

PENERAPAN MODEL *FUZZY TIME SERIES MARKOV CHAIN* DALAM MERAMALKAN INDEKS HARGA KONSUMEN KABUPATEN BULUKUMBA

Nurul Azizah¹, Dian Firmayasari S², Hukmah³, Suriani M⁴

Jurusan Ilmu Aktuaria, Fakultas Saintek, Universitas Muhammadiyah Bulukumba^{1,2,3,4}

Email: zizah0124@gmail.com¹, dianfirmayasari@umbulukumba.ac.id²,
hukmah@umbulukumba.ac.id³, suriani@umbulukumba.ac.id⁴

Corresponding Author: Dian Firmayasari S, email: dianfirmayasari@umbulukumba.ac.id

Abstrak. Inflasi merujuk pada peningkatan harga secara umum dan berkelanjutan dari barang dan jasa dalam suatu perekonomian yang diukur melalui indeks harga. Peningkatan IHK menyebabkan kenaikan harga yang mempengaruhi tingkat inflasi. Dalam penelitian ini akan diteliti terkait hasil peramalan indeks harga konsumen di Kabupaten Bulukumba dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*. Hasil penelitian menunjukkan Indeks Harga Konsumen (IHK) di Kabupaten Bulukumba mengalami kenaikan secara signifikan mulai dari bulan Mei 2024 hingga Desember 2025. Hasil peramalan dengan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* memiliki tingkat akurasi yang tinggi dengan nilai MAPE < 10% yaitu sebesar 0,52%.

Kata Kunci: Inflasi, IHK, *Fuzzy Time Series Markov Chain*

Abstract. Inflation refers to the general and sustained increase in prices of goods and services in an economy as measured through a price index. An increase in the Consumer Price Index causes an increase in prices which affects the inflation rate. In this research, we will examine the results of forecasting the consumer price index in Bulukumba Regency using the Fuzzy Time Series Markov Chain method. The results of the research show that the Consumer Price Index (CPI) in Bulukumba Regency has increased significantly from May 2024 to December 2025. The forecasting results using the Fuzzy Time Series Markov Chain method have a high level of accuracy with a MAPE value < 10%, namely 0.52 %.

Keywords: Inflation, Consumer Price Index, *Fuzzy Time Series Markov Chain*.

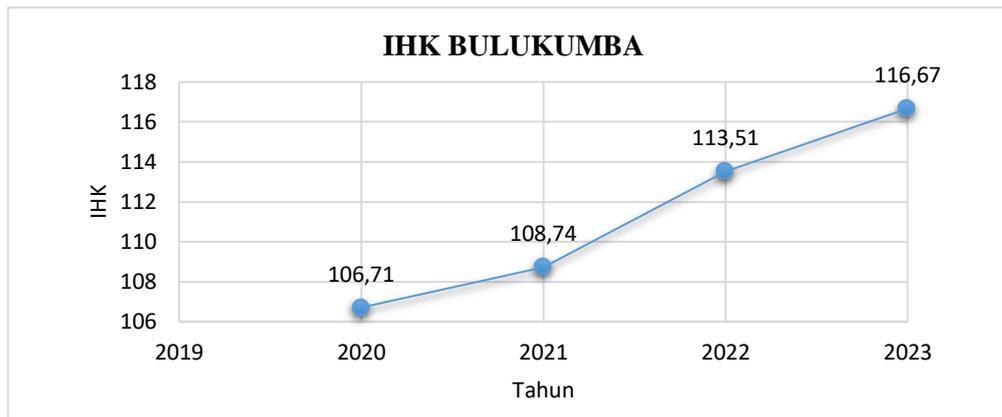
A. Pendahuluan

Indeks harga adalah indikator yang mencerminkan kondisi ekonomi secara keseluruhan. Dengan bantuan indeks harga, pemimpin dan manajer dapat mengelola data dengan baik untuk memahami perkembangan bisnis atau kegiatan yang mereka lakukan, termasuk dalam menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi kemajuan ekonomi, mengukur tingkat perkembangan ekonomi, dan sebagai alat yang digunakan pemerintah untuk mengatur kebijakan harga, baik itu kenaikan atau penurunan harga. Dalam konteks ini, peningkatan harga secara umum dan berkelanjutan disebut sebagai inflasi. Salah satu indeks harga yang paling umum digunakan untuk mengukur inflasi adalah Indeks Harga Konsumen (IHK), (S, 2021).

IHK adalah suatu indeks yang menghitung rata-rata perubahan harga dalam suatu periode dari suatu kumpulan harga barang dan jasa yang dikonsumsi oleh penduduk atau rumah tangga dalam kurun waktu tertentu. Indeks Harga Konsumen (IHK) merupakan indikator umum tingkat inflasi di Indonesia yang dihitung dan diumumkan ke publik setiap bulannya oleh Badan Pusat Statistik (BPS).

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Bulukumba, IHK di Kabupaten Bulukumba menunjukkan peningkatan berturut-turut dari Desember 2020 hingga Desember 2023, seperti yang ditunjukkan pada Gambar berikut:





Gambar 1 IHK Bulukumba

Peningkatan IHK menyebabkan kenaikan harga yang mempengaruhi tingkat inflasi. Oleh karena itu, diperlukan metode untuk meramalkan data IHK untuk beberapa periode ke depan. Hasil peramalan ini dapat membantu pihak terkait dalam menyusun kebijakan untuk mengendalikan inflasi.

Peramalan mampu memprediksi peristiwa yang akan terjadi dengan menggunakan data historis dan memproyeksikannya ke masa depan (Jamil, 2016). *Fuzzy Time Series Markov Chain* (FTS-MC) adalah salah satu metode yang digunakan dalam meramalkan nilai-nilai di masa depan dengan pendekatan fuzzy dan konsep rantai Markov. Kelebihan dari metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* (FTS-MC) adalah dapat menganalisis data *time series* dengan sampel kecil sehingga diperoleh tingkat akurasi peramalan lebih tinggi dengan mengubah data historis menjadi *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) yang kemudian digunakan untuk memperoleh matriks probabilitas transisi rantai Markov. Matriks peluang transisi inilah yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan peramalan dan meminimalkan pengaruh data yang berfluktuasi dengan mengklasifikasikan data sesuai periode.

Beberapa penelitian terdahulu yang menunjukkan keefektifan metode peramalan *Fuzzy Time Series Markov Chain* (FTS-MC) ini adalah Poppy Mangkunegara dan Yerizon (2020) dengan judul penelitian “*Fuzzy Time Series Markov Chain* dalam Meramalkan Nilai Tukar Mata Uang (Kurs) Antara Ringgit Malaysia dengan Rupiah” diperoleh akurasi ramalan mencapai 96,78% dari data aktual dengan nilai MAPE sebesar 3,22%. Kemudian, Salma Wajdi (2022) dengan judul penelitian “Pemodelan Harga Saham BSI dengan Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* (FTS-MC)”, diperoleh nilai MAPE < 10% sehingga dapat disimpulkan bahwa model ini dapat memodelkan harga saham BSI dengan baik. Selanjutnya, Hidayatullah, Yozza dan Rahmi (2023) dengan judul penelitian “Perbandingan Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dan *Fuzzy Time Series Cheng* dalam Meramalkan Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar Amerika Serikat (AS)”, menunjukkan bahwa metode terbaik untuk meramalkan nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika Serikat adalah metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dengan nilai MAPE kecil dari 10%.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik Bulukumba, tercatat adanya peningkatan indeks harga konsumen setiap bulannya. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul penerapan model *Fuzzy Time Series Markov Chain* dalam meramalkan indeks harga konsumen di kabupaten Bulukumba.

1. Indeks Harga Konsumen

IHK adalah indeks yang mengukur harga rata-rata harga barang dan jasa yang dikonsumsi oleh rumah tangga dan IHK juga indikator umum Tingkat inflasi. IHK adalah indikator ekonomi yang sangat penting, yang memberikan wawasan tentang perubahan harga barang dan jasa yang dibeli oleh masyarakat. Perubahan IHK mencerminkan fluktuasi harga



berbagai barang dan jasa yang digunakan oleh masyarakat. Ketika IHK meningkat akan menunjukkan adanya inflasi, sementara ketika terjadi penurunan IHK akan menunjukkan adanya deflasi (Lesnussa. dkk 2018). Indeks Harga Konsumen (IHK) ditentukan berdasarkan angka yang diadakan oleh Badan Pusat Statistik (Prakoso, 2019).

2. Teori Fuzzy

Logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Matematikawan berkebangsaan Amerika bernama Lotfi A. Zadeh melalui tulisannya pada tahun 1965 mengenai teori himpunan fuzzy. Himpunan fuzzy adalah himpunan yang elemen-elemennya memiliki derajat keanggotaan yang berkisar antara 0 dan 1. Menurut (Bojadziev dan Bojadziev, 2007). Himpunan *fuzzy* didefinisikan sebagai berikut”

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in \mathbb{R}, \mu_A(x) \in [0,1]\}. \quad (1)$$

Keterangan:

\mathbb{R} : bilangan real

μ_A : fungsi keanggotaan.

3. Analisis Time Series

Time Series merupakan suatu analisis yang didasari pada ramalan yang disusun berdasarkan pola hubungan antar variable yang ingin diramalkan dengan variable waktu yang mempengaruhinya. Dalam melakukan peramalan masa depan menggunakan nilai masa lalu dari variabel tersebut atau mengacu pada kesalahan masa lalu. Tujuannya adalah untuk menemukan pola dalam data historis yang ada dan menerapkan pola tersebut ke masa depan (Robial, 2018). Data time series adalah data yang berkaitan dengan nilai tertentu pada setiap titik waktu, yang diukur dalam periode hari, minggu, bulan, tahun, dan sebagainya (Fathoni dan Wijayanto, 2021).

4. Rantai Markov (Markov Chain)

Proses Stokastik adalah himpunan peubah acak yang merupakan fungsi dari waktu atau sering juga disebut proses acak. Salah satu proses stokastik adalah proses rantai markov. Rantai Markov merupakan salah satu langka yang digunakan untuk menganalisis karakteristik dari suatu variabel pada saat ini, dengan mempertimbangkan karakteristiknya pada periode sebelumnya. Model stokastik yang sering digunakan untuk mengatasi ketidakpastian ini dikenal sebagai model rantai markov (Faisal. dkk 2020). Proses rantai markov yang didefinisikan sebagai berikut peluang transisi satu langkah (one-step transition probability) (Sugiartawan dan Arta, 2018).

$$P_{ij}^{n,n+1} = P\{X_{n+1} = j \mid X_n = i\} \quad (2)$$

5. Fuzzy Time Series Markov Chain (FTS-MC)

FTS-MC merupakan metode prediksi data yang menggunakan konsep himpunan *fuzzy* sebagai dasar perhitungannya. Sistem prediksi dengan metode ini berkerja dengan menangkap pola dari data yang telah lalu kemudian digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang (Purnama dan Permana, 2019). Fuzzy Time Series digunakan untuk mengatasi masalah peramalan, dalam hal ini Model Fuzzy Time Series menggunakan proses logika fuzzy dan perhitungan nilai peramalan pada data time series (Sugiartawan dan Arta, 2018). Fuzzy Times Series merupakan metode peramalan yang digunakan untuk mengolah data aktual yang dibentuk ke dalam nilai-nilai yang dikenal dengan himpunan fuzzy (Biringallo dan Abapihi, 2022).



B. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang melalui dua tahapan yaitu pengumpulan data dan analisis data. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data Indeks Harga Konsumen (IHK) di Kabupaten Bulukumba dari Januari 2020 hingga April 2024. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang berasal dari website resmi Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Bulukumba yaitu <https://bulukumbakab.bps.go.id/>. Variable yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Indeks Harga Konsumen (IHK) di Kabupaten Bulukumba. Selain itu peneliti mempelajari beberapa sumber seperti buku, jurnal, dan berbagai contoh penelitian sejenisnya. Untuk menentukan hasil peramalan, peneliti menggunakan metode *fuzzy time series markov chain* dengan bantuan *software excel*, proses analisis data memiliki Langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan himpunan Fuzzy merupakan langkah awal dalam peramalan ini. Anggota himpunan Fuzzy diambil berdasarkan anggota himpunan semesta U dan diformulasikan:

$$U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2] \quad (3)$$

Keterangan:

- D_{min} : Nilai minimum
- D_{max} : Nilai maksimum
- D_1 : Nilai positif yang ditentukan oleh peneliti
- D_2 : Nilai positif yang ditentukan oleh peneliti
- U : Matriks jumlah interval semesta U

2. Menentukan jumlah interval dan panjang interval. Untuk menentukan jumlah interval pada data yang digunakan dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus Sturges yaitu :

$$n = 1 + 3,322 \log N \quad (4)$$

Keterangan:

- n : jumlah interval (kelas)
- N : banyaknya data yang digunakan dalam penelitian.

Selanjutnya menentukan panjang interval dengan menggunakan rumus berikut:

$$\ell = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{n} \quad (5)$$

3. Menentukan himpunan *fuzzy* dari himpunan semesta U . Untuk masing-masing interval linguistik, dinyatakan sebagai berikut:

$$u_{ij} = \begin{cases} 1; & i = j = 1 \\ 0,5; & j = i - 1 \text{ atau } j = i + 1 \\ 0, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (6)$$

Dimana u_{ij} adalah fungsi keanggotaan di A_i

Berdasarkan persamaan (1) dan (6) diperoleh himpunan *Fuzzy* dimana $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A_1 &= \{(u_1, 1), (u_2, 0,5), (u_3, 0) \dots, (u_n, 0)\} \\ A_2 &= \{(u_1, 0,5), (u_2, 1), (u_3, 0,5) \dots, (u_n, 0)\} \\ A_3 &= \{(u_1, 0), (u_2, 0,5), (u_3, 1), (u_4, 0,5), \dots, (u_n, 0)\} \\ &\vdots \\ A_n &= \{(u_1, 0), (u_2, 0), (u_3, 0), \dots, (u_{n-1}, 0,5), (u_n, 1)\} \end{aligned} \quad (7)$$

4. Melakukan proses memfuzzyfikasi pada data historis. Fuzzyfikasi ini bertujuan untuk mengubah data tersebut ke dalam bentuk linguistik. Setelah itu, menentukan Fuzzy Logical Relationship (FLR) dan Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG) (Mangkunegara, 2020). Adapun menurut (Cheng, 2008) jika $Y(t) = A_j$ dan $Y(t - 1) = A_i$ maka hubungan antara $Y(t)$ disebut sebagai Fuzzi Logical Relationship (FLR). Hubungan ini dapat dinyatakan dengan $A_i \rightarrow A_j$, Dimana A_i disebut left-hand side (LHS) dan A_j disebut right-hand side (RHS) dari FLR. Jika terdapat dua FLR mempunyai himpunan Fuzzy yang sama (LHS $A_i \rightarrow A_{j1}, A_i \rightarrow A_{j2}$), maka dapat dikelompokan ke dalam Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG) $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}$. (Wajdi, 2022). Jika FLR orde satu terbentuk $A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_3, A_1 \rightarrow A_1$ maka FLRG yang terbentuk adalah $A_1 \rightarrow A_1, A_2, A_3$. Dan jika FLR orde dua yang terbentuk $A_1 \rightarrow (A_2, A_3), A_1 \rightarrow (A_3, A_5), A_1 \rightarrow (A_1, A_2)$ maka FLRG yang terbentuk adalah $A_1 \rightarrow (A_2, A_3), (A_3, A_5), (A_1, A_2)$.
5. Menentukan matrik probabilitas transisi P berdasarkan FLRG yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya. Matriks probabilitas transisi Markov ini adalah matriks $n \times n$, dimana n adalah banyaknya himpunan fuzzy yang dinyatakan sebagai berikut:

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{pmatrix} \quad (8)$$

Dimana p_{ij} adalah probabilitas transisi dari *state* (keadaan) A_i ke A_j yang dirumuskan sebagai berikut:

$$p_{ij} = \frac{r_{ij}}{r} \quad (9)$$

Keterangan:

- p_{ij} : Probabilitas transisi dari *state* A_i ke A_j
- r_{ij} : Banyaknya transisi dari *state* A_i ke A_j
- r : Banyaknya data yang termasuk dalam *state* A_i
- i : 1, 2, 3, ..., n
- j : 1, 2, 3, ..., n

6. Menentukan nilai peramalan awal dari matriks probabilitas yang terdapat pada persamaan (8). Nilai peramalan awal dapat dihitung menggunakan aturan berikut ini:

- a. Apabila FLRG A_j merupakan relasi satu ke satu ($R: A_j \rightarrow A_k$ dimana $P_{ij} = 0$ maka $P_{ik} = 1$ $j \neq k$), sehingga hasil peramalan dari m_k merupakan nilai tengah dari u_k dengan rumus tersebut:

$$\hat{Y}_a(t) = m_k p_{ik} = m_k \quad (10)$$

- b. Apabila FLRG A_j merupakan relasi satu ke banyak $R: A_j \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_k$, $j = 1, 2, \dots, k$, jika data $Y(t-1)$ yang berada pada *state* A_j sehingga hasil peramalan adalah sebagai berikut:

$$\hat{Y}_a(t) = m_1 p_{j1} + m_2 p_{j2} + \cdots + m_{j-1} p_{j(j-1)} + Y(t-1) p_{jj} + m_{j+1} p_{j(j+1)} + \cdots + m_k p_{jk} \quad (11)$$

Dimana m merupakan nilai tengah dari $u_1, u_2, \dots, u_{i-1}, u_{i+1}, \dots, u_n$



7. Melakukan nilai penyesuaian peramalan. Aturan penyesuaian dijelaskan sebagai berikut :

- a. Apabila *state* A_i berelasi A_j ($R: A_i \rightarrow A_j$), ($i < j$), sehingga nilai penyesuaiannya dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$D_{t1} = \left(\frac{l}{2}\right) \quad (12)$$

- b. Apabila *state* A_i berelasi A_j ($R: A_i \rightarrow A_j$), ($i > j$), sehingga nilai penyesuaiannya dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$D_{t1} = -\left(\frac{l}{2}\right) \quad (13)$$

- c. Apabila *state* $Y(t - 1) = A_i$ mengalami transisi maju menuju *state* A_{i+s} pada saat t , ($1 \leq s \leq n - i$), sehingga nilai penyesuaiannya dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$D_{t2} = \left(\frac{l}{2}\right) s, (1 \leq s \leq n - i) \quad (14)$$

Dimana s merupakan banyaknya lompatan transisi maju.

- d. Apabila *state* $Y(t - 1) = A_i$ mengalami transisi mundur ke *state* A_{i-v} pada saat t , ($1 \leq v \leq n - i$), sehingga nilai penyesuaiannya dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$D_{t2} = -\left(\frac{l}{2}\right) v, (1 \leq v - i) \quad (15)$$

8. Menentukan nilai peramalan akhir. Nilai peramalan akhir menggunakan rumus berikut:

$$\hat{Y}(t) = \hat{Y}_a(t) \pm D_{t1} \pm D_{t2} \quad (16)$$

9. Menghitung nilai kesalahan ramalan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Semakin kecil tingkat kesalahan yang dihasilkan maka nilai hasil peramalan yang didapatkan semakin baik. Persamaan MAPE yang digunakan untuk pengukuran kesalahan yaitu sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y(t) - \hat{Y}(t)}{Y(t)} \right| \times 100\% \quad (17)$$

Keterangan:

- n : Banyaknya Data
- $Y(t)$: Nilai yang sebenarnya pada waktu t
- $\hat{Y}(t)$: Nilai disesuaikan (*fitted value*) pada waktu

Suatu metode dikatakan baik jika memberikan nilai MAPE <10%. Sebaliknya, semakin tinggi nilai MAPE, semakin buruk pula kinerja dari suatu metode tersebut (Safitri.,dkk 2023). Kriteria keakuratan berdasarkan nilai MAPE dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 1. Kriteria Keakuratan

Hasil Keputusan	Nilai MAPE
Sangat Baik	< 10%
Baik	10% - 20%
Cukup	20% - 50%
Tidak Akurat	> 50%



C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Deskripsi Data

Penelitian ini menggunakan data Indeks Harga Konsumen (IHK) di Kabupaten Bulukumba dari tahun 2020 hingga 2024 yang akan dianalisis menggunakan metode peramalan Fuzzy Time Series Markov Chain (FTS-MC). Data tersebut diperoleh dari situs web resmi Badan Pusat Statistik (BPS) Bulukumba, yang diakses melalui <https://bulukumbakab.bps.go.id/>. Berikut ini ditampilkan Data IHK di Kabupaten Bulukumba periode Januari 2020 hingga April 2024.

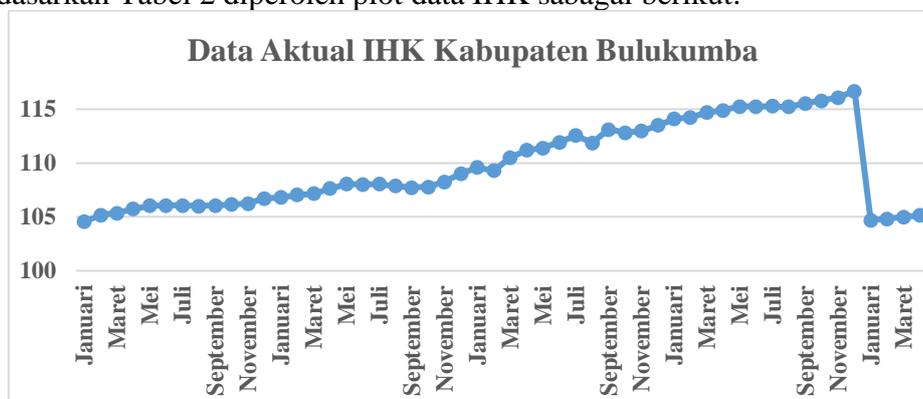
Tabel 2. Indeks Harga Konsumen Kabupaten Bulukumba

Tahun	Bulan	IHK
2020	Januari	104,54
	Februari	105,18
	Maret	105,34
	April	105,73
	Mei	106,03
	Juni	106,06
	Juli	106,05
	Agustus	106,01
	September	106,06
	Oktober	106,14
	November	106,24
	Desember	106,71
2021	Januari	106,79
	Februari	107,05
	Maret	107,17
	April	107,62
	Mei	108,05
	Juni	108,01
	Juli	108,06
	Agustus	107,87
	September	107,73
	Oktober	107,77
	November	108,26
	Desember	109,02
2022	Januari	109,58
	Februari	109,29
	Maret	110,51
	April	111,2
	Mei	111,41
	Juni	111,92
	Juli	112,55
	Agustus	111,88
	September	113,12
	Oktober	112,83
	November	112,96
	Desember	113,51
2023	Januari	114,10
	Februari	114,24
	Maret	114,68



Tahun	Bulan	IHK	
2023	April	114,90	
	Mei	115,24	
	Juni	115,26	
	Juli	115,27	
	Agustus	115,22	
	September	115,54	
	Oktober	115,77	
	November	116,07	
	Desember	116,67	
	2024	Januari	104,70
		Februari	104,81
		Maret	105,01
April		105,14	

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh plot data IHK sebagai berikut:



Gambar 2 Time Series data Indeks Harga Konsumen (IHK)

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa IHK Kabupaten Bulukumba mengalami fluktuatif tetapi cenderung meningkat dari bulan Januari 2020 hingga Desember 2023. Namun terjadi penurunan di bulan Januari hingga April 2024. Indeks Harga Konsumen (IHK) di Kabupaten Bulukumba yang terendah terdapat pada tahun 2020 di bulan Januari sebesar 104,54 dan angka Indeks Harga Konsumen paling tertinggi terdapat pada tahun 2023 di bulan Desember sebesar 116,67.

2. Penerapan Metode Fuzzy Time Markov Chain (FTS-MC)

Penerapan metode FTS-MC pada data Indeks Harga Konsumen (IHK) di Kabupaten Bulukumba menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

Langkah 1:

Menentukan himpunan semesta U . Berdasarkan Tabel 2 diperoleh data terkecil (D_{min}) pada bulan Januari 2020 sebesar 104,54 dan data terbesar (D_{max}) pada bulan Desember 2023 sebesar 116,67. Berdasarkan nilai D_{min} dan D_{max} maka dapat ditentukan nilai D_1 dan D_2 yang merupakan nilai bilangan positif yang telah ditentukan oleh peneliti untuk mempermudah mempartisi himpunan semesta U . Nilai yang digunakan pada D_1 dan D_2 yaitu $D_1 = 1,54$ dan $D_2 = 0,33$. Sehingga diperoleh persamaan himpunan semesta U berikut:

$$\begin{aligned}
 U &= [D_{min} - D_1 ; D_{max} + D_2] \\
 &= 104,54 - 1,54 ; 116,67 + 0,33 \\
 &= [103,117]
 \end{aligned}$$

Langkah 2:

Mempartisi himpunan semesta U menjadi n interval yang sama menggunakan rumus Sturges pada persamaan (4) sebagai berikut:

$$n = 1 + 3,322 \log N$$



$$= 1 + 3,322 \log 52$$

$$= 6,700563108 \approx 7$$

Sehingga banyaknya interval yang terbentuk yaitu 7 interval.

Berdasarkan rumus persamaan (5) maka diperoleh nilai lebar interval (ℓ) sebagai berikut:

$$\ell = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{n}$$

$$= \frac{[(116,67+0,33)-(104,54-1,54)]}{7}$$

$$= \frac{117-103}{7}$$

$$= \frac{14}{7}$$

$$= 2$$

Berdasarkan perhitungan di atas diperoleh lebar interval (ℓ) sebesar 2. Sehingga 7 interval yang terbentuk dalam himpunan semesta U dengan nilai tengahnya yaitu:

Tabel 3 Interval Liguistik

u_i	Interval Linguistik		Nilai Tengah (m_i)
	Batas Bawah	Batas Atas	
u_1	103	105	104
u_2	105	107	106
u_3	107	109	108
u_4	109	111	110
u_5	111	113	112
u_6	113	115	114
u_7	115	117	116

Langkah 3:

Menentukan Himpunan *Fuzzy* di seluruh himpunan Semesta U untuk setiap data. Berdasarkan persamaan(1) dan (6) dan aturan penentuan fungsi keanggotaan pada persamaan 7) maka himpunan *Fuzzy* yang diperoleh sebagai berikut:

$$A_1 = \{(u_1, 1), (u_2, 0.5), (u_3, 0), (u_4, 0), (u_5, 0), (u_6, 0), (u_7, 0)\}$$

$$A_2 = \{(u_1, 0.5), (u_2, 1), (u_3, 0.5), (u_4, 0), (u_5, 0), (u_6, 0), (u_7, 0)\}$$

$$A_3 = \{(u_1, 0), (u_2, 0.5), (u_3, 1), (u_4, 0.5), (u_5, 0), (u_6, 0), (u_7, 0)\}$$

$$A_4 = \{(u_1, 0), (u_2, 0), (u_3, 0.5), (u_4, 1), (u_5, 0.5), (u_6, 0), (u_7, 0)\}$$

$$A_5 = \{(u_1, 0), (u_2, 0), (u_3, 0), (u_4, 0.5), (u_5, 1), (u_6, 0.5), (u_7, 0)\}$$

$$A_6 = \{(u_1, 0), (u_2, 0), (u_3, 0), (u_4, 0), (u_5, 0.5), (u_6, 1), (u_7, 0.5)\}$$

$$A_7 = \{(u_1, 0), (u_2, 0), (u_3, 0), (u_4, 0), (u_5, 0), (u_6, 0.5), (u_7, 1)\}$$

Langkah 4:

Melakukan Fuzzyfikasi terhadap data historis pada Tabel 2 Sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:



Tabel 4. Hasil fuzzifikasi IHK Bulukumba

No	Bulan	IHK	Himpunan <i>Fuzzy</i>	No	Bulan	IHK	Himpunan <i>Fuzzy</i>
1	Januari	104,54	A1	30	Juni	111,92	A5
2	Februari	105,18	A2	31	Juli	112,55	A5
3	Maret	105,34	A2	32	Agustus	111,88	A5
4	April	105,73	A2	33	September	113,12	A6
5	Mei	106,03	A2	34	Oktober	112,83	A5
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
22	Oktober	107,77	A3	50	Februari	104,81	A1
23	Nov	108,26	A3	51	Maret	105,01	A2
24	Des	109,02	A4	52	April	105,14	A2

Selanjutnya, menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR), sehingga hasil yang diperoleh ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 5. Data fuzzy Logical Relationship

Bulan	FLR	Bulan	FLR
Januari-Februari	$A_1 \rightarrow A_2$	Juni-Juli	$A_5 \rightarrow A_5$
Februari-Maret	$A_2 \rightarrow A_2$	Juli-Agustus	$A_5 \rightarrow A_5$
Maret-April	$A_2 \rightarrow A_2$	Agustus-September	$A_5 \rightarrow A_5$
April-Mei	$A_2 \rightarrow A_2$	September-Oktober	$A_5 \rightarrow A_6$
⋮	⋮	⋮	⋮
September-Oktober	$A_3 \rightarrow A_3$	Februari-Maret	$A_1 \rightarrow A_2$
Oktober-November	$A_3 \rightarrow A_4$	Maret-April	$A_2 \rightarrow A_2$

Langkah 5:

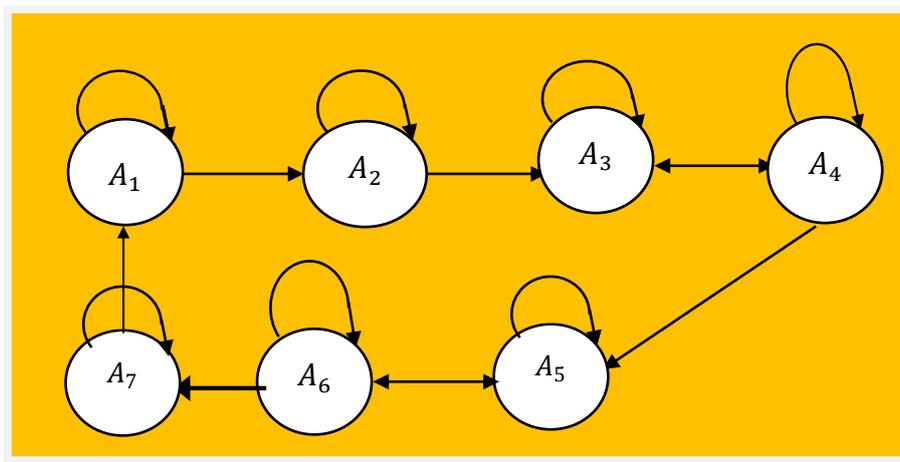
Membentuk *Fuzzy logical relationship group* (FLRG). Berdasarkan hasil pada Tabel 5 diperoleh FLRG sebagai berikut.

Tabel 6. Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)

FUZZY LOGICAL RELATIONSHIP GROUP (FLRG)		
Current State (State saat ini)	Next state (State Selanjutnya)	Jumlah State
A1	A1(1), A2(2)	3
A2	A2(12), A3(1)	13
A3	A3(9), A4(1)	10
A4	A4(3), A5(1)	4
A5	A5(5), A6(2)	7
A6	A5(1), A6(4), A7(1)	6
A7	A1(1), A7(7)	8

Selanjutnya FLRG yang terbentuk digunakan dalam proses transisi peramalan. Berikut adalah ilustrasi proses transisi peramalan:





Gambar 3 Proses transisi peramalan berdasarkan FLRG

Langkah 6:

Menentukan nilai peramalan awal (\hat{Y}_a). Penentuan nilai peramalan awal dengan metode *Fuzzy time series markov Chain* menggunakan data historis dengan menggunakan Tabel 6 untuk membentuk matriks probabilitas transisi *markov*. Pada penelitian ini, matriks probabilitas transisi markov berukuran 7×7 dimana setiap elemennya merupakan nilai probabilitas yang diperoleh dari persamaan (9). Berikut ini adalah nilai probabilitas untuk transisi setiap *state* :

Tabel 7 Matriks probabilitas transisi *state* dari A_i ke A_j

P_{ij}	j						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0,333333	0,666667	0	0	0	0	0
2	0	0,923077	0,076923	0		0	0
3	0	0	0,9	0,1	0	0	0
4	0	0	0	0,75	0,25	0	0
5	0	0	0	0	0,714286	0,285714	0
6	0	0	0	0	0,166667	0,666667	0,166667
7	0,125	0	0	0	0	0	0,875

Berdasarkan Tabel 7 diperoleh dibentuk matriks probabilitas transisi *state* dari A_i ke A_j sebagai berikut:

$$P = \begin{bmatrix} 0,333333 & 0,666667 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,923077 & 0,076923 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,9 & 0,1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,75 & 0,25 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,714286 & 0,285714 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,166667 & 0,666667 & 0,166667 \\ 0,125 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,875 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya nilai probabilitas yang telah diperoleh digunakan untuk menghitung nilai peramalan awal $\hat{Y}_a(t)$. menentukan peramalan awal menggunakan persamaan (10) dan (11) . Berikut ini ditampilkan nilai peramalan awal $\hat{Y}_a(t)$ data IHK untuk Kabupaten Bulukumba mulai dari bulan Januari 2020 hingga April 2024.



Tabel 8. Hasil peramalan awal untuk data IHK Bulukumba

No	Bulan	Data Aktual	Peramalan Awal $\hat{Y}_a(t)$	No	Bulan	Data Aktual	Peramalan Awal $\hat{Y}_a(t)$
1	Januari	104,54	NA	26	Februari	109,29	110,185
2	Februari	105,18	104,8061538	27	Maret	110,51	109,9675
3	Maret	105,34	105,3969231	28	April	111,20	111,5071429
4	April	105,73	105,5446154	29	Mei	111,41	112
5	Mei	106,03	105,9046154	30	Juni	111,92	112,15
6	Juni	106,06	106,1815385	31	Juli	112,55	112,5142857
7	Juli	106,05	106,2092308	32	Agustus	111,88	112,9642857
8	Agustus	106,01	106,2	33	September	113,12	112,5866667
9	September	106,06	106,1630769	34	Oktober	112,83	113,3714286
10	Oktober	106,14	106,2092308	35	November	112,96	113,1642857
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
24	Desember	109,02	109,195	52	April	105,14	105,24

Langkah 7:

Menentukan nilai penyesuaian hasil peramalan awal. Nilai penyesuaian peramalan bertujuan untuk memperkecil nilai error (residual) antara data aktual dan peramalan. Penyesuaian nilai peramalan dilakukan terhadap setiap hubungan antar *current state* dan *next state* dari FLR. Menentukan nilai D_t menggunakan persamaan (12) dan (15) Berikut ini adalah hasil perhitungan nilai penyesuaian.

Tabel 9. Nilai Penyesuain D_t

No	FLR	D_{t1}	D_{t2}
1	$A_1 \rightarrow A_2$	1	-
2	$A_2 \rightarrow A_2$	0	-
⋮	⋮	⋮	⋮
49	$A_7 \rightarrow A_1$	-	-6
50	$A_1 \rightarrow A_1$	0	-
51	$A_1 \rightarrow A_2$	1	-

Langkah 8:

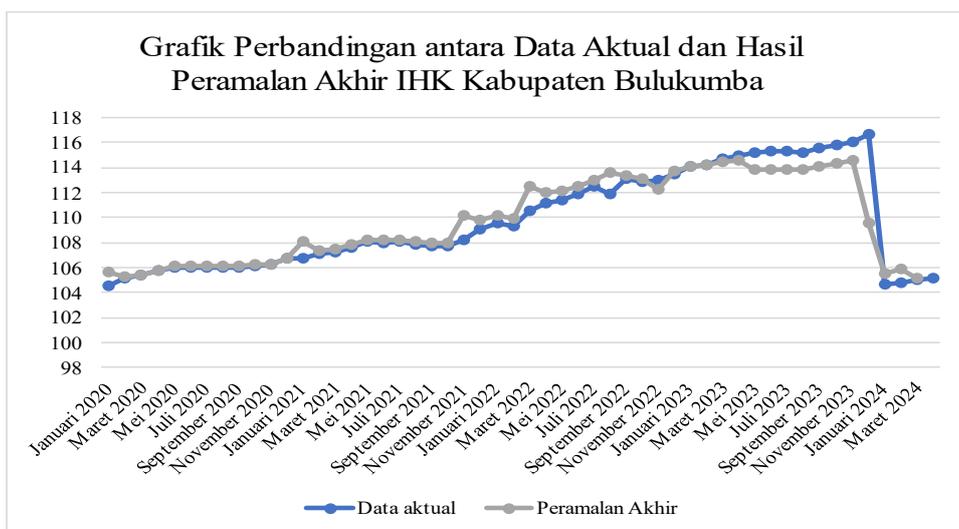
Hasil peramalan akhir diperoleh dari peramalan awal yang dijumlahkan dengan nilai D_t (Nilai Penyesuaian) yang didapatkan dari langkah sebelumnya. Untuk mendapatkan hasil peramalan akhir menggunakan persamaan (16). Berikut adalah tabel hasil peramalan akhir.

Tabel 10. Hasil Peramalan Akhir

No	Bulan	Data Aktual	$\hat{Y}(t)$
1	Januari	104,54	NA
2	Februari	105,18	105,8061538
3	Maret	105,34	105,3969231
4	April	105,73	105,5446154
5	Mei	106,03	105,9046154
6	Juni	106,06	106,1815385
⋮	⋮	⋮	⋮
51	Maret	105,01	106,0553846
52	April	105,14	105,24



Berikut ini ditampilkan plot perbandingan data aktual dan data peramalan akhir berdasarkan Tabel 10.



Gambar 4 Perbandingan data actual dengan data peramalan akhir

Pada Gambar 4 data aktual ditunjukkan dengan grafik berwarna biru dan hasil peramalan akhir ditunjukkan dengan warna abu-abu. Peramalan dengan metode FTS-MC menunjukkan pola peramalan hampir sama dengan pola nilai data IHK aktual. Meskipun nilai yang dihasilkan tidak sama dengan nilai data aktual IHK, tetapi pola nilai peramalan FTS-MC mengikuti pola data aktual. Hal ini terjadi jika nilai MAPE-nya kecil kurang dari 10%.

Langkah 9:

Pengujian Tingkat Keakuratan metode (FTS-MC) menggunakan persamaan (17). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan tingkat (*error*). Pada penelitian ini menggunakan kriteria *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Hasil pengujian tingkat keakuratan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 MAPE &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y(t) - \hat{Y}(t)}{Y(t)} \right| \times 100\% \\
 &= \frac{1}{52} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y(t) - \hat{Y}(t)}{Y(t)} \right| \times 100\% \\
 &= \frac{1}{52} \left(\left| \frac{Y_1 - \hat{Y}_1}{Y_1} \right| \times 100\% + \left| \frac{Y_2 - \hat{Y}_2}{Y_2} \right| \times 100\% + \dots + \left| \frac{Y_{52} - \hat{Y}_{52}}{Y_{52}} \right| \times 100\% \right) \\
 &= \frac{1}{52} (0 + 0,005953165 + 0,000540375 + \dots + 0,000951113) \\
 &= 0,52\%
 \end{aligned}$$

Dalam penelitian ini, Metode FTS-MC memperoleh nilai MAPE sebesar 0,52% yang berarti terjadi penyimpangan (*error*) sebesar 0,52% atau tingkat akurasi mencapai 99,48% dari data aktual. Berdasarkan Tabel 1, maka peramalan menggunakan FTS-MC memenuhi kriteria hasil peramalan yang sangat baik karena nilai MAPE < 10%.

3. Hasil Peramalan

Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* merupakan gabungan *Fuzzy Time Series* dan rantai markov. Pada metode ini, matriks peluang transisi digunakan sebagai dasar perhitungan peramalan. Fuzzyfikasi didasarkan pada dua langkah, yaitu pendefinisian *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dan penentuan matriks transisi rantai Markov berdasarkan pada FLRG

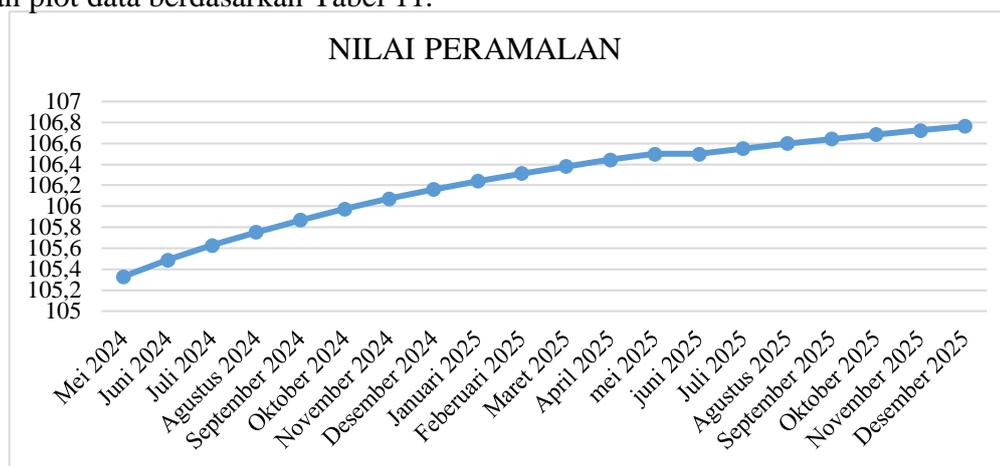


(Mangkunegara, 2020). Proses pengolahan data dilakukan dengan cara mengolah data pada bulan sebelumnya untuk mendapatkan hasil nilai peramalan di bulan selanjutnya dengan menggunakan persamaan (10) dan (11). Hasil peramalan pada penelitian ini di tampilkan pada Tabel 11 berikut.

Tabel 11. Nilai ramalan pada bulan Mei 2024 hingga Desember 2025

Bulan	Nilai Ramalan
Mei 2024	105,3306667
Juni 2024	105,4975000
Juli 2024	105,6272593
Agustus 2024	105,7521404
September 2024	105,8704488
Oktober 2024	105,9769263
November 2024	106,0732632
Desember 2024	106,1608421
Januari 2025	106,2408055
Februari 2025	106,3141053
Maret 2025	106,3815411
April 2025	106,4437895
Mei 2025	106,5014269
Juni 2025	106,4993684
Juli 2025	106,5511143
Agustus 2025	106,5994105
September 2025	106,6445908
Oktober 2025	106,6869474
November 2025	106,7267368
Desember 2025	106,7641858

Dengan cara perhitungan yang sama diperoleh hasil peramalan IHK di Kabupaten Bulukumba untuk bulan berikutnya dimulai pada bulan Mei 2024 hingga Desember 2025. Dari Tabel 11 diketahui bahwa nilai peramalan IHK di Kabupaten Bulukumba mulai dari bulan Mei 2024 hingga Desember tahun 2025 mengalami peningkatan secara signifikan. Berikut ini ditampilkan plot data berdasarkan Tabel 11.



Gambar 5 Hasil peramalan IHK Kabupaten Bulukumba

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa IHK di Kabupaten Bulukumba diperkirakan akan mengalami kenaikan dari bulan Mei 2024 hingga Desember 2025. Hal ini dapat memberi gambaran adanya kenaikan harga barang dan jasa secara umum selama periode tertentu. Informasi ini penting bagi berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah daerah,



DAFTAR PUSTAKA

- Biringallo, M., dan Abapihi, B. (2022). Perbandingan Akurasi Penggunaan Metode Fuzzy Time Series Markov-Chain Dan Cheng Pada Peramalan Jumlah Kecelakaan Lalulintas Di Kota Kendari. *Journal Sain dan Terapan*. Vol 6.
- Bojadziew, G., & Bojadziew, M. (2007). *Fuzzy logic for business, finance, and management (2nd ed)*. World Scientific: Singapore.
- Faisal, A. R., Bustan, M. N., dan Annas, S. (2020). Analisis Survival Dengan Pemodelan *Regresi Cox Proportional Hazard* Menggunakan Pendekatan Bayesian (Studi Kasus: Pasien Rawat Inap Penderita Demam Tifoid di RSUD Haji Makassar). *VARIANSI: Journal of Statistics and Its application on Teaching and Research*, 2(2), 62. <https://doi.org/10.35580/variansiunm14629>
- Fathoni, M. Y., & Wijayanto, S. (2021). Forecasting Penjualan Gas LPG di Toko Sembako Menggunakan Metode Fuzzy Time Series. *Jurnal Penelitian Ilmu dan Teknologi Komputer*, 13(2). <https://doi.org/10.5281/3541.jupiter.2021.10>
- Hidayatullah, M. P., Yozza, H., & Hg, I. R. (2023). Penerapan Metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dalam Meramalkan Nilai Tukar Rupiah terhadap Dolar Amerika Serikat (AS). *Jurnal Matematika UNAND*, 12(2), 121-134.
- Jamil, F. S. (2016). Peramalan Hasil Penjualan Sandal Menggunakan Metode Kalman Filter. 2(2).
- Lesnussa, Y. A., M. Patty, H. W., Mahu, A. N., dan Matdoan, M. Y. (2018). Analisis Indeks Harga Konsumen Terhadap Indeks Harga Sandang Dan Pangan Di Kota Ambon. 5(1), 100. <https://doi.org/10.33603/e.v5i1.839>
- Mangkunegara, P. (2020). Fuzzy Time Series Markov Chain dalam Meramalkan Nilai Tukar Mata Uang (Kurs) Antara Ringgit Malaysia dengan Rupiah. *Jurnal Of Mathematics UNP*, 3(3) 100-105.
- Prakoso, B. H. (2019). Implementasi Support Vector Regression pada Prediksi Inflasi Indeks Harga Konsumen. *MATRIK : Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, 19(1), 155–162. <https://doi.org/10.30812/matrik.v19i1.511>
- Purnama, I. N., dan Permana, P. T. H. (2019). Perbandingan Peramalan Inflasi Kota Denpasar Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Dan Multilayer Perceptron. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, 5(3). <https://doi.org/10.36002/jutik.v5i3.801>
- Robial, S. M. (2018). Perbandingan Model Statistik Pada Analisis Metode Peramalan Time Series (Studi Kasus: Pt. Telekomunikasi Indonesia, Tbk Kandatel Sukabumi). 8(2). *Jurnal Ilmiah SANTIKA* Volume 8.
- S, M. R. (2021). Pengaruh inflasi, kurs, dan harga minyak dunia terhadap indeks harga saham gabungan di bursa efek indonesia, 17(1) <https://doi.org/10.31219/osf.io/yxef8>.



Sugiartawan, P., dan Arta, I. G. S. (2018). Peramalan Tingkat Kunjungan Wisatawan dengan Metode Average Based Fuzzy Time Series dan Markov Chain Model di Sripkala Resort & Hotel,

Wajdi, S. (2022). Pemodelan Harga Saham BSI dengan Metode Fuzzy *Time Series Markov Chain*. 6. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(1) DOI: <https://doi.org/10.31004/jptam.v6i1.3187>.

