

Analisis peramalan data kekeringan lahan pertanian di kabupaten lamongan menggunakan metode *Fuzzy Time Series-Markov Chain*

Rifky Aisyatul Faroh¹, Salwa Nabilah², Nur Azizah Affandy³, Nur Nafi'iyah⁴, Muhammad Said⁵

¹Electrical Engineering, Universitas Islam Lamongan, East Java, Indonesia

²Civil Engineering, Universitas Islam Lamongan, East Java, Indonesia

³Informatics Engineering, Universitas Islam Lamongan, East Java, Indonesia

Correspondence: rifkyaisyatulfaroh@unisla.ac.id

Received: July 18, 2025 | **Revised:** August 30, 2025 | **Accepted:** September 17, 2025 | **Published Online:** Septemebr 30, 2025

Abstract

The agricultural sector in Lamongan Regency is severely affected by the threat of drought, potentially affecting food production and farmers' welfare. This study aims to forecast the area of agricultural drought with a very severe category in Lamongan Regency using the Fuzzy Time Series-Markov Chain (FTS-MC) method. The data used includes the average drought area based on the processing of Landsat 8 imagery from 2020–2024, rainfall data, and historical drought data from the Regional Disaster Management Agency. The selection of the FTS-MC method is based on its strength in dealing with uncertain data and modeling drought condition transitions probabilistically. The forecasting results show that the pattern produced by FTS-MC closely follows the actual pattern, with good accuracy indicated by a MAPE value of 13.25%. The forecast result for January 2025 incerased 925,421.43 m². This finding is expected to serve as a reference for local governments and other stakeholders in planning drought mitigation, irrigation management, and more adaptive, data-driven food security strategies.

Keywords: drought mitigation; food security; forecasting; FTS-MC

How to Cite: Faroh, R. A., Nabilah, S., Affandy, N. A., Nafi'iyah, N., & Said, M. (2025). Analisis peramalan data kekeringan lahan pertanian di kabupaten Lamongan menggunakan metode *Fuzzy Time Series-Markov Chain*. *Aksioma: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 16(2), 305-318. <https://doi.org/10.26877/bd1eqb34>

PENDAHULUAN

Pertanian merupakan sektor utama dalam perekonomian di banyak daerah di Indonesia, termasuk Kabupaten Lamongan. Pertanian menjadi sektor yang berkontribusi terhadap ekonomi regional dengan meningkatkan hasil komoditas lokal untuk memenuhi konsumsi pangan dan keperluan industri (Nasikh et al., 2021; Ramadhana et al., 2023). Ketergantungan substansial pada faktor-faktor klimatologis dan meteorologis menjadikan sektor ini sangat rentan terhadap perubahan lingkungan, terutama fenomena kekeringan. Kekeringan yang melanda lahan pertanian tidak hanya menurunkan hasil panen, tetapi juga memengaruhi kestabilan ekonomi petani serta ketahanan pangan daerah. Oleh karena itu, penting untuk memiliki sistem prediksi yang akurat guna mengantisipasi risiko kekeringan sejak dini.

Berdasarkan data dari Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian pada tahun 2022, Kabupaten Lamongan memiliki luas lahan sawah sekitar 88.050,7 hektare, yang mencakup kurang lebih 48,6% dari total wilayah kabupaten (Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian Kabupaten Lamongan, 2022). Sementara itu, menurut Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2023, total luas panen padi di wilayah ini mencapai sekitar 139.700 hektare setiap tahunnya, dengan total produksi gabah kering giling (GKG) sebesar 798.700 ton (Badan Pusat Statistik Kabupaten Lamongan, 2024). Upaya memproyeksikan hasil panen padi di masa mendatang dapat membantu pemerintah dalam menyusun kebijakan yang berorientasi pada penguatan ketahanan pangan di Indonesia (Saipuddin et al., 2024). Hal ini menunjukkan betapa vitalnya sektor pertanian dalam menunjang ketahanan pangan dan kesejahteraan masyarakat lokal.

Namun demikian, keberlangsungan pertanian di Lamongan sangat rentan terhadap ancaman kekeringan, terutama pada musim kemarau yang diperparah oleh fenomena iklim global seperti El Niño. Menurut informasi dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), beberapa daerah di Indonesia diperkirakan selama musim kemarau akan menghadapi kekeringan meteorologis tahun 2024 (Waluyo, 2024). Berdasarkan laporan BMKG tahun 2023, Lamongan termasuk dalam kategori daerah dengan potensi tinggi mengalami kekeringan meteorologis (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2023) saat curah hujan turun selama beberapa bulan berturut-turut di bawah ambang batas 50 mm per bulan (Fadilah, 2024). Dampak dari kekeringan ini antara lain berupa penurunan produktivitas pertanian, kerusakan tanaman, hingga kegagalan panen di sejumlah kecamatan (Nurhaliza, 2024).

Kabupaten Lamongan, dengan luas lahan pertanian yang signifikan serta keanekaragaman komoditas unggulannya, sering menghadapi variabilitas curah hujan yang berdampak pada terjadinya kekeringan musiman. (Mulyanti, 2023; Wibisono, 2017). Citra dari Landsat 8 telah memiliki koreksi geometrik bawaan, sehingga proses pengolahan hanya mencakup koreksi radiometrik, meliputi kalibrasi serta koreksi atmosfer untuk membersihkan efek atmosfer pada citra sehingga bisa mendapatkan nilai citra yang sesungguhnya (Nabilah et al., 2025). Data kekeringan *Normalized Difference Drought Index* (NDDI) yang telah diperoleh dari Citra Landsat 8 kemudian akan dilakukan analisis peramalan menggunakan FTS-MC. FTS pertama kali diperkenalkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993 dengan memadukan teori fuzzy set dan

penggunaan variabel linguistik. Metode ini digunakan untuk memprediksi data historis yang berbentuk linguistik, di mana hasil prediksinya berupa bilangan real (Song & Chissom, 1993). FTS-MC dikembangkan oleh Tsaur tahun 2012 dengan langkah seperti pada Gambar 1 (Tsaur, 2012). Akurasi metode FTS-MC dievaluasi melalui perhitungan MAPE dengan membandingkan data empiris dan hasil prediksi (Chang et al., 2006). Pendekatan tradisional dalam memprediksi kekeringan seringkali belum mampu menangkap pola dinamis dari data historis secara tepat, sehingga dibutuhkan metode yang lebih adaptif dan akurat dalam peramalan. Selain itu, upaya mitigasi kekeringan sangat bergantung pada kemampuan untuk melakukan prediksi atau peramalan secara akurat terhadap pola kekeringan berdasarkan data historis. Metode statistik tradisional seperti regresi linier atau model statistik klasik cenderung kurang efektif dalam menangani data yang bersifat non-linier, fluktuatif, dan tidak pasti seperti data kekeringan sehingga dibutuhkan pendekatan alternatif seperti Fuzzy Time Series yang lebih adaptif terhadap dinamika data historis (Tsaur, 2012).

Salah satu pendekatan alternatif yang relevan adalah metode *Fuzzy Time Series* (FTS), dapat merepresentasikan ketidakpastian data serta pola musiman melalui pendekatan linguistik (Hariyanto et al., 2023; Shah, 2007; Zaenurrohman et al., 2021). Keunggulan FTS terletak pada kemampuannya dalam memodelkan ketidakpastian linguistik serta menangani data non-linear (Pant & Kumar, 2025; Sullivan & Woodall, 1994). Efektivitas model FTS sangat bergantung pada penentuan panjang interval yang tepat serta pemodelan hubungan logika *fuzzy* (Pattanayak et al., 2020). Namun, metode FTS murni memiliki keterbatasan dalam memprediksi transisi status antar waktu secara probabilistik. Oleh karena itu, diperlukan integrasi dengan metode Markov Chain, yang dapat memperkuat model prediktif dengan memperhitungkan probabilitas transisi antar status kekeringan berdasarkan pola historis (Tsaur, 2012).

Fuzzy Time Series-Markov Chain (FTS-MC) adalah teknik prediksi untuk data time series yang memanfaatkan perpaduan antara logika fuzzy dan rantai Markov untuk menghasilkan ramalan yang lebih akurat pada data yang tidak pasti. Metode ini sangat efektif digunakan pada data yang fluktuatif dan tidak pasti, seperti prediksi kekeringan, cuaca, harga, atau kondisi lingkungan, karena mampu menangkap pola dan kemungkinan perubahan kondisi secara bertahap (Al-adawiyah et al., 2022; Chen & Hsu, 2004).

Peramalan menggunakan rantai markov pada data curah hujan dilakukan oleh

Saputri et al., pada tahun 2024 dengan hasil peramalan curah hujan di Kabupaten Sarolangun menunjukkan bahwa hanya Kecamatan Sarolangun dan Kecamatan Batang Asai yang memenuhi sifat Markov (Saputri et al., 2024). Pada tahun yang sama, Julida dan Murni membandingkan FTS model Chen dan FTS-MC untuk meramalkan curah hujan di Padang. Hasil dari penelitian tersebut yaitu model FTS-MC menunjukkan performa lebih baik daripada model Chen (Julida & Murni, 2024). Penelitian tahun 2023 yang dilakukan oleh Kurniawati Safitri dan rekan-rekannya mengenai peramalan curah hujan dengan metode FTS-MC bertujuan untuk memprediksi curah hujan bulanan di Kota Pontianak berdasarkan data historis dari Januari 2017 hingga Maret 2022. Hasil peramalan untuk bulan April 2022 menunjukkan nilai sebesar 175,01 mm. Evaluasi akurasi menggunakan metode Mean Absolute Percentage Error (MAPE) menghasilkan nilai sebesar 31,56%, yang dikategorikan cukup baik. Dengan demikian, metode FTS-MC dianggap mampu memberikan hasil peramalan curah hujan yang layak untuk digunakan, meskipun tingkat akurasinya belum tergolong sangat tinggi (Safitri et al., 2023).

Penelitian menggunakan FTS-MC pernah dilakukan oleh Laily et al., tahun 2023 untuk meramalkan curah hujan sebagai informasi untuk jadwal tanaman padi. Data yang digunakan adalah data hujan bulanan periode 2017-2022 di Kabupaten Madaliling Natal. Hasil penelitian tersebut yaitu nilai MAPE yang tergolong sangat baik, 4,30% (Laily et al., 2023). Metode FTS-MC juga pernah digunakan untuk peramalan produksi padi oleh Mubarrok dan Abdurrahman tahun 2021. Himpunan fuzzy yang digunakan adalah 7 serta memperoleh hasil MAPE sebesar 4,93% dan lebih akurat dibanding FTS klasik dengan nilai MAPE 5,70% (Mubarrok & Abdurakhman, 2021). Selain pada bidang pertanian, penelitian dengan metode FTS-MC juga digunakan untuk meramalkan nilai inflasi. Penelitian tersebut dilakukan oleh Faroh tahun 2016 dengan hasil FTS-MC lebih baik dibandingkan FTS Klasik dengan tingkat kesalahan MAPE sebesar 1,5% dan 2,25% (Faroh, 2016).

Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan luas kekeringan lahan pertanian kategori sangat parah di Kabupaten Lamongan menggunakan metode FTS-MC untuk mengkaji kekeringan lahan pertanian di Kabupaten Lamongan yang diharapkan memberikan informasi awal yang dapat dimanfaatkan oleh pemangku kepentingan, seperti pemerintah daerah dan petani, dalam perencanaan irigasi, distribusi air, dan strategi mitigasi

kekeringan serta dapat diperoleh model peramalan yang lebih andal dalam memprediksi kekeringan lahan pertanian di Kabupaten Lamongan.

METODE

Ukuran sampel penelitian yang layak yaitu antara 30 sampai dengan 500 (Sugiyono, 2019). Pada penelitian ini data yang digunakan adalah 60 data yang diperoleh dari Citra Landsat 8 akuisisi bulan Januari-Desember tahun 2020-2024, data curah hujan, peta batas administrasi (peta RBI) Kabupaten Lamongan, dan data histori kekeringan BPBD Kabupaten Lamongan. Peramalan kekeringan melalui metode FTS-MC dijelaskan dalam langkah-langkah berikut (Faroh, 2016; Hidayatullah et al., 2024).

Langkah 1. Penentuan Himpunan Semesta U serta nilai D_{min} dan D_{max} .

Langkah 2. Partisi himpunan U menjadi 7 bagian.

Langkah 3. Penentuan himpunan kabur.

Langkah 4. Fuzifikasi Data.

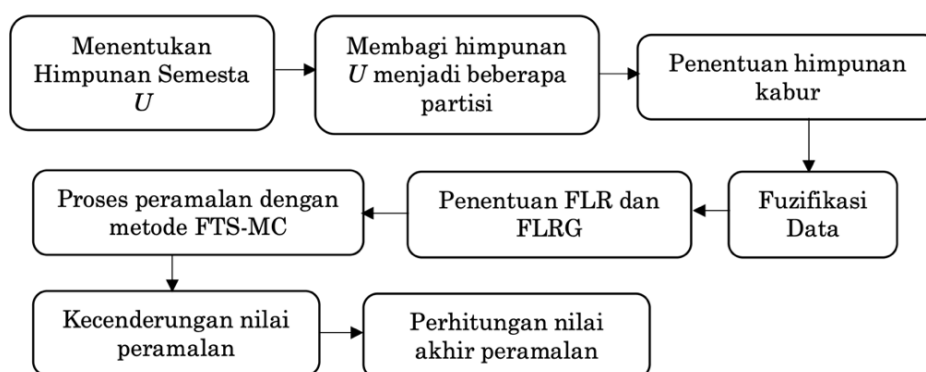
Langkah 5. Penentuan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) dan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG).

Langkah 6. Proses peramalan dengan metode FTS-MC awal.

Langkah 7. Penentuan kecenderungan nilai peramalan.

Langkah 8. Perhitungan nilai akhir peramalan.

Langkah-langkah di atas dapat di lihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Metode FTS-MC

Tingkat ketepatan suatu metode peramalan merujuk pada kemampuan metode tersebut dalam memprediksi nilai di masa mendatang dengan tingkat akurasi yang tinggi. Sehingga, untuk mengetahui ketepatan tersebut digunakan metode MAPE untuk

menghitung nilai kesalahan dalam peramalan. Kriteria nilai MAPE mengikuti aturan pada Tabel 1 berikut (Samudra et al., 2024).

Tabel 1. Kriteria Nilai MAPE

Nilai MAPE (dalam persen)	Kriteria
<10	Sangat Baik
10 – 20	Baik
20 – 50	Cukup
> 50	Buruk

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengolahan Data Citra Landsat 8

Sumber data dalam riset ini adalah data rata-rata luas kekeringan dengan kategori sangat parah di Kabupaten Lamongan. Rata-rata luas kekeringan diperoleh dari total luas kekeringan yang dibagi dengan jumlah kecamatan di Kabupaten Lamongan, yaitu sebanyak 27 kecamatan. Data rata-rata luas kekeringan di Kabupaten Lamongan pada tahun 2020–2024 dijelaskan dalam Tabel 2 berikut dengan interval bulanan.

Tabel 2. Data rata-rata luas kekeringan (sangat parah) di Kabupaten Lamongan (m²)

Bulan	Tahun				
	2020	2021	2022	2023	2024
Januari	432166,6667	19136,84211	64164,70588	676012,5	4350
Februari	226368	5700	216466,6667	181211,5385	179820
Maret	2506000	1238066,667	551536,3636	760633,3333	715966,6667
April	563256	1926000	619452	1691266,667	452007,6923
Mei	32282,6087	587566,6667	682026,9231	837933,3333	753900
Juni	751966,6667	283366,6667	353066,6667	757000	97788,46154
Juli	1126166,667	1657666,667	519933,3333	2962266,667	130466,6667
Agustus	2529311,538	2604200	1128766,667	3906766,667	4400833,333
September	3532200	2291300	2197315,385	3917700	7764733,333
Oktober	1291356	5851666,667	2085504,545	8854233,333	9178096,154
Nopember	745333,3333	435866,6667	226350	12867833,33	5282633,333
Desember	74150	447300	84773,07692	1843200	89400

Tabel 2 menunjukkan data rata-rata luas kekeringan sangat parah (dalam meter persegi) di Kabupaten Lamongan dari tahun 2020 hingga 2024, yang dibagi per bulan. Terlihat bahwa luas wilayah terdampak kekeringan bervariasi setiap tahun dan bulan. Pada tahun 2020, kekeringan cukup tinggi terutama pada bulan Agustus (2.529.311,538 m²) dan Juli (1.126.166,667 m²). Namun, pada tahun 2021 terjadi penurunan signifikan, misalnya di bulan Januari hanya tercatat 19.136,84211 m², dan Februari hanya 5.700 m². Tahun 2022 menunjukkan tren peningkatan kembali, terutama di bulan Oktober dengan 2.085.504,545 m². Puncaknya terjadi pada tahun 2023 dan 2024, dengan lonjakan luas

kekeringan di bulan Oktober, masing-masing sebesar 8.854.233,333 m² dan 9.178.096,154 m². Hal ini mengindikasikan bahwa musim kemarau yang ekstrem terus memburuk pada tahun-tahun terakhir, terutama menjelang akhir tahun. Secara keseluruhan, bulan Agustus hingga Oktober cenderung menjadi periode paling terdampak, yang mungkin berkaitan dengan puncak musim kemarau di wilayah tersebut.

2. Hasil Perhitungan Peramalan FTS-MC

Analisis hasil perhitungan peramalan kekeringan wilayah Kabupaten Lamongan tahun 2020–2024 melalui metode FTS-MC diperoleh dengan melakukan langkah-langkah berikut.

Langkah 1. Himpunan Semesta $U = [4300; 12900000]$ dengan $D_1 = 50$, $D_2 = 32166,6667$, $D_{min} = 4350$ dan $D_{max} = 12867833.33$.

Langkah 2. Partisi himpunan U menjadi 7 bagian, $u_1 = [4300; 1846542,86]$, $u_2 = [1846542,86; 3688785,71]$, $u_3 = [3688785,71; 5531028,57]$, $u_4 = [5531028,57; 7373271,43]$, $u_5 = [7373271,43; 9215514,29]$, $u_6 = [9215514,29; 11057757,14]$, dan $u_7 = [11057757,14; 12900000]$.

Langkah 3. Penentuan himpunan kabur. Melalui pendekatan himpunan kabur, data kekeringan dikategorikan ke dalam 7 level dengan masing-masing memiliki nilai keanggotaan yang menunjukkan sejauh mana data berada dalam kategori tersebut.

Langkah 4. Fuzifikasi Data. Hasil fuzifikasi data diberikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Data Fuzzy

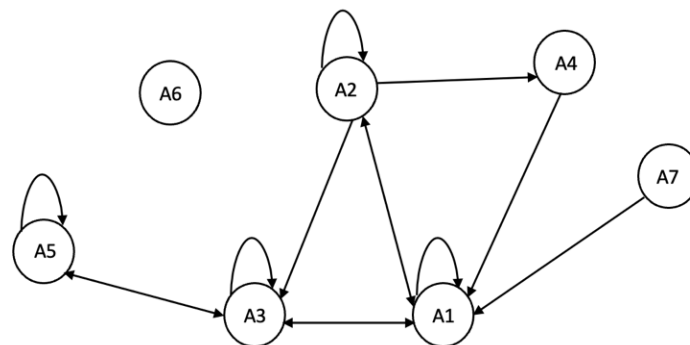
Bulan dan Tahun	Data Aktual (m ²)	Data Fuzzy
Jan 2020	432166.6667	A_1
Feb 2020	226368	A_1
Mar 2020	2506000	A_2
Apr 2020	563256	A_1
Mei 2020	32282.6087	A_1
⋮	⋮	⋮
Agus 2024	4400833,333	A_3
Sept 2024	7764733,333	A_3
Okt 2024	9178096,154	A_5
Nop 2024	5282633,333	A_3
Des 2024	89400	A_1

Langkah 5. Penentuan FLR dan FLRG.

Tabel 4. FLR

Urutan Data	FLR	Urutan Data	FLR	Urutan Data	FLR	Urutan Data	FLR
1-2	$A_1 \rightarrow A_1$	16-17	$A_2 \rightarrow A_1$	31-32	$A_1 \rightarrow A_1$	46-47	$A_5 \rightarrow A_7$
2-3	$A_1 \rightarrow A_2$	17-18	$A_1 \rightarrow A_1$	32-33	$A_1 \rightarrow A_2$	47-48	$A_7 \rightarrow A_1$
3-4	$A_2 \rightarrow A_1$	18-19	$A_1 \rightarrow A_1$	33-34	$A_2 \rightarrow A_2$	48-49	$A_1 \rightarrow A_1$
4-5	$A_1 \rightarrow A_1$	19-20	$A_1 \rightarrow A_2$	34-35	$A_2 \rightarrow A_1$	49-50	$A_1 \rightarrow A_1$
5-6	$A_1 \rightarrow A_1$	20-21	$A_2 \rightarrow A_2$	35-36	$A_1 \rightarrow A_1$	50-51	$A_1 \rightarrow A_1$
6-7	$A_1 \rightarrow A_1$	21-22	$A_2 \rightarrow A_4$	36-37	$A_1 \rightarrow A_1$	51-52	$A_1 \rightarrow A_1$
7-8	$A_1 \rightarrow A_2$	22-23	$A_4 \rightarrow A_1$	37-38	$A_1 \rightarrow A_1$	52-53	$A_1 \rightarrow A_1$
8-9	$A_2 \rightarrow A_2$	23-24	$A_1 \rightarrow A_1$	38-39	$A_1 \rightarrow A_1$	53-54	$A_1 \rightarrow A_1$
9-10	$A_2 \rightarrow A_1$	24-25	$A_1 \rightarrow A_1$	39-40	$A_1 \rightarrow A_1$	54-55	$A_1 \rightarrow A_1$
10-11	$A_1 \rightarrow A_1$	25-26	$A_1 \rightarrow A_1$	40-41	$A_1 \rightarrow A_1$	55-56	$A_1 \rightarrow A_3$
11-12	$A_1 \rightarrow A_1$	26-27	$A_1 \rightarrow A_1$	41-42	$A_1 \rightarrow A_1$	56-57	$A_3 \rightarrow A_5$
12-13	$A_1 \rightarrow A_1$	27-28	$A_1 \rightarrow A_1$	42-43	$A_1 \rightarrow A_2$	57-58	$A_5 \rightarrow A_5$
13-14	$A_1 \rightarrow A_1$	28-29	$A_1 \rightarrow A_1$	43-44	$A_2 \rightarrow A_3$	58-59	$A_5 \rightarrow A_3$
14-15	$A_1 \rightarrow A_1$	29-30	$A_1 \rightarrow A_1$	44-45	$A_3 \rightarrow A_3$	59-60	$A_3 \rightarrow A_1$
15-16	$A_1 \rightarrow A_2$	30-31	$A_1 \rightarrow A_1$	45-46	$A_3 \rightarrow A_5$		

Hasil FLRG dapat digambarkan menjadi proses transisi seperti Gambar 2 berikut.

**Gambar 2.** Proses Perpindahan FLRG

Langkah 6. Proses peramalan dengan metode FTS-MC diawali dengan penggunaan data historis. FLRG yang telah dibentuk sebelumnya menjadi dasar penyusunan matriks probabilitas transisi Markov berukuran 7×7 , di mana setiap elemen merepresentasikan nilai probabilitas tertentu. Matriks transisi probabilitistik dimuat dalam Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Matriks transisi probabilitistik antara $state A_i$ ke A_j

P_{ij}	j						
	1	2	3	4	5	6	7
1	34/41	6/41	1/41				
2	4/9	3/9	1/9	1/9			
3	1/4		1/4		2/4		
4	1/1						
5			1/3		1/3		1/3
6							
7	1/1						

Mengacu pada nilai probabilitas dalam Tabel 5, perhitungan peramalan awal dilakukan dengan memanfaatkan data historis. Oleh karena itu, proses peramalan dimulai

dari bulan Februari 2020 (data ke-2). Hasil lengkap peramalan awal disajikan pada tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Hasil Peramalan Awal (m^2)

Bulan	Tahun				
	2020	2021	2022	2023	2024
Januari	-	558454,297	888392,509	587760,426	2045968,12
Februari	875842,915	533330,378	570670,557	1078056,53	521068,118
Maret	691275,436	522187,631	696969,744	667733,785	666579,826
April	2475749,21	1544150,23	974832,42	1148229,91	1111189,26
Mei	949951,858	2282415,87	1031152,7	1919974,62	892296,449
Juni	544231,745	1004711,21	1083044,1	1212332,35	1142646,17
Juli	1141042,92	752447,793	810247,793	1145216,9	598553,672
Agustus	1451355,11	1892111,21	948625,029	2627838,1	625652,671
September	2483519,72	2508482,54	1453511,21	5355243,45	5478760,12
Oktober	2817815,87	2404182,54	2372854,33	5357976,79	8117839,68
Nopember	-343751,54	925421,429	3563745,96	8481006,35	8588960,62
Desember	2315639,79	878911,208	705165,679	925421,429	5699210,12

Langkah 7. Kecenderungan nilai peramalan sebesar 9211121,43.

Langkah 8. Perhitungan nilai akhir peramalan. Nilai akhir peramalan merupakan nilai prediksi yang telah mengalami penyesuaian, yaitu hasil dari nilai awal peramalan yang telah dikoreksi dengan nilai penyesuaian tertentu. Nilai peramalan akhir untuk seluruh data mengenai rata-rata luas kekeringan diperoleh melalui proses perhitungan berdasarkan aturan yang telah ditetapkan, dan disajikan dalam Tabel 7.

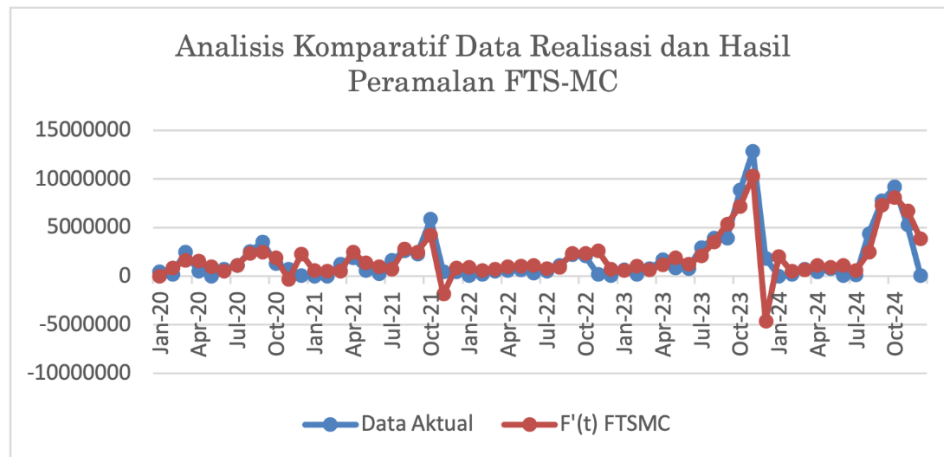
Tabel 7. Hasil Peramalan Akhir (m^2)

Bulan	Tahun				
	2020	2021	2022	2023	2024
Januari	-	558454,297	888392,509	587760,426	2045968,12
Februari	875842,915	533330,378	570670,557	1078056,53	521068,118
Maret	1612396,86	522187,631	696969,744	667733,785	666579,826
April	1554627,78	2465271,66	974832,42	1148229,91	1111189,26
Mei	949951,858	1361294,44	1031152,7	1919974,62	892296,449
Juni	544231,745	1004711,21	1083044,1	1212332,35	1142646,17
Juli	1141042,92	752447,793	810247,793	2066338,33	598553,672
Agustus	2372476,54	2813232,64	948625,029	3548959,52	2467895,53
September	2483519,72	2508482,54	2374632,64	5355243,45	7321002,98
Oktober	1896694,44	4246425,4	2372854,33	7200219,64	8117839,68
Nopember	-343751,54	-1837942,9	2642624,53	10323249,2	6746717,77
Desember	2315639,79	878911,208	705165,679	-4601307,1	3856967,26

Hasil peramalan memperlihatkan bahwa musim kekeringan ekstrem secara konsisten terjadi pada bulan Agustus hingga Oktober, dan ini berhasil ditangkap oleh model FTS-MC. Hal ini sejalan dengan kondisi iklim di Indonesia, di mana puncak musim kemarau biasanya terjadi pada triwulan ketiga. Peningkatan signifikan pada tahun 2023–2024 juga tercermin pada hasil peramalan, terutama pada bulan Oktober dan

November. Hal ini bisa menjadi indikasi bahwa perubahan iklim global mulai berdampak nyata di wilayah lokal, dan perlu strategi adaptasi jangka panjang. Model ini cocok untuk perencanaan mitigasi bencana kekeringan, seperti penjadwalan irigasi, peringatan dini, dan distribusi air.

Perbandingan data aktual dengan hasil peramalan FTS-MC di Kabupaten Lamongan tahun 2020-2024 ditampilkan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Analisis Komparatif Data Realisasi dan Hasil Peramalan FTS-MC

Gambar 3 memperlihatkan hasil peramalan dengan metode FTS-MC, yang digambarkan dengan garis merah, menunjukkan pola yang sejalan dengan pola data aktual rata-rata luas kekeringan yang ditampilkan dengan garis biru. Meskipun terdapat perbedaan nilai, kecenderungan pola peramalan mengikuti tren data sebenarnya. Evaluasi akurasi peramalan menggunakan metode MAPE, dan diperoleh nilai sebesar 13,25%, yang berarti rata-rata kesalahan relatif terhadap nilai aktual hanya sekitar 13%. Dalam konteks pemodelan cuaca dan bencana, nilai ini tergolong sangat baik, sesuai dengan kriteria nilai MAPE yang dapat dilihat pada Tabel 1, hal tersebut menunjukkan bahwa FTS-MC cukup andal dan akurat sehingga dapat digunakan untuk menghitung nilai ramalan periode selanjutnya, Januari 2025 yaitu sebesar 925421,43 m².

SIMPULAN

Berdasarkan penjelasan, peramalan menggunakan FTS-MC memiliki nilai akurasi yang akurat, hal ini berdasarkan nilai MAPE yang dihasilkan sebesar 13,25%. Hasil ramalan yang diperoleh untuk bulan Januari 2025 adalah sebesar 925421,43 m². Penelitian ini bertujuan untuk meramalkan luas kekeringan lahan pertanian kategori sangat parah di Kabupaten Lamongan menggunakan metode FTS-MC guna mendukung

upaya masyarakat dan pemerintah dalam menghadapi permasalahan yang terkait dalam hal menangani atau mengurangi dampak bencana kekeringan di tahun-tahun berikutnya, guna meminimalkan efek yang ditimbulkan oleh bencana kekeringan serta diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengambilan keputusan strategis oleh pemerintah daerah, dinas pertanian, dan para petani, terutama dalam merancang sistem peringatan dini, pengelolaan irigasi, serta alokasi sumber daya air secara efisien untuk mengurangi dampak kekeringan di masa mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia yang mendanai penelitian ini pada tahun 2025. Ucapan terima kasih juga disampaikan secara khusus kepada Litbang Pemas Universitas Islam Lamongan yang terus memberikan dukungan, fasilitasi, dan pendampingan selama pelaksanaan penelitian.

DEKLARASI

Kontribusi Penulis : RAF: Konseptualisasi, Penulisan Draf Asli, Penyuntingan, Analisis Formal, Metodologi dan Visualisasi; SN: Pengumpulan Data, Tinjauan & Penyuntingan; NAA: Tinjauan. NN: Tinjauan; MS: Survei dan Pengumpulan Data

Pernyataan Pendanaan : Penelitian ini didanai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia (2025) untuk mendukung dan mendanai penelitian ini.

Konflik Kepentingan : Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

Al-adawiyah, S. H., Alisah, E., & Aziz, A. (2022). Perbandingan tingkat akurasi metode average based fuzzy time series Markov chain dan algoritma novel fuzzy time series. *Jurnal Riset Mahasiswa Matematika*, 1(3), 129–142. <https://doi.org/10.18860/jrmm.v1i3.14332>

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. (2023). Prakiraan-bulanan: Indeks kekeringan dan kebasahan meteorologis 3 bulanan di Provinsi Jawa Timur. <https://Staklim-Jatim.Bmkg.Go.Id>. <https://staklim-jatim.bmkg.go.id/index.php>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Lamongan. (2024). *Luas panen dan produksi padi di kabupaten Lamongan 2023 (angka tetap)*. <https://lamongankab.bps.go.id/id/pressrelease/2024/07/03/46/luas-panen-dan-produksi-padi-di-kabupaten-lamongan-2023--angka-tetap-.html>
- Chang, P.-C., Liu, C.-H., Yeh, C.-H., & Chen, S.-H. (2006). *The development of a weighted evolving Fuzzy neural network*. 4114, 212–221. https://doi.org/10.1007/11816171_28
- Chen, S.-M., & Hsu, C.-C. (2004). A new method to forecast enrollments using Fuzzy time series. *International Journal of Applied Science and Engineering*, 2(3), 234–244.
- Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian Kabupaten Lamongan. (2022). *Potensi pertanian Kabupaten Lamongan*. <https://lamongankab.go.id/beranda/dinkpp/post/6073>
- Fadilah, A. (2024). *Waspada kemarau! BMKG sebut Indonesia berpotensi alami kekeringan meteorologis*. [bmkg.go.id](https://www.bmkg.go.id). https://www.bmkg.go.id/siaran-pers/waspada-kemarau-bmkg-sebut-indonesia-berpotensi-alami-kekeringan-meteorologis?utm_source=chatgpt.com
- Faroh, R. A. (2016). *Penerapan model fuzzy time series-Markov chain untuk peramalan inflasi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- 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*, 2023, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2023/9319883>
- Hidayatullah, M. P., Yozza, H., & Rahmi HG, I. (2024). Perbandingan metode fuzzy time series Markov chain dan fuzzy time series Cheng dalam meramalkan nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika Serikat (AS). *Jurnal Matematika*, 12(2), 121–134. <https://doi.org/10.25077/jmua.12.2.121-134.2023>
- Julida, S., & Murni, D. (2024). Perbandingan metode fuzzy time series model Chen dan model Markov chain untuk memprediksi curah hujan di Kota Padang. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(1).
- Laily, Y. H., Rakhmawati, F., & Husein, I. (2023). Penerapan fuzzy time series-Markov chain dalam peramalan curah hujan sebagai jadwal tanaman padi. *Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*, 4(1), 162–174. <https://doi.org/10.46306/lb.v4i1>
- Mubarrok, M. N., & Abdurakhman, A. (2021). *Fuzzy time series Markov chain untuk peramalan produksi padi*. Universitas Gadjah Mada.
- Mulyanti, H. (2023). Apakah kekeringan ekstrem lokal berkaitan dengan fenomena El Niño? *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu Dan Pendidikan Geografi*, 7(2), 154–164. <https://doi.org/https://doi.org/10.29408/geodika.v7i2.12527>
- Nabilah, S., Faroh, R. A., Affandy, N. A., Nisa, T. Z., & Wijaya, B. R. (2025). Analisis peta kekeringan lahan pertanian di Kabupaten Lamongan menggunakan NDDI (Normalized Difference Drought Index). *Jurnal Ilmiah MITSU (Media Informasi*

- Teknik Sipil Universitas Wiraraja), 13(1), 43–54.
<https://doi.org/10.24929/ft.v13i1.3761>
- Nasikh, Kamaludin, M., Narmaditya, B. S., Wibowo, A., & Febrianto, I. (2021). Agricultural land resource allocation to develop food crop commodities: lesson from Indonesia. *Heliyon*, 7(7), e07520. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07520>
- Nurhaliza, S. (2024). *Kekeringan meluas menjadi dampak El Nino mengancam wilayah pertanian*. <https://Amf.or.Id>. <https://amf.or.id/2024/11/kekeringan-meluas-menjadi-dampak-el-nino-mengancam-wilayah-pertanian/>
- Pant, S., & Kumar, S. (2025). PIFS, ARC and Markov model based hybrid method for fuzzy time series forecasting. *Expert systems with Applications*, 279, 127510. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2025.127510>
- Pattanayak, R. M., Panigrahi, S., & Behera, H. S. (2020). High-order fuzzy time series forecasting by using membership values along with data and support vector machine. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45(12), 10311–10325. <https://doi.org/10.1007/s13369-020-04721-1>
- Ramadhana, A. Z., Sormin, C., & Sufri, S. (2023). Regresi data panel pada faktor yang mempengaruhi pendapatan asli daerah di Provinsi Jambi. *AKSIOMA: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 14(2), 230–240.
- Safitri, K., Kusnandar, D., & Debataraja, N. N. (2023). Peramalan curah hujan dengan metode fuzzy time series Markov Chain. *Buletin Ilmiah Math. Stat. Dan Terapannya (Bimaster)*, 12(1), 35–42.
- Saipuddin, F. A., Dimpudus, A., & Fendiyanto, P. (2024). Peramalan hasil produksi padi di desa Mulawarman dengan metode trend moment. *AKSIOMA: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 15(1), 105–113.
- Samudra, M. S. R., Marcellina, D., Terttiaavini, T., Yulianti, E., Coyanda, J. R., & Putri, I. P. (2024). Penerapan metode forecasting dalam menentukan prediksi jumlah mahasiswa baru dengan menggunakan single exponential smoothing. *Jurnal Ilmiah Informatika Global*, 15(2).
- Saputri, S. M., Yurinanda, S., & Sormin, C. (2024). Prediksi curah hujan di Kabupaten Sarolangun menggunakan rantai Markov. *AKSIOMA: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 15(2), 213–223.
- Shah, M. (2007). Fuzzy time series: A realistic method to forecast gross domestic capital of India. In *Analysis and Design of Intelligent Systems using Soft Computing Techniques* (pp. 255–264). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72432-2_26
- Song, Q., & Chissom, B. S. (1993). Forecasting enrollments with Fuzzy time series – part I. *Fuzzy Sets Systems*, 54(1), 1–9.
- Sugiyono, S. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sullivan, J., & Woodall, W. H. (1994). A comparison of fuzzy forecasting and Markov modeling. *Fuzzy Sets and Systems*, 64(3), 279–293. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(94\)90152-X](https://doi.org/10.1016/0165-0114(94)90152-X)

- Tsaur, R.-C. (2012). A fuzzy time series-Markov Chain model with an application to forecast the exchange rate between the Taiwan and US Dollar. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control ICIC International*, 8(7), 4931–4942.
- Waluyo, D. (2024). *Mitigasi kekeringan lahan pertanian*. https://Indonesia.Go.Id.https://indonesia.go.id/kategori/editorial/8372/mitigasi-kekeringan-lahan-pertanian?lang=1&utm_source=chatgpt.com
- Wibisono, M. I. (2017). *Analisis kebutuhan pengairan kawasan pertanian berdasar bencana kekeringan di Kabupaten Lamongan berbasis sistem informasi geografis (Sig)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Zaenurrohman, Hariyanto, S., & Udjiani, T. (2021). Fuzzy time series Markov Chain and Fuzzy time series Chen Hsu for forecasting. *Journal of Physics: Conference Series*, 1943(1), 012128. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1943/1/012128>