

**PERBANDINGAN *FUZZY TIME SERIES*
DENGAN METODE CHEN DAN METODE S. R. SINGH
(Studi Kasus : Nilai Impor di Jawa Tengah Periode Januari 2014 – Desember 2019)**

Febyani Rachim^{1*}, Tarno², Sugito³

^{1,2,3} Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

*e-mail: rfebyani98@gmail.com

ABSTRACT

Import is one of the efforts of an area to meet the needs of its population in order to stabilize prices and maintain stock availability. The value of imports in Central Java throughout 2016 amounted to 8811.05 Million US Dollars. The value of imports in Central Java is the top 10 in all provinces in Indonesia with a percentage of 6.50%. Import data in Central Java is included in the time series data category. To maintain the stability of imports in Central Java, it is deemed necessary to make a plan based on a statistical model. One of the time series models that can be applied is the *fuzzy* time series model with the Chen method approach and the S. R. Singh method because the method is suitable for cyclical patterned data with monthly time periods such as Import data in Central Java. Important concepts in the preparation of the model are *fuzzy* sets, membership functions, set basic operators, *fuzzy* variables, universe sets and domains. The *fuzzy* time series modeling procedure is carried out through several stages, namely the determination of universe discourse which is divided into several intervals, then defines the *fuzzy* set so that it can be performed fuzzification. After that the *fuzzy* logical relations and *fuzzy* logical group relations are determined. The accuracy calculation in both methods uses symmetric Mean Absolute Percentage Error (sMAPE). In this study the sMAPE value obtained in the *Fuzzy Time Series* Chen method of 10.95% means that it shows good forecasting ability. While the sMAPE value on the *Fuzzy Time Series* method of S. R. Singh method by 5.50% shows very good forecasting ability. It can be concluded that the sMAPE value in the S. R. Singh *fuzzy* time series method is better than the Chen method.

Keywords: Import value, *fuzzy* time series , Chen, S. R. Singh, sMAPE

1. PENDAHULUAN

Globalisasi yang saat ini dialami oleh semua negara di dunia secara tidak langsung mengakibatkan hampir setiap negara yang ada menjalankan sistem perekonomian terbuka. Setiap negara tersebut membuka diri terhadap perdagangan internasional, termasuk di Indonesia. Kegiatan impor merupakan pembelian dan pemasukan barang dari luar ke dalam negeri. Jawa Tengah termasuk dalam sebuah provinsi yang menjadi tempat strategis dalam melaksanakan kegiatan impor. Hal tersebut dibuktikan dengan data yang didapat dari BPS Jawa Tengah bahwa nilai impor yang dilakukan sepanjang tahun 2016 sebesar 8811,05 Juta US Dollar. Besaran nilai impor di Jawa Tengah tersebut merupakan 10 besar di seluruh provinsi yang ada di Indonesia dengan persentase 6,50%. Penentuan target kegiatan impor harus didukung oleh informasi data yang akurat. Untuk menjaga hal tersebut perlu digunakan metode peramalan yang tepat agar dapat mendukung keputusan pembuat kebijakan guna menentukan target selanjutnya.

Data nilai impor di Jawa Tengah telah disajikan secara lengkap dari waktu ke waktu pada data base yang tersedia di *website* Badan Pusat Statistik Jawa Tengah, sehingga data nilai impor di Jawa Tengah ini merupakan salah satu contoh data *time series*. Analisis *time series* merupakan salah satu metode untuk meramalkan suatu kejadian yang akan datang dengan melihat data-data dari waktu sebelumnya. Logika *fuzzy* pertama kali dideklarasikan oleh Lutfi A. Zadeh pada tahun 1965 pada bukunya yang bertuliskan tentang teori himpunan *fuzzy*. Logika *fuzzy* adalah sebuah metodologi berhitung dengan variabel kata-kata (*linguistic*

variable) sebagai pengganti berhitung dengan bilangan. Sedangkan untuk *fuzzy time series* ini ditemukan oleh Song Chissom tahun 1993 dengan menggunakan prinsip logika *fuzzy* sebagai dasarnya. Salah satu metode yang ada di *fuzzy time series* adalah metode Chen (1996 dan 2002) dan metode S. R. Singh (2007).

Berikut adalah beberapa penelitian sebelumnya, antara lain: peramalan menggunakan metode *fuzzy time series* ini telah dilakukan oleh Nurkhasanah (2015). Penelitian tersebut menghasilkan nilai MSE pada metode runtun waktu *fuzzy*-Markov Chain lebih kecil dibandingkan metode runtun waktu *fuzzy* Chen sehingga metode Markov Chain lebih baik dari metode Chen. Penelitian lainnya, Handoko (2010) melakukan penelitian dengan judul Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek pada Sistem Kelistrikan Jawa Timur dan Bali menggunakan *Fuzzy Time Series* metode Song Chissom dan metode S. R. Singh dengan menggunakan perangkat lunak *Matlab*. Pada penelitian tersebut memberikan hasil untuk peramalan beban jangka pendek dengan model Song Chissom dengan *error* sebesar 2,5% lebih kecil dari metode S. R. Sing sebesar 2,6% sehingga metode Song Chissom lebih baik dari pada metode S. R. Singh.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, untuk metode Chen dan metode S. R. Singh diketahui bukan metode-metode terbaik. Namun perlu diketahui bahwa pemilihan metode harus mempertimbangkan pola data. Penelitian Nurkhasanah (2015) menggunakan data inflasi yang berpola horizontal sehingga menghasilkan nilai MSE yang besar. Sedangkan pada penelitian Handoko (2010) menggunakan data sistem kelistrikan dengan periode waktu jam yang menghasilkan nilai MAPE yang lebih besar dibandingkan metode *fuzzy time series* metode Song Chissom, sehingga metode Chen dan metode S. R. Singh dinilai tidak cukup baik untuk pola data horizontal dan periode waktu jam. Peneliti tertarik menggunakan metode *fuzzy time series* metode Chen dengan pola data selain horizontal dan menggunakan *fuzzy time series* metode S. R. Singh dengan data yang memiliki periode waktu bulanan. Maka pada penelitian ini akan digunakan data *time series* impor di Jawa Tengah dari tahun 2014 hingga tahun 2019 menggunakan metode *fuzzy time series* Chen dan *fuzzy time series* S. R. Singh. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui keakuratan hasil peramalan menggunakan *fuzzy time series* dengan metode Chen dan *fuzzy time series* dengan metode S. R. Singh dalam peramalan impor di Jawa Tengah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Fuzzy Time Series* Metode Chen

Menurut Poulsen (2009) langkah-langkah penyelesaian peramalan *fuzzy time series* dengan metode Chen adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *universe of discourse* (semesta pembicaran)
Setelah mengurutkan data historis maka didapat nilai maksimum dan minimum. Lalu menghitung *universe of discourse* dengan rumus sebagai berikut:

$$U = [D_{\min} - D_1 ; D_{\max} + D_2] \quad (1)$$

dengan,

D_{\min} = data minimum

D_{\max} = data maksimum

D_1 = bilangan positif sembarang pertama yang ditentukan oleh peneliti

D_2 = bilangan positif sembarang kedua yang ditentukan oleh peneliti

2. Menentukan panjang interval

Semesta pembicara U dibagi kedalam beberapa interval dengan jarak yang sama, dengan banyaknya interval sesuai keinginan peneliti. Dengan panjang interval yaitu:

$$l = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{k} \quad (2)$$

3. Nilai linguistik dan himpunan *fuzzy*

Mendefinisikan himpunan *fuzzy* pada U dan melakukan fuzzifikasi pada data historis yang diamati. Misalkan A_1, A_2, \dots, A_n adalah himpunan *fuzzy* yang memiliki nilai linguistik dari satu variabel linguistik, pendefinisian himpunan *fuzzy* adalah sebagai berikut:

$$A_1 = \{1/u_1, 0.5/u_2, 0/u_3, \dots, 0/u_p\}$$

$$A_2 = \{0.5/u_1, 1/u_2, 0.5/u_3, \dots, 0/u_p\}$$

.

.

$$A_p = \{0/u_1, 0/u_2, 0/u_3, \dots, 0.5/u_{p-1}, 1/u_p\} \quad (3)$$

Dimana u_i ($i = 1, 2, \dots, p$) adalah elemen dari himpunan semesta (U) dan bilangan yang diberi simbol “/” menyatakan derajat keanggotaan yang dimana nilainya adalah 0, 0.5, atau 1. Untuk menentukan derajat keanggotaan, menggunakan fungsi keanggotaan segitiga. Proses fuzzifikasi untuk data historis adalah sebagai berikut:

a. Menentukan nilai numeris dari himpunan *fuzzy* yang terbentuk. Nilai numeris digunakan untuk membentuk fungsi keanggotaan. Dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$d = \frac{[(D_{max} + D_2) - (D_{min} - D_1)]}{k-1}$$

sedangkan, untuk nilai numerisnya sebagai berikut:

$$\pi_{A_1} = D_{min} - B_1$$

$$\pi_{A_2} = \pi_{A_1} + d$$

.

.

$$\pi_{A_{p-1}} = \pi_{A_{p-2}} + d$$

$$\pi_{A_p} = D_{max} - B_2 \quad (4)$$

dengan,

$$d = \text{selisih antara nilai numeris}$$

$$p = \text{banyaknya himpunan } \textit{fuzzy}$$

$$\pi_{A_p} = \text{nilai numeris dari himpunan } \textit{fuzzy} A_p$$

b. Membentuk fungsi keanggotaan *fuzzy* berdasarkan nilai numeris yang terbentuk

c. Mengklasifikasikan data historis ke himpunan *fuzzy*. Jika keanggotaan maksimum dari suatu data pada periode tertentu maka terdapat dalam himpunan *fuzzy* A_k , sehingga data tersebut termasuk ke dalam himpunan *fuzzy* A_k

4. Proses *Fuzzy Logical Relationship* (FLR)
Menentukan relasi logika *fuzzy* berdasarkan data historis lalu dengan memperhatikan hubungan *fuzzy* A_i dari bulan ke bulan lalu dibuat ke dalam bentuk tabel *Fuzzy Logical Relationship* (FLR).
5. Membentuk *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLGR)
Dari hasil tahap ke-4 lalu diklasifikasikan relasi logika *fuzzy* ke dalam kelompok-kelompok dan hubungan yang sama lalu dikelompokkan menjadi satu grup, tanpa adanya pengulangan pada hubungan yang sama.
6. Menghitung nilai peramalan
Pada metode *fuzzy time series* Chen terdapat beberapa aturan peramalan yang harus diperhatikan yaitu sebagai berikut:
Aturan 1 : Jika terdapat himpunan *fuzzy* yang tidak memiliki relasi logika *fuzzy*, misal jika $A_i \rightarrow \emptyset$ dan kemudian terdapat data pada periode ke (t-1) masuk dalam A_i , maka nilai peramalan F_t adalah $m_j(t-1)$, dengan $m_j(t-1)$ adalah nilai tengah dari interval u_j pada kelompok relasi logika *fuzzy* yang terbentuk pada data ke (t-1).
Aturan 2 : Jika hanya terdapat satu relasi logika *fuzzy* pada deretan kelompok relasi logika *fuzzy*, misal $A_i \rightarrow A_j$ dan terdapat data pada periode ke (t-1) masuk dalam A_i , maka nilai peramalan F_t adalah $m_j(t-1)$, dengan $m_j(t-1)$ adalah nilai tengah dari interval u_j pada kelompok relasi logika *fuzzy* yang terbentuk pada data ke (t-1).
Aturan 3 : Jika terdapat kelompok relasi logika *fuzzy* $A_i \rightarrow A_i, A_j, \dots, A_p$ maka F_t adalah nilai peramalannya, sesuai untuk A_i, A_j, \dots, A_p . Dengan persamaan sebagai berikut:
$$F_t = \frac{m_{1(t-1)} + m_{2(t-1)} + \dots + m_{p(t-1)}}{p}$$

2.2. Fuzzy Time Series Metode S. R. Singh

Menurut S. R. Singh (2007) sebuah *fuzzy set* adalah sebuah kelas atau golongan dari objek dengan sebuah rangkaian kesatuan dari derajat keanggotaan (*grade of membership*). Misalkan U adalah himpunan semesta dengan $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ dengan u_i adalah nilai yang mungkin dari U , kemudian variabel linguistik A_i terhadap U dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{\mu_{A_i}(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{\mu_{A_i}(u_p)}{u_p} \quad (5)$$

μ_{A_i} adalah *membership function* 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 .

Berikut adalah langkah-langkah penyelesaian peramalan *fuzzy time series* dengan metode S. R. Singh adalah sebagai berikut:

1. Untuk langkah-langkah hingga fuzzifikasi sama dengan metode metode Chen
2. Fuzzifikasi data historis dan menetapkan hubungan logika *fuzzy* dengan aturan:

Jika A_i adalah produksi *fuzzy* bulan $n-1$ dan A_j adalah produksi bulan fuzzifikasi n , maka hubungan logis *fuzzy* dinyatakan sebagai $A_i \rightarrow A_j$. A_i adalah keadaan saat ini dan A_j adalah keadaan berikutnya.

Selain aturan tersebut, ada beberapa notasi yang digunakan untuk proses fuzzifikasi dengan metode S. R. Singh yaitu:

- $[*A_i]$ adalah interval yang sesuai u_j keanggotaan dengan A_j adalah supremum (yaitu 1)
- $L[*A_i]$ adalah batas bawah dari interval u_j

- $U[*A_i]$ adalah batas atas dari interval u_j
 - $\ell[*A_i]$ adalah panjang interval u_j yang keanggotaannya di A_j adalah supremum (yaitu 1)
3. Membentuk *Fuzzy Logical Relationship Group* (FLGR). Dari hasil tahap ke-4 lalu diklasifikasikan relasi logika *fuzzy* ke dalam kelompok-kelompok dan hubungan yang sama lalu dikelompokkan menjadi satu grup, tanpa adanya pengulangan pada hubungan yang sama.
 4. Peramalan menggunakan komputasi

2.3. Evaluasi Model Peramalan

Makridakis dan Hibon (2000), mengemukakan bahwa salah satu ukuran yang digunakan untuk mengukur ketepatan peramalan adalah sMAPE (*symmetric Mean Absolute Percentage Error*). Permasalahan mengenai besarnya *error* ketika nilai dari A_t (data aktual) mendekati nol dan besarnya perbedaan nilai mutlak *error* ketika nilai A_t (data aktual) lebih besar dari F_t (data hasil ramalan) atau sebaliknya, dapat dihindari dengan menggunakan sMAPE. sMAPE menghitung ukuran presentase kesalahan dengan rumus sebagai berikut:

$$sMAPE = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|F_t - A_t|}{(|A_t| + |F_t|)} \times 100\% \quad (7)$$

dengan:

n : ukuran sampel

A_t : data aktual

F_t : data hasil ramalan

Semakin kecil nilai sMAPE menunjukkan bahwa prosentase kesalahan yang dihasilkan oleh model juga semakin kecil. sMAPE merupakan pembaharuan dari MAPE, sehingga ketepatan untuk sMAPE sama dengan MAPE (Makridakis dan Hibon, 2000). Nilai MAPE yang dihasilkan mempunyai interpretasi sebagai berikut yaitu (Chen *et al*, 2008):

- $MAPE < 10\%$ adalah kemampuan peramalan sangat baik
- $10\% \leq MAPE < 20\%$ adalah kemampuan peramalan baik
- $20\% \leq MAPE < 50\%$ adalah kemampuan peramalan cukup
- $MAPE \geq 50\%$ adalah kemampuan peramalan buruk

3. METODE PENELITIAN

Metode analisis yang digunakan untuk meramalkan impor di Jawa Tengah dalam penelitian ini adalah metode peramalan dengan metode *fuzzy* Chen dan metode *fuzzy* S. R. Singh. Data penelitian ini *software* yang digunakan untuk membantu dalam proses perhitungan komputasi adalah menggunakan *software* Rstudio dengan package “*AnalyzeTS*” dan Ms. Excel 2016

Langkah-langkah analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data
2. Melakukan peramalan untuk data menggunakan metode runtun waktu *fuzzy* Chen
3. Melakukan peramalan untuk data menggunakan metode runtun waktu *fuzzy* S. R. Singh

4. Menghitung nilai ketepatan peramalan menggunakan *symmetric* MAPE (sMAPE) pada masing-masing metode
5. Menentukan metode peramalan terbaik dengan sMAPE terkecil
6. Interpretasi dan kesimpulan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penerapan *Fuzzy Time Series* Metode Chen

Pada metode runtun waktu *fuzzy* yang dikembangkan oleh Chen, berdasarkan langkah-langkah yang telah dibahas pada bab sebelumnya diperoleh hasil sebagai berikut:

1. $U = [D_{\min} - D_1 ; D_{\max} - D_2]$
 $= [558,80 - 58,80 ; 1563,75 + 436,25]$
 $= [500 ; 2000]$
2. Misalkan U akan dibagi ke dalam 8 interval, maka panjang interval adalah

$$\ell = \frac{[(D_{\max} + D_2) - (D_{\min} - D_1)]}{k} = \frac{[(1563,75 + 436,25) - (558,80 - 58,80)]}{8} = \frac{1500}{8} = 187.50$$

sehingga diperoleh $U_1 = [500 ; 687.50]$, $U_2 = [687.50 ; 875.00]$, $U_3 = [875.00 ; 1062.50]$, $U_4 = [1062.50 ; 1250.00]$, $U_5 = [1250.00 ; 1437.50]$, $U_6 = [1437.50 ; 1625.00]$, $U_7 = [1625.00 ; 1812.50]$, $U_8 = [1812.50 ; 2000.00]$
3. Hasil fuzzifikasi data historis impor di Jawa Tengah dapat dilihat pada Tabel 3.
4. Berdasarkan fuzzifikasi data pada tahap ke-3 tersebut, diperoleh relasi logika *fuzzy* adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Relasi Logika *Fuzzy*

-	$A_4 \rightarrow A_2$	$A_3 \rightarrow A_2$	$A_4 \rightarrow A_5$
$A_4 \rightarrow A_4$	$A_2 \rightarrow A_3$	$A_2 \rightarrow A_4$	$A_5 \rightarrow A_6$
$A_4 \rightarrow A_6$	$A_3 \rightarrow A_2$	$A_4 \rightarrow A_3$	$A_6 \rightarrow A_4$
$A_6 \rightarrow A_4$	$A_2 \rightarrow A_2$	$A_3 \rightarrow A_2$	$A_4 \rightarrow A_6$
$A_4 \rightarrow A_5$	$A_2 \rightarrow A_2$	$A_2 \rightarrow A_3$	$A_6 \rightarrow A_5$
$A_5 \rightarrow A_5$	$A_2 \rightarrow A_2$	$A_3 \rightarrow A_2$	$A_5 \rightarrow A_4$
$A_5 \rightarrow A_6$	$A_2 \rightarrow A_2$	$A_2 \rightarrow A_3$	$A_4 \rightarrow A_4$
$A_6 \rightarrow A_5$	$A_2 \rightarrow A_1$	$A_3 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_4$
$A_5 \rightarrow A_5$	$A_1 \rightarrow A_2$	$A_4 \rightarrow A_2$	$A_4 \rightarrow A_4$
$A_5 \rightarrow A_4$	$A_2 \rightarrow A_2$	$A_2 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_4$
$A_4 \rightarrow A_5$	$A_2 \rightarrow A_2$	$A_4 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_4$
$A_5 \rightarrow A_4$	$A_2 \rightarrow A_3$	$A_4 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_2$
$A_4 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_2$	$A_4 \rightarrow A_4$	$A_2 \rightarrow A_4$
$A_3 \rightarrow A_2$	$A_2 \rightarrow A_2$	$A_4 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_4$
$A_2 \rightarrow A_3$	$A_2 \rightarrow A_2$	$A_4 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_4$
$A_3 \rightarrow A_4$	$A_2 \rightarrow A_2$	$A_4 \rightarrow A_5$	$A_4 \rightarrow A_4$
$A_4 \rightarrow A_3$	$A_2 \rightarrow A_2$	$A_5 \rightarrow A_5$	$A_4 \rightarrow A_4$
$A_3 \rightarrow A_4$	$A_2 \rightarrow A_3$	$A_5 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_4$

5. Relasi logika *fuzzy* pada tahap ke-4 diklasifikasikan ke dalam kelompok-kelompok

Tabel 2. Kelompok Relasi Logika *Fuzzy* pada Metode Runtun Waktu *Fuzzy* Chen

Kelompok	Relasi Logika <i>Fuzzy</i>	Kelompok	Relasi Logika <i>Fuzzy</i>
----------	----------------------------	----------	----------------------------

1	A1 → A1, A2	5	A5 → A4, A5, A6
2	A2 → A1, A2, A3, A4	6	A6 → A4, A5
3	A3 → A2, A3, A4	7	A7 → ∅
4	A4 → A2, A3, A4, A5, A6	8	A8 → ∅

6. Menghitung hasil peramalan

Tabel 3. Fuzzifikasi Data Historis dan Hasil Peramalan Menggunakan Metode Chen

Bulan	Impor	Fuzzifikasi	Peramalan
Januari 2014	1192.33	A4	NA
Februari 2014	1241.17	A4	1156.4719
Maret 2014	1486.79	A6	1156.4719
April 2014	1192.83	A4	1250.225
Mei 2014	1392.67	A5	1156.4719
Juni 2014	1384.07	A5	1250.225
Juli 2014	1563.75	A6	1250.225
Agustus 2014	1335.77	A5	1250.225
September 2014	1319.61	A5	1250.225
Oktober 2014	1200.44	A4	1250.225
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
April 2019	1141.05	A4	1156.4719
Mei 2019	1090.38	A4	1156.4719
Juni 2019	810.40	A2	1156.4719
Juli 2019	1097.27	A4	875.2125
Agustus 2019	965.33	A4	1156.4719
September 2019	984.65	A4	968.9656
Oktober 2019	1104.33	A4	968.9656
November 2019	1166.61	A4	1156.4719
Desember 2019	1176.87	A4	1156.4719
Januari 2020	-	-	1156.4719

Nilai sMAPE yang diperoleh pada metode Chen adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{sMAPE} &= \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|F_t - A_t|}{(|A_t| + |F_t|)} \times 100\% = \\
 &= \frac{2}{72} \times \left(\frac{|1156.4719 - 1241.17|}{(|1241.17| + |1156.4719|)} + \frac{|1156.4719 - 1486.79|}{(|1486.79| + |1156.4719|)} + \dots + \right. \\
 &\quad \left. \frac{|1156.4719 - 1176.87|}{(|1176.87| + |1156.4719|)} \right) \times 100\% \\
 &= 0.10952 = 10.952\%
 \end{aligned}$$

4.2. Penerapan *Fuzzy Time Series* Metode S. R. Singh

Pada metode runtun waktu *fuzzy* metode S. R. Singh, diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Untuk langkah kesatu sampai dengan ketiga diperoleh hasil yang sama dengan hasil pada metode S. R. Singh

2. Hasil fuzzifikasi data historis impor di Jawa Tengah dapat dilihat pada Tabel 6.
3. Hasil Relasi Logika *Fuzzy* metode S. R. Singh dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Relasi Logika *Fuzzy* Metode S. R. Singh

-	$A4 \rightarrow A2$	$A2 \rightarrow A1$	$A3 \rightarrow A5$
$A4 \rightarrow A4$	$A2 \rightarrow A3$	$A1 \rightarrow A3$	$A5 \rightarrow A6$
$A4 \rightarrow A6$	$A3 \rightarrow A2$	$A3 \rightarrow A3$	$A6 \rightarrow A4$
$A6 \rightarrow A4$	$A2 \rightarrow A2$	$A3 \rightarrow A2$	$A4 \rightarrow A6$
$A4 \rightarrow A5$	$A2 \rightarrow A2$	$A2 \rightarrow A3$	$A6 \rightarrow A5$
$A5 \rightarrow A5$	$A2 \rightarrow A2$	$A3 \rightarrow A1$	$A5 \rightarrow A3$
$A5 \rightarrow A6$	$A2 \rightarrow A2$	$A1 \rightarrow A2$	$A3 \rightarrow A3$
$A6 \rightarrow A5$	$A2 \rightarrow A1$	$A2 \rightarrow A3$	$A3 \rightarrow A3$
$A5 \rightarrow A5$	$A1 \rightarrow A1$	$A3 \rightarrow A2$	$A3 \rightarrow A4$
$A5 \rightarrow A4$	$A1 \rightarrow A1$	$A2 \rightarrow A3$	$A4 \rightarrow A4$
$A4 \rightarrow A5$	$A1 \rightarrow A2$	$A3 \rightarrow A3$	$A4 \rightarrow A3$
$A5 \rightarrow A4$	$A2 \rightarrow A3$	$A3 \rightarrow A4$	$A3 \rightarrow A2$
$A4 \rightarrow A3$	$A3 \rightarrow A1$	$A4 \rightarrow A3$	$A2 \rightarrow A4$
$A3 \rightarrow A2$	$A1 \rightarrow A2$	$A3 \rightarrow A4$	$A4 \rightarrow A3$
$A2 \rightarrow A3$	$A2 \rightarrow A2$	$A4 \rightarrow A3$	$A3 \rightarrow A3$
$A3 \rightarrow A3$	$A2 \rightarrow A2$	$A3 \rightarrow A5$	$A3 \rightarrow A4$
$A3 \rightarrow A3$	$A2 \rightarrow A2$	$A5 \rightarrow A5$	$A4 \rightarrow A4$
$A3 \rightarrow A4$	$A2 \rightarrow A2$	$A5 \rightarrow A3$	$A4 \rightarrow A4$

4. Hasil kelompok relasi logika *fuzzy* metode S. R. Singh dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Kelompok Relasi Logika *Fuzzy* Metode S. R. Singh

<i>Fuzzy Logical Relation Group</i>	
1	$A1 \rightarrow A1, A1 \rightarrow A2, A1 \rightarrow A3$
2	$A2 \rightarrow A1, A2 \rightarrow A2, A2 \rightarrow A3, A2 \rightarrow A4$
3	$A3 \rightarrow A1, A3 \rightarrow A2, A3 \rightarrow A3, A3 \rightarrow A4, A3 \rightarrow A5$
4	$A4 \rightarrow A2, A4 \rightarrow A3, A4 \rightarrow A4, A4 \rightarrow A5, A4 \rightarrow A6$
5	$A5 \rightarrow A3, A5 \rightarrow A4, A5 \rightarrow A5, A5 \rightarrow A6$
6	$A6 \rightarrow A4, A6 \rightarrow A5$
7	-
8	-

5. Peramalan

Dengan memasukkan sintaks-sintaks pada *software* R studio maka diperoleh output hasil komputasi dari *software* tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Fuzzifikasi Data Hasil dan Hasil Peramalan Menggunakan Metode S. R. Singh

Bulan	Impor	Fuzzifikasi	Peramalan
Januari 2014	1192.33	A4	NA
Februari 2014	1241.17	A4	NA
Maret 2014	1486.79	A6	NA

April 2014	1192.83	A4	1124.7359
Mei 2014	1392.67	A5	1323.326
Juni 2014	1384.07	A5	1365.854
Juli 2014	1563.75	A6	1528.6615
Agustus 2014	1335.77	A5	1368.4891
September 2014	1319.61	A5	1346.3978
Oktober 2014	1200.44	A4	1159.4906
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
April 2019	1141.05	A4	1174.9120
Mei 2019	1090.38	A3	1143.2103
Juni 2019	810.40	A2	781.4594
Juli 2019	1097.27	A4	1156.4719
Agustus 2019	965.33	A3	968.9656
September 2019	984.65	A3	965.5665
Oktober 2019	1104.33	A4	1154.1573
November 2019	1166.61	A4	1132.7103
Desember 2019	1176.87	A4	1165.8302

Nilai sMAPE yang didapat pada metode S. R. Singh adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{sMAPE} &= \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|F_t - A_t|}{(|A_t| + |F_t|)} \times 100\% \\
 &= \frac{2}{72} \times \left(\frac{|1124.7359 - 1192.83|}{(|1192.83| + |1124.7359|)} + \frac{|1323.326 - 1392.67|}{(|1392.67| + |1323.326|)} + \dots + \frac{|1165.8302 - 1176.87|}{(|1176.87| + |1165.8302|)} \right) \times 100\% \\
 &= 0.00503 = 5.03\%
 \end{aligned}$$

4.3. Pemilihan Metode Terbaik

Setelah dilakukan analisis peramalan data nilai impor di Jawa Tengah dari bulan Januari 2014 hingga Desember 2019 menggunakan *Fuzzy Time Series* metode Chen dan metode S. R. Singh, lalu dilakukan uji ketepatan metode peramalan yaitu dengan melihat nilai sMAPE, karena setiap bentuk peramalan pasti menghasilkan kesalahan. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah didapat, nilai sMAPE pada metode *Fuzzy Time Series* metode Chen adalah sebesar 0,10952 atau 10,952%. Sedangkan nilai sMAPE pada metode *Fuzzy Time Series* metode S. R. Singh adalah sebesar 0,0503 atau 5,03%. Dari hasil tersebut diperoleh nilai sMAPE pada metode *Fuzzy Time Series* metode S. R. Singh lebih kecil daripada nilai sMAPE pada metode *Fuzzy Time Series* metode S. R. Singh, sehingga diperoleh *Fuzzy Time Series* metode S. R. Singh sebagai metode terbaik.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, untuk metode Chen dan metode S. R. Singh diketahui bukan metode-metode terbaik. Namun perlu diketahui bahwa pemilihan metode harus mempertimbangkan pola data. Penelitian Nurkhasanah (2015) menggunakan data inflasi yang berpola horizontal sehingga menghasilkan nilai MSE yang besar. Sedangkan

pada penelitian Handoko (2010) menggunakan data sistem kelistrikan dengan periode waktu jam yang menghasilkan nilai MAPE yang lebih besar dibandingkan metode *fuzzy time series* metode Song Chissom, sehingga metode Chen dan metode S. R. Singh dinilai tidak cukup baik untuk pola data horizontal dan periode waktu jam. Pada penelitian ini, menggunakan pola data selain horizontal dan menggunakan data yang memiliki periode waktu bulanan. Berdasarkan hasil perhitungan, dengan pola data siklis dan menggunakan data yang memiliki periode waktu bulanan, menghasilkan nilai sMAPE yang kecil.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian empiris terhadap data impor di Jawa Tengah, nilai sMAPE pada *fuzzy time series* metode Chen adalah sebesar 0,1095 atau 10,95%. Sedangkan nilai sMAPE pada metode *Fuzzy Time Series* metode S. R. Singh adalah sebesar 0,0503 atau 5,03%. Sehingga diantara kedua metode tersebut, yang memiliki sMAPE terkecil adalah *fuzzy time series* metode S. R. Singh dan dapat disimpulkan bahwa pada kasus ini *fuzzy time series* metode S. R. Singh memiliki hasil yang lebih baik dan lebih akurat dibandingkan *Fuzzy Time Series* metode Chen. Selain itu, metode *fuzzy time series* metode Chen dan metode S. R. Singh ini lebih cocok menggunakan data yang berpola siklis dan data yang memiliki periode waktu bulanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, S. M. 1996. Forecasting Enrollments Based On *Fuzzy Time Series*. *Fuzzy Sets and Systems*. 81: 311-319
- Chen, S. M. 2000. Temperature Prediction Using *Fuzzy Time Series*. *Journal IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics*, Vol. 30, No.2.
- Handoko, B. 2009. *Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Pada Sistem Kelistrikan Jawa Timur dan Bali Menggunakan Fuzzy Time Series*. 2206:100-125.
- Makridakis, S. dan Hibbon, M. 2000. *The M3-Competition: Result, Conclusion and Implications*. *International Journal of Forecasting*. Vol.16, Hal:451-476.
- Nurkhasanah, L. A. 2015. *Perbandingan Metode Runtun Waktu Fuzzy Chen dan Fuzzy Markov Chain untuk Meramalkan Data Inflasi di Indonesia*. *Jurnal Gaussian*, 4(4), 917-926.
- Poulsen, J. R. 2009. *Fuzzy Time Series Forecasting: Developing A New Forecasting Model Based On High Order Fuzzy Time Series*. *Makalah pada Aalborg University Esbjerg (AAUE)*.
- Singh, S. R. 2007. A Simple Time Variant Method for *Fuzzy Time Series Forecasting*. *Cybernetics and System: An Int. Journal*. 38: 305-321.