



Rainfall Prediction Using Fuzzy Time Series

Prediksi Curah Hujan Menggunakan Fuzzy Time Series

Adhi Susano

Universitas Indraprasta PGRI
Jl. Nangka No 58 C, DKI Jakarta
adhi.susano@gmail.com

Wulan Anggraeni

Universitas Indraprasta PGRI
Jl. Nangka No 58 C, DKI Jakarta
wulan41183@gmail.com

Abstract

Flood is one of the problems faced by DKI Jakarta Province. To be able to reduce losses caused by flooding is to predict rainfall. The type of research is quantitative research using rainfall prediction method using Fuzzy Time Series (FTS) which was developed by Stevenson & Porter (2009). The data used is rainfall data at Kemayoran Station in the period January 2018 to December 2020. The prediction accuracy results state that the FTS method has poor accuracy so that improvements are needed in the formation of interval intervals.

Keywords: *rainfall, prediction, fuzzy time series*

Abstrak

Banjir merupakan salah satu permasalahan yang dihadapi oleh Provinsi DKI Jakarta. Untuk dapat mengurangi kerugian yang disebabkan banjir adalah melakukan prediksi curah hujan. Jenis penelitian adalah penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode prediksi curah hujan menggunakan *Fuzzy Time Series* (FTS) yang dikembangkan oleh Stevenson & Porter (2009). Data yang dipergunakan adalah data curah hujan di Stasiun Kemayoran pada periode Januari 2018 s.d Desember 2020. Hasil Akurasi prediksi menyatakan metode FTS memiliki akurasi yang buruk sehingga diperlukan perbaikan pada pembentukan selang interval.

Kata kunci: *curah hujan, prediksi, fuzzy time series*

PENDAHULUAN

Banjir menjadi salah satu permasalahan di DKI Jakarta yang tak kunjung selesai (Eldi, 2020), disebabkan oleh intensitas curah hujan tinggi sehingga kapasitas sungai tidak mampu menampung dan meluap ke daerah sekitarnya (Nugroho, 2002). Musibah banjir besar terjadi pada tahun 2013 yang menyebabkan kerugian mencapai Rp. 20 Triliun (Syaifullah, 2013). Upaya untuk menekan kerugian akibat banjir perlu dilakukan dikarenakan banjir terus berulang tiap tahunnya. Salah satu yang dapat dilakukan adalah dengan memahami fenomena curah hujan dan dapat memprediksinya dengan baik agar dapat terhindar dari bencana yang disebabkan banjir Sumi et al. (2012).

Penelitian terkait prediksi curah hujan telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Desmonda & Irwansyah (2018) melakukan penelitian yaitu memprediksi curah hujan di Provinsi Kalimantan Barat menggunakan metode *Fuzzy Time Series* (FTS) dengan hasil yang diperoleh adalah peramalan memiliki tingkat akurasi sebesar 99,849 %. Rahmawati et al., (2021) menggunakan *Fuzzy Time Series Ruey Chyn Tsaur* dalam meramalkan curah hujan di PPKS Sentang dengan perolehan hasil tingkat presisi akurasi metode sebesar 99,63 %. Julisman & Erlin (2014) memprediksi tingkat curah hujan di Kota Pekanbaru menggunakan logika fuzzy mamdani dengan variabel bebas yang digunakan adalah suhu, tekanan, kecepatan angin dan kelembaban relatif. Rachmawati & Anifah (2019) memprediksi curah hujan di Bandar Udara Juanda menggunakan metode *Average Based* dan *High Order Fuzzy Time Series* dengan perolehan hasil bahwa tingkat akurasi metode sebesar 96,06 %.

Selain metode FTS, algoritma *Levenberg Marquardt* (LM) dan *Backpropagation* digunakan oleh Ritha et al., (2016) dalam memprediksi curah hujan di Kota Tanjung Pinang

dengan perolehan hasil bahwa tingkat akurasi algoritma LM lebih baik dibandingkan *Backpropagation*. Merdekawati & Ismail (2018) menggunakan algoritma *Levenberg Marquardt* (LM) untuk memprediksi curah hujan di Jakarta dengan akurasi 96 %. Mukid & Sugito (2011) memprediksi curah hujan di Kabupaten Purwodadi menggunakan regresi proses Gaussian dengan variabel bebas suhu dan kelembaban udara dengan perolehan hasil kuadrat eksponensial ARD memberikan peramalan terbaik dibandingkan kuadrat *eksponensial isotropic*, linear ARD, dan *linear one*. Rachmawati (2015) memprediksi curah hujan di Kota Pontianak menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan perolehan hasil nilai akurasi data bulanan sebesar 100 %, sedangkan skala harian sebesar 52 %. Dewi et al., (2021) memprediksi curah hujan di Lombok menggunakan JST *Backpropagation* dengan variabel bebas adalah data suhu, kelembaban udara dan tekanan udara dengan perolehan hasil kurang akurat. Hal ini diakibatkan bobot dan parameter jaringan yang digunakan belum optimal. Seprima & Defrianto (2020) memprediksi curah hujan dan kelembaban udara Kota Pekanbaru menggunakan Monte Carlo berprinsip pada fungsi deret fourier dengan hasil eror sebesar 0,0887913.

Prediksi curah hujan melalui *return level* menggunakan pendekatan distribusi GEV dilakukan oleh Rusgiyono et al. (2015) di Kota Semarang. Nara (2017) di Pulau Ambon, Ginting & Putuhena (2017), (Rinaldi, 2016) dan Adiyani (2019) di Pulau Jawa. Djuraidah et al., (2019) melakukan peramalan curah hujan ekstrim di Provinsi Banten menggunakan *Copula Gaussian* dengan tingkat akurasi 80 %. Prediksi Curah hujan menggunakan *machine learning* dilakukan oleh Sumi et al. (2012) dan (Hong, 2008), sedangkan Yang et al., (2007) menggunakan data mining.

Dalam penelitian ini, prediksi curah hujan DKI Jakarta menggunakan metode FTS dikarenakan pada kemampuan model dalam menangani data deret waktu tanpa perlu memvalidasi teori apapun (Selim & Elanany, 2013). Metode FTS pertama kali digunakan oleh Song & Chissom (1993) dalam memprediksi pendaftaran mahasiswa di Universitas Alabama menggunakan model komposisi *max-min* yang memiliki proses perhitungan rumit. Perbaikan akurasi model dilakukan oleh Tanuwijaya & Chen (2009) dengan mengelompokkan relasi *fuzzy* berdasarkan antecedennya. Sah & Konstantin Y, (2005) memodifikasi model Song & Chissom (1993) dan Tanuwijaya & Chen (2009) menggunakan metode waktu invariant dan menyelidiki pengaruh perubahan jumlah himpunan *fuzzy*. Perbaikan akurasi FTS terus dilakukan dengan berbagai cara, yakni dengan memperbaiki selang interval interval, *fuzzy logical relationships*, dan *defuzzifikasi*.

METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data curah hujan stasiun pengamatan Kemayoran pada Periode Januari 2018 s.d 2020 yang berasal dari Badan Pusat Statistik (BPS) DKI Jakarta. Jenis penelitian adalah penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode prediksi curah hujan menggunakan FTS yang dikembangkan oleh Stevenson & Porter (2009). Adapun langkahnya sebagai berikut:

1. Memasukkan data curah hujan di stasiun pengamatan Kemayoran pada periode 2018 s.d 2020.
2. Mendefinisikan himpunan semesta $U = [D_{\min}, D_{\max}]$ dimana D_{\min} dan D_{\max} adalah laju pertumbuhan curah hujan, kemudian membaginya menjadi interval A_1, A_2, \dots, A_n dengan panjang yang sama di mana jumlah kelas dihitung menggunakan aturan struggest, selanjutnya menghitung frekuensi dari masing-masing selang interval.
3. Mendefinisikan masing-masing himpunan *fuzzy* sesuai dengan hasil yang diperoleh pada langkah 1.
4. Melakukan *defuzzifikasi* data menggunakan rumus pendekatan pada persamaan (1)

$$t_j = \begin{cases} \frac{1.5}{\frac{1}{a_1} + \frac{0.5}{a_2}} & \text{jika } j = 1 \\ \frac{2}{\frac{0.5}{a_{j-1}} + \frac{1}{a_j} + \frac{0.5}{a_{j+1}}} & \text{jika } 2 \leq j \leq n-1 \\ \frac{1.5}{\frac{0.5}{a_{n-1}} + \frac{1}{a_n}} & \text{jika } j = n \end{cases}$$

(1)

Di mana variabel persamaan (1) dijelaskan sebagai berikut: a_{j-1}, a_j, a_{j+1} adalah titik tengah pada interval fuzzy F_{j-1}, F_j, F_{j+1} dan t_j adalah hasil prediksi dari perubahan persentase data di mana perubahan persentase peramalan tahun sebelumnya dapat digunakan untuk menentukan persentase tahun berikutnya.

5. Mengkonversi persentase hasil peramalan dalam bentuk angka, dengan menggunakan rumus:

$$R_t^* = (t_j \times R_{t-1}) + R_{t-1}$$

(2)

Keterangan pada persamaan (2) yakni, R_t^* adalah nilai proyeksi tingkat suku bunga tahun ke- t , t_j adalah laju defuzzifikasi, dan R_{t-1} adalah data real tingkat suku bunga pada tahun sebelumnya.

6. Menghitung *Average Forecasting Error Rate* (AFER) menggunakan rumus:

$$AFER = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|A_i - F_i|}{A_i}}{n} \times 100\%$$

(3)

Keterangan:

A_i adalah data curah hujan riil

F_i adalah data proyeksi curah hujan

n adalah banyaknya data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Data curah hujan merupakan data deret waktu yang didefinisikan sebagai kumpulan curah hujan yang diukur pada interval waktu sama secara berurut. Adapun data curah hujan di Stasiun Kemayoran pada periode 2018 s.d 2020 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Curah Hujan di Stasiun Kemayoran (mm)

Bulan	2018	2019	2020
Januari	215,1	383,9	618,0
Februari	431,2	270,1	1043,2
Maret	188,6	327,3	220,7
April	159,1	194,6	182,8
Mei	16,7	47,8	50,4

Juni	12,6	23,1	21,1
Juli	14,5	0,0	12,1
Agustus	33,0	0,0	10,0
September	62,0	1,0	151,9
Oktober	133,8	1,0	208,3
November	140,9	50,1	87,3
Desember	52,3	263,8	134,7

Sumber: BPS Provinsi DKI Jakarta

Berdasarkan Tabel 1. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Februari 2020 sebesar 1043,2 mm, sedangkan pada bulan Juli dan Agustus tahun 2019 tidak terjadi hujan. Adapun rata-rata curah hujan sepanjang tahun 2018 s.d 2020 adalah 162,61 mm dengan simpangan baku sebesar 206 mm.

Proyeksi curah hujan menggunakan FTS memiliki 5 langkah, adapun uraiannya adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Laju Pertumbuhan Curah Hujan

Bulan	Curah Hujan (%)	Bulan	Curah Hujan (%)	Bulan	Curah Hujan (%)
Jan – Feb 2018	100,46	Jan – Feb 2019	-29,64	Jan – Feb 2020	68,80
Feb – Mar 2018	-52,26	Feb – Mar 2019	21,18	Feb – Mar 2020	-78,84
Mar – Apr 2018	-15,64	Mar – Apr 2019	-40,54	Mar – Apr 2020	-17,17
Apr – Mei 2018	-89,50	April – Mei 2019	-75,44	Apr – Mei 2020	-72,43
Mei – Juni 2018	-24,55	Mei – Juni 2019	-51,67	Mei – Juni 2020	-58,13
Juni – Juli 2018	15,08	Juni – Juli 2019	-100,00	Juni – Juli 2020	-42,65
Juli – Agus 2018	127,59	Juli – Agus 2019	0,00	Juli – Agus 2020	734,71
Agus – Sept 2018	87,88	Agus – Sept 2019	0,00	Agus – Sept 2020	50,40
Sept – Okt 2018	115,81	Sept – Okt 2019	0,00	Sept – Okt 2020	37,13
Okt – Nov 2018	5,31	Okt – Nov 2019	4910,00	Okt – Nov 2020	-58,09
Nov – Des 2018	-62,88	Nov – Des 2019	426,55	Nov – Des 2020	54,30
Des 2018 – Jan 2019	634,03	Des 2019 – Jan 2020	134,27		

Olah data pada Tabel 2. Menunjukkan bahwa laju pertumbuhan cuaca tertinggi terjadi pada November 2019, sedangkan terendah pada Mei 2018. Langkah selanjutnya adalah penentuan jumlah interval kelas menggunakan aturan sturgess. Adapun hasil yang diperoleh disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Interval Fuzzy dan Nilai Linguistik Berdasarkan Distribusi Perubahan Persentase Curah Hujan

No.	Interval	Batas Kiri	Nilai Tengah	Batas Kanan	Nilai Linguistik
1	A_1	-89,5	318	725,5	a_1
2	A_2	725,5	1133	1540,5	a_2
3	A_3	1540,5	1948	2355,5	a_3
4	A_4	2355,5	2763	3170,5	a_4
5	A_5	3170,5	3578	3985,5	a_5
6	A_6	3985,5	4393	4800,5	a_6
7	A_7	4800,5	5208	5615,5	a_7

Langkah selanjutnya adalah menentukan *Fuzzy Logic Relationship* (FLRG) yang terbentuk dari *left-hand side* (LHS) dan *right hand side* (RHS) yang sudah ditentukan pada Tabel 3. Adapun FLRG disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Distribusi FLRG

Distribusi FLRG	Frekuensi
$A_1 \rightarrow A_1$	31
$A_1 \rightarrow A_2$	1
$A_1 \rightarrow A_7$	1
$A_7 \rightarrow A_1$	1
$A_2 \rightarrow A_1$	1

Berdasarkan Tabel 4. Maka aturan *fuzzy* yang akan digunakan adalah $A_1 \rightarrow A_1, A_7 \rightarrow A_1, A_2 \rightarrow A_1$. Dengan menggunakan laju *defuzzifikasi* untuk data curah hujan pada persamaan (1), diperoleh laju yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Laju Defuzzyfikasi

No.	Interval	Laju Defuzzifikasi
1	A_1	372,4611
2	A_2	737,5684
3	A_3	1761,159
4	A_4	2637,333
5	A_5	3482,707
6	A_6	4316,076
7	A_7	4904,69

Laju *Defuzzifikasi* pada Tabel 5 akan dipergunakan dalam perhitungan proyeksi tingkat suku bunga menggunakan persamaan (2). Hasil proyeksi curah hujan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Proyeksi Curah Hujan

Bulan	Data 2018	Riil 2018	Data 2018	Proyeksi 2019	Data 2019	Riil 2019	Data 2019	Proyeksi 2020	Data 2020	Riil 2020	Data 2020	Proyeksi 2020
Januari	215,1	-		383,9			271,07		618			1367,27
Pebruari	431,2		1114,86		270,1		1989,75		1043,2			3203,08
Maret	188,6		2234,90		327,3		1399,92		220,7			5406,88
April	159,1		977,51		194,6		1696,39		182,8			1143,88
Mei	16,7		824,61		47,8		1008,61		50,4			947,45
Juni	12,6		86,56		23,1		247,75		21,1			261,22
Juli	14,5		65,31		0		119,73		12,1			109,36
Agustus	33		75,15		0		0,00		10			62,71
September	62		171,04		1		0,00		151,9			83,76
Oktober	133,8		321,34		1		5,18		208,3			787,29
Nopember	140,9		693,48		50,1		5,18		87,3			1079,61
Desember	52,3		730,28		263,8		2507,35		134,7			452,47

Pembahasan

Hasil perhitungan curah hujan menggunakan FTS tidak menghasilkan akurasi yang baik, dengan nilai AFER sebesar 714,85 %. Hal ini berbeda dengan hasil penelitian Desmonda & Irwansyah (2018), Rahmawati et al., (2021), Julisman & Erlin (2014), dan Rachmawati & Anifah (2019) yang menyatakan bahwa FTS dapat dengan baik meramalkan curah hujan. Hasil AFER yang tinggi diperoleh karena rentang nilai dari curah hujan pada periode 2018 s.d 2020 sangat besar dan panjang kelas pada Tabel 3. Terlalu lebar sehingga tingkat eror yang dihasilkan tinggi, untuk itu perlu dilakukan perbaikan dalam penentuan panjang kelas interval dalam penelitian selanjutnya.

PENUTUP

Berdasarkan uraian pada hasil dan pembahasan diperoleh bahwa prediksi curah hujan di DKI Jakarta menggunakan *percentage Fuzzy Time Series* tidak menghasilkan akurasi yang baik hal ini dikarenakan nilai AFER yang tinggi. Selisih tertinggi antara data riil dan proyeksi terjadi pada Maret 2020 yakni sebesar 3203,08. Penyimpangan yang terjadi diakibatkan terlalu lebarnya rentang interval yang digunakan, untuk itu perlu dilakukan perbaikan selang interval. Selain itu pula dapat menggunakan metode FTS Ruey Chyn Tsaur.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyani, L. (2019). Nilai Faktor Pertumbuhan untuk Estimasi Hujan Rencana di Pulau Jawa. *Jurnal Sumber Daya Air*, 15(1), 56–68. <https://doi.org/10.32679/jsda.v15i1.496>
- Desmonda, D., & Irwansyah, M. A. (2018). *Prediksi Besaran Curah Hujan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series*. 6(4), 141–145.
- Dewi, K. N. A., Bhari, S., & Irwansyah. (2021). Model prediksi curah hujan harian menggunakan jaringan syaraf tiruan backpropagation. *Indonesian Physical Review*, 2(1)(January 2019), 9–17. <https://doi.org/10.29303/ipr.v2i1.17>
- Djuraidah, A., Suheni, C., & Nabila, B. (2019). Peramalan curah hujan ekstrim di provinsi banten dengan model ekstrim spasial. *Media Statistika*, 12(1), 50–62. <https://doi.org/10.14710/medstat.12.1.50-62>
- Eldi. (2020). Analisis Penyebab Banjir di DKI Jakarta. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(6), 1057–1064.
- Ginting, S., & Putuhena, W. M. (2017). Hujan rancangan berdasarkan analisis frekuensi regional dengan metode tl-moment. *Jurnal Sumber Daya Air*, 12(1), 1–16. <https://doi.org/10.32679/jsda.v12i1.160>
- Hong, W. (2008). Rainfall forecasting by technological machine learning models. *Science Directed*, 200, 41–57. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2007.10.046>
- Julisman, Z., & Erlin. (n.d.). *Prediksi Tingkat Curah Hujan di Kota Pekanbaru menggunakan Logika Fuzzy Mamdani*.
- Merdekawati, G. I., & Ismail. (2018). *Prediksi Curah Hujan di Jakarta Berbasis Algoritma Levenberg Marquardt*. 24(100), 116–128.
- Mukid, M. A., & Sugito. (2011). *Model Prediksi Hujan dengan Pendekatan Regresi Proses Gaussian*. 113–122.
- Nara, O. D. (2017). *Distribusi Data Ekstrim Pada Daerah Aliran Sungai Rain Teaching Trend Analysis of Extrim Data Distribution on River Flow Area*. 17(1), 1–8.
- Nugroho, S. P. (2002). Evaluasi dan analisis curah hujan sebagai faktor penyebab bencana banjir jakarta (in Bahasa). *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 3(2), 91–97.
- Rachmawati, A. (2015). Prediksi Curah Hujan di Kota Pontianak Menggunakan Parameter Cuaca Sebagai Prediktor Pada Skala Bulanan, Dasarian dan Harian. *Positron*, V(2), 50–57.
- Rachmawati, M. D., & Anifah, L. (2019). *Prediksi Curah Hujan Menggunakan Metode Average Based dan High Order Fuzzy Time Series di Bandar Udara Juanda*. 03, 11–15.
- Rahmawati, R., Sari, D. E., & Rahma, A. N. (2021). *Peramalan Curah Hujan di PPKS Bukit Sentang Dengan Menggunakan Fuzzy Time Series Ruey Chyn Tsaur*. 17(1), 51–61. <https://doi.org/10.24198/jmi.v17.n1.32820.51-61>
- Rinaldi, A. (2016). Sebaran Generalized Extreme Value (GEV) Dan Generalized Pareto (GP) untuk Pendugaan Curah Hujan Ekstrim di Wilayah DKI Jakarta. *Al-Jabar : Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(1), 75–84. <https://doi.org/10.24042/ajpm.v7i1.137>
- Ritha, N., Bettiza, M., & Dufan, A. (2016). *Prediksi Curah Hujan dengan Menggunakan Algoritma Levenberg- Marquardt dan Backpropagation*. 5(2).
- Rusgiyono, A., Wuryandari, T., & Rahmawati, A. (2015). Model Curah Hujan Ekstrem Di Kota Semarang Menggunakan Estimasi Moment Probabilitas Terboboti. *Media Statistika*, 8(1), 13–22. <https://doi.org/10.14710/medstat.8.1.13-22>
- Sah, M., & Konstantin Y, D. (2005). Forecasting Enrollment Model Based on First-Order Fuzzy Time Series. *Engineering and Technology*, 1(1), 375–378. <http://eprints.ecs.soton.ac.uk/15211/>
- Selim, K. S., & Elanany, G. A. (2013). A new method for short multivariate fuzzy time series based on genetic algorithm and fuzzy clustering. *Advances in Fuzzy Systems*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/494239>
- Seprima, M., & Defrianto. (2020). Prediksi Curah Hujan dan Kelembaban Udara Kota Pekanbaru Menggunakan Metode Monte Carlo. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 17(3), 134–138. <https://doi.org/10.31258/jkfi.17.3.134-138>
- Song, Q., & Chissom, B. S. (1993). Forecasting enrollments with fuzzy time series - Part I. *Fuzzy*

- Sets and Systems*, 54(1), 1–9. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(93\)90355-L](https://doi.org/10.1016/0165-0114(93)90355-L)
- Stevenson, M., & Porter, J. E. (2009). *Fuzzy Time Series Forecasting Using Percentage Change as the Universe of Discourse*. 3(7), 464–467.
- Sumi, S. M., Zaman, F., Mobile, A., Limited, S., & Hirose, H. (2012). A rainfall forecasting method using machine learning models and its application to the Fukuoka city case. *Amcs*, December, 1–13. <https://doi.org/10.2478/v10006-012-0062-1>
- Syaifullah, M. D. (2013). *Kondisi Curah Hujan pada Kejadian Banjir Jakarta dan Analisis Kondisi Udara atas Wilayah Jakarta Bulan Januari - Februari 2013*. 13.
- Tanuwijaya, K., & Chen, S. M. (2009). A new method to forecast enrollments using fuzzy time series and clustering techniques. *Proceedings of the 2009 International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, 5(1), 3026–3029. <https://doi.org/10.1109/ICMLC.2009.5212604>
- Yang, Y., Lin, H., Guo, Z., & Jiang, J. (2007). A data mining approach for heavy rainfall forecasting based on satellite image sequence analysis *S*. 33, 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2006.05.010>