



# Implementasi Model Fuzzy-Wavelet dan FIS Metode Mamdani dalam Prediksi Nilai Tukar EUR/IDR

Siti Ismiatul Kharomah<sup>a,\*</sup>, Isnaini Rosyida<sup>b</sup>, Zaenuri<sup>a,b</sup>

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Semarang, Indonesia  
Gedung D7 Lt. 1, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

\* Alamat Surel: [ismia@students.unnes.ac.id](mailto:ismia@students.unnes.ac.id)

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil model fuzzy-wavelet dalam memprediksi nilai tukar EUR/IDR serta mengetahui tingkat akurasi model tersebut. Dengan mengambil data time series sebagai variabel yang digunakan dalam memprediksi, yaitu data mingguan nilai tukar EUR/IDR 128 minggu terakhir, Model yang digunakan adalah fuzzy-wavelet yang 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 adalah 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.

Kata kunci:

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

© 2018 Dipublikasikan oleh Jurusan Matematika, Universitas Negeri Semarang

## 1. 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 A, 2007) memperkirakan tingkat

To cite this article:

S. I. Kharomah, I. Rosyida, & Zaenuri (2018). Implementasi Model *Fuzzy-Wavelet* Metode Mamdani dalam Prediksi Nilai Tukar EUR/IDR. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika 2*, 313-322

inflasi di Indonesia, Priyana & Abadi (2011) 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. Susanti, dkk (2016) melakukan penelitian peramalan data IHSG dengan analisis data salah satunya menggunakan kriteria MAPE untuk menentukan akurasi dan menggunakan model terbaik untuk meramalkan beberapa hari berikutnya.

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 level himpunan *fuzzy* yang berbeda-beda. 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.

---

## 2. 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 aktual menggunakan MODWT, (2) menentukan banyaknya input, (3) membuat sistem inferensi metode mamdani untuk menghasilkan nilai prediksi, (4) menguji tingkat keakuratan model, (5) menarik kesimpulan hasil prediksi dan akurasi model yang ditunjukkan dalam kriteria MAPE. Dengan MAPE kurang dari 10% dinyatakan sangat baik.

### 3. 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.

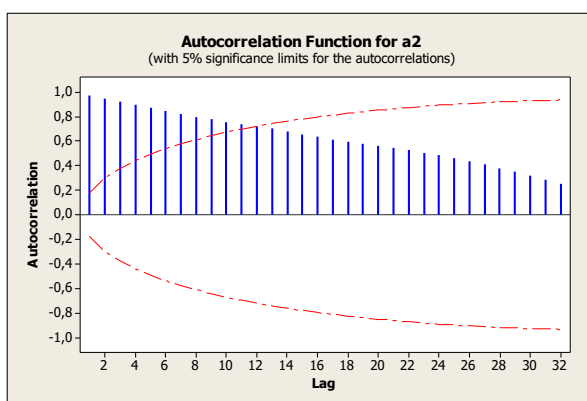
**Tabel 1.** Nilai Koefisien Korelasi

Keterangan	Nilai koefisien korelasi terhadap data aktual
<b>d1</b>	0,102
<b>d2</b>	0,155
<b>a2</b>	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 menggunakan plot fungsi autokorelasi/Autocorrelation Function (ACF) dari hasil MODWT. Banyaknya lag yang keluar melebihi batas garis signifikansi menunjukkan banyaknya variabel yang akan digunakan untuk membangun model.



**Gambar 1.** Uji ACF

Berdasarkan Gambar 1 lag yang keluar ada pada lag ke-1 hingga lag ke-12 sehingga model 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  $x_{t-1}(x_{12})$ .

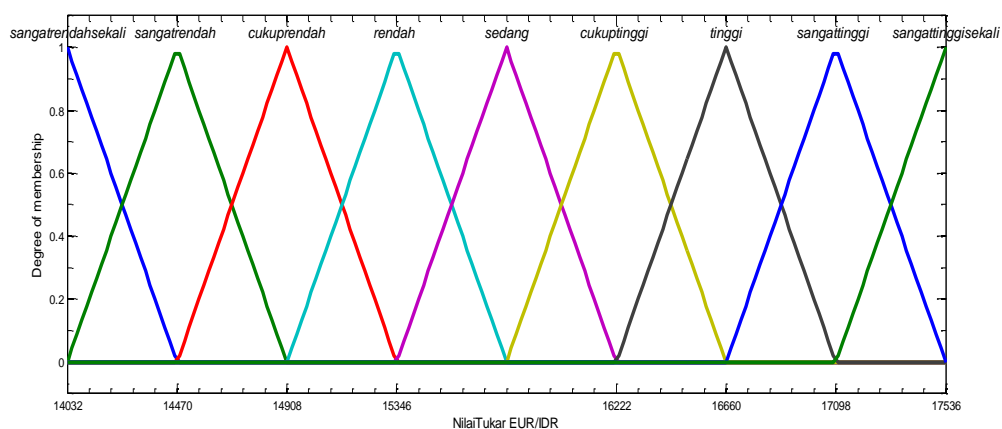
### c. Penentuan Himpunan *Fuzzy*

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.

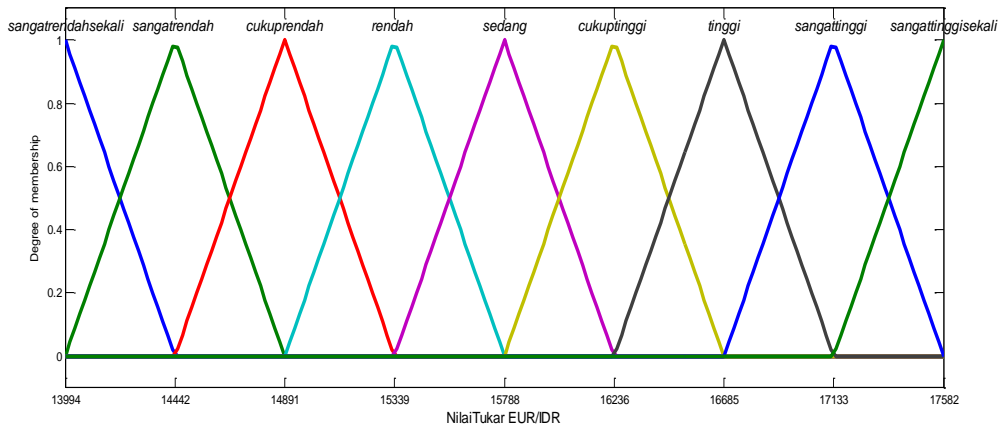
**Tabel 2.** Model *Fuzzy-Wavelet*

Model	Himpunan <i>Fuzzy</i>	Notasi	Domain <i>Input</i>	Domain <i>Output</i>
<b>Model 1</b>	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]
<b>Model 2</b>	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* Model 1



**Gambar 2b.** Grafik Fungsi Keanggotaan *Output Model 1*

Fungsi derajat keanggotaan himpunan input dan Output fuzzy

$$\begin{aligned} \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_{S3}(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_{S3}(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_{S4}(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_{S4}(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_{S5}(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_{S5}(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_{S6}(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_{S6}(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_{S7}(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_{S7}(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} \end{aligned}$$

$$\mu_{S8}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 16660 \text{ atau } x \geq 17536 \\ \frac{x - 16660}{438} & ; 16660 \leq x \leq 17098 \\ \frac{17536 - x}{438} & ; 17098 \leq x \leq 17536 \end{cases}$$

$$\mu_{S8}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 16685 \text{ atau } x \geq 17582 \\ \frac{x - 16685}{448} & ; 16685 \leq x \leq 17133 \\ \frac{17582 - x}{448} & ; 17133 \leq x \leq 17582 \end{cases}$$

$$\mu_{S9}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 17098 \\ \frac{x - 17098}{438} & ; 17098 \leq x \leq 17536 \end{cases}$$

$$\mu_{S9}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 17133 \\ \frac{x - 17133}{448} & ; 17133 \leq x \leq 17582 \end{cases}$$

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

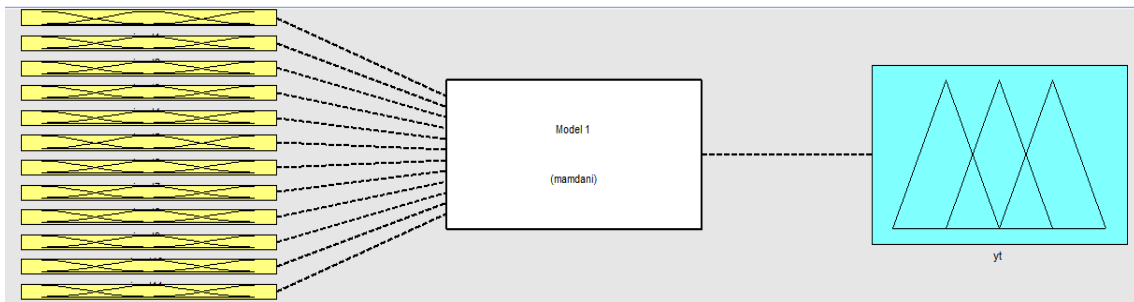
Pada penelitian ini, input yang digunakan sebanyak 12, sehingga dibentuk  $t - n = 128 - 12 = 116$  pasang input output, yaitu:

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

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.

e. Proses Inferensi

Inferensi Mamdani menggunakan fungsi implikasi min dengan mengambil nilai 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.



**Gambar 3.** Proses Inferensi Fuzzy Mamdani

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 Centroid. Proses defuzzifikasi menggunakan bantuan software Matlab 2014a ditunjukkan dalam Gambar 4 berikut:



**Gambar 4.** Plot Hasil Defuzzifikasi pada Model 1

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 Model 1

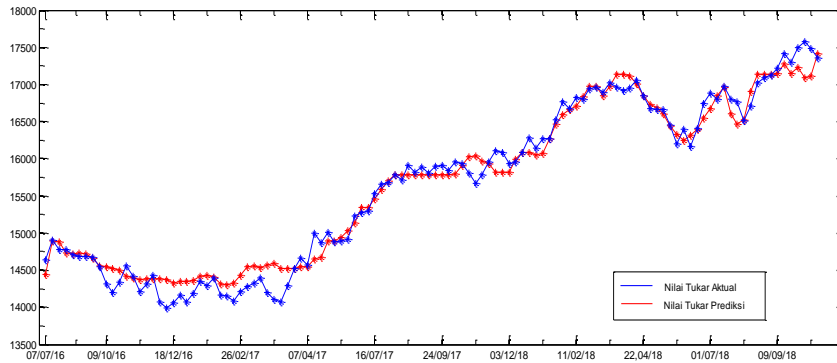
Minggu	Yt	Yt*	Minggu	Yt	Yt*	Minggu	Yt	Yt*
1	15723	*	44	14330	14557,29	87	16274	16075,40
2	15098	*	45	14391	14540,45	88	16271	16273,66
3	15450	*	46	14196	14571,26	89	16529	16472,13
4	14961	*	47	14103	14587,66	90	16763	16596,08
5	15041	*	48	14067	14519,79	91	16673	16659,80
6	14875	*	49	14290	14520,31	92	16821	16714,54
7	14633	*	50	14525	14525,69	93	16802	16836,55
8	14512	*	51	14660	14546,49	94	16946	16973,29
9	14448	*	52	14571	14546,76	95	16960	16980,45
10	14387	*	53	14995	14647,18	96	16897	16843,20
11	14636	*	54	14867	14670,69	97	17026	16978,22
12	14554	*	55	15010	14890,61	98	16962	17133,37
13	14644	14442,39	56	14881	14890,61	99	16918	17135,06
14	14902	14890,62	57	14890	14943,70	100	16958	17113,03
15	14778	14882,19	58	14919	15032,00	101	17053	17009,56
16	14778	14731,88	59	15228	15138,88	102	16849	16846,01
17	14714	14723,04	60	15281	15339,39	103	16672	16735,11
18	14681	14737,72	61	15298	15339,39	104	16662	16686,67
19	14680	14723,04	62	15526	15461,91	105	16668	16611,12
20	14671	14663,18	63	15661	15585,57	106	16453	16445,56
21	14545	14559,12	64	15676	15704,05	107	16202	16323,35
22	14311	14543,21	65	15789	15787,61	108	16393	16248,67
23	14198	14522,28	66	15716	15787,63	109	16171	16317,64
24	14339	14505,26	67	15913	15787,63	110	16413	16399,53
25	14561	14414,25	68	15824	15787,63	111	16745	16550,72
26	14425	14392,57	69	15891	15787,63	112	16880	16674,92
27	14217	14372,44	70	15813	15787,63	113	16804	16846,47
28	14311	14379,76	71	15906	15787,63	114	16971	16970,00
29	14435	14384,12	72	15915	15787,63	115	16807	16605,02
30	14077	14379,76	73	15846	15787,64	116	16764	16468,22
31	13994	14377,90	74	15960	15795,88	117	16517	16523,90
32	14064	14331,58	75	15932	15917,41	118	16710	16901,30
33	14168	14355,02	76	15809	16024,25	119	17017	17133,38
34	14077	14355,02	77	15669	16038,39	120	17091	17133,38
35	14190	14356,85	78	15786	15971,52	121	17122	17133,38
36	14353	14419,68	79	15956	15933,01	122	17219	17146,38
37	14292	14425,95	80	16109	15820,27	123	17412	17274,19
38	14391	14407,47	81	16084	15821,93	124	17299	17146,24
39	14169	14319,91	82	15938	15821,93	125	17493	17226,51
40	14151	14305,76	83	15960	15995,40	126	17582	17092,55
41	14081	14323,68	84	16081	16085,94	127	17488	17112,71
42	14216	14427,10	85	16278	16084,57	128	17356	17419,94

---

43      14278    14543,47    86      16139    16049,87

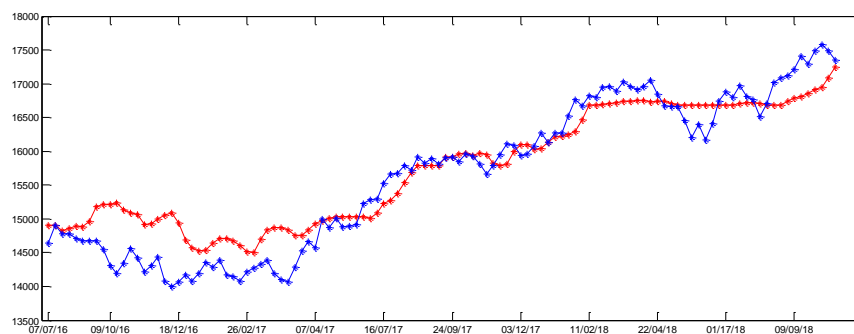
---

Berdasarkan Tabel 3, kita dapat menunjukkan pola nilai tukar aktual dan hasil prediksi dalam sebuah grafik 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.

#### 4. Simpulan

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 &cJumadi.2017. Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno dan Mamdani. Jurnal Teknik Informatika. ISSN:1979-9160.
- Gumelar, Frans A., Rekyan Regasari Mardi 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, Felix 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, Engin & Alci, Musa. 2005. A new Approach to Fuzzy Wavelet System Modeling. International Journal of Approximate Reasoning. 40(2005): 302-322
- Kusumadewi, Sri. Hartati, Sri., Harjoko, Agus & Wardoyo, Retantyo. 2006. Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (FUZZY MADM). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, Sri & Purnomo, Hari. 2010. Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan (2<sup>nd</sup> 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, Tri Wijayanti. Abadi, Agus 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.

- Susanti, Zaenuri & Scolastika M. 2016. Analisis Model Threshold GARCH dan Model Exponential GARCH pada Peramalan IHSG. *Unnes Journal of Mathematics*. 5(1):55-63.
- Warsito, Budi., Subanar & Abdurakhman. 2013. Pemodelan Time series dengan Maximal Overlap Discrete Wavelet Transform. *Prosiding Seminar Nasional Statistika*. Semarang: Universitas Diponegoro.