

PERAMALAN HARGA MINYAK MENTAH DUNIA MENGUNAKAN METODE *FUZZY TIME SERIES* LOGIKA *SINGH*

SAHRONI HASIBUAN, YUDIANTRI ASDI *, ADMI NAZRA

*Program Studi S1 Matematika dan Sains Data,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas,
Kampus Unand Limau Manis Padang, Indonesia
email : sahronihاسوبuan14@gmail.com, yudiantriasdi@gmail.com, nazra@sci.unand.ac.id*

Diterima 28 Februari 2023 Direvisi 21 Maret 2023 Dipublikasikan 31 Januari 2024

Abstrak. Minyak mentah merupakan komoditas dan sumber energi yang sangat dibutuhkan bagi pertumbuhan suatu negara. Harga minyak mentah mengalami peningkatan dan penurunan. Naiknya harga minyak mentah akan mempengaruhi perekonomian dan pasar keuangan. Sedangkan turunnya harga minyak mentah akan mengakibatkan masalah defisit anggaran yang serius bagi negara-negara pengekspor minyak. Oleh sebab itu perlu dilakukannya peramalan harga minyak mentah dunia untuk mengurangi dampak dari fluktuasi harga minyak mentah dunia tersebut. Metode peramalan yang dapat digunakan dalam meramalkan data *time series* harga minyak mentah dunia adalah dengan menggunakan metode *fuzzy time series* logika *Singh*. Data yang digunakan merupakan data sekunder yaitu data harga minyak mentah dunia WTI periode November 2014 hingga Juni 2022. Hasil peramalan data harga minyak mentah dunia dengan menggunakan metode tersebut kemudian diukur tingkat akurasi menggunakan MAPE. Dari metode peramalan *fuzzy time series* logika *Singh* diperoleh nilai MAPE sebesar 0.30%. Berdasarkan hasil MAPE tersebut, peramalan harga minyak mentah dunia dengan model *Singh* mempunyai tingkat akurasi sangat bagus.

Kata Kunci: Minyak Mentah, Peramalan, *Fuzzy Time Series*, *Fuzzy Time Series Singh*

1. Pendahuluan

Minyak adalah komoditas yang banyak dicari karena cenderung memiliki fluktuasi harga lebih besar daripada investasi yang lebih stabil seperti saham dan obligasi. Harga minyak mentah memainkan peran penting dalam perekonomian global, rencana pemerintah, dan sektor komersial. Pergerakan harga minyak mentah tersebut cenderung naik turun. Dampak kenaikan harga minyak mentah tidak hanya mempengaruhi perekonomian dan pasar keuangan, tetapi juga memiliki efek langsung terhadap harga bahan bakar, barang, dan jasa [3]. Sedangkan penurunan harga minyak mentah dapat mengakibatkan masalah defisit anggaran yang serius bagi negara-negara pengekspor minyak [1].

*penulis korespondensi

Peramalan harga minyak mentah selain ditujukan untuk mengurangi dampak dari fluktuasi harga juga ditujukan untuk membantu investor dan individu dalam membuat keputusan yang berhubungan dengan pasar energi. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan adalah dengan menggunakan analisis data runtun waktu (*time series*). Analisis data runtun waktu digunakan untuk melakukan analisis data yang mempertimbangkan pengaruh waktu. Salah satu metode dari analisis data runtun waktu adalah *fuzzy time series*, yaitu metode yang menggabungkan logika *fuzzy* dengan analisis data runtun waktu. *Fuzzy time series* merupakan konsep yang dapat digunakan untuk meramalkan masalah dengan menggunakan himpunan *fuzzy* dimana data historis akan dibentuk dalam nilai-nilai linguistik [7].

Salah satu metode dari *fuzzy time series* adalah *fuzzy time series Singh*. Metode ini mengatasi kekurangan dari model tingkat tinggi *Chen* yang memiliki ambiguitas pada peramalannya. *Fuzzy time series Singh* memiliki keunggulan dapat menyelesaikan masalah dalam mencari proses defuzzifikasi yang cocok untuk menghasilkan nilai output *crisp* dengan akurasi yang lebih baik.

Pada penelitian ini, akan dilakukan peramalan harga minyak mentah dunia dengan menggunakan metode *fuzzy time series* logika *Singh* untuk mendapatkan nilai peramalan yang akurat.

2. Landasan Teori

2.1. Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif adalah bagian dari statistika yang mempelajari cara pengumpulan data dan penyajian data yang bertujuan untuk memberikan informasi yang berguna berupa distribusi data. Statistika deskriptif hanya berhubungan dengan hal menguraikan atau memberikan keterangan-keterangan mengenai suatu data atau keadaan. Ukuran dalam deskriptif data diantaranya adalah ukuran pemusatan dan penyebaran data [4].

2.2. Peramalan

Peramalan merupakan teknik untuk memperkirakan suatu nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data masa lalu maupun data masa ini. Peramalan merupakan alat bantu yang penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien [5]. Tujuan utama proses peramalan adalah mengurangi ketidakpastian dan membuat perkiraan lebih baik dari apa yang akan terjadi di masa depan.

2.3. Fuzzy Time Series

Fuzzy time series (FTS) adalah metode peramalan yang berdasarkan prinsip-prinsip logika *fuzzy* pada data deret waktu. *Fuzzy time series* pertama kali dikembangkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993. Sistem peramalan FTS digunakan untuk menyelesaikan masalah peramalan dengan menggunakan data historis. Nilai-nilai yang digunakan dalam peramalan FTS adalah himpunan *fuzzy* dari bilangan-

bilangan *real* atas himpunan semesta yang sudah ditentukan. Himpunan *fuzzy* digunakan untuk menggantikan data historis yang akan diramalkan [8].

Berikut beberapa definisi yang terkait dengan *fuzzy time series*.

Definisi 2.1. [6] Misalkan U adalah himpunan semesta dimana $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_k\}$, selanjutnya himpunan fuzzy A_i pada U dapat dirumuskan dengan persamaan berikut :

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(u_1)}{u_1} + \dots + \frac{\mu_{A_i}(u_k)}{u_k}, \quad (2.1)$$

dimana $\mu_{A_i} : U \rightarrow [0, 1]$ adalah suatu fungsi yang disebut fungsi keanggotaan dari himpunan fuzzy A_i . Bilamana $\mu_{A_i}(u_j)$ terdefinisi, maka u_j disebut keanggotaan dari A_i dan $\mu_{A_i}(u_j)$ disebut nilai keanggotaan dari u_j terhadap A_i .

Definisi 2.2. [6] Misalkan himpunan semesta $Y(t)$ adalah subset $\mathbb{R}$. Jika A_i adalah himpunan fuzzy pada $Y(t)$ dan $F(t) = \{A_1, A_2, A_3, \dots\}$, maka $F(t)$ disebut *fuzzy time series* pada $Y(t)$.

Definisi 2.3. [2] Misalkan $R(t-1, t)$ adalah relasi logika fuzzy (FLR) antara $F(t-1)$ dan $F(t)$ yang dinotasikan dengan $F(t-1) \rightarrow F(t)$. Selanjutnya andaikan $F(t-1) = A_i$ dan $F(t) = A_j$, maka hubungan antara $F(t-1)$ dan $F(t)$ disebut sebagai suatu hubungan logika fuzzy (fuzzy logical relationship (FLR)), dapat dituliskan sebagai $A_i \rightarrow A_j$, dimana A_i disebut dengan sisi kiri dan A_j disebut sebagai sisi kanan dari FLR.

2.4. Fuzzy Time Series Singh

Fuzzy time series Singh merupakan metode peramalan dengan menggunakan algoritma sederhana. Metode ini mencari proses defuzzifikasi yang sesuai dan diharapkan mampu menyediakan nilai perkiraan akurasi yang lebih baik. Berikut merupakan langkah-langkah dalam proses peramalan pada *fuzzy time series Singh* [6].

- (1) Mendefinisikan himpunan semesta U

$$U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_k\}, \quad (2.2)$$

dengan k adalah banyaknya interval kelas yang terbentuk dengan menggunakan rumus *Sturgess*.

$$k = 1 + 3,322 \times \log(N) \quad (2.3)$$

- (2) Pembentukan interval kelas

Interval kelas $u_1, u_2, \dots, u_k$ ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$u_k = [d_{\min} + (k-1)l, d_{\max}]. \quad (2.4)$$

dimana $d_{\min}$ adalah data terkecil dari data aktual, $d_{\max}$ adalah data terbesar dari data aktual, dan l adalah panjang setiap interval kelas yang diperoleh dengan rumus berikut:

$$l = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{k}. \quad (2.5)$$

- (3) Mendefinisikan himpunan *fuzzy*

Definisikan himpunan *fuzzy* berdasarkan Definisi 2.1 dengan nilai keanggotaan dari $\mu_{Ai}(u_j)$ didefinisikan sebagai berikut :

$$\mu_{Ai}(u_j) = \begin{cases} 1, & \text{jika } i = j, \\ 0,5, & \text{jika } i = j - 1 \text{ atau } i = j + 1, \\ 0, & \text{lainnya.} \end{cases} \quad (2.6)$$

Banyaknya himpunan *fuzzy* yang terbentuk sama dengan banyaknya interval kelas yang diperoleh pada tahap sebelumnya.

- (4) *Fuzzifikasi* data historis

Fuzzifikasi adalah suatu proses untuk menentukan himpunan *fuzzy* pada data historis, dimana jika suatu data berada pada interval kelas u_i maka himpunan *fuzzy* untuk data tersebut adalah A_i .

- (5) Membentuk *Fuzzy Logical Relationship (FLR)*

Fuzzy logical relationship ditentukan berdasarkan hasil dari *fuzzifikasi* data historis. Jika A_i adalah *fuzzifikasi* pada saat periode $t - 1$ dan A_j adalah *fuzzifikasi* pada saat periode ke- t , maka FLR yang terbentuk antara kedua *fuzzifikasi* tersebut dinotasikan dengan $A_i \rightarrow A_j$.

- (6) Menghitung nilai peramalan dari data aktual

- (7) Melakukan peramalan data untuk periode selanjutnya

Peramalan data untuk periode berikutnya dilakukan dengan cara data hasil peramalan pada periode yang terakhir digabungkan ke dalam data aktual. Data gabungan tersebut kemudian diproses kembali untuk dilakukan peramalan data pada periode selanjutnya.

2.5. Akurasi Peramalan

Akurasi peramalan dikatakan baik apabila hasil peramalan yang diperoleh sesuai dengan kenyataan. Akurasi peramalan dapat dilihat dari tingkat kesalahan dalam peramalan yaitu *error*, dimana semakin kecil *error* yang dihasilkan maka semakin akurat peramalan yang dilakukan. Salah satu kriteria untuk menguji ketepatan peramalan adalah Nilai tengah galat persentase absolut (*Mean Absolute Percentage Error*) atau MAPE. Nilai MAPE dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left(\frac{|Y(t) - F(t)|}{Y(t)} \right)}{N} \times 100\%, \quad (2.7)$$

dimana $Y(t)$ adalah data aktual ke- t , $F(t)$ adalah data ramalan ke- t , dan N adalah banyaknya data pengamatan.

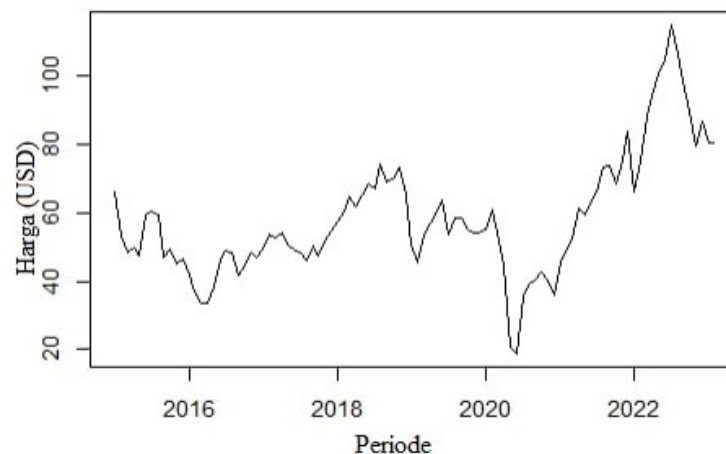
3. Metode Penelitian

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari *website* Investing.com. Data yang digunakan sebanyak 92 observasi yang merupakan harga minyak mentah dunia WTI dari periode November 2014 hingga Juni 2022. Langkah-langkah analisis yang akan dilakukan adalah:

- (1) Melakukan analisis statistika deskriptif
- (2) Melakukan peramalan dengan *fuzzy time series* logika Singh
 - (a) mendefinisikan himpunan semesta (U) dari data historis,
 - (b) membentuk interval kelas,
 - (c) mendefinisikan himpunan *fuzzy*,
 - (d) *fuzzifikasi* data historis,
 - (e) membentuk *fuzzy logical relationship*,
 - (f) menghitung nilai peramalan;
 - (g) melakukan peramalan data untuk periode berikutnya.
- (3) Melakukan akurasi peramalan dengan menentukan nilai MAPE.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Analisis Deskriptif



Gambar 1. Harga Minyak Mentah WTI (USD)

Dapat dilihat dari Gambar 1 bahwa data harga minyak mentah memiliki pola data siklis dengan nilai data terbesar terdapat pada bulan Mei 2022 yaitu sebesar \$114.67 per barel sedangkan data terkecil terdapat pada bulan April 2020 yaitu sebesar \$18.84 per barel. Rata-rata harga minyak mentah selama periode November 2014 hingga Juni 2022 adalah sebesar 56.72, median sebesar 53.75 dan ragamnya sebesar 282.15.

4.2. Peramalan Harga Minyak Mentah WTI dengan Fuzzy Time Series Logika Singh

- (1) Mendefinisikan Himpunan Semesta
 Definisikan himpunan semesta $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_k\}$, dengan k adalah banyak interval kelas yang diperoleh sebanyak 8 interval.
- (2) Pembentukan Interval Kelas
 Panjang untuk setiap interval kelas (l) adalah 11.98 sehingga diperoleh interval kelas seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Interval Kelas *FTS Singh*

No	Interval Kelas	Nilai Tengah	Jumlah Data Observasi
1	$u_1 = [18,84, 30,82]$	$m_1 = 24,83$	2
2	$u_2 = [30,82, 42,80]$	$m_2 = 36,81$	12
3	$u_3 = [42,80, 54,78]$	$m_3 = 48,79$	37
4	$u_4 = [54,78, 66,76]$	$m_4 = 60,77$	23
5	$u_5 = [66,76, 78,73]$	$m_5 = 72,74$	11
6	$u_6 = [78,73, 90,71]$	$m_6 = 84,72$	2
7	$u_7 = [90,71, 102,69]$	$m_7 = 96,70$	2
8	$u_8 = [102,69, 114,67]$	$m_8 = 108,68$	3

(3) Membentuk Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* yang terbentuk untuk harga minyak mentah WTI adalah sebagai berikut :

$$A_1 = \frac{1}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8}$$

$$A_2 = \frac{0,5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8}$$

$$A_3 = \frac{0}{u_1} + \frac{0,5}{u_2} + \frac{1}{u_3} + \frac{0,5}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8}$$

$$A_4 = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0,5}{u_3} + \frac{1}{u_4} + \frac{0,5}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8}$$

$$A_5 = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0,5}{u_4} + \frac{1}{u_5} + \frac{0,5}{u_6} + \frac{0}{u_7} + \frac{0}{u_8}$$

$$A_6 = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0,5}{u_5} + \frac{1}{u_6} + \frac{0,5}{u_7} + \frac{0}{u_8}$$

$$A_7 = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0,5}{u_6} + \frac{1}{u_7} + \frac{0,5}{u_8}$$

$$A_8 = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \frac{0}{u_4} + \frac{0}{u_5} + \frac{0}{u_6} + \frac{0,5}{u_7} + \frac{1}{u_8}$$

(4) *Fuzzifikasi Data Historis*

Penentuan nilai *fuzzifikasi* dilakukan dengan mendefinisikan data ke dalam interval kelas yang sesuai. Hasil *fuzzifikasi* untuk data harga minyak mentah dunia WTI dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Fuzzifikasi FTS Singh

No	Periode	Harga Minyak Mentah WTI	Fuzzifikasi
1	November 2014	66,15	A_4
2	Desember 2014	53,27	A_3
3	Januari 2015	48,24	A_3
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
90	April 2022	104,69	A_8
91	Mei 2022	114,67	A_8
92	Juni 2022	106,22	A_8

Dari tabel di atas diketahui pada periode November 2014 dengan harga minyak mentah \$66,15 termasuk ke dalam himpunan *fuzzy* A_4 karena harga termasuk berada pada interval u_4 , begitu juga seterusnya sampai pada data ke 92 pada periode Juni 2022.

(5) Pembentukan *Fuzzy Logical Relationship (FLR)*

Fuzzy logical relationship merupakan hubungan yang terbentuk dari himpunan *fuzzy* pada periode $t - 1$ menuju periode ke t . Hasil FLR yang diperoleh untuk data harga minyak mentah dunia WTI disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. FLR FTS Singh

Periode	FLR	Periode	FLR
Nov 2014 → Des 2014	$A_4 \rightarrow A_3$	Jan 2019 → Feb 2019	$A_3 \rightarrow A_4$
Des 2014 → Jan 2015	$A_3 \rightarrow A_3$	Feb 2019 → Mar 2019	$A_4 \rightarrow A_4$
Jan 2015 → Feb 2015	$A_3 \rightarrow A_3$	Mar 2019 → Apr 2019	$A_4 \rightarrow A_4$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
Okt 2018 → Nov 2018	$A_4 \rightarrow A_3$	Mar 2022 → Apr 2022	$A_7 \rightarrow A_8$
Nov 2018 → Des 2018	$A_3 \rightarrow A_3$	Apr 2022 → Mei 2022	$A_8 \rightarrow A_8$
Des 2018 → Jan 2019	$A_3 \rightarrow A_3$	Mei 2022 → Jun 2022	$A_8 \rightarrow A_8$

(6) Menghitung Nilai Peramalan

Dengan menggunakan bantuan *Software R*, nilai peramalan untuk data harga minyak mentah WTI diperoleh sebagai berikut.

Tabel 4. Nilai Peramalan Harga Minyak Mentah WTI dengan FTS Singh

No	Periode	Data Aktual	Nilai Peramalan
1	November 2014	66,15	NA
2	Desember 2014	53,27	NA
3	Januari 2015	48,24	NA
...	...	...	...
90	April 2022	104,69	106,89
91	Mei 2022	114,67	104,99
92	Juni 2022	106,22	110,04

Hasil peramalan dari data aktual yang diperoleh menghasilkan nilai MAPE sebesar 5,17% yang berarti model peramalan *fuzzy time series Singh* yang diperoleh sangat bagus sehingga model tersebut dapat digunakan untuk meramalkan periode selanjutnya.

Berikut ini merupakan plot hasil prediksi dan data aktual harga minyak mentah WTI.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Data Aktual dan Data Prediksinya

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa hasil peramalan dari data aktual yang diperoleh hampir berhimpit dengan data aktual harga minyak mentah WTI periode November 2014 hingga periode Juni 2022, dimana pola data peramalan mengikuti pola fluktuasi pada data aktual.

(7) Peramalan Periode Berikutnya

Nilai peramalan harga minyak mentah untuk periode Juli 2022 hingga Desember 2022 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Peramalan Harga Minyak Mentah WTI dengan *FTS Singh* Periode Juli 2022 - Desember 2022

Periode	Data Aktual	Nilai Peramalan
Juli 2022	98,62	99,17
Agustus 2022	89,55	84,72
September 2022	79,49	88,19
Oktober 2022	86,53	80,61
Novemver 2022	80,56	85,75
Desember 2022	80,47	81,42

4.3. Akurasi Peramalan

Ukuran MAPE dapat menggambarkan seberapa besar nilai rata-rata kesalahan antara data hasil peramalan dengan data aktualnya dalam bentuk presentase. Hasil perhitungan MAPE untuk data ramalan harga minyak mentah dunia WTI diperoleh sebesar 0.30% dimana nilai MAPE tersebut berada dibawah 10% yang berarti bahwa peramalan harga minyak mentah dunia WTI yang dilakukan sangat baik.

5. Kesimpulan

- (1) Berdasarkan analisis statistika deskriptif yang diperoleh, harga minyak mentah dunia tertinggi terdapat pada periode Mei 2022 yaitu sebesar \$114.67 per barel sedangkan harga minyak mentah dunia paling rendah yaitu pada periode April 2020 sebesar \$18.84 per barel. Data harga minyak mentah dunia memiliki pola data siklis dengan nilai rata-rata sebesar 56.72, median sebesar 53.75 dan ragamnya sebesar 282.15.
- (2) Dari hasil peramalan untuk periode Juli 2022 hingga Desember 2022, diperoleh nilai MAPE sebesar 0.30% dimana nilai MAPE tersebut berada dibawah 10% yang berarti peramalan yang dilakukan sangat baik.

6. Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dodi Devianto, Ibu Maiyastri, dan Ibu Monika Rianti Helmi yang telah memberikan masukan dan saran sehingga artikel ini dapat diselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] Abosedra, S., Baghestani, H. 2004. *On the Predictive Accuracy of Crude Oil Future Prices. Energy Policy* Vol. **32**: 1389 – 1393
- [2] Cheng, C.H., T.L. Chen., H.J. Teoh., and C.H. Chiang. 2008. Fuzzy Time Series Based on Adaptive Expectation Model for TAIEX Forecasting. *Expert Systems with Applications* Vol. **34**(2): 1126 – 1132
- [3] Haidar, I., Kulkarni S., Pan, H. 2008. *Forecasting Metode for Crude Oil Prices Based on Artificial Neural Network*. 2008 International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing, Sydney, NSW, Australia, 2008, pp. 103-108, doi: 10.1109/ISSNIP.2008.4761970
- [4] Hasan, Iqbal. 2001. *Pokok-Pokok Materi Statistik I (Statistik Deskriptif)*. PT Bumi Aksara, Jakarta
- [5] Makridakis, S., S.C. Wheelwright., and C.E. McGee. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Erlangga, Jakarta
- [6] Singh, S. R. 2007. *A Simple Time Variant Method for Fuzzy Time Series Forecasting. Cybernetics and Systems* Vol. **38**(3): 305 - 321. <https://doi.org/10.1080/01969720601187354>
- [7] Song, Q., B. S. Chissom. 1993. Fuzzy Time Series and its Models. *Fuzzy Sets and Systems* Vol. **54**(3): 269 – 277
- [8] Tauryawati, M.L. dan Irawan, M.I. 2014. Perbandingan Metode Fuzzy Time Series Cheng dan Metode Box-Jenkins Untuk Memprediksi LHSG. *Jurnal Sains dan Seni Pomits* Vol. **3**(2): A34 – A39