
PENERAPAN FUZZY TIME SERIES UNTUK MEMPREDIKSI CURAH HUJAN KOTA BANDUNG

Endang Habinuddin

Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kab. Bandung Barat, Jawa Barat

Email : endang.h@polban.ac.id

ABSTRAK

Peramalan curah hujan sangat diperlukan untuk dijadikan informasi penting untuk berbagai aktifitas kehidupan. Metode peramalan kuantitatif dari data historis yang dapat digunakan adalah metode Fuzzy Time Series. Metode ini merupakan metode peramalan berdasarkan konsep himpunan Fuzzy, Metode ini digunakan untuk meramalkan curah hujan bulanan Kota Bandung dengan data curah hujan periode Januari 2017 – Desember 2021. Hasil analisis data menunjukkan bahwa metode peramalan metode Fuzzy Time Series berbasis rata-rata (Average Based) menghasilkan nilai MSE (Mean Square Error) sebesar 9260,295

Kata kunci: Fuzzy Time Series , Average Based, Peramalan, MSE

ABSTRACT

Rainfall forecasting is needed to be used as important information for various life activities. The quantitative forecasting method from historical data that can be used is the Fuzzy Time Series method. This method is a forecasting method based on the concept of a fuzzy set. This method is used to predict the monthly rainfall of Bandung City with rainfall data for the period January 2017 – December 2021. The results of data analysis show that the forecasting method using the Fuzzy Time Series method is based on average (Average Based) produces an MSE (Mean Square Error) value of 9260,295.

Keywords: Fuzzy Time Series, Average Based, Forecasting, MSE

1. PENDAHULUAN

Curah hujan merupakan bagian dari iklim dan dapat bervariasi antar daerah. Hal ini dikarenakan kondisi geografis wilayah mempunyai ketinggian yang berbeda. [1]. Curah hujan diukur menurut waktu harian, mingguan, bulanan, dan sebagainya. Curah hujan merupakan data runtun waktu (time series) yang diperoleh dari waktu ke waktu dan dimungkinkan dapat terjadi secara periodik di masa yang akan datang.

Peramalan curah hujan diperlukan untuk dijadikan informasi penting untuk berbagai aktifitas kehidupan seperti pertanian, perkebunan, perikanan, produksi, keselamatan, penerbangan, dan sebagainya[2].

Salah satu metode peramalan time series adalah Fuzzy Time Series (FTS). FTS menggunakan konsep fuzzy dalam peramalan, relasi antar data, dan interval waktu untuk membentuk hubungan fuzzy (Fuzzy Relationship). Penentuan interval berpengaruh dalam perbedaan peramalan.

Metode FTS adalah metode peramalan yang diperkenalkan oleh [3] dengan menggunakan konsep fuzzy ;logika fuzzy, himpunan fuzzy, dan variabel linguistik. Data yang samar dijelaskan dengan nilai-nilai linguistik.

Pada penelitian ini dilakukan analisis menggunakan metode peramalan Fuzzy Time Series berbasis rata-rata (Average Based). Metode ini diterapkan untuk memprediksi curah hujan bulanan di Kota Bandung.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy adalah himpunan dengan unsur-unsurnya memi dinyatakan dalam derajat keanggotaan. Himpunan ini diperkenalkan oleh L. A. Zadeh (1965) merupakan perluasan dari himpunan crisp. Derajat keanggotaan suatu himpunan dijelaskan dengan fungsi keanggotaan yang bernilai dalam interval bilangan riil dari 0 sampai dengan 1. Fungsi karakteristik himpunan klasik dikarakteristik dengan fungsi keanggotaan himpunan fuzzy.

Himpunan Fuzzy mengubah data historis berupa nilai riil dibentuk dalam nilai-nilai linguistik. Jika himpunan semesta $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_p\}$, himpunan Fuzzy dari U yaitu A_i didefinisikan oleh :

$$A_i = \frac{\mu_{A_1}(u_1)}{u_1} + \frac{\mu_{A_2}(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{\mu_{A_1}(u_p)}{u_p} \quad (1)$$

dengan $\mu_{A_i}(i)$ merupakan derajat keanggotaan μ_i ke A_i , $\mu_{A_1}(u_i) \in [0,1]$, dan $1 \leq i \leq p$.

Derajat keanggotaan $\mu_{A_i}(u_i)$ diperoleh berdasarkan ketentuan berikut :

1. Jika X_t anggota u_i , derajat keanggotaan u_i bernilai 1, dan u_{i+1} bernilai 0,5. Jika bukan anggota, nilai derajat keanggotaan u_i dan u_{i+1} adalah nol.
2. Jika X_t anggota u_i dengan $1 \leq i \leq p$, derajat keanggotaan u_i bernilai 1, dan u_{i+1} bernilai 0,5. Jika bukan anggota, maka u_{i-1} dan u_{i+1} bernilai nol.
3. Jika X_t anggota u_p , derajat keanggotaan u_p bernilai 1, dan u_{p-1} bernilai 0,5. Jika bukan anggota, nilai derajat keanggotaan u_p dan u_{p-1} adalah nol.[5].

2.2 Fuzzy Time Series

Metode ini merupakan metode peramalan runtun waktu berdasarkan konsep himpunan Fuzzy. Konsep ini digunakan untuk meramalkan masalah dengan data historis bernilai angka riil yang direpresentasikan dengan nilai-nilai linguistik. Metode ini sangat ditentukan dengan membuat interval linguistik yang tepat. Konsep basis rata-rata (Average Based) dalam penentuan panjang interval lebih tepat digunakan untuk proses peramalan [6].

Langkah-langkah untuk peramalan Fuzzy Time Series basis rata-rata (Chen & Hsu, 2004) sebagai berikut:

1. Menentukan himpunan semesta
Himpunan semesta (Universe of Discourse) didefinisikan sebagai : $U = [X_{min} - D_1, X_{mak} + D_2]$, dengan X_{min} : data minimum, X_{mak} : data maksimum, D_1 dan D_2 : bilangan positif.
2. Membentuk interval dan distribusi himpunan semesta U menjadi beberapa bagian, dimulai dari :
 - a) Menghitung selisih nilai mutlak dari data time series yaitu $|X_{i+1} - X_i|$, untuk $i = 1, \dots, n-1$, dan menghitung rata-rata seluruh selisih mutlak.
 - b) Menentukan setengah dari rata-rata selisih mutlak, untuk dijadikan sebagai panjang interval.
 - c) Menentukan himpunan fuzzy A untuk himpunan semesta U.
3. Fuzzifikasi, yaitu proses penentuan nilai himpunan fuzzy yang sesuai untuk setiap data historis, dan diambil nilai tengah dari setiap interval, yaitu $A_i = (LL_i + UL_i)/2$, dengan : LL_i batas bawah interval ke-i, dan UL_i : batas atas interval ke-i.
4. Menentukan FLR (*Fuzzy Logical Relationship*) dan FLRG (*Fuzzy Logical Relationship Group*).
Fuzzy Logical Relationship FLR) adalah relasi $A_i \rightarrow A_j$ dengan A_i merupakan nilai enrollment langkah ke i dan A_j nilai langkah ke $j = i+1$ adalah A_k . A_j dinyatakan sebagai sebagai current state dan A_k sebagai next state. Jika ada pengulangan relasi, dihitung hanya sekali. Hasil FLR selanjutnya dikelompokkan ke dalam grup-grup, dan terbentuk FLRG yaitu relasi : $A_k \rightarrow A_{k1}, A_{k2}, A_{k3}, \dots, A_{kn}$, dengan A_k : current state, dan A_{kn} : kumpulan relasi next state.

5. Menentukan Defuzzifikasi dan Peramalan
 Defuzzifikasi yaitu proses perhitungan untuk memperoleh nilai tegas (*crisp*) darihimpunan fuzzy).
 Aturan defuzzifikasi dan peramalan menggunakan aturan Chen [7].

Adapun untuk perhitungan peramalan digunakan 3 (tiga) aturan berikut [8].

- a) Jika fuzzifikasi ke i adalah A_i , dan FLRG-nya himpunan kosong, maka nilai peramalan adalah m_j , dengan m_j merupakan nilai tengah u_j
- b) Jika fuzzifikasi ke i adalah A_i , dan FLRG dari A_j relasi satu ke satu (one-to-one): $A_i \rightarrow A_j$, maka nilai peramalan adalah m_j yang merupakan nilai tengah u_j .
- c) Jika fuzzifikasi ke i adalah A_i , dan FLRG dari satu ke banyak (one-to-many) yaitu $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jn}$, maka peramalan periode ke $i+1$ adalah $(m_{j1} + m_{j2} + \dots + m_{jn})/n$, dengan $m_{j1}, m_{j2}, \dots, m_{jn}$ merupakan nilai tengah dari $u_{j1}, u_{j2}, \dots, u_{jn}$.

6. Menentukan ketepatan peramalan

Ketepatan peramalan diukur dengan menghitung parameter Mean Square Error (MSE). MSE digunakan untuk melihat hasil peramalan, dan perbedaan antara nilai aktual dan nilai hasil peramalan.. MSE dihitung dengan menggunakan rumus [9] berikut .

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2 \quad (2)$$

dengan Y_t : nilai observasi (data aktual) ke- t , F_t : nilai peramalan ke- t , dan n : banyaknya data.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian peramalan yang bersifat kuantitatif dengan metode analisis Fuzzy Time Series. Alat bantu dalam pengolahan data digunakan software *MSEXCEL*.

3.1 Data

Data yang digunakan adalah data curah hujan bulanan Kota Bandung dari tahun 2017 sd 2021 yang bersumber dari BPS kota Bandung Jawa Barat [10]. Variabel penelitian adalah data runtun waktu curah hujan

3.2 Metode

Metode penelitian dilakukan melalui Langkah-langkah sebagai berikut:

- a) Melakukan deskripsi data dan plot penyebaran berdasarkan rata-rata bulanan.
- b) Melakukan analisis data dengan metode Fuzzy Time Series.
- c) Melakukan peramalan curah hujan.
- d) Membuat kesimpulan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskriptif Data

Dengan data curah hujan bulanan untuk periode Januari 2017 – Desember 2021 [10], plot data ditunjukkan pada Gambar 1. berikut.



Gambar 1. Curah Hujan (mm) Periode Januari-Desember Tahun 2017-2021

Berdasarkan data curah hujan Kota Bandung pada periode tersebut, diperoleh curah hujan tertinggi pada bulan Nopember 2018 sebesar 48,3 mm dan terendah pada bulan Agustus 2019 sebesar 0,2 mm.

4.2 Analisis Fuzzy Time Series

Analisis dengan metode fuzzy time berbasis rata-rata untuk data curah hujan bulanan dilakukan melalui langkah-langkah dan hasil sebagai berikut :

1. Semesta pembicaraan
Data maksimum = 48,3 mm ,minimum = 0,2 mm, dan diambil $U = [0 ;510]$.
2. Ditribusi dan Jumlah interval linguistik
Distribusi data dengan dengan rata-rata selisih mutlak sebesar 51, diperoleh banyak interval 10 kelas dengan nilai tengah interval ditunjukkan pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Interval Linguistik

No.	Interval Linguistik	Nilai Tengah
1	$u_1 = [0,51]$	25,5
2	$u_2 = [51,102]$	76,5
3	$u_3 = [102,153]$	127,5
4	$u_4 = [153,204]$	178,5
5	$u_5 = [204,255]$	229,5
6	$u_6 = [255,306]$	280,5
7	$u_7 = [306,357]$	331,5
8	$u_8 = [357,408]$	382,5
9	$u_9 = [408,459]$	433,5
10	$u_{10} = [459,510]$	484,5

4.3 Himpunan fuzzy pada semesta U.

Himpunan Fuzzy A_i dengan $1 \leq i \leq 10$ untuk himpunan U berdasarkan persamaan (1) diperoleh sebagai berikut.

$$A_1 = \left\{ \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} \dots + \frac{0}{u_{10}} \right\},$$

$$A_2 = \left\{ \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0}{u_3} \dots + \frac{0}{u_{10}} \right\}$$

$$A_3 = \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{1}{u_3} \dots + \frac{0}{u_{10}} \right\}$$

$$A_4 = \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{1}{u_4} \dots + \frac{0}{u_{10}} \right\}$$

...

$$A_{10} = \left\{ \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} \dots + \frac{0,5}{u_8} + \frac{1}{u_9} + \frac{0,5}{u_{10}} \right\}$$

4.4 Fuzzifikasi

Hasil fuzzifikasi data curah hujan mulai periode januari 2017 sampai Desember 2021 ditunjukkan pada Tabel.2 berikut.

Tabel 2. Fuzzifikasi

No	Periode	Data (mm)	Fuzzifikasi
1	Jan-17	65,3	A ₂
2	Feb-17	199,3	A ₄
3	Mar-17	389,3	A ₈
.			
59	Nov-21	454,3	A ₁₀
60	Des-21	198,5	A ₄

Data aktual curah hujan Januari 2017 adalah 65,3 mm , dan hasil fuzifikasinya adalah A₂, dan seterusnya.

4.5 FLR (Fuzzy Logic Realations) dan FLRG

FLR yang terbentuk yaitu relasi himpunan fuzzy A_i dari bulan ke bulan lain untuk 1 ≤ i ≤ 10 ditunjukkan padab Tabel 3.

Tabel 3. (Fuzzy Logic Realations)

No	Time series	FLR
1	Jan-17 → Feb-17	A ₂ → A ₄
2	Feb-17 → Maret-17	A ₄ → A ₈
3	Maret-17 → April-17	A ₈ → A ₅
...		
...		
59	Okt-21 → Nov-21	A ₅ → A ₉
60	Nov-21 → Des-21	A ₉ → A ₄

Pengklasifikasikan FLR yaitu hubungan himpunan fuzzy A_i dari bulan ke i ke bulan lain untuk 1 ≤ i ≤ 10 terbentuk FLRG ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. FLR Group

No	Relasi Logika Fuzzy
1	A ₁ → A ₁ , A ₂ , A ₃
2	A ₂ → A ₁ , A ₂ , A ₄ , A ₅ , A ₆ , A ₇
3	A ₃ → A ₁ , A ₄ , A ₁₀
4	A ₄ → A ₅ , A ₆ , A ₈
5	A ₅ → A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₄ , A ₆ , A ₇ , A ₉
6	A ₆ → A ₁ , A ₃ , A ₄ , A ₅ , A ₆ , A ₇
7	A ₇ → A ₅ , A ₆ , A ₉

8	A_8	\rightarrow	A_5
9	A_9	\rightarrow	A_3, A_4
10	A_{10}	\rightarrow	A_7

$A_1 \rightarrow A_1, A_2, A_3$ artinya berhubungan A_1 dengan A_1, A_2 dan A_3 . Seterusnya.

4.6 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi dan perhitungan peramalan curah hujan bulan Januari sampai dengan bulan Desember 2021 hasilnya ada Tabel 5. berikut.

Tabel 5. Defuzzifikasi Peramalan

No	Relasi Logika Fuzzy(RLF)		
1	A_1	\rightarrow	76,5
2	A_2	\rightarrow	187
3	A_3	\rightarrow	221
4	A_4	\rightarrow	297,5
5	A_5	\rightarrow	214,9
6	A_6	\rightarrow	195,5
7	A_7	\rightarrow	314,5
8	A_8	\rightarrow	229,5
9	A_9	\rightarrow	153
10	A_{10}	\rightarrow	331,5

4.7 Nilai peramalan curah hujan

Nilai peramalan curah hujan Kota Bandung periode ulan Januari 2017 sampai dengan Desember 2021 ditunjukkan pada Tabel 6. berikut.

Tabel 6. Nilai Peramalan

Bulan	Curah Hujan(mm)	Fuzzifikasi	Ramalan (mm)
1	65,3	A_2	187
2	199,3	A_4	297,5
3	389,3	A_8	229,5
4	220,2	A_5	214,9286
5	222,3	A_5	214,9286
6	106,4	A_3	221
7	39,1	A_1	76,5

8	48,4	A1	76,5
9	90,8	A2	187
10	345,3	A7	314,5
11	442,2	A9	153
12	129,9	A3	221
.....
.....
59	454,3	A9	153
60	198,5	A4	297,5

Berdasarkan Tabel 6., prediksi peramalan curah hujan untuk bulan Januari 2022 yaitu 297,5 mm. Hal ini diperoleh hasil fuzzifikasi pada proses Fuzzy Logic Relationship yaitu relasi $A_9 \rightarrow A_4$ dan defuzzifikasi Fuzzy Logic Relationship Group yaitu A_4 .
 Jika dibandingkan dengan metode Chen dalam menentukan panjang interval [7], diperoleh perbandingan hasil ramalan seperti pada Tabel 7. berikut.

Tabel 7. Nilai Peramalan Average Based dan Chen

Periode	Curah Hujan(mm)	Ramalan (Average Based)	Ramalan (CHEN)
1	65,3	187	103,5
2	199,3	297,5	293,25
3	389,3	229,5	345
4	220,2	214,9	218,5
5	222,3	214,9	218,5
6	106,4	221	276
7	39,1	76,5	103,5
.....
.....
55	33,2	76,5	103,5
56	91,8	187	276
57	73	187	276
58	218,4	214,9286	218,5
59	454,3	153	138
60	198,5	297,5	293,25

4.8 Ketepatan Pengukuran Permalan

Ketepatan peramalan dihitung dengan menggunakan ukuran Mean Square Error (MSE). Hasil perhitungan MSE dengan persamaan (2) untuk sampel data curah hujan sebanyak 60 buah dengan metode FTS Average Bases yaitu $MSE = 555617,7196 / 60 = 9260,295$, dan metode Chen menghasilkan $MSE = 887275,315 / 60 = 14787,922$. Nilai MSE metode Average Based lebih kecil dari metode Chen.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan, diperoleh hasil peramalan curah hujan bulanan kota Bandung dengan metode Fuzzy Time Series (Average Based) untuk bulan Januari 2017 sampai Desember 2021. Prediksi atau ramalan curah hujan untuk bulan Januari 2022 yaitu sebesar 297,5 mm. Hasil peramalan metode Fuzzy Time (Average Based) lebih tepat untuk prediksi curah hujan kota Bandung dengan MSE sebesar 9260,295 bila dibandingkan metode Chen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suwarno (2015). *Klimatologi : Pengukuran dan Pengolahan Data Curah Hujan, Contoh Aplikasi Hidrologi Dalam Pengelolaan Sumber Daya Air*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [2] S. Wirjohamidjojo and Y. S. Swarinoto (2007). *Praktek Meteorologi Pertanian*, p. 192, 2007.
- [3] Song, Q. dan B. S. Chissom. (1993). *Fuzzy Time Series and Its Models*. *International Journal of Fuzzy Sets and Systems*. Vol. 54: 269-277.
- [4] Davvaz B, Imam Mukhlash, Soleha (2021). *Himpunan Fuzzy dan Rough Sets, Limits : Journal of Mathematics and Its Applications E-ISSN: 2579-8936 Vol.18, No.1, Mei 2021, 79-94*.
- [5] S. M. Boaisha dan S. M. Amaitik (2010). *Forecasting Model Based on Fuzzy Time Series Approach*, Proc. 10th Int. Arab Conf. Inf. Technol. - ACIT 2010, no. January 2010.
- [6] C. Udin, dan M.T. Jatipaningrum (2020). *Peramalan Inflasi Di Indonesia Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Based Average Dan Fuzzy Time Series Saxena-Easo*, *J. Stat. Ind. dan Komputasi*, vol. 05, no. 2, pp. 1–10,.
- [7] Chen, S. dan Hsu, C. (2004). *A New Method to Forecast Enrollments Using Fuzzy Time Series*. (2:3), 234–244.
- [8] Xihao, S. dan L. Yimin. (2008). *Average-Based Fuzzy Time Series Models for Forecasting Shanghai Compound Index*. *World Journal of Modelling and Simulation*. Vol. 4: 104-111.
- [9] Uslu, V. R., Bas, E., Yolcu, U. & Egrioglu, E.(2014). *A fuzzy time series approach based on weights determined by the number of recurrences of fuzzy relations*. Elsevier, 15(2210-6502), pp. 19-26.
- [10] BPS Kota Bandung (2022). <https://bandungkota.bps.go.id>. April 2022.