

# IMPLEMENTASI ALGORITMA FUZZY TIME SERIES AVERAGE-BASED UNTUK MEMPREDIKSI INTENSITAS SAMPAH TEMPAT PEMROSESAN AKHIR

Iqbal Imani Khoirul Akbar<sup>1)</sup>, Basuki Rahmat<sup>2)</sup>, Fetty Tri Anggraeny<sup>3)</sup>  
E-mail : <sup>1)</sup> [iqbalakbar813@gmail.com](mailto:iqbalakbar813@gmail.com) , <sup>2)</sup> [basukirahmat.if@upnjatim.ac.id](mailto:basukirahmat.if@upnjatim.ac.id),  
<sup>3)</sup> [fettyanggraeny.if@upnjatim.ac.id](mailto:fettyanggraeny.if@upnjatim.ac.id)

<sup>123</sup> Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

## Abstrak

Tempat pemrosesan akhir (TPA) Winongo adalah sebuah tempat ditampungnya sampah untuk wilayah Kota Madiun. TPA ini menampung segala sampah dari 3 kecamatan di Kota Madiun, diantaranya Kecamatan Kartoharjo, Kecamatan Taman, dan Kecamatan Mangunharjo. Sampai saat ini TPA Winongo sudah terbilang penuh sehingga sampah yang tertampung didalamnya sudah bergunung – gunung. Hal tersebut dapat menyebabkan berkurangnya umur dari TPA Winongo. TPA Winongo sering mengalami kesulitan dalam mengatasi sampah yang masuk tiap bulan, oleh sebab itu TPA Winongo membutuhkan sistem yang dapat digunakan untuk memprediksi intensitas sampah yang masuk dalam beberapa bulan terakhir. Algoritma *Fuzzy Time Series Average-Based* adalah metode prediksi yang menggunakan prinsip *Fuzzy* dan memiliki tingkat akurasi yang cukup baik untuk melakukan prediksi, sehingga metode ini sesuai untuk memprediksi intensitas sampah yang masuk di TPA tersebut. Data yang digunakan adalah data volume sampah (Ton) pada tahun 2018 yang diperoleh dari TPA Winongo. Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini adalah akurasi algoritma untuk prediksi intensitas sampah dengan pengujian data pada tahun 2018 sebanyak 12 data yang diuji dengan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) adalah sebesar 6,19% dan termasuk dalam kategori sangat baik.

**Kata kunci:** Prediksi, *Fuzzy*, *Fuzzy Time Series Average-Based*, *Mean Absolute Percentage Error*.

## 1. PENDAHULUAN

Kondisi lingkungan global saat ini semakin memprihatinkan. Hal ini disebabkan oleh ulah manusia yang mengeksploitasi sumber daya alam dan lingkungan tanpa batas [1]. Berkaitan dengan hal tersebut, perilaku manusia terhadap kondisi sumber daya alam dan lingkungan cenderung kurang peduli. Salah satu tindakan manusia yang kurangnya rasa peduli akan lingkungan hidup adalah pentingnya mengolah dan membuang sampah dengan benar. Sampah secara istilah sederhana adalah padatan yang sudah terpakai dan dibuang pada tempatnya. Sampah berasal dari kegiatan sehari – hari atau hasil limbah industri, tempat komersial, perkantoran, pasar, taman, dan kebun [2].

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) di Kota Madiun memiliki luas 6,4 hektar dan terletak di Kecamatan Mangunharjo yaitu TPA Winongo. TPA ini menampung segala bentuk sampah untuk wilayah Kota Madiun setiap harinya, sampai saat ini TPA Winongo sudah terbilang penuh dan intensitas sampah yang tertampung didalamnya sudah bergunung – gunung. Hal tersebut dapat menyebabkan berkurangnya umur dari TPA Winongo. Solusi dari pihak TPA Winongo untuk mengatasi penuhnya lahan untuk menampung sampah adalah dengan memperluas lahan penampungan sampah. Dari

permasalahan diatas, penulis memiliki ide untuk membuat sebuah sistem yang dapat memprediksi kenaikan dan penurunan intensitas sampah. Sistem tersebut menggunakan Algoritma *Fuzzy Time Series Average-Based* untuk melakukan prediksinya, prediksi tersebut berdasarkan data sampah yang masuk pertahunnya. Hal tersebut bertujuan untuk memberikan sebuah informasi kepada pihak TPA tentang statistik intensitas sampah yang masuk di dalam TPA agar kedepannya pihak TPA dapat mempersiapkan strategi pengelolaan TPA kedepannya.

Berdasarkan permasalahan diatas maka penulis akan membuat sebuah sistem sebagai topik skripsi dengan judul “Implementasi Algoritma *Fuzzy Time Series Average-Based* Untuk Memprediksi Intensitas Sampah Tempat Pemrosesan Akhir.

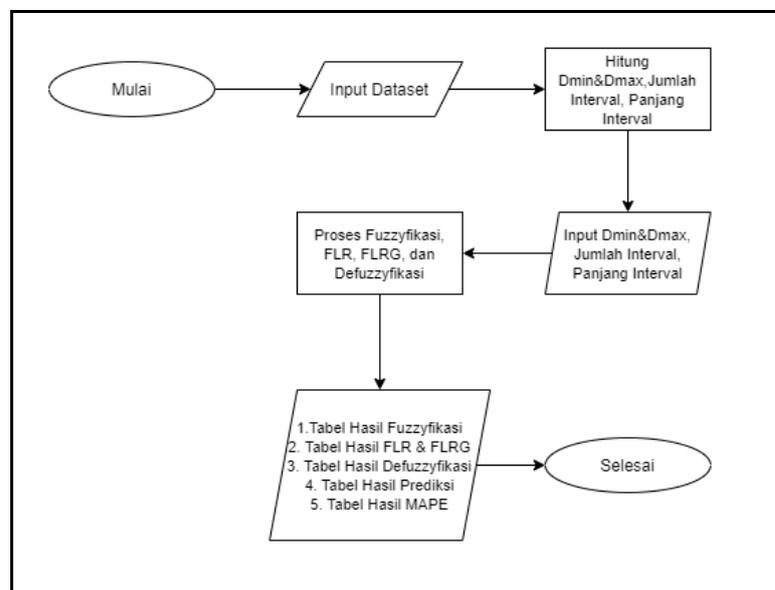
## 2. METODOLOGI

### 2.1 Analisis Data

Pengambilan data diperoleh dari data volume sampah (Ton) yang masuk di TPA Winongo Madiun perbulan dalam satu tahun pada tahun 2018. Data tersebut berjumlah 12 data. Proses analisa data dilakukan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Average-Based*.

### 2.2 Algoritma *Fuzzy Time Series Average-Based*

Perancangan sistem menggunakan Algoritma Fuzzy Time Series Average-Based ini membutuhkan beberapa proses perhitungan sehingga dapat menghasilkan *output* yang sesuai dengan perhitungan. Algoritma *Fuzzy Time Series* secara umum memiliki 3 tahapan utama, yaitu *Fuzzifikasi*, penentuan *Fuzzy Logical Relationships* (FLRs), dan *Defuzzifikasi* [3]. Fuzzy Time Series merupakan metode prediksi data yang menggunakan prinsip *fuzzy* sebagai dasarnya. Sistem tersebut menangkap pola data yang telah digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang [4]. Pada Gambar 1 merupakan *flowchart* perancangan sistem Algoritma *Fuzzy Time Series Average-Based*.



Gambar 1. *Flowchart* Program

Flowchart program meliputi input dataset, mengidentifikasi interval basis rata-rata, proses *fuzzyfikasi*, *fuzzy logic relationship* (FLR) & *fuzzy logic relationship group* (FLRG), *defuzzyfikasi*, dan pengujian menggunakan metode *mean absolute percentage error* (MAPE).

### 2.3 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Pada Algoritma *Fuzzy Time Series Average-Based* juga dapat dihitung *error* atau dapat disebut juga *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Dalam sebuah algoritma khususnya untuk memprediksi sesuatu, algoritma tersebut pasti memiliki tingkat kesalahan atau *error* dalam hasil prediksinya. MAPE bertujuan untuk menghitung presentase *error* dalam sebuah hitungan prediksi algoritma serta untuk mengetahui hasil kinerja prediksi. Untuk perhitungan MAPE dapat dihitung dengan rumus [5].

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^l \left| \frac{y'_i - y_i}{y_i} \right| \times 100 \quad (1)$$

Untuk mengetahui kategori dari MAPE dari sebuah hasil prediksi dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

**Tabel 1. Nilai MAPE Untuk Evaluasi [6]**

Nilai MAPE	Akurasi Prediksi
<10%	Sangat Baik
10% - 20%	Baik
20% - 20%	Wajar
>50%	Buruk

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini adalah penjelasan mengenai Algoritma *Fuzzy Time Series Average-Based* pada sistem. Penjelasan seperti pada *flowchart* pada Gambar 1.

### 3.1 Input Dataset

Dataset yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan data volume sampah TPA Winongo Madiun pada tahun 2018. Data tersebut digunakan untuk melakukan prediksi tahun 2019. Adapun data tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Data Aktual Tahun 2018**

No	Bulan	Volume (Ton)
1	Januari	3315.937
2	Februari	3266.074
3	Maret	3343.29
4	April	3154.313
5	Mei	3312.762
6	Juni	3156.371
7	Juli	2564.63
8	Agustus	2690.524
9	September	2815.063
10	Oktober	2829.083
11	November	3596.981
12	Desember	2803.455

### 3.2 Identifikasi Interval Basis Rata - Rata

Setelah dataset sudah didapatkan, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai dari interval basis rata – rata. Perhitungan dari interval basis rata – rata dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.

No	Bulan	Volume (Ton)	Selisih Absolute
1	Januari	3315.937	49.863
2	Februari	3266.074	77.216
3	Maret	3343.290	188.977
4	April	3154.313	158.449
5	Mei	3312.762	156.391
6	Juni	3156.371	591.741
7	Juli	2564.630	125.894
8	Agustus	2690.524	124.539
9	September	2815.063	14.02
10	Oktober	2829.083	767.898
11	November	3596.981	793.526
12	Desember	2803.455	0

Gambar 2. Interval Basis Rata – Rata

Setelah dilakukan perhitungan selisih *absolute* pada tiap aktual data. Maka selanjutnya menghitung rata – rata dari selisih *absolute*. Rata – rata selisih *absolute* didapatkan sebesar 254.043. Kemudian tentukan setengah dari nilai rata – rata *absolute* dan nantinya akan dijadikan sebagai interval basis rata – rata.

Interval Basis Rata – Rata ( $r$ ) = Rata – Rata Selisih *Absolute* / 2  
 Interval Basis Rata – Rata ( $r$ ) = 127

### 3.3 Proses *Fuzzyfikasi*

Setelah didapatkan nilai  $r$ , langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah himpunan dari *Fuzzy*. Untuk penentuan jumlah himpunan diawali dengan menentukan himpunan semesta. Himpunan semesta ini didapatkan dari  $D_{min}$  dan  $D_{max}$  yang mana  $D_{min}$  adalah data terkecil dari data aktual dan  $D_{max}$  adalah data terbesar dari data aktual.

$$U = [2564.630, 3596.981]$$

Setelah didapatkan nilai himpunan semesta, langkah selanjutnya adalah menentukan subhimpunan dari tiap nilai himpunan dengan rumus sebagai berikut dengan syarat ( $D_{min} + (i*r) < D_{max} + r$ ).

$$U_i = [D_{min} + (i-1)*r, D_{min} + (i*r)] \quad (2)$$

Untuk hasil dari perhitungan  $U_i$  dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.

U = [2564.630, 3596.981]	U1 = [2564.63, 2691.63]
=====	U2 = [2691.63, 2818.63]
Syarat :	U3 = [2818.63, 2945.63]
(dmin + (i*r) < dmax + r)	U4 = [2945.63, 3072.63]
Ui = [dmin + (i-1)*r , dmin + (i*r)]	U5 = [3072.63, 3199.63]
=====	U6 = [3199.63, 3326.63]
	U7 = [3326.63, 3453.63]
	U8 = [3453.63, 3580.63]
	U9 = [3580.63, 3707.63]

**Gambar 3. Hasil Perhitungan Subhimpunan**

Setelah didapatkan hasil dari perhitungan subhimpunan *Fuzzy*, maka langkah selanjutnya adalah proses *Fuzzyfikasi*. Pada proses ini sebagai contoh untuk mengidentifikasi keanggotaan *fuzzy* dari data volume sampah pada bulan Januari dengan nilai aktual 3315.937 adalah sebagai berikut.

$$F(A6) = \left\{ \frac{3326.63 - 3315.937}{3326.63 - 3199.63} \right\}$$

$$F(A6) = 0.08$$

$$F(A7) = \left\{ \frac{3315.937 - 3199.63}{3326.63 - 3199.63} \right\}$$

$$F(A7) = 0.92$$

Dari hasil proses tersebut, maka data bulan Januari termasuk dalam keanggotaan *Fuzzy* A7, karena hasil dari proses tersebut memiliki hasil yang maksimum. Untuk hasil *Fuzzyfikasi* dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini.

No	Volume (Ton)	Fuzzifikasi
1	3315.937	A7
2	3266.074	A7
3	3343.290	A7
4	3154.313	A6
5	3312.762	A7
6	3156.371	A6
7	2564.630	A1
8	2690.524	A2
9	2815.063	A3
10	2829.083	A3
11	3596.981	A9
12	2803.455	A3

**Gambar 4. Hasil Proses Fuzzyfikasi**

### 3.4 Fuzzy Logic Relationship (FLR) & Fuzzy Logic Relationship Group (FLRG)

Setelah didapatkan nilai *Fuzzyfikasi* dari setiap data aktual, langkah selanjutnya adalah menentukan *Fuzzy Logic Relationship* & *Fuzzy Logic Relationship Group*. Untuk hasil dari FLR dan FLRG dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 dibawah ini.

Current State	Next State
A7	A7
A7	A7
A7	A6
A6	A7
A7	A6
A6	A1
A1	A2
A2	A3
A3	A3
A3	A9
A9	A3
A3	0

Gambar 5. Hasil *Fuzzy Logic Relationship*

Pada Gambar 5 didapatkan hasil dari *Fuzzy Logic Relationship*. Hasil tersebut berupa relasi *current state* dan *next state* dari setiap nilai keanggotaan *Fuzzy*. Dari relasi tersebut akan dikelompokkan berdasarkan *current state* dengan melakukan eliminasi hasil FLR yang mempunyai relasi yang sama dan lebih dari satu untuk dijadikan dalam satu grup [7]. Untuk hasil FLRG dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah ini.

State	FLRG
A7	A7 A7 A6 A6
A6	A7 A1
A1	A2
A2	A3
A3	A3 A9
A9	A3

Gambar 6. Hasil *Fuzzy Logic Relationship Group*

### 3.5 Proses Defuzzyfikasi

Langkah selanjutnya adalah melakukan proses *Defuzzyfikasi*. Proses ini merupakan proses perhitungan dari hasil nilai peramalan yang nantinya dihitung sehingga mendapatkan nilai crisp [8]. Proses ini diperoleh dari hasil FLR & FLRG dengan aturan sebagai berikut:

1. Apabila himpunan Fuzzy adalah  $A_i$  dan FLRG  $A_i$  adalah kosong ( $A_i \rightarrow$ ), maka prediksi  $A_i$  adalah  $m_i$  yang merupakan nilai tengah dari  $U_i$  [9].

$$A_i = m_i \quad (3)$$

2. Apabila himpunan Fuzzy adalah  $A_i$  dan FLRG  $A_i$  adalah  $A_i$  ke  $A_j$  ( $A_i \rightarrow A_j$ ), maka prediksi dari  $A_i$  adalah  $m_j$  yang merupakan nilai tengah dari  $U_j$  [9].

$$A_i = m_j \quad (4)$$

3. Apabila himpunan Fuzzy adalah  $A_i$  dan FLRG  $A_i$  adalah  $A_i$  ke  $A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jn}$  ( $A_i \rightarrow A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jn}$ ), maka prediksi dari  $A_i$  adalah nilai rata – rata dari  $m_{j1}, m_{j2}, \dots, m_{jn}$  yang merupakan nilai tengah dari  $U_{j1}, U_{j2}, \dots, U_{jn}$  [9].

$$A_i = \frac{m_{j1} + m_{j2} + \dots + m_{jn}}{n} \quad (5)$$

Untuk rincian dari hasil proses *Defuzzyfikasi* dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8 dibawah ini.

Defuzzyfikasi	
$A_7 = \left\{ \frac{m_7 + m_7 + m_6 + m_6}{4} \right\}$	$= 3326.63$
$A_6 = \left\{ \frac{m_7 + m_1}{2} \right\}$	$= 3009.13$
$A_1 = m_2$	$= 2755.13$
$A_2 = m_3$	$= 2882.13$
$A_3 = \left\{ \frac{m_3 + m_9}{2} \right\}$	$= 3263.13$
$A_9 = m_3$	$= 2882.13$

Gambar 7. Hasil Hitungan *Defuzzyfikasi*

State	Nilai
A7	3326.63
A6	3009.13
A1	2755.13
A2	2882.13
A3	3263.13
A9	2882.13

Gambar 8. Hasil Defuzzyfikasi

### 3.6 Hasil Prediksi Volume Sampah

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil dari prediksi volume sampah untuk tahun 2019 seperti pada Gambar 9 dibawah ini.

No	Bulan	Volume 2018 (Ton)	Prediksi 2019 (Ton)	State
1	Januari	3315.937	3326.63	A7
2	Februari	3266.074	3326.63	A7
3	Maret	3343.290	3326.63	A7
4	April	3154.313	3009.13	A6
5	Mei	3312.762	3326.63	A7
6	Juni	3156.371	3009.13	A6
7	Juli	2564.630	2755.13	A1
8	Agustus	2690.524	2882.13	A2
9	September	2815.063	3263.13	A3
10	Oktober	2829.083	3263.13	A3
11	November	3596.981	2882.13	A9
12	Desember	2803.455	3263.13	A3

Gambar 8. Hasil Prediksi Tahun 2019

### 3.7 Pengujian Sistem

Pada pengujian kali ini menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yaitu menghitung persentase error dari perbandingan nilai hasil prediksi dengan data aktual sebenarnya. Untuk pengujian MAPE pada penelitian ini menggunakan data hasil prediksi tahun 2019 dengan data aktual pada tahun 2019 seperti pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Pengujian MAPE

No	Bulan	Data Aktual 2019	Hasil Prediksi	ABS(Selisih Data Aktual dan Prediksi)	ABS(Selisih Data Aktual dan Prediksi dibagi Data Aktual)
1	Januari	3351.76	3326.63	25.129	0.0075
2	Februari	3090.47	3326.63	236.163	0.07642
3	Maret	3351.42	3326.63	24.791	0.0074

4	April	3243.72	3009.13	234.585	0.07232
5	Mei	3351.9	3326.63	25.268	0.00754
6	Juni	3242.99	3009.13	233.857	0.07211
7	Juli	3362.42	2755.13	607.293	0.18061
8	Agustus	3362.43	2882.13	480.301	0.14284
9	September	3254.11	3263.13	9.018	0.00277
10	Oktober	3362.41	3263.13	99.277	0.02953
11	November	3254.1	2882.13	371.974	0.11431
12	Desember	3362.44	3263.13	99.306	0.02953
Rata – Rata					0.061906331
MAPE (Rata – Rata x 100)					6.19%

Dari Tabel 3 diatas hasil dari MAPE pada prediksi sebesar 6.19%. Menurut acuan pada Tabel 1, hasil persentase error ini termasuk dalam golongan <10%. Sehingga hasil MAPE pada prediksi menggunakan data tahun 2018 tergolong “Sangat Baik”.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari berbagai proses pada penelitian yang dilaksanakan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Berdasarkan pembahasan mengenai penerapan Algoritma Fuzzy Time Series Average-Based, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa dapat terciptanya sistem prediksi kenaikan dan penurunan intensitas sampah pada TPA Winongo Kota Madiun dengan menerapkan Algoritma Fuzzy Time Series Average-Based. Sehingga sistem tersebut dapat digunakan untuk melakukan proyeksi intensitas sampah yang masuk dan sebagai pertimbangan dalam penanganan sampah pada tahun mendatang.
2. Berdasarkan pengujian validitas sistem menggunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dengan menggunakan dataset volume sampah pada tahun 2018, maka diperoleh hasil MAPE pada prediksi sebesar 6.19% dan termasuk dalam kriteria Sangat Baik.

##### 4.2 Saran

Dari hasil penelitian pembuatan program prediksi menggunakan Algoritma Fuzzy Time Series Average-Based ini dapat diberikan beberapa saran diantaranya:

1. Pada penelitian ini output dari sistem tidak hanya menampilkan hasil prediksi kenaikan dan penurunan sampah, tetapi juga dapat dilakukan prediksi umur dari TPA agar pihak TPA memiliki strategi untuk kedepannya dalam mengelola TPA menjadi lebih baik lagi.
2. Sistem prediksi berbasis website dengan menggunakan Algoritma Fuzzy Time Series Average-Based ini dapat dikembangkan lagi dalam bentuk platform lainnya, seperti mobile, desktop, atau IOS.

#### 5. DAFTAR RUJUKAN

- [1] Rachmat Mulyana, “PENANAMAN ETIKA LINGKUNGAN MELALUI SEKOLAH PERDULI DAN BERBUDAYA LINGKUNGAN,” *J. Tabularasa PPS UNIMED*, vol. 6, no. 2, p. 6, 2009.
- [2] Sri Wahyono, “PENGOLAHAN SAMPAH ORGANIK DAN ASPEK

- SANITASI,” *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 2, 2001.
- [3] Solikhin, “FUZZY TIME SERIES DAN ALGORITME AVERAGE-BASED LENGTH UNTUK PREDIKSI PEKERJA MIGRAN INDONESIA,” *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 6, p. 8, 2019.
- [4] Retno Tri Vulandari, “Penerapan Algoritma Fuzzy Time Series Average-Based untuk Memprediksi Penjualan Kelapa,” *Indones. J. Math. Nat. Sci. Educ.*, vol. 2, p. 6, 2020.
- [5] Nur Adhi Nugroho, “Analisis 9 Saham Sektor Industri di Indonesia Menggunakan Metode SVR,” *Pros. SKF*, p. 6, 2015.
- [6] Pei-Chann Chang, “The development of a weighted evolving fuzzy neural network for PCB sales forecasting,” *Sci. Direct*, vol. 32, p. 8, 2007.
- [7] M. Isa Irawan, “Perbandingan Metode Fuzzy Time Series dan Metode BoxJenkins untuk Memprediksi IHSG,” *J. Sains ITS*, vol. 3, 2014.
- [8] Ujianto, “Perbandingan Performansi Metode Peramalan Fuzzy Time Series yang Dimodifikasi dan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation,” *J. SAINS DAN SENI ITS*, vol. 4, 2015.
- [9] Sun Xihao, “Average-based fuzzy time series models for forecasting Shanghai compound index.,” *World J. Model. Simul.*, vol. 4, p. 8, 2008.