

PERAMALAN JUMLAH KASUS DEMAM TIFOID DI PROVINSI BENGKULU MENGGUNAKAN *FUZZY TIME SERIES* CHENG

SEPTRI DAMAYANTI^{1*}, SISKI YOSMAR¹, NUR AFANDI¹, RATNA WIDAYATI¹, DAN JOSE RIZAL²

¹Program Studi S1 Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

²Program Studi S2 Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

*Penulis Korespondensi: septridamayanti@unib.ac.id

ABSTRAK

Penyakit yang umumnya terjadi di daerah tropis adalah penyakit demam akut yang disebabkan oleh infeksi *Salmonella typhi*. Salah satu penyakit tropis yang sering dialami oleh masyarakat yaitu Demam Tifoid. Demam Tifoid adalah suatu penyakit sistemik akut yang disebabkan oleh infeksi kuman *Salmonella typhi*. Data jumlah kasus Demam Tifoid ini relatif tinggi untuk daerah Provinsi Bengkulu sehingga Demam Tifoid ini dianggap penting untuk segera ditindaklanjuti oleh Dinas yang terkait. Untuk mendukung pengambilan keputusan dalam menentukan target dan kebijakan selanjutnya, diperlukan metode peramalan yang tepat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil peramalan jumlah kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Cheng serta mengetahui tingkat keakuratan peramalan yang dihasilkan dengan menerapkan metode tersebut. Metode *Fuzzy Time Series* Cheng merupakan metode yang menggabungkan logika *fuzzy* dengan analisis *time series*. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah pada minggu pertama bulan Juli 2024 dihasilkan peramalan jumlah kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Cheng sebanyak 54 kasus dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang dihasilkan menggunakan metode *Fuzzy Time Series* Cheng sebesar 23,284%, ini berarti bahwa peramalan jumlah kasus Demam Tifoid menggunakan metode ini sudah cukup baik karena nilai kesalahan peramalan masih berada pada tingkat yang dapat diterima dan hasil peramalan mampu mengikuti pola tren data aktual jumlah kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu.

Kata Kunci: Demam Tifoid, *Fuzzy Time Series* Cheng, MAPE, Penyakit, Peramalan.

ABSTRACT

A common disease in tropical areas is acute fever caused by *Salmonella typhi* infection. One of the tropical diseases frequently experienced by the community is Typhoid Fever. Typhoid Fever is an acute systemic disease caused by *Salmonella typhi* infection. Data on the number of Typhoid Fever cases is relatively high in Bengkulu Province, so this Typhoid Fever is considered important to be followed up immediately by the relevant Department. To support decision-making in determining targets and subsequent policies, an appropriate forecasting method is needed. Therefore, this study aims to determine the results of forecasting the number of Typhoid Fever cases in Bengkulu Province using the *Fuzzy Time Series* Cheng method and to determine the level of accuracy of the forecast produced by applying this method. The *Fuzzy Time Series* method, developed by Cheng, combines fuzzy logic with time series analysis. The results obtained from this study are that in the first week of July 2024, the forecasted number of Typhoid Fever cases in Bengkulu Province using the *Fuzzy Time Series* Cheng

2020 Mathematics Subject Classification: 62M10, 62M20, 62P10

Diterima: 14-06-2026, direvisi: 23-05-2026, dimuat: 26-06-2026

method was 54 cases. And the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) generated using the Fuzzy Time Series Cheng method is 23,284%, this means that the forecasting of the number of Typhoid Fever cases using this method is quite good because the forecasting error value is still at an acceptable level and the forecasting results are able to follow the trend pattern of the actual data on the number of Typhoid Fever cases in Bengkulu Province.

Keywords: Disease, Forecasting, Fuzzy Time Series Cheng, MAPE Typhoid Fever.

1. Pendahuluan

Penyakit yang umumnya terjadi di daerah tropis adalah penyakit demam akut yang disebabkan oleh infeksi *Salmonella typhi*. Salah satu penyakit tropis yang sering dialami oleh masyarakat yaitu Demam Tifoid. Demam Tifoid adalah suatu penyakit sistemik akut yang disebabkan oleh infeksi kuman *Salmonella typhi* dengan kriteria diagnosis demam naik secara bertangga lalu menetap selama beberapa hari, demam terutama pada sore/malam hari, sulit buang air besar atau diare, sakit kepala, kesadaran berkabut, bradikardi relatif, lidah kotor, nyeri abdomen, *hepatomegaly* atau *splenomegaly*. Demam Tifoid banyak terjadi pada daerah yang sosial ekonominya rendah dan penyakit ini berkaitan erat dengan kepadatan penduduk, urbanisasi, sanitasi lingkungan dan sumber air bersih serta standar kehidupan dan kebersihan yang rendah. Biasanya angka kejadian Demam Tifoid tinggi pada daerah tropis dibandingkan dengan daerah yang berhawa dingin [1].

Berdasarkan data *World Health Organization* tahun 2018, mengatakan bahwa penyakit Demam Tifoid di dunia mencapai angka 11.000.000 sampai dengan 20.000.000 kasus pertahunnya yang mengakibatkan sekitar 128.000 sampai dengan 161.000 kematian setiap tahunnya. Menurut Widodo (2006), Demam Tifoid merupakan masalah kesehatan di negara yang sedang berkembang termasuk Indonesia dan ditemukan hampir sepanjang tahun, terutama pada musim panas. Demam Tifoid masih tergolong penyakit endemik di Indonesia yang tidak mengenal batas usia dan jenis kelamin, serta dapat menimbulkan berbagai komplikasi berupa pendarahan dan perforasi usus yang tidak jarang dapat mengakibatkan kematian pada penderitanya [2]. Hal ini diperkuat oleh penelitian Suraya (2019), dalam penelitiannya mengatakan bahwa di Indonesia angka kejadian kasus Demam Tifoid diperkirakan rata-rata 900.000 kasus setiap tahun dengan lebih dari 200.000 kematian [3].

Ditambahkan lagi, menurut rekapan data Dinas Kesehatan Provinsi Bengkulu pada tahun 2023, jumlah kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu berjumlah 2.009 kasus. Jumlah data ini relatif tinggi untuk suatu daerah Provinsi sehingga Demam Tifoid ini dianggap penting untuk segera ditindak lanjuti oleh dinas yang terkait. Untuk menjaga hal tersebut, perlu digunakan metode peramalan yang tepat agar dapat mendukung keputusan pembuat kebijakan guna menentukan target dan kebijakan selanjutnya. Peramalan diperlukan karena jumlah kasus penyakit dapat berubah dari waktu ke waktu sehingga diperlukan estimasi jumlah kasus pada periode mendatang sebagai bentuk antisipasi dini terhadap kemungkinan peningkatan kasus. Menurut Makridakis, Wheelwright, dan Hyndman (1998), peramalan berperan penting dalam proses pengambilan keputusan karena dapat memberikan gambaran kondisi masa depan berdasarkan pola data historis. Dalam bidang kesehatan, hasil peramalan dapat digunakan untuk membantu pemerintah dan instansi kesehatan dalam merencanakan kebutuhan tenaga medis, obat-obatan, fasilitas pelayanan kesehatan, serta menyusun strategi pencegahan dan pengendalian penyakit secara lebih efektif dan efisien [4].

Data jumlah kasus Demam Tifoid ini merupakan salah satu contoh data *time series*. Adapun metode yang terbaru dalam peramalan data *time series* yaitu *fuzzy time series* yang menggabungkan logika *fuzzy* dengan analisis *time series* untuk menghasilkan model peramalan yang mampu menangani ketidakpastian data dan pola data yang fluktuatif [5]. Logika *fuzzy* adalah sebuah metodologi berhitung dengan variabel kata-kata (*linguistic variable*) sebagai pengganti berhitung dengan bilangan. Sedangkan untuk *fuzzy time series* ini ditemukan oleh

Song dan Chissom, dengan menggunakan prinsip logika *fuzzy* sebagai dasarnya [6]. Salah satu metode terbaik yang ada di *fuzzy time series* adalah metode *fuzzy time series* Cheng dalam artikel [7]. Metode Cheng mempunyai cara yang sedikit berbeda dalam penentuan interval, menggunakan *Fuzzy Logic Relation* (FLR) dengan memasukkan semua hubungan (*all relationship*) dan memberikan bobot berdasarkan pada urutan dan perulangan FLR yang sama. Cheng dkk (2008) juga menambahkan bahwa pemberian bobot pada hubungan *fuzzy* mampu meningkatkan kemampuan model dalam menangkap pola historis data sehingga hasil peramalan menjadi lebih akurat dibandingkan metode *fuzzy time series* konvensional [8]. Metode ini juga menerapkan peramalan adaptif dalam memodifikasi peramalan. Hal ini berarti bahwa metode *fuzzy time series* Cheng tidak hanya menggunakan hasil hubungan *fuzzy* sebelumnya secara langsung, tetapi juga melakukan penyesuaian (*adjustment*) terhadap nilai hasil peramalan berdasarkan pola perubahan data historis. Dengan kata lain, metode ini bersifat adaptif karena hasil ramalan dapat diperbaiki agar lebih sesuai dengan kondisi data aktual sehingga tingkat kesalahan peramalan menjadi lebih kecil. Konsep adaptif tersebut dilakukan melalui pemberian bobot pada FLR dan penyesuaian nilai ramalan berdasarkan kecenderungan data sebelumnya [9]. Cheng dkk juga menjelaskan bahwa penggunaan *adaptive expectation* pada *fuzzy time series* dapat meningkatkan akurasi hasil peramalan dibandingkan metode *fuzzy time series* konvensional [7].

Berdasarkan penelitian sebelumnya, Tauryawati dan Irawan melakukan penelitian perbandingan metode *fuzzy time series* Cheng dan metode Box-Jenkins untuk memprediksi IHSG [10]. Dan Febriyanti (2010) melakukan penelitian mengenai penerapan metode *fuzzy time series* Chen dan Cheng dalam peramalan rata-rata harga beras ditingkat perdagangan besar (grosir) di Indonesia [11]. Di bidang kesehatan, Patria (2021) telah meramalkan jumlah kasus terkonfirmasi Covid-19 di Indonesia menggunakan metode *fuzzy time series* Chen dan *fuzzy time series* Cheng [12].

Beberapa penelitian telah menerapkan metode *fuzzy time series* Cheng dalam berbagai bidang peramalan. Namun, penelitian yang menggunakan metode *fuzzy time series* Cheng untuk meramalkan jumlah kasus penyakit masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk menerapkan metode tersebut dalam peramalan jumlah kasus Demam Tifoid. Berdasarkan hal tersebut, penulis melakukan penelitian dengan judul “Peramalan Jumlah Kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* Cheng”.

2. Tinjauan Pustaka

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari rekapitulasi data di Dinas Kesehatan Provinsi Bengkulu. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh data jumlah kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu. Sedangkan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah data mingguan jumlah kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu pada Januari 2022 sampai Juni 2024.

2.1. *Fuzzy Time Series (FTS) Cheng*

Metode *Cheng* mempunyai cara yang sedikit berbeda dalam penentuan interval, menggunakan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dengan memasukkan semua hubungan (*all relationships*) dan memberikan bobot berdasarkan pada urutan dan frekuensi kemunculan hubungan yang sama. Setiap relasi terbentuk diberikan bobot sebagai dasar dalam proses peramalan. Berikut adalah tahapan-tahapan peramalan pada data *time series* dengan menggunakan *FTS Cheng*:

1. Menentukan himpunan semesta (U) data aktual, yaitu:

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

Keterangan:

U :himpunan semesta

X_{min} : data terkecil dari data aktual

X_{max} : data terbesar dari data actual

D_1 dan D_2 : nilai konstanta yang ditentukan oleh peneliti. Nilai konstanta D_1 dan D_2 ditambahkan agar himpunan semesta mencakup seluruh data aktual serta memberikan ruang pada interval *fuzzy* yang akan dibentuk. Nilai konstanta tersebut biasanya ditentukan berdasarkan kebutuhan penelitian atau disesuaikan dengan karakteristik data yang digunakan.

2. Penentuan lebar interval menggunakan distribusi frekuensi, dengan langkah langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan rentang (R) dengan rumus sebagai berikut:

$$R = X_{max} - X_{min} \quad (2)$$

- b. Menentukan banyaknya interval kelas (K) dengan menggunakan persamaan *sturges*. Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$K = 1 + 3,322 \log N \quad (3)$$

- c. Menentukan lebar interval (l). Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$l = \frac{R}{K} \quad (4)$$

- d. Mencari nilai tengah (m_i). Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$m_i = \frac{(bb_i + ba_i)}{2} \quad (5)$$

dengan

N : Banyak Data

bb_i : Batas bawah dari interval ke- i .

ba_i : Batas atas dari interval ke- i .

i : indeks himpunan *fuzzy*.

3. Himpunan *fuzzy* dibentuk dengan melihat jumlah frekuensi yang berbeda, maka pada frekuensi terbanyak pertama dibagi menjadi h interval yang sama. Berikutnya, frekuensi terbanyak dibagi atas $h - 1$ interval yang sama, interval pada frekuensi terbanyak ketiga dibagi menjadi $h - 2$ interval yang sama. Hal ini dilakukan sampai pada interval dengan frekuensi yang tidak dapat dibagi lagi.

4. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* A_i dan melakukan fuzzifikasi pada data aktual yang diamati. Misal $A_1, A_2, \dots, A_n$ himpunan *fuzzy* yang mempunyai nilai linguistik dari suatu variabel linguistik, pendefinisian himpunan *fuzzy* $A_1, A_2, \dots, A_n$ pada U adalah sebagai berikut:

$$A_1 = 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0/u_n$$

$$A_2 = 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + \dots + 0/u_n$$

$$A_3 = 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + \dots + 0/u_n$$

⋮

$$A_n = 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0,5/u_{n-1} + 1/u_n$$

Dimana u_i ($i = 1, 2, \dots, n$) adalah elemen dari himpunan semesta (U) dan bilangan yang diberi simbol "/" menyatakan derajat keanggotaan $\mu_{A_i}(u_i)$ terhadap A_i ($i = 1, 2, \dots, n$) dimana nilainya adalah 0, 0,5 atau 1. Setelah himpunan *fuzzy* A_i terbentuk, langkah selanjutnya adalah melakukan proses fuzzifikasi dengan menghitung derajat keanggotaan untuk data *time series* x_i . Data kemudian dipetakan ke himpunan *fuzzy* A_i yang memiliki nilai derajat keanggotaan tertinggi, sehingga data tersebut dapat direpresentasikan dalam bentuk nilai linguistik yang sesuai dengan karakteristik himpunan *fuzzy* tersebut.

5. Membuat Tabel FLR berdasarkan data aktual. FLR dapat dilambangkan oleh $A_i \rightarrow A_j$, dimana A_i disebut *current state* dan A_j disebut *next state*.

6. Menentukan bobot relasi FLR menjadi *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) dengan memasukkan semua hubungan (*all relationship*) dan memberikan bobot berdasarkan pada urutan dan pengulangan yang sama. FLR yang memiliki *current state* (A_i) yang sama digabungkan menjadi satu grup ke dalam bentuk matriks pembobotan. Misal terdapat suatu urutan FLR yang sama.

Kemudian bobot yang didapat pada relasi FLR dimasukkan ke dalam bentuk matriks pembobot yang dinotasikan $\mathbf{W}$ yang ditulis sebagai berikut:

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2n} \\ \vdots & \vdots & w_{ij} & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & \dots & w_{nn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Matriks pembobot $\mathbf{W}$ yang entri-entri w_{ij} adalah bobot matriks pada baris ke- i dan kolom ke- $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n$.

7. Kemudian mentransfer bobot FLRG tersebut ke dalam bentuk matriks pembobot terstandarisasi ($\mathbf{W}^*$) yang persamaannya ditulis sebagai berikut:

$$\mathbf{W}^* = \begin{bmatrix} w_{11}^* & w_{12}^* & \dots & w_{1n}^* \\ w_{21}^* & w_{22}^* & \dots & w_{2n}^* \\ \vdots & \vdots & w_{ij}^* & \vdots \\ w_{n1}^* & w_{n2}^* & \dots & w_{nn}^* \end{bmatrix} \quad (7)$$

dimana $\mathbf{W}^*$ adalah matriks pembobot terstandarisasi dengan $w_{ij}^* = \frac{w_{ij}}{\sum_{j=1}^n w_{ij}}$.

8. Menentukan defuzzifikasi nilai peramalan. Untuk menghasilkan nilai peramalan, matriks pembobot terstandarisasi ($\mathbf{W}^*$) dikalikan dengan m_i . Mencari nilai tengah (m_i) pada interval himpunan *fuzzy* dapat menggunakan interval himpunan *fuzzy*. Sehingga perhitungan peramalannya menjadi:

$$F_t = w_{i1}^*(m_1) + w_{i2}^*(m_2) + \dots + w_{in}^*(m_n) \quad (8)$$

dimana F_t adalah hasil peramalan; dengan

$$w_{ij}^* = \frac{w_{ij}}{\sum_{j=1}^n w_{ij}}$$

Apabila hasil fuzzifikasi periode ke- i adalah A_i , dan A_i tidak memiliki FLR pada FLRG dengan kondisi $A_i \rightarrow \emptyset$, dimana nilai maksimum derajat keanggotaannya berada pada u_i , maka nilai peramalan (F_t) adalah nilai tengah dari u_i , atau didefinisikan dengan m_i [13].

2.2. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan pengukuran kesalahan yang menghitung ukuran persentase penyimpangan antar data aktual dengan data peramalan. Nilai MAPE dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| \quad (9)$$

Dimana:

X_t : Data historis.

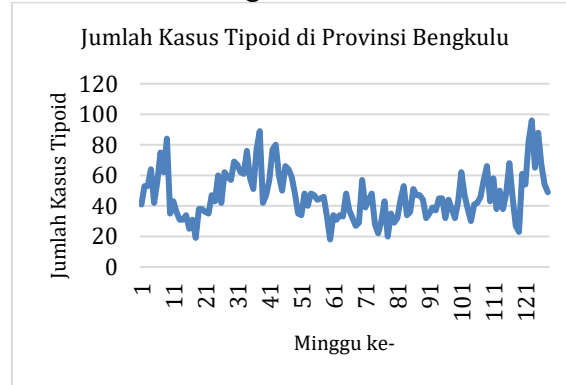
F_t : Nilai peramalan pada periode t .

n : Jumlah data.

Kategori akurasi pada nilai MAPE memiliki rentang nilai yang ditentukan. Menurut Herawati, Prastiti, dan Immah (2024), nilai-nilai range MAPE yaitu $< 10\%$ dalam kategori sangat baik, $10\% - 20\%$ dalam kategori baik, $20\% - 50\%$ dalam kategori cukup baik, $> 50\%$ dalam kategori tidak akurat [14].

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data mingguan jumlah kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu yang terhitung dari bulan Januari 2022 sampai bulan Juni 2024 dengan jumlah data sebanyak 128 data. Berikut ini adalah gambaran hasil data mingguan jumlah kasus Demam Tifoid dalam bentuk grafik.



Gambar 1. Grafik Data Mingguan Jumlah Kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu

Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa data mingguan jumlah kasus Demam Tifoid terendah adalah 18 kasus dan data tertinggi adalah 96 kasus dengan nilai rata-rata atau *mean* sebesar 47 kasus. Nilai tersebut menunjukkan bahwa selama periode pengamatan, jumlah kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu cenderung berada pada kisaran 47 kasus setiap minggunya. Data yang berfluktuasi dari minggu ke minggu menunjukkan adanya perubahan jumlah kasus yang tidak tetap sehingga diperlukan metode peramalan yang mampu menangkap pola perubahan data tersebut dengan baik.

3.1. Pembentukan Himpunan Semesta

Langkah awal pada metode *Fuzzy Time Series Cheng* adalah membentuk himpunan semesta (*universe of discourse*). Himpunan semesta dibentuk dari data aktual yang ada yaitu data jumlah kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu dari minggu pertama Januari 2022 sampai dengan minggu keempat bulan Juni 2024. Berdasarkan data jumlah kasus Demam Tifoid diketahui data minimum 18 kasus dan data maksimum 96 kasus Sehingga himpunan semesta yang dihasilkan yaitu:

$$U = [X_{min} - D_1; X_{max} + D_2] = [18; 96]$$

3.2. Pembentukan Interval

Pembentukan interval yaitu dengan mencari banyak kelas, rentang kelas dan panjang interval dari data jumlah kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu menggunakan rumus *sturges*, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Banyak Kelas } (n) &= 1 + 3,322 \text{ Log } (N) \\ n &= 1 + 3,322 \text{ Log } (80) \\ &= 8,00015152 \quad (\text{dibulatkan menjadi } 8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rentang Kelas} &= [(X_{max} + D_2) - (X_{min} - D_1)] \\ &= 78 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang Interval } (l) &= \frac{[(X_{max} + D_2) - (X_{min} - D_1)]}{n} \\ &= 10 \end{aligned}$$

3.3. Penentuan Batas Bawah dan Batas Atas

Penentuan batas bawah dan batas atas interval dari data jumlah kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu yaitu

Tabel 1. Interval yang Terbentuk oleh *Fuzzy Time Series Cheng*

No.	Interval	Nilai Tengah (m_i)
1	$U_1 = [18; 27]$	22,5
2	$U_2 = [28; 37]$	32,5
3	$U_3 = [38; 47]$	42,5
4	$U_4 = [48; 57]$	52,5
5	$U_5 = [58; 67]$	62,5
6	$U_6 = [68; 77]$	72,5
7	$U_7 = [78; 87]$	82,5
8	$U_8 = [88; 97]$	92,5

3.4. Proses Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi adalah proses mengubah data numerik menjadi data linguistik. Proses dengan mengasumsikan $A_1, A_2, \dots, A_i$ atau kumpulan *fuzzy* nilai-nilai linguistik dari variabel linguistik. Jumlah A_n sebanyak jumlah interval yang telah didapatkan yaitu sebanyak 8 interval kelas terbentuk. Dari masing-masing kelas interval tersebut akan didefinisikan *fuzzy set* A_i , dengan $1 \leq i \leq 8$. Maka akan terbentuk variabel linguistik sebagai berikut ini :

$$\begin{aligned}
 A_1 &= 1/u_1 + 0,5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 \\
 A_2 &= 0,5/u_1 + 1/u_2 + 0,5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 \\
 A_3 &= 0/u_1 + 0,5/u_2 + 1/u_3 + 0,5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 \\
 A_4 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0,5/u_3 + 1/u_4 + 0,5/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 \\
 A_5 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0,5/u_4 + 1/u_5 + 0,5/u_6 + 0/u_7 + 0/u_8 \\
 A_6 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0,5/u_5 + 1/u_6 + 0,5/u_7 + 0/u_8 \\
 A_7 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0,5/u_6 + 1/u_7 + 0,5/u_8 \\
 A_8 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0,5/u_7 + 1/u_8
 \end{aligned}$$

Pembentukan fuzzifikasi berdasarkan interval kemudian didapatkan nilai linguistik sesuai dengan interval yang dibentuk. Penentuan nilai fuzzifikasi dilakukan dengan mendefinisikan data ke dalam interval yang sesuai. Berikut ini merupakan proses fuzzifikasi :

Tabel 2. Fuzzifikasi *Fuzzy Time Series Cheng*

No.	Tahun	Minggu ke-	Jumlah Kasus Tipoid (org)	Fuzzifikasi
1	2022	1	41	A_3
2		2	53	A_4
3		3	53	A_4
4		4	64	A_5
5		5	42	A_3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
124	2024	20	65	A_5
125		21	88	A_8
126		22	67	A_5
127		23	54	A_4
128		24	49	A_4

3.5. Pembentukan *Fuzzy Logic Relationship* (FLR)

Untuk membentuk *Fuzzy Logic Relationship* (FLR) dan *FLR Group* diidentifikasi berdasarkan data aktual yang telah difuzzifikasi sebelumnya. Jika suatu variabel *time series* $F_{(t-1)}$ atau *current state* mempunyai bentuk fuzzifikasi sebagai A_j dan variabel *time series* F_t atau *next state* sebagai A_k , maka A_j mempunyai hubungan dengan A_k atau dapat dikatakan A_j dapat meramalkan data pada A_k . Hubungan yang seperti ini dapat dituliskan dengan notasi $A_j \rightarrow A_k$ dimana A_j merupakan data jumlah kasus Demam Tifoid pada waktu sekarang (*current state*) dan A_k merupakan data jumlah kasus Demam Tifoid pada waktu selanjutnya dari sekarang (*next state*). Berikut hasil lengkap dari proses pembentukan *Fuzzy Logic Relationship*.

Tabel 3. *Fuzzy Logic Relationship Fuzzy Time Series Cheng*

No.	Tahun	Minggu ke-	Jumlah Kasus Tifoid (org)	Fuzzifikasi	FLR
1	2022	1	41	A_3	*
2		2	53	A_4	$A_3 \rightarrow A_4$
3		3	53	A_4	$A_4 \rightarrow A_4$
4		4	64	A_5	$A_4 \rightarrow A_5$
5		5	42	A_3	$A_5 \rightarrow A_3$
⋮		⋮	⋮	⋮	⋮
124		20	65	A_5	$A_8 \rightarrow A_5$
125		21	88	A_8	$A_5 \rightarrow A_8$
126		22	67	A_5	$A_8 \rightarrow A_5$
127		23	54	A_4	$A_5 \rightarrow A_4$
128		24	49	A_4	$A_4 \rightarrow A_4$

3.6. Pembentukan FLRG dan pembobotan

Berikut adalah grup FLRG yang terbentuk pada metode *Fuzzy Time Series Cheng* :

Tabel 4. Grup FLRG *Fuzzy Time Series Cheng*

Grup	FLRG	F_t
1	$A_1 \rightarrow A_1, 5A_2, A_3, A_5$	36,250
2	$A_2 \rightarrow 5A_1, 13A_2, 9A_3, 4A_4$	36,371
3	$A_3 \rightarrow 2A_1, 8A_2, 14A_3, 9A_4, 4A_5$	43,851
4	$A_4 \rightarrow 4A_2, 5A_3, 2A_4, 3A_5, 5A_6, A_7$	54,000
5	$A_5 \rightarrow 5A_3, 6A_4, 5A_5, A_6, A_7, A_8$	57,237
6	$A_6 \rightarrow A_3, 3A_5, A_7, A_8$	67,500
7	$A_7 \rightarrow A_2, A_5, A_8$	62,500
8	$A_8 \rightarrow A_3, 2A_5$	55,833

3.7. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi berfungsi untuk mengubah *fuzzy output* menjadi nilai tegas berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan secara representatif. Hasil defuzzifikasi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Defuzzifikasi Data Jumlah Kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu

Thn	Minggu ke-	Jumlah Kasus Tipoid (org)	FLR	Peramalan Jumlah Kasus Tipoid	Absolute Percentage Error
2022	1	41	*	*	
	2	53	$A_3 \rightarrow A_4$	44	17,262
	3	53	$A_4 \rightarrow A_4$	54	1,887
	4	64	$A_4 \rightarrow A_5$	54	15,625
	5	42	$A_5 \rightarrow A_3$	57	36,278
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2024	20	65	$A_8 \rightarrow A_5$	56	14,103
	21	88	$A_5 \rightarrow A_8$	57	34,958
	22	67	$A_8 \rightarrow A_5$	56	16,667
	23	54	$A_5 \rightarrow A_4$	57	5,994
	24	49	$A_4 \rightarrow A_4$	54	10,204
MAPE					23,284

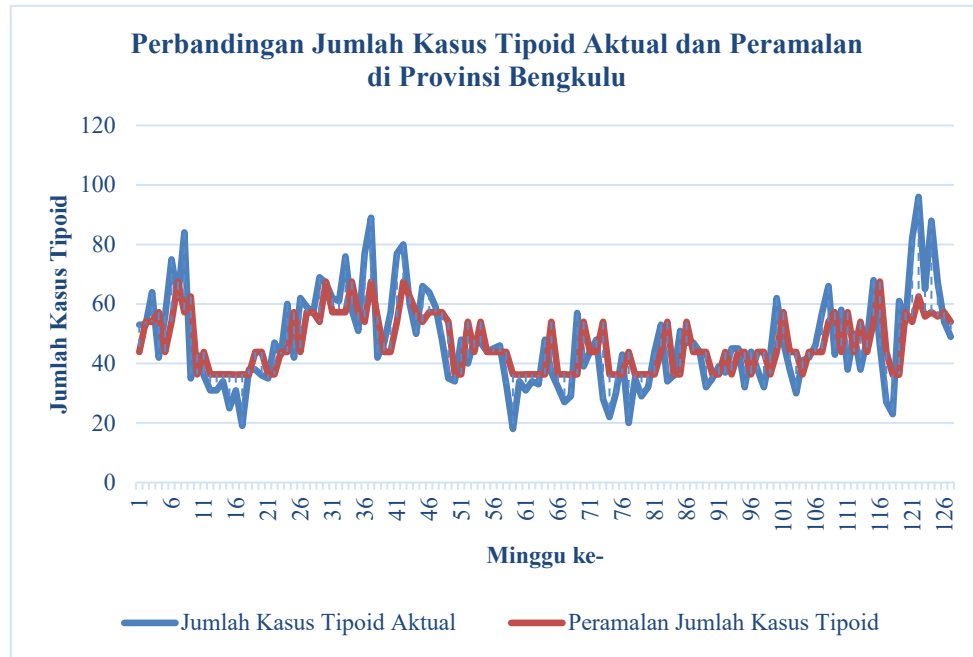
Tabel 6. Peramalan *Fuzzy Time Series Cheng* Periode Selanjutnya

Thn	Minggu ke-	Jumlah Kasus Tipoid (org)	FLR	Peramalan Jumlah Kasus Tipoid	Absolute Percentage Error
2024	24	49	$A_4 \rightarrow A_4$	54	10,20408
2024	25	60	$A_4 \rightarrow A_4$	54	10

Berdasarkan Tabel 6, diketahui bahwa pada minggu pertama bulan Juli 2024, FLR yang terbentuk adalah $A_4 \rightarrow A_4$. Oleh karena itu, diperoleh peramalan untuk nilai jumlah kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu pada periode minggu pertama bulan Juli 2024 adalah sebesar 54 kasus.

Selanjutnya pada Gambar 2 diperoleh grafik perbandingan antara data aktual dengan *Fuzzy Time Series Cheng*. Ditunjukkan bahwa grafik jumlah kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu data aktual memiliki data terendah sebesar 18 kasus dan data tertinggi sebesar 96 kasus sedangkan jumlah kasus Demam Tifoid dengan *Fuzzy Time Series Cheng* memiliki data terendah sebesar 36 kasus dan data tertinggi sebesar 68 kasus. Secara umum, grafik hasil peramalan mampu mengikuti pola pergerakan data aktual, baik ketika terjadi kenaikan maupun penurunan jumlah kasus dari minggu ke minggu. Hal ini menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Time Series Cheng* cukup baik dalam menggambarkan tren perkembangan kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu.

Selain itu, terlihat bahwa data aktual mengalami fluktuasi yang cukup tinggi pada beberapa periode, terutama pada awal dan akhir pengamatan, sedangkan hasil peramalan cenderung lebih stabil dan halus (*smooth*). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Time Series Cheng* mampu mereduksi pengaruh fluktuasi ekstrem sehingga pola data menjadi lebih teratur. Meskipun terdapat beberapa selisih antara data aktual dan hasil peramalan pada titik-titik tertentu, secara keseluruhan pola tren yang dihasilkan sudah mendekati data aktual sehingga metode ini dapat digunakan sebagai salah satu alternatif dalam melakukan peramalan jumlah kasus Demam Tifoid. Grafiknya adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik Jumlah Kasus Demam Tifoid dengan *Fuzzy Time Series Cheng*

4. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Metode *Fuzzy Time Series Cheng* dibangun berdasarkan data mingguan jumlah kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu terhitung dari minggu pertama bulan Januari 2022 sampai minggu keempat bulan Juni 2024. Pada minggu pertama bulan Juli 2024 dihasilkan peramalan jumlah kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu menggunakan metode *Fuzzy Time Series Cheng* sebanyak 54 kasus.
2. MAPE yang dihasilkan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Cheng* sebesar 23,284%, ini berarti bahwa peramalan jumlah kasus Demam Tifoid menggunakan metode ini sudah cukup baik karena tingkat kesalahan peramalan masih berada dalam kategori yang dapat diterima serta mampu mengikuti pola tren data aktual jumlah kasus Demam Tifoid di Provinsi Bengkulu.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih penulis ucapkan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Bengkulu yang telah mendanai penelitian ini melalui dana PNPB dengan nomor kontrak: 27001/UN30.12/HK/2024.

Daftar Pustaka

- [1] Husadah, "Deteksi Dini Penyakit Demam Tifoid," 2005. [Online]. Available: www.kalbe.co.id/cdk.. [Accessed 16 Maret 2023].
- [2] D. Widodo, Demam Tifoid, Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam, Jakarta: Pusat Penerbitan Departemen Ilmu Penyakit Dalam FKUI, 2006.
- [3] C. Suraya, "Hubungan Personal Hygiene dan Sumber Air Bersih dengan Kejadian Demam Tifoid pada Anak," *Jurnal Aisyiyah Medika*, vol. 4, no. 3, 2019.
- [4] S. Makridakis, S. C. Wheelwright and R. J. Hyndman, *Forecasting: Methods and Applications* (3rd ed.), New York: John Wiley & Sons, 1998.

- [5] S. M. Chen, "Forecasting Enrollments Based on Fuzzy Time Series," *Fuzzy Sets and System*, vol. 81, no. 3, pp. 311-319, 1996.
- [6] Q. Song and B. S. Chissom, "Forecasting Enrollment with Fuzzy Time Series- Part 1," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 54, no. 1, pp. 1-9, 1993.
- [7] C. H. Cheng, T. L. Chen, H. J. Teoh and C. H. Chiang, "Fuzzy Time Series Based on Adaptive Expectation Model for TAIEX Forecasting," *Expert Syst. Appl.*, vol. 34, pp. 1126-1132, 2008.
- [8] C. H. Cheng, G. W. Cheng and J. W. Wang , "Multi-Attribute Fuzzy Time Series Method Based on Fuzzy Clustering," *Expert Systems with Applications*, vol. 34, no. 2, pp. 1235-1242, 2008.
- [9] C. H. Aladag, U. Yolcu and E. Egrioglu, "A High Order Fuzzy Time Series Forecasting Model Based on Adaptive Expectation and Artificial Neural Networks," *Mathematics and Computers in Simulation*, vol. 81, no. 4, pp. 875-882, 2010.
- [10] M. Tauryawati and I. Irawan, "Perbandingan Metode Fuzzy Time Series Cheng dan Metode Box-Jenkins untuk Memprediksi IHSG," *Jurnal Sains dan Seni POMITS*, vol. 3, no. 2, pp. A34-A39, 2014.
- [11] A. Febriyanti, Penerapan Metode Fuzzy Time Series Chen dan Cheng dalam Peramalan Rata-Rata Harga Beras Ditingkat Perdagangan Besar (Grosir) di Indonesia, Jakarta: Universitas Islam Indonesia, 2020.
- [12] L. Patria, "Fuzzy Time Series Application in Predicting the Number of Confirmation Cases of Covid-19 Patients in Indonesia," *International Journal of Quantitative Research and Modeling*, vol. 2, no. 4, pp. 198-205, 2021.
- [13] T. Fahmi, Sudarno and Y. Wilandari, "Perbandingan Metode Eksponensial Tunggal dan Fuzzy Time Series untuk Memprediksi Indeks Harga Saham Gabungan," *Jurnal Gaussian*, vol. 2, pp. 137-146, 2013.
- [14] S. Herawati, N. Prastiti and Imamah, *Forecasting Bisnis Teori dan Penerapannya*, Jawa Barat: Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2024.
- [15] S. K. Margi and W. S. Pendawa, "Analisa Penerapan Metode Single Exponential Smoothing untuk Prediksi Penjualan pada Periode Tertentu (Studi Kasus: PT. Media Cenara Kreasi)," *Prosiding SNATIF*, pp. 259-266.