

## METODE *FUZZY TIME SERIES STEVENSON PORTER* DALAM MERAMALKAN KONSUMSI BATUBATA DI INDONESIA

Margiansyah Fitra<sup>1</sup>, RB. Fajriya Hakim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Statistika Fakultas MIPA Universitas Islam Indonesia

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Statistika Fakultas MIPA Universitas Islam Indonesia

E-Mail : [margiansyahfitra@gmail.com](mailto:margiansyahfitra@gmail.com), [fajriyahakim@yahoo.com](mailto:fajriyahakim@yahoo.com)

**ABSTRAK.** *Fuzzy Time Series* merupakan salah satu metode *softcomputing* yang telah digunakan dan diterapkan dalam analisis data runtun waktu. Banyak peneliti yang telah berkontribusi dalam pengembangan analisis runtun waktu menggunakan *Fuzzy Time Series*, seperti *Chen* dan *Hsu* [1], *Jilani* dik.[2], serta *Stevenson* dan *Porter* [3]. Pada penelitian ini akan menerapkan metode *Fuzzy Time Series* yang dikembangkan oleh *Stevenson* dan *Porter*. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data konsumsi batubara di Indonesia dari tahun 1989 – 2013. Pada penelitian ini Metode *Fuzzy Time Series Stevenson Porter* digunakan untuk meramalkan konsumsi batubara di Indonesia pada waktu  $t+1$  dan  $t+2$  yaitu tahun 2014 dan 2015. Dalam hal ini akan dilakukan peramalan terlebih dahulu terhadap data konsumsi batubara pada waktu  $t+1$  dan  $t+2$  menggunakan *Double Exponential Smoothing* (DES). Penerapan Metode *Fuzzy Time Series Stevenson Porter* pada data aktual ditambah data hasil peramalan menunjukkan nilai error yang lebih kecil dibandingkan dengan hanya menggunakan metode DES, yaitu 12,35 : 17,34 untuk nilai MAPE dan 14,23 : 15,21 untuk nilai MSE.

**Kata Kunci:** Peramalan; *Fuzzy Time Series*; DES, Batubara.

### 1. PENDAHULUAN

Batubara merupakan sumber energi alternatif yang dibutuhkan dunia saat ini. Menurut *International Energy Agency* (IEA) dalam Miranti (2008), konsumsi batubara dunia akan mengalami peningkatan antara periode tahun 2005 hingga 2015. Meningkatnya konsumsi batubara dunia tidak terlepas dari pesatnya permintaan energi dunia dimana batubara merupakan pemasok energi kedua terbesar setelah minyak. Batubara digunakan diberbagai sektor – termasuk pembangkit listrik, produksi besi dan baja, pabrik semen dan sebagai bahan bakar cair. Batu bara kebanyakan digunakan untuk alat pembangkit listrik – batu bara ketel uap atau lignit – atau produksi besi dan baja – batu bara kokas. Sehingga batubara menjadi salah satu sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui yang vital bagi berjalannya berbagai macam sektor (Suciati, 2009).

Data runtun waktu (*timeseries*) adalah suatu rangkaian pengamatan berdasarkan urutan waktu dari karakteristik kuantitatif dari satu atau kumpulan kejadian yang diambil dalam periode waktu tertentu [4]. Untuk memahami karakteristik-karakteristik yang dimiliki oleh data runtun waktu, para peneliti telah mengadopsi metode-metode analisis data runtun waktu (*timeseriesanalysis*) yang salah satu tujuannya tidak lain adalah untuk menemukan suatu keteraturan atau pola yang dapat digunakan dalam peramalan kejadian mendatang [5,6,7].

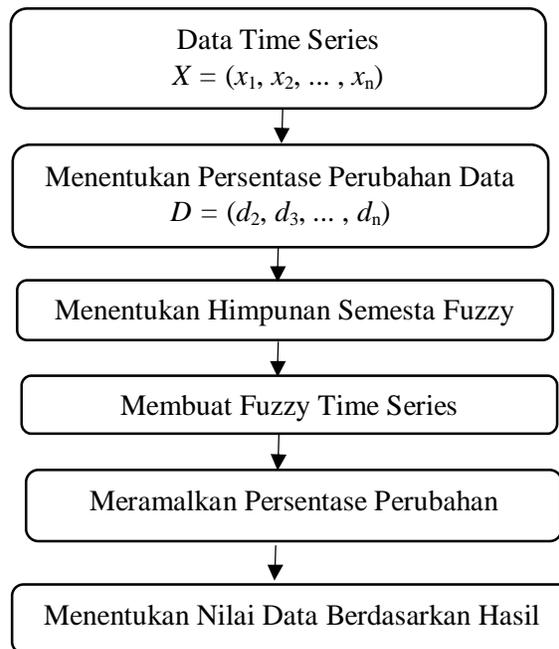
Untuk memproses data runtun waktu, berbagai teknik *softcomputing* seperti sistem *fuzzy*, jaringan saraf (*neuralnetworks*), algoritma genetika (*geneticalgorithm*) dan *hybrid* banyak dikembangkan oleh para peneliti dewasa ini. Khususnya, pendekatan dengan menggunakan sistem *fuzzy* banyak dikembangkan oleh para peneliti, seperti: Chen dan Hsu [1] yang memperkenalkan metode baru dalam peramalan data penerimaan mahasiswa baru Universitas Alabama; Jilani dkk. [2] yang menggunakan pendekatan *fuzzymetric* untuk peramalan *fuzzytimeseries*; Stevenson dan Porter [3] yang memanfaatkan persentase perubahan data sebagai semesta pembicaraan dalam peramalan data runtun waktu dengan *fuzzytimeseries*; Popoola dkk. [8,9], serta Hansun dan Subanar [10,11] yang menggunakan metode *hybridfuzzy-wavelet* dalam peramalan data runtun waktu.

Pada penelitian ini, peneliti akan menerapkan metode *fuzzytimeseriesStevenson Porter* dalam peramalan data konsumsi batubara di Indonesia berdasarkan data konsumsi batubara di Indonesia pada tahun 1989 – 2013 [14]. Dengan hasil peramalan ini, diharapkan pemerintah bisa mencanangkan beberapa kebijakan dalam penggunaan (konsumsi) batubara dengan baik di Indonesia. Untuk menghitung tingkat akurasi dan kehandalan peramalan data runtun waktu konsumsi batubara, peneliti akan menggunakan kriteria MSE (*Mean Square Error*) dan MAPE (*MeanAbsolutePercentageError*).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini akan diramalkan konsumsi batubara di Indonesia untuk tahun 2014 dan 2015 berdasarkan data tahun 1989 – 2013. Adapun langkah-langkah peramalan menggunakan *Fuzzy Time Series* adalah sebagai berikut :

- a. Meramalkan data untuk periode waktu  $t+1$  dan  $t+2$  berdasarkan data aktual yang ada. Apabila data tersebut dibuat dalam bentuk grafik, maka data akan membentuk pola trend ke arah atas, sehingga metode klasik yang cocok digunakan adalah metode *DoubleExponentialSmoothing*(DES).
- b. Meramalkan model data menggunakan metode Fuzzy Time Series berdasarkan diagram alir pada Gambar 1 pada  $X^+$ , hingga diperoleh nilai peramalan data konsumsi batubara tahun 2014 dan 2015.



**Gambar 1.** Diagram Alir Proses Peramalan Metode Fuzzy Time Series Stevenson Porter

Berikut langkah-langkah penerapan *Fuzzy Time Series Stevenson Porter* :

- i. Data yang diramalkan adalah data *timeseries* dengan model  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ .
- ii. Hitunglah persentase perubahan data dari tahun ke tahun dengan rumus:

$$d_t = \left( \frac{(x_t - x_{t-1})}{x_{t-1}} \times 100\% \right), t = 2, 3, \dots, n. \quad \dots (1)$$

Dimana  $x_t$  = data pada waktu ke t

$x_{t-1}$  = data pada waktu ke t-1

- iii. Tentukan semesta pembicaraan (himpunan semesta)  $U$  dengan  $U = [LL, UL]$ , dimana LL adalah batas bawah yang nilainya dekat lebih kecil dengan persentase perubahan terkecil (minimum) dan UL adalah batas atas yang nilainya dekat lebih besar dari persentase perubahan terbesar (maksimum).
- iv. Bagi semesta pembicaraan ke dalam beberapa interval yang sama. Kemudian, kelompokkan  $d_t$  ke dalam interval yang sesuai dan hitung frekuensi  $d_t$  pada masing-masing interval.
- v. Cacah interval berdasarkan jumlah frekuensi  $d_t$  pada masing-masing interval. Pencacahan didasarkan pada frekuensi data terbesar hingga terkecil. Misalkan ada C

buah interval, maka interval dengan frekuensi terbesar pertama dibagi C menjadi C buah interval dengan rentang interval yang sama. Untuk interval dengan frekuensi terbesar kedua dibagi C-1 menjadi C-1 buah interval dengan rentang interval yang sama. begitu selanjutnya hingga sampai pada frekuensi terkecil dan tidak dapat dibagi lagi.

- vi. Misalkan  $u_1, u_2, \dots, u_n$  ada interval, maka akan ada sebanyak k himpunan fuzzy dengan masing-masing interval yang diperoleh melalui pencacahan pada langkah e. sebagai domain himpunan fuzzy.
- vii. Definisikan himpunan fuzzy  $A_j$  dengan  $j = 1, 2, \dots, n$ . berdasarkan interval yang terbentuk dengan menggunakan fungsi keanggotaan tringular. Kemudian, cari titik tengah pada interval yang diperoleh untuk mencari nilai prediksi persentase perubahan.
- viii. Meramalkan persentase perubahan data menggunakan fungsi keanggotaan tringular yaitu sebagai berikut [14]:

$$t_j = \begin{cases} \frac{1,5}{\frac{1}{a_1} + \frac{0,5}{a_2}} & , \text{jika } j = 1 \\ \frac{2}{\frac{0,5}{a_{j-1}} + \frac{1}{a_j} + \frac{0,5}{a_{j+1}}} & , \text{jika } 2 \leq j \leq n-1 \\ \frac{1,5}{\frac{0,5}{a_{n-1}} + \frac{1}{a_n}} & , \text{jika } j = n \end{cases} \dots (2)$$

Dimana  $t = 2, 3, \dots, n$  dan  $j = 1, 2, \dots, n$ , sedangkan  $a_{j-1}, a_j, a_{j+1}$  adalah titik teman dari sub-interval  $u_{j-1}, u_j, u_{j+1}$ .

- ix. Menentukan nilai data berdasarkan hasil peramalan  $t_j \rightarrow F(t)$ , dimana  $F(t)$  adalah nilai peramalan data berdasarkan hasil peramalan persentase perubahan. Rumus  $F(t)$  adalah sebagai berikut:

$$F(t) = \left( \frac{t_j}{100} \cdot x_{t-1} \right) + x_{t-1} \dots (3)$$

Dimana  $x_{t-1}$  = data aktual ke t-1

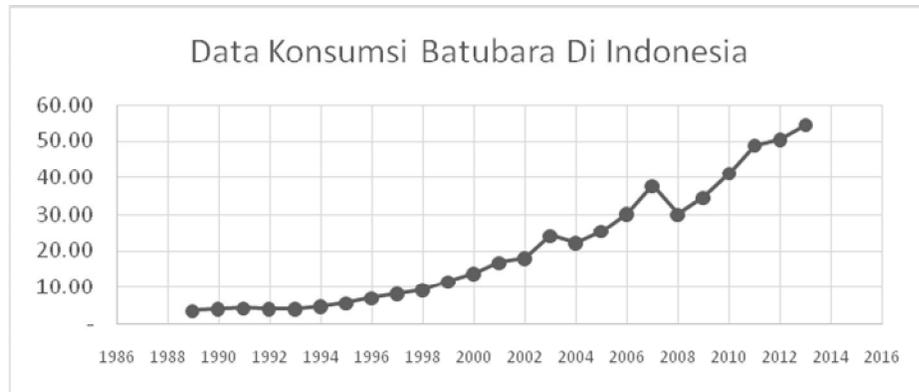
- c. Buat grafik perbandingan data aktual dengan data hasil peramalan yang telah diperoleh.
- d. Menghitung nilai error menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) dan MSE (*Mean Square Error*).

$$\text{MAPE} = \left( \frac{\sum \left| \frac{X_t - F(t)}{X_t} \cdot 100 \right|}{n} \right) \%, \text{MSE} = \frac{\sum (X_t - F(t))^2}{n} \dots (4)$$

Dimana n = banyaknya data peramalan ke-n.

### 3. HASIL DAN PEMBAHAAN

Peramalan yang dilakukan untuk mengetahui nilai  $x_{t+1}$  dan  $x_{t+2}$  digunakan metode klasik yaitu metode *DoubleExponentialSmoothing*. Metode ini digunakan karena data yang digunakan mengandung tren seperti terlihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik Data Konsumsi Batubara Di Indonesia

Nilai peramalan yang didapatkan untuk  $x_{t+1}$  dan  $x_{t+2}$  dapat dilihat pada Tabel 3. Yaitu untuk tahun 2014 = 55,68 dan untuk tahun 2015 = 59,47. Kemudian dicari perubahan persentase datanya dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3, setelah itu berdasarkan perubahan persentase, ditentukan himpunan semesta  $U$ . Dari nilai perubahan persentase, dapat ditentukan bahwa nilai  $d_t$  minimum adalah  $-0,2041$  sehingga batas bawah yang diambil adalah  $-0,25$ , sedangkan  $d_t$  maksimum adalah  $0,3424$  sehingga batas atas yang diambil adalah  $0,35$ . Jadi  $U = [-0,25, 0,35]$  menjadi 6 interval yang sama dengan lebar masing-masing interval adalah  $0,1$ , kemudian masing-masing interval ditentukan frekuensinya.

**Tabel 1.** Frekuensi Persentase Perubahan Data

Interval	Frekuensi	Peringkat
-0.25 , -0.15	1	2
-0.15 , -0.05	1	1
-0.05 , 0.05	4	4
0.05 , 0.15	5	5
0.15 , 0.25	11	6
0.25 , 0.35	2	3

Terdapat 6 peringkat yang dihasilkan, untuk interval peringkat ke-2 dibagi menjadi 2 sub-interval yang sama besar, interval dengan peringkat ke-3 dibagi menjadi 3 sub-interval yang sama besar, demikian seterusnya hingga interval peringkat ke-6 dibagi menjadi 6 sub-interval yang sama besar. Sehingga akhirnya sub-interval yang terbentuk adalah 21 sub-interval yang akan menjadi domain untuk himpunan fuzzy seperti yang terlihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Himpunan Fuzzy Dengan Domainnya

Himp. Fuzzy	Interval/Domain	Titik Tengah
A1	-0.2500 , -0.1950	-0.2225
A2	-0.1950 , -0.1400	-0.1675
A3	-0.1400 , -0.0300	-0.0850
A4	-0.0300 , -0.0025	-0.0163
A5	-0.0025 , 0.0250	0.0113
A6	0.0250 , 0.0525	0.0388
A7	0.0525 , 0.0800	0.0663
A8	0.0800 , 0.1020	0.0910
A9	0.1020 , 0.1240	0.1130
A10	0.1240 , 0.1460	0.1350
A11	0.1460 , 0.1680	0.1570
A12	0.1680 , 0.1900	0.1790
A13	0.1900 , 0.2083	0.1992
A14	0.2083 , 0.2267	0.2175
A15	0.2267 , 0.2450	0.2358
A16	0.2450 , 0.2633	0.2542
A17	0.2633 , 0.2817	0.2725
A18	0.2817 , 0.3000	0.2908
A19	0.3000 , 0.3367	0.3138
A20	0.3367 , 0.3733	0.3550
A21	0.3733 , 0.4100	0.3917

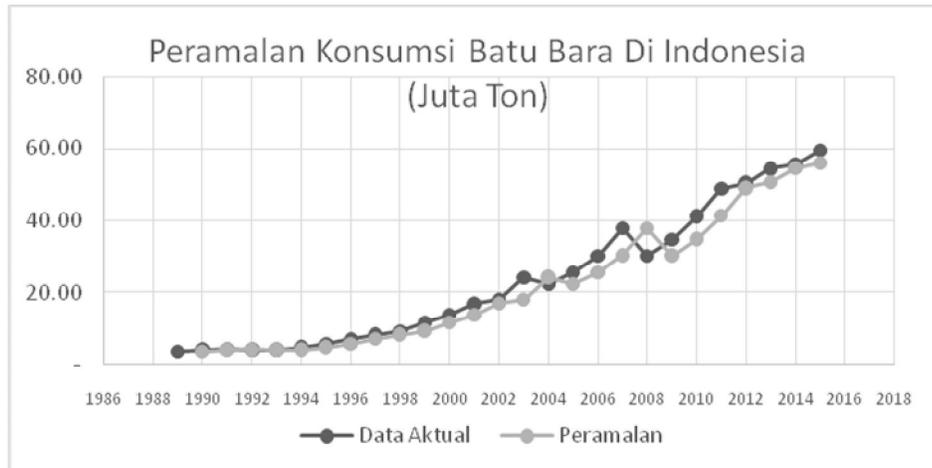
Kemudian tentukan himpunan fuzzy untuk setiap  $d_t$  seperti pada Tabel 3 kolom 4. Selanjutnya untuk mencari nilai peramalan persentase perubahan data ( $t_j$ ) dapat menggunakan rumus (2) dan hasil yang diperoleh seperti pada Tabel 3 kolom 5. Berdasarkan nilai  $t_j$  yang didapat, maka dapat dicari nilai pejalan menggunakan rumus (3) dan hasilnya adalah seperti pada Tabel 3 kolom 6. Kemudian tentukan nilai error (MAPE dan MSE) menggunakan rumus (4).

**Tabel 3.** Hasil Peramalan

Tahun	$X_t$	$d_t$	Himp. Fuzzy	$t_j$	F(t)	APE	SE
1989	3,55						
1990	3,95	0,1125	A9	0,1108	3,56	10,0167	0,1569
1991	4,09	0,0346	A6	0,0257	3,96	3,3240	0,0185
1992	4,06	-0,0076	A4	-0,0870	4,09	0,6758	0,0008
1993	4,03	-0,0074	A4	-0,0870	4,06	0,6567	0,0007
1994	4,76	0,1811	A12	0,1773	4,04	15,1860	0,5225
1995	5,66	0,1895	A12	0,1773	4,77	15,7817	0,7985
1996	6,92	0,2225	A14	0,2167	5,67	18,0256	1,5568
1997	8,25	0,1911	A13	0,1978	6,94	15,8801	1,7143
1998	9,25	0,1224	A9	0,1108	8,25	10,8047	0,9997
1999	11,56	0,2486	A16	0,2535	9,28	19,7104	5,1872
2000	13,74	0,1891	A12	0,1773	11,58	15,7511	4,6835
2001	16,84	0,2259	A14	0,2167	13,77	18,2513	9,4505
2002	17,99	0,0682	A7	0,0597	16,85	6,3326	1,2983
2003	24,15	0,3424	A20	0,3531	18,06	25,2421	37,1713
2004	22,19	-0,0813	A3	-0,0439	24,14	8,7991	3,8124
2005	25,43	0,1460	A11	0,1554	22,22	12,6066	10,2781
2006	30,13	0,1849	A12	0,1773	25,48	15,4526	21,6800
2007	37,80	0,2546	A16	0,2535	30,21	20,0923	57,6946
2008	30,09	-0,2041	A1	-0,2005	37,73	25,3850	58,3440
2009	34,62	0,1506	A11	0,1554	30,14	12,9537	20,1129
2010	41,21	0,1902	A13	0,1978	34,69	15,8114	42,4466
2011	48,93	0,1874	A12	0,1773	41,28	15,6352	58,5225
2012	50,43	0,0307	A6	0,0257	48,94	2,9534	2,2182
2013	54,40	0,0788	A7	0,0597	50,46	7,2474	15,5456
<b>2014*</b>	<b>55,68</b>	<b>0,0235</b>	<b>A5</b>	<b>0,0282</b>	<b>54,42</b>	<b>2,2641</b>	<b>1,5892</b>
<b>2015*</b>	<b>59,47</b>	<b>0,0681</b>	<b>A7</b>	<b>0,0597</b>	<b>55,71</b>	<b>6,3202</b>	<b>14,1276</b>
<b>MAPE = 12,352</b>							
<b>MSE = 14, 228</b>							

\*) nilai hasil peramalan

Nilai perbandingan data aktual dan hasil peramalan dapat digambarkan oleh grafik berikut:



**Gambar 3.** Grafik Data Aktual Dan Hasil Peramalan

#### 4. KESIMPULAN

Peramalan yang dilakukan pada data Time Series dapat menggunakan metode *Fuzzy Time Series* yang dikembangkan oleh *Stevenson* dan *Porter*. Metode ini sebenarnya hanya bisa meramalkan data pada periode ke  $t$ , belum meramalkan data pada periode  $t+n$ . Namun dengan menggabungkan dengan metode *DoubleExponentialSmoothing* (DES), data bisa diramalkan untuk periode  $t+n$  yang menghasilkan nilai error yang lebih kecil jika dibandingkan dengan hanya menggunakan metode DES.

Hasil peramalan konsumsi batubara di Indonesia yang didapat menggunakan metode *Fuzzy Time Series* ini untuk periode  $t+1$  yaitu tahun 2014 adalah 54,42 juta ton dan untuk periode  $t+2$  yaitu tahun 2015 adalah 55,71 juta ton. Nilai error hasil peramalan adalah sebesar 12,353 (MAPE) dan 14,228 (MSE). Error tersebut lebih kecil jika dibandingkan dengan hanya menggunakan metode DES dengan nilai MAPE sebesar 17,3419 dan nilai MSE sebesar 15,2109.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] Jilani, T.A., Burney S.M.A., dan Ardil C., 2007, Fuzzy Metric Approach for Fuzzy Time Series Forecasting based on Frequency Density Based Partitioning, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 34, 1-6.
- [3] 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/>.
- [4] OECD: Glossary of Statistical Terms, <http://stats.oecd.org/glossary/about.asp>, diakses pada 29 Desember 2014.
- [5] Subanar dan Suhartono, 2009, *Wavelet Neural Networks untuk Peramalan Data Time Series Finansial*, Program Penelitian Ilmu Dasar Perguruan Tinggi, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- [6] Boediono dan Koster, W., 2001, *Teori dan Aplikasi Statistika dan Probabilitas*, PT. Remaja Rosdakarya, Bandung.
- [7] Render, B., Stair Jr., R.M. dan Hanna, M.E., 2003, *Quantitative Analysis for Management*, 8th edition, Pearson Education, Inc., New Jersey.
- [8] Popoola, A., Ahmad, S. dan Ahmad, K., 2004, A Fuzzy-Wavelet Method for Analyzing Non-Stationary Time Series, *Proc. of the 5th International Conference on Recent Advances in Soft Computing RASC2004*, Nottingham, United Kingdom, 231-236.
- [9] 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.
- [10] Hansun, S., 2011, *Penerapan Pendekatan Baru Metode Fuzzy-Wavelet dalam Analisis Data Runtun Waktu*, Prosiding Seminar Nasional Ilmu Komputer (SEMINASIK) GAMA, Yogyakarta, Indonesia, November 11.
- [11] Hansun, S., 2011, Penerapan Pendekatan Baru Metode Fuzzy-Wavelet dalam Analisis Data Runtun Waktu, *Tesis*, Program Pasca Sarjana Ilmu Komputer, Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.
- [12] Wang, L.-X. dan Mendel, J.M., 1992, Generating Fuzzy Rules by Learning from Examples, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 22, 6, 1414-1427.
- [13] Wang, L.-X., 1996, *A Course in Fuzzy Systems and Control*, Prentice-Hall International, Inc., United States of America.
- [14] BP. 2014. *BP Statistical Review of World Energy*, [www.bp.com/statisticalreview](http://www.bp.com/statisticalreview), Diakses Pada 16 Desember 2014).
- [15] Makridakis S, Steven C, Wheelwright, Victor E and McGee, 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan Jilid I. Edisi Kedua*. Binarupa Aksara: Jakarta.

- [16] Song, Q. dan B. S. Chissom, 1993, *Fuzzytimeseriesandits model*, FuzzySetsand Systems, 54: 269-277.
- [17] Kusumadewi, S. dan Purnomo, S., 2004, *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*, Graha Ilmu : Yogyakarta.
- [18] Puspitasari, E., Linawati, L., dan H.A. Parhusip, 2012, *Peramalan Persentase Perubahan Data Indeks Harga Saham Gabungan (IHSG) Dengan Fuzyy Time Series*, Seminar Nasional Sains Dan Pendidikan Sains Universitas Kristen Satya Wacana 21-22 September 2012.
- [19] Lamabelawa, M. I. J.. 2011. *Metode Fuzzy Time Series untukPeramalan Data RuntunWaktu (Studikasmus: ProdukDomestikBruto Indonesia)*. [Tesis]. Yogyakarta. UniversitasGadjahMada.