



Perbandingan Arima dan *Fuzzy Time Series Markov Chain* Untuk Meramalkan Prediksi Hasil Panen Kopi (Studi Kasus Kabupaten Bengkulu Tengah Tahun 2012-2022)

Emiya Surabina Br Saragih¹, Fridz Meryatdas Gumay², Meisya Fajriyanti¹, Samuel Eurico Siregar¹, Winalia Agwil¹

¹Program Studi Statistika, Universitas Bengkulu,

²Badan Pusat Statistik Kabupaten Bengkulu Tengah, Bengkulu

*Corresponding Author: emiasaragih@gmail.com

Article Information

Article History:

Submitted: 25 12 2023

Accepted: 09 05 2024

Published: 31 12 2024

Key Words:

Yields

ARIMA

Fuzzy Time Series Markov Chain

Forecasting

DOI:

<https://doi.org/10.333369/diophantine.v3i2.32049>

Abstract

This study aims to compare the ARIMA and Fuzzy Time Series Markov Chain methods in forecasting coffee yield predictions in the case study of Central Bengkulu Regency in 2012-2022. The steps carried out in this study include data collection, data analysis, data modeling, model testing, model evaluation, and conclusion. The ARIMA model is used to model the linear components of the coffee yield data, while the Fuzzy Time Series Markov Chain method is used to model the non-linear components. Model testing is done by comparing the forecasting results of both models with actual data. Evaluation is done using evaluation metrics such as Mean Absolute Percentage Error (MAPE) and Root Mean Square Error (RMSE). Based on the results of the study, it was concluded that the ARIMA model provides better forecasting results compared to the Fuzzy Time Series Markov Chain method. However, keep in mind that the selection of the best model is not only determined by error values and accuracy. There are several other factors to consider, such as data characteristics, model complexity, and interpretation of forecasting results.

1. PENDAHULUAN

Pemodelan statistik untuk data runtun waktu dilakukan secara bertahap oleh para peneliti. mengembangkan model *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) ini sebagai prosedur standar untuk pemodelan runtun waktu *linear*. Metode ARIMA adalah metode yang sering juga akan digunakan untuk memodelkan data runtun waktu. Metode ini biasanya memerlukan banyak asumsi yang nantinya harus dipenuhi dalam pemodelannya. *Fuzzy Time Series* (FTS) pertama kali diusulkan, yang diterapkan dalam konsep logika *fuzzy* untuk mengembangkan dasar dari model FTS dengan menggunakan metode *time invariant* dan *time variant*. FTS dapat digunakan untuk meramalkan data runtun waktu berpola stasioner atau musiman tanpa mengandung *trend*. Selain itu, FTS dapat digunakan untuk meramalkan data runtun waktu yang mengandung pola nonlinear. Logika *fuzzy* diperkenalkan pertama kali, yang mana itu merupakan peningkatan dari logika *Boolean*. FTS dapat digunakan untuk meramalkan data runtun waktu yang mengandung pola nonlinear. Hasil peramalan yang akurat dan sangat penting dalam menentukan kebijakan yang tepat dalam pengelolaan hasil panen kopi. Metode ARIMA digunakan untuk memodelkan komponen *linear* dari data hasil panen kopi, sedangkan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* ini akan digunakan untuk memodelkan komponen nonlinear [1].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hasil Panen Kopi

Petani merupakan seorang yang memanfaatkan segala sumber daya hayati dalam melakukan usaha

seperti bercocok tanam dan beternak guna memenuhi keberlangsungan hidup. Petani adalah individu yang bekerja dalam bidang sektor pertanian pada lahan yang diusahakan dengan niat keuntungan ekonomi [2].

Komoditas perkebunan utama yaitu komoditas kopi. Oleh karena itu apabila usaha tani kopi dikembangkan dengan manajemen yang sangat baik dan nantinya terdapat pendampingan, usaha tani kopi menjadi salah satu peluang usaha yang berkelanjutan. Hal ini dikarenakan hasil panen usaha tani kopi yang akan menjadi bahan baku olahan makanan dan minuman, yang dimana saat ini merupakan *trend* masa kini atau konsumsi yang sangat aktif bagi kalangan masyarakat Indonesia sekitar. Penunjang keberhasilan usahatani kopi dipengaruhi dinamika kelompok dan manajerial petani [3].

2.2 Time Series

Time series adalah rangkaian data yang berupa nilai pengamatan yang diukur selama kurun waktu tertentu, berdasarkan waktu dengan interval yang *uniform* sama. Data *time series* adalah data yang terdiri dari satu objek namun terdiri dari beberapa waktu periode, seperti harian, mingguan, bulanan, dan tahunan.

Deret waktu (*time series*) merupakan kumpulan observasi data dari suatu variabel yang terurut dalam waktu. Analisis dari data deret waktu memiliki fokus untuk melakukan pola perubahan pada masa lampau, yang dapat digunakan untuk memperkirakan atau memprediksi pola perubahan pada masa yang akan datang. Metode data deret waktu adalah metode peramalan yang menggunakan analisis hubungan antara variabel yang akan diestimasi dengan variabel waktu [4].

2.3 Stasioneritas

Persyaratan stasioneritas ini juga merupakan hal mutlak pada pemodelan Box-Jenkins ARIMA. Stasioneritas dapat terlihat bentuk visual dari *plot* data deret waktu. Berdasarkan *plot* data dapat terlihat apakah data bersifat stasioner atau *nonstasioner*.

Stasioneritas juga dapat dideteksi melalui *plot* autokorelasi. Nilai-nilai autokorelasi dari data stasioner akan turun sampai dengan nol sesudah *time lag* kedua atau ke tiga, sedangkan untuk data yang tidak stasioner nilai-nilai tersebut signifikan berbeda dari nol untuk beberapa periode waktu. Dengan kata lain, data deret waktu *non* stasioner seringkali teridentifikasi dengan *plot* autokorelasi yang turun sangat lambat [5].

2.4 Estimasi Parameter Model ARIMA

Secara umum ada beberapa metode untuk menduga parameter model ARMA (p,q) seperti metode momen, metode kuadrat terkecil, metode kemungkinan maksimum, dan kuadrat terkecil tak bersyarat. Pada bagian ini kita hanya akan membahas metode kemungkinan maksimum (*maximum likelihood*).

Untuk sebarang amatan X_1, X_2, \dots, X_n , deret waktu atau bukan, fungsi kemungkinan (*likelihood*) L didefinisikan sebagai densitas peluang bersama mendapatkan data yang diamati. Fungsi kemungkinan ini dianggap fungsi dari parameter yang tidak diketahui dengan amatan data dianggap tetap (*fixed*). Untuk model ARIMA fungsi kemungkinan L adalah fungsi dari ϕ, θ, μ , dan σ_ε^2 diketahui X_1, X_2, \dots, X_n . Sebagai contoh perhatikan model AR(1) dengan bentuk:

$$X_t = \phi X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

diasumsikan ε_t saling bebas dan berdistribusi normal dengan nilai tengah nol dan simpangan baku σ_ε [6].

2.5 Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Model ARIMA atau biasa dikenal model Box-Jenkins merupakan model yang yang biasa digunakan untuk memprediksi data runtun waktu. Struktur ARIMA terdiri dari AR(p), *differencing*(d), dan MA(q). Menurut [7] metode ARIMA merupakan metode yang dikembangkan oleh George Box dan Gwilyn Jenkins sehingga nama mereka sering digunakan dengan proses ARIMA atau metode *Box-Jenkins*. ARIMA diterapkan untuk analisis dan prakiraan data deret waktu (*time series*). Pemodelan ARIMA hanya menggunakan satu variabel (*univariate*) *time series* untuk menghasilkan prakiraan jangka pendek dan

menengah yang akurat. ARIMA akan cocok digunakan untuk prakiraan apabila observasi dari deret waktu (*time series*) secara statistik berhubungan satu sama lain. ARIMA memanfaatkan sepenuhnya data masa lalu dan sekarang untuk melakukan prakiraan jangka pendek hingga menengah yang akurat, sedangkan untuk prakiraan jangka panjang ketepatan prakiraannya kurang baik. Biasanya akan cenderung mendatar/konstan (*flat*) untuk periode yang cukup panjang.

Pemodelan ARIMA menggunakan pendekatan iteratif dalam proses identifikasi terhadap suatu model yang ada. Model yang dipilih diuji lagi dengan data masa lalu untuk melihat keakuratan data. Suatu model dikatakan sesuai atau tepat apabila residual antara model dengan titik data historis bernilai kecil, terdistribusi secara acak, dan bebas satu sama lainnya atau *white noise*.

2.6 Autoregressive Model (AR)

Autoregressive (AR) merupakan suatu observasi pada waktu *t* dinyatakan sebagai fungsi linier terhadap *p* waktu sebelumnya ditambah sebuah residual acak a_t yang *white noise* yaitu independen dan berdistribusi normal dengan rata-rata 0 dan varian konstan [8]. Bentuk umum model *autoregressive* dengan ordo *p* (AR(P)) atau model ARIMA (p,0,0) dinyatakan sebagai berikut:

$$X_t = \mu' + \phi_1 X_{t-1} + \dots + \phi_p X_{t-p} + e_t \tag{2}$$

Keterangan; X_t = data *time series* pada waktu ke-*t*, X_{t-p} = data *time series* pada kurun waktu ke-(*t-p*), μ' = nilai konstanta, ϕ_p = parameter *autogressive* ke-*p*, e_t = nilai kesalahan pada saat *t*

2.7 Moving Average (MA)

Moving Average (MA) digunakan untuk menjelaskan suatu fenomena bahwa suatu observasi pada waktu *t* dinyatakan sebagai kombinasi linier dari sejumlah *error* acak, sedangkan nilai X_t pada MA menunjukkan kombinasi kesalahan linier masa lalu (*lag*). Bentuk umum model *Moving Average* dengan ordo *p* (MA (q)) atau model ARIMA (0,0,q) dinyatakan sebagai berikut:

$$X_t = \mu' + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_p e_{t-p} \tag{3}$$

Keterangan; X_t = data *time series* pada waktu ke-*t*, μ' = nilai konstanta, e_{t-p} = nilai kesehatan saat *t-q*.

2.8 Autoregressive Moving Average (ARMA)

Model-model *autoregressive* (AR) dapat secara efektif digabungkan dengan model *moving average* (MA) untuk membentuk kelas model yang sangat umum dan berguna dalam model deret waktu berkala yang biasa dinamakan pola atau model *autoregressive moving average* (ARMA) [9]. Model umum untuk campuran proses AR(1) murni dan MA(1) murni, contohnya ARIMA (1,0,1) sebagai berikut:

$$X_t = \mu' + \phi_1 X_{t-1} + e_t - \theta_1 e_{t-1} \tag{4}$$

atau

$$(1 - \phi_1 B)X_t = \mu' + (1 - \theta_1 B)e_t \tag{5}$$

2.9 Peramalan

Peramalan adalah perkiraan atau penggambaran dari nilai atau kondisi di masa depan. Menurut [10] peramalan (*forecasting*) merupakan bagian vital bagi setiap organisasi bisnis dan untuk setiap pengambilan keputusan manajemen yang sangat signifikan. Peramalan merupakan suatu teknik untuk memperkirakan suatu nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data masa lalu maupun data saat ini.

2.10 Fuzzy Time Series Markov Chain

Time Series adalah data yang disusun berdasarkan urutan waktu atau data yang dikumpulkan dari

waktu ke waktu. *Fuzzy Time Series* diperkenalkan oleh Song, dan Chissom pada tahun 1993 untuk memprediksi masalah menggunakan data *time series* yang bersifat linguistik [11].

Misalkan U adalah himpunan semesta, $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, Maka suatu saat himpunan *fuzzy* A dan U didefinisikan sebagai,

$$A = \frac{f_A(u_1)}{u_1} + \frac{f_A(u_2)}{u_1} + \dots + \frac{f_A(u_n)}{u_1} \quad (6)$$

f_A adalah berfungsi sebagai keanggotaan dari A , $f_A: U \rightarrow [0,1]$ dan $f_A(u_i)$ menunjukkan derajat keanggotaan u_i yang dimaksud dalam himpunan *fuzzy* A dan $f_A(u_i) \in [0,1]$ dengan $1 \leq i \leq n$ [12].

Umumnya untuk langkah-langkah model *fuzzy time series* mencakup: 1. Menentukan hasil yang diperoleh semesta pembicaraan, dimana himpunan *fuzzy* akan didefinisikan. 2. Partisi himpunan semesta menjadi beberapainterval dengan panjang yang sama. 3. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* A . 4. *fuzzifikasi* data historis. 5. Menentukan *fuzzy logical relationship*. 6. Mengelompokkan *fuzzy logical relationship* (pada langkah 5). 7. Menghitung nilai peramalannya

Rumus probabilitas transisi adalah sebagai berikut :

$$P_{ij} = \frac{M_{ij}}{M_i}, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

dengan; P_{ij} = probabilitas transisi dari *state* A_i ke *state* A_j satu langkah, M_{ij} = jumlah transisi dari *state* A_i ke *state* A_j satu langkah, M_i = jumlah data yang termasuk dalam *state* A_i

Matriks probabilitas R dari seluruh *state* dapat dituliskan sebagai berikut [13]:

$$R = \begin{bmatrix} P_{11} & \dots & P_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Bengkulu Tengah. Jenis data yang digunakan adalah data *time series*, data tersebut merupakan data Hasil Panen Kopi tahun 2012 - 2022.

Tahapan analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

A. *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*

- 1) Mengumpulkan data
- 2) Mengidentifikasi model
- 3) Estimasi parameter
- 4) Melakukan peramalan
- 5) Membuat *plot*

B. *Fuzzy Time Series Markov Chain*

- 1) Menentukan *universe of discourse* (semesta pembicaraan) data distoris
- 2) Mendefinisikan himpunan *fuzzy* A_i dan melakukan fuzzifikasi pada data historis yang diamati.
- 3) Melakukan dan membuat tabel *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) berdasarkan data historis.
- 4) Mengklasifikasikan FLR yang telah diperoleh dari tahap ke-3 ke dalam grup-grup sehingga terbentuk *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG) dan mengkombinasikan hubungan yang sama.
- 5) Melakukan predeksi
- 6) Mengumpulkan data
- 7) Membuat matriks probabilitas transisi
- 8) Menghitung prediksi untuk masa mendatang
- 9) Menghitung probabilitas *Steady State*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Eksplorasi Data

Analisis ini bertujuan untuk mendeskripsikan gambaran secara mendalam dan objektif mengenai jumlah kasus penyakit menular berdasarkan kecamatan di Bengkulu Tengah pada tahun 2022. Berikut rincian dari ringkasan nilai statistik deskriptif yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Hasil Panen Kopi

Variabel	Hasil Panen Kopi
Mean (rata-rata)	330.7
Varians	12.18947
Median	206.0
Nilai Maksimum	1.689
Nilai Minimum	0.0

Berdasarkan Tabel 1 didapatkan nilai mean, varians, maksimum, minimum pada variable Hasil Panen Kopi tahun 2012-2022.

4.2 Estimasi Parameter

Estimasi parameter dalam konteks model ARIMA mengacu pada proses menentukan nilai-nilai optimal untuk parameter p, d, dan q. Berikut estimasi parameter dalam model ARIMA:

Tabel 2. Uji Signifikan

Model	Koefisien Nilai Parameter		
	AR1	MA1	AIC
ARIMA (1,1,1)	0.3064	-0.2922	350.77
ARIMA (1, 0, 1)	0.9162	0.0447	351.97

Dari Tabel 2 di atas dapat dilihat bahwa model ARIMA (1, 1, 1) adalah model terbaik karena memiliki nilai AIC yang paling kecil yaitu 350.77. Jadi, pada kasus ini model yang terbaik adalah ARIMA (1, 1, 1).

4.3 Model Terbaik

Tabel 3. Nilai AIC dan BIC

Model	AIC	BIC
ARIMA (1, 1, 1)	350.56	358.9
ARIMA (1, 0, 1)	351.97	363.12

Berdasarkan Tabel 2 jelas terlihat bahwa model ARIMA (1, 1, 1) memiliki nilai AIC dan BIC terkecil sehingga dapat dikategorikan sebagai model terbaik.

Diperoleh hasil persamaan model ARIMA sebagai berikut:

$$Z_t = 0.0268Z_{t-1} + 0.0013Z_{t-2} + \dots + 0.1463e_{t-2}^2$$

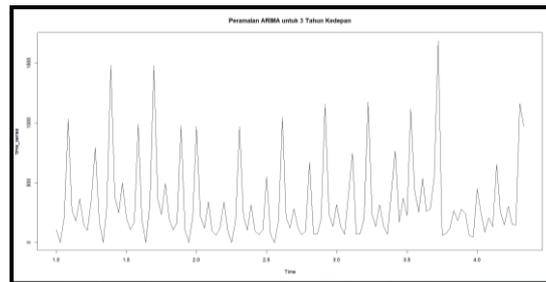
4.4 Peramalan

Peramalan merupakan suatu teknik untuk memperkirakan suatu nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data masa lalu maupun data saat ini.

Tabel 4. Peramalan ARIMA

Tahun	Kecamatan	ARIMA	Actual
2012	Talang Empat	3.557531	3566
2012	Semidang Lagan	3.557315	4562
2012	Karang Tinggi	3.557249	4512
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
2022	Bang Haji	3.557220	4216

Berdasarkan Tabel 5 di atas, dapat dilihat bahwa nilai peramalan 3 tahun kedepan menggunakan ARIMA akan mendekati nilai aktual yang artinya nilai peramalan cukup bagus.



Gambar 1. Plot Peramalan ARIMA

Berdasarkan *plot* di atas dapat dilihat bahwa peramalan ARIMA pada garis berwarna hijau dan didapat nilai MAPE sebesar 1.2%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini model ARIMA bagus untuk dilakukan untuk peramalan hasil panen kopi.

4.5 Hasil Analisis Fuzzy Time Series Markov Chain

Jumlah keseluruhan hasil produksi kopi di Kabupaten Bengkulu Tengah pada rentang waktu tahun 2012 hingga 2022 sebesar 40016 ribu ton, dimana Kecamatan Bang Haji menghasilkan kopi tertinggi dengan total hasil panen sebesar 8754 ribu ton dan Kecamatan Semidang Lagan memiliki total produksi terendah dengan total hasil panen sebesar 794 ribu ton. Berikut adalah tabel bentuk matriks probabilitas jumlah produksi kopi:

Tabel 5. Matriks Probabilitas Jumlah Produksi Kopi

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} 0,030 & 0,000 & 0,058 & 0,289 & 0,077 & 0,050 & 0,102 & 0,041 & 0,028 & 0,102 & 0,223 \\ 0,038 & 0,000 & 0,066 & 0,369 & 0,084 & 0,054 & 0,110 & 0,045 & 0,023 & 0,037 & 0,217 \\ 0,042 & 0,000 & 0,069 & 0,328 & 0,081 & 0,052 & 0,109 & 0,043 & 0,023 & 0,037 & 0,217 \\ 0,041 & 0,000 & 0,084 & 0,374 & 0,084 & 0,042 & 0,133 & 0,037 & 0,023 & 0,046 & 0,131 \\ 0,035 & 0,000 & 0,067 & 0,358 & 0,082 & 0,038 & 0,117 & 0,036 & 0,024 & 0,040 & 0,204 \\ 0,022 & 0,000 & 0,063 & 0,367 & 0,073 & 0,042 & 0,100 & 0,043 & 0,022 & 0,033 & 0,236 \\ 0,019 & 0,020 & 0,056 & 0,327 & 0,066 & 0,038 & 0,089 & 0,038 & 0,020 & 0,115 & 0,211 \\ 0,019 & 0,020 & 0,056 & 0,329 & 0,065 & 0,037 & 0,089 & 0,038 & 0,020 & 0,113 & 0,214 \\ 0,029 & 0,063 & 0,038 & 0,190 & 0,074 & 0,043 & 0,091 & 0,044 & 0,048 & 0,093 & 0,287 \\ 0,030 & 0,036 & 0,057 & 0,132 & 0,090 & 0,138 & 0,119 & 0,028 & 0,022 & 0,222 & 0,125 \\ 0,021 & 0,049 & 0,031 & 0,155 & 0,061 & 0,035 & 0,125 & 0,036 & 0,035 & 0,276 & 0,231 \end{bmatrix}$$

Cara untuk menghitung probabilitas pada tahun pertama $\pi(1)$ yaitu tahun 2023 dilakukan dengan cara mengalikan vektor *initial state* $\pi(0)$ dengan matriks probabilitas, dimana $\pi(0)$ merupakan jenis *state* yang dilambangkan dengan bilangan biner 0 atau 1. Berikut adalah hasil prediksi panen kopi tahun 2023 – 2025:

Tabel 6. Hasil Prediksi Panen Kopi Tahun 2023-2025

$$\begin{aligned}
 P_{2023} &= [0,030 \quad 0,000 \quad 0,058 \quad 0,289 \quad 0,077 \quad 0,050 \quad 0,102 \quad 0,041 \quad 0,028 \quad 0,102 \quad 0,223] \\
 P_{ij} &= \begin{bmatrix} 108 & 0 & 206 & 1032 & 274 & 177 & 365 & 145 & 101 & 362 & 796 \\ 175 & 0 & 301 & 1485 & 383 & 247 & 502 & 205 & 106 & 168 & 990 \\ 190 & 0 & 311 & 1479 & 365 & 234 & 492 & 195 & 104 & 165 & 977 \\ 107 & 0 & 218 & 969 & 218 & 120 & 343 & 96 & 59 & 118 & 340 \\ 94 & 0 & 180 & 969 & 222 & 102 & 316 & 96 & 108 & 108 & 552 \\ 62 & 0 & 180 & 1046 & 209 & 120 & 284 & 122 & 93 & 93 & 672 \\ 69 & 72 & 200 & 1159 & 233 & 133 & 316 & 135 & 407 & 407 & 746 \\ 69 & 72 & 200 & 1174 & 233 & 133 & 316 & 135 & 403 & 403 & 764 \\ 169 & 372 & 225 & 1118 & 436 & 252 & 538 & 260 & 546 & 546 & 1689 \\ 60 & 73 & 116 & 268 & 182 & 279 & 241 & 57 & 45 & 449 & 253 \\ 87 & 205 & 130 & 655 & 259 & 146 & 301 & 150 & 146 & 1162 & 975 \end{bmatrix} \\
 P_{2024} &= [0,030 \quad 0,019 \quad 0,060 \quad 0,282 \quad 0,075 \quad 0,051 \quad 0,105 \quad 0,036 \quad 0,025 \quad 0,126 \quad 0,187] \\
 P_{ij} &= \begin{bmatrix} 175 & 0 & 301 & 1485 & 283 & 247 & 502 & 205 & 106 & 168 & 990 \\ 190 & 0 & 311 & 1479 & 365 & 234 & 492 & 195 & 104 & 165 & 977 \\ 107 & 0 & 218 & 969 & 218 & 120 & 343 & 96 & 59 & 118 & 672 \\ 94 & 0 & 180 & 969 & 222 & 102 & 316 & 96 & 64 & 108 & 746 \\ 62 & 0 & 180 & 1046 & 209 & 120 & 316 & 122 & 64 & 93 & 764 \\ 69 & 72 & 200 & 1159 & 233 & 133 & 538 & 135 & 280 & 407 & 1689 \\ 69 & 72 & 200 & 1174 & 233 & 133 & 316 & 135 & 70 & 403 & 764 \\ 169 & 372 & 225 & 1118 & 436 & 252 & 538 & 260 & 280 & 546 & 1689 \\ 60 & 73 & 116 & 268 & 182 & 279 & 241 & 57 & 45 & 449 & 252 \\ 87 & 205 & 130 & 655 & 259 & 146 & 301 & 150 & 146 & 1162 & 975 \\ 95 & 74 & 185 & 894 & 241 & 154 & 329 & 122 & 89 & 446 & 653 \end{bmatrix} \\
 P_{2025} &= [0,030 \quad 0,018 \quad 0,061 \quad 0,283 \quad 0,076 \quad 0,054 \quad 0,106 \quad 0,036 \quad 0,025 \quad 0,121 \quad 0,185] \\
 P_{ij} &= \begin{bmatrix} 190 & 0 & 311 & 1479 & 365 & 234 & 249 & 195 & 104 & 165 & 977 \\ 107 & 0 & 218 & 969 & 218 & 120 & 343 & 96 & 59 & 118 & 340 \\ 94 & 0 & 180 & 969 & 222 & 102 & 316 & 96 & 64 & 108 & 552 \\ 62 & 0 & 180 & 1046 & 209 & 120 & 284 & 122 & 64 & 93 & 672 \\ 69 & 72 & 200 & 1159 & 233 & 133 & 316 & 135 & 70 & 407 & 746 \\ 69 & 72 & 200 & 1174 & 233 & 133 & 316 & 135 & 70 & 403 & 764 \\ 169 & 372 & 225 & 1118 & 436 & 252 & 538 & 260 & 280 & 546 & 1689 \\ 60 & 73 & 116 & 268 & 182 & 279 & 241 & 57 & 45 & 449 & 253 \\ 87 & 205 & 130 & 655 & 259 & 146 & 301 & 150 & 146 & 1162 & 975 \\ 95 & 74 & 185 & 894 & 241 & 154 & 329 & 122 & 89 & 446 & 653 \\ 93 & 66 & 186 & 965 & 245 & 141 & 330 & 125 & 89 & 337 & 708 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Secara singkatnya dapat dilihat berdasarkan table berikut:

Tabel 7. Prediksi hasil panen kopi (ribu ton)

Thn	T.E	S.L	K.T	T.P	M.K	PG.J	M.S	P.KG	P.KP	PD.J	B.H
2023	95,6	74,0	185,8	894,9	241,8	154,4	329,2	122,8	89,3	446,0	653,2
2024	93,9	66,5	186,2	965,1	245,1	141,6	330,9	125,9	89,1	377,8	708,3
2025	91,3	78,1	190,2	1004	252,9	152,7	337,5	137,4	97,98	314,0	783,5

Prediksi probabilitas *steady state* diperoleh dengan cara melakukan iterasi probabilitas transisi *n*-langkah hingga mencapai kondisi seimbang dengan probabilitas *steady state* sebagai berikut:

Table 8. Probabilitas *steady state* Hasil Panen Kopi

Thn	T.E	S.L	K.T	T.P	M.K	PD.J	M.S	P.K	P.P	PG.J	B.H
2030	0,03	0,01	0,06	0,28	0,07	0,05	0,10	0,03	0,02	0,12	0,185

Tabel di atas menunjukkan bahwa probabilitas *steady state* hasil panen kopi di Kabupaten Bengkulu Tengah diprediksi akan terjadi pada tahun 2030 dengan nilai probabilitas *steady state* untuk Kecamatan Talang Empat sebesar 0,030 , Semidang Lagan sebesar 0.017, Kecamatan Karang Tinggi sebesar 0,061, Kecamatan Taba Penanjung sebesar 0.285, Kecamatan Padang Jati sebesar 0.053 dan Kecamatan Merigi Sakti sebesar 0,106, Kecamatan Pondok Kubang sebesar 0,036, Kecamatan Pondok Kelapa sebesar 0.025, Kecamatan Pagar Jati sebesar 0.120, Kecamatan Bang Haji sebesar 0,185.

Tabel 9. Hasil Nilai MAPE

Kriteria	MAPE
Nilai Akurasi	1.261875

Berdasarkan tabel 6, dapat dilihat bahwa nilai akurasi nilai MAPE sebesar 1.2618.

4.6 Perbandingan antara metode ARIMA dengan *Fuzzy Time Series Markov Chain*

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah salah satu metrik evaluasi yang digunakan untuk mengukur tingkat kesalahan peramalan dalam bentuk *persentase*. Semakin kecil nilai MAPE, maka hasil peramalan semakin baik. Namun, perlu diingat bahwa pemilihan model terbaik tidak hanya ditentukan oleh nilai *error* dan akurasi saja. Terdapat beberapa faktor lain yang perlu dipertimbangkan, perbandingan ini seperti karakteristik data, kompleksitas model, dan interpretasi hasil peramalan.

Perbandingan ini dapat dilihat dari nilai *error* nya, Semakin kecil nilai MAPE, maka hasil peramalan semakin baik. Berdasarkan hasil yang ditentukan di atas, nilai MAPE terhadap metode ARIMA lebih baik dari pada metode *Fuzzy Time Series Markov Chain* dengan perbandingan 1,2% dengan 1.2618.

5 SIMPULAN

Perbandingan metode ARIMA dan *Fuzzy Time Series Markov Chain* dalam meramalkan prediksi hasil panen kopi pada studi kasus Kabupaten Bengkulu Tengah tahun 2012 – 2022. Berdasarkan hasil penelitian ini, diperoleh kesimpulan bahwa model ARIMA memberikan hasil peramalan yang lebih baik dibandingkan dengan metode *Fuzzy Time Series Markov Chain*. Model ARIMA menghasilkan nilai MAPE sebesar 67,09, sedangkan model *Fuzzy Time Series Markov Chain* menghasilkan nilai MAPE sebesar 1,2618. Oleh karena itu, model *Fuzzy Time Series Markov Chain* dapat digunakan sebagai alternatif dalam meramalkan hasil panen kopi pada studi kasus Kabupaten Bengkulu Tengah tahun 2012-2022. Namun, perlu diingat bahwa pemilihan model terbaik tidak hanya ditentukan oleh nilai *error* dan akurasi saja. Terdapat beberapa faktor lain yang harus lebih perlu untuk dipertimbangkan, seperti karakteristik data, kompleksitas model, serta semua interpretasi hasil peramalan.

REFERENSI

- [1] Bernadette, B. M. *et al.* 2010. *Foundations of reasoning under uncertainty, Studies in fuzziness and soft computing*. Nex York: Springer.
- [2] Hadiutomo, T. (2012). *Petani dan Pertanian di Indonesia: Sebuah Kajian Ekonomi dan Sosial*. Jakarta: Pustaka Pertanian.
- [3] Yusuf, M., Hidayat, T., & Surya, A. (2020). Dinamika Kelompok dan Manajerial Petani dalam Usaha Tani Kopi di Indonesia. *Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Masyarakat*, vol. 8, no. 2, pp. 105-120.
- [4] Fariza, A. (2018). *Modul Analisis Deret Waktu*. Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- [5] Purnomo, F. S., (2015). *Penggunaan Metode ARIMA untuk Prakiraan Beban Konsumsi Listrik Jangka Pendek*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- [6] Srinadi, G. A. M., dan Susilawati, M. (2018). *Estimasi Parameter Model ARIMA*. Bali: Universitas Udayana.
- [7] Fauzani, S. P., dan Rahmi, D. (2023). Penerapan Metode ARIMA dalam Peramalan Harga Produksi Karet di Provinsi Riau. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, vol. 2, no. 4.
- [8] Jannah, M., dan Indah, N. F. H. (2019). Estimation of Parameters Model Autoregressive Orde (1) by Using Maximum Likelihood Method. *MAP Journal*, vol.1, no. 2, pp. 38-48.
- [9] Muslihin, K. R. A., dan Ruchjana, B. N. (2023). Model Autoregressive Moving Avarage (ARMA) untuk Peramalan Tingkat Inflasi di Indonesia, vol. 20, no. 2, pp. 209-218.
- [10] Pongdatu, G., Abinowi, E. dan Wahyuddin. (2020). Peramalan Transaksi Penjualan dengan Metode *Holt Winters's Exponential Smoothing*. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, vol. 6, no. 3, pp. 288-233.
- [11] Heizer, J. & Render, B., 2011. *Manajemen Operasi*. Edisi Sembilan ed. Jakarta: Salemba Empat.
- [12] Kulkarni, V.G. (2011). *Introduction to Modeling and Analysis of Stochastic Systems Second Edition*. New York: Springer.
- [13] Indriati, Kumala. (2019). *Matriks, vector dan program linier*. Jakarta: penerbit Universitas Katolik Indonesia Jaya.