

## PERBANDINGAN METODE FTS-CHEN DAN FTS-MARKOV CHAIN UNTUK MEMPREDIKSI CURAH HUJAN DI NUSA TENGGARA TIMUR

Libertania Maria Melania Esti Un<sup>1</sup>, Maria Titah Jatipaningrum<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Statistika, Fakultas Sains Terapan, Institut Sains dan Teknologi AKPRIND,  
Yogyakarta

Email: libertaniamariamelaniaesti10@gmail.com<sup>1</sup>, titahjp@akprind.ac.id<sup>2\*</sup>

\*Corresponding Author

### Abstract

*Rainfall is an important thing that needs to be studied in an area because it can determine a suite of human activities, one of which is rainfall in the East Nusa Tenggara Province. The purpose of this study is to predict rainfall data using the Fuzzy Time Series-Chen (FTS-Chen) and Fuzzy Time Series-Markov Chain (FTS-MC) methods. The results of these predictions were compared using the Root Mean Square Error (RMSE) and Coefficient of Determination ( $R^2$ ). The FTS-Chen method is used to predict rainfall data using the Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG). Meanwhile, the FTS-MC method is used to predict rainfall data using FLRG and the transition probability matrix. Prediction results from the best method were chosen to test spatial dependencies using the Moran's I test. The results of the analysis show that the FTS-MC method is a better method for predicting rainfall data, namely for December 2018, January 2019, and February 2019 respectively in Belu Regency at 261.4 mm; 339 mm; 258,167 mm, TTU Regency 123.5 mm; 77.35 mm; 57.57 mm, TTS Regency 379.5 mm; 381.95 mm; 380.07 mm, Kupang Regency 56.91 mm; 82.11 mm; 101.83 mm and Kota Kupang at 309.7 mm; 326.7 mm; 329.13 mm. The results of the spatial dependency test on the rainfall data for the December 2018, January 2019, and February 2019 periods, show that there is no spatial dependencies, meaning that there is no link between districts/cities on the island of Timor, East Nusa Tenggara province, so mapping is based on the height of rainfall in each district/city.*

**Keywords:** Prediction, Rainfall, Fuzzy Time Series-Chen, Fuzzy Time Series-Markov Chain, Moran's I

### Abstrak

Curah hujan merupakan hal penting yang perlu dipelajari di suatu daerah karena dapat menentukan rangkaian aktifitas manusia, salah satunya adalah curah hujan di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memprediksi data curah hujan dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series-Chen* (FTS-Chen) dan *Fuzzy Time Series-Markov Chain* (FTS-MC). Hasil prediksi tersebut dibandingkan dengan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan Koefisien Determinasi ( $R^2$ ). Metode FTS-Chen digunakan untuk memprediksi data curah hujan dengan menggunakan *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLRG). Sedangkan, untuk metode FTS-MC digunakan untuk memprediksi data curah hujan dengan menggunakan FLRG dan matriks probabilitas transisi. Hasil prediksi dari metode yang terbaik dipilih untuk melakukan pengujian dependensi spasial menggunakan uji *Moran's I*. Hasil analisis menunjukkan bahwa metode FTS-MC merupakan metode yang lebih baik untuk prediksi data curah hujan yaitu untuk bulan Desember 2018, Januari 2019, dan Februari 2019 berturut-turut di Kabupaten Belu sebesar 261,4 mm ; 339 mm ; 258,167 mm, Kabupaten TTU 123,5 mm ; 77,35 mm ; 57,57 mm, Kabupaten TTS 379,5 mm ; 381,95 mm ; 380,07 mm, Kabupaten Kupang 56,91 mm ; 82,11 mm ; 101,83 mm dan Kota Kupang sebesar 309,7 mm ; 326,7 mm ; 329,13 mm. Pada uji dependensi spasial, data curah hujan untuk periode Desember 2018, Januari 2019, dan Februari 2019 tidak terdapat dependensi spasial artinya tidak ada keterkaitan antar kabupaten/kota di pulau Timor provinsi Nusa Tenggara Timur sehingga dilakukan pemetaan berdasarkan tinggi rendahnya curah hujan di masing-masing kabupaten/kota.

**Kata Kunci :** Prediksi, Curah hujan, *Fuzzy Time Series-Chen*, *Fuzzy Time Series-Markov Chain*, *Moran's I*

## 1. PENDAHULUAN

Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) merupakan sebuah provinsi di Indonesia yang meliputi bagian timur Kepulauan Nusa Tenggara. Provinsi Nusa Tenggara Timur.

Provinsi Nusa Tenggara Timur ini terdiri dari tiga pulau utama, yaitu Pulau Flores, Pulau Timor dan Pulau Sumba dengan berjumlah 22 Kabupaten/Kota. Salah satu pulau yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Pulau Timor yang terdiri dari 6 Kabupaten/Kota yaitu antara lain Kabupaten Belu, Kabupaten Malaka, Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU), Kabupaten Timor Tengah Selatan (TTS), Kabupaten Kupang, dan Kota Kupang. Setiap kabupaten/kota mempunyai kondisi fisik yang berbeda sehingga potensi alam yang tersedia juga tidak sama. Perbedaan kondisi fisik ini ikut menentukan dalam rencana pengembangan daerah, salah satunya tentang pola curah hujan. Pola curah hujan provinsi NTT bagian pulau Timor berbeda-beda untuk masing-masing kabupaten/kota. Curah hujan diukur dalam satuan milimeter (mm) pada periode harian, bulanan, dan tahunan oleh stasiun penakar hujan. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) sebagai perusahaan negara yang bertugas sebagai pengamat cuaca mampu memprediksikan cuaca melalui metode konvensional baik itu metode probabilistik maupun deterministik di wilayah yang dapat diprediksikan.

Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan yang sering terjadi dalam pencatatan data curah hujan tersebut maka digunakan model stokastik untuk menurunkan data, yang menirukan sifat statistik data tercatat. Salah satu model analisis stokastik yang dapat digunakan untuk mengatasi ketidakpastian ini adalah model stokastik *Markov Chain*. Stokastik *Markov Chain* merupakan suatu bentuk khusus dari model probabilistik yang bersifat bahwa peluang keadaan proses pada suatu saat bergantung pada keadaan hari-hari atau periode-periode sebelumnya. Model ini menggunakan data curah hujan yang pernah terjadi (historical) untuk mengestimasi matriks probabilitas transisi (Fauziah, Wahyuningsih, & Nasution, 2016). Selain itu digunakan juga metode *Fuzzy Time Series-Chen* dengan berdasarkan derajat keanggotaan Fuzzy Logical Relationship serta Fuzzy Logical Relationship Group. Menurut (Fauziah, Wahyuningsih, & Nasution, 2016) yang melakukan penelitian tentang peramalan curah hujan dengan metode *Fuzzy Time Series* menggunakan penentuan panjang interval yang efektif yaitu dengan metode berbasis rata-rata atau average based untuk melakukan peramalannya. Menurut (Narulita, 2016) melakukan penelitian tentang analisis spasial untuk curah hujan harian yang melihat kecenderungan curah hujan di suatu lokasi.

Beberapa penelitian lain yang telah menggunakan FTS-Markov Chain diantaranya Jatipaningrum, Suryowati, dan Un (2019) yang mengaplikasikannya pada prediksi kurs rupiah terhadap Dolar. Selain itu, peneliti Izat dan Jatipaningrum (2018) juga pernah menggunakan metode fuzzy ime series untuk memprediksi Indeks Harga Konsumen (IHK). Selanjutnya Fuzzy Time Series Markov Chain (Jatipaningrum, 2016) untuk prediksi PDRB dan konsep Markov Chain untuk prediksi bencana alam (Melati dan Jatipaningrum, 2018).

Dalam penelitian ini akan dilakukan prediksi curah hujan di masing-masing kabupaten/kota di pulau Timor Nusa Tenggara Timur dengan metode *Fuzzy Time Series-Chen* dan *Fuzzy Time Seeries-Markov Chain*. Kemudian,, pada metode *Spatial* dengan menggunakan uji *Moran's I* akan dilakukan analisis untuk melihat dan mengidentifikasi efek spasial berdasarkan lokasi yaitu di kabupaten/kota pulau Timor NTT dari hasil prediksi yang telah didapat dari metode *Fuzzy Time Series-Chen* dan *Fuzzy Time Series-Markov Chain*. Hal ini bertujuan untuk melihat bagaimana hasil prediksi curah hujan dari kedua metode tersebut dan melihat bagaimana hasil analisis spasial curah hujan untuk pulau Timor.

## 2. METODE

### a. Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain penelitian eksploratif. Penelitian eksploratif yaitu penelitian yang berusaha menggali pengetahuan baru untuk mengetahui suatu permasalahan yang sedang atau dapat terjadi. Desain ini

dilakukan dengan menganalisis data dan menyusun data yang sudah ada sesuai dengan kebutuhan penulis.

**b. Sumber Data**

Pada penelitian ini sumber data yang digunakan adalah data sekunder yaitu data yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Indonesia. Penggunaan periode berdasarkan periode bulanan dalam kurun waktu Januari 2016 – November 2018.

**c. Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian yang digunakan adalah di provinsi Nusa Tenggara Timur pada bagian Pulau Timor di masing-masing kabupaten/kota yaitu Kabupaten Belu, Kabupaten TTU, Kabupaten TTS, Kabupaten Kupang, dan Kota Kupang.

**d. Metode Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data untuk penelitian ini adalah menggunakan data sekunder, yaitu data yang diperoleh berdasarkan dokumen atau informasi yang telah dipublikasikan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Indonesia. Data yang digunakan adalah sebagai berikut:

- 1) Curah hujan dalam satuan mm. Data curah hujan berupa data bulanan dari bulan Januari 2016 sampai November 2018 di pulau Timor provinsi NTT. Berikut bentuk data curah hujan untuk diprediksi.

Tabel 1. Bentuk Data Curah Hujan Bulanan

No.	Periode		Curah Hujan (mm)
1	2016	Januari	
2	2016	Februari	
⋮			
	2017	September	
	2017	Oktober	
⋮			
	2018	Oktober	
	2018	November	

- 2) Hasil prediksi data curah hujan untuk masing-masing lokasi.
- 3) Peta spasial curah hujan, berupa data curah hujan bulanan pada hasil prediksi di setiap kabupaten/kota di pulau Timor provinsi NTT.

**e. Variabel Penelitian**

Penelitian ini menggunakan satu variabel dengan data time series untuk memprediksi curah hujan bulanan, dan ditambah satu variabel yaitu lokasi untuk melihat efek spasial curah hujan. Berikut penjelasan dari variabel curah hujan dan variabel lokasi/wilayah dalam penelitian ini.

1) Curah Hujan

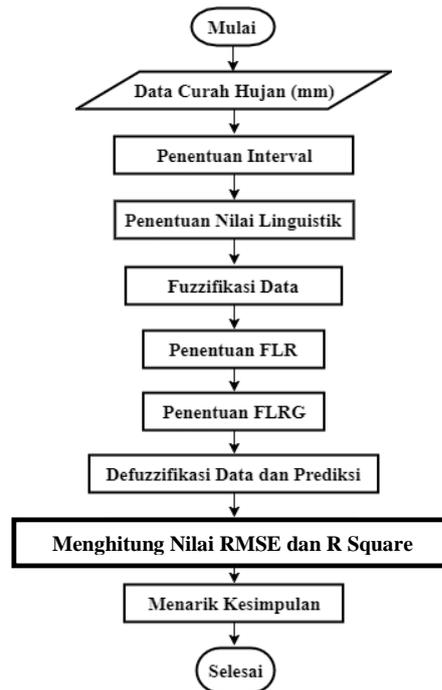
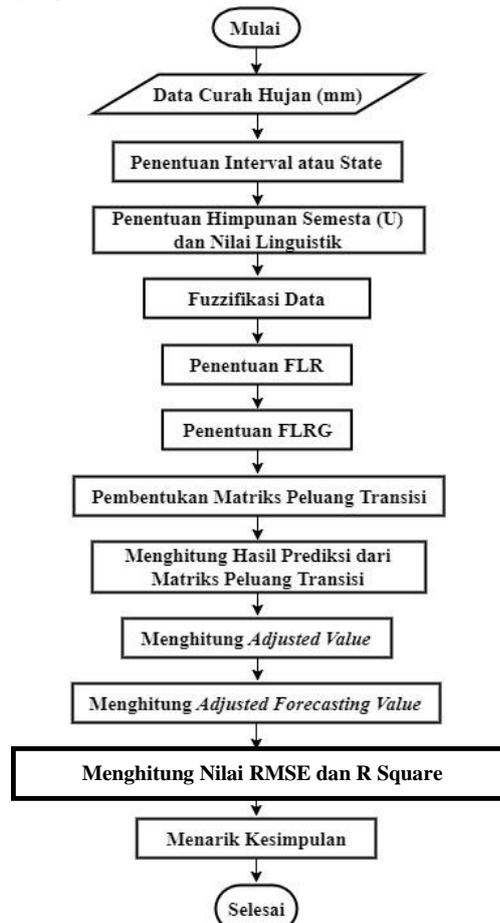
Curah hujan merupakan ketinggian air hujan yang terkumpul dalam tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir dengan satuannya milimeter (mm) atau sentimeter (cm).

2) Lokasi/Wilayah

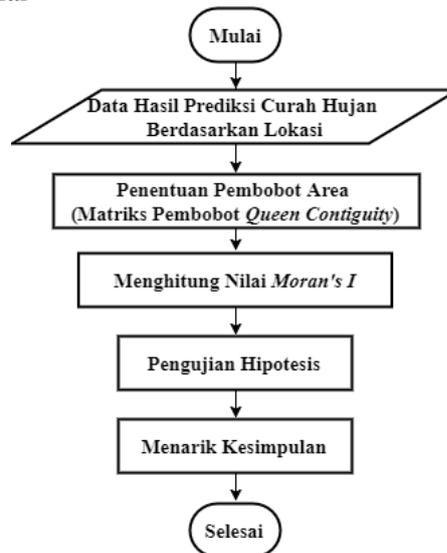
Tujuan penggunaan lokasi/wilayah adalah untuk menganalisis hubungan keterkaitan masing-masing lokasi pada data curah hujan.

**f. Tahapan Penelitian**

Penelitian ini akan dilakukan melalui tiga tahapan yaitu terdapat pada diagram alir penelitian berikut ini.

1) *Fuzzy Time Series-Chen*Gambar 1. Diagram Alir Penelitian *Fuzzy Time Series-Chen*2) *Fuzzy Time Series-Markov Chain*Gambar 2. Diagram Alir Penelitian *Fuzzy Time Series-Markov Chain*

## 3) Analisis Efek Spasial



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian Efek Spasial

## 3. Hasil dan Pembahasan

Berikut merupakan ringkasan hasil prediksi dengan menggunakan metode *Fuzzy Time Series-Chen* dan *Fuzzy Time Series-Markov Chain* beserta hasil tingkat akurasi prediksi menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan Koefisien Determinasi ( $R^2$ ).

Tabel 2. Ringkasan Hasil Prediksi dan Tingkat Akurasi Prediksi

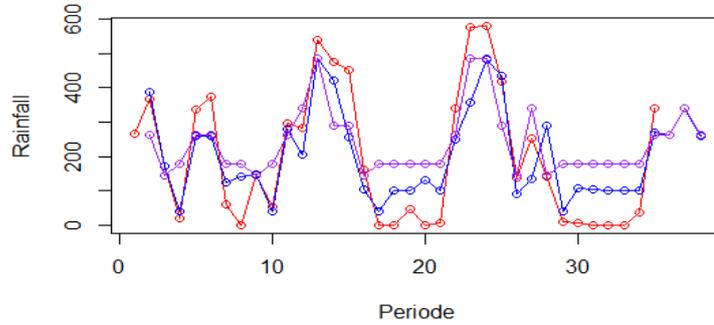
Periode	Kabupaten/Kota	FTS-Chen			FTS-Markov Chain		
		Hasil Prediksi	Nilai RMSE	Nilai $R^2$	Hasil Prediksi	Nilai RMSE	Nilai $R^2$
18-Dec	Kabupaten Belu	261,4 mm	127,27	29,1%	261,4 mm	92,76	46,6%
	Kabupaten TTU	133,83 mm	133,301	75,27%	123,5 mm	54,08	27,2%
	Kabupaten TTS	379,5 mm	162,42	35,81%	379,5 mm	81,68	41,2%
	Kab. Kupang	167,5 mm	155,46	48,79%	56,91 mm	80,175	61,4%
	Kota Kupang	347,5 mm	241,21	77,62%	309,7 mm	108,503	40,5%
19-Jan	Kabupaten Belu	339 mm	126,12	30,2%	339 mm	92,14	46,4%
	Kabupaten TTU	133,83 mm	131,38	73,3%	77,35 mm	53,59	26,5%
	Kabupaten TTS	381,95 mm	161,01	34,6%	381,95 mm	81,199	41,02%
	Kab. Kupang	223,5 mm	153,51	48,9%	82,108 mm	78,88	62,01%
	Kota Kupang	436,2 mm	239,07	77,6%	326,7 mm	108,57	39,2%
19-Feb	Kabupaten Belu	261,4 mm	125,03	29,2%	258,167 mm	91,21	48,5%
	Kabupaten TTU	133,83 mm	129,55	71,5%	57,57 mm	52,88	25,9%
	Kabupaten TTS	393,953 mm	157,48	38,7%	380,073 mm	79,29	48,5%
	Kab. Kupang	224,95 mm	152,06	48,6%	101,83 mm	77,67	62,45%
	Kota Kupang	348,95 mm	236,18	70%	329,129 mm	107,54	38,2%

Dari hasil prediksi curah hujan dengan tingkat akurasi prediksi pada Tabel 2, maka dapat disimpulkan bahwa metode *Fuzzy Time Series-Markov Chain* (FTS-MC) adalah metode yang lebih baik untuk memprediksi data curah hujan karena memiliki nilai RMSE lebih kecil dibandingkan dengan metode FTS-Chen dan nilai  $R^2$  lebih besar, maka hasil prediksi pada bulan Februari 2019 di Kabupaten Belu sebesar 258,167 mm, di

Kabupaten TTU sebesar 57,57 mm, di Kabupaten TTS sebesar 380,073 mm, di Kabupaten Kupang sebesar 101,83 mm, dan Kota Kupang sebesar 329,129 mm.

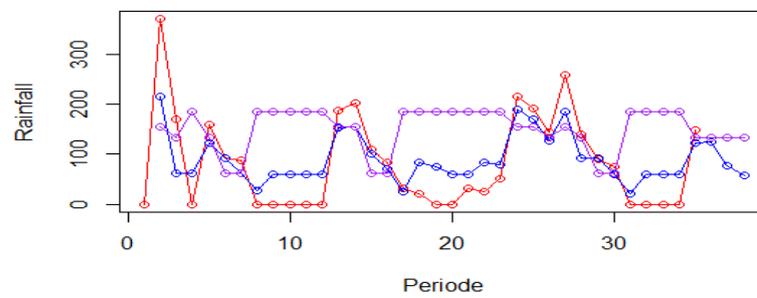
Berikut merupakan grafik atau plot hasil prediksi data curah hujan dari kedua metode dengan data aktual.

**Data Aktual dan Hasil Prediksi**



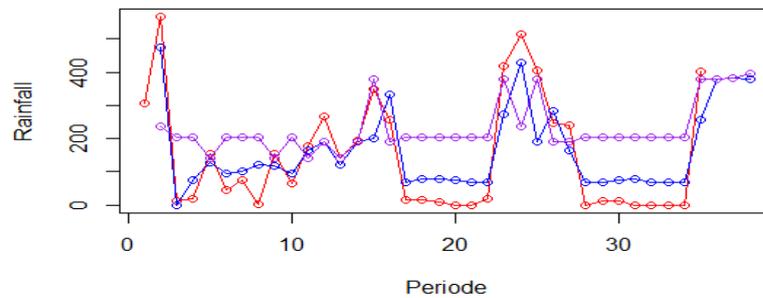
Gambar 4. Plot Perbandingan Data Aktual dan Hasil Prediksi Kab. Belu

**Data Aktual dan Hasil Prediksi**



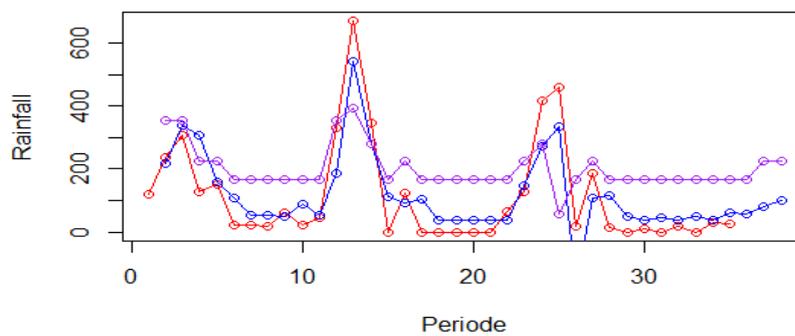
Gambar 5. Plot Perbandingan Data Aktual dan Hasil Prediksi Kab. TTU

**Data Aktual dan Hasil Prediksi**

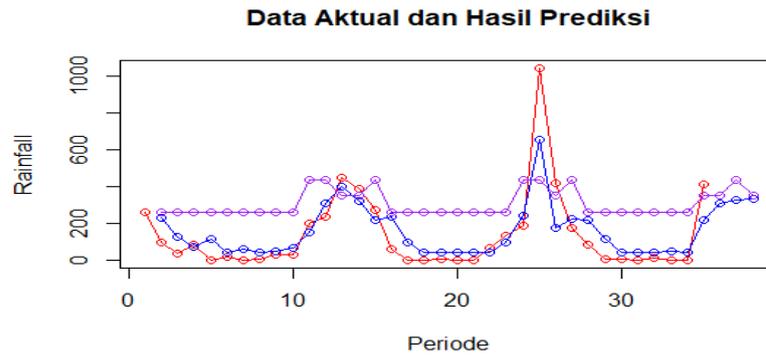


Gambar 6. Plot Perbandingan Data Aktual dan Hasil Prediksi Kab. TTS

**Data Aktual dan Hasil Prediksi**



Gambar 7. Plot Perbandingan Data Aktual dan Hasil Prediksi Kab. Kupang

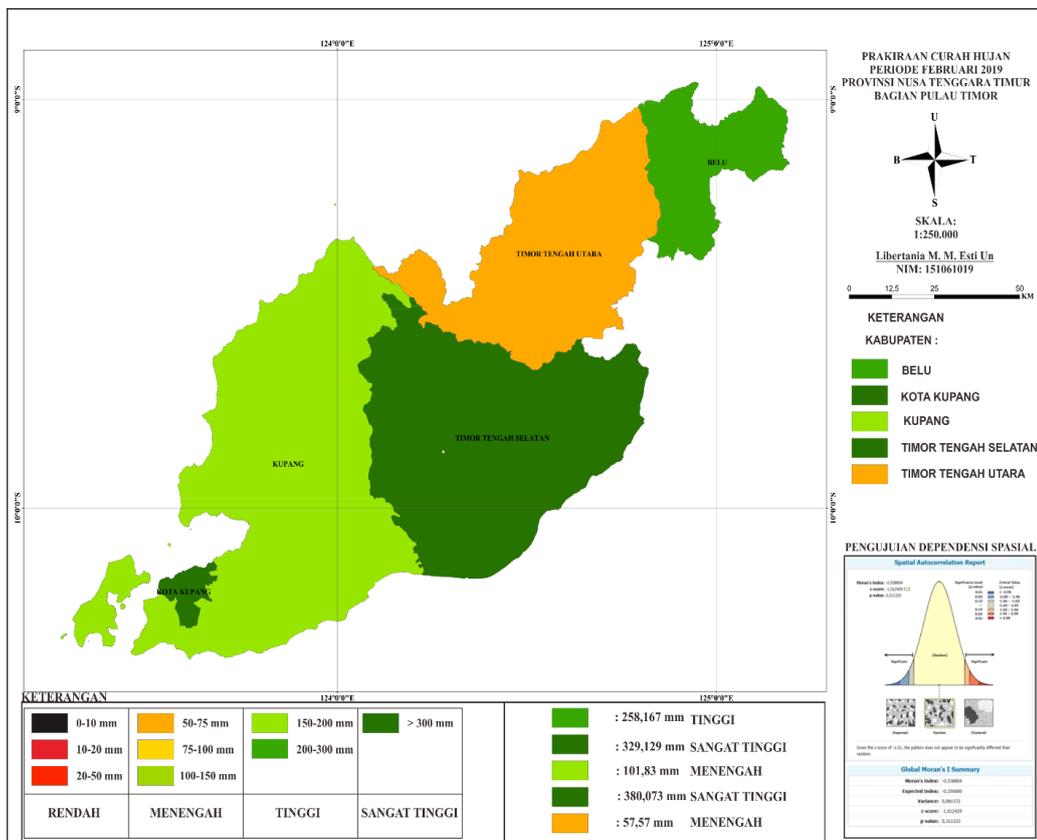


Gambar 8. Plot Perbandingan Data Aktual dan Hasil Prediksi Kota Kupang  
Keterangan plot :

- : Data Aktual
- : Hasil Prediksi FTS-MC
- : Hasil Prediksi FTS-Chen

Berdasarkan grafik atau plot pada Gambar 4 sampai Gambar 8 terlihat bahwa hasil prediksi menggunakan metode *Fuzzy Time Series-Markov Chain* memiliki jarak yang dekat dengan data aktual dibandingkan dengan metode *Fuzzy Time Series-Chen* yang memiliki jarak yang jauh dari data aktual. Dengan demikian, metode FTS-MC merupakan metode yang lebih baik untuk memprediksi data curah hujan.

Selanjutnya merupakan hasil analisis efek spasial dengan menggunakan uji *Moran's I*. Gambar 9 merupakan peta spasial curah hujan pada periode Februari 2019, dengan hasil spasialnya berbeda pada periode Desember 2018 dan Januari 2019.



Gambar 9. Peta Analisis Spasial Curah Hujan Periode Februari 2019

Pada analisis spasial dengan melakukan pengujian hipotesis, nilai  $p\text{-value} > \alpha = 5\%$  atau nilai  $Z_{hitung} < Z_{tabel}$  sehingga didapat kesimpulan bahwa tidak terdapat dependensi spasial curah hujan atau tidak ada pengaruh antar lokasi pada data curah hujan untuk periode Desember 2018, Januari 2019, dan Februari 2019.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

- 1) Perbandingan hasil prediksi dari kedua metode yaitu metode *Fuzzy Time Series-Chen* dan metode *Fuzzy Time Series-Markov Chain* dengan menggunakan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *R Square* maka dapat disimpulkan bahwa metode *Fuzzy Time Series-Markov Chain* adalah metode yang terbaik untuk memprediksi data curah hujan di provinsi Nusa Tenggara Timur bagian pulau Timor.
- 2) Hasil prediksi dengan metode FTS-MC untuk periode Desember 2018, Januari 2019, dan Februari 2019 berturut-turut di Kabupaten Belu sebesar 261,4 mm ; 339 mm ; 258,167 mm, Kabupaten TTU 123,5 mm ; 77,35 mm ; 57,57 mm, Kabupaten TTS 379,5 mm ; 381,95 mm ; 380,07 mm, Kabupaten Kupang 56,91 mm ; 82,11 mm ; 101,83 mm dan Kota Kupang sebesar 309,7 mm ; 326,7 mm ; 329,13 mm.
- 3) Untuk analisis efek spasial atau autokorelasi spasial menggunakan uji *Moran's I* didapatkan kesimpulan bahwa tidak ada pengaruh atau tidak terdapat dependensi spasial antar lokasi untuk data curah hujan di provinsi Nusa Tenggara Timur bagian Pulau Timor periode Desember 2018, Januari 2019, dan Februari 2019.

#### Ucapan Terima Kasih

Dalam penyusunan tulisan ini, banyak pihak yang telah memberikan dukungan kepada penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada seluruh dosen dan pimpinan Jurusan Statistika Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

#### Daftar Pustaka

- [1] Izat, A., & Jatipaningrum, M. T. (2018). PERAMALAN INDEKS HARGA KONSUMEN (IHK) DENGAN MENGGUNAKAN METODE DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING DAN FUZZY TIME SERIES. *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*, 3(02), 63-73.
- [2] Fallo, S. I. (2017). *Metode Fuzzy Time Series Markov Chain dan Weighed Fuzzy Time Series Untuk Memprediksi Data Historis Curah Hujan di Kabupaten Gunung Kidul*. Yogyakarta: IST AKPRIND Yogyakarta.
- [3] Faroh, R. A. (2016). *Penerapan Model Fuzzy Time Series-Markov Chain Untuk Peramalan Inflasi*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- [4] Fauziah, N., Wahyuningsih, S., & Nasution, Y. N. (2016). Peramalan Menggunakan Fuzzy Time Series Chen (Studi Kasus: Curah Hujan Kota Samarinda). *Statistika*, Vol. 4, No. 2, Universitas Mulawarman Samarinda.
- [5] Gusriani, N., Suryamah, E., & Firdaniza. (2016). Distribusi Stasioner Rantai Markov Untuk Prediksi Curah Hujan di Wilayah Jawa Barat. *Prosiding Seminar Matematika dan Pendidikan Matematika*, hal. 1035-1050.
- [6] Harmes, Juanda, B., Rustiadi, E., & Barus, B. (2017). Pemetaan Efek Spasial pada Data Kemiskinan Kota Bengkulu. *Journal of Regional and Rural Development Planning*, hal 129-201, Bogor.
- [7] Jadmiko, P. (2018). *Peramalan Harga Saham pada Indeks Saham Syariah Indonesia (ISSI) Menggunakan Fuzzy Time Series Markov Chain*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

- [8] Jatipaningrum, M. T. (2016). Peramalan Data Produk Domestik Bruto dengan Fuzzy Time Series Markov Chain. *Jurnal Teknologi*, 9(1), 31-38.
- [9] Melati, P. M., & Jatipaningrum, M. T. (2018). Prediksi Bencana Alam Di Wilayah Kabupaten Wonogiri Dengan Konsep Markov Chains. *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*, 3(01), 63-70.
- [10] Jatipaningrum, M. T., Suryowati, K., & Un, L. M. M. E. (2019). Prediksi Kurs Rupiah Terhadap Dolar Dengan FTS-Markov Chain Dan Hidden Markov Model. *Jurnal Derivat: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 6(1), 32-41.
- [11] Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [12] Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [13] Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko, A., & Wardoyo, R. (2006). *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [14] Mawar, S. (2016). *Model Regresi Spasial pada Jumlah Pengangguran di Provinsi Sulawesi Selatan dengan Pemeriksaan Dependensi Spasial Melalui Uji Morans' I*. Makassar: UIN Alauddin Makassar.
- [15] Navianti, D. R., Usadha, I. G., & Widjajati, F. A. (2012). Penerapan Fuzzy Inference System pada Prediksi Curah Hujan di Surabaya Utara. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, Vol.1, No.1, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.
- [16] Pinsky, M., & Karlin, S. (2011). *An Introduction to Stochastic Modeling Fourth Edition*. Elsevier.
- [17] Prayogi, A. R. (2018). *Demand Forecasting Penggunaan Energi Listrik (KWH) Menggunakan Fuzzy Time Series Cheng (Studi Kasus di PT PLN Area Yogyakarta)*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- [18] Putra, N. A. (2016). Prediksi Jumlah Penduduk Menggunakan Fuzzy Time Series Model Chen (Studi Kasus: Kota Tanjungpinang. *Seminar Nasional Matematika*.
- [19] Rizanti, I. N., & Soehardjoepri. (2017). Prediksi Produksi Kayu Bundar Kabupaten Malang dengan Menggunakan Metode Markov Chains. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, Vol. 6, No. 2, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)'.  
[20] Rukhansah, N., Muslim, M. A., & Arifudin, R. (2015). Fuzzy Time Series Markov Chain dalam Meramalkan Harga Saham. *Seminar Nasional Ilmu Komputer*, Universitas Negeri Semarang.
- [21] Setiadji. (2009). *Himpunan dan Logika Samar serta Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.