

Optimization of Interval Fuzzy Time Series with Particle Swarm Optimization for Prediction Air Quality on Pekanbaru

¹ Fitri Insani, ² Ade Puspita Sari

^{1,2} Departement of Informatics Engineering, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Email: ¹ fitri.insani@uin-suska.ac.id, ² ade.puspita.sari@students.uin-suska.ac.id

Article Info

Article history:

Received Nov 20th, 2019

Revised Jan 18th, 2020

Accepted Mar 26th, 2020

Keyword:

Air Quality

Fuzzy Time Series

Optimization

Particle Swarm Optimization

Prediction

ABSTRACT

Pekanbaru city have the most citizen in Riau province, which is 1.046.566 citizens with 105.941 unit vehicle. Environmental agency said that Pekanbaru city got bad air quality because of forest fire and exhaust emission gas from the vehicle. On that term, Pekanbaru city used Air Quality Monitoring System (AQMS) to display information through ISPU display board. This research intend to predict the next day air quality in Pekanbaru city using Fuzzy Time Series method which optimized with Particle Swarm Optimization. The prediction accuracy calculated by using Mean Absolute Percentage Error (MAPE) method which calculated by the result between actual data and prediction result. The input data is 729 data with 5 air quality index parameters, PM₁₀, SO₂, CO, O₃, and NO₂. The output is prediction value for each air quality parameters. This FTS-PSO research testing has MAPE 18,3583%. The best PSO parameters using in this research is 10 particle amount, 25 max iteration, and 0.6 inertia weight. The conclusion of this research is FTS-PSO air quality prediction is quite accurate.

Copyright © 2020 Puzzle Research Data Technology

Corresponding Author: (10 pt)

Third Author,

Departement of Electrical and Computer Engineering,

National Chung Cheng University,

168 University Road, Minhsiung Township, Chiayi County 62102, Taiwan, ROC.

Email: thirdauthor@uin-suska.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.24014/ijaidm.v3i1.9298>

1. PENDAHULUAN

Kota Pekanbaru merupakan salah satu kabupaten/ kota yang ada di Provinsi Riau. Berdasarkan hasil evaluasi kualitas udara yang dilakukan secara acak di seluruh kota di Indonesia, Badan Lingkungan Hidup Kota Pekanbaru menyatakan bahwa Pekanbaru memiliki kualitas udara yang tercemar. Pencemaran udara disebabkan oleh kasus kebakaran hutan dan lahan serta emisi gas buang kendaraan bermotor. Adapun penyebab lain dari pencemaran udara berasal dari transportasi, industri, perkantoran, perumahan, gunung meletus, kebakaran hutan, gas beracun, dan lain sebagainya [1]. Parameter pencemaran udara menurut PP No.41 tahun 1999 adalah *Sulfur dioksida* (SO₂), *Karbon monoksida* (CO), *Nitrogen dioksida* (NO₂), *Ozon* (O₃), *Hidro karbon* (HC), PM₁₀, PM_{2.5}, TSP (debu), Pb (timah hitam), *Dustfall* (debu jatuh) [2]. Pencemaran udara memberikan dampak yang buruk bagi kesehatan sebagai mana badan kesehatan dunia (WHO) menyatakan setidaknya sekitar 7 juta jiwa meninggal setiap tahunnya akibat polusi udara. Pemantauan kualitas udara dilakukan dengan mengukur polutan setiap jam yang kemudian dihitung nilai rata-ratanya dalam satu hari dan ditampilkan pada hari itu tanpa adanya hasil prediksi mengenai kualitas udara keesokan harinya [3]. Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No: KEP-107/KABAPEDAL/11/1997 membagi kriteria kualitas udara menjadi baik, sedang, tidak sehat, sangat tidak sehat dan berbahaya.

Berikut adalah beberapa penelitian sebelumnya tentang prediksi kualitas udara diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Ip, Vong, Yang dan Wong (2010) tentang prediksi polusi udara ambien harian dengan menggunakan metode *Least Square Support Vector Machine* (LS-SVM) dengan hasil penelitian memberikan nilai *relative error* untuk masing-masing parameter adalah 19,45% untuk SPM, 7,12% untuk NO₂ dan 24,66% untuk O₃. Penelitian lainnya yaitu oleh Shaban, Kadri dan Rezk (2016) tentang pemantauan pencemaran udara

di perkotaan dengan model prediksi menggunakan metode M5P dengan nilai RMSE 31,4 dan metode ANN dengan nilai RMSE 62,4. Berikutnya adalah penelitian oleh Ganesh, Reddy dan Arulmozhiyarmen (2017) tentang prediksi indeks kualitas udara menggunakan metode sistem inferensi *fuzzy* mamdani dengan nilai RMSE 40,33 (Max-min), 37,79 (Sum-product) dan 39,99 (Max-product).

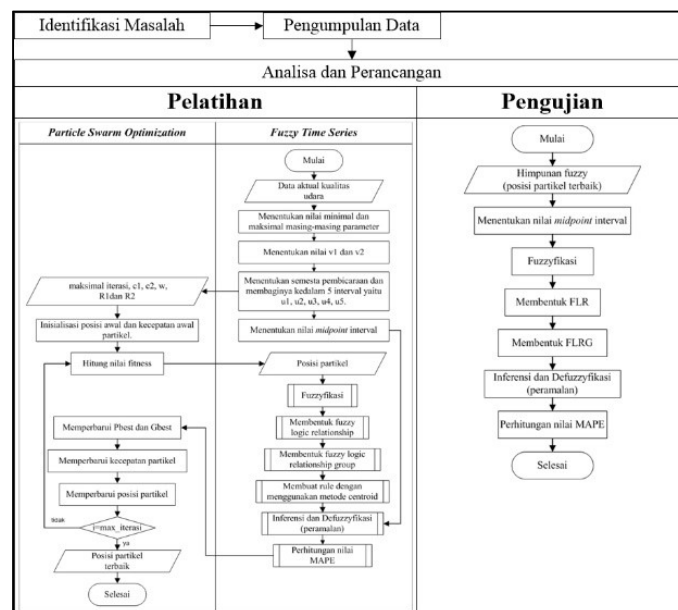
Prediksi juga dapat dilakukan dengan metode *Fuzzy Time Series* [4]. Metode *Fuzzy Time Series* memiliki kemampuan untuk menangkap pola dari data yang telah lalu guna memprediksi data yang akan datang. *Fuzzy Time Series* cocok digunakan untuk prediksi jangka panjang ataupun jangka pendek dengan nilai akurasi yang baik [5]. Beberapa penelitian tentang *Fuzzy Time Series* adalah sebagai berikut. Pertama penelitian oleh Abdullah (2011) tentang prediksi indeks gabungan Kuala Lumpur dengan menggunakan *fuzzy time series* dimana metode ini menghasilkan nilai MSE sebesar 42,44, RMSE 6,52 dan AFER 0,389%. Berikutnya penelitian oleh Liu, Niu, He dan Li (2016) tentang memprediksi kata-kata yang sering dicari di situs Weibo menggunakan *Fuzzy Time Series* dengan nilai akurasi MAPE sebesar 2,32%.

Terdapat faktor yang dapat mempengaruhi nilai akurasi metode *Fuzzy Time Series* yaitu panjang interval yang digunakan [6]. Panjang interval yang digunakan memiliki jarak yang terlalu jauh sehingga prediksi kurang optimal [7]. Untuk meningkatkan akurasi, *Fuzzy Time Series* (FTS) dapat dikombinasikan dengan metode optimasi salah satunya yaitu *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk mengoptimasi interval fungsi keanggotaan [8]. Beberapa penelitian yang melakukan optimasi terhadap metode FTS dengan PSO adalah sebagai berikut. Penelitian pertama yaitu oleh Sukmawan, Umbara dan Rohmawati (2015) tentang penggunaan PSO dan FTS untuk memprediksi indeks harga saham yang menghasilkan nilai MAPE 1,461% dan MAD 3,73492. Selanjutnya penelitian oleh Datta dan Choudhury (2016) tentang klasifikasi data ragi berdasarkan model statistik multivarian dengan menggunakan PSO dan FTS dengan rata-rata eror 3,044. Penelitian terkait lainnya oleh Dwi, Darma dan Tibyani (2018) tentang penerapan PSO untuk mengoptimasi interval FTS untuk melakukan prediksi permintaan darah dengan hasil penelitian nilai MSE 60435,685 dan MAPE 7,50330%.

Pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu *Particle Swarm Optimization* untuk mengoptimasi interval fungsi keanggotaan *Fuzzy Time Series* untuk memprediksi kualitas udara di Pekanbaru. Penentuan kualitas udara di Pekanbaru berdasarkan parameter *Sulfur dioksida* (SO_2), *Carbon monoksida* (CO), *Nitrogen dioksida* (NO_2), *Ozon* (O_3) dan *Particular matter* (PM10) serta dikelompokkan berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) dengan kategori baik, sedang, tidak sehat, sangat tidak sehat dan berbahaya.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan atau langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian optimasi interval *Fuzzy Time Series* menggunakan *Particle Swarm Optimization* untuk memprediksi kualitas udara di Kota Pekanbaru dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode Penelitian

Tahapan awal yang dilakukan adalah mengidentifikasi masalah yaitu bagaimana mengoptimasi interval *Fuzzy Time Series* untuk memprediksi kualitas udara. Optimasi interval dilakukan dengan

menggunakan metode *Particle Swarm Optimization*. Prediksi kualitas udara akan dilakukan dengan metode *Fuzzy Time Series*. Berikut adalah penjelasan untuk masing-masing tahapan metode penelitian.

2.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data harian udara Kota Pekanbaru pada tahun 2014-2015 yang diperoleh dari Laboratorium Udara Kota Pekanbaru. Parameter pengukuran kualitas udara yang digunakan adalah NO_2 , SO_2 , CO , PM_{10} , dan O_3 . Data kualitas udara yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 729 data yang terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Penelitian

No	Tanggal	PM_{10}	SO_2	CO	O_3	NO_2
1	01/01/2014	47	51	8	67	2
2	02/01/2014	48	51	9	37	2
3	03/01/2014	37	51	9	26	2
...	...	...	...	...	...	...
32	01/02/2014	85	3	16	-	43
33	02/02/2014	65	0	9	70	30
...	...	...	...	...	...	...
318	15/11/2014	8	18	5	51	3
319	16/11/2014	3	-	4	48	-
320	17/11/2014	5	-	3	49	15
...	...	...	...	...	...	...
705	07/12/2015	-	-	-	-	-
706	08/12/2015	22	4	1	24	4
...	...	...	...	...	...	...
728	30/12/2015	10	4	0	14	3
729	31/12/2015	25	4	3	20	5

2.2 Analisa dan Perancangan

Pada tahap analisa ini terbagi menjadi dua langkah yaitu pelatihan dan pengujian seperti terlihat pada Gambar 1. Pada proses pelatihan dilakukan pengoptimasian FTS menggunakan PSO. Adapun yang dioptimasi adalah interval himpunan *fuzzy*. Metode PSO digunakan untuk mencari nilai interval himpunan *fuzzy*. Metode FTS yang terdapat pada pelatihan ini digunakan untuk mencari nilai *fitness* pada PSO. Hasil dari proses pelatihan ini yaitu posisi partikel terbaik berupa nilai interval himpunan *fuzzy* yang akan digunakan untuk proses pengujian. Alur penerapan algoritma FTS-PSO untuk proses pelatihan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Masukkan data kualitas udara sebagai data masukan metode FTS.
- Menentukan semesta pembicaraan dan membaginya ke dalam 5 interval yaitu U_1 , U_2 , U_3 , U_4 , dan U_5 dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$U = (\text{batas bawah}, \text{batas atas}) \quad (1)$$

$$U = (V_{\min} - V1, V_{\max} + V2) \quad (2)$$

- Menentukan nilai *midpoint* interval dengan menggunakan persamaan berikut:

$$m = \frac{\text{batas atas} + \text{batas bawah}}{2} \quad (3)$$

- Setelah mendapatkan semesta pembicaraan, selanjutnya masuk ke metode PSO.
- Inisialisasi maksimal iterasi, jumlah partikel, nilai koefisien akselerasi ($c1$ dan $c2$), bobot inersia (ω), dan nilai random ($R1$ dan $R2$).
- Inisialisasi posisi awal dan kecepatan awal partikel. Posisi awal partikel adalah interval FTS yang telah diperoleh pada tahapan nomor 2. Kecepatan awal partikel adalah 0.
- Selanjutnya hitung nilai *fitness* masing-masing partikel dengan menggunakan metode FTS. Berikut ini adalah tahapan metode FTS untuk mencari nilai *fitness*:
 - Melakukan *fuzzyfikasi* terhadap data historis dengan menentukan fungsi keanggotaan (A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , dan A_5) dan derajat keanggotaannya dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\mu_{ij} = \begin{cases} 1 & i = j \\ 0,5 & j = i - 1 \text{ atau } i = 1 \\ 0 & \text{selain itu} \end{cases} \quad (4)$$

- ii. Menentukan FLR berdasarkan hubungan data yang telah difuzzifikasi dengan data sebelumnya ($A_1 \rightarrow A_2$).
- iii. Menyusun FLRG dengan mengumpulkan FLR yang telah ada berdasarkan *current state* yang sama ($A_1 \rightarrow A_2, A_3, \dots, A_n$).
- iv. Membuat *rule* dengan menggunakan metode *centroid* untuk memperoleh solusi berupa nilai *crisp*. Langkah ini dilakukan dengan mengambil nilai titik tengah interval *fuzzy*.
- v. Selanjutnya tahapan inferensi dan defuzzifikasi berdasarkan himpunan *fuzzy* yang diperoleh. Inferensi dilakukan dengan mengambil nilai maksimal derajat keanggotaan. Defuzzifikasi dilakukan dengan mengalikan nilai maksimal derajat keanggotaan dengan titik tengah interval *fuzzy*.
- vi. Lakukan prediksi dengan menjumlahkan nilai defuzzifikasi dengan data historis.
- vii. Menghitung nilai MAPE. Nilai MAPE yang diperoleh menjadi nilai *fitness* partikel. Berikut adalah persamaan MAPE:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right|}{n} \times 100\% \quad (5)$$

dengan;

X_t = data aktual pada periode ke-t
 F_t = nilai prediksi pada periode ke-t
 n = jumlah data

- h. Selanjutnya memperbarui Pbest dan Gbest. Pbest ditentukan berdasarkan nilai *fitness* partikel pada iterasi ke-i dengan iterasi ke i-1. Nilai Gbest didapatkan dari Pbest terbaik dengan membandingkan nilai Pbest setiap iterasi.
- i. Memperbarui kecepatan partikel dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V_{k+1} = \omega \cdot V_k + c_1 \cdot R_1 \cdot (Pbest_k - X_k) + c_2 \cdot R_2 \cdot (Gbest_k - X_k) \quad (6)$$

dengan:

ω = inertia weight
 V_{k+1} = kecepatan untuk posisi yang dituju
 V_k = kecepatan untuk posisi sekarang (awal)
 $Pbest_k$ = personal best
 $Gbest_k$ = global best
 c_1, c_2 = learning rates (biasanya berupa konstanta $c_1 = 2$ dan $c_2 = 2$)
 R_1, R_2 = nilai acak antara 0 dan 1
 X_k = posisi sekarang

- j. Memperbarui posisi partikel dengan menggunakan persamaan berikut:

$$X_{j(i)} = X_{j(i-1)} + V_{j(i)} \quad (7)$$

dengan;

j = 1, 2, 3, ..., n.
 $X_{j(i)}$ = posisi baru
 $X_{j(i-1)}$ = posisi sebelumnya
 $V_{j(i)}$ = kecepatan baru

- k. Lakukan langkah 5 sampai 9 hingga mendapatkan posisi partikel terbaik.

Pada tahap pengujian dilakukan prediksi terhadap kualitas udara di Kota Pekanbaru dengan menggunakan metode FTS. Prediksi dilakukan dengan menggunakan interval himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari tahap pelatihan. Berikut adalah tahapan pengujian FTS:

- a. Menjadikan posisi partikel terbaik PSO menjadi interval *fuzzy*.
- b. Menentukan nilai *midpoint* interval terbaik dengan menggunakan persamaan 3.
- c. Menentukan *fuzzyfikasi*.
- d. Membentuk FLR berdasarkan hubungan antar data ($x_{i-1} \rightarrow x_i$) yang telah difuzzifikasi.
- e. Membentuk FLRG berdasarkan *current state* yang pada FLR.

- f. Melakukan inferensi dan defuzzifikasi. Kemudian lakukan prediksi dengan menjumlahkan hasil defuzzifikasi dengan data historis.
- g. Perhitungan nilai MAPE dengan menggunakan persamaan 5. Nilai MAPE pada tahapan pengujian ini merupakan nilai error dari penerapan metode FTS-PSO.

3. HASIL DAN ANALISA

Hasil dari pengukuran kualitas udara dengan melakukan optimasi terhadap interval *Fuzzy Time Series* terlebih dahulu dengan data penelitian sebanyak 729 data dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Prediksi Kualitas Udara

No.	Tanggal	PM ₁₀	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂
1	22/12/2015	481,8570	56,1822	109,6695	137,0000	75,2860
2	23/12/2015	477,0455	60,7277	99,9809	120,8634	66,0064
3	24/12/2015	485,1822	45,3506	105,7733	149,6102	88,4746
4	25/12/2015	477,1430	45,4025	109,2733	150,1102	64,4025
5	26/12/2015	492,5201	38,2595	81,6494	176,0847	83,1303
6	27/12/2015	488,9809	50,8379	104,5265	157,2140	81,0265
7	28/12/2015	495,5847	34,0000	103,4354	159,8443	85,6822
8	29/12/2015	447,5191	39,0000	108,3188	125,3506	58,4025
9	30/12/2015	475,5720	53,6822	99,1886	120,8634	87,6695
10	31/12/2015	463,3634	54,0328	105,4354	129,4545	64,2987

Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap kombinasi parameter PSO yaitu jumlah partikel, maksimal iterasi dan nilai bobot inersia. Hasil pengujian kombinasi parameter PSO dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kombinasi Parameter

Jumlah Partikel	Maksimal Iterasi	Bobot Inersia	Rata-rata MAPE (%)
10	25	0,5	18,5646 %
		0,6	18,9198 %
		0,7	21,2441 %
	50	0,5	18,3583 %
		0,6	19,5284 %
		0,7	20,9239 %
20	25	0,5	18,9795 %
		0,6	19,0094 %
		0,7	20,7159 %
	50	0,5	19,6580 %
		0,6	20,5899 %
		0,7	21,9172 %

Berdasarkan hasil pengujian kombinasi parameter nilai MAPE terkecil yang diperoleh yaitu 18,3583% dengan kombinasi parameter yang digunakan yaitu maksimal iterasi 50, jumlah partikel 10, dan nilai bobot inersia 0,5.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan dari penerapan optimasi interval *Fuzzy Time Series* dengan menggunakan *Particle Swarm Optimization* untuk memprediksi kualitas udara di Kota Pekanbaru adalah sebagai berikut:

1. Pengujian akurasi dilakukan dengan menggunakan MAPE dengan hasil nilai *error* sebesar 18,3583% dengan jumlah data 729 dan memiliki 5 parameter.
2. Berdasarkan hasil pengujian dengan kombinasi parameter PSO dapat ditarik kesimpulan bahwasannya semakin besar nilai bobot inersia (ω) yang digunakan, maka akan semakin besar nilai *error* prediksi yang dihasilkan.

REFERENSI

- [1] Aditama, P. D. T. Y. (2014). Dampak Kesehatan Akibat Polusi Udara. Retrieved July 26, 2018, from <http://simp2p.kemkes.go.id/blog/2014/04/dampak-kesehatan-akibat-polusi>
- [2] Peraturan Pemerintah No.41 (1999).
- [3] Arifien, N. F., Arifin, S., Widjiantoro, B. L., & Aisjah, A. S. (2012). Prediksi Kadar Polutan Dengan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Untuk Pemantauan, 1–11.
- [4] Hasbiollah, M., & Hakim, R. F. (2015). Peramalan konsumsi gas indonesia menggunakan algoritma, (2009), 508–518.
- [5] Admirani, I. (2014). Penerapan Metode Fuzzy Time Series Untuk Prediksi Laba Pada Perusahaan, 19–

- 31.
- [6] Dwi, A. A. R., Setiawan, B. D., & Tibyani. (2018). Optimasi Interval Fuzzy Time Series Menggunakan Particle Swarm Optimization pada Peramalan Permintaan Darah : Studi Kasus Unit Transfusi Darah Cabang - PMI Kota Malang, 2(7), 2770–2779.
- [7] Mandariansah, T., Setiawan, B. D., & Wihandika, R. C. (2018). Optimasi Fuzzy Time Series Untuk Peramalan Kebutuhan Hidup Layak Kota Kediri Dengan Menggunakan Algoritme Genetika, (May).
- [8] Wang, H., Zhao, L., Du, W., & Qian, F. (2011). A hybrid method for identifying T-S fuzzy models, 11–15.

BIBLIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Fitri Insani dilahirkan di Pekanbaru pada 3 Juni 1987. Penulis berprofesi sebagai dosen di jurusan Teknik Informatika UIN Sultan Syarif Kasim Riau.



Penulis bernama Ade Puspita Sari yang lahir pada tanggal 25 Juni 1995 di Pekanbaru. Mahasiswa Teknik Informatika UIN SUSKA Riau. E-mail penulis yaitu ade.puspita.sari@students.uin-suska.ac.id.