

PERAMALAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY TIME SERIES CHENG DAN DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING (STUDY KASUS: JUMLAH WISATAWAN MANCANEGERA DI CANDI BOROBUDUR)

Petrus Kanisius Ola¹, Kartiko^{2*}

^{1,2} Jurusan Statistika, FST, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Email: Petrusola25@gmail.com¹, ook_kartiko@yahoo.com²

Abstract. Forecasting is a process of processing data that has passed and is projected for future interests by using several mathematical models. The model used in this research are Cheng Fuzzy Time Series method and Double Exponential Smoothing. In this research, the forecasting process of the number of foreign tourists visiting the Borobudur temple tourists attraction will be carried out using the last 12 years data, with the Cheng Fuzzy Time Series method then will be compared with the Double Exponential Smoothing method. Based on the results of the analysis, it can be concluded that the Double Exponential Smoothing method is a method that provides better results in predicting the number of foreign tourists visiting the Borobudur temple tourists attraction because it has a smaller forecasting value of 6.62%. Then obtained the results of forecasting the number of visitors in 2018 using the Fuzzy Time Series Cheng method and the Double Exponential Smoothing method and respectively as many as 293.920 visitors and 360.576 visitors.

Keywords: Forecasting, Cheng Fuzzy Time Series, Double Exponential Smoothing

Abstrak. Peramalan merupakan proses pengolahan data masa yang telah berlalu dan diproyeksikan untuk kepentingan di masa depan dengan menggunakan beberapa model matematis. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Fuzzy Time Series Cheng dan metode Double Exponential Smoothing. Dalam penelitian ini, akan dilakukan proses peramalan jumlah wisatawan mancanegara yang berkunjung ke tempat wisata candi Borobudur menggunakan data 12 tahun terakhir, dengan metode Fuzzy Time Series Cheng kemudian akan dibandingkan dengan metode Double Exponential Smoothing. Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa metode Double Exponential Smoothing merupakan metode yang memberikan hasil yang lebih baik dalam memprediksi jumlah wisatawan mancanegara yang berkunjung ke tempat wisata candi Borobudur karena memiliki nilai kesalahan peramalan lebih kecil yaitu 6.26%. Kemudian diperoleh hasil peramalan jumlah pengunjung pada tahun 2018 menggunakan metode Fuzzy Time Series Cheng dan metode Double Exponential Smoothing masing-masing sebanyak 294.920 jiwa dan 360.573 jiwa.

Kata kunci: Peramalan, Fuzzy Time Series Cheng, Double Exponential Smoothing.

1. PENDAHULUAN

Pariwisata merupakan sektor yang ikut berperan penting dalam usaha peningkatan pendapatan suatu negara dalam bidang perekonomian. Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak kekayaan alam dan budaya yang sangat indah salah satunya adalah tempat wisata candi Borobudur yang terletak di kota Magelang, Jawa Tengah. Candi Borobudur merupakan warisan budaya Indonesia dan tempat ibadah umat Buddha yang merupakan candi Buddha terbesar di dunia yang mempunyai bentuk yang megah sehingga memiliki daya tarik bagi wisatawan baik domestik maupun mancanegara.

Sebagai salah satu objek wisata yang menarik perhatian wisatawan mancanegara maka perlu dilakukan riset secara terus menerus mengenai volume kunjungan wisatawan untuk meminimalisasi kemungkinan buruk yang timbul akibat kemerosotan jumlah pengunjung, sehingga seorang pemimpin harus mampu menganalisa dan memprediksi kemungkinan untuk masa yang akan datang. Kemampuan untuk meramal atau *forecast* masa depan akan menjadi suatu hal yang penting bagi dasar pengambilan keputusan. Untuk mengetahui bagaimana perkiraan volume pengunjung pada masa yang akan datang maka digunakan teknik peramalan

*Corresponding author's email: : ook_kartiko@yahoo.com

dengan metode *Fuzzy Time Series* Cheng yang kemudian akan dibandingkan dengan metode *Double Exponential Smoothing*.

2. METODE

Fuzzy Time Series

FTS pertama kali dikembangkan oleh song dan Chissom pada tahun 1993. FTS adalah metode peramalan data yang menggunakan prinsip-prinsip *fuzzy* sebagai dasarnya.

Secara kasar himpunan *fuzzy* dapat diartikan sebagai suatu kelas bilangan dengan batasan samar. Jika *universe of discourse* (U) adalah himpunan semesta, $U = [u_1, u_2, \dots, u_p]$, maka suatu himpunan *fuzzy* A_i dari U dengan derajat keanggotaan umumnya dinyatakan sebagai berikut:

$$A_i = \frac{\mu_{A_i}(u_1)}{u_1} + \dots + \frac{\mu_{A_i}(u_p)}{u_p} \quad (1)$$

Dimana $\mu_{A_i}(\mu_i)$ adalah derajat keanggotaan dari μ_i ke A_i , dimana $\mu_{A_i}(\mu_i) \in [0,1]$ dan $1 \leq i \leq p$. Nilai derajat keanggotaan dari $\mu_{A_i}(\mu_i)$ didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu_{A_i}(u_i) = \begin{cases} 1 & ; \quad \text{jika } i = j \\ 0.5 & ; \quad \text{jika } i = j - 1 \text{ atau } j + 1 \\ 0 & ; \quad \text{yang lainnya} \end{cases} \quad (2)$$

Hal ini dapat digambarkan dengan aturan sebagai berikut:

Aturan 1: Jika data aktual X_t termasuk dalam μ_i , maka derajat keanggotaan untuk μ_i adalah 1, dan μ_{i+1} adalah 0,5 dan jika bukan μ_i dan μ_{i+1} , berarti dinyatakan nol.

Aturan 2 : Jika data aktual X_t termasuk dalam u_i , $1 \leq i \leq p$ maka derajat keanggotaan untuk u_i adalah 1, untuk u_{i-1} dan u_{i+1} adalah 0,5 dan jika bukan u_i , u_{i-1} dan u_{i+1} berarti dinyatakan nol.

Aturan 3 : Jika data aktual X_t termasuk dalam u_i , maka derajat keanggotaan untuk u_i adalah 1, dan untuk u_{i-1} adalah 0,5 dan jika bukan u_i dan u_{i-1} berarti dinyatakan nol (Boaisha dan Amaitik, 2010).

Fuzzy Time Series Cheng

Metode *Fuzzy Time Series* Cheng mempunyai cara yang sedikit berbeda dalam penentuan interval, menggunakan Fuzzy Logical Relationship (FLR) dengan memasukkan semua hubungan (all relationship) dan memberikan bobot berdasarkan pada urutan dan perulangan FLR yang sama. Langkah-langkah peramalan dengan menggunakan metode FTS Cheng yaitu:

1. Menentukan himpunan semesta (U) data aktual, yaitu:

$$U = [d_{min}, d_{max}] \quad (3)$$

dimana d_{min} merupakan data terkecil sedangkan d_{max} adalah data terbesar.

2. Menentukan lebar interval menggunakan distribusi frekuensi

Langkah-langkah menentukan lebar interval yaitu:

- a. Menentukan rentang (range)

Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$R = d_{max} - d_{min} \quad (4)$$

di mana R adalah rentang; d_{max} adalah data terbesar; d_{min} adalah data terkecil.

- b. Menentukan banyaknya interval kelas dengan menggunakan Persamaan Sturges dengan rumus:

$$K = 1 + 3,322 \times \log n \quad (5)$$

- c. Menentukan lebar interval.

Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$I = \frac{\text{Range data } (R)}{\text{Banyaknya interval kelas } (K)} \quad (6)$$

d. Mencari nilai tengah.

Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$m_i = \frac{(\text{batas bawah} + \text{batas atas})}{2} \quad (7)$$

dimana i adalah banyaknya himpunan fuzzy.

3. Himpunan fuzzy dibentuk dengan melihat jumlah frekuensi yang berbeda, maka pada frekuensi terbanyak pertama dibagi menjadi h interval yang sama. Berikutnya, frekuensi terbanyak kedua dibagi atas $h - 1$ interval yang sama, interval pada frekuensi terbanyak ketiga dibagi menjadi $h - 2$ interval yang sama. Hal ini dilakukan sampai pada interval dengan frekuensi yang tidak dapat dibagi lagi.
4. Mendefinisikan himpunan fuzzy A_i dan melakukan fuzzifikasi pada data aktual yang diamati.
5. Membuat tabel FLR berdasarkan data aktual. FLR dapat dilambangkan oleh $A_i \rightarrow A_j$, di mana A_i disebut current state dan A_j disebut next state.
6. Menentukan bobot relasi FLR menjadi Fuzzy Logical Relationship Group (FLRG) dengan memasukkan semua hubungan (*all relationship*) dan memberikan bobot berdasarkan pada urutan dan perulangan yang sama. FLR yang memiliki *current state* (A_i) yang sama digabungkan menjadi satu grup ke dalam bentuk matriks pembobotan. Misal terdapat suatu urutan FLR yang sama.

($t = 1$) $A_1 \rightarrow A_1$, diberikan bobot 1

($t = 2$) $A_2 \rightarrow A_1$, diberikan bobot 1

($t = 3$) $A_1 \rightarrow A_1$, diberikan bobot 2

($t = 4$) $A_1 \rightarrow A_1$, diberikan bobot 3

di mana t menyatakan waktu, Kemudian bobot yang didapat pada relasi FLR dimasukkan ke dalam bentuk matriks pembobot (\mathbf{W}) yang persamaannya ditulis sebagai berikut:

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1p} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2p} \\ \vdots & \vdots & w_{ij} & \vdots \\ w_{p1} & w_{p2} & \cdots & w_{pp} \end{bmatrix} \quad (8)$$

dimana \mathbf{W} adalah matriks pembobot; w_{ij} adalah bobot matriks pada baris ke- i dan kolom ke- j dengan $i = 1, 2, \dots, p$; $j = 1, 2, \dots, p$.

7. Kemudian mentransfer bobot FLRG kedalam bentuk matriks pembobot terstandarisasi (\mathbf{W}^*) yang ditulis sebagai berikut:

$$\mathbf{W}^* = \begin{bmatrix} w_{11}^* & w_{12}^* & \cdots & w_{1p}^* \\ w_{21}^* & w_{22}^* & \cdots & w_{2p}^* \\ \vdots & \vdots & w_{ij}^* & \vdots \\ w_{p1}^* & w_{p2}^* & \cdots & w_{pp}^* \end{bmatrix} \quad (9)$$

di mana \mathbf{W}^* adalah matriks pembobot terstandarisasi dengan

$$w_{ij}^* = \frac{w_{ij}}{\sum_{j=1}^p w_{ij}} \quad (10)$$

8. Menentukan defuzzifikasi nilai peramalan untuk menghasilkan nilai peramalan, matriks pembobot terstandarisasi (\mathbf{W}^*) dikalikan dengan m_i , Mencari nilai tengah (m_i) pada interval himpunan fuzzy dapat menggunakan:

$$m_i = \frac{(\text{batas bawah} + \text{batas atas})}{2} \quad (11)$$

Sehingga perhitungan peramalannya menjadi :

$$F_i = w_{i1}^*(m_1) + w_{i2}^*(m_2) + \dots + w_{ip}^*(m_p) \quad (12)$$

Dimana F_i adalah hasil peramalan; dengan $w_{ij}^* = \frac{w_{ij}}{\sum_{j=1}^p w_{ij}}$

Apabila hasil fuzzifikasi periode ke- i adalah A_i , dan A_i tidak memiliki FLR pada FLRG dengan kondisi $A_i \rightarrow \emptyset$, dimana nilai maksimum derajat keanggotaannya berada pada u_i , maka nilai peramalan (F_i) adalah nilai tengah dari u_i , atau didefinisikan dengan m_i (Fahmi dkk, 2013).

Double Exponential Smoothing Satu Parameter Dari Brown

Double Exponential Smoothing satu parameter dari Brown merupakan model linier yang dikemukakan oleh Brown. Konsep dasar *Double Exponential Smoothing* satu parameter dari Brown ini serupa dengan *Double Moving Average* karena perbedaan antara nilai pemulusan tunggal dan ganda dapat ditambahkan kepada nilai pemulusan tunggal dan disesuaikan jika terdapat trend. Pada metode ini proses *Smoothing* dilakukan dua kali untuk melakukan peramalan (Jatra, 2013). Langkah-langkah dalam melakukan peramalan menggunakan metode linear satu parameter dari Brown adalah;

1. Menentukan nilai *Smoothing* pertama

$$s'_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)s'_{t-1} \quad (13)$$

Dengan :

s'_t = nilai pemulusan *Exponential* tunggal untuk periode t

α = konstanta pembobotan eksponensial tunggal

x_t = nilai aktual periode t

s'_{t-1} = nilai peramalan periode $t-1$

2. Menentukan nilai *Smoothing* kedua

$$s''_t = \alpha s'_t + (1 - \alpha)s''_{t-1} \quad (14)$$

Dengan :

s''_t = nilai pemulusan *Exponential* ganda untuk periode t

s''_{t-1} = nilai *Double Exponential Smoothing* periode $t-1$

3. Menentukan nilai konstanta a_t

$$a_t = s'_t + (s'_t - s''_t) \quad (15)$$

4. Menentukan nilai *Slope* b_t

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (s'_t - s''_t) \quad (16)$$

5. Menentukan nilai peramalan

$$F_{t+m} = a_t + b_t m \quad (17)$$

Dengan :

F_{t+m} = nilai peramalan periode t

m = jumlah periode yang akan diramalkan

Ukuran Kesalahan Peramalan

Pada prinsipnya peramalan dilakukan dengan membandingkan hasil peramalan dengan kenyataan yang terjadi. Penggunaan teknik peramalan yang menghasilkan penyimpangan terkecil adalah teknik peramalan yang paling sesuai untuk digunakan. Ketepatan hasil peramalan dapat dihitung dengan menggunakan ukuran kesalahan persentase dengan rumus sebagai berikut:

1. Kesalahan Persentase (Percentage Error)

$$PE_t = \left(\frac{x_t - F_t}{x_t} \right) (100) \quad (18)$$

2. Nilai Tengah Persentase Error (Mean Percentage Error)

$$MPE = \sum_{i=1}^n PE_t / n \quad (19)$$

3. Kesalahan Persentase Absolut (APE)

$$APE = \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| (100) \quad (20)$$

4. Nilai Tengah Kesalahan Persentase Absolut (Mean Absolute Percentage Error)

$$MAPE = \sum_{i=1}^n |PE_t| / n \quad (21)$$

dimana X_t adalah data aktual pada periode ke- t ; n adalah banyaknya data. Suatu model mempunyai kinerja sangat bagus jika nilai MAPE berada di bawah 10%, dan mempunyai kinerja bagus jika nilai MAPE berada diantara 10% dan 20%. Dengan demikian ketepatan hasil peramalan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Ketepatan peramalan} = 100\% - MAPE \quad (21)$$

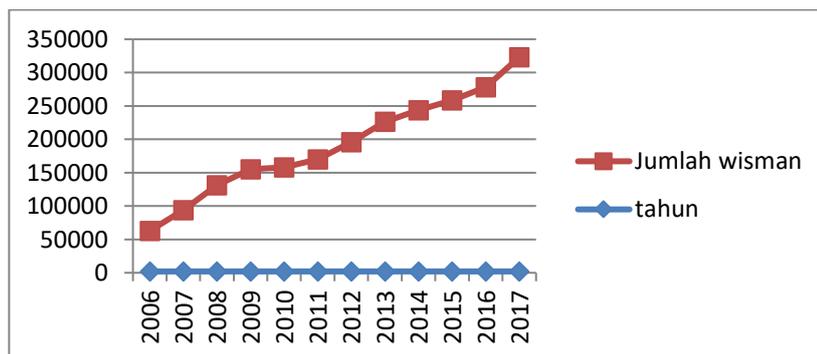
Salah satu metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Double Exponential Smoothing* satu parameter dari Brown, sehingga nilai MAPE ini akan digunakan untuk mencari parameter α terbaik dengan cara *trial and error*. Penentuan parameter α dalam praktek hanya mengambil kisaran nilai yang terbatas, walaupun secara teoritis α dapat dianggap bernilai 0 sampai 1 (Makridakis, Wheelwright, dan McGee, 2003).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Deskriptif

Tabel 1. Data jumlah Wisman di candi Borobudur

Tahun	Jumlah Wisman
2006	60.850
2007	91.898
2008	129.383
2009	151.248
2010	155.961
2011	168.028
2012	193.982
2013	224.287
2014	241.814
2015	256.363
2016	276.141
2017	320.927



Gambar 1. Grafik Jumlah Wisatawan Mancanegara di Candi Borobudur Tahun 2006 – 2017

Pada Gambar 1 diketahui bahwa jumlah pengunjung candi Borobudur mengalami peningkatan setiap tahunnya atau memiliki pola data tren naik dengan jumlah pengunjung paling rendah terjadi pada tahun 2006 yaitu 60.850 jiwa sedangkan jumlah pengunjung paling tinggi terjadi pada tahun 2017 yaitu 320.927 jiwa

Metode Fuzzy Time Series Cheng1. Himpunan Semesta (U)

Berdasarkan data aktual pengunjung mancanegara di Candi Borobudur pada tahun 2006 sampai 2017 diperoleh jumlah pengunjung paling sedikit terjadi pada tahun 2017 yaitu $d_{min} = 60.850$ jiwa dan jumlah pengunjung paling banyak pada tahun 2006 yaitu $d_{max} = 320.927$ jiwa, sehingga himpunan semesta yang dibentuk berupa interval:

$$U = [60.850, 320.927]$$

2. Menentukan panjang interval menggunakan distribusi frekuensi dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1) Menghitung *Range*

Berdasarkan rumus (4), diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R &= (d_{min} - d_{max}) \\ &= (320.927 - 60.850) \\ &= 260.077 \end{aligned}$$

2) Menghitung Interval Kelas

Berdasarkan rumus (5), diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} K &= 1 + 3,322 \times \log(n) \\ &= 1 + 3,322 \times \log(12) \\ &= 4,59 \text{ dibulatkan menjadi } 5 \end{aligned}$$

3) Menghitung Lebar Interval

Berdasarkan rumus (6), diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} I &= \frac{R}{K} \\ &= \frac{260.077}{5} = 52.015,4 \end{aligned}$$

3. Pembentukan himpunan Fuzzy dengan melihat jumlah frekuensi yang berbeda

Tabel 2 Frekuensi Kepadatan Data Jumlah Wisatawan Mancanegara di Candi Borobudur

u_i	Batas Bawah	Batas Atas	Jumlah Data	Jumlah Sub Interval	Lebar Sub Interval
u_1	60.850	112.865	2	1	52.015
u_2	112.866	164.880	3	2	26.008
u_3	164.881	216.895	2	1	52.015
u_4	216.896	268.910	3	2	26.008
u_5	268.911	320.925	2	1	52.015

Pada Tabel 2 diperoleh 2 frekuensi yang berbeda yaitu, 2 dan 3. Frekuensi terbanyak yaitu 3 yang dibagi menjadi 2 interval yang sama dan frekuensi terkecil yaitu 2 yang dibagi menjadi 1 interval yang sama sehingga diperoleh 7 sub interval yang akan menjadi domain dari himpunan interval fuzzy yang terbentuk sehingga terdapat 7 himpunan fuzzy yang disajikan dalam tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 3 Himpunan Fuzzy dengan Kepadatan Frekuensi

Frekuensi				
A_i	Batas Bawah	Batas Atas	Lebar Sub-Interval	Nilai tengah
A_1	60.850	112.865	52.015	86858
A_2	112.866	164.881	26.008	138874
A_3	138.874	190.889	26.008	164882
A_4	164.882	216.897	52.015	190890
A_5	216.897	268.912	26.008	242905
A_6	242.905	294.920	26.008	268913
A_7	268.913	320.928	52.015	294921

4. Pembentukan Fuzzifikasi

Pembentukan fuzzifikasi dilakukan dengan mendefinisikan data aktual ke dalam interval yang terbentuk.

Tabel 4 Fuzzifikasi Data Aktual

Tahun	Jumlah wisatawan	Fuzzifikasi
2006	60.850	A_1
2007	91.898	A_1
2008	129.383	A_2
2009	153.248	A_3
2010	155.961	A_3
2011	168.028	A_4
2012	193.982	A_4
2013	224.287	A_5
2014	241.814	A_5
2015	256.363	A_6
2016	276.141	A_7
2017	320.927	A_7

5. Pembentukan Fuzzy Logical Relationship dan FLR Group

Hubungan fuzzy logic diidentifikasi berdasarkan data historis yang telah di fuzzifikasikan. Jika suatu variabel time series $F(t-1)$ mempunyai bentuk fuzzifikasi A_k dan $F(t)$ sebagai A_m , maka A_k mempunyai hubungan dengan A_m atau dapat dikatakan A_k dapat meramalkan data pada A_m . Hubungan seperti ini dapat ditulis dengan notasi $A_k \rightarrow A_m$.

Tabel 5 Hasil *Fuzzy Logic Relationship* (FLR)

Tahun	FLR
2006	*
2007	$A_1 \rightarrow A_1$
2008	$A_1 \rightarrow A_2$
2009	$A_2 \rightarrow A_3$
2010	$A_3 \rightarrow A_3$
2011	$A_3 \rightarrow A_4$
2012	$A_4 \rightarrow A_4$
2013	$A_4 \rightarrow A_5$
2014	$A_5 \rightarrow A_5$
2015	$A_5 \rightarrow A_6$
2016	$A_6 \rightarrow A_7$
2017	$A_7 \rightarrow A_7$

Pada Tabel 5 data fuzzifikasi pertama 2006 bernilai kosong karena digunakan sebagai data fuzzifikasi pertama untuk pembentukan FLR. Setelah membentuk FLR selanjutnya membentuk FLR Group berdasarkan hasil FLR. Jika *fuzzy set* yang mempunyai hubungan atau dapat meramalkan dengan lebih dari satu *set*, maka *right hand side* dapat digabung. Sebagai contoh fuzzy A_1 mempunyai hubungan atau dapat meramalkan A_1 dan A_2 sehingga terbentuk FLRG $A_1 \rightarrow A_1, A_2$.

Tabel 6 Hasil *Fuzzy Logic Relationship Group* (FLRG)

Group	Current state	Next State
Group 1	$A_1 \rightarrow$	$A_1 \quad A_2$
Group 2	$A_2 \rightarrow$	A_3
Group 3	$A_3 \rightarrow$	$A_3 \quad A_4$
Group 4	$A_4 \rightarrow$	$A_4 \quad A_5$

Group 5	$A_5 \rightarrow$	A_5	A_6
Group 6	$A_6 \rightarrow$	A_7	
Group 7	$A_7 \rightarrow$	A_7	

6. Pembobotan FLRG

Berdasarkan rumus (8) maka diperoleh matriks pembobot FLRG sebagai berikut:

$$W = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

7. Hasil Matriks Terstandarisasi

Berdasarkan rumus (9) dan (10) di peroleh matriks W^* sebagai berikut:

$$W^* = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

8. Melakukan Proses Defuzzifikasi Nilai Peramalan

Berdasarkan rumus (11) dan (12) maka diperoleh defuzzifikasi nilai peramalan sebagai berikut:

Tabel 7 Defuzzifikasi Nilai Peramalan

Nilai W_{ij}^*							Nilai Tengah	Fi
0,5	0,5	0	0	0	0	0	86.858	106363,5
0	0	1	0	0	0	0	125.869	151877
0	0	0,5	0,5	0	0	0	151.877	171383
0	0	0	0,5	0,5	0	0	190.889	210394,5
0	0	0	0	0,5	0,5	0	229.900	242904
0	0	0	0	0	0	1	255.908	294920
0	0	0	0	0	0	1	294.920	294920

Setelah melakukan proses defuzzifikasi nilai peramalan maka selanjutnya akan dihitung nilai peramalan jumlah wisatawan mancanegara yang berkunjung ke tempat wisata Candi Borobudur pada tahun 2007 sampai pada tahun 2017 dengan melihat fuzzifikasi pada data aktual pada tabel 8 sebagai berikut:

Tabel 8 Hasil Peramalan Metode *Fuzzy Time Series* Cheng

Tahun	Jumlah Wisman	Fuzzifikasi	Hasil Peramalan
2006	60.850	A_1	*
2007	91.898	A_1	106.364
2008	129.383	A_2	106.364
2009	153.248	A_3	151.877
2010	155.961	A_3	171.383
2011	168.028	A_4	171.383

Tahun	Jumlah Wisman	Fuzzifikasi	Hasil Peramalan
2012	193.982	A_4	210.395
2013	224.287	A_5	210.395
2014	241.814	A_5	242.904
2015	256.363	A_6	242.904
2016	276.141	A_7	294.920
2017	320.927	A_7	294.920

Berdasarkan Tabel 8 dapat dihitung peramalan jumlah wisatawan mancanegara di candi Borobudur pada tahun 2018 dengan melihat fuzzifikasi tahun sebelumnya maka berada pada A_7 sehingga nilai peramalan tahun 2018 adalah 294.920 jiwa.

Pengukuran Ketepatan Hasil peramalan metode *Fuzzy Time Series Cheng*

Berdasarkan rumus (18),(19),(20) dan (21) maka diperoleh nilai MAPE sebagai berikut:

Tabel 9 hasil perhitungan nilai MAPE

Tahun	Jumlah wisman	Nilai Ramalan	PE_t	APE_t
2006	60.850	*		
2007	91.898	106.364	(15,74)	15,74136543
2008	129.383	106.364	17,79	17,79136363
2009	153.248	151.877	0,89	0,894628315
2010	155.961	171.383	(9,89)	9,888369528
2011	168.028	171.383	(2,00)	1,996691028
2012	193.982	210.395	(8,46)	8,461094328
2013	224.287	210.395	6,19	6,193849844
2014	241.814	242.904	(0,45)	0,450759675
2015	256.363	242.904	5,25	5,249977571
2016	276.141	294.920	(6,80)	6,800511333
2017	320.927	294.920	8,10	8,103712059
Jumlah			(5,11)	81,57232273
Rata-rata			(0,51)	7,415665703

Pada tabel 9 diketahui nilai mape menggunakan metode *Fuzzy Time Series Cheng* yaitu 7,41%

Double Exponential Smoothing

Berdasarkan rumus (13),(14),(15),(16) dan (17) maka diperoleh nilai peramalan tahun 2008 – 2017 sebagai berikut:

Tabel 10 Hasil Peramalan Metode Double Exponential Smoothing Menggunakan $\alpha = 0.9$

Tahun	Jumlah wisman	S't	S''t	α_t	b_t	F_t
2006	60.850	60.850	60.850	60.850	0	
2007	91.898	88.793	85.999	91.588	25.149	
2008	129.383	125.324	121.392	129.257	35.393	116.736
2009	153.248	150.456	147.549	153.362	26.158	164.649
2010	155.961	155.410	154.624	156.197	7.075	179.520
2011	168.028	166.766	165.552	167.980	10.928	163.272
2012	193.982	191.260	188.690	193.831	23.138	178.908
2013	224.287	220.984	217.755	224.214	29.065	216.969
2014	241.814	239.731	237.533	241.929	19.779	253.279
2015	256.363	254.700	252.983	256.416	15.450	261.707
2016	276.141	273.997	271.896	276.098	18.912	271.866
2017	320.927	316.234	311.800	320.668	39.905	295.011

Berdasarkan hasil peramalan tahun 2017 dengan rumus (17) maka diperoleh peramalan jumlah wisatawan mancanegara di candi Borobudur pada tahun 2018 yaitu:

Berdasarkan nilai konstanta a_{2017} dan nilai slope b_{2017} maka:

$$\begin{aligned}
 F_{t+m} &= a_t + b_t m \\
 F_{2017+1} &= a_{2017} + b_{2017}(1) \\
 F_{2018} &= 320.668 + (39.905*1) \\
 &= 360.573 \text{ jiwa}
 \end{aligned}$$

Pengukuran Ketepatan Hasil peramalan metode *Double Exponential Smoothing*

Tabel 11 Hasil Perbandingan Nilai Peramalan dan Nilai Kesalahan Peramalan

Tahun	Jumlah wisman	F_t	PE_t	APE_t
2006	60.850			
2007	91.898			
2008	129.383	116.736	9,77	9,774545342
2009	153.248	164.649	(7,44)	7,439679474
2010	155.961	179.520	(15,11)	15,10550586
2011	168.028	163.272	2,83	2,830642512
2012	193.982	178.908	7,77	7,770742327
2013	224.287	216.969	3,26	3,262875493
2014	241.814	253.279	(4,74)	4,741287644
2015	256.363	261.707	(2,08)	2,084622787
2016	276.141	271.866	1,55	1,548053592
2017	320.927	295.011	8,08	8,075482633
Jumlah			3,89	62,63343767
Rata-rata			0,39	6,263343767

Pada tabel 9 diketahui nilai mape menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* yaitu 6,26%

Pemilihan Metode Terbaik

Pada Tabel 12 dapat diketahui bahwa metode yang memberikan hasil peramalan lebih baik dalam penelitian ini adalah metode *Double Exponential Smoothing* karena memiliki nilai kesalahan lebih kecil yaitu 6,26%.

Tabel 12 Hasil Perbandingan Nilai Peramalan dan Nilai Kesalahan Peramalan

Metode	Nilai Peramalan	MAPE
Fuzzy Time Series Cheng	294.920	7,415666
Double Exponential Smoothing	360.573	6,263343767

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitunn diperoleh peramalan jumlah wisatawan mancanegara yang berkunjung ke tempat wisata candi Borobudur pada tahun 2018 menggunakan metode Fuzzy Time Series Cheng dan metode *Double Exponential Smoothing* masing-masing adalah sebanyak 294.920 jiwa dan 360.573 jiwa.

Berdasarkan hasil Perhitungan nilai kesalahan peramalan menggunakan metode *Fuzzy Time Series Cheng* diperoleh nilai MAPE sebesar 7.42% sedangkan dengan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* diperoleh nilai MAPE sebesar 6.26%, sehingga metode yang memberikan hasil peramalan lebih baik pada penelitian ini adalah metode *Double Exponential Smoothing* karena memiliki nilai kesalahan peramalan lebih kecil.

Ucapan Terima Kasih

Dalam penyusunan tulisan ini, banyak pihak yang telah memberikan dukungan kepada penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada seluruh dosen dan pimpinan Jurusan Statistika Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

Daftar Pustaka

- [1] Anggraeni W, 2016, Perbandingan Metode *Fuzzy Time Series* HSU dan *Double Exponential Smoothing* pada Peramalan Nilai Tukar Rupiah Terhadap Dolar Amerika, jurusan Pendidikan Matematika, Univ. Indraprasta PGRI, Jakarta.
- [2] Fahmi T, dkk, 2013, Perbandingan Metode Pemulusan Exponential Tunggal dan *Fuzzy Time Series* Untuk Memprediksi Indeks Saham Gabungan, Jurusan Statistika FSM, Univ. Diponegoro, Semarang.
- [3] Markridakis S, Steven CW, Victor EMG, 1999, *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Jilid 1, Ed.2, diterjemahkan oleh Suminto, H., Binarupa Aksara, Jakarta.
- [4] Mansyur & Rohadi E, 2015, Sistem Informasi Peramalan Stok Barang di CV. Annora Asia Menggunakan Metode *Double Exponential Smoothing*, Program Studi Teknik Informatika, Politeknik Negri Malang, Malang.
- [5] Mardhiyah R, 2016, Perbandingan Metode *Double Exponential Smoothing* dan *Fuzzy Time Series* Pada Peramalan Penjualan, Skripsi, Program studi Teknik Informatika, UN PGRI Kediri, Kediri.
- [6] Noeryanti, dkk, 2012, Aplikasi Pemulusan Exponensial Dari Brown dan Dari Holt Untuk Data Trend, Jurusan Matematika, FST, IST AKPRIND Yogyakarta.
- [7] Prayogi A.R, 2018, *Demand Forecasting* Penggunaan Energi Listrik (KWH) Menggunakan *Fuzzy Time Series* Cheng, Skripsi, Program Studi Statistika FMIPA, Univ. Islam Indonesia, Yogyakarta.
- [8] Sumartini, dkk, 2017, Peramalan Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* Cheng, Program Studi Statistika FMIPA, Univ. Mulawarman, Samarinda, Kalimantan Timur.
- [9] Tauryawati M.L dan Irawan M.I, 2014, Perbandingan Metode *Fuzzy Time Series* Cheng dan Metode Box-Jenkins Untuk Memprediksi IHSG, Jurusan Matematika FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.