

# A New Approach of Fuzzy-Wavelet Method's Implementation in Time Series Analysis

S. Hansun dan Subanar

**Abstract**— Recently, many soft computing methods have been used and implemented in time series analysis. One of the methods is fuzzy hybrid model which has been designed and developed to improve the accuracy of time series prediction.

Popoola has developed a fuzzy hybrid model which using wavelet transformation as a pre-processing tool, and commonly known as fuzzy-wavelet method. In this thesis, a new approach of fuzzy-wavelet method has been introduced. If in Popoola's fuzzy-wavelet, a fuzzy inference system is built for each decomposition data, then on the new approach only two fuzzy inference systems will be needed. By that way, the computation needed in time series analysis can be pressed.

The research is continued by making new software that can be used to analyze any given time series data based on the forecasting method applied. As a comparison there are three forecasting methods implemented on the software, i.e. fuzzy conventional method, Popoola's fuzzy-wavelet, and the new approach of fuzzy-wavelet method. The software can be used in short-term forecasting (single-step forecast) and long-term forecasting. There are some limitation to the software, i.e. maximum data can be predicted is 300, maximum interval can be built is 7, and maximum transformation level can be used is 10. Furthermore, the accuracy and robustness of the proposed method will be compared to the other forecasting methods, so that can give us a brief description about the accuracy and robustness of the proposed method.

**Keywords**— fuzzy, wavelet, time series, soft computing

## 1. PENDAHULUAN

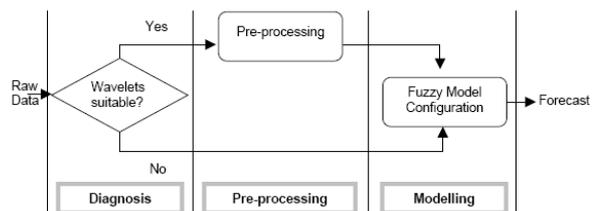
Data runtun waktu (*time series*) adalah suatu rangkaian pengamatan berdasarkan urutan waktu dari karakteristik kuantitatif dari satu atau kumpulan kejadian yang diambil dalam periode waktu tertentu. Data runtun waktu banyak diterapkan dalam berbagai bidang kehidupan, seperti sistem Ekonomi, Biologi, Fisika, hingga bidang Geografi dan Meteorologi.

Seng Hansun, Graduate student in Computer Science, Department of Mathematics and Natural Science, Gadjah Mada University, Yogyakarta.

Subanar, Lecturer in Computer Science, Department of Mathematics and Natural Science, Gadjah Mada University, Yogyakarta.

Untuk memahami karakteristik-karakteristik yang dimiliki oleh data runtun waktu, para peneliti telah mengadopsi metode-metode analisis data runtun waktu (*time series analysis*). Salah satu tujuan analisis data runtun waktu tidak lain adalah untuk menemukan suatu keteraturan atau pola yang dapat digunakan dalam peramalan kejadian mendatang, perubahan tata kota yang mengurangi debit produksi, kurangnya perawatan (*maintenance*) serta keterbatasan anggaran dan sarana/prasarana. Persoalan yang harus dipecahkan adalah bagaimana agar distribusi air ke tujuan berjalan secara simultan, yakni antara *supply* air dengan *demand* pelanggan ditengah minimnya anggaran biaya.

Sistem dibagi atas 3 bagian yaitu input, proses dan output, seperti yang ditunjukkan gambar 1.



Gambar 1 Skema pra-pemrosesan dengan wavelet [1].

Dalam Tesis ini, akan dilakukan analisis peramalan data runtun waktu melalui suatu pendekatan baru metode *fuzzy-wavelet*. Bila dalam metode *fuzzy-wavelet* sebelumnya [2], [1] dibangun suatu model *fuzzy* untuk setiap komponen *wavelet* hasil dekomposisi, maka dalam metode ini hanya dua model *fuzzy* yang akan dibangun untuk keseluruhan data hasil dekomposisi *wavelet*. Selanjutnya data hasil peramalan yang diperoleh melalui transformasi *wavelet* tersebut akan diinversikan kembali menjadi data awal hasil peramalan. Tingkat akurasi dan kehandalan peramalan data runtun waktu melalui pendekatan baru metode *fuzzy-wavelet* ini selanjutnya akan dianalisis dan dibandingkan dengan akurasi dan kehandalan peramalan data runtun waktu dengan beberapa metode lainnya.

## 2. TINJAUAN TEORI

### 2.1 Data Runtun Waktu

Menurut [3], analisis data runtun waktu (*time series*) berarti memecah data lampau menjadi komponen-komponen dan memproyeksikannya ke depan (*forecasting*). Dengan kata lain, tujuan analisis data runtun waktu adalah mengidentifikasi komponen faktor yang dapat memengaruhi nilai dalam deret data, sehingga dapat digunakan untuk peramalan baik jangka pendek maupun jangka panjang [4].

2.2 Fuzzy

Pada perkembangan teori himpunan, Zadeh memperkenalkan himpunan *fuzzy* sebagai alat untuk merepresentasi dan memanipulasi data yang tidak bernilai ‘tegas’, namun agak ‘samar’ (*fuzzy*) [5]. Jika pada himpunan tegas, nilai keanggotaan hanya memiliki dua kemungkinan, yakni 0 (bukan anggota suatu himpunan) atau 1 (anggota suatu himpunan); maka pada himpunan *fuzzy*, nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1.

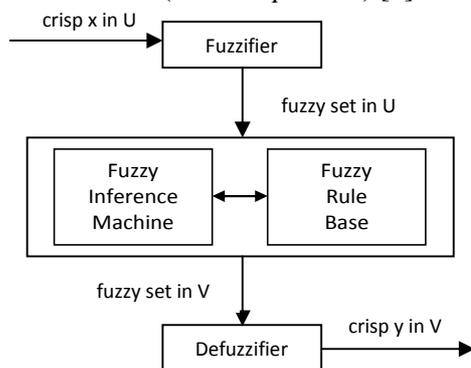
Definisi 2.1 : Misal  $X$  adalah suatu himpunan tidak kosong. Suatu himpunan *fuzzy*  $A$  dalam  $X$  ditentukan oleh fungsi keanggotaan

$$\mu_A: X \rightarrow [0, 1]$$

dimana  $\mu_A(x)$  diartikan sebagai nilai (derajat) keanggotaan elemen  $x$  dalam himpunan *fuzzy*  $A$  untuk setiap  $x \in X$ .

Kusumadewi [6], mendefinisikan fungsi keanggotaan (*membership function*) sebagai suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai (derajat) keanggotaan yang memiliki interval antara 0 sampai 1.

Secara umum, suatu sistem *fuzzy* adalah sistem apapun yang variabel-variabelnya (setidaknya, beberapa di antaranya) merupakan himpunan *fuzzy*. Sistem inferensi *fuzzy* atau *Fuzzy Inference System* (FIS) juga umum dikenal sebagai *fuzzy logic control systems* atau *fuzzy controllers*, yang mampu memanfaatkan pengetahuan (*knowledge*) yang diperoleh dari operator manusia (*human operator*) [7].



Gambar 2 Sistem inferensi *fuzzy* [5].

2.3 Wavelet

*Wavelet* berarti gelombang kecil, sedangkan sebagai pembanding, sinus dan kosinus adalah gelombang besar [8]. Suatu fungsi  $\psi(\cdot)$  didefinisikan sebagai *wavelet* jika memenuhi dua syarat berikut:

- (1).  $\int_{-\infty}^{\infty} \psi(u) du = 0,$
- (2).  $\int_{-\infty}^{\infty} \psi^2(u) du = 1.$

Transformasi *wavelet* terbagi atas dua jenis, yakni Transformasi *Wavelet* Kontinu (*Continuous Wavelet Transform/ CWT*) dan Transformasi *Wavelet* Diskrit (*Discrete Wavelet Transform/ DWT*). Transformasi *wavelet* kontinu (CWT) didesain untuk menangani data runtun waktu yang terdefinisi dalam seluruh bilangan real, sedangkan transformasi *wavelet* diskrit (DWT) hanya menangani data runtun waktu yang terdefinisi pada jangkauan bilangan bulat (yakni  $t = 0, 1, \dots, N - 1$  dimana  $N$  menyatakan jumlah data dalam data runtun waktu tersebut) [8].

Transformasi dengan menggunakan DWT mensyaratkan data yang digunakan memenuhi kelipatan  $2^J$ . Namun, kebanyakan data runtun waktu dalam dunia nyata memiliki jumlah data yang tidak memenuhi kelipatan tersebut. Untuk itu modifikasi DWT, yakni MODWT yang tidak mensyaratkan hal tersebut di atas, banyak digunakan dalam analisis data runtun waktu.

Definisi 2.2 [4], Filter *wavelet* MODWT  $\{h_i\}$  melalui  $\tilde{h}_i \equiv h_i/\sqrt{2}$  dan filter skala MODWT  $\{g_i\}$  melalui  $\tilde{g}_i \equiv g_i/\sqrt{2}$ . Sehingga syarat suatu filter *wavelet* MODWT harus memenuhi persamaan berikut:

$$\sum_{i=0}^{L-1} \tilde{h}_i = 0, \quad \sum_{i=0}^{L-1} \tilde{h}_i^2 = \frac{1}{2}, \quad \sum_{i=-\infty}^{\infty} \tilde{h}_i \tilde{h}_{i+2m} = 0.$$

Demikian juga, filter skala MODWT harus memenuhi persamaan berikut:

$$\sum_{i=0}^{L-1} \tilde{g}_i = 1, \quad \sum_{i=0}^{L-1} \tilde{g}_i^2 = \frac{1}{2}, \quad \sum_{i=-\infty}^{\infty} \tilde{g}_i \tilde{g}_{i+2m} = 0.$$

3. METODE PENELITIAN

3.1 Fuzzy Time Series

Pada perkembangan sistem *fuzzy* [9],[10], memperkenalkan suatu metode peramalan data runtun waktu yang menggunakan sistem inferensi *fuzzy* dengan basis yang diperkenalkan oleh Wang dan Mendel. Metode tersebut dikenal sebagai *fuzzy time series*. Berikut langkah-langkah penerapan *fuzzy time series*:

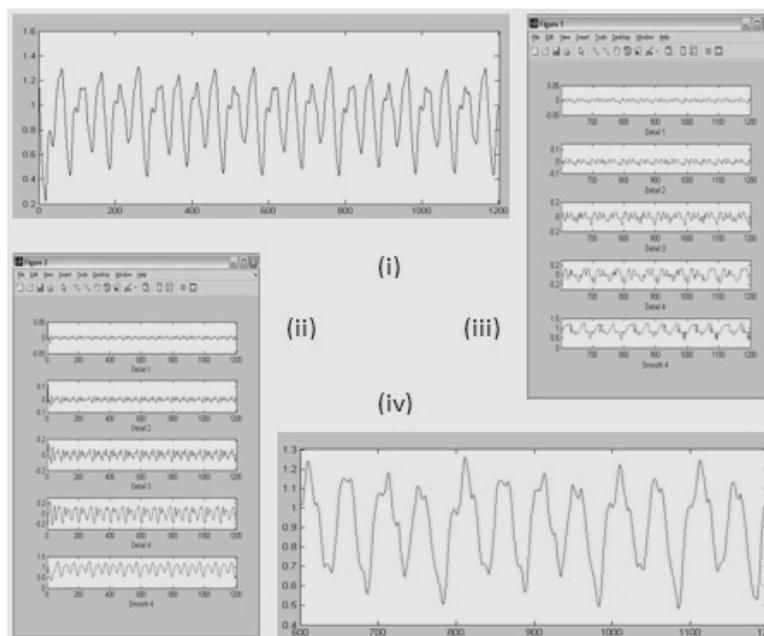
1. Definiskan himpunan semesta  $U$  dan bagi menjadi beberapa interval  $u_n$  dengan panjang yang sama. Himpunan semesta yang digunakan adalah persentase perubahan data runtun waktu  $i$  ke  $i+1$ .
2. Tentukan kepadatan distribusi dari persentase perubahan data runtun waktu dengan mengurutkan data tersebut ke dalam interval yang bersesuaian. Selanjutnya tentukan jumlah data yang terdapat dalam masing-masing interval.  
Temukan interval yang memiliki jumlah data terbanyak dan bagi menjadi empat sub interval dengan panjang yang sama. Kemudian bagi interval yang memiliki jumlah data terbanyak kedua menjadi tiga sub interval dengan panjang yang sama. Interval yang memiliki jumlah data terbanyak ketiga dibagi menjadi dua sub interval dengan panjang yang sama. Untuk interval-interval lainnya, biarkan seperti semula.
3. Definiskan himpunan- himpunan fuzzy  $A_i$  berdasarkan interval yang terbentuk dan fuzzifikasi persentase perubahan data runtun waktu tersebut. Himpunan fuzzy  $A_i$  menunjukkan variabel linguistik dari persentase perubahan data runtun waktu. Seperti dalam [9], digunakan fungsi keanggotaan segitiga untuk mendefinisikan himpunan-himpunan fuzzy  $A_i$

4. Defuzzifikasi data fuzzy menggunakan rumus peramalan berikut (Stevenson dan Porter, 2009):

$$\begin{cases} \frac{1.5}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}}, & \text{if } j = 1 \\ \frac{0.5 + \frac{1}{\alpha_{j-1}} + \frac{1}{\alpha_{j+1}}}{2}, & \text{if } 2 \leq j \leq n-1 \\ \frac{1.5}{\frac{0.5}{\alpha_{n-1}} + \frac{1}{\alpha_n}}, & \text{if } j = n \end{cases}$$

dimana  $\alpha_{j-1}, \alpha_j, \alpha_{j+1}$  merupakan titik-titik tengah dari interval fuzzy  $A_{j-1}, A_j, A_{j+1}$  secara berurutan.  $t_j$  menunjukkan persentase perubahan data runtun waktu hasil peramalan. Selanjutnya, persentase hasil peramalan tersebut digunakan untuk menentukan data runtun waktu hasil peramalan.

### 3.2 Metode Peramalan Fuzzy-Wavelet Popoola



Gambar 3. Prosedur metode peramalan hybrid fuzzy-wavelet.

Generate ( i ), Transform ( ii ), Predict ( iii ), Aggregate and inverse ( iv )

Pada langkah pertama, data runtun waktu dibangkitkan (*generate*) dalam sistem. Selanjutnya, data mentah (*raw series*) tersebut ditransformasi (*transform*) dengan menggunakan transformasi *wavelet* MODWT pada *level* yang ditentukan. Setiap komponen hasil transformasi, baik bagian *detail* maupun *smooth*, kemudian diprediksi (*predict*) dengan membangun suatu sistem inferensi *fuzzy*. Hasil prediksi yang telah dilakukan selanjutnya digabung dan diinversikan kembali (*aggregate and inverse*) untuk memberikan hasil peramalan data runtun waktu secara keseluruhan.

### 3.3 Pendekatan Baru Metode Peramalan Fuzzy-Wavelet

Pada langkah pertama, data runtun waktu dibangkitkan (*generate*) dalam sistem. Selanjutnya, data mentah (*raw series*) tersebut ditransformasi (*transform*) dengan menggunakan transformasi *wavelet* MODWT pada *level* yang ditentukan. Data hasil transformasi kemudian diprediksi (*predict*) dengan membangun dua sistem inferensi *fuzzy*, satu untuk bagian *smooth* dan satu lagi untuk bagian *detail*. Hasil prediksi yang telah dilakukan selanjutnya digabung dan diinversikan kembali (*aggregate and inverse*) untuk memberikan hasil peramalan data runtun waktu secara keseluruhan.

### 3.4 Mean Square Error (MSE)

Kriteria MSE menyatakan besarnya kesalahan rata-rata kuadrat dari suatu metode peramalan, dengan rumus perhitungan

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n}$$

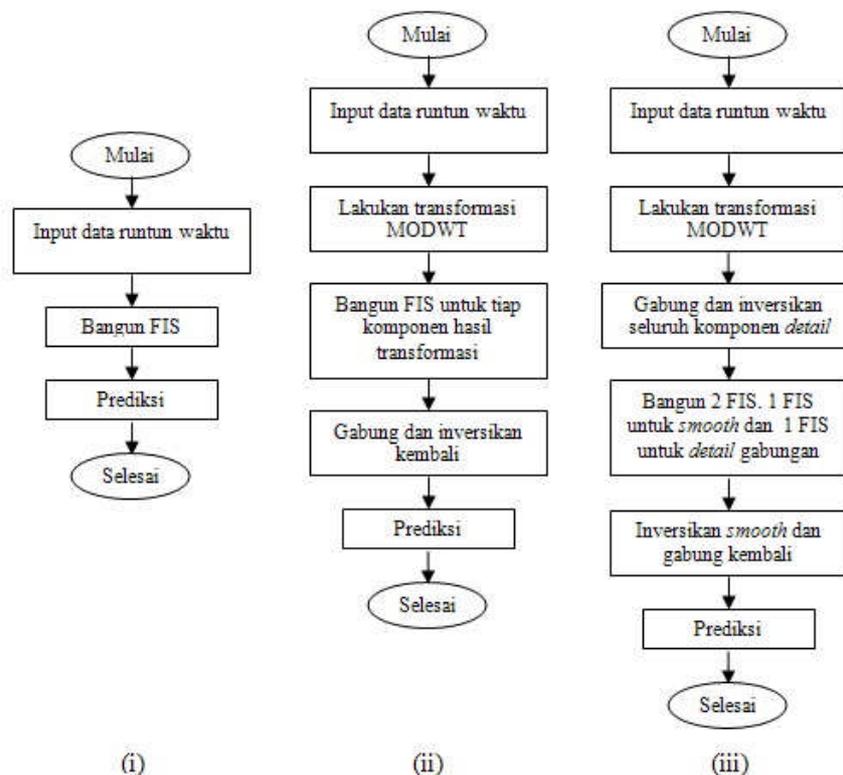
dimana  $n$  menyatakan jumlah data dan  $e_t$  adalah nilai kesalahan hasil ramalan yang diperoleh dari  $X_t - \hat{X}_t$ . Dalam hal ini,  $X_t$  adalah nilai data aktual dan  $\hat{X}_t$  adalah nilai ramalannya.

### 3.5 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Nilai MAPE memberikan petunjuk mengenai seberapa besar rata-rata kesalahan absolut peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya, dan dinyatakan dengan rumus

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{e_t}{X_t} \right|}{n} \times 100,$$

dimana  $n$  adalah jumlah data dan  $e_t$  adalah nilai kesalahan ramalan yang diperoleh dari  $X_t - \hat{X}_t$ . Nilai data aktual dinotasikan dengan  $X_t$  dan  $\hat{X}_t$  adalah nilai ramalannya.



Gambar 4. Prosedur metode peramalan fuzzy (i), fuzzy-wavelet Popoola (ii), dan pendekatan baru fuzzy-wavelet (iii)

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pendekatan baru metode *fuzzy-wavelet* yang dikembangkan dalam penelitian ini akan diterapkan ke dalam beberapa data runtun waktu, di antaranya *Mackey-Glass chaotic time series* dan beberapa kasus di dunia nyata.

Tabel 1 Data runtun waktu yang digunakan dalam analisis

No	Data runtun waktu	Jumlah data
1.	<i>Mackey-Glass chaotic</i>	700
2.	<i>IHSG</i>	698
3.	<i>ISAT</i>	1742
4.	<i>Plastic</i>	300
5.	<i>Cars</i>	410

Untuk mengetahui kehandalan pendekatan baru metode *fuzzy-wavelet* yang diusulkan, maka akan dilakukan perbandingan antara kehandalan pendekatan baru ini dengan metode konvensional *fuzzy* dan *hybrid fuzzy-wavelet* yang dikembangkan oleh Popoola. Kehandalan pendekatan baru metode *fuzzy-wavelet* ini diukur dengan menggunakan kriteria MSE (*Mean Square Error*).

Tabel 2 memperlihatkan kehandalan masing-masing metode yang digunakan, sementara tabel 3 menunjukkan tingkat akurasi. Pada percobaan ini digunakan beberapa batasan berikut:

1. Jumlah data runtun waktu yang dianalisis (n)
2. Jumlah interval yang digunakan
3. *Level* atau tingkat transformasi *wavelet* yang digunakan (k)
4. Lompatan peramalan yang digunakan (p) :  
 1            -            3            -            5

Tabel 2: MSE data runtun waktu yang diterapkan dengan beberapa metode peramalan

Data	p = 1			p = 3			p = 5		
	F	FWP	NFW	F	FWP	NFW	F	FWP	NFW
<i>M-Glass</i>	4,775251E-03	1,341992E-03	7,447604E-02	4,345669E-03	2,453867E-03	6,572221E-02	5,977578E-03	0,1967439	0,0795824
<i>IHSG</i>	2,273183E+07	5,909880E+08	8773645	5,985730E+08	4,881586E+08	1,389701E+08	3,182664E+09	5,386850E+08	2,330389E+08
<i>ISAT</i>	2,633701E+07	1,085980E+11	8,908248E+07	6,908997E+07	7,208332E+10	6,078653E+08	1,423617E+08	2,519707E+11	1,562906E+09
<i>Plastic</i>	1994364	7240350	3032824	7800978	2,864544E+07	1,515512E+07	1,440986E+07	4,149141E+07	3,630372E+08
<i>Cars</i>	1,484754E+08	6,144925E+07	4097596	2,118501E+08	7,987798E+07	2,396010E+07	2,376443E+08	8,213433E+07	9,416629E+07
$\sum$ best	2	1	2	2	1	2	3	1	1
$\sum$ worst	1	3	1	2	2	1	2	2	1
$\Delta\sum$	1	-2	1	0	-1	1	1	-1	0

Catatan:

1. Warna merah menunjukkan kehandalan yang paling buruk, warna hijau menunjukkan kehandalan yang cukup, dan warna biru menunjukkan kehandalan yang terbaik.
2.  $\sum$  best adalah jumlah kasus dengan kehandalan terbaik,  $\sum$  worst adalah jumlah kasus dengan kehandalan terburuk.
3.  $\Delta\sum$  adalah gambaran tingkat kehandalan masing-masing metode peramalan yang diperoleh dari selisih  $\sum$  best dengan  $\sum$  worst.
4. F (Fuzzy), FWP (Fuzzy-Wavelet Popoola), NFW (New Fuzzy-Wavelet).

**Tabel 3: MAPE data runtun waktu yang diterapkan dengan beberapa metode peramalan**

Data	$p = 1$			$p = 3$			$p = 5$		
	F	FWP	NFW	F	FWP	NFW	F	FWP	NFW
M-Glass	2,890525E-02	2,015754E-02	0,1390477	0,0516403	4,700105E-02	0,1841792	7,361878E-02	0,4742935	0,2271642
IHSG	1,708466E-02	6,650856E-02	1,160473E-02	6,035809E-02	6,378856E-02	4,486998E-02	0,1466782	7,141779E-02	6,038423E-02
ISAT	7,503751E-03	0,4626243	1,000185E-02	1,242561E-02	0,3540287	2,156282E-02	1,733067E-02	0,5609612	3,220621E-02
Plastic	3,183597E-02	7,564281E-02	3,986766E-02	6,508838E-02	0,1225441	9,195928E-02	8,919209E-02	0,1301286	0,427019
Cars	0,3576258	0,2431357	6,735342E-02	0,5305875	0,2916766	0,1669627	0,5882376	0,3124987	0,2671533
$\Sigma$ best	2	1	2	2	1	2	3	0	2
$\Sigma$ worst	1	3	1	1	3	1	2	2	1
$\Delta\Sigma$	1	-2	1	1	-2	1	1	-2	1

Catatan:

1. Warna merah menunjukkan tingkat akurasi yang paling buruk, warna hijau menunjukkan tingkat akurasi yang cukup, dan warna biru menunjukkan tingkat akurasi yang terbaik.
2.  $\Sigma$  best adalah jumlah kasus dengan tingkat akurasi terbaik,  $\Sigma$  worst adalah jumlah kasus dengan tingkat akurasi terburuk.
3.  $\Delta\Sigma$  adalah gambaran tingkat akurasi masing-masing metode peramalan yang diperoleh dari selisih  $\Sigma$  best dengan  $\Sigma$  worst.
4. F (Fuzzy), FWP (Fuzzy-Wavelet Popoola), NFW (New Fuzzy-Wavelet).

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian teoritis sehubungan dengan dasar-dasar teori *wavelet* dan *fuzzy*, pengembangan pendekatan baru metode *fuzzy-wavelet* dalam analisis data runtun waktu, serta kajian empiris penerapan pendekatan baru metode *fuzzy-wavelet* pada beberapa data runtun waktu di dunia nyata, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Komputasi metode *hybrid fuzzy-wavelet* Popoola sangat tergantung pada tingkat atau *level* transformasi *wavelet* yang digunakan. Semakin tinggi *level* transformasi yang digunakan, semakin banyak sistem inferensi *fuzzy* yang harus dibangun.
2. Pendekatan baru metode *fuzzy-wavelet* hanya memodelkan 2 (dua) sistem inferensi *fuzzy* tanpa tergantung pada *level* transformasi yang digunakan dalam analisis data runtun waktu.
3. Pendekatan baru metode *fuzzy-wavelet* terbukti memiliki kehandalan dan tingkat akurasi yang baik dan dapat digunakan untuk peramalan jangka pendek maupun peramalan jangka panjang.
4. Metode konvensional *fuzzy* memiliki kehandalan dan tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode *hybrid fuzzy-wavelet* Popoola, dan dapat digunakan untuk peramalan baik jangka pendek maupun jangka panjang.

5. Kehandalan dan tingkat akurasi metode *hybrid fuzzy-wavelet* Popoola sangat tergantung pada *level* transformasi yang digunakan dan komponen (*detail* dan *smooth*) yang diikutsertakan dalam proses peramalan.
6. Secara umum, semakin besar lompatan peramalan ( $p$ ) yang dilakukan, semakin besar *error* yang terjadi.

### 5.2 Saran

Melalui hasil kajian dan penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan prosedur penentuan tingkat atau *level* transformasi *wavelet* yang diperlukan, sehingga dapat memberikan hasil peramalan data runtun waktu yang lebih baik.
2. Membandingkan kehandalan dan tingkat akurasi metode *hybrid fuzzy-wavelet* dengan metode *hybrid* lainnya yang menggunakan *wavelet* sebagai alat pra-pemrosesan (contoh *wavelet neural networks*).
3. Melakukan analisis penerapan pendekatan baru metode *fuzzy-wavelet* terhadap data runtun waktu yang bersifat *nonlinear*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Popoola, A.O., 2007, Fuzzy-Wavelet Method for Time Series Analysis, *Disertasi*, Department of Computing, School of Electronics and Physical Sciences, University of Surrey, Surrey.
- [2] Popoola, A., Ahmad, S. dan Ahmad, K., 2004, A Fuzzy-Wavelet Method for Analyzing Non-Stationary Time Series, *Proc. of the 5<sup>th</sup> International Conference on Recent Advances in Soft Computing RASC2004*, Nottingham, United Kingdom, 231-236.
- [3] Render, B., Stair Jr., R.M. dan Hanna, M.E., 2003, *Quantitative Analysis for Management*, 8<sup>th</sup> edition, Pearson Education, Inc., New Jersey.
- [4] Subanar dan Suhartono, 2009, *Wavelet Neural Networks untuk Peramalan Data Time Series Finansial*, Program Penelitian Ilmu Dasar Perguruan Tinggi, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- [5] Fuller, R., 1995, *Neural Fuzzy Systems*, Abo, Finland.
- [6] Kusumadewi, S. dan Purnomo, H., 2004, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [7] Klir, G.J. dan Yuan, B., 1995, *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*, Prentice-Hall, Inc., United States of America.
- [8] Percival, D.B. dan Walden, A.T., 2000, *Wavelet Methods for Time Series Analysis*, Cambridge University Press, New York.
- [9] Chen, S.-M. dan Hsu, C.-C., 2004, A New Method to Forecast Enrollments Using Fuzzy Time Series, *International Journal of Applied Science and Engineering*, 2, 3, 234-244.
- [10] Stevenson, M. dan Porter, J.E., 2009, Fuzzy Time Series Forecasting Using Percentage Change as the Universe of Discourse, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 27, 55, 154-157, <http://www.waset.org/journals/waset/v55/>.