Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X **(Printed)**
6 (2) 2026, Page : 28793-28804

Analisis Komparatif Model Fuzzy Time Series Markov Chain dan Fuzzy Time Series Cheng pada Prediksi Inflasi di Kabupaten Kudus

Mursidah[1], Findasari[2], Ade Ima Afifa Himayati[3]
Universitas Muhammadiyah Kudus, Indonesia
Corresponding Author Email : mrsdh8682@gmail.com[1], findasari@umkudus.ac.id[2], adeimaafifa@umkudus.ac.id[3]

Published: May, 2025

ABSTRAK

Inflasi merupakan salah satu indikator ekonomi penting yang mencerminkan stabilitas harga dan daya beli masyarakat. Fluktuasi inflasi yang tidak menentu menuntut adanya metode peramalan yang akurat guna mendukung perencanaan dan pengambilan kebijakan, khususnya di tingkat daerah. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja Fuzzy Time Series (FTS) Markov Chain dan FTS Cheng dalam memprediksi inflasi di Kabupaten Kudus serta menentukan model yang paling efektif dan efisien. Data yang digunakan berupa data inflasi bulanan Kabupaten Kudus, yang dianalisis melalui tahapan penentuan semesta pembicaraan, pembentukan interval, fuzzifikasi, pembentukan hubungan logika fuzzy, hingga proses defuzzifikasi. Tingkat akurasi model dievaluasi menggunakan Mean Absolute Error (MAE) dan Root Mean Square Error (RMSE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa model FTS Markov Chain memiliki performa yang lebih baik dibandingkan FTS Cheng. FTS Markov Chain menghasilkan nilai MAE sebesar 0,1811 dan RMSE sebesar 0,2371, lebih kecil dibandingkan FTS Cheng yang menghasilkan MAE 0,2659 dan RMSE 0,3656. Keunggulan ini disebabkan oleh kemampuan FTS Markov Chain dalam memanfaatkan penyesuaian transisi antar state, sehingga lebih adaptif terhadap dinamika perubahan data. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa FTS Markov Chain merupakan model yang paling efektif dan efisien untuk memprediksi inflasi di Kabupaten Kudus.

Keywords: Fluktuasi, Fuzzy Time Series Markov chain, Fuzzy Time Series Cheng, MAE, RMSE

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Inflasi merupakan indikator utama dalam analisis ekonomi makro, karena inflasi mencerminkan peningkatan harga barang dan jasa secara keseluruhan (Mankiw, 2018). Di Kabupaten Kudus, Provinsi Jawa Tengah, inflasi menunjukkan fluktuasi yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti harga pangan, bahan bakar, serta jasa transportasi dan pendidikan (BPS, 2024). Oleh karena itu, pola nonlinier dan ketidakpastian ini memerlukan pendekatan peramalan seperti fuzzy logic (Amalani et al., 2024).

Fuzzy Time Series (FTS), yang diperkenalkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993, mampu menangani ambiguitas data (Vianita et al., 2025). Selanjutnya, varian seperti FTS Markov Chain mengintegrasikan teori fuzzy dengan probabilitas transisi Markov untuk menangkap perubahan status fuzzy antarperiode secara lebih realistis (Sunusi et al., 2025). Di sisi lain, FTS Cheng, yang dikembangkan oleh Cheng pada tahun 1999, menyederhanakan relasi fuzzy dan defuzzifikasi, sehingga perhitungannya menjadi lebih efisien (Husain et al., 2021).

Mempertimbangkan kompleksitas tersebut, analisis komparatif antara kedua model menjadi penting untuk mengidentifikasi yang paling akurat dalam memprediksi inflasi Kudus, dengan menggunakan metrik seperti Mean Absolute Error (MAE) dan Root Mean Square Error (RMSE). FTS efektif untuk data fluktuatif dan non-stasioner tanpa memerlukan asumsi distribusi tertentu (Fikri et al., 2023).

Penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Hidayat et al. (2023), menunjukkan bahwa FTS Markov Chain lebih akurat (MAPE 6,97%) dibanding FTS Cheng (11,39%) pada data inflasi Indonesia periode 2019–2022 (Arnita et al., 2020). Demikian pula, Putra dan Rahayu (2022) menemukan bahwa sMAPE lebih rendah untuk Markov Chain (2,11%) versus Cheng (2,98%) pada Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) (Anwar et al., 2024). Namun, model Cheng dapat unggul pada pola berulang karena pembobotan frekuensi relasi. Selain itu, dibandingkan dengan ARIMA, FTS lebih efektif untuk data nonlinier atau non-stasioner (Park et al., 2022), meskipun kajian mayoritas masih terpusat pada skala nasional atau keuangan, bukan regional seperti Kudus.

Oleh karena itu, penelitian ini, berjudul "Analisis Komparatif Model Fuzzy Time Series Markov Chain dan Fuzzy Time Series Cheng pada Prediksi Inflasi di Kabupaten Kudus", bertujuan menentukan model fuzzy paling efektif berdasarkan karakteristik ekonomi lokal dan menyediakan dasar ilmiah untuk kebijakan ekonomi daerah berbasis data analitik modern

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Kabupaten Kudus, Provinsi Jawa Tengah, karena dinamika ekonominya yang fluktuatif . Data sekunder berupa inflasi bulanan diperoleh dari publikasi resmi Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Kudus melalui situs kuduskab.bps.go.id, mencakup periode Januari 2015 hingga Desember 2025. Dalam penelitian ini diterapkan dua pengembangan dari fuzzy time series yaitu FTS Markov chain dan FTS Cheng. Tahapan metode FTS Markov Chain secara umum adalah sebagai berikut (Telaumbanua et al., 2023):

a. Menentukan Semesta, didefinisikan sebagai

$$U = [min(X_t) - D_1, max(X_t) + D_2] \quad (1)$$

b. Membentuk kelas Interval, menghitung jumlah kelas dengan

$$K = 1 + 3{,}322 \times logN \quad (2)$$

Selanjutnya panjang interval yang didefinisikan:

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

Maka setiap interval diperoleh persamaan berikut:

$$\begin{aligned} u_1 &= [min(X_t) - D_1, min(X_t) - D_1 + l] \\ u_2 &= [min(X_t) - D_1 + l, min(X_t) - D_1 + 2l] \\ &\vdots \\ u_n &= [min(X_t) - D_1 + (n-1), min(X_t) - D_1 + nl] \end{aligned} \quad (4)$$

c. Menentukan Himpunan Fuzzy A_i pada Semesta U dan Melakukan Fuzzifikasi

Himpunan fuzzy $A_1, A_2, \dots, A_n$ dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A_1 &= \left\{\frac{1}{u_1} + \frac{0{,}5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \cdots + \frac{0}{u_n}\right\} \\ A_2 &= \left\{\frac{0{,}5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0{,}5}{u_3} + \cdots + \frac{0}{u_n}\right\} \\ &\vdots \\ A_n &= \left\{\frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \cdots + \frac{0{,}5}{u_{i-1}} + \frac{1}{u_n}\right\} \end{aligned} \quad (5)$$

d. Menentukan Fuzzy Logical Relationship (FLR) akan terbentuk hubungan: $A_i \rightarrow A_j$ dan Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG) yang akan membentuk hubungan: $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jn}$

e. Menentukan Matriks Probabilitas Transisi Markov

Probabilitas transisi satu langkah dari A_i ke A_j didefinisikan sebagai:

$$P_{ij} = \frac{M_{ij}}{M_i}; i, j = 1,2, \dots, n \quad (6)$$

Matriks transisi Markov tersebut Adalah sebagai berikut : $$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nn} \end{bmatrix}$$

f. Defuzzifikasi untuk memperoleh Nilai Peramalan Awal

g. Menghitung Nilai Penyesuaian (D_t) untuk meninjau kembali kesalahan peramalan.

h. Menghitung Hasil Peramalan Akhir $(F'_{(t)})$

Tahapan utama dalam metode FTS Cheng adalah sebagai berikut (Sofhya, 2022):

a. Menentukan semesta/Universe of discourse (U)

b. Membentuk interval

c. Membentuk himpunan fuzzy pada semesta (U) dan fuzzifikasi

d. Menentukan FLR dan FLRG

e. Menetapkan matriks pembobotan ternormalisasi, dengan persamaan berikut

Misal terdapat suatu urutan FLR yang sama, misalnya:

$$W_{ij}{}^{*} = \frac{W_{ij}}{\Sigma_{j=1}^{n} W_{ij}} \qquad (7)$$

Matriks pembobot (W) ditulis sebagai berikut: $$W = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \cdots & W_{1n} \\ W_{21} & W_{22} & \cdots & W_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{n1} & W_{n2} & \cdots & W_{nn} \end{bmatrix}$$

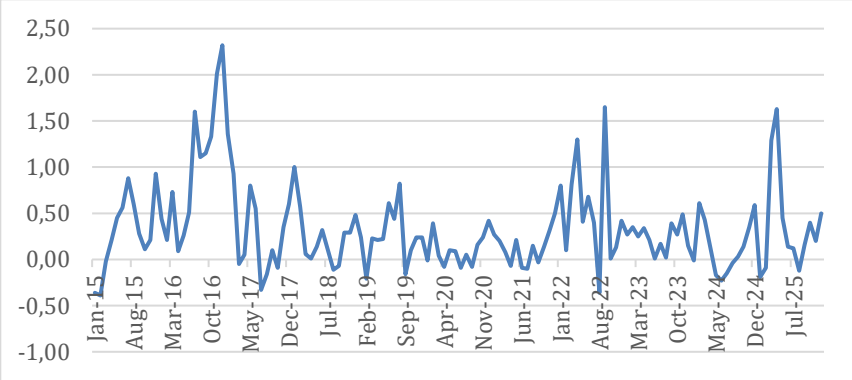
f. Menghitung Nilai Peramalan (F_i)

Analisis FTS Cheng memiliki beberapa langkah analisis yang sama dengan analisis FTS Markov Chain. Pada FTS Markov Chain nilai defuzzifikasi digunakan sebagai nilai peramalan awal sedangkan pada FTS Cheng nilai defuzzifikasi peramalan merupakan nilai peramalan akhir (Fikri et al., 2023). Kemudian digunakan Mean Absolute Error (MAE) dan Root Mean Square Error (RMSE) untuk mengukur akurasi kesalahan kedua model.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data

Pada penelitian ini model *Fuzzy Time Series* Markov Chain dan *Fuzzy Time Series* Cheng diterapkan pada data inflasi kabupaten Kudus pada bulan Januari 2015 hingga bulan Desember 2025. Berikut grafik runtun waktu data inflasi di Kabupaten Kudus:



Gambar 1. Grafik Inflasi Periode Januari 2015 - Desember 2025

Berdasarkan gambar 1, Inflasi bulanan dari Januari 2015 hingga Juli 2025 yang berfluktuasi cukup tajam, dengan beberapa lonjakan signifikan pada periode tertentu. Pada awal periode (2015–2017) terlihat kenaikan yang cukup tinggi, termasuk puncak sekitar awal 2017 yang mendekati 2,3%, kemudian diikuti penurunan hingga mendekati bahkan sedikit di bawah 0. Pada periode 2018–2020, inflasi cenderung lebih stabil dengan fluktuasi kecil di sekitar 0–0,8%. Memasuki 2021–2022 terjadi

kembali lonjakan, terutama sekitar pertengahan 2022 yang mencapai lebih dari 1,5%, lalu kembali menurun dan berfluktuasi moderat sepanjang 2023–2024. Pada awal 2025 terlihat peningkatan tajam kembali hingga sekitar 1,6% sebelum turun dan bergerak stabil di kisaran 0–0,5% hingga pertengahan 2025, menunjukkan pola inflasi yang tidak stabil namun cenderung terkendali dalam jangka panjang.

Permodelan Fuzzy Time Series Markov Chain

Fuzzy Time Series (FTS) Markov Chain merupakan model integrasi antara pendekatan FTS dan teori rantai Markov. Konsep dasarnya adalah memanfaatkan probabilitas transisi antar himpunan fuzzy untuk memperkuat akurasi prediksi.

Step 1. Menentukan Semesta/Universe of Discourse (U) dari data aktual periode Januari 2015 - Desember 2025. Didapatkan data nilai minimum ($min(X_t)$) pada bulan Februari 2015 sebagai $min(X_t) = -0.3900$ dan data nilai maksimum ($max(X_t)$) pada bulan Desember 2016 sebagai $max(X_t) = 2.3200$, dengan nilai $D_1 dan\ D_2 = 0.0001$. Dengan persamaan (1) akan didapatkan semesta pembicara U sebagai berikut : $U = [-0.3901; 2.3201]$

Step 2. Menentukan panjang interval dengan jumlah data (N) sebanyak 132

1. Menggunakan rumus struges pada persamaan (2) untuk menghitung banyaknya kelas :

$$= 1 + 3.322 \times log\,(132)$$
$$= 8.0445 \approx 8$$

2. Membagi semesta pembicara U kedalam kelas-kelas interval dengan persamaan (3) sebagai berikut :

$$l = \frac{[(2.32 + 0.0001) - (-0.39 - 0.0001)]}{8}$$
$$= 0.3388$$

Adapun 8 interval dalam semesta U yaitu $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7$, dan u_8 diperoleh berdasarkan persamaan (4) sebagai contoh u_1 sebagai berikut :

$$u_1 = [-0.3900 - 0.0001, -0.3900 - 0.0001 + 0.3388]$$
$$= [-0.3901, -0.0513]$$

Secara berturut-turut nilai untuk setiap interval adalah: $u_1 = [-0.3901, -0.0513)$, $u_2 = [-0.0513, 0.2875)$, $u_3 = [0.2875, 0.6262)$,…, $u_8 = [1.9813, 2.3201)$. Selanjutnya hitung juga nilai tengah m dari masing-masing semesta (U). Secara berturut-turut nilai tengah untuk setiap interval adalah: $m_1 = [-0.2207]$, $m_2 = [0.1181]$, $m_3 = [0.4568]$,..., $m_8 = [2.1507]$.

Step 3. Menentukan himpunan fuzzy A_i pada Semesta U dan Melakukan Fuzzifikasi. Terdapat 8 himpunan fuzzy yang dapat dibentuk berdasarkan jumlah interval u. Berdasarkan persamaan (7) dan aturan penentuan derajat keanggotaan, himpunan fuzzy yang terbentuk sebagai berikut:

$$A_1 = \left\{\frac{1}{u_1} + \frac{0{,}5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8}\right\}$$
$$A_2 = \left\{\frac{0{,}5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0{,}5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8}\right\}$$
$$A_3 = \left\{\frac{0}{u_1} + \frac{0{,}5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0{,}5}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8}\right\}$$
$$\vdots$$
$$A_8 = \left\{\frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0{,}5}{u_7} + \frac{1}{u_8}\right\}$$

Selanjutnya menentukan fuzzifikasi terhadap data historis. Berdasarkan himpunan fuzzy yang terbentuk, maka dapat ditentukan himpunan fuzzy untuk setiap nilai inflasi. Hasil fuzzifikasi beberapa data inflasi yang dinotasikan ke dalam bilangan linguistik dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Terfuzzifikasi

t	Bulan	Data Aktual	Data Fuzzy
1	Jan-15	-0.3600	A_1
2	Feb-15	-0.3900	A_1
3	Mar-15	-0.0200	A_2

4	Apr-15	0.2100	A_2
5	May-15	0.4500	A_3
⋮	⋮	⋮	⋮
128	Aug-25	-0.1200	A_1
129	Sep-25	0.1600	A_2
130	Oct-25	0.4000	A_3
131	Nov-25	0.2000	A_2
132	Dec-25	0.5000	A_3

Step 4. Menentukan Fuzzy Logical Relationship (FLR). Berdasarkan data hasil fuzzifikasi pada data Y_t dinotasikan dengan himpunan fuzzy A_i. Hasil FLR beberapa data inflasi dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. *Fuzzy Logical Relationship* (FLR)

t	Bulan	Data Aktual	Data Fuzzy	FLR
1	Jan-15	-0.3600	A_1	-
2	Feb-15	-0.3900	A_1	$A_1 \rightarrow A_1$
3	Mar-15	-0.0200	A_2	$A_1 \rightarrow A_2$
4	Apr-15	0.2100	A_2	$A_2 \rightarrow A_2$
5	May-15	0.4500	A_3	$A_2 \rightarrow A_3$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
128	Aug-25	-0.1200	A_1	$A_2 \rightarrow A_1$
129	Sep-25	0.1600	A_2	$A_1 \rightarrow A_2$
130	Oct-25	0.4000	A_3	$A_2 \rightarrow A_3$
131	Nov-25	0.2000	A_2	$A_3 \rightarrow A_2$
132	Dec-25	0.5000	A_3	$A_2 \rightarrow A_3$

Selanjutnya membentuk *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG), berdasarkan FLR pada tabel 2. Berikut tabel 3 adalah hasil lengkap FLRG dari data inflasi bulan Januari 2015 – Desember 2025 di Kabupaten Kudus.

Tabel 3. *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG)

current state		*next state*
A_1	$\rightarrow$	$7(A_1), 11(A_2), 2\ (A_3), A_5\ , A_7$
A_2	$\rightarrow$	$10(A_1), 26(A_2), 16(A_3), 4(A_4)$
A_3	$\rightarrow$	$3(A_1), 15(A_2), 8(A_3), 4(A_4), A_5, A_6$
A_4	$\rightarrow$	$A_1, 3(A_2), 4(A_3), A_5$
A_5	$\rightarrow$	$2(A_3),\ A_5, 2(A_6)$
A_6	$\rightarrow$	$A_3, A_4,\ A_5, A_8$

A_7	$\rightarrow$	A_2
A_8	$\rightarrow$	A_6, A_8

Step 5. Menentukan Matriks Probabilitas Transisi Markov, dilakukan berdasarkan FLRG yang telah diperoleh. Sehingga matriks probabilitas transisi state berorde 8×8 dengan elemennya $P_{ij} = \frac{M_{ij}}{M_i}$ disajikan sebagai berikut:

$$P = \begin{bmatrix} \frac{7}{22} & \frac{11}{22} & \frac{2}{22} & 0 & \frac{1}{22} & 0 & \frac{1}{22} & 0 \\ \frac{10}{56} & \frac{26}{56} & \frac{16}{56} & \frac{4}{56} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{3}{32} & \frac{15}{32} & \frac{8}{32} & \frac{4}{32} & \frac{1}{32} & \frac{1}{32} & 0 & 0 \\ \frac{1}{9} & \frac{3}{9} & \frac{4}{9} & 0 & \frac{1}{9} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{2}{5} & 0 & \frac{1}{5} & \frac{2}{5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & 0 & 0 & \frac{1}{4} \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

Defuzzifikasi nilai peramalan, berdasarkan nilai probabilitas yang sudah didapatkan, maka dapat dihitung nilai peramalan awalnya. Sebagian hasil nilai peramalan awal tersedia pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hasil peramalan sebelum data disesuaikan

t	Bulan	Data Aktual	Peramalan Awal
1	Jan-15	-0.3600	
2	Feb-15	-0.3900	0.1643
3	Mar-15	-0.0200	0.1643
4	Apr-15	0.2100	0.2028
5	May-15	0.4500	0.2028
⋮	⋮	⋮	⋮
128	Aug-25	-0.1200	0.2028
129	Sep-25	0.1600	0.1643
130	Oct-25	0.4000	0.2028
131	Nov-25	0.2000	0.3298
132	Dec-25	0.5000	0.2028

Step 7. Menghitung Nilai Penyesuaian, FTS Markov Chain mempunyai langkah penyesuaian kecenderungan nilai peramalan sebagai tahapan untuk mengurangi besarnya penyimpangan hasil peramalan dengan Panjang kelas (l).

Tabel 5. Nilai Penyesuaian Kecenderungan Hasil Peramalan

t	Bulan	Data Aktual	FLR	Nilai Penyesuaian
1	Jan-15	-0.3600	-	
2	Feb-15	-0.3900	$A_1 \rightarrow A_1$	0
3	Mar-15	-0.0200	$A_1 \rightarrow A_2$	0.1694
4	Apr-15	0.2100	$A_2 \rightarrow A_2$	0

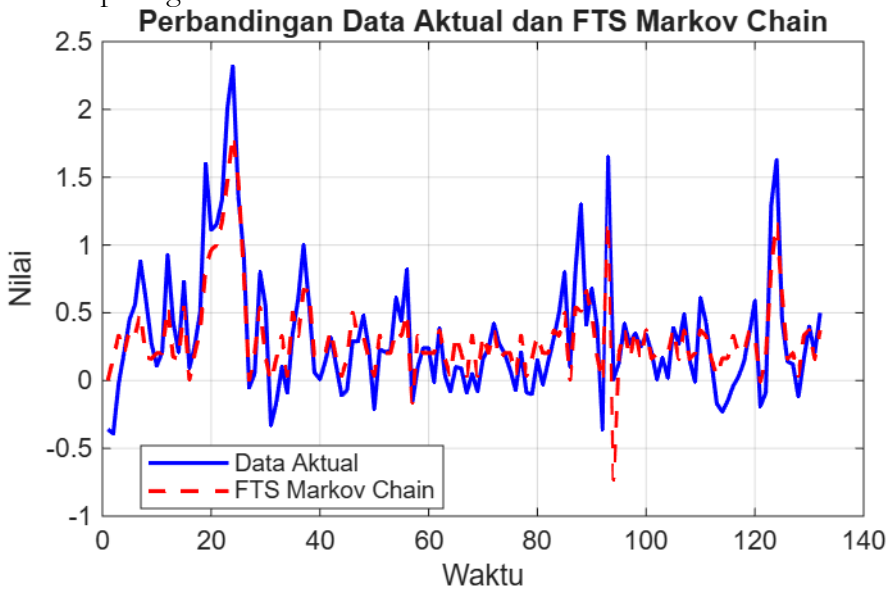
5	May-15	0.4500	$A_2 \rightarrow A_3$	0.1694
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
128	Aug-25	-0.1200	$A_2 \rightarrow A_1$	-0.1694
129	Sep-25	0.1600	$A_1 \rightarrow A_2$	0.1694
130	Oct-25	0.4000	$A_2 \rightarrow A_3$	0.1694
131	Nov-25	0.2000	$A_3 \rightarrow A_2$	-0.1694
132	Dec-25	0.5000	$A_2 \rightarrow A_3$	0.1694

Step 8. Menentukan hasil peramalan akhir, hasil peramalan akhir adalah hasil penjumlahan antara peramalan awal dan nilai penyesuaian. Sebagian data berdasarkan hasil perhitungan tersedia dalam tabel 6. berikut :

Tabel 6. Hasil Peramalan Akhir FTS Markov Chain

t	Bulan	Data Aktual	Peramalan Awal	Nilai Penyesuaian	Peramalan Akhir
1	Jan-15	-0.3600			
2	Feb-15	-0.3900	0.1643	0	0.1643
3	Mar-15	-0.0200	0.1643	0.1694	0.3336
4	Apr-15	0.2100	0.2028	0	0.2028
5	May-15	0.4500	0.2028	0.1694	0.3721
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
128	Aug-25	-0.1200	0.2028	-0.1694	0.0334
129	Sep-25	0.1600	0.1643	0.1694	0.3336
130	Oct-25	0.4000	0.2028	0.1694	0.3721
131	Nov-25	0.2000	0.3298	-0.1694	0.1604
132	Dec-25	0.5000	0.2028	0.1694	0.3721

Dilakukan juga perhitungan menggunakan perangkat lunak MATLAB untuk mendukung dan memverifikasi hasil analisis yang telah dihitung sebelumnya. Perhitungan menunjukkan hasil yang sama dan konsisten dengan perhitungan yang diperoleh menggunakan Microsoft Excel. Visualisasi grafik perbandingan antara data aktual dan nilai peramalan menggunakan FTS Markov Chain dengan MATLAB dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



Gambar 2. Grafik Data Aktual dan FTS Markov Chain menggunakan MATLAB

Berdasarkan gambar 2, menunjukkan garis data aktual (biru) berfluktuasi mengikuti dinamika nilai dari waktu ke waktu, sementara garis FTS Markov Chain (merah putus-putus pada MATLAB dan merah bersambung pada Excel) berusaha mengikuti arah pergerakan data aktual. Terlihat bahwa model FTS Markov Chain cukup baik dalam menangkap tren umum dan pola naik-turun data, meskipun pada beberapa titik ekstrem (puncak dan lembah) masih terdapat selisih antara nilai aktual dan hasil peramalan. Hal ini mengindikasikan bahwa model mampu merepresentasikan pola data secara global, namun masih memiliki keterbatasan dalam mengikuti perubahan yang sangat tajam. Perbedaan tampilan antara kedua grafik lebih disebabkan oleh perbedaan gaya visualisasi MATLAB dan Excel, bukan pada perbedaan hasil perhitungannya.

Permodelan Fuzzy Time Series Cheng

Peramalan menggunakan Fuzzy Time Series (FTS) Cheng dilakukan untuk mendapatkan model pembanding yang sesuai. Perbedaan antara model FTS Markov Chain dan model FST Cheng terletak pada langkah ke 5 dan 6.

Step 5. Menentukan bobot pada setiap himpunan fuzzy yang dimasukan ke dalam matriks pembobot (W). Maka matriks pembobot ternormalisasi (W^*) adalah sebagai berikut :

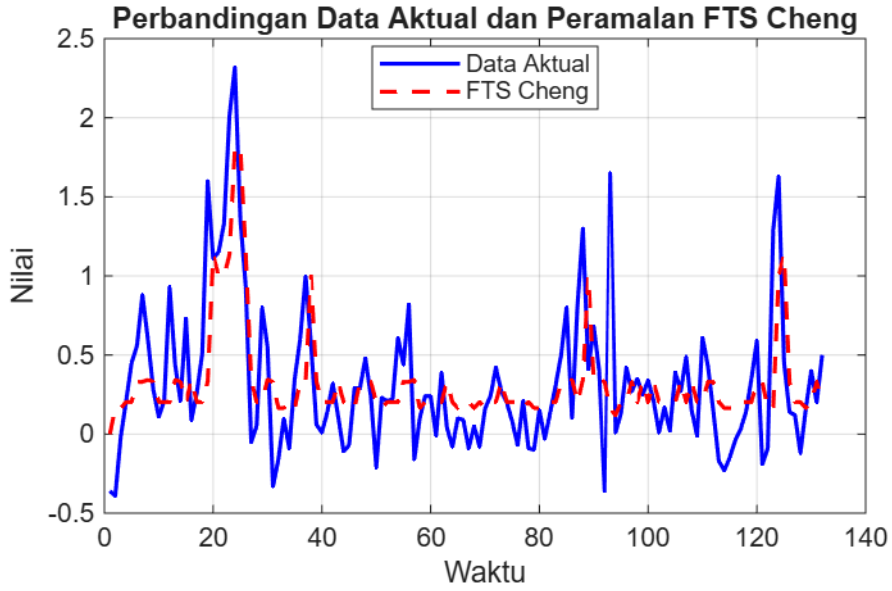
$$W = \begin{bmatrix} \frac{7}{22} & \frac{11}{22} & \frac{2}{22} & 0 & \frac{1}{22} & 0 & \frac{1}{22} & 0 \\ \frac{10}{56} & \frac{26}{56} & \frac{16}{56} & \frac{4}{56} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{3}{32} & \frac{15}{32} & \frac{8}{32} & \frac{4}{32} & \frac{1}{32} & \frac{1}{32} & 0 & 0 \\ \frac{1}{9} & \frac{3}{9} & \frac{4}{9} & 0 & \frac{1}{9} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{2}{5} & 0 & \frac{1}{5} & \frac{2}{5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & 0 & 0 & \frac{1}{4} \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

Step 6. Menghitung nilai peramalan dengan mengalikan matriks pembobot ternormalisasi (W^*) dan nilai tengah (m_i). Sebagian data berdasarkan hasil perhitungan tersedia dalam tabel 7 berikut :

Tabel 7. Hasil Peramalan Akhir FTS Cheng

t	Bulan	Data Aktual	Peramalan Akhir
1	Jan-15	-0.3600	
2	Feb-15	-0.3900	0.1643
3	Mar-15	-0.0200	0.1643
4	Apr-15	0.2100	0.2028
5	May-15	0.4500	0.2028
⋮	⋮	⋮	⋮
128	Aug-25	-0.1200	0.2028
129	Sep-25	0.1600	0.1643
130	Oct-25	0.4000	0.2028
131	Nov-25	0.2000	0.3298
132	Dec-25	0.5000	0.2028

Visualisasi grafik perbandingan antara data aktual dan nilai peramalan menggunakan FTS Cheng menggunakan MATLAB dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



Gambar 3. Grafik Data Aktual dan FTS Cheng menggunakan MATLAB

Berdasarkan gambar 3, menampilkan perbandingan antara data aktual dan hasil peramalan Fuzzy Time Series (FTS) Cheng yang menunjukkan pola grafik yang konsisten, yaitu garis data aktual (biru) berfluktuasi cukup tajam pada periode tertentu, terutama pada puncak-puncak nilai, sementara garis FTS Cheng (merah) mengikuti arah pergerakan data dengan pola yang lebih halus. Hal ini menunjukkan bahwa metode FTS Cheng mampu menangkap tren umum dan dinamika perubahan data, meskipun pada beberapa titik ekstrem masih terlihat selisih antara nilai aktual dan hasil peramalan. Perbedaan yang tampak antara kedua gambar lebih disebabkan oleh perbedaan tampilan dan gaya visualisasi antara MATLAB dan Excel, bukan pada perbedaan hasil perhitungan model.

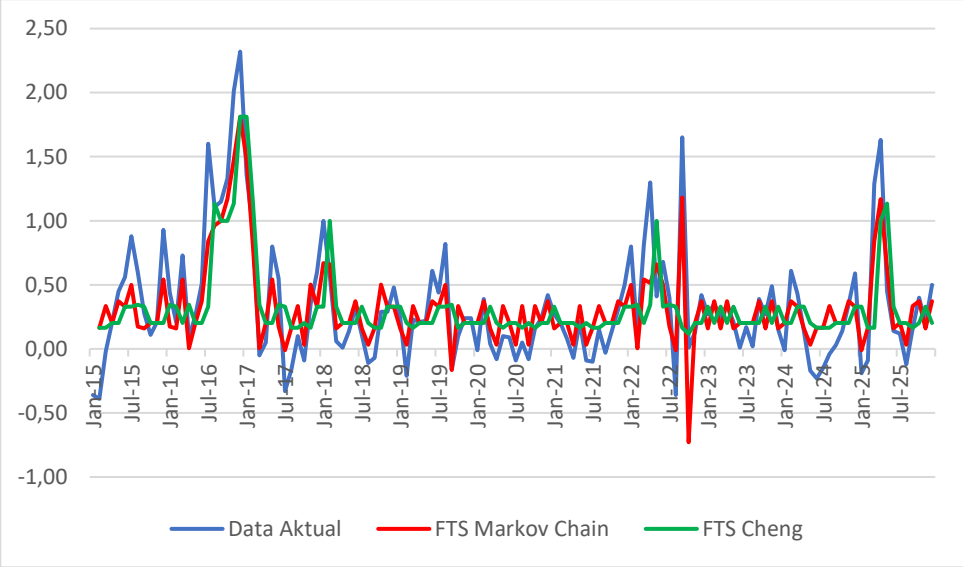
Tingkat Keakuratan

Pengujian tingkat keakuratan peramalan pada hasil peramalan menggunakan model Fuzzy time series Markov Chain dan Fuzzy time series Cheng dilakukan untuk mengetahui seberapa baik model yang digunakan dalam memprediksi nilai inflasi. Tingkat keakuratan secara lengkap disajikan pada tabel dibawah ini :

Tabel 8. Tingkat Keakuratan Peramalan

Fuzzy time series Markov Chain		Fuzzy time series Cheng	
MAE	**RMSE**	**MAE**	**RMSE**
0.1811	0.2371	0.2659	0.3656

Visualisasi grafik perbandingan antara data aktual dan nilai peramalan akhir menggunakan FTS Markov Chain dan FTS Cheng dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



Gambar 4. Grafik Data Aktual, FTS Markov Chain, dan FTS Cheng

Berdasarkan gambar 4, terlihat bahwa model FTS Markov Chain lebih mampu mengikuti pola naik dan turunnya inflasi data aktual. Ditunjukkan dari garis peramalan FTS Markov Chain yang lebih responsif terhadap lonjakan dan penurunan inflasi, terutama pada periode-periode terjadinya perubahan signifikan. Keunggulan ini juga dibuktikan secara kuantitatif melalui nilai pengukuran tingkat akurasi MAE sebesar 0.1811 dan RMSE sebesar 0.2371, yang lebih kecil dibandingkan MAE 0.2659 dan RMSE 0.3656 pada FTS Cheng. Nilai kesalahan yang lebih rendah menunjukkan bahwa FTS Markov Chain memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dan lebih stabil dalam merepresentasikan pola inflasi di Kabupaten Kudus.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai penerapan model Fuzzy Time Series (FTS) Markov Chain dan FTS Cheng dalam memprediksi inflasi di Kabupaten Kudus, dapat disimpulkan bahwa kedua model mampu digunakan untuk melakukan peramalan inflasi dengan pendekatan berbasis fuzzy. Proses penerapan kedua metode dimulai dari penentuan semesta pembicaraan, pembentukan interval, fuzzifikasi data, pembentukan hubungan logika fuzzy, hingga proses defuzzifikasi untuk menghasilkan nilai peramalan. Namun, secara visual dan numerik, FTS Markov Chain menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam mengikuti pola fluktuasi data actual inflasi di Kabupaten Kudus dibandingkan FTS Cheng, terutama pada periode terjadinya lonjakan atau penurunan inflasi yang signifikan.

Perbedaan akurasi antara kedua model terlihat jelas dari nilai akurasi kesalahan yang dihasilkan. Model FTS Markov Chain menghasilkan nilai MAE sebesar 0.1811 dan RMSE sebesar 0.2371, sedangkan model FTS Cheng menghasilkan nilai MAE sebesar 0.2659 dan RMSE sebesar 0.3656. Nilai MAE dan RMSE yang lebih kecil pada FTS Markov Chain menunjukkan bahwa kesalahan peramalan lebih rendah dan hasil prediksi lebih mendekati data aktual. Perbedaan ini terjadi karena FTS Markov Chain mempertimbangkan probabilitas transisi antar state, sehingga mampu menangkap dinamika perubahan inflasi secara lebih detail dibandingkan FTS Cheng yang hanya mengandalkan hubungan fuzzy secara langsung.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model FTS Markov Chain merupakan model fuzzy yang paling efektif dan efisien untuk memprediksi inflasi di Kabupaten Kudus. Model ini tidak hanya memberikan tingkat akurasi yang lebih tinggi, tetapi juga lebih adaptif terhadap perubahan pola data, sehingga lebih tepat digunakan sebagai alat bantu peramalan inflasi bagi pihak-pihak terkait dalam perencanaan dan pengambilan kebijakan ekonomi daerah.

Saran

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil menjawab rumusan masalah dengan menunjukkan keunggulan model FTS Markov Chain dalam memprediksi inflasi di Kabupaten Kudus. Temuan ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik di bidang ekonomi,

serta mendorong inovasi dalam metode prediksi berbasis fuzzy logic. Dengan demikian, penelitian ini membuka jalan bagi aplikasi model fuzzy yang lebih adaptif di era digitalisasi data ekonomi.

DAFTAR PUSTAKA

Amalani, M. Z. B., Santoso, N. A., & Syefudin, S. (2025). Perbandingan Metode ARIMA dan Fuzzy Time Series dalam Peramalan Harga Eceran Daging Sapi di Indonesia. *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, *4*(3), 2232–2242. https://doi.org/10.31004/riggs.v4i3.2283

Atmawanti, I. I., Hakim, A. R., & Tarno, T. (2024b). Perbandingan Fuzzy Time Series Markov Chain dan Fuzzy Time Series Cheng. *Jurnal Gaussian*, *13*(1), 121–132. https://doi.org/10.14710/j.gauss.13.1.121-132

BPS. (2024). *Inflasi Kabupaten Kudus 2015-2024*. Diakses pada [11 Agustus 2025], dari laman https://kuduskab.bps.go.id

Chen, S. M., & Hwang, J. R. (2000). Temperature Prediction Using Fuzzy Time Series. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics*, *30*(2), 263–275. https://doi.org/10.1109/3477.836375

Faroh, R. A. (2016). Penerapan Model Fuzzy Time Series Markov Chain Untuk Peramalan Inflasi. *Journal Of Maulana Malik Ibrahim University*, *3*(2), 9–57.

Fikri, I., Admi Salma, Dodi Vionanda, & Zilrahmi. (2023). Comparison of Fuzzy Time Series Markov Chain and Fuzzy Time Series Cheng to Predict Inflation in Indonesia. *UNP Journal of Statistics and Data Science*, *1*(4), 306–312. https://doi.org/10.24036/ujsds/vol1-iss4/76

Firdaus, E. M., Putra, A. J. D., & Findasari. (2024). Teorema Densitas pada Himpunan Semua Bilangan Samar. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Matemtika*, *5*(1), 5–9.

Hariyanto, S., Sumanto, Y. D., Khabibah, S., & Zaenurrohman. (2023). Average-Based Fuzzy Time Series Markov Chain Based on Frequency Density Partitioning. *Journal of Applied Mathematics*, *6*(2), 4–11. https://doi.org/10.1155/2023/9319883

Hidayati, I. N., Al Haris, M., & Utami, T. W. (2022). Metode Average Based Fuzzy Time Series Markov Chain pada Data Laju Inflasi di Indonesia. *Seminar Nasional UNIMUS*, *5*(2), 2–17. www.bi.go.id

Ibaad, M. I., Siringoringo, M., Purnamasari, I., Yuniarti, D., & Suyitno, S. (2025). Penerapan Metode Fuzzy Time Series Markov Chain Untuk Meramalkan Nilai Transaksi Belanja Menggunakan Uang Elektronik di Indonesia. *Jurnal Gaussian*, *14*(2), 290–301. https://doi.org/10.14710/j.gauss.14.2.290-301

Latifah, I., Himayati, A. I. A., & Findasari. (2025). Perbandingan Metode Setengah Rata-rata dan Metode Kuadrat Terkecil Untuk Prediksi Pendapatan pada Pedagang UMKM di Kabupaten Demak. *Journal of Innovation Research and Knowledge*, *4*(12), 2–12.

Mankiw, N. G. (2018). Principles of Macroeconomics by N. *Aufl., Boston*. https://www.academia.edu/download/62396763/Principles-Of-Macroeconomics-by-N.-Gregory-Mankiw-Paperback20200317-85465-1l2g853.pdf

Putri, I. A., El Maidah, N., & Ariful Furqon, M. (2024). Penerapan Metode Fuzzy Time Series Cheng Pada Peramalan Inflasi di Indonesia. *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, *13*(2), 183–191. https://doi.org/10.34010/komputika.v13i2.12108

Sofiah, H., Prodi, N., Syari'ah, E., Uin, P., Gunung, S., Bandung, D., Komala, C., & Syari'ah, P. E. (2019). Analisis Indeks Harga Konsumen Menurut Kelompok Pengeluaran Nasional 2018. *Jurnal Perspektif*, *3*(2), 2–9.

Wu, H., Long, H., & Jiang, J. (2025). Mixed-Order Fuzzy Time Series Forecast. *Journal Mathematics MDPI*, *13*(11), 2–13. https://doi.org/10.3390/math13111705

Anwar, K., & Surarso, B. (2024). International Journal of Current Science Research and Review Forecasting High-Order Multifactor Cross Relations Using Fuzzy Time Series and Frequency Density. *International Journal of Current Science Research and Review*, *7*, 1–11. https://doi.org/10.47191/ijcsrr/V7-i11-25

Arnita, Afnisah, N., & 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: Conference Series*, *1462*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1462/1/012044

BPS. (2024). *Inflasi Kabupaten Kudus 2015-2024*. https://kuduskab.bps.go.id

Fikri, I., Admi Salma, Dodi Vionanda, & Zilrahmi. (2023). Comparison of Fuzzy Time Series Markov Chain and Fuzzy Time Series Cheng to Predict Inflation in Indonesia. *UNP Journal of Statistics and Data Science*, *1*(4), 306–312. https://doi.org/10.24036/ujsds/vol1-iss4/76

Husain, A. A., Surarso, B., Farikhin, & Irawanto, B. (2021). Forecasting model of Covid-19 cases using fuzzy time series using persentage change. *Journal of Physics: Conference Series*, *1943*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1943/1/012127

Iman Telaumbanua, S. J., & Febrian, D. (2023). Numerical: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika Comparison of Fuzzy Time Series Markov Chain and Fuzzy Time Series Lee in North Sumatra Import Value Forecasting. *Numerical: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, *7*(1). https://doi.org/10.25217/numerical.v7i1

Park, J., Zeghdoudi, H., Tahir Ismail, M., & Devianto, D. (2022). The hybrid model of autoregressive integrated moving average and fuzzy time series Markov chain on long-memory data. *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics*, 2.

Sofhya, H. (2022). Comparison of Fuzzy Time Series Chen and Cheng to Forecast Indonesia Rice Productivity. *Eduma : Mathematics Education Learning and Teaching*, *11*(1), 119–128. https://doi.org/10.24235/eduma.v11i1

Sunusi, N., Sikib, A. A., & Pasari, S. (2025). A novel hybrid CLARA and fuzzy time series Markov chain model for predicting air pollution in Jakarta. *MethodsX*, *14*. https://doi.org/10.1016/j.mex.2025.103202

Vianita, E., Tantyoko, H., & Fahmi, M. (2025). A Novel Fuzzy Time Series Markov Chain Model for Forecasting Demand Flexibility Services (DFS) Power Requirements Based on KMeans Clustering. *International Journal of Research and Review*, *12*(6), 73–82. https://doi.org/10.52403/ijrr.20250608