



**PERBANDINGAN METODE *FUZZY TIME SERIES* MODEL
CHEN DAN SINGH PADA NILAI EKSPOR INDONESIA
TAHUN 1999-2020**

JURNAL ILMIAH

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Statistika**

Oleh

HIMAWAN ZAMANI

B2A016004

**PROGRAM STUDI STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SEMARANG
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan Judul “Perbandingan Metode *Fuzzy Time Series* Model Chen Dan Singh Pada Nilai Ekspor Indonesia Tahun 1999-2020” yang disusun oleh:

Nama : Himawan Zamani

NIM : B2A016004

Program Studi : S-1 STATISTIKA

telah disetujui oleh dosen pembimbing pada tanggal : 11 Mei 2020



**SURAT PERNYATAAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

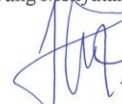
Nama : Himawan Zamani
NIM : B2A016004
Fakultas/Jurusan : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/S1 Statistika
Jenis Penelitian : Skripsi
Judul : Perbandingan Metode *Fuzzy Time Series* Model Chen dan Singh Pada Nilai Ekspor Indonesia Tahun 1999-2020
Email : himawanz97@gmail.com

Dengan ini menyatakan bahwa saya menyetujui untuk:

1. Memberikan hak bebas royalti kepada perpustakaan Unimus atas penulisan karya ilmiah saya, demi pengembangan ilmu pengetahuan.
2. Memberikan hak menyimpan, mengalih mediakan/mengalih formatkan, mengelola dalam bentuk pengakalan data (*database*), mendistribusikannya, serta menampilkannya dalam bentuk *soficopy* untuk kepentingan akademis kepada perpustakaan Unimus, tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak perpustakaan Unimus, dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam karya ilmiah ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan semoga dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 11 Mei 2020
Yang Menyatakan,



Himawan Zamani
NIM. B2A.016.004

PERBANDINGAN METODE *FUZZY TIME SERIES* MODEL CHEN DAN SINGH PADA NILAI EKSPOR INDONESIA TAHUN 1999-2020

Oleh: Himawan Zamani¹ Indah Manfaati Nur² Tiani Wahyu Utami³

^{1,2,3}Program Studi Statistika, Universitas Muhammadiyah Semarang

e-mail: himawanz97@gmail.com

Article history	Abstract
Submission:	Economic growth is a measure of the level of welfare in an area that is affected by global economic conditions. Export activities that have a positive and significant effect on economic growth can fluctuate from time to time due to various factors, so forecasting is necessary. The time series method can capture patterns in historical data and have various development models that can be applied in various fields. This study compares two fuzzy time series models, namely Chen's and Singh's models to predict the likelihood of events that may occur based on export data in Indonesia over the past 21 years. In both models the value of the forecast results is measured using the mean absolute percentage error (MAPE). Forecasting results from both models found that the Singh model is the best model with a MAPE value of 1,049% with the accuracy level of the forecasting model of 98,511%.
Revised:	
Accepted:	
Keyword:	
Kata kunci: Chen, <i>Fuzzy Time Series</i> , MAPE, Singh.	

Pendahuluan

Pertumbuhan perekonomian merupakan tolak ukur keberhasilan pemerintah dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Peningkatan pada pertumbuhan ekonomi diharapkan mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan proses pembangunan perekonomian negara. Pertumbuhan ekonomi tentu saja tidak terlepas dari kondisi perekonomian global yang merupakan suatu hubungan ekonomi antar negara dengan tujuan untuk memperoleh manfaat atau keuntungan. Dalam transaksi perekonomian global atau perdagangan luar negeri terdapat dua jenis kegiatan yaitu ekspor dan impor.

Pada beberapa penelitian yang telah dilakukan membuktikan bahwa terdapat hubungan antara sektor ekspor terhadap pertumbuhan ekonomi. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Parida dan Sahoo, 2007) menyatakan bahwa ekspor memainkan peran penting dalam pertumbuhan ekonomi negara-negara Asia Selatan. Selanjutnya pada penelitian yang dilakukan oleh (Pridayanti, 2014) menyatakan bahwa ekspor berpengaruh secara positif dan signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi. Sedangkan impor dan nilai tukar berpengaruh secara negatif dan signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi. Badan Pusat Statistik (BPS) pada Berita Resmi Statistik No.89/11/th. XXII, 5 November 2019

menyampaikan bahwa pertumbuhan PDB dari triwulan ke triwulan mengalami fluktuasi hingga pada triwulan I tahun 2019 terus mengalami penurunan hingga triwulan III tahun 2019. Hal ini tentu perlu segera diatasi dengan pembentukan modal dan ekspor yang diharapkan mampu mendorong pertumbuhan ekonomi. Berikut adalah grafik pertumbuhan ekonomi Indonesia yang tersaji dalam gambar 1, berikut.



Pertumbuhan ekonomi indonesia

Dalam suatu metode peramalan terdapat berbagai macam metode salah satunya adalah peramalan menggunakan metode deret waktu (*time series*). Metode ini meramalkan kejadian yang mungkin dapat terjadi pada masa mendatang, dengan menggunakan data yang bersumber dari peristiwa atau kejadian di masa lampau yang bertujuan untuk mengambil keputusan yang tepat.

Seiring dengan berjalannya waktu terdapat berbagai perkembangan dalam metode deret waktu salah satunya merupakan metode *fuzzy time series* (FTS). FTS pertama kali dikembangkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993 dimana metode ini digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang dengan cara menangkap pola dari data historis. Namun metode ini memiliki kelemahan pada tahap pembentukan relasi *fuzzy* dimana membutuhkan perhitungan yang rumit dan cukup besar sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama. Kemudian Shyi-Ming Chen pada tahun 1996 kembali mengembangkan metode FTS dengan cara menyederhanakan operasi aritmatika pada tahap pembentukan relasi *fuzzy*. Selanjutnya dikembangkan lagi oleh Shiva Raj Singh pada tahun 2007 dengan cara meminimalkan kerumitan dalam perhitungan matriks relasional *fuzzy* dan mencari proses defuzzifikasi yang sesuai menggunakan algoritma sederhana.

Peramalan nilai ekspor dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya metode deret waktu *fuzzy*. Penggunaan metode deret waktu *fuzzy* sebelumnya telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian seperti penelitian oleh (Aryanti, 2012) dengan judul “Perbandingan metode *fuzzy time series* Song-Chissom dan metode *fuzzy time series* Singh untuk prediksi kebutuhan *bandwidth* pada jaringan komputer”, dalam penelitiannya diperoleh hasil bahwa metode deret waktu *fuzzy* model Singh lebih baik dalam meramalkan kebutuhan *bandwidth* jaringan komputer. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Anggriani, 2012) dengan judul “Perbandingan model Chen dan model Lee pada *fuzzy time series* untuk prediksi harga emas”, dimana penelitian ini menghasilkan nilai tingkat error yang rendah dengan melihat nilai AFER. Kemudian (Fauziah *et al.*, 2016) melakukan penelitian dengan judul “Peramalan menggunakan *fuzzy time series* Chen dengan studi kasus curah hujan Kota Samarinda” dengan hasil penelitian peramalan menggunakan sample data sebanyak 29 menghasilkan hasil *error* atau kesalahan paling kecil dibandingkan menggunakan data dengan jumlah sample yang lebih banyak. Kemudian penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Makarti, 2018) dengan judul “Peramalan produksi kedelai di Indonesia dengan metode deret waktu *fuzzy* Chen”, peramalan ini menghasilkan

tingkat ketepatan peramalan sebesar 82% dalam meramalkan produksi kedelai di Indonesia.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode deret waktu *fuzzy* dapat diterapkan dan dikembangkan pada berbagai bidang. Berdasarkan hal tersebut peneliti tertarik melakukan penelitian dengan membandingkan dua model deret waktu *fuzzy* yaitu model Chen dan model Singh dalam meramalkan nilai ekspor di Indonesia, kemudian melihat ketepatan peramalan dari kedua model tersebut.

Landasan Teori

Forecasting

Secara umum *forecasting* (peramalan) memiliki arti tafsiran. Tafsiran dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) berarti penjelasan atau pendapat. Menurut Buffa pada tahun 1996, peramalan merupakan penggunaan teknik-teknik statistik dalam bentuk gambaran masa depan berdasarkan pengolahan angka-angka historis (Aryanti, 2012). Peramalan menurut sifatnya dibagi menjadi dua yaitu peramalan kualitatif yang berdasarkan atas pendapat suatu pihak yang tidak dapat diinterpretasikan kedalam sebuah angka dan peramalan kuantitatif yang berdasarkan atas data historis atau data kuantitatif dari masa lampau.

Deret Berkala

Deret berkala (*Time Series*) adalah data yang disusun berdasarkan urutan waktu atau data yang dikumpulkan dari waktu ke waktu (Anwarry, 2011). Pada deret berkala perlu memperhatikan pola data deret berkala. Pola data deret berkala dikelompokkan menjadi 4 jenis yaitu pola horizontal, trend, siklis dan musiman (Aryanti, 2012).

Logika Fuzzy

Secara umum logika *fuzzy* adalah suatu logika yang memiliki nilai keaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar atau salah. Logika *fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaannya antara 0 dan 1. Menurut (Zadeh, 1965) logika *fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keaburan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti “sedikit”, “lumayan” dan “sangat”.

Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* pertama kali dikembangkan oleh Prof. Lotfi Zadeh yang didasarkan pada gagasan dalam memperluas jangkauan fungsi karakteristik sehingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan *real* pada interval. Pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1, yang berarti himpunan *fuzzy* dapat mewakili interpretasi tiap nilai berdasarkan pendapat atau keputusan dan probabilitasnya. Nilai 0 menunjukkan salah dan nilai 1 menunjukkan benar dan masih ada nilai-nilai yang terletak antara benar dan salah, dengan kata lain nilai kebenaran suatu item tidak hanya benar dan salah (Zadeh, 1965). Himpunan *fuzzy* biasanya digunakan untuk mengantisipasi nilai-nilai yang bersifat tidak pasti (Anggriani, 2012). Himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut, yaitu linguistik, merupakan penamaan suatu grup yang mewakili suatu kondisi tertentu dan numeris yang menunjukkan ukuran variabel (Anggriani, 2012).

Terdapat istilah dalam himpunan *fuzzy* yang dikenal dengan istilah semesta pembicara yang merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy* dan merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik atau bertambah secara monoton dari kiri ke kanan.

Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan atau *membership function* adalah kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam derajat keanggotaan yang memiliki *interval* antara 0 sampai 1 (Aryanti, 2012). Untuk mendapatkan derajat keanggotaan *fuzzy* digunakan pendekatan fungsi, ada beberapa fungsi keanggotaan yang dapat digunakan, seperti fungsi linier naik dan turun, fungsi segitiga, fungsi trapesium, fungsi-S, fungsi-Z dan fungsi π .

Fuzzyfikasi dan Defuzzyfikasi

Fuzzifikasi merupakan proses penentuan sebuah bilangan *input* masing-masing gugus *fuzzy* (Prayogi, 2018). Pada tahap ini data masukan diterima dan sistem menentukan nilai fungsi keanggotaannya serta mengubah variabel numerik menjadi variabel linguistik atau variabel *fuzzy* (Jang *et al.*, 1997). Defuzzifikasi adalah proses yang menggabungkan seluruh *fuzzy output* menjadi

sebuah hasil spesifik yang dapat digunakan untuk masing-masing sistem *output* (Jang *et al.*, 1997). Defuzzifikasi atau penegasan merupakan langkah terakhir dalam sistem logika *fuzzy*, dimana tujuan dari defuzzifikasi adalah untuk mengkonversikan setiap hasil dari *inference engine* yang diekspresikan dalam bentuk *fuzzy set* ke dalam suatu bilangan *real*. Hasil dari konversi tersebut adalah aksi yang diambil oleh kendali logika *fuzzy*. Oleh karena itu, pemilihan metode defuzzifikasi yang sesuai juga turut memberikan pengaruh pada sistem kendali logika *fuzzy* dalam menghasilkan respon yang optimum (Prayogi, 2018). Pemilihan fungsi penegasan ditentukan oleh beberapa kriteria (Wang, 1997):

- a. Masuk akal (*plausibility*) artinya secara intuitif bilangan tegas Z dapat diterima sebagai bilangan yang mewakili himpunan *fuzzy* kesimpulan dari semua himpunan *fuzzy output* untuk setiap aturan.
- b. Perhitungan sederhana (*computational simplicity*) artinya diharapkan perhitungan untuk menentukan bilangan penegasan kesimpulan dari semua aturan adalah sederhana.
- c. Kontinuitas (*continuity*) artinya perubahan sekecil apapun pada himpunan *fuzzy output* tidak mengakibatkan perubahan besar pada bilangan penegasan.

Fuzzy Time Series

Fuzzy Time Series (FTS) adalah metode peramalan yang berdasarkan prinsip-prinsip logika *fuzzy* pada data deret berkala. FTS pertama kali dikembangkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993. Sistem peramalan FTS digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang dengan cara menangkap pola dari 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 (Tauryawati dan Irawan, 2014).

Fuzzy Time Series Chen

Pada mulanya terdapat Metode Song and Chissom yang memiliki perhitungan rumit dimana perhitungannya menggunakan operasi matriks yang kompleks walaupun pada hasil defuzzifikasinya sama. Sehingga (Chen, 1996) mengembangkan metode yang lebih sederhana dari pada metode sebelumnya, dimana pada

tahap pembentukan relasi fuzzy dengan persamaan $R_i = A_s^T \times A_q$ untuk setiap k relasi $A_s \rightarrow A_q, R = \bigcup_{i=1}^k R_i$ dimana \times adalah operator minimum tidak dipergunakan melainkan dengan menggunakan operasi aritmatika yang disederhanakan dengan tahapan sebagai berikut (Makarti, 2018):

- a. Definisikan semesta U dengan data historis, yaitu:

$$U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2] \quad (2.1)$$

Dimana D_{min} adalah data terkecil, D_{max} adalah data terbesar D_1 dan D_2 adalah bilangan positif sembarang yang ditentukan oleh peneliti, kemudian membagi semesta U kedalam beberapa interval dengan panjang yang sama u_1, u_2, \dots, u_n .

- b. Definisikan himpunan fuzzy A_i pada data historis yang diamati. Misal A_1, A_2, \dots, A_k adalah himpunan fuzzy yang mempunyai nilai linguistik dari suatu variabel linguistik, maka cara mendefinisikan himpunan fuzzy A_1, A_2, \dots, A_k pada semesta pembicaraan U adalah:

$$\begin{aligned} A_1 &= a_{11}/u_1 + \dots + a_{1m}/u_m \\ A_2 &= a_{21}/u_1 + \dots + a_{2m}/u_m \\ &\vdots \\ A_k &= a_{k1}/u_1 + \dots + a_{km}/u_m \end{aligned} \quad (2.2)$$

dimana $a_{ij} \in [0,1]$, $1 \leq i \leq k$ dan $1 \leq j \leq m$, nilai a_{ij} menunjukkan derajat keanggotaan dari u_i dalam himpunan fuzzy A_i penentuan derajat untuk masing - masing $A_i (i = 1, 2, \dots, m)$ yaitu jika keanggotaan maksimum dari suatu data didalam A_k maka nilai fuzzifikasinya dikatakan sebagai A_k . Karena untuk mendapatkan nilai keanggotaan dalam metode ini menggunakan pendekatan fungsi keanggotaan segitiga maka diperoleh himpunan fuzzy sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A_1 &= 1/u_1 + 0.5/u_2 + \dots + 0/u_m \\ A_2 &= 0.5/u_1 + 1/u_2 + \dots + 0.5/u_m \\ &\vdots \\ A_k &= 0/u_1 + \dots + 0.5/u_{m-1} + 0/u_m \end{aligned} \quad (2.3)$$

- c. Fuzzifikasi data historis.
d. Membentuk *fuzzy logical relationship* (FLR) berdasarkan data historis kemudian tetapkan *fuzzy logical relationship group* (FLRG).
e. Defuzzifikasi hasil peramalan dengan aturan sebagai berikut: Misalkan $F(t)$ adalah data yang akan diramalkan dimana $F(t - 1) = A_i$, maka:

Aturan 1

Jika hanya terdapat satu relasi grup fuzzy A_i yaitu $A_i \rightarrow A_s$, maka $F(t) = A_s$ dimana defuzzifikasinya adalah nilai tengah dari interval dimana memiliki nilai keanggotaan maksimum pada A_s .

Aturan 2

Jika A_i tidak memiliki relasi maka defuzzifikasi $F(t)$ diperoleh dari nilai tengah interval yang memiliki nilai keanggotaan maksimum pada A_i .

Aturan 3

Jika terdapat lebih dari satu relasi grup fuzzy A_i maka $A_i \rightarrow A_{k1}, A_{k2}, \dots, A_{ki}$ defuzzifikasi $F(t)$ diperoleh dari rata-rata nilai tengah dari masing - masing interval yang memiliki nilai keanggotaan maksimum pada masing-masing $A_{k1}, A_{k2}, \dots, A_{ki}$.

Fuzzy Time Series Singh

Singh mengusulkan metode komputasi sederhana untuk peramalan *fuzzy time series* dengan menggunakan algoritma sederhana dan memiliki kompleksitas urutan linier. Metode ini meminimalkan kerumitan dalam perhitungan matriks relasional fuzzy dan mencari proses defuzzifikasi yang sesuai dan diharapkan mampu menyediakan nilai perkiraan akurasi yang lebih baik. Berikut definisi dari metode *fuzzy time series* menurut (Singh, 2007):

Definisi 1

Sebuah *fuzzy set* adalah sebuah kelas atau golongan dari objek dengan rangkaian kesatuan (*continuum*) dari derajat keanggotaan (*grade of membership*). Misalkan U adalah himpunan semesta dengan $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ dengan u_n adalah nilai anggota dari U , kemudian variabel linguistik A_i terhadap U dan dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(\mu_1)}{\mu_1} + \frac{\mu_{A_i}(\mu_2)}{\mu_2} + \dots + \frac{\mu_{A_i}(\mu_n)}{\mu_n} \quad (2.4)$$

Dengan μ_{A_i} sebagai *membership function* (fungsi keanggotaan) dari *fuzzy set* A_i sedemikian hingga $\mu_{A_i}: U \rightarrow [0,1]$. Jika u_i adalah keanggotaan dari A_i maka $\mu_{A_i}(u_i)$ adalah derajat keanggotaan u_i terhadap A_i .

Definisi 2

Misalkan $Y(t)$ dimana $(t = 0, 1, 2, \dots)$ adalah *subset* dari *relation* (R) yang merupakan himpunan semesta dari *fuzzy set* $f_i(t), (t = 1, 2, 3, \dots)$ dirumuskan dan $F(t)$ adalah kumpulan dari f_i , maka $F(t)$ dirumuskan sebagai *fuzzy time series* pada $Y(t)$.

Definisi 3

Andaikan $F(t)$ disebabkan hanya oleh $F(t-1) \rightarrow F(t)$, maka ada hubungan *fuzzy* antara $F(t)$ dan $F(t-1)$ dan dapat dinyatakan dalam persamaan *fuzzy relation* yang dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$F(t) - F(t-1) \text{ o } R(t, t-1) \quad (2.5)$$

Tanda “o” adalah operator komposisi *max - min*. Relasi (R) disebut sebagai model orde pertama dari $F(t)$. Jika *fuzzy relation* $R(t, t-1)$ dari $F(t)$ adalah tidak tergantung waktu (t), dapat dikatakan untuk perbedaan waktu t_1 dan t_2 , $R(t_1, t_2 - 1) = R(t_2, t_2 - 1)$, maka $F(t)$ disebut *time-invariant fuzzy time series*.

Definisi 4

Jika $F(t)$ disebabkan oleh lebih kecil dari beberapa *fuzzy sets* $F(t-n), F(t-n+1), \dots, F(t)$, maka *fuzzy relationship*-nya diwakili oleh:

$$A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{in} \rightarrow A_{ij} \quad (2.6)$$

Dengan $F(t-n) = A_{i1}, F(t-n+1) = A_{i2}, \dots, F(t-1) = A_{in}$, hubungan ini disebut *nth-order fuzzy time series model*.

Definisi 5

Misalkan $F(t)$ disebabkan oleh sebuah $F(t-1), F(t-2)$ dan $F(t-m)$ dimana ($m > 0$) secara simultan dan hubungannya adalah *time variant*. $F(t)$ dikatakan *time-variant fuzzy time series* dan hubungan ini dapat dinyatakan sebagai persamaan *fuzzy relation* yang dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$F(t) - F(t-1) \text{ o } R^w(t, t-1) \quad (2.7)$$

Dimana $w-1$ adalah parameter waktu yang mempengaruhi peramalan $f(t)$. Berbagai metode-metode komputasi sulit telah tersedia untuk komputasi berhubungan terhadap $R^w(t, t-1)$.

Interval Basis Rata-Rata

Salah satu metode untuk penentuan panjang interval yang efektif adalah dengan metode berbasis rata-rata (*average based*), yang memiliki algoritma sebagai berikut (Fauziah *et al.*, 2016):

- Menghitung semua nilai absolute antara X_{t-1} dan $X_t (t = 1, 2, 3, \dots, n-1)$ sehingga diperoleh rata-rata nilai selisih absolute sebagai berikut :

$$mean = \frac{\sum_{i=1}^n |X_{t-1} - X_t|}{n} \quad (2.8)$$

Keterangan:

Mean = nilai rata-rata

n = jumlah observasi

X_t = data pada periode waktu ke-t

- Menentukan setengah dari rata-ratanya yang diperoleh dari langkah 1 yang kemudian dijadikan sebagai panjang interval (l) dengan persamaan:

$$l = \frac{mean}{2} \quad (2.9)$$

- Berdasarkan panjang interval yang diperoleh langkah 2 maka ditentukan basis dari panjang interval sesuai dengan tabulasi basis.

Tabel 1. Tabel Interval Basis Rata – Rata

Jangkauan	Basis
0.1 – 1.0	0.1
1.1 – 10	1
11 – 100	10
101 – 1000	100
1001 – 10000	10000
10001 – 100000	100000

- Nilai Tengah Galat Absolut (*Mean Absolute Error*)

- Menentukan jumlah kelas (ρ) dihitung dengan persamaan :

$$\rho = \frac{(D_{max} + D_2 - D_{min} - D_1)}{l} \quad (2.10)$$

Akurasi Metode Peramalan

Ukuran ketepatan peramalan dipandang sebagai kriteria penolakan untuk memilih suatu metode peramalan sehingga dapat digunakan untuk menentukan metode yang lebih baik dalam membandingkan beberapa metode (Tauryani dan Irawan, 2014). Akurasi peramalan dikatakan baik apabila hasil peramalan sesuai dengan kenyataan. Akurasi peramalan dapat dilihat dari tingkat kesalahan dalam peramalan (*error*), dimana semakin kecil *error* yang dihasilkan maka semakin akurat peramalan yang dilakukan. Terdapat kriteria untuk menguji ketepatan peramalan diantaranya adalah sebagai berikut (Tauryawati dan Irawan, 2014):

- Nilai Tengah Galat Absolut (*Mean Absolute Error*)

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} \quad (2.11)$$

2. Nilai Tengah Galat Kuadrat (*Mean Squared Error*)

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n} \quad (2.12)$$

3. Persentase Galat (*Percentage Error*)

$$PE_i = \left(\frac{X_i - F_i}{X_i} \right) (100)\% \quad (2.13)$$

4. Nilai Tengah Galat Persentase (*Mean Percentage Error*)

$$MPE = \frac{\sum_{i=1}^n PE_i}{n} \quad (2.14)$$

5. Nilai Tengah Galat Persentase Absolut (*Mean Absolute Percentage Error*)

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n |PE_i|}{n} \quad (2.15)$$

Keterangan:

n = Banyak pengamatan

X_i = Data aktual pada periode ke-i

F_i = Nilai prediksi pada periode ke-i

e_i = Galat

Suatu model dikatakan mempunyai kinerja sangat bagus jika nilai MAPE berada di bawah 10% dan mempunyai kinerja bagus jika nilai MAPE berada diantara 10% dan 20% (Makarti, 2018). Ketepatan hasil peramalan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Ketepatan Peramalan} = 100\% - \text{MAPE} \quad (2.16)$$

Hubungan Ekspor dan Pertumbuhan Ekonomi

Keterkaitan antara sektor ekspor dengan pertumbuhan ekonomi sering menjadi topik pembahasan ketika para ahli ekonomi mencoba untuk menjelaskan tingkat perbedaan pertumbuhan ekonomi di berbagai negara. Ekspor dianggap sebagai salah satu faktor kunci bagi pertumbuhan ekonomi (Mehrara dan Firouzjaee, 2011). Literatur perdagangan internasional yang menyatakan bahwa ekspor memiliki dampak positif terhadap pertumbuhan ekonomi, dikenal sebagai *export-led-growth* (Amri dan Almon, 2017). Menurut (Shihab *et al.*, 2014) yang mengemukakan bahwa ekspor barang dan jasa merepresentasikan salah satu sumber paling penting dari *foreign exchange income* (pendapatan valuta asing) yang memberikan penekanan pada keseimbangan pembayaran dan menciptakan kesempatan kerja. Bukti empiris yang menyatakan adanya hubungan antara ekspor dengan pertumbuhan ekonomi, seperti yang dikemukakan oleh (Kalaitzi dan Cleeve, 2017) bahwa terdapat hubungan jangka panjang antara variabel ekspor primer dan ekspor manufaktur dimana,

ekspor manufaktur berkontribusi lebih pada pertumbuhan ekonomi daripada ekspor primer.

Metode

Sumber Data

Sumber data penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia. Data yang digunakan adalah data nilai ekspor (dollar Amerika) di Indonesia pada tahun 1999 sampai dengan tahun 2020.

Variabel Penelitian dan Struktur Data

Variabel penelitian ini menggunakan sebanyak 254 data dengan nilai ekspor sebagai variabel Y. Unit penelitian yang digunakan adalah nilai ekspor di Indonesia pada kurun waktu 1 bulan selama lebih dari 21 tahun adapun struktur datanya, dapat dilihat pada tabel 2, berikut.

Struktur Data Penelitian

No	Waktu	Y
1	Januari(1999)	y1
2	Februari(1999)	y2
3	Maret(1999)	y3
:	:	:
252	Desember(2019)	y252
253	Januari(2020)	y253
254	Februari(2020)	y254

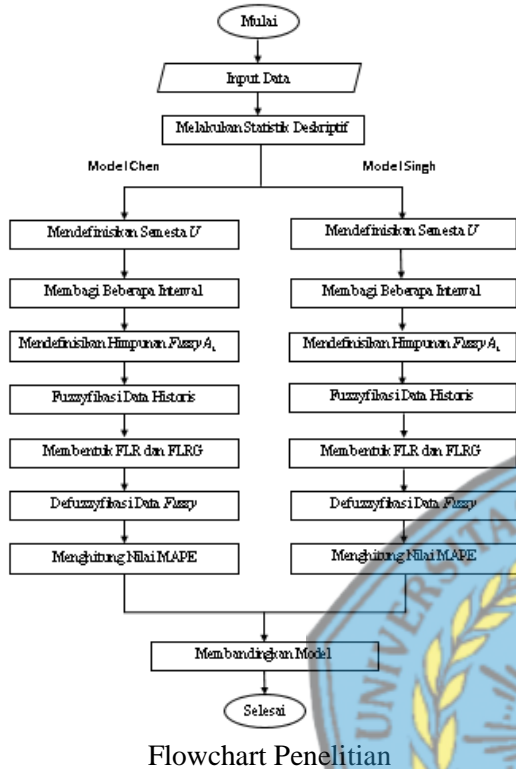
Langkah Penelitian

Adapun langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Melakukan analisis deskriptif yang bertujuan untuk melihat keadaan atau gambaran data yang sesungguhnya.
- Melakukan permodelan menggunakan peramalan deret waktu *fuzzy* model Chen dan Singh dengan langkah sebagai berikut:
 - Menentukan semesta pembicara U (*Universe of Discourse*) kemudian membanginya menjadi beberapa interval u_1, u_2, \dots, u_m dengan panjang yang sama.
 - Mendefinisikan himpunan fuzzy A_i pada data historis yang diamati.
 - Fuzzyfikasi data historis.
 - Membentuk *fuzzy logical relationship* (FLR) berdasarkan data historis kemudian menetapkan *fuzzy logical relationship group* (FLRG).
 - Melakukan defuzzyfikasi data *fuzzy*.

f. Menghitung nilai error menggunakan MAPE.

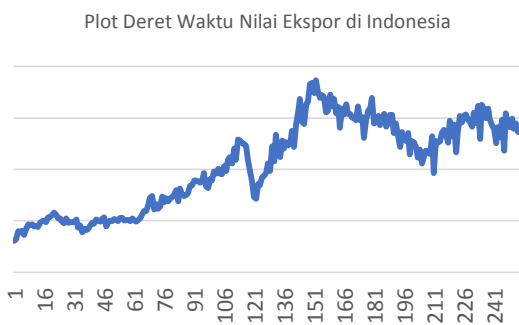
Berdasarkan langkah – langkah analisis dengan menggunakan analisis deret waktu *fuzzy* Chen dan Singh, maka diagram alir pada penelitian ini digambarkan sebagai berikut:



Analisis Dan Pembahasan

Analisis Deskriptif

Analisis Deskriptif dilakukan untuk melihat keadaan data sesungguhnya melalui pola data secara visual dalam bentuk plot. Didapatkan bahwa nilai ekspor tertinggi sebesar 18.647.825.151 USD pada agustus 2011 sedangkan nilai ekspor terendah sebesar 3.017.851.508 USD, dapat dilihat pada gambar 3.



Plot deret waktu nilai ekspor di Indonesia tahun 1999-2020

Deret Waktu Fuzzy Chen

Peramalan menggunakan metode deret waktu *fuzzy* Chen dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Menentukan semesta pembicara U dan membaginya dengan interval yang sama.

Setelah menentukan data historis nilai ekspor maka diperoleh nilai maksimum ($D_{max} = 18.647.825.151$) dan nilai minimum ($D_{min} = 3.017.851.508$). Berdasarkan persamaan $U = [D_{min} - D_1, D_{max} + D_2]$ dengan D_1 dan D_2 yang merupakan nilai positif sembarang untuk mempermudah penentuan nilai interval, maka diambil nilai $D_1 = 17.851.508$ dan $D_2 = 174.849$ sehingga diperoleh semesta pembicara dengan interval $U = [3.000.000.000, 18.648.000.000]$. Selanjutnya semesta pembicara U dibagi menjadi beberapa kelas berdasarkan interval berbasis rata-rata dan diperoleh 43 interval dengan panjang interval efektif sebesar 363.906.977, dapat dilihat pada tabel 3, berikut.

Semesta Pembicara u_i	
Semesta Pembicara	Interval (USD)
(1)	(2)
u_1	3000000000 – 3363906977
u_2	3363906977 – 3727813953
u_3	3727813953 – 4091720930
\vdots	\vdots
u_{41}	17556279070 – 17920186047
u_{42}	17920186047 – 18284093023
u_{43}	18284093023 – 18648000000

Mendefinisikan himpunan *fuzzy* A_1

Pada langkah pertama didapatkan sebanyak 43 interval maka dapat terbentuk 43 persamaan himpunan *fuzzy*. Berikut adalah bentuk persamaan himpunan *fuzzy* dan matriks yang tersaji dalam tabel 4, berikut.

Tabel 4.2 Matriks Himpunan *Fuzzy*

a_{ij}	1	2	3	...	43
1	1	0.5	0	...	0
2	0.5	1	0.5	...	0

3	0	0.5	1	...	0
⋮	⋮	⋮	⋮		0.5
43	0	0	0	0.5	1

Fuzzifikasi data historis

Tahap fuzzyfikasi berdasarkan interval efektif yang diperoleh dapat ditentukan nilai linguistik sesuai dengan banyaknya interval yang terbentuk. Hasil fuzzyfikasi nilai ekspor di Indonesia tersaji dalam tabel 5, berikut.

Fuzzifikasi			
	Waktu	Ekspor (US\$)	Fuzzyfikasi
	Januari (1999)	3017	A
	Februari (1999)	851508	1
	Maret (1999)	3194	A
	⋮	988659	1
	Desember (2019)	3952	A
52	⋮	970335	3
	Januari (2020)	1444	A
53	Februari (2020)	5090000	32
	⋮	1363	A
54	Februari (2020)	2040000	30
	⋮	1406	A
	⋮	0900000	31

Membentuk FLR dan FLRG

FLR (*Fuzzy Logic Relationship*)

Merupakan hubungan yang terbentuk dari himpunan fuzzy A_i pada data ke- t menuju data ke- $t+1$. Berikut ini merupakan hubungan yang terbentuk pada data nilai ekspor di Indonesia yang tersaji dalam tabel 6, berikut.

Fuzzy Logic Relationship (FLR)		
No	Waktu	LR
	Januari(1999) - Februari(1999)	A
	Februari(1999) - Maret(1999)	1 - A1
	Maret(1999) - April(1999)	A
	⋮	1 - A3
	⋮	3 - A3
51	November(2019) - Desember(2019)	A
	⋮	31 - A32
52	Desember(2019) - Januari(2020)	A
	⋮	32 - A30
53	Januari(2020) - Februari(2020)	A
	⋮	30 - A31

FLRG (*Fuzzy Logical Relationship Grup*)

Merupakan grup yang terbentuk dengan mengelompokkan himpunan-himpunan fuzzy yang memiliki hubungan serupa, didapatkan FLRG yang tersaji dalam tabel 7, berikut.

Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG)

Grup	FLRG
1	A1 --> A1,A3
2	A2 --> A4
⋮	⋮
41	A41 --> ∅
42	A42 --> ∅
43	A43 --> A40,A43

Berdasarkan tabel 7 untuk grup pertama terdiri dari A1 dan A3 yang artinya memiliki hubungan yang sama hingga pada grup ke-43, selain itu terdapat grup yang tidak memiliki hubungan seperti pada grup ke-41 dan ke-42 yang diberi tanda ∅.

Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan langkah akhir dalam sistem logika fuzzy dengan tujuan untuk menghasilkan nilai variabel yang diinginkan. Diperoleh hasil defuzzifikasi yang tersaji dalam tabel 8, berikut.

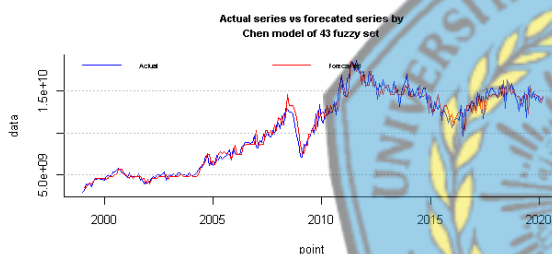
Defuzzifikasi	
Himpunan Fuzzy	Defuzzifikasi
A1	3545860465
A2	4273674419
A3	3909767442
⋮	⋮
A41	17738232559
A42	18102139535
A43	17920186047

Hasil defuzzifikasi pada tabel 8 di atas diperoleh berdasarkan tiga aturan defuzzifikasi, misal pada A1 mengikuti aturan 3 (tiga). Aturan 1 (satu) yaitu untuk relasi fuzzy nya hanya memiliki satu relasi maka seperti pada A2 dimana memiliki relasi dengan A4 sehingga digunakan nilai tengah dari A4 kemudian diperoleh nilai 4.273.674.419 dan untuk aturan 2 (dua) dimana himpunan fuzzy tidak memiliki hubungan atau relasi maka menggunakan nilai tengah dari himpunan tersebut seperti pada A41 diperoleh nilai 17.738.232.559. Berdasarkan nilai defuzzifikasi tersebut diperoleh nilai hasil peramalan ekspor di Indonesia yang tersaji dalam tabel 9, berikut.

Hasil Peramalan			
No	Waktu	Fuzzyfikasi	Peramalan
1	Januari (1999)	A1	*

2	Februari (1999)	A1	3545860465
⋮	⋮	⋮	⋮
254	Februari (2020)	A31	13589693023
255	Maret (2020)	A31	14359096346

Nilai peramalan untuk data pertama tidak ada karena merupakan data lag dari nilai impor yang mempengaruhi nilai di waktu mendatang, kemudian pada data ke-2 didapatkan hasil peramalan berdasarkan nilai defuzzifikasi himpunan fuzzy yang pertama. Misalnya pada tahun 1999 bulan Februari peramalannya adalah 3.545.860.465 USD karena pada bulan Januari 1999 memiliki fuzzyfikasi A₁. Nilai peramalan untuk Maret (2020) mengikuti nilai fuzzyfikasi pada bulan Februari 2020 yaitu A₃₁ kemudian selanjutnya melihat pada tabel defuzzifikasi maka didapatkan nilai sebesar 14.359.096.346 USD. Plot hasil peramalan dapat dilihat pada plot gambar 4, berikut.



Plot Deret Waktu Data Aktual Dan Peramalan Model Chen Nilai Ekspor di Indonesia Tahun 1999-2020

Menghitung Nilai MAPE

Ketepatan hasil peramalan pada penelitian ini menggunakan nilai MAPE. Hasil peramalan dapat dikatakan baik apabila memiliki nilai MAPE kurang dari 20%. Didapatkan nilai MAPE sebesar 6.489% yang artinya ketepatan peramalan model Chen adalah 93.511% sehingga hasil peramalan model Chen dapat dikatakan baik untuk digunakan dalam peramalan.

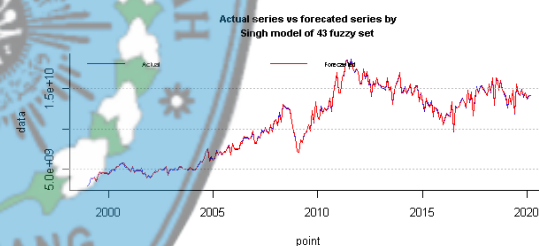
Deret Waktu *Fuzzy Singh*

Peramalan menggunakan metode deret waktu *fuzzy Singh* memiliki proses yang sama dengan metode *fuzzy Chen* yaitu mulai dari proses pembentukan semesta pembicara hingga pada tahap proses pembentukan FLRG yang sama. Defuzzifikasi yang dihasilkan pada peramalan ini diperoleh hasil defuzzifikasi yang berbeda di setiap waktunya. Berdasarkan nilai defuzzifikasi tersebut dapat diperoleh nilai hasil

peramalan ekspor di Indonesia, tersaji dalam tabel 10, sebagai berikut.

Hasil Peramalan			
No	Waktu	Fuzzifikasi	Peramalan
1	Januari (1999)	A1	*
2	Februari (1999)	A1	*
3	Maret (1999)	A3	*
4	April (1999)	A3	3905866829
⋮	⋮	⋮	⋮
254	Februari (2020)	A31	14103327597
255	Maret (2020)	A31	14099292965

Nilai peramalan untuk data pertama, kedua dan ketiga tidak ada karena merupakan data lag dari nilai ekspor yang mempengaruhi nilai di waktu mendatang, kemudian pada data ke-4 tahun 1999 bulan April peramalannya adalah 3.905.866.829 USD karena pada bulan Maret 1999 memiliki fuzzyfikasi A₃. Nilai peramalan untuk Maret (2020) mengikuti nilai fuzzyfikasi pada bulan Desember 2018 yaitu A₃₁, melihat pada tabel defuzzifikasi didapatkan nilai sebesar 14.099.292.965 USD. Dapat dilihat pola hasil peramalan sangat mendekati data aktual, tersaji pada gambar 5.



Plot Deret Waktu Data Aktual Dan Peramalan Model Singh Nilai Ekspor di Indonesia Tahun 1999-2020

Menghitung Nilai MAPE

Ketepatan hasil peramalan pada model Singh didapatkan nilai MAPE sebesar 1.049% yang artinya ketepatan peramalan model Singh adalah 98.951% sehingga hasil peramalan model Singh dapat dikatakan baik untuk digunakan dalam peramalan.

Membandingkan Model

Penelitian ini membandingkan dua model *fuzzy time series* model Chen dan model Singh dengan asumsi bahwa model peramalan yang menghasilkan nilai MAPE terkecil merupakan model terbaik.

Perbandingan Model

Model	MAPE	Ketepatan
Chen	6.489 %	93.511 %
Singh	1.049 %	98.951 %

Model Chen menghasilkan nilai MAPE sebesar 6.489% yang memiliki nilai ketepatan peramalan sebesar 93.511% dan model Singh menghasilkan nilai MAPE sebesar 1.049% dengan kata lain nilai ketepatan peramalan model Singh sebesar 98.951%, sehingga dapat dikatakan model Singh merupakan model yang lebih baik dibandingkan dengan model Chen.

Kesimpulan

Berdasarkan pada pembahasan dan analisis yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil peramalan pada bulan maret 2020 menggunakan model deret waktu *fuzzy* Chen menghasilkan nilai ekspor sebesar 14.359.096.346 dan hasil peramal menggunakan model Singh menghasilkan nilai ekspor sebesar 14.099.292.965.
2. Ketepatan peramalan yang dihasilkan oleh model Chen melalui nilai MAPE sebesar 6.489% dengan tingkat ketepatan peramalan sebesar 93.511% dan menggunakan model Singh yang menghasilkan nilai MAPE sebesar 1.049% dengan tingkat ketepatan peramalan sebesar 98.951%.
3. Model Singh merupakan model yang lebih baik dalam meramalkan nilai ekspor di Indonesia.

Saran

Penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengembangan dengan membandingkan berbagai macam model *fuzzy time series* lain seperti menggunakan model Heuristic, Chen-Hsu dan lain sebagainya. sehingga mampu menghasilkan peramalan yang lebih tepat dan tingkat keakuratan yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- Anwary, A. A. 2011. Prediksi Kurs Rupiah Terhadap Dollar Amerika Menggunakan Metode Fuzzy Time Series. Skripsi. Universitas Diponegoro (UNDIP). Semarang.
- Aryanti, 2012. Perbandingan Metode Fuzzy Time Series Song-Chissom dan Metode Fuzzy Time Series Singh Untuk

Prediksi Kebutuhan Bandwidth Pada Jaringan Komputer. Skripsi. Universitas Diponegoro (UNDIP). Semarang.

- Anggriani, D. 2012. Perbandingan Model Chen dan Model Lee Pada Metode Fuzzy Time Series untuk Prediksi Harga Emas. Skripsi. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Pekanbaru.
- Amri, K. dan Almon, H. 2017. Pengaruh Pembentukan Modal dan Ekspor Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia. *Jurnal Economac*. 1(1).
- Benny, J. 2013. Ekspor dan Impor Pengaruhnya Terhadap Posisi Cadangan Devisa di Indonesia. *Jurnal EMBA*. 1(4).
- Badan Pusat Statistik. 2019. Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Triwuan III-2019, No.89/11/Th.XXII, 5 November 2019. BPS Indonesia. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2019. Ekspor dan Impor (Dinamis): Ekspor menurut Bulan, Tahun 1999-2018, 2 Desember 2019. BPS Indonesia. Jakarta.
- Cox, E. 1994. *The Fuzzy System Handbook: A Practioner's Guide To Building*. Ap Professional.
- Chen, S. M. 1996. Forecasting enrollments based on fuzzy time series. *International Journal of Fuzzy Sets and System*. 81:311-319.
- Fauziah, N., Wahyuningsih, S. dan Nasution, N. Y. 2016. Peramalan Menggunakan Fuzzy Time Series Chen (Studi Kasus: Curah Hujan Kota Samarinda). *Jurnal Statistika*. 4(2).
- Jang, Q. Jhy-S. R., Sun, C. T. dan Mizutani, E. 1997. Neuro-fuzzy and soft computing: a computational approach to learning and machine intelligence. Upper Saddle River, NJ 07458.
- Kalaitzi, A. S. dan Cleeve, E. 2017. Export-led growth in the UAE: multivariate causality between primary export, manufactured exports and economic growth. *Journal of Eurasia Business*

- and Economics Society.
- Makarti, P. P. 2018. Peramalan Produksi Kedelai di Indonesia dengan Metode Deret Waktu Fuzzy Chen. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Semarang (UNIMUS). Semarang.
- Mehrara, M. dan Firouzjaee, B. A. 2011. Granger Causality Relationship between Export Growth and GDP Growth in Developing Countries: Panel Cointegration Approach. *International Journal of Humanities and Social Science*. 1(16).
- Prayogi, A. R. 2018. Demand Forecasting Penggunaan Energi Listrik (KWH) Menggunakan Fuzzy Time Series Cheng. Skripsi. Universitas Islam Indonesia (UII). Yogyakarta.
- Pridayanti, A. 2014. Pengaruh Ekspor, Impor dan Nilai Tukar Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia Periode 2002-2012. *Jurnal Pendidikan Ekonomi*. 2(2).
- Parida, P. C. dan Sahoo, P. 2007. Export-led Growth in South Asia: A Panel Cointegration Analysis. *International Economic Journal* 21:2, 155-175.
- Song, Q. dan Chissom, B. S. 1993. Fuzzy time series and its models. *International Journal of Fuzzy Sets and System*. 54:269-277.
- Singh, S. R. 2007. A simple method of forecasting based on fuzzy time series. *International Journal of Applied Mathematics and Computation*. 186:330-339.
- Singh, S. R. 2007. A simple time variant method for fuzzy time series forecasting. *International Journal of Cybernetics and Systems*. 38:3, 305-321.
- Sumartini., Hayati, M. N. dan Wahyuningsih, S. 2017. Peramalan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Cheng. *Jurnal Eksponensial* 8(1).
- Sedyaningrum, M., Suhadak. dan Nuzula, N. F. 2016. Pengaruh Jumlah Nilai Ekspor, Impor dan Pertumbuhan Ekonomi Terhadap Nilai Tukar dan Daya Beli Masyarakat di Indonesia. *Jurnal Administrasi Bisnis*. 34(1).
- Shihab, R. A., Soufan, T. dan Khalik, S. A. 2014. The Causal Relationship between Export and Ekonomi Growth in Jordan. *Global Journal of Management and Research: Economic and Commerce*. 14(3).
- Tauryawati, M. L. dan Irawan, M. I. 2014. Perbandingan Metode Fuzzy Time Series Cheng dan Metode Box-Jenkins untuk Memprediksi IHSG. *Jurnal Sain dan Seni Pomits*. 3(2).
- Wang, L. X. 1997. Modelling and Control of Hierarchical System with Fuzzy System. *Automatica*. 33:6, 1041-1053.
- Zadeh, L. A. 1965. Fuzzy Sets. *International Journal of Information and Control*. 8:338-353.