

APLIKASI MODEL WAVELET – FUZZY SYSTEM UNTUK PREDIKSI BANYAK PENUMPANG KERETA API DAOP VI YOGYAKARTA

APPLICATION OF WAVELET – FUZZY SYSTEM MODEL FOR THE PREDICTION OF TRAIN PASSENGERS DAOP VI YOGYAKARTA

Oleh: Reinaldy Luthfi Fuady, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta
reinalldyluthfi@gmail.com

Abstrak

Kereta api adalah salah satu sarana transportasi angkutan umum yang ramai digunakan. Transportasi merupakan suatu kebutuhan penting untuk masyarakat dalam beraktifitas. Dalam menunjang peningkatan kualitas transportasi umum dibutuhkan suatu analisi berupa prediksi banyak penumpang kedepannya. Salah satu model yang dapat digunakan untuk memprediksi banyak penumpang kereta api adalah *wavelet-fuzzy system*. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi banyak penumpang kereta api di DAOP VI Yogyakarta menggunakan *wavelet-fuzzy system* dan mendeskripsikan tingkat keakuratan model dalam memprediksi banyak penumpang kereta api.

Pemodelan *wavelet-fuzzy System Takagi Sugeno Kang (TSK) orde satu* diawali dengan transformasi data banyak penumpang kereta api kedalam transformasi wavelet. Dilakukan pembagian data tranning dan dan testing. Data tranning digunakan sebagai pembentuk sistem, sedangkan data testing adalah data yang akan diuji menggunakan sistem yang telah dibentuk pada data tranning. Untuk membentuk sistem pada tranning ditentukan variabel input dan output dengan menggunakan *Autocorrelation Function (ACF)* dan *Parcial Autocorrelation Function (PACF)*. Selanjutnya dibentuk fungsi keanggotaan fuzzy pada himpunan tegas, proses ini disebut fuzzifikasi. Nilai fuzzy yang terbentuk kemudian akan mejadi sebuah rule. Rule tersebut nantinya akan menghasilkan output suatu SPL untuk menyelesaikan SPL yang didapatkan digunakan Dekomposisi Nilai Singular (DNS). Kemudian penulis lakukan defuzzifikasi untuk mendapatkan hasil prediksi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa prediksi banyak penumpang kereta api dengan *wavelet - fuzzy system* dengan input berupa *lag 1* dan *lag 2* mendapatkan hasil MAPE dan MSE untuk data tranning dan testing berturut turut adalah 9,08%, $3,2137 e^8$ dan 8,61 %, $3,3761 e^8$. Dihasilkan prediksi banyak penumpang kereta api untuk 3 bulan kedepan dalam tiap minggunya.

Kata kunci: Kereta api, Wavelet, Sugeno orde satu, *fuzzy system*, dekomposisi nilai singular, ACF dan PACF

Abstract

Train is one of the public transportation that used by public. Transportation is a critical thing in the community. Support the improvement of the quality of public transport required a prediction analysis of passengers in the future. One of the models that can be used to predict a train passengers is wavelet-fuzzy system. This research aims to predict train passengers in DAOP VI Yogyakarta using wavelet-fuzzy system and describes the level of accuracy of the model in predicting train passengers.

Model of wavelet-fuzzy System Takagi Sugeno Kang (TSK) one order begins with transformation of train passengers data into the wavelet transform. Split the tranning and testing data. Training data is used for system former, and testing data is the data that will be tested using systems that have been form on tranning data. To establish systems on tranning need an input and output variables using the Autocorrelation Function (ACF) and Parcial Autocorrelation Function (PACF). Then Fuzzymembershipfunction was formed next in the set, this process is called fuzzifikasi. And Fuzzy values that formed are become a rule. The rule will produce an output called SPL and its SPL solved and obtained by Singular value decomposition (DNS). Then writer do a defuzzifikasi to get the predictions.

The results of this research showed that the predictions of train passengers with wavelet-fuzzy system and the form of lag 1 and lag 2 input get the MAPE and MSE of tranning and testing data is 9.08%, $3.2137 e^8$ and 8.61%, $3.3761 e^8$ in respectively. The prediction result of train passengers on weekly in next 3 months

Keywords: train, Wavelet, Sugeno fuzzy one order, fuzzy system, singular value decomposition, ACF and PACF

PENDAHULUAN

Transportasi merupakan bagian yang penting dan menjadi kebutuhan masyarakat sehari-hari dalam beraktifitas. Badan Pusat Statistik pada tahun 2015 menyatakan luas wilayah Indonesia adalah 1.913.578,68 km² dengan banyaknya pulau sejumlah 17.504 (Badan Pusat Statistik, 2017). Sebagai Negara yang turut berperan aktif dalam era globalisasi sudah seharusnya fasilitas untuk mendukung kebutuhan masyarakat khususnya kebutuhan transportasi umum salah satunya kereta api harus terus ditingkatkan.

Untuk mengantisipasi keadaan tersebut perlu dilakukan prediksi terhadap banyak penumpang kereta api di waktu yang akan datang. Data jumlah penumpang kereta api merupakan data *time series*, yaitu data yang diamati menurut urutan waktu (Montgomery, Jennings, & Kulahci, 2015). Berapa penelitian terkait dengan data banyak penumpang kereta api telah dilakukan, diantaranya dilakukan oleh Setyonugroho (2017), metode yang digunakan adalah algoritma pelatihan dalam jaringan syaraf tiruan. Andalita & Irhamah (2015) melakukan penelitian dengan metode yang digunakan adalah ARIMA dan ANFIS. Hermawan (2014) pernah melakukan penelitian dengan menggunakan model *recurrent neural network* dan *recurrent neuro fuzzy*. Widhiyanti & Wustqa (2013) pernah melakukan penelitian dengan model *time series* dengan variasi kalender Islam regarima. Dou (2013) menggunakan model fuzzy untuk meramalkan jumlah penumpang mendekati waktu libur.

Pada penelitian ini digunakan model *wavelet-fuzzy system* takagi sugeno kang orde satu. *Wavelet* adalah basis fungsi yang dikembangkan mengacu pada kebutuhan spesifik dari analisis signal dengan tetap memberikan keuntungan dalam representasi *Time-Frequency* secara terlokalisasi dan menyeluruh, dimana sinyal asli didekomposisi menjadi band-band frekuensi kemudian analisis sinyal dilakukan pada tiap-tiap band tersebut (Darusalam, 2009). Salah satu penelitian yang berkaitan dengan prediksi menggunakan wavelet

diantaranya. Yousefi, Weinreich, & Reinarz (2005) menggunakan wavelet-based untuk memprediksi harga minyak.

Sistem *Fuzzy* dapat diartikan sebagai deskripsi linguistik (aturan *Fuzzy* Jika-Maka) yang lengkap tentang proses yang dapat dikombinasikan kedalam sistem (Wang, 1997). Salah satu penelitian yang berkaitan dengan prediksi menggunakan *Fuzzy System* diantaranya. Kodogiannis & Lolis (2002) menggunakan neural network dan fuzzy system-based techniques untuk prediksi *financial time series*.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya dan sejauh peneliti ketahui, penggabungan *Wavelet-Fuzzy System* dengan metode Takagi-Sugeno-Kang (TSK) untuk Prediksi *time series*, khususnya pada data jumlah penumpang kereta API DAOP VI Yogyakarta belum pernah dilakukan.

METODE PENELITIAN

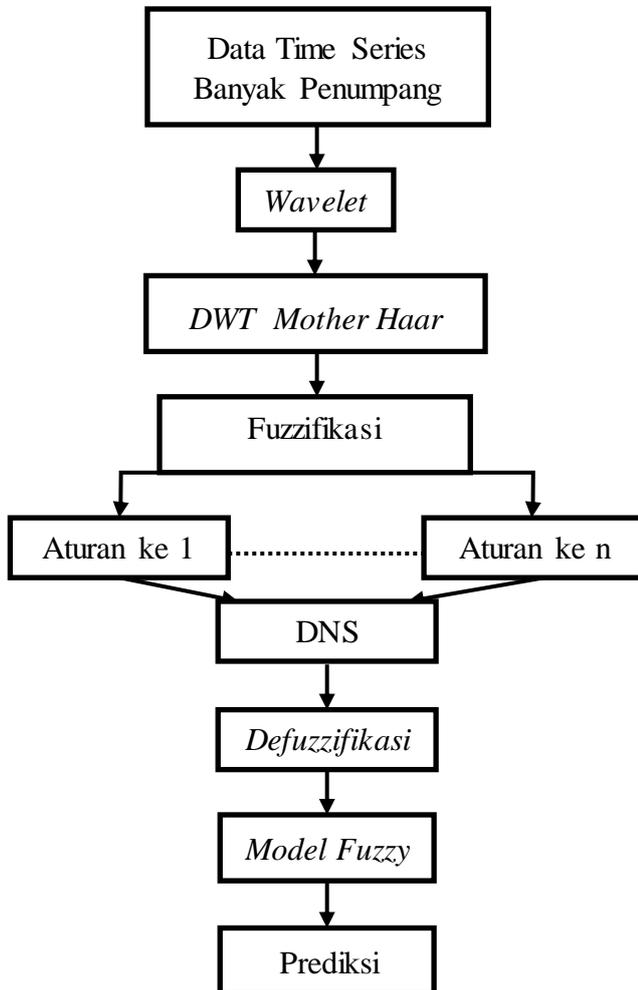
Jenis dan Sumber Data Penelitian

Jenis data yang digunakan untuk penelitian ini adalah data sekunder yang merupakan data yang diperoleh dari suatu sumber yang sudah tersedia sebelumnya, yaitu data jumlah penumpang di DOAP Yogyakarta. Jumlah data yang ada diambil dari Januari 2016 – Januari 2018 dalam bentuk jumlah penumpang tiap pekan sebanyak 106 data *time series* dengan rincian data training sejumlah 84 pekan dan data testing sejumlah 22 pekan

Teknik Analisis Data

Data jumlah penumpang kereta api yang merupakan data *time series* dengan jenis data diskrit sehingga data jumlah penumpang akan ditransformasi menggunakan *Wavelet*. Hasil transformasi *Wavelet* berupa hasil aproksimasi dan dekomposisi yang memiliki korelasi terhadap data sebenarnya (Chui, 1992). Membentuk model *Fuzzy System* untuk pemroses data *time series*. Dengan memasukan *input – output* yang dibutuhkan *Fuzzy System* sugeno orde-satu sehingga didapatkan konsekuen aturan pada Sugeno orde satu membentuk Sistem Persaman

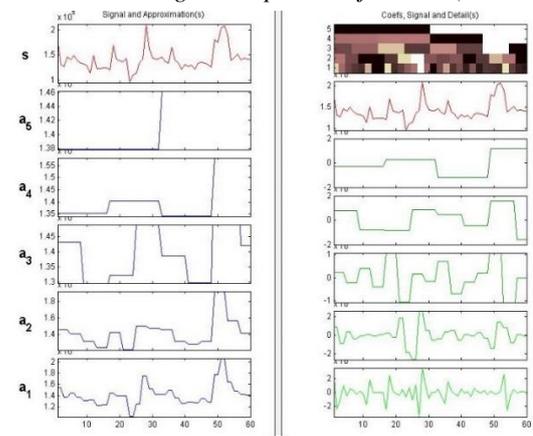
Linear (SPL) (Kusumadewi & Hartati, 2010). Untuk mendapatkan penyelesaian dari SPL yang ada digunakan *Singular Value Decomposition* (DNS) dan dilakukan defuzzifikasi untuk mendapatkan hasil Prediksi.



GAMBAR 1. Diagram Blok Langkah Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah hasil dekomposisi DWT Haar level 6 hasil plotting data Transformasi DWT *multilevel haar* ditampilkan pada gambar 2. Setelah didapatkan transformasi digunakan minitab 17 untuk melihat korelasi data transformasi dengan data asli dilakukan plot ACF dan PACF untuk melihat jumlah lag yang signifikan yang akan digunakan sebagai variabel input. Berikut hasil perhitungan koefisien korelasi plot ACF dan plot PACF.

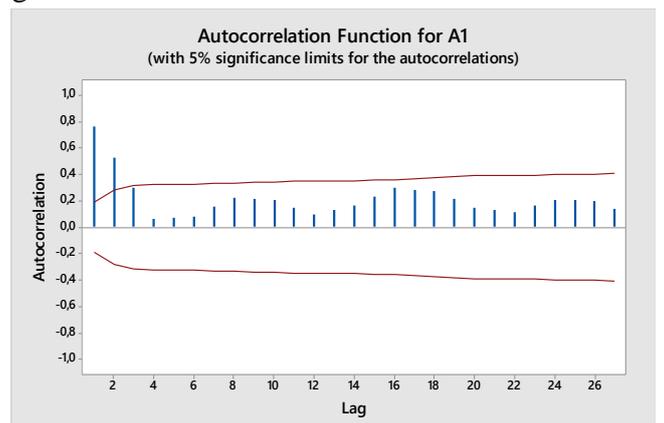


GAMBAR 2 Hasil Ploting Data Transformasi DWT

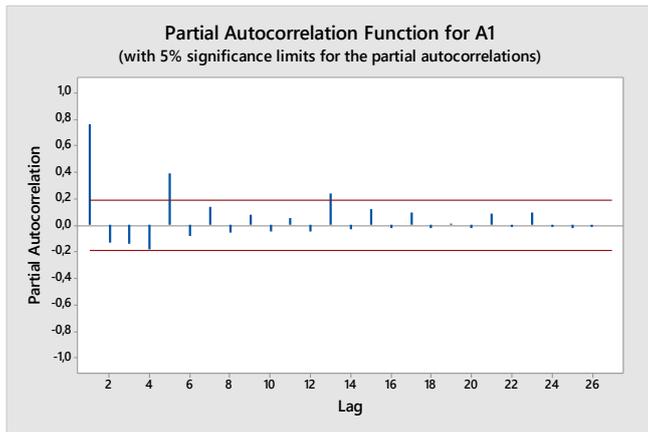
Tabel 1 Koefisien Korelasi Data

Aproksimas i	Koefisie n Korelasi	Decomposis i	Koefisie n Korelasi
A1	0,883447	D1	0,468531
A2	0,791673	D2	0,392088
A3	0,640212	D3	0,465697
A4	0,569759	D4	0,235016
A5	0,50493	D5	0,264327
A6	0,477799	D7	-0,01287

Berdasarkan tabel 1 yang merupakan hasil koefisien korelasi transformasi dengan data asli yang ditunjukkan oleh huruf S pada gambar 14 semakin tinggi koefisien korelasi maka semakin erat hubungan antara hasil transformasi dengan data asli maka dipilih data A1 dengan koefisien korelasi 0,883447 sebagai data input pengganti data asli yang akan dimasukkan pada *Fuzzy System TSK Orde satu*. Selanjutnya dibentuk *plot* fungsi autokorelasi (ACF) dan fungsi autokorelasi parsial (PACF) dari data dekomposisi A1 dari hasil DWT tersebut. Banyaknya lag yang keluar atau melebihi batas garis signifikansi menunjukkan banyaknya variabel input yang digunakan dalam membangun model. Hasil plot ACF dan PACF ditunjukkan oleh gambar.



GAMBAR 3 Hasil Autokorelasi (ACF)



GAMBAR 4 Hasil Autokorelasi Parsial (PACF)

Berdasarkan hasil gambar 3 *plot* ACF didapatkan lag 1 dan lag 2 sehingga model akan dibangun dengan 2 variabel model X_{t-2}, X_{t-1} dengan input X_t . Membuat fungsi keanggotaan *fuzzy* menjadi 9 himpunan fungsi keanggotaan dengan nilai minimum data adalah 103.601 dan nilai maksimum datanya adalah 220.166,5 sehingga himpunan universalnya adalah $\mu_p = [103600 \ 220.200]$ dengan representasi fungsi keanggotaan Gauss pada Persamaan 2.13 yang dirumuskan sebagai berikut :

$$\mu_{P_1}(x) = f(x, 4.197, 103.600) = \begin{cases} e^{-\frac{(x-103.600)^2}{2(4.197)^2}} \\ 0 \end{cases}$$

$$\mu_{P_2}(x) = f(x, 4.197, 118.200) = \begin{cases} e^{-\frac{(x-118.200)^2}{2(4.197)^2}} \\ 0 \end{cases}$$

$$\mu_{P_3}(x) = f(x, 5197, 132.800) = \begin{cases} e^{-\frac{(x-132.800)^2}{2(5.197)^2}} \\ 0 \end{cases}$$

$$\mu_{P_4}(x) = f(x, 5197, 147.400) = \begin{cases} e^{-\frac{(x-147.400)^2}{2(5.197)^2}} \\ 0 \end{cases}$$

$$\mu_{P_5}(x) = f(x, 4197, 162000) = \begin{cases} e^{-\frac{(x-16.2000)^2}{2(4197)^2}} \\ 0 \end{cases}$$

$$\mu_{P_6}(x) = f(x, 4197, 176.600) = \begin{cases} e^{-\frac{(x-176.600)^2}{2(4197)^2}} \\ 0 \end{cases}$$

$$\mu_{P_7}(x) = f(x, 3190, 191.200) = \begin{cases} e^{-\frac{(x-191.200)^2}{2(3197)^2}} \\ 0 \end{cases}$$

$$\mu_{P_8}(x) = f(x, 3190, 205.500) = \begin{cases} e^{-\frac{(x-205.800)^2}{2(3197)^2}} \\ 0 \end{cases}$$

$$\mu_{P_9}(x) = f(x, 1197, 220.200) = \begin{cases} e^{-\frac{(x-220.200)^2}{2(1197)^2}} \\ 0 \end{cases}$$

Dari hasil keanggotaan input pertama didapatkan aturan [Rule 1]. Dengan menggunakan aturan if then dengan variabel input sebagai antisiden didapatkan aturan sebagai berikut:

[Rule 1] jika t-2 adalah P4 dan t-1 adalah P4 maka t adalah P3

gunakan sugeno orde satu dalam membentuk rules untuk data pertama hingga data 82. Dari ruler yang telah dibentuk terdapat antisiden atau keanggotaan input yang sama antara rule satu dengan rule yang lain, sehingga hanya digunakan satu saja. Dengan demikian terdapat 24 rule yang berlaku untuk pemodelan data banyak penumpang.

Banyak data training yang digunakan untuk membangun aturan adalah 82 dengan 2 variabel dan 24 aturan yang terbentuk maka matriks X berukuran $82 \times [(2+1) \times 24] = 82 \times 72$

Perhitungan untuk baris pertama kolom pertama, yaitu $w_1(1)$ diperoleh dengan memasukkan data pertama keseluruhan himpunan *fuzzy* pada seluruh anteseden aturan yang telah dibangun. Anteseden aturan yang telah dibangun sebagai berikut :

$$w_1(1) = \frac{\mu_{11}(x_1)\mu_{12}(x_2)}{\sum_{i=1}^{82} \mu_{i1}(x_1)\mu_{i2}(x_2)}$$

$$W = \begin{bmatrix} 0,49691 & 0,49691 & 0,00001 & \dots & 0,00000 & 0,00000 \\ 0,28576 & 0,68661 & 0,00492 & \dots & 0,00000 & 0,00000 \\ 0,26514 & 0,00355 & 0,00103 & \dots & 0,00000 & 0,00000 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ 0,02641 & 0,02641 & 0,00000 & \dots & 0,00000 & 0,00000 \\ 0,05191 & 0,02814 & 0,00000 & \dots & 0,00000 & 0,00000 \end{bmatrix}$$

Dan untuk baris pertama kolom kedua diperoleh sebagai berikut:

$$w_1(1)x_1(1) = 0.49691 * 154036 = 76542,2$$

Perhitungan entri matriks X yang lain dibantu dengan pembuatan *script* program. Setelah didapatkan nilai untuk setiap W_{ij} maka di cari nilai dari matriks X dengan menggunakan bantuan hitung matlab didapatkan sebagai berikut

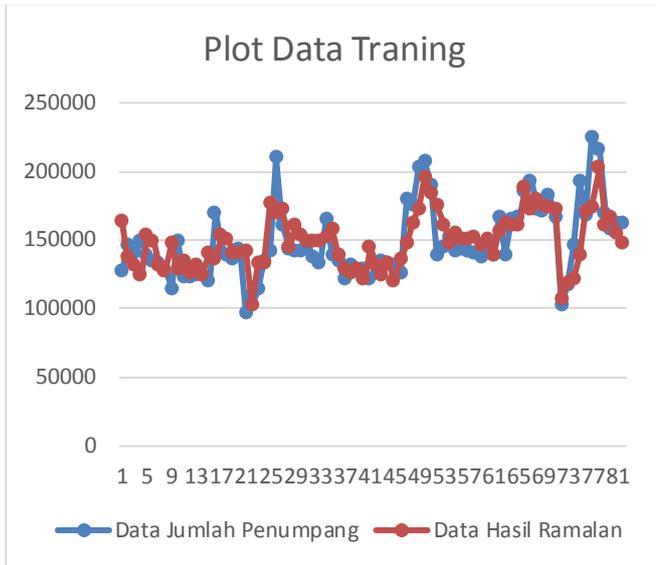
$$X = \begin{bmatrix} 0,49691 & 76542,2 & 76542,2 & \dots & 0,00000 & 0,00000 \\ 0,28576 & 44016,99 & 39105,1 & \dots & 0,00000 & 0,00000 \\ 0,26514 & 3058,43 & 3058,43 & \dots & 0,00000 & 0,00000 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ 0,02641 & 4326,93 & 4326,93 & \dots & 0,00000 & 0,00000 \\ 0,05191 & 8504,13 & 8426,24 & \dots & 0,00000 & 0,00000 \end{bmatrix}$$

Dilakukan defuzzifikasi dengan rumus berikut (Goldberg, 1992)

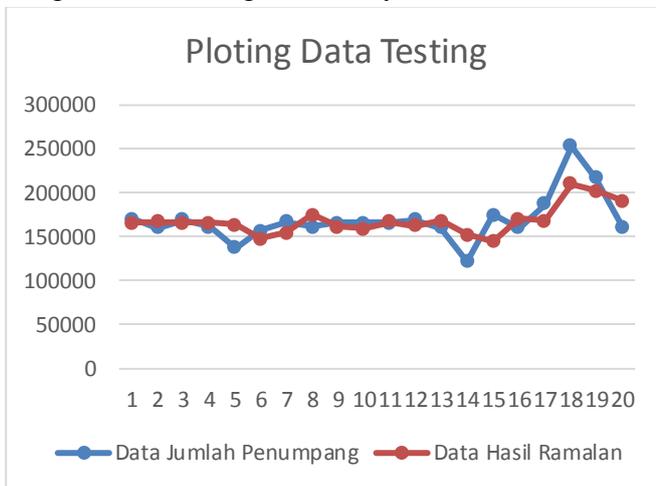
$$y^* = \frac{\sum_{i=1}^{72} y_i(\mu_{i1}(x_1)\mu_{i2}(x_2) \dots \mu_{i4}(x_4))}{\sum_{i=1}^{72} \mu_{i1}(x_1)\mu_{i2}(x_2) \dots \mu_{i4}(x_4)}$$

Berikut plotting dan hasil prediksi data traning dengan data Traning sebenarnya :

pada bulan yang sama jumlah penumpang mengalami peningkatan karena dari data 2016 dan 2017 dengan nilai maksimal pada bulan Februari dan Maret berada di kisaran 140.000 hingga 150.000.



Berikut plotting dan hasil prediksi data training dengan data Testing sebenarnya :



Prediksi Jumlah penumpang

Dilakukan prediksi jumlah penumpang untuk 3 bulan kedepan atau 12 pekan yang akan datang. Dalam prediksi yang dilakukan pada metode ini tidak dipertimbangkan siklus musiman ataupun hari libur besar yang sebenarnya dapat memperkuat hasil akurasi dari sebuah prediksi. Perhitungan dilakukan dengan bantuan Matlab dengan model yang telah didapatkan dari hasil data training. Data terakhir diambil pada bulan Januari 2018 pekan ke 2 maka akan diramalkan untuk pekan ke 3 Januari 2018 hingga pekan ke 2 Maret 2018.

Dari data prediksi jumlah penumpang kereta api di DAOP VI Yogyakarta cenderung menurun dan berada dikisaran antara 151.000 hingga 180.000. Dikarenakan pada bulan sebelumnya merupakan bulan Januari yang merupakan awal tahun baru sehingga jumlah penumpang mengalami peningkatan yang cukup pesat. Jika dilihat dari data tahun 2016 dan 2017

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil dari model *wavelet-fuzzy System* dengan dekomposisi *Mother Haar* dan *Sugeno Orde satu* diperoleh pada data training dengan nilai MAPE 9,08% dan prediksi data testing dengan nilai MAPE 6,7%. Didapatkan hasil prediksi banyak penumpang kereta api dalam 3 bulan kedepan atau 12 pekan adalah 178118, 180316, 174417, 173611, 172292, 172670, 165763, 176797, 150286, 166065, 176404, 151113.

Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh diharapkan penelitian selanjutnya mempertimbangkan terjadinya pola data musiman, siklik ataupun terjadinya hari-hari besar suatu agama yang berpengaruh terhadap jumlah penumpang.

DAFTAR PUSTAKA

- Andalita, I., & Irhamah. (2015). Peramalan jumlah penumpang kereta api kelas ekonomi kertajaya menggunakan ARIMA dan ANFIS. *Jurnal Sains dan Seni ITS*.
- Anton, H. (1987). *Elementary Linear Algebra, 5th Edition*. Drexel University: Anton Textbookx.inc.
- Badan Pusat Statistik. (2017, Februari 9). <https://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1366>. Dipetik November 12, 2017, dari <https://www.bps.go.id>.
- Bagus, Ida, & Wijaya, I. G. (2006). Pencarian citra menggunakan metode transformasi wavelet dan metrika histogram terurut.
- Chui, C. K. (1992). *An Introduction to Wavelets*. New York: Academic Press.
- Darusalam, U. (2009). Wavelets transform : overview teknis. 3(1).
- Dou, F. (2013). A train dispatching model base on fuzzy passenger demand forcasting durring holiday. *Omniascience*.
- Goldberg, J. L. (1992). *Matrix Theory with Applications*. Singapore: McGraw-Hill.inc.
- Hermawan, N. (2014). Aplikasi model recurrent neural network dan recurrent neuro fuzzy untuk peramalan banyaknya penumpang kereta api JABODETABEK. *Tugas Akhir Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta*.
- Kodogiannis, V., & Lolis, A. (2002). Forcesting financial time series using neural network and fuzzy system-based tchniques. *Neural Computing & Application*.
- Kusumadewi, S., & Hartati, S. (2010). *Neuro Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulahci, M. (2015). *Introduction to time series analysis & Forecasting*. New York: Jhon Wiley & Sons.
- Setyougroho, b. e. (2017). Perbandingan akurasi algoritme pelatihan dalam jaringan syaraf tiruan untuk peramalan jumlah pengguna kereta api di pulau jawa. *Jurnal Metik*.
- Wang, L. (1997). *A Course in Fuzzy System and Control*. New Jersey: Prentice Hall International, Inc.
- Wdhiyanti, N., & Wustqa, D. U. (2013). Peramalan jumlah penumpang kereta api di Yogyakarta menggunakan RegArima dengan variansi kalender islam. *Journal Matematika dan Pendidikan Matematika Universitas Negeri Yogyakarta*.
- Yousefi, S., Weinreich, I., & Reinartz, D. (2005). Wavelet-based prediction of oil price. *Chaos, Solitons & Fractals*.