Perbandingan Interval pada Fuzzy Time Series Cheng untuk Peramalan Jumlah Kasus ISPA

Lathifah*, Teti Sofia Yanti

Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*lathifah2717@gmail.com, tetisofiayanti@unisba.ac.id

Abstract. Forecasting for number of ARI (Acute Respiratory Infection) cases needs to be used for planning and evaluation of health decisions or policies to reach a healthy Indonesian society. Fuzzy Time Series is one of the statistical methods can be used for forecasting. Cheng's Fuzzy Time Series method develops Chen's Fuzzy Time Series model which has the disadvantage of not consider FLR (Fuzzy Logical Relationship) repetition. Therefore, Cheng's Fuzzy Time Series method assigns weights to individual fuzzy relationships and modifies the forecasting value with an adaptive model. The purpose of this study is to determine the forecasting results and accuracy level regarding the number of ARI cases at the Margahayu Raya Health Center using the Average-based and Sturges interval methods in Cheng's Fuzzy Time Series. This study uses data on the number of ARI cases from September 01, 2023 to January 30, 2024 which has the best model using the Average-based interval method with MAPE for adaptive forecasting of 12%, indicating that the forecasting results have an accuracy of 88% with a good forecasting category.

Keywords: *Average-based, Cheng, Fuzzy Time Series*.

Abstrak. Peramalan untuk jumlah kasus ISPA (Infeksi Saluran Pernafasan Akut) perlu dilakukan sebagai acuan dalam perencanaan dan evaluasi mengenai keputusan ataupun kebijakan kesehatan untuk mewujudkan masyarakat Indonesia yang sehat. Fuzzy Time Series adalah salah satu metode statistika yang dapat digunakan untuk peramalan. Metode Fuzzy Time Series Cheng mengembangkan model Fuzzy Time Series Chen yang memiliki kekurangan tidak mempertimbangkan pengulangan FLR (Fuzzy Logical Relationship). Sehingga dalam metode Fuzzy Time Series Cheng menetapkan bobot terhadap hubungan individu fuzzy dan memodifikasi nilai peramalan dengan model adaptif. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil peramalan dan tingkat akurasi yang dihasilkan mengenai jumlah kasus ISPA di Puskesmas Margahayu Raya menggunakan metode interval Average-based dan Sturges pada Fuzzy Time Series Cheng. Penelitian ini menggunakan data jumlah kasus ISPA pada 01 September 2023 hingga 30 Januari 2024 yang menghasilkan model terbaik menggunakan metode interval Average-based dengan MAPE untuk peramalan adaptif sebesar 12% yang artinya hasil peramalan memiliki ketepatan sebesar 88% dengan kategori peramalan yang baik.

Kata Kunci: *Average-based, Cheng, Fuzzy Time Series*.

Corresponding Author
Email: tetisofiayanti@unisba.ac.id

A. Pendahuluan

Peramalan merupakan suatu cara memperkirakan sesuatu pada masa yang akan datang berdasarkan data masa lampau yang dianalisis secara ilmiah. Berbagai metode *time series* klasik (*moving average, exponential smoothing*, dekomposisi) dapat diaplikasikan untuk peramalan. Masing-masing metode *time series* klasik tersebut memiliki asumsi yang harus dipenuhi. Namun, dalam praktiknya tidak semua asumsi pada metode *time series* klasik tersebut dapat terpenuhi(Adeline Vinda Septiani et al., 2023). Sehingga beberapa peneliti telah mengembangkan metode *time series* baru salah satunya ialah metode *Fuzzy Time Series* (FTS) yang diperkenalkan oleh Song dan Chissom (1993), yaitu konsep yang dapat diaplikasikan untuk memprediksi suatu masalah atau kasus dengan data historisnya merupakan data linguistik, sedangkan hasilnya adalah data aktual yang merupakan bilangan riil [1]. Dibandingkan dengan metode peramalan klasik lainnya, metode FTS memiliki kelebihan yaitu tidak memerlukan asumsi-asumsi seperti pada metode peramalan klasik [2]. Kemudian metode FTS dikembangkan oleh beberapa peneliti lain, seperti model Markov oleh Sullivan (1994), model Chen (1996), model *Weighted* oleh Yu (2005), dan model Cheng (2008).

FTS model Cheng mengembangkan FTS model Chen dengan menetapkan bobot terhadap hubungan individu *fuzzy* dan memodifikasi nilai peramalan dengan model ekspektasi adaptif. Metode FTS Cheng ini dapat diaplikasikan untuk peramalan dalam berbagai bidang dikehidupan sehari-hari, salah satunya ialah bidang kesehatan dalam peramalan jumlah kasus penyakit ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Akut). ISPA merupakan penyakit menular yang termasuk kedalam 10 besar penyakit di hampir seluruh Puskesmas di Indonesia [3]. Berdasarkan hasil Survei Kesehatan Rumah Tangga pada tahun 2013 menunjukan bahwa ISPA berada pada urutan pertama sebesar 32,2% dari tingkat kematian pada semua kelompok umur (Luqyana Zakiya Almas et al., 2024).

Upaya pencegahan dan pengendalian penyakit ISPA yang responsif, tertata, dan berkelanjutan perlu dilakukan untuk menurunkan tingkat kematian akibat ISPA serta meningkatkan derajat kesehatan di Indonesia dalam mewujudkan masyarakat Indonesia yang sehat. Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam pengendalian penyakit ISPA ini adalah melakukan peramalan terhadap jumlah kasus ISPA di masa yang akan datang guna menetapkan langkah-langkah yang dapat disiapkan dalam menangani dan menghadapi tantangan di masa depan dan untuk membantu dalam membuat kebijakan kesehatan ataupun keputusan bagi pihak yang berwenang. Pada penelitian ini, FTS yang digunakan ialah model Cheng dengan melakukan perbandingan pada dua metode interval *Average-based* dan *Sturges* untuk mengetahui interval yang optimal dalam meningkatkan akurasi (Primanda & Oktora, 2024).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil peramalan mengenai jumlah kasus ISPA di Puskesmas Margahayu Raya menggunakan *Fuzzy Time Series* Cheng pada masing-masing metode penentuan interval *Average-based* dan *Sturges*?
2. Berapa tingkat akurasi yang dihasilkan mengenai jumlah kasus ISPA di Puskesmas Margahayu Raya menggunakan *Fuzzy Time Series* Cheng pada masing-masing metode penentuan interval *Average-based* dan *Sturges*?
3. Berapa hasil peramalan adaptif untuk kasus ISPA pada periode selanjutnya berdasarkan model terbaik?

B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Puskesmas Margahayu Raya Kota Bandung mengenai data harian jumlah kasus ISPA dari 01 September 2023 hingga 30 Januari 2024 sebanyak 127 data.

Metode penelitian yang digunakan adalah *Fuzzy Time Series* Cheng dengan melakukan perbandingan interval *Average-based* dan *Sturges*. Adapun tahapan-tahapan peramalan menggunakan FTS Cheng sebagai berikut:

Langkah 1. Menentukan himpunan semesta (U).

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

Langkah 2. Menentukan partisi dari himpunan semesta (U).

Metode *Average-Based*

1. Menentukan inisialisasi panjang interval (l')

$$l' = \frac{1}{2}\left(\frac{\sum_{t=1}^{n-1}|X_{t-1} - X_t|}{n-1}\right) \quad (2)$$

2. Menentukan basis untuk panjang interval berdasarkan tabel basis interval [5]

Tabel 1. Basis Interval

Jangkauan	Basis
0.1-1.0	0.1
1.1.10	1
11-100	10
101-1000	100

3. Melakukan pembulatan nilai inisialisasi panjang interval (l') sebagai panjang interval kelas (l)
4. Menentukan jumlah interval kelas

$$K = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{l} \quad (3)$$

5. Menghitung nilai tengah interval ke-i

$$m_i = \frac{[batas\ bawah + batas\ atas]}{2}; i = 1,2,3,\dots,k \quad (4)$$

Metode *Sturges*

1. Menentukan jumlah interval kelas

$$K = 1 + 3.332 \times \log(n) \quad (5)$$

2. Menentukan panjang interval kelas

$$l = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{K} \quad (6)$$

3. Menghitung nilai tengah interval ke-i

$$m_i = \frac{[batas\ bawah + batas\ atas]}{2}; i = 1,2,3,\dots,k \quad (7)$$

Kedua metode interval tersebut akan digunakan dalam menentukan partisi dari himpunan semesta (U) untuk dilakukan perbandingan dan hasil banyaknya interval dari masing-masing metode interval akan dilanjutkan hingga langkah ke-9.

Langkah 3. Menentukan himpunan *fuzzy* dari hasil himpunan semesta (U).

$$\begin{aligned} A_1 &= \left\{\frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \cdots + \frac{0}{u_k}\right\} \\ A_2 &= \left\{\frac{0.5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0.5}{u_3} + \cdots + \frac{0}{u_k}\right\} \\ &\vdots \\ A_k &= \left\{\frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \cdots + \frac{0.5}{u_{k-1}} + \frac{1}{u_k}\right\} \end{aligned} \quad (8)$$

Langkah 4. Melakukan fuzzifikasi.
Mengubah variabel numerik menjadi variabel linguistik berdasarkan himpunan *fuzzy*. Misalkan X_t merupakan anggota himpunan *fuzzy* A_k, maka X_t difuzzifikasikan sebagai A_k.

Langkah 5. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR).
Misalkan terdapat hubungan antara dua data berurut yang didefinisikan sebagai $A_i(t-1)$ dan $A_j(t)$ maka dituliskan sebagai FLR, $A_i \rightarrow A_j$.

Langkah 6. Menentukan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG).
Misalkan terdapat FLR $A_1 \rightarrow A_1$, $A_1 \rightarrow A_2$, $A_1 \rightarrow A_3$ maka FLRG $A_1 \rightarrow A_1, A_2, A_3$.

Langkah 7. Membuat matriks pembobotan dari FLRG

$$W = \begin{bmatrix} w_{1;1} & w_{1;2} & \vdots & w_{1;j} \\ w_{2;1} & w_{2;2} & \vdots & w_{2;j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{i;1} & w_{i;2} & \dots & w_{i;j} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Langkah 8. Melakukan normalisasi dengan pembobotan standar berdasarkan matriks pembobotan FLRG.

$$w_{i;j}{}^* = \frac{w_{i;j}}{\sum_{j=1}^{p} w_{i;j}}; i = 1,2,\dots,k; j = 1,2,\dots,p \quad (10)$$

kemudian membuat matriks pembobotan terstandarisasi

$$W^* = \begin{bmatrix} w_{1;1}{}^* & w_{1;2}{}^* & \vdots & w_{1;j}{}^* \\ w_{2;1}{}^* & w_{2;2}{}^* & \vdots & w_{2;j}{}^* \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{i;1}{}^* & w_{i;2}{}^* & \dots & w_{i;j}{}^* \end{bmatrix} \quad (11)$$

Langkah 9. Menentukan defuzifikasi nilai peramalan.

$$F_{A_i} = w_{i;1}^*(m_1) + w_{i;2}^*(m_2) + \cdots + w_{i;j}^*(m_j); i = 1,2,\dots,k; j = 1,2,\dots,p \quad (12)$$

Langkah 10. Menghitung nilai peramalan adaptif

$$\text{Peramalan Adaptif}(t) = X_{t-1} + w_{i;j_{t-1}}^*(F_{A_{i_{t-1}}} - X_{t-1}) \quad (13)$$

Ukuran Akurasi Nilai Peramalan
Akurasi nilai peramalan adalah tingkat perbedaan antara hasil peramalan dengan data aktual. Ukuran akurasi dapat dihitung menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Berikut merupakan rumus MAPE:

$$\text{MAPE} = \frac{\sum_{t=1}^{n} \left| \frac{X_t - F_{A_{i_t}}}{X_t} \right| \times 100}{n} \quad (14)$$

Dimana X_t adalah data aktual pada periode ke-t, $F_{A_{i_t}}$adalah nilai hasil peramalan pada periode ke-t, dan n adalah banyaknya data. Adapun kriteria nilai MAPE [2] sebagai berikut:

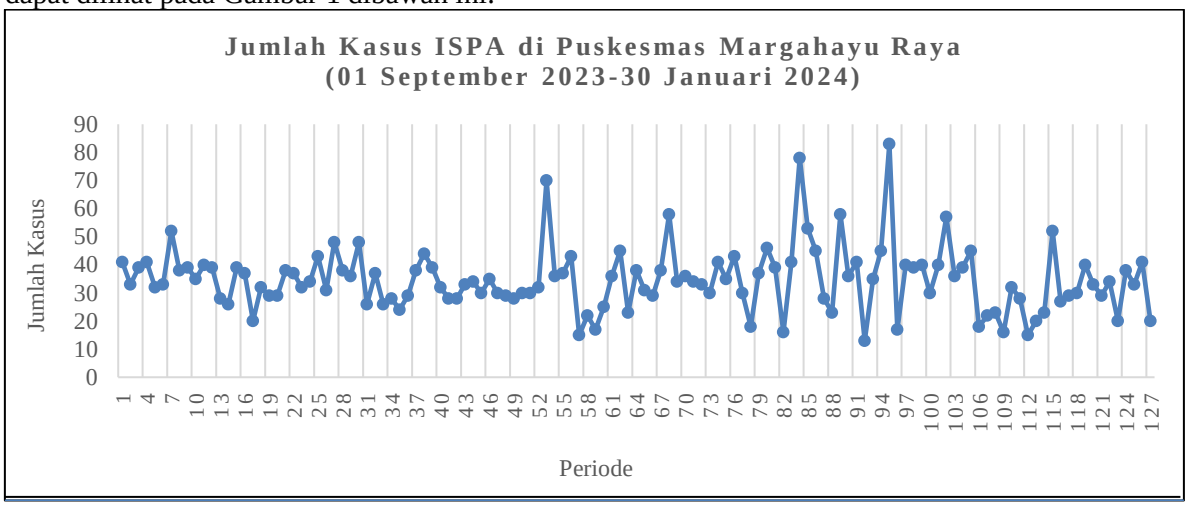
Tabel 2. Kriteria MAPE

Nilai MAPE	Kategori Peramalan
≤ 10%	Sangat Baik
10% - 20%	Baik
> 20% - 50%	Cukup Baik
> 50%	Buruk

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Statistika Deskriptif

Jumlah kasus ISPA di Puskesmas Margahayu Raya pada 01 September 2023 hingga 30 Januari 2024 yang berjumlah 127 periode ini memiliki rata-rata sebanyak 34,62 yang dapat dibulatkan menjadi 35 kasus dan simpangan baku sebesar 11,56. Adapun kasus ISPA terendah yaitu 13 kasus terjadi pada periode ke-92 atau pada 18 Desember 2023, sedangkan kasus ISPA tertinggi yaitu 83 kasus terjadi pada periode ke-95 atau pada 21 Desember 2023. Jumlah kasus ISPA di Puskemas Margahayu Bandung ini cenderung mengalami fluktuasi disetiap harinya seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Grafik Jumlah Kasus ISPA

Fuzzy Time Series Cheng

Penerapa metode *Fuzzy Time Series* Cheng pada data jumlah kasus ISPA diawali dengan menentukan himpunan semesta (U). Diketahui bahwa $D_{min} = 13$ dan $D_{max} = 83$ dengan $D_1 = 3$ dan $D_2 = 2$ maka perhitungan himpunan semesta (U) sebagai berikut:

$$U = [D_{min} - D_1; D_{max} + D_2] = [13 - 3; 83 + 2] = [10; 85]$$

Kemudian langkah selanjutnya adalah melakukan partisi himpunan semesta (U) pada masing-masing metode penentuan interval yaitu *Average-base* dan *Sturges*.

Metode Average-based

Melalui metode *Average-based* akan ditentukan partisi himpunan semesta hingga proses defuzzifikasi.

Menentukan Partisi Himpunan Semesta (U)

1. Menentukan panjang interval kelas

$$l' = \frac{1}{2}\left(\frac{\sum_{t=1}^{n-1}|X_{t-1} - X_t|}{n-1}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{|41-33| + |33-39| + \cdots + |41-20|}{126}\right) = 5{,}35$$

diperoleh $l' = 5{,}35$ yang disesuaikan dengan Tabel 1 maka basis nya adalah 1 (satuan) dan kemudian dibulatkan. Sehingga diperoleh panjang interval kelas adalah $l = 5$.

2. Menentukan jumlah interval kelas

$$K = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{l} = \frac{[(83+2) - (13-3)]}{5} = \frac{[85-10]}{5} = 15$$

Sehingga diperoleh interval kelas dan nila sebanyak 15 interval sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Partisi Himpunan Semesta (*Average-based*)

Interval (u_i)	**Nilai Tengah (m_i)**
$u_1 = [10; 15]$	$m_1 = 12{,}5$
$u_2 = [15; 20]$	$m_2 = 17{,}5$

Interval (u_i)	Nilai Tengah (m_i)
⋮	⋮
$u_{14} = [75; 80]$	$m_{14} = 77{,}5$
$u_{15} = [80; 85]$	$m_{15} = 82{,}5$

Menentukan Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* (A_i) diperoleh sebanyak interval yang telah ditentukan sebelumnya yaitu 15 interval. Maka hasil himpunan *fuzzy* dengan metode *Average-based* dituliskan sebagai berikut:

$$A_1 = \left\{\frac{1}{u_1} + \frac{0{,}5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} + \frac{0}{u_{11}} + \frac{0}{u_{12}} + \frac{0}{u_{13}} + \frac{0}{u_{14}} + \frac{0}{u_{15}}\right\}$$

$$A_2 = \left\{\frac{0{,}5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0{,}5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} + \frac{0}{u_{11}} + \frac{0}{u_{12}} + \frac{0}{u_{13}} + \frac{0}{u_{14}} + \frac{0}{u_{15}}\right\}$$

$$\vdots$$

$$A_{15} = \left\{\frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8} + \frac{0}{u_9} + \frac{0}{u_{10}} + \frac{0}{u_{11}} + \frac{0}{u_{12}} + \frac{0}{u_{13}} + \frac{0{,}5}{u_{14}} + \frac{1}{u_{15}}\right\}$$

Melakukan Fuzzifikasi dan Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR)

Fuzzifikasi adalah mengubah data jumlah kasus ISPA ke dalam bentuk linguistik. Pada periode ke-1 diketahui $X_1 = 41$ yang berada dalam rentang $u_7 = [40; 45]$. Maka diperoleh fuzzifikasi X_1 adalah A_7. Kemudian FLR merupakan hubungan antara dua data berurut. Pada periode ke-1 memiliki fuzzifikasi A_7 dan pada periode ke-2 memiliki fuzzifikasi A_5 maka FLR untuk periode ke-2 adalah $A_7 \rightarrow A_5$ dengan A_7 disebut *Left-hand Side* (LHS) dan A_5 disebut *Right-hand Side* (RHS). Fuzzifikasi dan pembetukan FLR dilakukan hingga periode ke-127. Hasil Fuzifikasi dan FLR metode *Average-based* disajikan sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil FLR (*Average-based*)

No.	Tanggal	Jumlah Kasus ISPA	Fuzzifikasi	FLR		
				LHS		RHS
1	01-09-2023	41	A_7	-	→	A_7
2	02-09-2023	33	A_5	A_7	→	A_5
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	
126	29-01-2024	41	A_7	A_5	→	A_7
127	30-01-2024	20	A_2	A_7	→	A_2

Menentukan Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)

FLRG merupakan mengelompokkan FLR yang memiliki LHS yang sama. Pada hasil FLR di Tabel 4 untuk A_1 terdapat satu buah hubungan $A_1 \rightarrow A_2$, $A_1 \rightarrow A_3$, dan $A_1 \rightarrow A_5$. Sehingga FLRG untuk A_1 adalah $A_1 \rightarrow A_2, A_3, A_5$. Pembentukan FLRG dilakukan hingga FLRG ke-A_{15}. Hasil FLRG dengan metode *Average-based* disajikan sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil FLRG (*Average-based*)

No.	Tanggal	Jumlah Kasus ISPA	Fuzzifikasi	FLR		
				LHS		RHS
1	01-09-2023	41	A_7	-	→	A_7
2	02-09-2023	33	A_5	A_7	→	A_5
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	
126	29-01-2024	41	A_7	A_5	→	A_7
127	30-01-2024	20	A_2	A_7	→	A_2

Membuat Matriks Pembobotan

Berdasarkan FLRG pada Tabel 5 maka akan dibuat matriks pembobotan. Diketahui FLRG $A_1 \rightarrow A_2, A_3, A_5$ maka nilai pembobotan untuk A_1 yaitu $w_{1;2} = 1, w_{1;3} = 1, w_{1;5} = 1$, dan untuk $w_{i;j}$ yang lainnya pada A_1 adalah 0. Kemudian pembobotan dilakukan hingga FLRG A_{15}. Hasil pembobotan dengan metode *Average-based* disajikan sebagai berikut:

Tabel 6. Matriks Pembobotan (*Average-based*)

W														Jumlah
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	...	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}	
A_1	0	1	1	0	1	0	...	0	0	0	0	0	0	3
A_2	0	0	3	0	2	3	...	0	0	0	0	0	0	9
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋱	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A_{14}	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	1
A_{15}	0	2	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	2

Membuat Matriks Pembobotan Terstandarisasi

Berdasarkan matriks pembobotan pada Tabel 6 maka akan dibuat matriks pembobotan terstandarisasi. Pada hasil nilai pembobotan untuk A_1 yaitu $w_{1;2} = 1$, $w_{1;3} = 1$, $w_{1;5} = 1$, dan untuk w_{ij} yang lainnya pada A_1 adalah 0 dengan jumlah banyaknya pembobotan A_1 adalah 3. Sehingga diperoleh nilai pembobotan terstandarisasi untuk A_1 yaitu $w^*_{1;2} = 0{,}3333$, $w^*_{1;3} = 0{,}3333$, dan $w^*_{1;5} = 0{,}3333$. Kemudian pembobotan dilakukan hingga A_{15}. Hasil pembobotan terstandarisasi dengan metode *Average-based* disajikan sebagai berikut:

Tabel 7. Matriks Pembobotan Terstandarisasi (*Average-based*)

W^*												
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	⋯	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}
A_1	0	0,3333	0,3333	0	0,3333	0	...	0	0	0	0	0
A_2	0	0	0,3333	0	0,2222	0,3333	...	0	0	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋱	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A_{14}	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0
A_{15}	0	1	0	0	0	0	...	0	0	0	0	0

Menentukan Defuzzifikasi Nilai Peramalan

Defuzzifikasi merupakan tahapan mengubah variabel linguistik menjadi variabel numerik (*crips*). Pada A_1 diperoleh matriks pembobotan terstandarisasi yaitu $w^*_{1;2} = 0{,}3333$, $w^*_{1;3} = 0{,}3333$, $w^*_{1;5} = 0{,}3333$ dengan nilai tengah masing-masing interval yaitu $m_2 = 17{,}5$, $m_3 = 22{,}5$, dan $m_5 = 32{,}5$. Sehingga perhitungan defuzzifikasi untuk A_1 sebagai berikut:

$F_{A_1} = w^*_{1;2}(m_2) + w^*_{1;3}(m_3) + w^*_{1;5}(m_5) = 0{,}3333(17{,}5) + 0{,}3333(22{,}5) + 0{,}3333(32{,}5)$

$F_{A_1} = 24{,}1667 \approx 24$

Kemudian perhitungan defuzzifikasi dilakukan hingga A_{15}. Adapun hasil peramalan berdasarkan defuzzifikasi dengan metode *Average-based* disajikan sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil Peramalan (*Average-based*)

No.	Tanggal	Jumlah Kasus ISPA	Hasil Peramalan (F_{A_i})
1	01-09-2023	41	-
2	02-09-2023	33	33
⋮	⋮	⋮	⋮

126	29-01-2024	41	36
127	30-01-2024	20	33

Metode Sturges

Melalui metode *Sturges* akan ditentukan partisi himpunan semesta hingga proses defuzzifikasi.

Menentukan partisi himpunan semesta $(\boldsymbol{U})$

1. Menentukan jumlah interval kelas
$$K = 1 + 3.322 \times \log(n) = 1 + 3.322 \times \log(127) = 8{,}009874 \approx 8$$
2. Menentukan panjang dan nilai tengah interval kelas
$$l = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{K} = \frac{[(83 + 2) - (13 - 3)]}{8} = 9{,}375$$
sehingga diperoleh interval kelas sebanyak 8 interval sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil Partisi Himpunan Semesta (*Sturges*)

Interval $(\boldsymbol{u_i})$	**Nilai Tengah** $(\boldsymbol{m_i})$
$u_1 = [10; 19{,}375]$	$m_1 = 14{,}6875$
$u_2 = [19{,}375; 28{,}75]$	$m_2 = 24{,}0625$
⋮	⋮
$u_7 = [66{,}25; 75{,}625]$	$m_7 = 70{,}9375$
$u_8 = [75{,}625; 85]$	$m_8 = 80{,}3125$

Menentukan Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* (A_i) diperoleh sebanyak interval yang telah ditentukan sebelumnya yaitu 8 interval. Maka hasil himpunan *fuzzy* dengan metode *Sturges* dituliskan sebagai berikut:

$$A_1 = \left\{\frac{1}{u_1} + \frac{0{,}5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8}\right\}$$
$$A_2 = \left\{\frac{0{,}5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0{,}5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8}\right\}$$
$$\vdots$$
$$A_8 = \left\{\frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0{,}5}{u_7} + \frac{1}{u_8}\right\}$$

Melakukan Fuzzifikasi dan Menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR)

Fuzzifikasi adalah mengubah data jumlah kasus ISPA ke dalam bentuk linguistik. Pada periode ke-1 diketahui $X_1 = 41$ yang berada dalam rentang $u_4 = [38{,}125; 47{,}5]$. Maka diperoleh fuzzifikasi X_1 adalah A_4. Kemudian FLR merupakan hubungan antara dua data berurut. Pada periode ke-1 memiliki fuzzifikasi A_4 dan pada periode ke-2 memiliki fuzzifikasi A_3 maka FLR untuk periode ke-2 adalah $A_4 \rightarrow A_3$ dengan A_4 disebut *Left-hand Side* (LHS) dan A_3 disebut *Right-hand Side* (RHS). Fuzzifikasi dan pembetukan FLR dilakukan hingga periode ke-127. Hasil Fuzifikasi dan FLR metode *Sturges* disajikan sebagai berikut:

Tabel 10. Hasil FLR (*Sturges*)

No.	**Tanggal**	**Jumlah Kasus ISPA**	**Fuzzifikasi**	**FLR**		
				LHS		**RHS**
1	01-09-2023	41	A_4	-	→	A_4
2	02-09-2023	33	A_3	A_4	→	A_3
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	
126	29-01-2024	41	A_4	A_3	→	A_4
127	30-01-2024	20	A_1	A_4	→	A_1

Menentukan Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)

FLRG merupakan mengelompokkan FLR yang memiliki LHS yang sama. Pada hasil FLR di Tabel 10 untuk A_1 terdapat 1 buah hubungan $A_1 \rightarrow A_1$, 4 buah hubungan $A_1 \rightarrow A_2$, 5 buah hubungan $A_1 \rightarrow A_3$, dan 2 buah hubungan $A_1 \rightarrow A_4$. Sehingga diperoleh FLRG $A_1 \rightarrow A_1, 4(A_2), 5(A_3), 2(A_4)$. Pembentukan FLRG dilakukan hingga FLRG ke-A_8. Hasil FLRG dengan metode *Sturges* disajikan sebagai berikut:

Tabel 11. Hasil FLRG (*Sturges*)

No.	FLRG		
1	A_1	$\rightarrow$	$A_1, 4(A_2), 5(A_3), 2(A_4)$
2	A_2	$\rightarrow$	$3(A_1), 10(A_2), 11(A_3), A_4, A_5$
⋮	⋮		
7	A_7	$\rightarrow$	A_3
8	A_8	$\rightarrow$	A_1, A_5

Membuat Matriks Pembobotan

Berdasarkan FLRG pada Tabel 11 maka akan dibuat matriks pembobotan. Diketahui FLRG $A_1 \rightarrow A_1, 4(A_2), 5(A_3), 2(A_4)$ maka nilai pembobotan untuk A_1 yaitu $w_{1;1} = 1$, $w_{1;2} = 4$, $w_{1;3} = 5$, $w_{1;4} = 2$, dan untuk $w_{i;j}$ yang lainnya pada A_1 adalah 0. Kemudian pembobotan dilakukan hingga FLRG A_8. Hasil pembobotan metode *Sturges* disajikan sebagai berikut:

Tabel 12. Matriks Pembobotan (*Sturges*)

W									Jumlah
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	
A_1	1	4	5	2	0	0	0	0	12
A_2	3	10	11	1	1	0	0	0	26
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A_7	0	0	1	0	0	0	0	0	1
A_8	1	0	0	0	1	0	0	0	2

Membuat Matriks Pembobotan Terstandarisasi

Berdasarkan matriks pembobotan pada Tabel 12 maka akan dibuat matriks pembobotan terstandarisasi. Pada hasil nilai pembobotan untuk A_1 yaitu $w_{1;1} = 1$, $w_{1;2} = 4$, $w_{1;3} = 5$, $w_{1;4} = 2$, dan untuk w_{ij} yang lainnya pada A_1 adalah 0 dengan jumlah banyaknya pembobotan A_1 adalah 12. Sehingga diperoleh nilai pembobotan terstandarisasi untuk A_1 yaitu $w^*_{1;1} = 0{,}0833$, $w^*_{1;2} = 0{,}3333$, $w^*_{1;3} = 0{,}4167$, dan $w^*_{1;3} = 0{,}1667$. Kemudian pembobotan dilakukan hingga A_8. Hasil pembobotan terstandarisasi dengan metode *Sturges* disajikan sebagai berikut:

Tabel 13. Matriks Pembobotan Terstandarisasi (*Sturges*)

W^*								
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8
A_1	0,0833	0,3333	0,4167	0,1667	0	0	0	0
A_2	0,1154	0,3846	0,4231	0,0385	0,0385	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A_7	0	0	1	0	0	0	0	0
A_8	0,5	0	0	0	0,5	0	0	0

Menentukan defuzzifikasi nilai peramalan

Defuzzifikasi merupakan tahapan mengubah variabel linguistik menjadi variabel numerik (*crips*). Pada A_1 diperoleh matriks pembobotan terstandarisasi yaitu $w_{1;1}^* = 0{,}0833$, $w_{1;2}^* = 0{,}3333$, $w_{1;3}^* = 0{,}4167$, $w_{1;4}^* = 0{,}1667$ dengan nilai tengah masing-masing interval yaitu $m_1 = 14{,}6875$, $m_2 = 24{,}0625$, $m_3 = 33{,}4375$, dan $m_4 = 42{,}8125$. Sehingga perhitungan defuzzifikasi untuk A_1 sebagai berikut:

$F_{A_1} = w_{1;1}^*(m_1) + w_{1;2}^*(m_2) + w_{1;3}^*(m_3) + w_{1;4}^*(m_4)$

$F_{A_1} = 0{,}0833(14{,}6875) + 0{,}3333(24{,}0625) + 0{,}4167(33{,}4375) + 0{,}1667(42{,}8125)$

$F_{A_1} = 30{,}3125 \approx 30$

Kemudian perhitungan defuzzifikasi dilakukan hingga A_8. Adapun hasil peramalan berdasarkan defuzzifikasi dengan metode *Sturges* disajikan sebagai berikut:

Tabel 14. Hasil Peramalan (*Sturges*)

No.	Tanggal	Jumlah Kasus ISPA	Hasil Peramalan (F_{A_i})
1	01-09-2023	41	-
2	02-09-2023	33	34
⋮	⋮	⋮	⋮
126	29-01-2024	41	35
127	30-01-2024	20	34

Perhitungan Ukuran Akurasi Nilai Peramalan

Setelah dilakukan analisis pada data jumlah kasus ISPA menggunakan interval *Average-based* dan *Sturges* pada *Fuzzy Time Series* Cheng maka akan dilakukan pengujian tingkat akurasi peramalan menggunakan MAPE yang disajikan sebagai berikut:

Tabel 15. Hasil Perhitungan MAPE

Metode	*Average-based*	*Sturges*
MAPE	23,79%	25,03%

Berdasarkan Tabel 15 bahwa nilai MAPE terkecil diperoleh ketika menggunakan metode penentuan interval *Average-based* dengan nilai MAPE sebesar 23,79% yang artinya hasil peramalan memiliki ketepatan sebesar 76,21% dengan kategori peramalan cukup baik. Sehingga diperoleh model terbaik untuk melakukan peramalan adaptif pada jumlah kasus ISPA yaitu menggunakan metode penentuan interval *Average-based*.

Peramalan Adaptif

Periode yang akan diramalkan yaitu periode ke-128 (31 Januari 2024). Diketahui bahwa pada periode ke-127 (30 Januari 2024) memiliki jumlah kasus ISPA sebanyak $X_{127} = 20$ dengan FLR $A_7 \rightarrow A_2$ maka diperoleh pembobotan terstandarisasi yaitu $w_{7;2}^* = 0{,}1429$ dan nilai defuzzifikasi yang diperoleh adalah $F_{A_7} = 33$. Perhitungan peramalan adaptif sebagai berikut:

$$\text{Peramalan Adaptif}(t = 128) = X_{127} + w_{7;2}^*\left(F_{A_7} - X_{127}\right) = 21{,}8577 \approx 22$$

Berdasarkan hasil peramalan adaptif untuk 31 Januari 2024 yaitu 22 kasus dengan data aktual sebanyak 25 kasus maka diperoleh nilai MAPE sebesar 12% yang artinya hasil peramalan adaptif memiliki ketepatan sebesar 88% dengan kategori peramalan baik.

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Peramalan jumlah kasus ISPA di Puskesmas Margahayu Raya dengan metode penentuan interval *Average-based* maupun *Sturges* pada *Fuzzy Time Series* Cheng tidak mampu mengatasi data yang memiliki kenaikan ataupun penurunan yang tinggi, sehingga kedua metode penentuan interval pada *Fuzzy Time Series* Cheng ini hanya mampu meramalkan data yang berada disekitar rata-rata.

2. Tingkat akurasi peramalan jumlah kasus ISPA di Puskesmas Margahayu Raya dengan metode penentuan interval *Average-based* menghasilkan nilai MAPE sebesar 23,79%. Sedangkan dengan metode penentuan interval *Sturges* menghasilkan nilai MAPE sebesar 25,03%. Sehingga berdasarkan perbandingan tersebut, metode penentuan interval *Average-based* pada *Fuzzy Time Series* Cheng lebih baik daripada metode penentuan interval *Sturges* dalam peramalan jumlah kasus ISPA pada periode selanjutnya.
3. Berdasarkan model terbaik dengan menggunakan metode penentuan interval *Average-based* menghasilkan peramalan adaptif untuk 31 Januari 2024 yaitu 22 kasus dengan data aktual sebanyak 25 kasus maka diperoleh nilai MAPE sebesar 12% yang artinya hasil peramalan adaptif memiliki ketepatan sebesar 88% dengan kategori peramalan baik.

Acknowledge
Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua yang senantiasa selalu mendoakan dan Ibu Teti Sofia Yanti, Dra. M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah memberi masukan dan arahan yang sangat berarti, serta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberi semangat dan membantu penulis.

Daftar Pustaka

[1] Arnita, N. Afnisah, and Marpaung, F. (2020). A Comparison of The Fuzzy Time Series Methods of Chen, Cheng and Markov Chain in Predicting Rainfall in Medan. *Journal of Physics: Conf. Series*, 1462.

[2] Hasbiollah, M. (2015). *Peramalan Konsumsi Gas Indonesia Menggunakan Algoritma Fuzzy Time Series Stevenson Porter*. Seminar Nasional. Surakarta: Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

[3] Purnama, S. G. (2016). *Buku Ajar Penyakit Berbasis Lingkungan*. Universitas Udayana.

[4] Lewis, C. D. (1982). *International and Business Forecasting Methods*. London: Butterworths

[5] K. Huarng. (2001). Effective lengths of intervals to improve forecasting in fuzzy time series. *Fuzzy Sets and Systems*, 123, 387–394.

[6] Adeline Vinda Septiani, Hasibuan, R. A., Anwar Fitrianto, Erfiani, & Alfa Nugraha Pradana. (2023). Penerapan Metode K-Medoids dalam Pengklasteran Kab/Kota di Provinsi Jawa Barat Berdasarkan Intensitas Bencana Alam di Jawa Barat pada Tahun 2020-2021. Statistika, 23(2), 147–155. https://doi.org/10.29313/statistika.v23i2.3057

[7] Luqyana Zakiya Almas, Yuliana Susanti, & Sri Sulistijowati Handajani. (2024). Penerapan Algoritma K-Nearest Neighbors dalam Sistem Rekomendasi Makanan Berdasarkan Kebutuhan Nutrisi dengan Content-Based Filtering. Statistika, 24(1), 115–122. https://doi.org/10.29313/statistika.v24i1.3558

[8] Primanda, E., & Oktora, S. I. (2024). Analisis Ketertinggalan Desa di Provinsi Papua dan Papua Barat Menggunakan Association Rule Mining. Statistika, 24(1), 102–114. https://doi.org/10.29313/statistika.v24i1.2302