



Forecasting Rice Price with Double Exponential Smoothing and Fuzzy Time Series Methods (Case Study: Price of Rice in Mataram City)

Sulpaiyah ^a, Syamsul Bahri ^b, Lisa Harsyiah ^{c*}

^a Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Mataram, Jl Majapahit No. 62, Mataram, 83125, Indonesia. Email: sulpaiyah@gmail.com

^b Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Mataram, Jl Majapahit No. 62, Mataram, 83125, Indonesia. Email: syamsul_math@unram.ac.id

^c Program Studi Matematika, FMIPA, Universitas Mataram, Jl Majapahit No. 62, Mataram, 83125, Indonesia. Email: lisa_harsyiah@unram.ac.id

ABSTRACT

Rice has become the main staple food for almost the entire population of Indonesia. However, in Indonesia, the price of food commodities (rice) often fluctuates in price. Due to the rapid fluctuation of rice prices and the uncertainty in the future, it is necessary to forecast rice prices. This study aims to predict the price of rice in the city of Mataram using the Holt double exponential smoothing method and the Cheng fuzzy time series. The model's performance is based on Mean Squared Error (MSE) and Mean Absolute Percentage Error (MAPE) indicators. Forecasting model based on Holt's double exponential smoothing method, the MSE value is 705967.4994 and the MAPE value is 7.91%. On the other hand, based on Cheng's fuzzy time series method, the performance of the forecasting model based on the MSE indicator is 627400.307 and based on the MAPE value of 7.39%. Based on these results, Cheng's fuzzy time series method is more accurate than Holt's double exponential smoothing method.

Keywords: Double Exponential Smoothing Holt, Fuzzy Time Series Cheng, Rice Price, MAPE, MSE

Diserahkan: 11-11-2021; Diterima: 16-12-2022;

Doi: <https://doi.org/10.29303/emj.v5i2.123>

1. Pendahuluan

Beras telah menjadi bahan makanan pokok utama bagi hampir keseluruhan penduduk Indonesia. Seiring pertumbuhan penduduk yang cukup pesat, jumlah keperluan bahan pangan secara nasional cenderung mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Namun di Indonesia harga komoditas bahan pangan (misalnya beras dan lain-lain) sering mengalami fluktuasi harga (Sumaryanto, 2009). Adanya fluktuasi harga beras yang begitu cepat dan tidak adanya kepastian di masa

yang akan datang menuntut perlunya dilakukan peramalan harga beras.

Peramalan dapat dilakukan berdasarkan metode statistika. Berbagai metode statistika telah digunakan untuk peramalan sesuai kebutuhan. Oleh karena itu, dilakukan perbandingan metode untuk mendapatkan hasil ramalan dengan akurasi yang tinggi. Pada masa awal perkembangan, *exponential smoothing* merupakan metode yang digunakan untuk peramalan. Metode *exponential smoothing* adalah prosedur perbaikan yang dilakukan secara terus-menerus pada

* Corresponding author.

Alamat e-mail: lisa_harsyiah@unram.ac.id

peramalan terhadap data yang baru dan menunjukkan pembobotan menurun secara eksponensial pada data terdahulu (Makridakis dkk, 1999).

Kelebihan dari metode *smoothing* adalah dapat menggunakan data yang relatif sedikit jika dibandingkan dengan metode yang lainnya, parameter yang digunakan lebih sedikit serta data yang digunakan adalah data *time series* tidak mengandung unsur musiman dan mudah dalam pengelolaan data (tidak perlu transformasi data jika data yang digunakan tidak stasioner dan tidak perlu melakukan analisis *autoregresi*) dalam meramalkan (Inayah, 2010).

Selain *exponential smoothing* berbagai teknik *soft computing* seperti system *fuzzy* banyak dikembangkan untuk peramalan data *time series*. Metode yang digunakan untuk meramalkan data *time series* adalah logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* merupakan metode yang mempunyai kemampuan untuk memproses variabel yang bersifat samar-samar atau yang tidak dapat dideskripsikan menggunakan bahasa (*linguistic*) (Uliana, 2017). Metode *fuzzy time series* adalah konsep baru dalam mengatasi masalah peramalan dengan berdasarkan teori logika *fuzzy*. Metode yang digunakan pada penelitian ini metode *fuzzy time series* Cheng. Metode *fuzzy time series* Cheng merupakan peramalan adaptif yang memiliki ukuran kesalahan peramalan lebih kecil (Tauryawati dan Irawan, 2014).

Penelitian ini membandingkan hasil peramalan harga beras menggunakan metode *exponential smoothing* dan *fuzzy time series*. Selain karena menghasilkan ukuran kesalahan peramalan yang relatif kecil, kedua metode ini juga bekerja pada data *time series* yang tidak membutuhkan asumsi yang sulit untuk dipenuhi dalam penyelesaiannya.

2. Landasan Teori

2.1 Metode Peramalan

Metode peramalan merupakan cara memprediksi yang akan terjadi pada masa depan secara sistematis dan pragmatis atas data yang relevan pada masa lalu, sehingga dengan metode peramalan diharapkan dapat memberikan objektivitas yang lebih besar. Adapun untuk mengetahui metode peramalan yang tepat digunakan, maka yang harus diperhatikan adalah pemilihan jenis peramalan. Berdasarkan sifatnya, peramalan dibedakan atas dua macam yaitu, peramalan kualitatif dan peramalan kuantitatif. Pola data dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu (Makridakis dkk, 1999): Pola Horizontal, Pola *Trend*, Pola Musiman, dan Pola Siklis.

2.2 Metode Double Exponential Smoothing

Metode pemulusan eksponensial linear dari *Holt* dalam perinsipnya serupa dengan *Brown*, tetapi *Holt* tidak menggunakan rumus pemulusan berganda secara langsung. *Holt* memuluskan nilai trend dengan parameter yang berbeda dari parameter yang digunakan pada deret yang asli. Persamaan yang digunakan metode ini adalah (Ola & Kartiko, 2019):

$$S_t = aX_t + (1 - a)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.1)$$

$$b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1} \quad (2.2)$$

Persamaan yang digunakan untuk membuat peramalan pada periode m yang akan datang adalah:

$$F_{t+m} = S_t + b_t m \quad (2.3)$$

Keterangan:

- S_t = nilai pemulusan eksponensial
- a = konstanta pemulusan ($0 < a < 1$)
- γ = konstanta pemulusan untuk estimasi *trend* ($0 < \gamma < 1$)
- b_t = estimasi *trend*
- X_t = data aktual pada periode t
- m = jumlah periode ke depan yang diramalkan
- F_{t+m} = nilai prediksi m periode ke depan

Proses inisialisasi untuk *exponential smoothing* dari *Holt* memerlukan dua taksiran, yang satu mengambil nilai pemulusan pertama untuk S_1 dan yang lain mengambil *trend* b_1 . Yang pertama adalah mudah yaitu pilih $S_1 = X_1$ Taksiran *trend* yaitu:

$$b_1 = \frac{(X_2 - X_1) + (X_3 - X_2) + (X_4 - X_3)}{3} \quad (2.4)$$

2.3 Metode Fuzzy Time Series

Fuzzy time series (FTS) pertama kali dikembangkan oleh Song dan Chissom pada tahun 1993. *Fuzzy time series* adalah metode peramalan data yang menggunakan prinsip-prinsip *fuzzy* sebagai dasarnya (Rahmawati, Cynthia, dan Susilowati, 2019). Ada beberapa alasan digunakannya logika *fuzzy*, antara lain:

1. Konsep dalam logika *fuzzy* mudah untuk dipahami.
2. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
3. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat seperti data yang "eksklusif", maka logika *fuzzy* memiliki kemampuan untuk menangani data eksklusif tersebut.

4. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus memalui proses pelatihan.
5. Logika *fuzzy* dapat bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
6. Bahasa dalam logika *fuzzy* mudah dimengerti

2.3.1 Metode Fuzzy Time Series Cheng

Metode *Fuzzy Time Series* Cheng merupakan perbaikan dari algoritma Chen. Algoritma Chen sendiri mempunyai beberapa kekurangan, yaitu tidak mempertimbangkan adanya pengulangan dan tidak adanya pembobotan (*weighted*) yang semakin kecil pada pengamatan yang semakin lama. Beberapa orang kemudian mencoba memperbaiki algoritma Chen. Kelebihan metode *fuzzy time series* Cheng yaitu mempunyai cara yang sedikit berbeda dalam menentukan interval, menggunakan *fuzzy logical relationship* (FLR) dengan memasukkan semua hubungan (*all relationship*) dan memberikan bobot berdasarkan pada urutan dan perulangan FLR yang sama (Ola dan Kartiko, 2019). Berikut ini adalah tahapan-tahapan peramalan pada data *time series* dengan menggunakan *fuzzy time series* Cheng (Harsyiah, Fitriyani, dan Salwa, 2020):

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

$$U = [d_{min}; d_{max}] \quad (2.5)$$

dimana d_{min} adalah data terkecil dan d_{max} adalah data terbesar.

2. Penentuan lebar interval menggunakan distribusi frekuensi lebih mudah digunakan daripada penentuan interval lain. Adapun langkah-langkah penentuan interval berdasarkan distribusi frekuensi sebagai berikut:

- a. Menentukan rentang (*range*) dengan rumus sebagai berikut:

$$R = d_{max} - d_{min} \quad (2.6)$$

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

- b. Menentukan banyaknya interval kelas dengan menggunakan Persamaan Sturges. Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$K = 1 + 3.322 \log (n) \quad (2.7)$$

- c. Menentukan lebar interval. Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$l = \frac{\text{range } (R)}{\text{banyak interval kelas } (K)} \quad (2.8)$$

- d. Mencari nilai tengah. Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$m_i = \frac{(\text{batas bawah} + \text{batas atas})}{2} \quad (2.9)$$

3. Himpunan *fuzzy* dibentuk dengan melihat jumlah frekuensi yang berbeda dan lebih besar dari nol (frekuensi yang sama dihitung sekali). Misalkan terdapat h frekuensi yang berbeda, kemudian 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. Misalkan A_1, A_2, \dots, A_p merupakan himpunan *fuzzy* yang mempunyai nilai linguistik dari suatu variabel linguistik, maka pendefinisian himpunan *fuzzy* A_1, A_2, \dots, A_p pada himpunan semesta U adalah sebagai berikut.

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

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

$$A_3 = \{0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + \dots + 0/u_p\}$$

⋮

$$A_p = \{0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 1/u_p\} \quad (2.10)$$

dimana u_j ($j = 1, 2, \dots, p$) adalah elemen dari himpunan semesta (U) dan bilangan yang diberi symbol “/” menyatakan derajat keanggotaan $\mu_{A_i}(u_j)$ terhadap A_i ($i = 1, 2, \dots, p$) yang dimana nilainya adalah 0, 0.5 atau 1. Secara kasar himpunan *fuzzy* dapat diartikan sebagai suatu kelas bilangan dengan batasan samar. Jika *universe of discourse* (U) adalah himpunan semesta $U = [u_1, u_2, \dots, u_K]$, maka suatu himpunan *fuzzy* A_i dari U dengan derajat

keanggotaan umumnya dinyatakan sebagai berikut:

$$A_i = \left\{ \frac{\mu_{A_i}(u_1)}{u_1} + \dots + \frac{\mu_{A_i}(u_p)}{u_p} \right\} \quad (2.11)$$

dimana $\mu_{A_i}(u_j)$ merupakan derajat keanggotaan dari u_j ke A_i dimana $\mu_{A_i}(u_j) \in [0, 1]$ dan $1 \leq j \leq p$ (p merupakan banyak kelas). Nilai derajat keanggotaan dari $\mu_{A_i}(u_j)$ didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu_{A_i}(u_j) = \begin{cases} 1, & \text{jika } i = j \\ 0.5, & \text{ } i = j - 1 \text{ atau } j + 1 \\ 0, & \text{yang lainnya} \end{cases} \quad (2.12)$$

Hal tersebut dapat digambarkan dengan aturan sebagai berikut ini.

Aturan 1: Jika data aktual X_t termasuk dalam u_j , maka derajat keanggotaan untuk u_j adalah 1, dan u_{j+1} adalah 0.5 dan jika bukan u_j dan u_{j+1} , berarti dinyatakan nol.

Aturan 2: Jika data aktual X_t termasuk dalam u_j , $1 \leq i \leq p$ maka derajat keanggotaan untuk u_j adalah 1, dan u_{j-1} dan u_{j+1} adalah 0.5 dan jika bukan u_j , u_{j-1} , dan u_{j+1} berarti dinyatakan nol.

Aturan 3: Jika data aktual X_t termasuk dalam u_j , maka derajat keanggotaan untuk u_j adalah 1, dan u_{j-1} adalah 0.5 dan jika bukan u_j dan u_{j-1} , berarti dinyatakan nol.

5. Membuat tabel FLR berdasarkan data aktual. FLR dapat dilambangkan oleh $A_i \rightarrow A_j$, dimana A_i disebut *current state* dan A_j disebut *next state*.
6. Menentukan bobot relasi *fuzzy logical relationship* (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

dimana t menyatakan waktu

7. Kemudian bobot yang didapat pada relasi FLR dimasukkan kedalam bentuk matriks pembobot (\mathbf{W}) yang persamaannya ditulis sebagai berikut:

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1p} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2p} \\ \vdots & \vdots & w_{ij} & \vdots \\ w_{p1} & w_{2p} & \dots & w_{pp} \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

dimana \mathbf{W} merupakan pembobot dari \mathbf{W}_{ij} yang merupakan matriks pada baris ke- i dan kolom ke- j dengan $i = 1, 2, \dots, p$; $j = 1, 2, \dots, p$.

8. Kemudian mentransfer bobot FLRG tersebut ke dalam bentuk matriks pembobot terstandarisasi (\mathbf{W}^*) yang persamaannya ditulis sebagai berikut:

$$\mathbf{W}^* = \begin{bmatrix} w_{11}^* & w_{12}^* & \dots & w_{1p}^* \\ w_{21}^* & w_{22}^* & \dots & w_{2p}^* \\ \vdots & \vdots & w_{ij}^* & \vdots \\ w_{p1}^* & w_{2p}^* & \dots & w_{pp}^* \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

dimana \mathbf{W}^* adalah matriks pembobot terstandarisasi dengan rumus sebagai berikut.

$$w_{ij}^* = \frac{w_{ij}}{\sum_{j=1}^p w_{ij}} \quad (2.15)$$

9. 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 Persamaan (2.40). Sehingga perhitungan peramalannya menjadi:

$$F_i = w_{i1}^*(m_1) + w_{i2}^*(m_2) \dots + w_{ip}^*(m_p) \quad (2.16)$$

dimana F_i adalah hasil peramalan, dengan w_{ip}^* merupakan persamaan (2.16).

Apabila hasil dari fuzzifikasi pada periode ke- i adalah A_i , dan A_i tidak mempunyai FLR pada FLRG atau dapat dituliskan dengan kondisi $A_j \rightarrow \emptyset$, dimana nilai maksimum derajat keanggotaan berada pada u_i , maka nilai dari prediksi (F_i) adalah nilai tengah u_i , atau dapat didefinisikan m_i (Fahmi, Sudarno, dan Wilandari, 2013).

2.4 Fitur Solver di Microsoft Excel

Solver merupakan salah satu program tambahan (*add-in*) di *Microsoft Excel* yang digunakan untuk menganalisis data guna memperoleh nilai optimal, baik maksimum ataupun minimum. Fitur ini membutuhkan satu sel yang berisi sebuah rumus (*Objective Cell*), batasan (*constrains*) tertentu, dan variabel tujuan yang ingin diubah nilainya.

Sederhananya, *Solver* dapat digunakan untuk menentukan nilai maksimum atau minimum satu sel dengan mengubah sel lain. Fungsi *Solver* memiliki 3 metode penyelesaian (Mayang S., 2020), yaitu:

1. *Generalized Reduced Gradient (GRG) Nonlinear* digunakan untuk memecahkan masalah *non-linear* yang halus.
2. *LP Simplex* digunakan untuk masalah *linear*
3. *Evolutionary* sama dengan *LP Simplex* dan *GRG*, tetapi menggunakan algoritma genetika untuk menemukan solusinya. *Evolutionary Solver* dapat digunakan untuk setiap rumus atau fungsi *Excel*, baik *linear* maupun *non-linear*.

2.5 Ukuran Kesalahan Peramalan

Untuk mengevaluasi harga parameter peramalan, digunakan ukuran kesalahan peramalan. Harga parameter peramalan yang terbaik adalah harga yang memberikan nilai kesalahan peramalan yang terkecil. Terdapat berbagai macam ukuran kesalahan yang dapat diklasifikasikan menjadi ukuran standart dalam statistik dan ukuran relatif.

Beberapa kriteria yang digunakan untuk menguji ketepatan ramalan (Makridakis, Wheelwright, dan Mcgee, 1999) sebagai berikut:

1. Nilai Rata-rata Kesalahan

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n} \quad (2.17)$$

$$e_i = X_i - F_i \quad (2.18)$$

2. Nilai Rata-rata Kesalahan Mutlak

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} \quad (2.19)$$

3. Nilai Rata-rata Kesalahan Kuadrat

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n} \quad (2.20)$$

4. Nilai Rata-rata Persentase Kesalahan

$$MPE = \frac{\sum_{i=1}^n PE_i}{n} \quad (2.21)$$

$$PE_i = \frac{X_i - F_i}{X_i} \quad (2.22)$$

5. Nilai Rata-rata Persentase Kesalahan Mutlak

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n |PE_i|}{n} \times 100\% \quad (2.23)$$

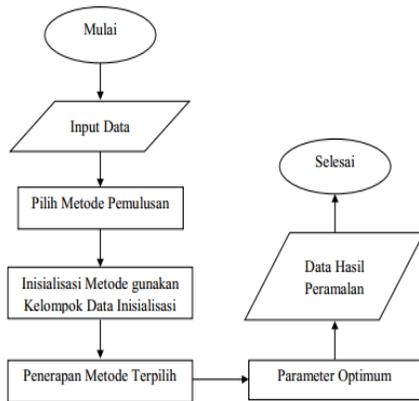
3. Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang didapatkan langsung dari kantor Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Mataram pada bulan Januari 2014 sampai dengan Februari 2018 dengan jumlah data sebanyak 50 data. Data akan dianalisis menggunakan *software* statistika yaitu Minitab 16 dan *microsoft excel*.

Langkah-langkah analisis yang digunakan sebagai berikut:

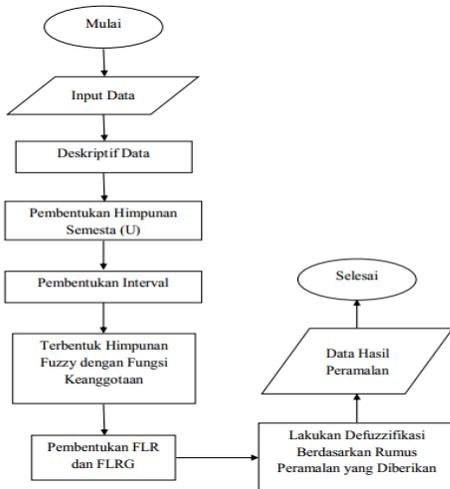
1. Studi literatur terhadap materi yang terkait dengan judul penelitian yang akan dilakukan, mengenai pemahaman metode *double exponential smoothing* dan metode *fuzzy time series*.
2. Pengumpulan data Harga Beras yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Mataram.
3. Pemodelan peramalan dengan metode *double exponential smoothing* dan metode *fuzzy time series*.
4. Membandingkan hasil dan ketepatan peramalan dari metode *double exponential smoothing* dan metode *fuzzy time series*.

Adapun langkah-langkah metode *exponential smoothing* adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode *Exponential Smoothing*

Sedangkan langkah-langkah metode *fuzzy time series* Cheng sebagai berikut:

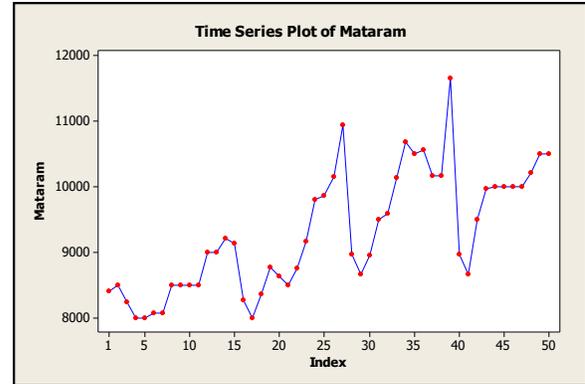


Gambar 3.2 Diagram Alir *Fuzzy Time Series* Cheng

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Karakteristik Data Harga Beras

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data harga beras dari bulan Januari 2014 sampai dengan Februari 2018 atau sebanyak 50 data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Mataram. Adapun *Time Series Plot* dari data yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 *Time Series Plot* Data Harga Beras di Kota Mataram pada bulan Januari 2014 sampai dengan Februari 2018

Pada Gambar 4.1 diketahui *time series plot* data harga beras di Kota Mataram pada bulan Januari 2014 sampai dengan Februari 2018 yang telah didapatkan, terlihat bahwa harga beras cenderung mengalami kenaikan atau dipengaruhi pola trend.

4.2 Metode *Double Exponential Smoothing Holt*

Pada metode *Double Exponential Smoothing* untuk memuluskan nilai *trend* menggunakan dua parameter konstanta pemulusan yaitu α dan γ yang bernilai 0 dan 1 dengan prediksi ramalan menggunakan tiga persamaan:

1. Menggunakan Nilai *Smoothing* Pertama dengan Persamaan (2.7)

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2.24)$$

Untuk $t = 1$

Karena pada saat $t = 1$ nilai S_1 belum tersedia maka untuk nilai S_1 sama dengan nilai data periode pertama ($X_1 = S_1$) yaitu 8400 dan untuk nilai *trend* pertama b_1 didapat dari persamaan (2.11) yaitu -133,333

Untuk $t = 2$, dan $\alpha = 0,1$, maka didapat:

$$S_2 = \alpha X_2 + (1 - \alpha)(S_{2-1} + b_{2-1})$$

$$S_2 = (0,1 * 8500) + (1 - 0,1)$$

$$(8400 - 133,333) = 8266,667$$

2. Menentukan nilai *trend* pada periode ke-t dengan menggunakan Persamaan (2.8)

$$b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma) b_{t-1} \quad (2.25)$$

Untuk $t = 2$

$$b_2 = (0,1)(8290 - 8400) + (1 - 0,1)(-133,333) = -131$$

3. Menghitung hasil ramalan tahun ke-3 dengan $m = 1$

$$F_{t+m} = S_t + b_t m \quad (2.26)$$

$$F_{2+1} = 8290 + (-131) = 8159$$

Nilai parameter α dan γ yang terbaik berdasarkan ukuran kesalahan peramalan (MSE) terkecil yang diperoleh menggunakan *Solver Excel*, yaitu pada $\alpha = 0,76189$ dan $\gamma = 0,03829$, dengan nilai $MSE = 386029,956$.

Ramalan dengan metode *Double Exponential Smoothing* dari Holt masih menggunakan data Harga Beras di Kota Mataram bulan Januari 2014 sampai dengan Februari 2018. Peramalan untuk bulan Maret 2018 sampai dengan Desember 2018 dihitung dengan Persamaan (2.9), sebagai berikut:

$$F_{t+m} = S_t + b_t m$$

Maka didapat hasil ramalan dengan menggunakan dua konstanta pemulusan α dan γ yang telah ditentukan sebelumnya.

Tabel 4.1 Data Hasil Peramalan dengan menggunakan Metode *Double Exponential Smoothing* Dua Parameter dari Holt

Harga beras	Peramalan DES
9750	10507,74356
9500	10529,22700
9500	10550,71044
9500	10572,19387
9500	10593,67731
9500	10615,16075
10000	10636,64419
10167	10658,12762
10417	10679,61106
10833	10701,09450

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa nilai ramalan yang diperoleh dari bulan Maret 2018 sampai dengan Desember 2018 mengalami peningkatan setiap bulan.

4.3 Metode *Fuzzy Time Series* Cheng

Pada metode FTS Cheng terdapat beberapa langkah-langkah yang harus dilakukan, yaitu sebagai berikut:

1. Himpunan Semesta (U)

Setelah mengurutkan data aktual harga beras di kota Mataram pada bulan Januari 2014 sampai dengan bulan Februari 2018 diperoleh $d_{\min} = 8000$ dan $d_{\max} = 11652$. Berdasarkan Persamaan (2.20), maka dapat dilihat himpunan semesta yang dibentuk berupa interval:

$$U = [8000, 11652]$$

Maka dari hasil ini terbentuk himpunan semesta $U = [8000, 11652]$.

2. Panjang interval menggunakan distribusi frekuensi memiliki langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menghitung *Range*

Berdasarkan Persamaan (2.21), diperoleh hasil sebagai berikut:

$$R = (11652 - 8000) = 3652$$

- b. Menghitung interval kelas

Berdasarkan Persamaan (2.22), diperoleh hasil sebagai berikut:

$$K = 1 + 3,322 \times \log n \\ = 1 + 3,322 \times \log 50 = 6,64398 \approx 7$$

- c. Menghitung lebar interval

Berdasarkan Persamaan (2.23), diperoleh hasil sebagai berikut:

$$I = \frac{R}{K} = \frac{3652}{7} = 521,714$$

3. Himpunan *fuzzy* dibentuk dengan melihat jumlah frekuensi yang berbeda.

Tabel 4.2 Frekuensi Kepadatan Data Harga Beras

U_i	Batas Bawah	Batas Atas	Jumlah data	Jumlah Sub-interval	Lebar Sub-interval
1	8000,000	8521,714	15	7	74,531
2	8521,714	9043,429	10	6	86,952
3	9043,429	9565,143	5	3	173,905
4	9565,143	10086,857	8	4	130,429
5	10086,857	10608,571	9	5	104,343
6	10608,571	11130,286	2	2	260,857
7	11130,286	11652,000	1	1	521,714

Tabel 4.2, dapat dilihat bahwa terdapat 28 sub interval yang akan menjadi domain dari himpunan fuzzy yang dibentuk, sehingga terdapat 28 sub interval yang akan disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Interval Fuzzy Menggunakan Kepadatan Frekuensi

U_i	Batas Bawah	Batas Atas	Lebar Sub-interval	Nilai Tengah (m_i)
u_1	8000,000	8074,531	74,531	8037,265
u_2	8074,531	8149,061	74,531	8111,796
u_3	8149,061	8223,592	74,531	8186,327
u_4	8223,592	8298,122	74,531	8260,857
u_5	8298,122	8372,653	74,531	8335,388
u_6	8372,653	8447,184	74,531	8409,918
u_7	8447,184	8521,714	74,531	8484,449
u_8	8521,714	8608,667	86,952	8565,190
u_9	8608,667	8695,619	86,952	8652,143
u_{10}	8695,619	8782,571	86,952	8739,095
u_{11}	8782,571	8869,524	86,952	8826,048
u_{12}	8869,524	8956,476	86,952	8913,000
u_{13}	8956,476	9043,429	86,952	8999,952
u_{14}	9043,429	9217,333	173,905	9130,381
u_{15}	9217,333	9391,238	173,905	9304,286
u_{16}	9391,238	9565,143	173,905	9478,190
u_{17}	9565,143	9695,571	130,429	9630,357
u_{18}	9695,571	9826,000	130,429	9760,786
u_{19}	9826,000	9956,429	130,429	9891,214
u_{20}	9956,429	10086,857	130,429	10021,643
u_{21}	10086,857	10191,200	104,343	10139,029
u_{22}	10191,200	10295,543	104,343	10243,371
u_{23}	10295,543	10399,886	104,343	10347,714
u_{24}	10399,886	10504,229	104,343	10452,057
u_{25}	10504,229	10608,571	104,343	10556,400
u_{26}	10608,571	10869,429	260,857	10739,000
u_{27}	10869,429	11130,286	260,857	10999,857
u_{28}	11130,286	11652,000	521,714	11391,143

4. Nilai linguistik dan himpunan fuzzy

Berikut ini adalah himpunan fuzzy yang terdefinisi berdasarkan Persamaan (2.25):

$$A_1 = \{1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + \dots + 0/u_{28}\}$$

$$A_2 = \{0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + \dots + 0/u_{28}\}$$

$$A_3 = \{0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + \dots + 0/u_{28}\}$$

⋮

$$A_{28} = \{0/u_1 + 0/u_2 + \dots + 0.5/u_{27} + 1/u_{28}\}$$

Tabel nilai linguistik dan himpunan fuzzy terdapat pada Tabel 4.4 (Ola dan Kartiko, 2019).

Tabel 4.4 Nilai Linguistik dari Himpunan Fuzzy (Fuzzifikasi)

Fuzzifikasi	Nilai Linguistik
A1	Sangat turun drastis sekali
A2	Sangat turun drastis
A3	Turun drastic
A4	Sangat-sangat turun sekali
A5	Sangat turun sekali
A6	Turun sekali
A7	Cukup turun drastis
A8	Cukup turun sekali
A9	Cukup turun
A10	Turun
A11	Sedikit turun drastis
A12	Sedikit turun sekali
A13	Sedikit turun
A14	Normal
A15	Normal
A16	Sedikit naik
A17	Sedikit naik sekali
A18	Sedikit naik drastis
A19	Naik
A20	Cukup naik
A21	Cukup naik sekali
A22	Cukup naik drastis
A23	Naik sekali
A24	Sangat naik sekali

Fuzzifikasi	Nilai Linguistik
A25	Sangat-sangat naik sekali
A26	Naik drastis
A27	Sangat naik drastis
A28	Sangat naik drastis sekali

5. Fuzzifikasi dan FLR (*Fuzzy Logical Relationship*)

Tahap fuzzifikasi berdasarkan banyaknya interval yang terbentuk. Hasil fuzzifikasi data harga beras yang dinotasikan ke dalam bilangan linguistic dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Fuzzifikasi dan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR)

Date	Harga Beras (Rp)	Fuzzifikasi	FLR
Januari 2014	8400	A6	-
Februari 2014	8500	A7	A6→A7
Maret 2014	8242	A4	A7→A4
April 2014	8000	A1	A4→A1
Mei 2014	8000	A1	A1→A1
Juni 2014	8067	A1	A1→A1
Juli 2014	8067	A1	A1→A1
⋮	⋮	⋮	⋮
Februari 2018	10500	A24	A24→A24

6. Bobot FLRG (*Fuzzy Logical Relationship Group*)

Berdasarkan Persamaan (2.28) maka didapat bobot FLRG yaitu sebagai berikut:

$$W = \begin{pmatrix} 3 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

7. Hasil matriks pembobot terstandarisasi (W^*)

Berdasarkan Persamaan (2.29) dapat dilihat pada Tabel 4.7 sebagai berikut:

Tabel 4.7 Matriks Pembobot Terstandarisasi

$X(t-1)$	$X(t)$									
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	...	A28	
A1	3/5	0	0	0	1/5	0	1/5	...	0	
A2	0	0	0	0	0	0	0	...	0	
A3	0	0	0	0	0	0	0	...	0	
A4	1	0	0	0	0	0	0	...	0	
A5	0	0	0	0	0	0	0	...	0	
A6	0	0	0	0	0	0	1	...	0	
A7	0	0	0	1/6	0	0	1/2	...	0	
A8	0	0	0	0	0	0	0	...	0	
A9	0	0	0	0	0	0	1/7	...	0	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
A28	0	0	0	0	0	0	0	...	0	

8. Proses Defuzzifikasi Nilai Peramalan

Ada dua tahapan yang akan dilakukan dalam proses defuzzifikasi yaitu yang pertama, mencari nilai tengah pada setiap interval berdasarkan Persamaan (2.24) pada Tabel 4.3 dan yang kedua, menghitung nilai peramalan berdasarkan Persamaan (2.31). Apabila hasil fuzzifikasi periode ke- i adalah A_i , dan A_i tidak memiliki FLR (*Fuzzy Logical Relationship*) pada FLRG (*Fuzzy Logical Relationship Group*) dengan kondisi $A_i \rightarrow \emptyset$, maka nilai peramalannya adalah nilai tengah dari A_i . Dengan demikian diperoleh hasil defuzzifikasi dari FLRG pada Tabel 4.8 sebagai berikut:

Tabel 4.8 Bobot FLRG dan Defuzzifikasi

$Current State (A_i)$	$Next State (A_j)$	Peramalan
A1	→ A1,A5,A7	8186,326
A2	→ ∅	8111,796
A3	→ ∅	8186,327
A4	→ A1	8037,265
A5	→ A10	8739,095
A6	→ A7	8484,449
A7	→ A4,A7,A10,A13	8575,542
A8	→ ∅	8565,190
A9	→ A7,A12,A16	8958,546
A10	→ A9,A14	8891,262
A11	→ ∅	8826,048
A12	→ A16	9478,190
A13	→ A9,A13,A14	8858,655
A14	→ A4,A14,A18	9050,675
A15	→ ∅	9304,286
A16	→ A17,A20	9826,000
A17	→ A21	10139,029
A18	→ A19	9891,214

Current State (A_i)	Next State (A_j)	Peramalan
A19	→ A21	10139,029
A20	→ A20,A22	10065,989
A21	→ A21,A26,A27,A28	10817,257
A22	→ A24	10452,057
A23	→ ∅	10347,714
A24	→ A24,A25	10504,229
A25	→ A21	10139,029
A26	→ A24	10452,057
A27	→ A13	8999,952
A28	→ A13	8999,952

Hasil peramalan harga beras dari bulan Januari 2014 sampai dengan bulan Maret 2018 dapat dilihat pada Tabel 4.9 sebagai berikut:

Tabel 4.9 Hasil Peramalan Harga Beras

Date	Harga Beras (Rp)	Fuzzifikasi	Peramalan (F_t)
Januari 2014	8400	A6	-
Februari 2014	8500	A7	8484,449
Maret 2014	8242	A4	8575,542
April 2014	8000	A1	8037,265
Mei 2014	8000	A1	8186,326
Juni 2014	8067	A1	8186,326
Juli 2014	8067	A1	8186,326
Agustus 2014	8500	A7	8186,326
September 2014	8500	A7	8575,542
Oktober 2014	8500	A7	8575,542
November 2014	8500	A7	8575,542
Desember 2014	9000	A13	8575,542
Januari 2015	9000	A13	8858,655
Februari 2015	9208	A14	8858,655
Maret 2015	9125	A14	9050,675
April 2015	8273	A4	9050,675
⋮	⋮	⋮	⋮
Juli 2015	8767	A10	8739,095
Januari 2018	10500	A24	10452,057
Februari 2018	10500	A24	10504,229
Maret 2018	-	-	10504,229

Peramalan pada metode FTS Cheng ini melihat fuzzifikasi data sebelumnya maka peramalan harga beras untuk bulan Maret 2018 menggunakan fuzzifikasi bulan Februari 2018 yaitu A24 dengan hasil peramalan sebesar 10504,229.

9. Hasil Ramalan

Setelah memperoleh hasil peramalan pada tahap sebelumnya, hasil peramalan yang diperoleh sebelumnya tersebut akan digunakan untuk meramalkan data pada periode waktu selanjutnya. Pada penelitian ini, periode waktu peramalan yang digunakan adalah periode waktu 10 bulan selanjutnya. Oleh karena itu, diperoleh hasil peramalan untuk 10 bulan yang akan datang pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Peramalan *outsample* Harga Beras

Date	Mataram (Xt)	Peramalan (Ft)
Maret 2018	9750	10504,229
Apr-18	9500	10139,029
Mei 2018	9500	10817,257
Juni 2018	9500	10452,057
Juli 2018	9500	10504,229
Agustus 2018	9500	10139,029
September 2018	10000	10817,257
Oktober 2018	10167	10452,057
November 2018	10417	10504,229
Desember 2018	10833	10139,029

Tabel 4.10 menunjukkan bahwa nilai ramalan yang diperoleh dengan metode *Fuzzy Time Series* Cheng dari bulan Maret 2018 sampai dengan Desember 2018 mengalami peningkatan.

4.4 Hasil Perbandingan Peramalan Metode *Double Exponential Smoothing* dan *Fuzzy time series* Cheng

Setelah dilakukan analisis data dengan metode *double exponential smoothing* dua parameter dari Holt dan metode *fuzzy time series* Cheng, selanjutnya dilakukan perbandingan hasil peramalan harga beras pada bulan Maret 2018 sampai dengan Desember 2018 sebagai berikut:

Tabel 4.11 Perbandingan Hasil Peramalan Data Harga Beras dengan Metode *Double Exponential Smoothing* dan Metode *Fuzzy Time Series* Cheng

Indeks	Data Aktual	Metode <i>Double Exponential</i>	Metode <i>Fuzzy Time Series</i> Cheng
1	9750	10507,74356	10504,229
2	9500	10529,227	10139,029
3	9500	10550,71044	10817,257
4	9500	10572,19387	10452,057
5	9500	10593,67731	10504,229
6	9500	10615,16075	10139,029
7	10000	10636,64419	10817,257
8	10167	10658,12762	10452,057
9	10417	10679,61106	10504,229
10	10833	10701,0945	10139,029
MSE		705967,4994	627400,307
MAPE		7,91%	7,39%

Berdasarkan Tabel 4.11 diperoleh Nilai MSE dan MAPE dari metode *double exponential smoothing* dari Holt sebesar 705967,4994 dan 7,91%. Metode *fuzzy time series* Cheng nilai MSE yang didapat sebesar 627400,307 dan nilai MAPE sebesar 7,39%. Dengan demikian hasil peramalan dengan menggunakan metode *fuzzy time series* Cheng ternyata lebih mendekati nilai data aktualnya daripada peramalan dengan menggunakan metode *double exponential smoothing* dari Holt.

5. KESIMPULAN

Peramalan harga beras di kota Mataram dengan menggunakan metode *double exponential smoothing* Holt diperoleh hasil peramalan harga beras dari bulan Maret 2018 sampai Desember 2018 dengan nilai MSE sebesar 705967,4994 dan nilai MAPE sebesar 7,91%. Sedangkan dengan menggunakan metode *fuzzy time series* Cheng diperoleh hasil peramalan harga beras dari bulan Maret 2018 sampai Desember 2018 dengan nilai MSE sebesar 627400,307 dan nilai MAPE sebesar 7,39%.

Berdasarkan hasil analisis data dapat diketahui bahwa, pada metode *fuzzy time series* Cheng memiliki ukuran kesalahan peramalan yang lebih kecil daripada metode *double exponential smoothing* dari Holt. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, metode *fuzzy time series* Cheng adalah metode yang lebih baik untuk memprediksi harga beras di kota Mataram.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS. (2017). Kota Mataram dalam Angka, Mataram.
- Fahmi, T., Sudarno, & Wulandari, Y. (2013). Perbandingan Metode Pemulusan Eksponensial Tunggal dan Fuzzy Time Series untuk Memprediksi Indeks Harga Saham Gabungan. *Jurnal Gaussian*. Vol. 2. No. 2. Halaman 137-146.
- Harsyiah, L., Fitriyani, N., & Salwa. (2020). Peramalan Jumlah Siswa Baru Madrasah Aliyah (MA) Manhalul Ma'arif Darek-Lombok Tengah. *Eigen Mathematics Journal*. Vol. 3. No. 2. Halaman 110 – 117.
- Inayah. (2010). *Tesis*. Perbandingan Metode Holt dan Brown pada *Double Exponential Smoothing*.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & Mcgee, V. E. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Edisi Kedua. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Mayang S., Yesy. (2020). *Skripsi*. Penerapan Metode Holt-Winters' Additive Exponential Smoothing untuk Peramalan (forecasting) Harga Bawang Merah di Yogyakarta.
- Ola, P. K., & Kartiko. (2019). Peramalan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Cheng dan Double Exponential Smoothing (Study Kasus: Jumlah Wisatawan Mancanegara di Candi Brobudur). *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*. Vol. 4. No. 1. Halaman 69-79.
- Tauryawati, M. L., & Irawan, M. Isa. (2014). Perbandingan Metode *Fuzzy Time Series* Cheng dan *Box-Jenkins* untuk memprediksi IHSG. *Jurnal Sains dan Seni Pomits* Vol. 3. No. 2.
- Rahmawati, Cynthia, E. P., & Susilowati, K. (2019). Metode *Fuzzy Time Series* Cheng dalam Memprediksi Jumlah Wisatawan di Provinsi Sumatra Barat. *Journal of Education Informatic Technology and Science*. Vol. 1. No. 1. Halaman 11-23.
- Sumartini, Hayati, M. N., & Wahyuningsih, S., (2017). Peramalan Menggunakan Metode *Fuzzy Time Series* Cheng. *Jurnal Eksponensial*. Vol. 8. No. 1. Halaman 51-56.

- Sumaryanto. (2009). Analisis Volatilitas Harga Eceran Beberapa Komoditas Pangan Utama dengan Model ARCH/GARCH. *Jurnal Agro Ekonomi*. Vol. 27. No. 2. Halaman 135-163.
- Uliana. (2017). *Skripsi*. Penerapan Metode Average - Based Fuzzy Time Series pada Pergerakan Data Harga Miyak.
- Xihao, S., & Yimin, L. (2008). *Average-Based Fuzzy Time Series Models for Forecasting Shanghai Compound Index*. *World Journal of Modelling and Simulation*. Vol. 4. Halaman 104-111.