



IMPLEMENTASI MODEL FUZZY-WAVELET DAN FIS METODE MAMDANI DALAM PREDIKSI NILAI TUKAR EUR/IDR

Siti Ismiatul Kharomah[✉], Isnaini Rosyida, Zaenuri

Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Gedung D7 Lt. 1, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Januari 2019
Disetujui Juli 2020
Dipublikasikan Agustus 2020

Keywords:

Fuzzy-Wavelet, Prediksi, MODWT,
Nilai Tukar EUR/IDR

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil model *fuzzy-wavelet* dalam memprediksi nilai tukar EUR/IDR dan tingkat akurasi model tersebut. Dengan mengambil data *time series* mingguan nilai tukar EUR/IDR 128 minggu terakhir, Model *fuzzy-wavelet* merupakan penggabungan dari *wavelet* dan *fuzzy*. Pemodelan *fuzzy-wavelet* diawali dengan transformasi *wavelet* menggunakan (*Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform*) MODWT *mother haar* sebagai pre-prosesing dan hasil MODWT digunakan sebagai *input* dalam sistem inferensi *fuzzy*. Pemilihan *input* ditentukan berdasarkan plot (*Autocorrelation Function*) ACF dan aturan *fuzzy* ditentukan dengan metode *table look-up scheme*. Sistem inferensi *fuzzy* yang digunakan Mamdani dengan fungsi implikasi *min* dan komposisi antar aturan *max*. Selanjutnya himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari proses inferensi diolah kembali menggunakan defuzzifikasi *centroid* untuk dijadikan bilangan tegas sebagai hasil dari prediksi nilai tukar EUR/IDR. Dengan semesta pembicaraan variabel *input* dan *output* yang sama, dibentuk 2 Model yaitu Model 1 menggunakan 9 himpunan *fuzzy* dan Model 2 menggunakan 5 himpunan *fuzzy*. Nilai MAPE dihitung untuk mengetahui keakuratan pada tiap model dan menentukan model terbaik. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa Model 1 menghasilkan nilai MAPE sebesar 0,85% dan 9 himpunan *fuzzy* dengan 12 variabel *input*. Model 1 merupakan model yang paling tepat untuk prediksi nilai tukar EUR/IDR dengan 128 data skala mingguan

Abstract

This study aims to determine the results of the fuzzy-wavelet model in predicting the EUR / IDR exchange rate and the accuracy of the model. By taking the last week's EUR / IDR 128 week exchange rate data series, the fuzzy-wavelet model is a combination of wavelets and fuzzy. Fuzzy-wavelet modeling begins with a wavelet transformation using the mother haar (Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform) MODWT as a pre-processing and the MODWT results are used as inputs in the fuzzy inference system. The selection of inputs is determined based on the plot (Autocorrelation Function) ACF and fuzzy rules are determined by the table look-up scheme method. The fuzzy inference system used by Mamdani with the min implication function and composition between rules max. Furthermore, the fuzzy set obtained from the inference process is reprocessed using the defuzzification of the centroid to become a firm number as a result of the predicted EUR / IDR exchange rate. With the same universe of input and output variables, 2 models are formed, namely Model 1 uses 9 fuzzy sets and Model 2 uses 5 fuzzy sets. The MAPE value is calculated to determine the accuracy of each model and determine the best model. The results of the study show that Model 1 produces MAPE values of 0.85% and 9 fuzzy sets with 12 input variables. Model 1 is the most appropriate model for the prediction of the EUR / IDR exchange rate with 128 weekly scale data.

How to cite:

Kharomah, Siti Ismiatul., Rosyida, Isnaini., Zaenuri. 2019. Implementasi Model Fuzzy-Wavelet dan Fis Metode Mamdani dalam Prediksi Nilai Tukar EUR/IDR Semarang. *UNNES Journal of Mathematics*. 8(2):60-68.

PENDAHULUAN

Setelah berkembangnya sistem kurs mengambang yang dimulai sejak Agustus 1997, peranan kurs valuta asing menjadi sangat penting terutama terhadap mata uang seperti US Dollar dan Euro. Indonesia sebagai negara yang tengah melakukan pembangunan ekonomi, maka kurs valuta asing akan berhubungan langsung dengan sektor-sektor perdagangan luar negeri dan investasi sehingga kestabilan dan keterjangkauan kurs sangat diperlukan. Prediksi kurs valuta asing bertujuan untuk mempermudah pelaku pasar dalam melakukan aksi jual beli khususnya terhadap mata uang Euro yang merupakan mata uang kedua setelah US Dollar yang menjadi mata uang utama di pasar global.

Salah satu cabang ilmu dalam matematika yang dapat diaplikasikan dalam pengambilan keputusan dalam hal ini untuk menentukan nilai tukar Euro terhadap Rupiah adalah logika *fuzzy*. Menurut Cox 1995 dalam (Kusumadewi dkk, 2006:2), Alasan digunakan logika *fuzzy* adalah konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti, logika *fuzzy* sangat fleksibel, dan memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.

Logika *Fuzzy* semakin luas dalam penggunaannya untuk keperluan prediksi khususnya pada model *fuzzy data time series*, misalnya prediksi harga daging di pasar Kabupaten Malang (Gumelar dkk, 2017) dan prediksi harga saham (Hasudungan dkk, 2016). Beberapa peneliti memodelkan *fuzzy* pada data *time series* dengan metode table look-up scheme diantaranya adalah Muhson (2007) dalam memperkirakan tingkat inflasi di Indonesia, Priyana & Abadi (2011) dalam meramalkan suhu udara di Yogyakarta dan Rahayuningsih & Abadi (2011) memprediksi Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG).

Dalam melakukan suatu prediksi terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi penentuan penggunaan metode yang tepat, yaitu waktu, pola, data, hubungan antara data sebelumnya dan keakuratan data. Data nilai tukar mata uang EUR/IDR yang digunakan menunjukkan pola data *time series* yang fluktuatif dan tidak stasioner. Penggunaan metode *wavelet* tepat untuk mengatasi data sinyal yang non stasioner.

Beberapa peneliti meningkatkan kualitas model dengan menggabungkan logika *fuzzy* dan metode lain. Misalnya pendekatan baru yang menggabungkan logika *Fuzzy* dan *Discrete Wavelet Transforms* (DWT) yang kemudian disebut Model *Fuzzy-Wavelet*.

Menurut Engin Karatepe (2005) yang mengenalkan model *fuzzy-wavelet* dalam penelitiannya yang disebut dengan *Wavelet Fuzzy Networks* (FWNS) untuk identifikasi sistem dengan menggabungkan model *Fuzzy* tradisional Takagi-Sugeno-Kang (TSK) dan *Wavelet* Diskrit Transform (DWT) menghasilkan simulasi yang menunjukkan keefektifan dalam mengidentifikasi masalah, memiliki struktur yang sederhana, dapat mencapai tingkat akurasi yang tinggi dan konvergensi yang cepat.

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan *fuzzy-wavelet* telah banyak dibahas, diantaranya oleh Popoola dkk (2007) menggunakan *wavelet* sebagai pre-prosesing pemodelan *fuzzy* untuk data runtun waktu non stasioner. Hasil studi kasus menunjukkan pendekatan gabungan *fuzzy-wavelet* secara keseluruhan meningkatkan kinerja prediksi.

Hasil penelitian Septiarini dkk (2016) menggunakan model *fuzzy wavelet* untuk memprediksi nilai tukar IDR/USD menunjukkan bahwa Model *fuzzy-wavelet* merupakan model terbaik untuk meramalkan data training, dibandingkan dengan model ARIMA dan *Wavelet* Double Exponential Smoothing. Penggunaan Transformasi *Wavelet* Diskret (DWT) hanya dapat dilakukan untuk sampel dalam bentuk 2^j , dengan j bilangan positif. Sehingga dalam penelitian ini digunakan Maximal Overlap *Discrete Wavelet Transform* (MODWT) untuk sampel berukuran sebarang yang dipandang lebih sesuai untuk data *time series* (Warsito dkk, 2013)

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan logika *fuzzy* terdapat beberapa metode dan setiap metode memiliki cara dan hasil yang berbeda. Ada tiga metode dalam sistem inferensi *Fuzzy*, yaitu metode Mamdani, metode Tsukamoto dan metode Sugeno (Kusumadewi & Purnomo, 2010). Ayuningtias, dkk (2017) menganalisa perbandingan metode Tsukamoto, Sugeno dan Mamdani dalam prediksi jumlah pendaftar mahasiswa baru Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Gunung Djati dan menyimpulkan bahwa metode Mamdani mempunyai tingkat error yang terkecil dibandingkan dengan metode Tsukamoto dan Sugeno.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, prediksi model *fuzzy-wavelet* berdasarkan kelebihan dari model tersebut belum banyak dikaji. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan digunakan model *fuzzy-wavelet* dengan jumlah himpunan *fuzzy* yang berbeda dan semesta pembicaraan yang berbeda. Adapun masalah yang akan dibahas dalam penulisan ini adalah bagaimana hasil

model *fuzzy-wavelet* dalam memprediksi nilai tukar EUR/IDR dan bagaimana tingkat akurasi model tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil model *fuzzy-wavelet* dalam memprediksi nilai tukar EUR/IDR dan mengetahui tingkat akurasi model tersebut.

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi pustaka untuk mengumpulkan sumber informasi dan *literature* yang relevan, pengumpulan data dengan menggunakan data sekunder data mingguan nilai tukar EUR/IDR dari investing.com yang merupakan sumber definitive akan berbagai perangkat dan informasi terkait pasar finansial, dan pemecahan masalah dengan mengimplementasikan model *fuzzy-wavelet*. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah (1) mentransformasikan data nilai tukar EUR/IDR sebenarnya menggunakan MODWT, (2) menentukan banyaknya *input*, (3) membuat sistem inferensi metode mamdani untuk menghasilkan nilai prediksi, (4) menguji tingkat keakurasian model, (5) menarik kesimpulan hasil prediksi dan akurasi model yang ditunjukkan dalam kriteria MAPE. Dengan MAPE kurang dari 10% dinyatakan sangat baik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang disajikan adalah data nilai tukar EUR/IDR dengan jumlah 128 data dengan skala mingguan.

a. Transformasi Data

Data nilai tukar aktual ditransformasikan menggunakan MODWT sehingga diperoleh *a* yang merupakan koefisien skala (*approximation*) dan *d* yang koefisien wavelet (*detail*).

$$f \xrightarrow{H_1} (a_1 | d_1), \text{ untuk } f = (x_1, x_2, \dots, x_N)$$

Hasil dekomposisi level 1 dengan MODWT *mother haar* adalah

$$a_1 = \left(\frac{x_N + x_1}{2}, \frac{x_1 + x_2}{2}, \dots, \frac{x_{N-1} + x_N}{2} \right)$$

$$d_1 = \left(\frac{x_1 - x_N}{2}, \frac{x_2 - x_1}{2}, \dots, \frac{x_N - x_{N-1}}{2} \right)$$

Transformasi dilakukan sebanyak 2 level sehingga diperoleh beberapa data DWs

(*Discrete Wavelet series*) yaitu data *d1*, *d2*, dan *a2* (*Approximation*). Di antara DWs tersebut masing-masing memiliki nilai korelasi berbeda terhadap data aktual. Proses penentuan nilai korelasi dilakukan dengan bantuan *software* Minitab 16 dan menghasilkan nilai koefisien korelasi seperti pada Tabel 1:

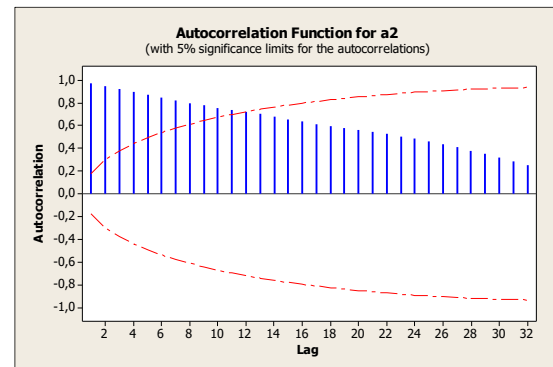
Tabel 1 Nilai Koefisien Korelasi

Keterangan	Nilai koefisien korelasi terhadap data aktual
d1	0,102
d2	0,155
a2	0,986

Pada Tabel 1 data *a2* (*Approximation*) memiliki nilai koefisien korelasi paling tinggi yaitu 0,986. Sebagai data dengan korelasi yang signifikan antara data DWs dengan data nilai tukar EUR/IDR aktual, maka *Approximation* dapat digunakan sebagai model *input* prediksi.

b. Penentuan Banyaknya *Input*

Data *input* ditentukan dengan menggunakan plot fungsi autokorelasi/ *Autocorelation Function (ACF)* dari hasil MODWT. Banyaknya lag yang keluar melebihi batas garis signifikansi menunjukkan banyaknya variabel yang akan digunakan dalam membangun model.



Gambar 1 Uji ACF

Berdasarkan Gambar 1 lag yang keluar ada pada lag ke-1 hingga lag ke-12 sehingga model akan dibangun menggunakan 12 variabel *input*. *Input* data yang digunakan adalah $x_{t-12}(x_1), x_{t-11}(x_2), x_{t-10}(x_3), x_{t-9}(x_4), x_{t-8}(x_5), x_{t-7}(x_6), x_{t-6}(x_7), x_{t-5}(x_8), x_{t-4}(x_9), x_{t-3}(x_{10}), x_{t-2}(x_{11})$ dan $x_{t-1}(x_{12})$.

c. Penentuan Himpunan *Fuzzy*

Penentuan himpunan *fuzzy* dilakukan pada variabel *input* yang merupakan data DWS dan *Output* merupakan data aktual. Berdasarkan data *Approximation* diperoleh data terkecil dan terbesar adalah 14032 dan 17536, sehingga semesta pembicaraan dari *input* adalah $U =$

[14032 17536]. Berdasarkan data aktual, data terkecil dan terbesar adalah 13994 dan 17582. Oleh karena itu, semesta pembicaraan dari

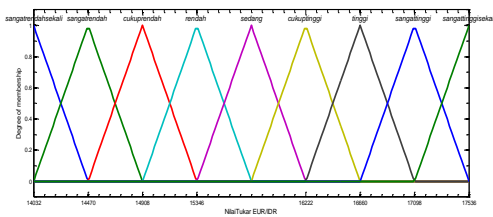
output adalah $V = [13994 \ 17582]$. Dibangun 2 model pada Tabel 2.

Tabel 2 Model *Fuzzy-Wavelet*

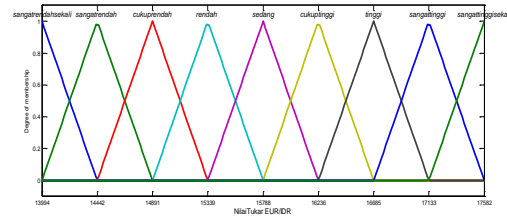
Model	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Notasi	Domain <i>Input</i>	Domain <i>Output</i>
Model 1	sangat rendah sekali	S1	[14032 14470]	[13994 14442]
	sangat rendah	S2	[14032 14908]	[13994 14891]
	cukup rendah	S3	[14470 15346]	[14442 15339]
	rendah	S4	[14908 15784]	[14891 15788]
	sedang	S5	[15346 16222]	[15339 16236]
	cukup tinggi	S6	[15784 16660]	[15788 16685]
	tinggi	S7	[16222 17098]	[16236 17133]
	sangat tinggi	S8	[16660 17536]	[16685 17582]
	sangat tinggi sekali	S9	[17098 17536]	[17133 17582]
Model 2	sangat rendah	S1	[14032 14908]	[13994 14891]
	rendah	S2	[14032 15784]	[13994 15788]
	sedang	S3	[14908 16660]	[14891 16685]
	tinggi	S4	[15784 17536]	[15788 17582]
	sangat tinggi	S5	[16660 17536]	[16685 17582]

Model 1 dan Model 2 memiliki semesta pembicaraan variabel *input* dan *output* yang sama, namun Model 1 memiliki 9 himpunan *fuzzy*, yaitu sangat rendah sekali, sangat rendah, cukup rendah, rendah, sedang, cukup tinggi, tinggi, sangat tinggi dan sangat

tinggi sekali, sedangkan Model 2 memiliki 5 himpunan *fuzzy* yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Grafik fungsi keanggotaan segitiga *input* dan *output* dari Model 1 dapat dilihat pada Gambar 2a dan 2b.



Gambar 2a Grafik fungsi keanggotaan *Input*



Gambar 2b Grafik fungsi keanggotaan *Output*

Fungsi derajat keanggotaan himpunan *input* dan *output* fuzzy

$$\mu_{S1}(x) = \begin{cases} \frac{14470 - x}{438} & ; 14032 \leq x \leq 14470 \\ 0 & ; x \geq 14470 \end{cases}$$

$$\mu_{S1}(x) = \begin{cases} \frac{14442 - x}{448} & ; 13994 \leq x \leq 14442 \\ 0 & ; x \geq 14442 \end{cases}$$

$$\mu_{S2}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 14032 \text{ atau } x \geq 14908 \\ \frac{x - 14032}{438} & ; 14032 \leq x \leq 14470 \\ \frac{14908 - x}{438} & ; 14470 \leq x \leq 14908 \end{cases}$$

$$\mu_{S2}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 13994 \text{ atau } x \geq 14891 \\ \frac{x - 13994}{448} & ; 13994 \leq x \leq 14442 \\ \frac{14891 - x}{448} & ; 14442 \leq x \leq 14891 \end{cases}$$

$$\mu_{S_3}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 14470 \text{ atau } x \geq 15346 \\ \frac{x - 14470}{438} & ; 14470 \leq x \leq 14908 \\ \frac{15346 - x}{438} & ; 14908 \leq x \leq 15346 \end{cases}$$

$$\mu_{S_3}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 14442 \text{ atau } x \geq 15346 \\ \frac{x - 14442}{448} & ; 14442 \leq x \leq 14891 \\ \frac{15339 - x}{448} & ; 14891 \leq x \leq 15339 \end{cases}$$

$$\mu_{S_4}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 14908 \text{ atau } x \geq 15784 \\ \frac{x - 14908}{438} & ; 14908 \leq x \leq 15346 \\ \frac{15784 - x}{438} & ; 15346 \leq x \leq 15784 \end{cases}$$

$$\mu_{S_4}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 14891 \text{ atau } x \geq 15788 \\ \frac{x - 14891}{448} & ; 14891 \leq x \leq 15339 \\ \frac{15788 - x}{448} & ; 15339 \leq x \leq 15788 \end{cases}$$

$$\mu_{S_5}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 15346 \text{ atau } x \geq 16222 \\ \frac{x - 15346}{438} & ; 15346 \leq x \leq 15784 \\ \frac{16222 - x}{438} & ; 15784 \leq x \leq 16222 \end{cases}$$

$$\mu_{S_5}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 15339 \text{ atau } x \geq 16236 \\ \frac{x - 15339}{448} & ; 15339 \leq x \leq 15788 \\ \frac{16236 - x}{448} & ; 15788 \leq x \leq 16236 \end{cases}$$

$$\mu_{S_6}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 15784 \text{ atau } x \geq 16660 \\ \frac{x - 15784}{438} & ; 15784 \leq x \leq 16222 \\ \frac{16660 - x}{438} & ; 16222 \leq x \leq 16660 \end{cases}$$

$$\mu_{S_6}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 15788 \text{ atau } x \geq 16685 \\ \frac{x - 15788}{448} & ; 15788 \leq x \leq 16236 \\ \frac{16685 - x}{448} & ; 16236 \leq x \leq 16685 \end{cases}$$

$$\mu_{S_7}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 16222 \text{ atau } x \geq 17098 \\ \frac{x - 16222}{438} & ; 16222 \leq x \leq 16660 \\ \frac{17098 - x}{438} & ; 16660 \leq x \leq 17098 \end{cases}$$

$$\mu_{S_7}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 16222 \text{ atau } x \geq 17098 \\ \frac{x - 16222}{448} & ; 16222 \leq x \leq 16685 \\ \frac{17098 - x}{448} & ; 16685 \leq x \leq 17098 \end{cases}$$

$$\mu_{S_8}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 16660 \text{ atau } x \geq 17536 \\ \frac{x - 16660}{438} & ; 16660 \leq x \leq 17098 \\ \frac{17536 - x}{438} & ; 17098 \leq x \leq 17536 \end{cases}$$

$$\mu_{S_8}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 16685 \text{ atau } x \geq 17582 \\ \frac{x - 16685}{448} & ; 16685 \leq x \leq 17133 \\ \frac{17582 - x}{448} & ; 17133 \leq x \leq 17582 \end{cases}$$

$$\mu_{S_9}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 17098 \\ \frac{x - 17098}{438} & ; 17098 \leq x \leq 17536 \end{cases}$$

$$\mu_{S_9}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 17133 \\ \frac{x - 17133}{448} & ; 17133 \leq x \leq 17582 \end{cases}$$

d. Penentuan aturan *fuzzy* menggunakan metode *table look-up scheme*.

Aturan *fuzzy* dibentuk berdasarkan keterkaitan antar himpunan *input* maupun *output* dan dinyatakan dalam fungsi implikasi yang bertujuan untuk

mendapatkan *output* sebuah aturan IF-THEN berdasarkan derajat keanggotaan pada *input*. Pada penelitian ini, *input* yang

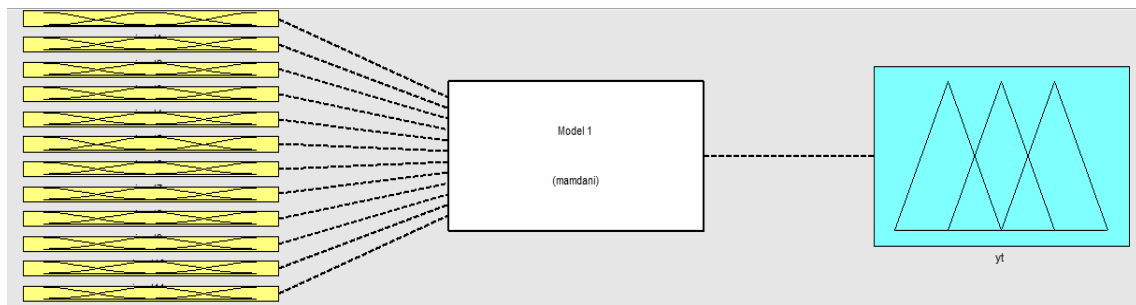
digunakan sebanyak 12, sehingga akan dibentuk $t - n = 128 - 12 = 116$ pasang *input output*, yaitu:

$$\begin{aligned} & [x_{116}, x_{117}, x_{118}, x_{119}, x_{120}, x_{121}, x_{122}, x_{123}, x_{124}, x_{125}, x_{126}, x_{127}; y_{128}] \\ & [x_{115}, x_{116}, x_{117}, x_{118}, x_{119}, x_{120}, x_{121}, x_{122}, x_{123}, x_{124}, x_{125}, x_{126}; y_{127}] \\ & \vdots \\ & [x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}; y_{13}] \end{aligned}$$

Proses pengubahan nilai tegas menjadi nilai *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan untuk setiap pasang *input-output* data sehingga menghasilkan 116 aturan *fuzzy* pada Model 1 yang telah diseleksi menjadi 111 aturan *fuzzy* dalam bentuk IF-THEN.

minimum himpunan *fuzzy* dari setiap aturan *fuzzy* yang digunakan. Pada komposisi aturan digunakan *max* yaitu dengan mengambil nilai maksimum dari hasil implikasi min. Selanjutnya hasil perolehan komposisi aturan *max* digunakan untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator *OR* (union/gabungan) sehingga menghasilkan fungsi keanggotaan daerah *output*.

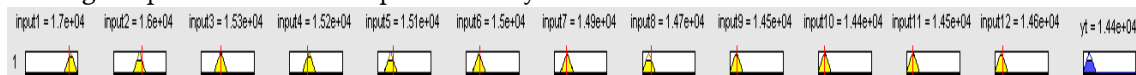
- e. Proses Inferensi
Inferensi Mamdani menggunakan fungsi implikasi min dengan mengambil nilai



Gambar 3 Inferensi *fuzzy* Mamdani menggunakan Matlab 2014a

- f. Defuzzifikasi
Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy*

tersebut. Defuzzifikasi yang digunakan pada sistem *fuzzy* peramalan Nilai Tukar EUR/IDR adalah defuzzifikasi *Centriod*. Proses defuzzifikasi menggunakan bantuan *software* Matlab 2014a ditunjukkan dalam Gambar 4 berikut:



Gambar 4 Defuzzifikasi

Jadi berdasarkan data ke-1 Model 1, dihasilkan prediksi nilai tukar EUR/IDR untuk y_1 adalah 14442,39. Proses perhitungan untuk data ke-2 dan seterusnya serta dilakukan secara analog sehingga menghasilkan nilai prediksi Model 1 pada Tabel 3.

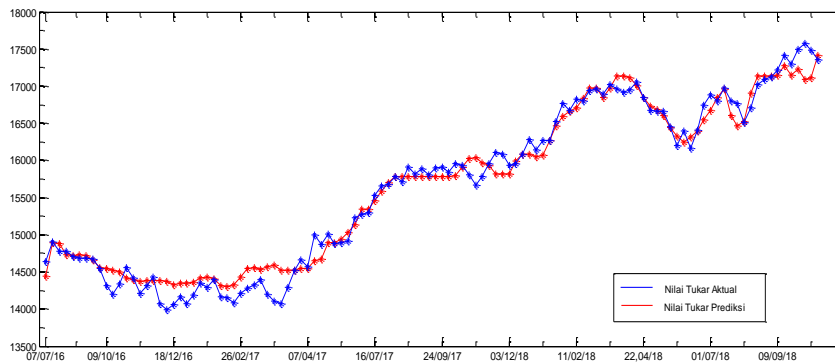
Tabel 3 Nilai Aktual dan Hasil Prediksi

t	Yt	Yt*	t	Yt	Yt*
1	15723	*	65	15789	15787,61
2	15098	*	66	15716	15787,63
3	15450	*	67	15913	15787,63
4	14961	*	68	15824	15787,63
5	15041	*	69	15891	15787,63
6	14875	*	70	15813	15787,63
7	14633	*	71	15906	15787,63

8	14512	*	72	15915	15787,63
9	14448	*	73	15846	15787,64
10	14387	*	74	15960	15795,88
11	14636	*	75	15932	15917,41
12	14554	*	76	15809	16024,25
13	14644	14442,39	77	15669	16038,39
14	14902	14890,62	78	15786	15971,52
15	14778	14882,19	79	15956	15933,01
16	14778	14731,88	80	16109	15820,27
17	14714	14723,04	81	16084	15821,93
18	14681	14737,72	82	15938	15821,93
19	14680	14723,04	83	15960	15995,40
20	14671	14663,18	84	16081	16085,94
21	14545	14559,12	85	16278	16084,57
22	14311	14543,21	86	16139	16049,87
23	14198	14522,28	87	16274	16075,40
24	14339	14505,26	88	16271	16273,66
25	14561	14414,25	89	16529	16472,13
26	14425	14392,57	90	16763	16596,08
27	14217	14372,44	91	16673	16659,80
28	14311	14379,76	92	16821	16714,54
29	14435	14384,12	93	16802	16836,55
30	14077	14379,76	94	16946	16973,29
31	13994	14377,90	95	16960	16980,45
32	14064	14331,58	96	16897	16843,20
33	14168	14355,02	97	17026	16978,22
34	14077	14355,02	98	16962	17133,37
35	14190	14356,85	99	16918	17135,06
36	14353	14419,68	100	16958	17113,03
37	14292	14425,95	101	17053	17009,56
38	14391	14407,47	102	16849	16846,01

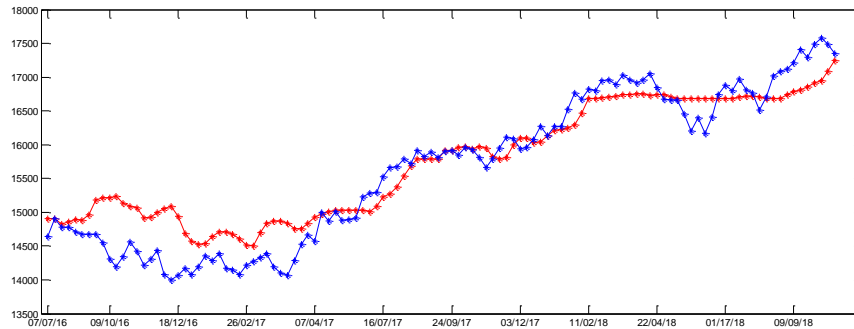
39	14169	14319,91	103	16672	16735,11
40	14151	14305,76	104	16662	16686,67
41	14081	14323,68	105	16668	16611,12
42	14216	14427,10	106	16453	16445,56
43	14278	14543,47	107	16202	16323,35
44	14330	14557,29	108	16393	16248,67
45	14391	14540,45	109	16171	16317,64
46	14196	14571,26	110	16413	16399,53
47	14103	14587,66	111	16745	16550,72
48	14067	14519,79	112	16880	16674,92
49	14290	14520,31	113	16804	16846,47
50	14525	14525,69	114	16971	16970,00
51	14660	14546,49	115	16807	16605,02
52	14571	14546,76	116	16764	16468,22
53	14995	14647,18	117	16517	16523,90
54	14867	14670,69	118	16710	16901,30
55	15010	14890,61	119	17017	17133,38
56	14881	14890,61	120	17091	17133,38
57	14890	14943,70	121	17122	17133,38
58	14919	15032,00	122	17219	17146,38
59	15228	15138,88	123	17412	17274,19
60	15281	15339,39	124	17299	17146,24
61	15298	15339,39	125	17493	17226,51
62	15526	15461,91	126	17582	17092,55
63	15661	15585,57	127	17488	17112,71
64	15676	15704,05	128	17356	17419,94

Berdasarkan Tabel 3, kita dapat menunjukkan pola nilai tukar aktual dan hasil prediksi dalam sebuah garfik pada Gambar 5.



Gambar 5 Plot Data Aktual dan Data Prediksi Model 1

Dengan langkah yang sama maka dapat ditentukan grafik plot data aktual dan data prediksi Model 2 pada Gambar 6.



Gambar 6 Plot Data Aktual dan Data Prediksi Model 2

Berdasarkan Gambar 5 dan Gambar 6 terlihat bahwa baik Model 1 maupun Model 2, plot hasil prediksi nilai tukar EUR/IDR dari tanggal 7 Agustus 2016 sampai 21 Oktober 2018 cenderung mengikuti plot nilai tukar aktual. Meskipun beberapa kali mengalami naik turun seperti pada tanggal 22 April 2018 sampai dengan 09 September 2018, namun secara keseluruhan nilai tukar EUR/IDR cenderung mengalami kenaikan dan terus merangkak naik hingga angka tertingginya yaitu 17582 Rupiah. Pada plot data aktual dan data prediksi terlihat bahwa data prediksi Model 1 cenderung lebih mengikuti plot data aktual dibandingkan Model 2.

g. Menentukan nilai MAPE

Nilai MAPE dihitung dari jumlah nilai *absolute error* untuk semua data, kemudian bagi nilai *absolute error* tersebut dengan banyaknya jumlah data. Nilai MAPE dari tiap model dapat dilihat pada Table 4.

Tabel 4 Perbandingan Nilai MAPE

No.	Model	MAPE(%)
1	Model 1	0,85%
2	Model 2	1,964%

Tabel 4 menunjukkan bahwa Model 2 yang jumlah himpunan *fuzzy* nya lebih sedikit menghasilkan nilai MAPE yang lebih besar yaitu 1,964. Sedangkan model 1 dengan jumlah himpunan *fuzzy* yang lebih banyak menghasilkan nilai MAPE 0,85. Dengan nilai MAPE kurang dari 10%, maka kedua model sangat baik digunakan untuk prediksi nilai tukar EUR/IDR. Namun

dengan nilai MAPE Model 1 yang lebih kecil, artinya semakin banyak himpunan *fuzzy* yang digunakan semakin baik tingkat keakurasian suatu model.

KESIMPULAN

Berdasarkan *fuzzy-wavelet* yang telah dibentuk, Model 1 dan Model 2 memiliki struktur yang sama, yaitu menggunakan sebanyak 128 data dengan semesta pembicaraan variabel *input* dan *output* yang sama, transformasi *wavelet* level 2, *input* yang digunakan sebanyak 12 variabel yaitu nilai tukar EUR/IDR pada, $x_{t-12}, x_{t-11}, x_{t-10}, x_{t-9}, x_{t-8}, x_{t-7}, x_{t-6}, x_{t-5}, x_{t-4}, x_{t-3}, x_{t-2}, x_{t-1}$, serta fungsi keanggotaan segitiga, namun memiliki jumlah himpunan *fuzzy* yang berbeda. Jumlah yang digunakan dalam Model 1 ada 9 himpunan *fuzzy*, sedangkan Model 2 menggunakan 5 himpunan *fuzzy*. Pada plot data aktual dan data prediksi terlihat bahwa data prediksi Model 1 cenderung lebih mengikuti plot data sebenarnya. Selain itu, nilai MAPE yang dihasilkan oleh Model 1 adalah 0,85% dan Model 2 adalah 1,964%. Artinya, semakin banyak jumlah himpunan *fuzzy* yang digunakan, maka semakin baik tingkat keakurasian modelnya. Model terbaik adalah model dengan nilai MAPE terkecil yaitu Model 1, oleh karena itu Model 1 sangat baik digunakan untuk prediksi nilai tukar EUR/IDR.

DAFTAR PUSTAKA

Ayuningtias, L.P. Irfan, M & Jumadi.2017. Analisa Perbandingan Logic *Fuzzy* Metode Tsukamoto, Sugencodan Mamdani. Jurnal Teknik Informatika. ISSN:1979-9160.

- Gumelar, F. A., Rekyan Regasari M. P., & Indriati. 2017. Implementasi *Fuzzy Time series* pada Prediksi Harga Daging di Pasar Kabupaten Malang. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(8):2724-2733.
- Hasudungan, F. O., Umbara, R.F., & Triantoro, Danang MT. 2016. Prediksi Harga Saham dengan Metode *Fuzzy Time series* dan Metode *Fuzzy Time series*-Genetic Algorithm. *Proceeding of Engineering. Universitas Telkom*, 3(3):5372.
- Karatepe, E. & Alci, M. 2005. A new Approach to *Fuzzy Wavelet* System Modeling. *International Journal of Approximate Reasoning*. 40(2005): 302-322.
- Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko, A & Wardoyo, R. 2006. *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (FUZZY MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, Sri & Purnomo, Hari. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan (2th ed.)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Muhson, A. 2007. Penerapan Logika *Fuzzy* dalam Pemodelan Perkiraan Tingkat Inflasi di Indonesia. *Jurnal Ekonomi & Pendidikan*. 4(2):78-91.
- Priyana, J & Abadi, A. M. 2011. Peramalan Suhu Udara di Yogyakarta dengan menggunakan Model *Fuzzy*. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Pendidikan dan Penerapan MIPA UNY. Universitas Negeri Yogyakarta: Yogyakarta*.
- Popoola, A., Ahmad, Saif & Ahmad, Khurshid. 2007. *A Fuzzy-Wavelet Method for Analyzing Non-Stationary Time series*. England: University of Surrey.
- Rahayuningsih P. T. & Abadi, Agus M. 2011. Penerapan Model *Fuzzy* dengan Metode *Table Look-Up Scheme* untuk Memprediksi Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG). *Prosiding Seminar Nasional Matematika & Pendidikan Matematika FMIPA UNY. Universitas Negeri Yogyakarta: Yogyakarta*.
- Septiarini, T. W., Abadi, A. M., & Taufik, M. Rifki. 2016. Application of *Wavelet Fuzzy* Model to Forecast the Exchange Rate of USD. *International Journal of Modeling and Optimization*, 6(1):66-70.
- Warsito, B., Subanar & Abdurakhman. 2013. Pemodelan *Time series* dengan Maximal Overlap *Discrete Wavelet* Transform. *Prosiding Seminar Nasional Statistika. Semarang: Universitas Diponegor*

