

## Implementasi Metode *Fuzzy Time Series* untuk Peramalan Kandungan *Particulate Matter* (PM<sub>2,5</sub>) di Udara

Rafika Sari Yaslan<sup>1</sup>, Ginanjar Abdurrahman<sup>2</sup>, Rosita Yanuarti<sup>3</sup>

Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Jember

E-mail : rafikasariyaslan@gmail.com<sup>1</sup>, abdurrahmanginanjar@gmail.com<sup>2</sup>,  
rosita.yanuarti@gmail.com<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Polusi udara adalah masalah yang banyak dialami berbagai negara di dunia. Polusi udara terjadi karena adanya kandungan zat pencemar atau polutan dalam udara, salah satunya yaitu *Particulate Matter* (PM<sub>2,5</sub>) atau disebut juga partikel debu yang berukuran kurang dari 2,5 $\mu$ m. Jika zat tersebut terhirup dan terakumulasi dalam jumlah banyak maka akan menyebabkan banyak gangguan kesehatan atau bahkan kematian. Untuk dapat melakukan pencegahan sebelum terlambat, digunakan teknologi peramalan untuk mengetahui kandungan PM<sub>2,5</sub> dimasa mendatang. Penelitian ini menerapkan metode *Fuzzy Time Series* untuk meramalkan kandungan PM<sub>2,5</sub> dengan langkah pertama yaitu menentukan himpunan semesta, kemudian pembentukan interval, *fuzzifikasi*, bentuk FLR dan FLRG, *defuzzifikasi*, lalu hitung nilai hasil peramalan, dan terakhir ukur ketepatan hasil peramalan menggunakan MAPE, kemudian diimplementasikan pada sebuah sistem berbasis Web. Penelitian ini menggunakan 2 skenario pengujian sistem yaitu variasi periode data yang berpengaruh terhadap jumlah interval dan variasi nilai *input* konstanta D2 yang berpengaruh pada panjang interval pada tahap pembentukan interval. Berdasarkan pengujian tersebut, kandungan PM<sub>2,5</sub> pada tanggal 1 Januari 2015 jam 00.00 WIB menggunakan periode data 6 bulan sebelumnya dan *input* konstanta D2 sebesar 10 adalah 12,884  $\mu$ g/m<sup>3</sup> dengan jumlah interval yang terbentuk sebanyak 17 interval dan panjang setiap intervalnya sebesar 31,3. Kemudian tingkat kesalahan MAPE yang dihasilkan sebesar 17,9164%. Karena memiliki tingkat kesalahan MAPE kurang dari 20%, maka peramalan pada penelitian ini termasuk peramalan yang baik. Kemudian untuk peramalan periode tahunan, grafik yang dibentuk mengandung pola data musiman.

**Kata kunci** : Peramalan, Polusi udara, PM<sub>2,5</sub>, *Fuzzy Time Series*

### ABSTRACT

*Air pollution is a problem experienced by many countries in the world. Air pollution occurs because of the pollutants presence or pollutants in the air, one of them is Particulate Matter (PM<sub>2.5</sub>) or also known as dust particles that are less than 2.5 $\mu$ m in size. If these substances are inhaled and accumulate in large quantities, it will cause many health problems or even death. To be able to take precautions before it is too late, forecasting technology is used to determine the future PM<sub>2.5</sub> content. This research applies the Fuzzy Time Series method to predict the PM<sub>2.5</sub> content with the first step, namely determining the set of universes, then interval formation, fuzzification, FLR and FLRG forms, defuzzification, then calculating the value of forecasting results, and finally measuring the accuracy of forecasting results using MAPE, then implemented on a Web-based system. This study uses 2 system testing scenarios, namely the variation of the data period that affects the number of intervals and the variation in the input value of the constant D2 which affects the length of the interval at the interval formation stage. Based on this test, the PM<sub>2.5</sub> content on January 1, 2015 at 00.00 WIB uses the previous 6 months data period and the D2 constant input of 10 is 12.884  $\mu$ g / m<sup>3</sup> with the number of intervals formed as many as 17 intervals and the length of each interval is 31.3. Then the resulting MAPE error rate is 17.9164%. Because it has an MAPE error rate of less than 20%, the forecasting in this study is a good forecast. Then for forecasting the annual period, the graph that is formed contains seasonal data patterns.*

**Keywords:** Forecasting, Air pollution, PM<sub>2,5</sub>, *Fuzzy Time Series*

## 1. PENDAHULUAN

Polusi udara adalah masalah sehari-hari yang saat ini banyak dialami berbagai negara di dunia. Berdasarkan data dari *World Health Organization* (WHO), polusi udara membunuh sekitar tujuh juta orang di seluruh dunia setiap tahun. Berbagai macam polusi udara seperti asap kendaraan bermotor dan limbah udara yang dihasilkan oleh sektor industri mengandung beberapa zat pencemar atau polutan. Berdasarkan *World Air Quality Index* (WAQI), ada enam jenis polutan utama yaitu Ozon (O<sub>3</sub>), Nitrogen Dioksida (NO<sub>2</sub>), Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>), emisi Carbon Monoksida (CO), *particulate* PM<sub>2,5</sub> dan PM<sub>10</sub>. Namun, yang menjadi perhatian penting adalah kandungan PM<sub>2,5</sub> karena termasuk salah satu jenis polutan utama yang paling berbahaya jika melebihi batas aman dari standar WHO tentang kandungan PM<sub>2,5</sub> dalam udara yaitu kurang dari 25 µg/m<sup>3</sup>. PM<sub>2,5</sub> merupakan nama lain untuk partikel yang berukuran lebih kecil dari 2,5 µm atau disebut juga partikel halus yang ukurannya lebih kecil dari sehelai rambut manusia (Zuhrida dan Azizah, 2015). Karena ukurannya yang sangat kecil, PM<sub>2,5</sub> dapat secara leluasa masuk ke dalam saluran pernapasan dan mengendap di *alveoli* sehingga dapat menyebabkan berbagai gangguan saluran pernapasan (Depkes RI, 2008). Menurut data dari AirVisual tahun 2010, China termasuk ke dalam 12 negara yang paling berpolusi dan berdasarkan informasi dari Pusat Pemantauan Lingkungan (PPL) kota Beijing, kepadatan *particulate matter* (PM<sub>2,5</sub>) yang tercatat telah mencapai jumlah tertinggi yaitu 755 µg/m<sup>3</sup>. Untuk itu, informasi mengenai peramalan kualitas udara khususnya PM<sub>2,5</sub> di masa mendatang sangat diperlukan, karena akan sangat berguna bagi keberlangsungan lingkungan hidup, agar dapat melakukan tindakan pencegahan sebelum menjadi semakin memburuk.

## 2. PENELITIAN TERKAIT

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan peramalan. Penelitian yang berjudul “Prediksi Jumlah Penduduk Menggunakan *Fuzzy Time Series* Model Chen (Studi Kasus: Kota Tanjungpinang)” bertujuan untuk mengetahui cara kerja *Fuzzy Time Series* Model Chen dalam memprediksi jumlah penduduk di Kota Tanjungpinang dengan melihat tingkat akurasi berdasarkan nilai *error* terkecil. Pada peramalan ini didapatkan nilai AFER sebesar 0.25%.

Penelitian yang dilakukan oleh Elfajar dkk meneliti tentang Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Kota Batu Menggunakan Metode *Time Invariant Fuzzy Time Series*. Hasil dari penelitian ini diketahui bahwa peramalan menggunakan *fuzzy set* berbasis rata – rata didapatkan nilai rata – rata *error* AFER terbaik sebesar 0,0056% dengan menggunakan 60 data latih.

Penelitian yang dilakukan oleh Fathoni berjudul “Implementasi Metode *Fuzzy Time Series* Cheng untuk prediksi Konsentrasi Gas NO<sub>2</sub> di Udara”. Penelitian ini menggunakan metode *fuzzy time series* Cheng yang menerapkan pembagian ulang terhadap hasil interval partisi pertama dari nilai semesta

pembicaraan dengan melakukan *fuzzifikasi* data historis untuk menentukan *Fuzzy Logical Relationship* dan *Fuzzy Logical Relationship Group*. Dengan menggunakan 36 data sampel dari gas NO<sub>2</sub>, diperoleh nilai RMSE sebesar 2.08%.

Berdasarkan penelitian – penelitian tersebut, masing – masing menggunakan metode yang sama yaitu *Fuzzy Time Series* dan mendapatkan nilai *error* yang kecil. Maka dari itu, peneliti menerapkan metode *Fuzzy Time Series* untuk meramalkan kandungan PM<sub>2,5</sub> dengan tujuan supaya mendapatkan nilai hasil peramalan yang mendekati nilai sebenarnya.

#### **A. Peramalan**

Peramalan merupakan suatu analisis statistik memperkirakan apa yang akan terjadi pada masa yang akan datang dengan menggunakan data dan informasi masa lalu (Nurdela, 2017). Peramalan yang baik adalah peramalan yang hasil peramalannya mendekati kenyataan (Megasari, 2011). Ada beberapa langkah – langkah dalam peramalan pada umumnya, yaitu pengumpulan data, seleksi data, memilih metode peramalan, mengimplementasikan metode yang telah dipilih untuk proses peramalan, mengevaluasi hasil akhir (Dewi, 2012).

#### **B. Logika Fuzzy**

Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang digunakan untuk mengatasi ketidakpastian suatu hal dalam masalah – masalah yang memiliki banyak solusi. Menurut Setiadji (2009), suatu nilai dalam *fuzzy* dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Derajat keanggotaan dalam *fuzzy* memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1(satu). Hal ini berbeda dengan himpunan tegas yang memiliki nilai 1 atau 0 (ya atau tidak).

#### **C. Data Preprocessing**

*Data preprocessing* adalah proses pengolahan data sebelum data bisa digunakan untuk penelitian. Karena data PM<sub>2,5</sub> yang digunakan memiliki kekurangan yaitu terdapat beberapa data yang hilang atau *missing value*. Untuk menangani kondisi tersebut maka dilakukan *Imputing data* dan nilai yang akan menggantikan data yang hilang ditentukan menggunakan Metode *K-Means*.

#### **D. Data Time Series**

*Time Series Data* merupakan data yang terdiri atas satu objek tetapi memiliki beberapa periode waktu seperti harian, bulanan, mingguan, tahunan, dan lain-lain. Dengan ciri – ciri itu maka akan sangat mudah untuk mengenali jenis data ini. Salah satu manfaat *Time Series Data* adalah sangat berguna dalam mengambil keputusan untuk memperkirakan kejadian di masa mendatang. Karena diyakini pola perubahan data *time series* di beberapa periode masa lampau akan kembali terulang pada masa kini (Palevi, 2016).

#### **E. Fuzzy Time Series**

*Fuzzy time series* adalah proses peramalan dengan menggunakan data – data historis menggunakan prinsip dari *fuzzy*. Berbeda dengan *Time Series*, nilai yang digunakan untuk peramalan pada *Fuzzy Time Series* merupakan bilangan riil dalam himpunan *fuzzy* untuk himpunan semesta yang telah ditentukan (Radifah dan Budi Darma Setiawan, 2018). Berikut tahapan peramalan metode *Fuzzy Time Series* menurut Cheng dkk (2008) :

1. Pembentukan himpunan semesta (U).

$$U = [D_{min} - D_1; D_{max} - D_2]$$

Dengan  $D_1$  dan  $D_2$  adalah nilai konstanta positif yang ditentukan oleh peneliti.

2. Pembentukan interval

Untuk mengetahui banyak interval dapat menggunakan rumus Sturges sebagai berikut:  $jumlah\ interval = 1 + 3,322 \log(n)$  dengan n adalah jumlah data observasi. Dan menentukan panjang interval dengan menggunakan rumus:

$$panjang\ interval = \frac{D_{max} - D_{min}}{jumlah\ interval}$$

3. Menentukan Himpunan Fuzzy (Fuzzifikasi)

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{\mu_{A_i}(u_2)}{u_2} + \frac{\mu_{A_i}(u_3)}{u_3} + \dots + \frac{\mu_{A_i}(u_n)}{u_n}$$

$\mu_{A_i}$  adalah fungsi keanggotaan dari *fuzzy set*  $A_i$ , sedemikian hingga  $\mu_{A_i} : U \rightarrow [0,1]$ . Jika  $u_j$  adalah keanggotaan dari  $A_i$ , maka  $\mu_{A_i}(u_j)$  adalah derajat keanggotaan  $u_j$  terhadap  $A_i$ .

4. Menentukan *Fuzzy Logic Relations* (FLR) dan *Fuzzy Logic Relations Group* (FLRG).

Menentukan FLR dan membuat grup sesuai dengan waktu. FLR  $A_i \rightarrow A_j$  ditentukan berdasarkan nilai  $A_j$  yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya, dimana  $A_i$  adalah tahun n dan  $A_j$  tahun n+1 pada data *time series*. Untuk FLRG, dibentuk dengan cara mengelompokkan FLR dengan sisi kiri yang sama. Misal, jika FLR berbentuk  $A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_3, A_1 \rightarrow A_1, A_1 \rightarrow A_1$  maka FLRG terbaik yang terbentuk adalah  $A_1 \rightarrow A_1, A_2, A_3$ .

5. Pembobotan

Menetapkan bobot pada kelompok relasi *fuzzy logic*. Misal terdapat suatu urutan FLR yang sama,

- (t=1)  $A_1 \rightarrow A_1$ , diberikan bobot 1
- (t=2)  $A_2 \rightarrow A_1$ , diberikan bobot 1
- (t=3)  $A_1 \rightarrow A_1$ , diberikan bobot 2
- (t=4)  $A_1 \rightarrow A_1$ , diberikan bobot 3
- (t=5)  $A_1 \rightarrow A_1$ , diberikan bobot 4

Dimana  $t$  menyatakan waktu. Kemudian mengirim bobot tersebut ke dalam matriks yang telah dinormalisasi  $W_n(t)$  yang persamaannya ditulis sebagai berikut:

$$W_n(t) = [W'_1, W'_2, \dots, W'_i] \\ = \left[ \frac{W_1}{\sum_{k=1}^l W_k}, \frac{W_2}{\sum_{k=1}^l W_k}, \dots, \frac{W_k}{\sum_{k=1}^l W_k} \right]$$

6. *Defuzzification* dan Perhitungan hasil peramalan.

Untuk menghasilkan nilai peramalan, matriks pembobotan  $W(t)$  yang telah dinormalisasi menjadi  $W_n(t)$  tersebut kemudian dikalikan dengan matriks *defuzzification* yaitu  $L_{df} = [m_1, m_2, \dots, m_k, ]$  dimana  $m_k$  adalah nilai tengah dari tiap-tiap interval. Cara untuk menghitung peramalannya sebagai berikut:  
 $F(t) = L_{df}(t-1) \circ W_n(t-1)$

**F. Ukuran Ketepatan Peramalan MAPE dan MAE**

Ketepatan hasil peramalan dapat dihitung dengan menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dengan rumus sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \tilde{y}_t}{y_t} \right| * 100\%$$

Keterangan :

$\tilde{y}_t$  = nilai sebenarnya pada periode  $t$

$n$  = jumlah sampel

$\tilde{y}_t$  = nilai peramalan pada periode ke- $t$

Kemudian untuk *Mean Absolute Error* (MAE) digunakan untuk mengetahui besarnya kesalahan yang terjadi pada data dari hasil peramalan terhadap data aktual dengan merata- ratakan absolut dari kesalahan meramal tanpa menghiraukan tanda positif atau negatif. Berikut merupakan persamaan tentang cara perhitungan dengan metode MAE (Indriyo dan Najmudin (2000) :

$$MAE = \frac{\sum |X_t - F_t|}{n}$$

Keterangan :

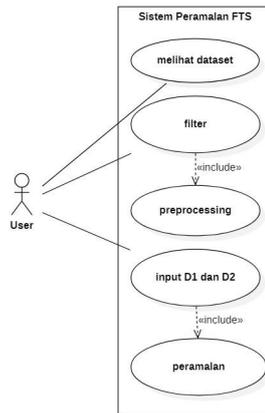
$X_t$  = nilai sebenarnya pada periode  $t$

$n$  = jumlah sampel

$F$  = nilai peramalan pada periode ke- $t$

### G. Use case Diagram

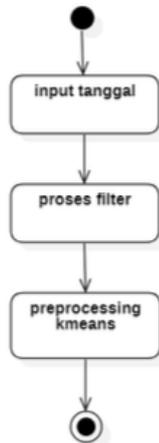
*Use Case Diagram* mewakili fungsionalitas sistem dari sudut pandang pengguna. Pada sistem ini terdapat satu tipe pengguna yaitu *User*. *Use Case Diagram* pada Gambar 1, menggambarkan fungsi dari Sistem Peramalan FTS (*Fuzzy Time Series*) yang dapat diakses oleh aktor (*user*). Dalam sistem tersebut, *user* dapat melihat *dataset*, kemudian *user* memasukkan *filter* tanggal untuk *preprocessing*, dan memasukkan konstanta D1 dan D2 untuk peramalan.



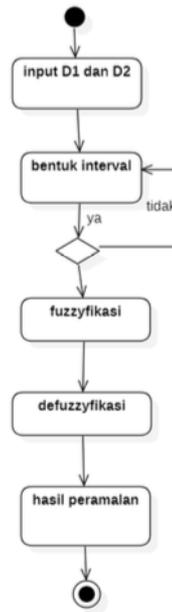
Gambar 1. *Use Case Diagram* Sistem Peramalan

### H. Activity Diagram

*Activity Diagram* menunjukkan proses yang berjalan pada setiap *use case*. Gambar 2 dan 3 menunjukkan *activity diagram* untuk *preprocessing*, dan *activity diagram* untuk peramalan *fuzzy time series*.



Gambar 2. *Activity Diagram Preprocessing*



Gambar 3. Activity Diagram peramalan fuzzy time series

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diperoleh dari situs *Kaggle Dataset*, yaitu data hasil pemantauan kandungan PM<sub>2,5</sub> dalam udara di wilayah Beijing, China. Dalam data PM<sub>2,5</sub> terdapat atribut “PM<sub>2,5</sub>” dan atribut waktu yaitu “Tahun”, “Bulan”, “Hari”, dan “Jam” dengan jumlah data yang digunakan sebanyak 43.824 *record*.

Hal pertama yang perlu dilakukan adalah memasukkan *filter* tanggal untuk menentukan periode data yang akan digunakan untuk peramalan. Kemudian data tersebut *dipreprocessing* untuk menggantikan data yang hilang, lalu memasukkan nilai D1 dan D2 yang dilanjutkan dengan proses perhitungan himpunan semesta, pembagian himpunan semesta menjadi beberapa interval, perhitungan himpunan *fuzzy*, proses fuzzifikasi, *fuzzy logic relationship* (FLR), *fuzzy logic relationship group* (FLRG), perhitungan defuzzifikasi, perhitungan hasil prediksi, dan nilai *error* MAPE dan MAE. *Output* dari sistem adalah proses perhitungan, hasil peramalan dan nilai *error* MAPE dan MAE. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah PHP.

Penelitian ini menggunakan 2 skenario pengujian yaitu pengujian variasi periode data dengan D1 dan D2 tetap dan pengujian variasi *input* D2 dengan periode data uji tetap untuk meramalkan kandungan PM pada pukul 00.00 WIB.

#### A. Pengujian Variasi Periode Data

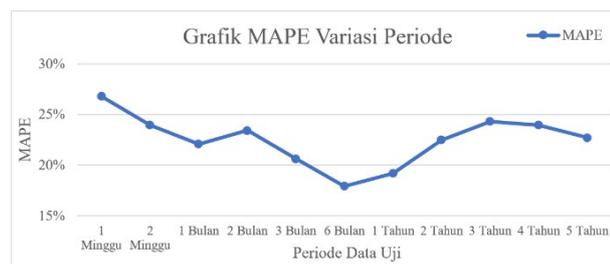
Pengujian periode data uji yang bervariasi bertujuan untuk mengetahui pengaruh banyak data uji terhadap nilai MAPE dan MAE. Banyak periode data uji yang digunakan ada 11 yaitu periode 1 Minggu, 2 Minggu, 1 Bulan, 2 Bulan, 3 Bulan, 6 Bulan, 1 Tahun, 2 Tahun, 3 Tahun, 4 Tahun, dan 5 Tahun. Banyak data uji yang digunakan berturut – turut adalah 168, 336, 744, 1.488,

2.232, 4.464, 8.760, 17.520, 26.280, 35.040, 43.824, dengan nilai D1 dan D2 tetap. Tabel 1 merupakan tabel hasil uji coba variasi periode.

Berdasarkan tabel 1 hasil pengujian variasi periode data uji menunjukkan bahwa semakin lama periode data yang digunakan maka semakin banyak jumlah interval yang di bentuk namun nilai MAPE yang dihasilkan mengalami penurunan pada periode 1 Minggu hingga 6 Bulan, kemudian mengalami peningkatan dan penurunan pada periode 1 Tahun dan seterusnya. Menunjukkan bahwa lama periode data yang digunakan tidak berbanding lurus dengan besar atau kecilnya nilai MAPE. Nilai MAPE terkecil untuk meramalkan kandungan PM<sub>2,5</sub> pada tanggal 1 Januari 2015 jam 00.00 WIB adalah 17,9164% menggunakan periode data 6 bulan dengan hasil peramalan adalah 12,884 µg/m<sup>3</sup> dan jumlah interval sebanyak 17 interval.

Tabel 1. Hasil Pengujian Variasi Periode data

Uji Coba	Tanggal Awal	Tanggal Akhir	Periode	MAPE	Jumlah Interval	Nilai Hasil Peramalan
1	24-12-2014	31-12-2014	1 Minggu	26,7573 %	11	17,87 µg/m <sup>3</sup>
2	18-12-2014		2 Minggu	23,9181 %	12	14,7 µg/m <sup>3</sup>
3	01-12-2014		1 Bulan	22,0841 %	14	13,417 µg/m <sup>3</sup>
4	01-11-2014		2 Bulan	23,4121 %	15	12,705 µg/m <sup>3</sup>
5	01-10-2014		3 Bulan	20,6417 %	15	12,969 µg/m <sup>3</sup>
6	01-07-2014		6 Bulan	17,9164 %	17	12,884 µg/m <sup>3</sup>
7	01-01-2014		1 Tahun	19,1512 %	18	15,558 µg/m <sup>3</sup>
8	01-01-2013		2 Tahun	22,4708 %	19	18,405 µg/m <sup>3</sup>
9	01-01-2012		3 Tahun	24,2917 %	19	18,9 µg/m <sup>3</sup>
10	01-01-2011		4 Tahun	23,9256 %	19	18,979 µg/m <sup>3</sup>
11	01-01-2010		5 Tahun	22,7093 %	20	19,121 µg/m <sup>3</sup>



Gambar 4. Grafik MAPE Variasi Periode

## B. Pengujian Variasi Nilai D2

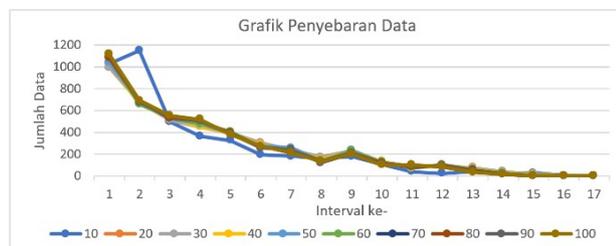
Pengujian *Input* nilai D2 yang bervariasi bertujuan untuk mengetahui pengaruh nilai tersebut terhadap nilai MAPE dan MAE. Karena nilai D2 tidak seperti D1 yang memiliki batasan nilai, sehingga nilai pada D2 dapat di variasi. Nilai D2 yang di uji coba antara 10 – 100 dengan kelipatan 10 pada setiap pengujian, menggunakan periode data uji yang sama yaitu periode 1

Bulan yang memiliki jumlah data sebanyak 744 *record*. Tabel 2 merupakan tabel hasil uji coba variasi nilai *input* D2:

Tabel 2. Hasil Pengujian Variasi Nilai D2

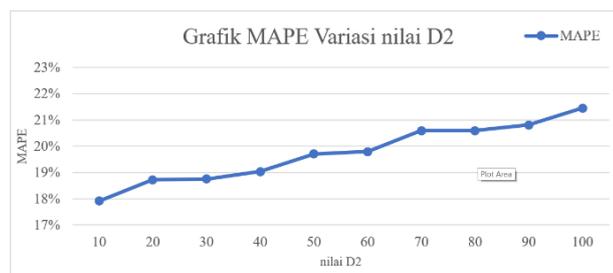
Uji Coba	Nilai D2	MAPE	Panjang Interval	Hasil Peramalan
1	10	17,9164 %	31,3	12,884 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2	20	18,7289 %	31,88	13,314 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
3	30	18,7568 %	32,47	13,314 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
4	40	19,0417 %	33,06	13,459 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
5	50	19,7152 %	33,64	13,926 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6	60	19,7993 %	34,24	13,928 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
7	70	20,6019 %	34,82	14,375 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
8	80	20,5986 %	35,41	14,375 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
9	90	20,8094 %	36	14,394 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
10	100	21,4513 %	36,59	14,688 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Berdasarkan pada tabel 2 hasil pengujian variasi *input* nilai konstanta D2 kelipatan 10 antara 10 – 100, menunjukkan bahwa semakin besar nilai D2 maka semakin besar pula panjang interval yang terbentuk. Hal ini membuat data yang ada hanya tersebar pada beberapa interval awal dan interval sisanya tidak memiliki data, seperti di gambarkan dalam grafik pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Penyebaran Data

Kemudian nilai MAPE terkecil yang didapatkan dari peramalan kandungan PM<sub>2,5</sub> pada tanggal 1 Januari 2015 jam 00.00 WIB adalah 17,9164% menggunakan nilai konstanta D2 sebesar 10 dengan hasil peramalan kandungan PM<sub>2,5</sub> sebesar 12,884  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dan panjang interval sebesar 31,3 pada setiap intervalnya.



Gambar 6. Grafik Variasi Nilai D2

Berdasarkan uraian di atas, dapat diketahui bahwa nilai MAPE terbaik yang diperoleh adalah 17,9164% dihasilkan oleh peramalan menggunakan periode data 1 Bulan dengan nilai D2 sebesar 10 dengan hasil peramalan kandungan PM<sub>2,5</sub> di tanggal 1 Januari 2015 jam 00.00 WIB adalah 12,884 µg/m<sup>3</sup> dengan jumlah interval sebanyak 17 interval dan memiliki panjang interval sebesar 31,3 pada tiap interval.

#### 4. DAFTAR PUSTAKA

1. Cheng, C. H., Chen, T. L., Teoh, H. J., & Chiang, C. H. 2008. Fuzzy time-series based on adaptive expectation model for TAIEX forecasting. *Expert Systems with Applications*, 34(2), 1126–1132. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.12.021>
2. Chloe. 2018. AirVisual : World most polluted countries 2018 (PM2.5). Diakses 30 Januari 2020, <https://www.airvisual.com/world-most-polluted-countries>
3. Depkes RI. 2008. *Pedoman Pengendalian Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK). Dirjen PP & PL.*
4. Dewi, U. 2012. Model Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (Egarch) Dan Penerapannya Pada Data Indeks Harga Saham (Studi Kasus Pada Saham Pt. Antam (Persero) Tbk). S1 Thesis, Universitas Negeri Yogyakarta.
5. Elfajar, A. B., Setiawan, B. D., & Dewi, C. 2017. Peramalan Jumlah Kunjungan Wisatawan Kota Batu Menggunakan Metode Time Invariant Fuzzy Time Series. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIIK) Universitas Brawijaya*, 1(2), 85–94.
6. Fathoni, M. Y. 2017. Implementasi Metode Fuzzy Time Series Cheng untuk prediksi Kosentrasi Gas NO<sub>2</sub> Di Udara. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 7(1), 17. <https://doi.org/10.21456/vol7iss1pp17-23>.
7. Indriyo, G., dan Najmudin, M. 2000. *Teknik Proyeksi Bisnis.* Yogyakarta: BPFY-Yogyakarta
8. Megasari, R. T. 2011. Perbandingan Antara Metode *Moving Average*, *Exponential Smoothing*, *Winters* dalam Peramalan Volume Penjualan PT. Satriamandiri Citramulia Berbasis Komputer. Jakarta: Universitas Bina Nusantara.

9. Nurdela, S. A. 2017. Aplikasi Peramalan Jumlah Kelahiran dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan. *The Indonesian Journal of Public Health*, 12(2).
10. Palevi, M. R. 2016. Fuzzy Time Series Dalam Prediksi Jumlah Calon Mahasiswa Baru STIKOM Dinamika Bangsa Jambi. *Jurnal Ilmiah Media Processor*, 11(2), 228–237.
11. Pambudi, R. A., Setiawan, B. D., & Wijoyo, S.H. 2018. Implementasi Fuzzy Time Series untuk Memprediksi Jumlah Kemunculan Titik Api. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIIK) Universitas Brawijaya*, 2(11), 4767–4776
12. Putra, N. A. 2017. *Prediksi Jumlah Penduduk Menggunakan Fuzzy Time Series Model Chen (Studi Kasus: Kota Tanjungpinang)*. Jurnal Skripsi. FT UMRAH.
13. Radifah, Budi Darma Setiawan, R. C. W. 2018. Optimasi Fuzzy Time Series Dengan Algoritme Genetika Untuk Meramalkan Jumlah Pengangguran di Jawa Timur. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIIK) Universitas Brawijaya*, 2(8), 2744–2752.
14. Setiadji. 2009. *Himpunan & Logika Samar Serta Aplikasinya*. Edisi pertama. Yogyakarta : Graha Ilmu.
15. Zuhrida, A., & Azizah, R. 2015. Karakteristik, Perilaku, Fungsi Paru Pekerja Dan Kadar PM<sub>2,5</sub> Di Industri Rumah Tangga Cecek Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(1), 128–136.