}, A_{12}, A_{11}, A_9$	1.210,96

3.8 Pembentukan Matriks Defuzzifikasi

Pembentukan matriks *defuzzifikasi* $M(t)$ didasarkan pada hasil peramalan awal dan *defuzzifikasi* yang telah diperoleh sebelumnya. Pembentukan matriks *defuzzifikasi* mengikuti aturan Chen (1996), dimana matriks *defuzzifikasi* merupakan matriks yang berisikan nilai tengah dari hasil peramalan awal.

Tabel 9. Matriks defuzzifikasi

Gru	$F(t)$	$M(t)$
p		
1	A_2	850,96
2	A_2, A_3, A_1	[850,96 890,96 810,96]
⋮	⋮	⋮
12	$A_{12}, A_{12}, A_{11}, A_9$	[1.250,96 1.250,96 1.210,96 1.130,96]

3.9 Perhitungan Nilai Pembobot

Perhitungan nilai pembobot dilakukan dengan berdasarkan FLRG yang terbentuk. Jika FLRG berasal dari FLR $A_i \rightarrow \emptyset$ atau $A_i \rightarrow A_j$ maka diberi pembobot ($W_o(t)$) sebesar 1. Namun, jika FLRG yang terbentuk adalah $A_i \rightarrow A_{j-1}, A_{j-2}, \dots, A_{j-p}$ maka pembobot untuk masing-masing *next state* adalah $w^*(A_{j-1}), w^*(A_{j-2}), \dots, w^*(A_{j-p})$ sebagaimana pada Persamaan (13) dengan nilai konstanta pembobot (c) yang digunakan yaitu $1 \leq c \leq 2$ dan jarak antar bobot sebesar 0,1. Sebagai contoh pada FLRG dari grup ke-2 yaitu $A_2 \rightarrow A_2, A_3, A_1$ maka dapat ditentukan pembobotnya ialah $w^*(A_2), w^*(A_3), w^*(A_1)$. Sebelum dilakukan perhitungan pembobot terlebih dahulu dihitung nilai

$w(A_{j-1})$ untuk setiap *next state* FLRG grup ke-2 berdasarkan Persamaan (14) :

$$w(A_{j-1}) = 1$$

$$w(A_{j-2}) = c^{l-1} = c^{2-1} = c$$

$$w(A_{j-3}) = c^{l-1} = c^{3-1} = c^2$$

dengan demikian, $\sum_{l=1}^3 w(A_{j-l}) = 1 + c + c^2$ sehingga dapat diperoleh pembobot masing-masing *next state* berdasarkan Persamaan (13) berikut :

$$w^*(A_2) = \frac{1}{\sum_{l=1}^3 w(A_{j-l})} = \frac{1}{1+c+c^2}$$

$$w^*(A_3) = \frac{c^{l-1}}{\sum_{l=1}^3 w(A_{j-l})} = \frac{c^{2-1}}{\sum_{l=1}^3 w(A_{j-l})} = \frac{c}{\sum_{l=1}^3 w(A_{j-l})} = \frac{c}{1+c+c^2}$$

$$w^*(A_1) = \frac{c^{l-1}}{\sum_{l=1}^3 w(A_{j-l})} = \frac{c^{3-1}}{\sum_{l=1}^3 w(A_{j-l})} = \frac{c^2}{\sum_{l=1}^3 w(A_{j-l})} = \frac{c^2}{1+c+c^2}$$

atau dapat dituliskan dalam matriks pembobot sebagaimana pada Persamaan (15).

$$W_o(2) = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sum_{l=1}^p w(A_{j-l})} & \frac{c}{\sum_{l=1}^p w(A_{j-l})} & \frac{c^2}{\sum_{l=1}^p w(A_{j-l})} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

Jika $c=1$ maka dapat diperoleh nilai matriks pembobot :

$$W_o(2) = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

Perhitungan nilai pembobot untuk setiap kontanta pembobot (c) yang berbeda yaitu $1 \leq c \leq 2$ dan grup lainnya mengikuti seperti pada perhitungan $c=1$ pada grup ke-2.

Tabel 10. Nilai pembobot

Grup	$c=1$	...	$c=2$
1	1	...	1
2	$\frac{1}{3}; \frac{1}{3}; \frac{1}{3}$	...	$\frac{1}{7}; \frac{2}{7}; \frac{4}{7}$
...
12	$\frac{1}{4}; \frac{1}{4}; \frac{1}{4}; \frac{1}{4}$	...	$\frac{1}{15}; \frac{2}{15}; \frac{4}{15}; \frac{8}{15}$

3.10 Peramalan Akhir

Setelah mendapatkan nilai pembobot berdasarkan nilai konstanta pembobot (c) yang

berbeda-beda, dan juga matriks defuzzifikasi ($M(t)$), maka selanjutnya dapat dilakukan peramalan akhir yang merupakan proses akhir dari WFTS Lee (2010).

Tabel 11. Peramalan akhir

Gr up	$\hat{X}(t)$			Periode Peramalan
	$c=1$	...	$c=2$	
1	850,96	...	850,96	Oktober 2020
2	850,96	...	838,65	Juni 2020, Juli 2020, dan September 2020
...
12	1.210,96	...	1.173,72	April 2019, Mei 2019, Juni 2019, dan Agustus 2019

Selanjutnya, untuk memudahkan pembacaan hasil peramalan akhir maka dilakukan penyusunan berdasarkan bulan.

Tabel 12. Peramalan akhir Januari 2019 – Oktober 2020

Tahun	Bulan	X_t	$\hat{X}(t)$		
			$c=1$	...	$c=2$
2019	Jan	1.219,14	-	...	-
	Feb	1.011,94	1.117,63	...	1.134,04
...
2020	Sept	793,36	850,96	...	838,65
	Okt	860,61	850,96	...	850,96

Berdasarkan Tabel 12 selanjutnya dapat dihitung nilai ketepatan akurasi peramalan dengan menggunakan metode MAPE sebagaimana pada Persamaan (21) dan metode RMSE pada Persamaan (22).

Tabel 13. Nilai akurasi peramalan

Nilai c	RMSE	MAPE
$c=1$	50,67	3,62%
$c=1,1$	50,74	3,62%
...
$c=2$	53,37	3,82%

Tabel 13 menyatakan bahwa nilai konstanta pembobot $c = 1$ dan $c = 1,1$ memiliki nilai akurasi MAPE yang sama yaitu sebesar 3,62%, nilai ini lebih kecil dibanding nilai c lainnya. Namun, dengan metode akurasi peramalan yang berbeda yaitu metode RMSE nilai konstanta pembobot $c = 1$ memiliki nilai yang minimum dibanding nilai konstanta pembobot lainnya yaitu sebesar 50,67. Secara keseluruhan, dapat dinyatakan bahwa akurasi peramalan dari WFTS Lee untuk data ekspor Nonmigas Provinsi Kalimantan Timur dari bulan Januari 2019 – Oktober 2020 memiliki keakuratan yang sangat baik dengan kontanta pembobot terbaiknya yaitu $c = 1$.

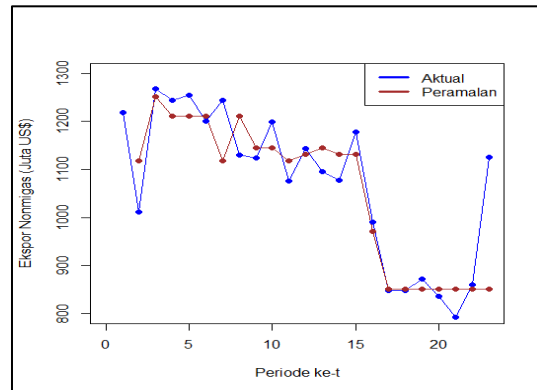
Berdasarkan hasil nilai konstanta pembobot terbaik yang telah diperoleh, maka selanjutnya dapat dilakukan peramalan untuk satu bulan ke depan yaitu bulan November 2020. Pada peramalan bulan November 2020 (sebagai *next state*) maka sebagai *current state* yaitu bulan Oktober 2020 yang terletak pada *fuzzyfikasi* A_2 (Tabel 5). Nilai *fuzzyfikasi* dari A_2 membentuk FLRG $A_2 \rightarrow A_2, A_3, A_1$ dan termasuk ke dalam *defuzzifikasi* grup FLRG ke-2. Hasil peramalan akhir untuk grup ke-2 sebagaimana pada Tabel 11 yaitu sebesar 850,96. Sehingga, hasil peramalan bulan November 2020 adalah 850,96. Peramalan bulan November 2020 dengan nilai konstanta pembobot (c) lainnya mengikuti langkah yang sama seperti pada $c=1$ dan secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 14

Tabel 14. Hasil peramalan akhir bulan November 2020

Nilai c	November 2020
$c=1$	850,96
$c=1,1$	849,59
$c=1,2$	848,2
$c=1,3$	846,81
$c=1,4$	845,46
$c=1,5$	844,17
$c=1,6$	842,93
$c=1,7$	841,77
$c=1,8$	840,67
$c=1,9$	839,63
$c=2$	838,65

Berikut disajikan *time series plot* perbandingan hasil peramalan akhir dan data aktual ekspor Nonmigas Provinsi Kalimantan Timur bulan Januari 2019 – November 2020 dengan menggunakan metode WFTS Lee dengan nilai konstanta

pembobot (c) terbaik yaitu $c = 1$ dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Time series plot* perbandingan hasil peramalan dengan data aktual

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu :

1. Hasil peramalan data ekspor nonmigas Provinsi Kalimantan Timur pada bulan November 2020 dengan menggunakan metode *Weighted Fuzzy Time Series* Lee (2010) dengan kontanta pembobot terbaik $c = 1$ adalah sebesar 850,96.
2. Berdasarkan pembahasan dengan metode WFTS Lee diperoleh nilai akurasi peramalan dengan menggunakan metode MAPE dan metode RMSE dengan konstanta pembobot (c) yaitu $1 \leq c \leq 2$ dan diperoleh nilai MAPE keseluruhan berada dibawah 10% dengan nilai minimum pada $c = 1$ sebesar 3,62% sama halnya dengan nilai RMSE memiliki nilai minimum pada $c = 1$ yaitu sebesar 50,67.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Timur. (2019). *Statistik Ekspor Provinsi Kalimantan Timur*. Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Timur.

Fajar, I. S. (2013). Pengaruh Ekspor-Impor dan Indeks Harga Konsumen (IHK) Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Ekonomi, Bisnis & Manajemen*.

Ginting, A. M. (2017). Analisis Pengaruh Ekspor Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia. *Buletin Ilmiah Litbang Perdagangan*, 11(1), 1-

20.

Jatipaningrum, M. T. (2016). Peramalan Data Produk Domestik Bruto dengan Fuzzy Time Series Markov Chain. *Jurnal Teknologi*, 9(1), 31–38.

Lee, M. H., Efendi, R., & Ismail, Z. (2009). Modified Weighted for Enrollment Forecasting Based on Fuzzy Time Series. *Matematika*, 25(1), 67-69

Lee, M. H., & Suhartono. (2010). A Novel Weighted Fuzzy Time Series Model For Forecasting Seasonal Data. *International Conference on Mathematical Sciences*, 332–340.

Nasir, J., & Suprianto, J. (2017). Analisis Fuzzy Logic Menentukan Pemilihan Motor Honda dengan Metode Mamdani. *Jurnal Edik Informatika*, 3(2), 177–187.

Nurmawaddah, S. (2019). Pengaruh Ekspor Non Migas terhadap Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Kalimantan Timur. *Akuntabel*.16(1), 128-133.