

## Pemilihan Parameter Optimum Exponential Smoothing dengan Golden Section untuk Meramalkan Curah Hujan di Kabupaten Kutai Timur

### *Selection of Optimum Exponential Smoothing Parameters with Golden Section to Forecast Rainfall in East Kutai Regency*

Lita Vindiyatus Sa'diyah<sup>1</sup>, Sri Wahyuningsih<sup>2a)</sup>, Memi Nor Hayati<sup>3</sup>

<sup>1, 2</sup>Laboratorium Ekonomi dan Bisnis FMIPA Universitas Mulawarman, Indonesia

<sup>1, 2, 3</sup>Program Studi Statistika, Jurusan Matematika, FMIPA Universitas Mulawarman, Indonesia

<sup>a)</sup>Corresponding author: [swahyuningsih@fmipa.unmul.ac.id](mailto:swahyuningsih@fmipa.unmul.ac.id)

#### ABSTRACT

The exponential smoothing method is one method that can be used to forecast time series data by smoothing the data. In this research, the method used is exponential smoothing with one smoothing parameter from Brown. The data used is the amount of rainfall in East Kutai for the period January 2017 to December 2021. The purpose of this study was to obtain the optimum parameter value of the exponential smoothing method using the golden section method to obtain MAPE values and obtain forecasting results for the amount of rainfall in East Kutai Regency for the period January to March 2022. From the results of the analysis, smoothing parameters was obtained optimum in Double Exponential Smoothing (DES) of 0.3924052 and Triple Exponential Smoothing (TES) of 0.1995108. The results showed that forecasting the amount of rainfall with the DES method had a MAPE of 37.9061200% and the TES method had a MAPE of 39.4323800%. The DES method is a better method than the TES method to forecast the amount of rainfall in East Kutai Regency.

**Keywords:** exponential smoothing, forecasting, golden section, rainfall

#### 1. Pendahuluan

Peramalan adalah suatu metode memperkirakan nilai masa depan dengan memperhatikan data masa lalu maupun data masa kini. Peramalan dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan jangka waktu peramalan, yaitu peramalan jangka pendek, peramalan jangka menengah, dan peramalan jangka panjang. Pemilihan metode peramalan dapat dilakukan dengan mempertimbangkan jenis pola data, yaitu pola stasioner, *trend*, musiman, dan siklis (Makridakis, dkk., 1999). Metode *exponential smoothing* merupakan salah satu metode peramalan jangka pendek (Purba, 2015). Metode *exponential smoothing* dapat dibagi menjadi beberapa macam berdasarkan pemulusannya, yakni metode *Single Exponential Smoothing* (SES), *Double Exponential Smoothing* (DES), dan *Triple Exponential Smoothing* (TES). Metode SES digunakan pada data yang mempunyai pola stasioner. Metode DES digunakan untuk data yang menunjukkan *trend* meningkat atau menurun dalam jangka waktu tertentu. Metode TES dapat digunakan untuk data yang menunjukkan pola *trend* dan pola musiman (Makridakis, dkk., 1999).

Parameter *smoothing* terbaik merupakan suatu nilai yang memberikan peramalan mendekati data sebenarnya, ditentukan dengan menggunakan metode optimasi *trial and error*. Cara lain untuk menentukan nilai parameter *smoothing* pada *exponential smoothing* adalah dengan menggunakan metode *golden section*. Terdapat beberapa penelitian mengenai penerapan metode *golden section* sebagai metode optimasi parameter *smoothing*, seperti penelitian yang dilakukan oleh Fitria (2018) tentang optimasi parameter metode SES menggunakan metode *golden section*, dihasilkan tingkat kesalahan peramalan yang sangat baik, yaitu sebesar 99,21% dan membutuhkan waktu yang lebih singkat dibandingkan menggunakan cara *trial and error*. Penelitian yang dilakukan oleh Yeng, dkk (2020), tentang identifikasi parameter optimum metode DES menggunakan *golden section*, diperoleh tingkat akurasi kurang dari 5%, artinya tingkat akurasi peramalan sangat baik. Suatu optimasi dapat juga digunakan diberbagai bidang, seperti bidang sosial-ekonomi, pariwisata, dan iklim.

Aplikasi metode *exponential smoothing* dapat diterapkan pada data curah hujan. Berdasarkan Badan Pusat Statistik, Kabupaten Kutai Timur mempunyai musim yang serupa dengan wilayah Indonesia pada umumnya. Bulan Mei sampai dengan bulan Oktober biasanya terjadi musim kemarau, sedangkan bulan November sampai dengan bulan April terjadi musim penghujan. Namun dalam beberapa tahun terakhir, situasi musiman di Kabupaten Kutai Timur kadang tidak menentu. Pada bulan-bulan yang seharusnya kemarau justru terjadi hujan dengan musim cukup lama, sedangkan bulan-bulan yang seharusnya turun hujan dalam

kenyataannya tidak terjadi hujan sama sekali (Badan Pusat Statistik, 2019). Keadaan musim yang tidak menentu bisa berdampak pada sektor pertambangan dan sektor pertanian yang menjadi mayoritas utama pekerjaan di Kabupaten Kutai Timur. Bersama dengan uraian aplikasi metode DES dan TES, penulis akan melakukan peramalan curah hujan di Kabupaten Kutai Timur bulan Januari sampai Maret 2023 menggunakan metode DES Brown dan TES Brown dengan optimasi *golden section* dan memperoleh metode terbaik.

**2. Tinjauan Pustaka**

**2.1 Double Exponential Smoothing Satu Parameter dari Brown**

Metode DES sama dengan rata-rata bergerak ganda, yaitu metode pertama menghasilkan sesuatu yang mirip dengan galat sistematis, dimana perbedaan antara pemulusan pertama dan kedua digunakan untuk mengurangi galat tersebut. Persamaan yang digunakan untuk mengimplementasikan metode DES satu parameter dari *Brown* sebagai berikut (Makridakis, dkk., 1999):

$$S'_t = \alpha Z_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \tag{1}$$

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \tag{2}$$

$$a_t = S'_t + (S'_t + S''_t) = 2S'_t - S''_t \tag{3}$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_t - S''_t) \tag{4}$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t(m) \tag{5}$$

dimana:

- $S'_t$  = pemulusan level pada waktu ke-  $t$
- $S''_t$  = pemulusan *trend* pada waktu ke-  $t$
- $Z_t$  = data aktual waktu ke-  $t$
- $a_t$  = nilai rata-rata yang disesuaikan pada waktu ke-  $t$
- $b_t$  = taksiran *trend* dari waktu ke-  $t$
- $F_{t+m}$  = nilai ramalan untuk waktu ke-  $t + m$
- $t$  = 1, 2, 3, ...  $n$
- $m$  = banyak periode ke depan yang akan diramalkan

**2.2 Triple Exponential Smoothing Satu Parameter dari Brown**

Metode TES satu parameter *smoothing* dari *Brown* merupakan metode yang menggunakan tiga bentuk pemulusan yang mempunyai kelebihan dalam memberikan hasil peramalan yang baik, namun kelemahan metode ini adalah pada metode ini dilakukan *smoothing* sebanyak tiga kali, jika dalam *smoothing* yang pertama salah dalam perhitungan maka selanjutnya akan salah dan mendapatkan hasil *smoothing* yang tidak baik (Makridakis, 1993). Di dalam metode TES ini dilakukan proses *smoothing* tiga kali, sebagai berikut:

$$S'_t = \alpha Z_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \tag{6}$$

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \tag{7}$$

$$S'''_t = \alpha S''_t + (1 - \alpha)S'''_{t-1} \tag{8}$$

$$a_t = 3S'_t - 3S''_t + S'''_t \tag{9}$$

$$b_t = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6 - 5\alpha)S'_t - (10 - 8\alpha)S''_t + (4 - 3\alpha)S'''_t] \tag{10}$$

$$c_t = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} [S'_t - 2S''_t + S'''_t] \tag{11}$$

dimana:

- $S'_t$  = pemulusan level pada waktu ke-  $t$
- $S''_t$  = pemulusan *trend* pada waktu ke-  $t$
- $S'''_t$  = pemulusan musiman pada waktu ke-  $t$
- $Z_t$  = data aktual pada waktu ke-  $t$
- $a_t$  = nilai *smoothing* untuk data pada periode ke-  $t$
- $b_t$  = nilai *smoothing* untuk *slope/trend* pada periode ke-  $t$
- $c_t$  = nilai *smoothing* untuk musiman pada periode ke-  $t$
- $\alpha$  = parameter *smoothing* alpha yang besarnya  $0 < \alpha < 1$
- $t$  = 1, 2, 3, ...  $n$
- $m$  = banyak periode ke depan yang akan diramalkan

Adapun rumus untuk menentukan nilai peramalan dengan menggunakan metode TES dapat dilihat pada berikut:

$$F_{t+m} = a_t + b_t m + \frac{1}{2} c_t m^2 \tag{12}$$

Inisialisasi adalah penentuan nilai awal yang digunakan dalam peramalan *exponential smoothing*. Proses inisialisasi untuk metode *exponential smoothing* satu parameter *smoothing* dari Brown penetapan nilai awal adalah sebagai berikut (Makridakis, dkk., 1999):

1. SES

$$F_1 = Z_1 \tag{13}$$

2. DES dari Brown

$$S'_1 = S''_1 = Z_1 \tag{14}$$

$$a_1 = Z_1 \tag{15}$$

$$b_1 = \frac{(Z_2 - Z_1) + (Z_4 - Z_3)}{2} \tag{16}$$

3. TES dari Brown

$$S'_1 = S''_1 = S'''_1 = Z_1 \tag{17}$$

$$a_1 = Z_1 \tag{18}$$

$$b_1 = \frac{(Z_2 - Z_1) + (Z_3 - Z_2) + (Z_4 - Z_3)}{3} \tag{19}$$

$$c_1 = \frac{Z_3 - Z_1}{2} \tag{20}$$

### 2.3 Ukuran Ketepatan

*Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) merupakan rata-rata persentase kesalahan absolut yang dihitung dengan mencari nilai absolut galat di setiap periode, kemudian membaginya dengan nilai pengamatan aktual dan kemudian absolut galat persentase. Berikut adalah persamaan untuk ukuran kesalahan PE dan MAPE:

$$PE_t = \left( \frac{Z_t - F_t}{Z_t} \right) \times 100\% \tag{21}$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |PE_t| \tag{22}$$

dimana:

$Z_t$  = nilai aktual pada periode ke- $t$

$F_t$  = nilai peramalan pada periode ke- $t$

$n$  = banyaknya data

Semakin kecil nilai MAPE maka nilai taksiran semakin mendekati nilai sebenarnya. Terdapat *range* nilai MAPE yang dapat dijadikan bahan pengukuran mengenai ketepatan peramalan (Makridakis, dkk., 1999). *Range* nilai MAPE tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

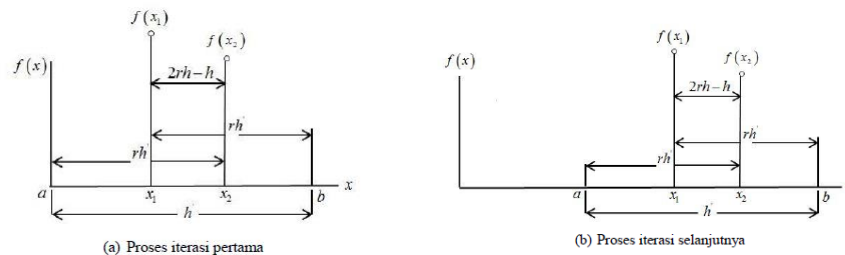
Tabel 1. Range Nilai MAPE

Range MAPE	Keterangan
MAPE < 10%	Model Peramalan Sangat Baik
10% ≤ MAPE < 20%	Model Peramalan Baik
20% ≤ MAPE < 50%	Model Peramalan Layak
MAPE ≥ 50%	Model Peramalan Buruk

### 2.4 Optimasi Parameter Golden Section

Optimasi merupakan istilah yang digunakan untuk meminimalkan atau memaksimalkan suatu fungsi. *Golden section* adalah teknik optimasi satu variabel sederhana dan menggunakan pendekatan yang serupa untuk mencari akar persamaan nonlinier seperti metode *bisection*. Metode *golden section* menggunakan nilai yang lama sebagai nilai yang baru secara iteratif. Sebagai akibatnya, batas rentang atau interval awal variabel yang dipilih semakin sempit seiring berjalannya waktu, karena ada beberapa sub-interval variabel yang dihilangkan sehingga diperoleh tingkat konvergensi yang diinginkan (Kholisoh, 2008).

Pada metode *golden section*, misalkan nilai minimum berada pada interval  $(u, v)$  dengan panjang  $h$ , akan membutuhkan nilai  $r$  untuk menentukan dua titik yang simetris  $(x_1, x_2)$  dalam interval tersebut. Nilai  $r$  dapat ditentukan dengan rumus berikut yang diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi golden section pada proses iterasi

Berdasarkan Gambar 1 (a), dapat dilihat bahwa nilai fungsi dari  $x_2$  adalah nilai fungsi yang paling minimum dibandingkan dengan nilai fungsi dari  $x_1$  ( $f(x_2) < f(x_1)$ ), maka interval  $(u, x_1)$  pada Gambar 1 (a), dihilangkan karena nilai minimum tidak berada pada interval tersebut. Kemudian dibuat interval baru  $(u, x_1; v = v)$  dimana  $x_1$  (yang baru) =  $x_2$  (yang lama); dan  $x_2$  (yang baru) =  $u + rh'$ , dapat dilihat pada Gambar 1(b). Proses tersebut diulangi sampai  $|x_2 - x_1| \leq \varepsilon$  dan dapat diketahui juga bahwa:

$$2rh - h = h' - rh' \tag{23}$$

dimana  $h' = rh$ , substitusikan ke Persamaan (23) dan diperoleh Persamaan (24) dan (25)

$$2rh - h = rh - r(rh) \tag{24}$$

$$r^2h + rh - h = 0 \tag{25}$$

$$r_1 = \frac{-1+\sqrt{5}}{2} = 0,618 \tag{26}$$

$$r_2 = \frac{-1-\sqrt{5}}{2} = -1,618$$

(27)

Agar interval menjadi semakin kecil, diperlukan syarat  $0 < r < 1$  dan bernilai positif, sehingga nilai yang dipakai adalah  $r_1 = 0,618$ . Nilai  $x_1$  dan  $x_2$  dapat ditentukan dengan Persamaan (28) dan (29) (Novalia, dkk., 2018).

$$x_1 = (r)(u) + (1 - r)v \tag{28}$$

$$x_2 = u + v - x_1 \tag{29}$$

dimana:

$x_1$  = nilai batas bawah dari parameter *smoothing*  $\alpha$

$x_2$  = nilai batas atas dari parameter *smoothing*  $\alpha$

$r$  = *golden rasio*

$u$  = batas bawah dalam interval

$v$  = batas atas dalam interval

$h$  = panjangnya interval awal pada kasus univariat

$h'$  = panjangnya interval baru pada kasus univariat

$\varepsilon$  = batas toleransi

## 2.5 Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah air hujan yang terkumpul pada permukaan datar yang tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Curah hujan juga dapat diartikan sebagai tinggi (mm) air yang diserap permukaan bumi sebelum mengalir ke permukaan bumi, evaporasi dan peresapan ke dalam tanah. Satuan curah hujan adalah milimeter (mm). Curah hujan 1 mm artinya dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar tertampung air setinggi satu milimeter atau tertampung air sebanyak satu liter (Handoko, 1993).

## 3. Metodologi Penelitian

### 3.1 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah rata-rata curah hujan di Kabupaten Kutai Timur. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah rata-rata curah hujan di Kabupaten Kutai Timur dari bulan Januari 2017 sampai dengan Desember 2021. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah pengumpulan data sekunder. Data yang diambil merupakan data bulanan rata-rata curah hujan yang diperoleh dari rekapitulasi data Badan Pusat Statistik (BPS) Kutai Timur.

### 3.2 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah peramalan rata-rata curah hujan di Kabupaten Kutai Timur menggunakan metode DES dari Brown dan TES dari Brown dengan bantuan *golden section* dalam pemilihan parameter *smoothing* optimum. Penelitian ini menggunakan bantuan Microsoft Excel dan *software* R untuk statistika deskriptif dan peramalan rata-rata curah hujan di Kabupaten Kutai Timur pada bulan Januari sampai dengan Maret 2022. Tahapan analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

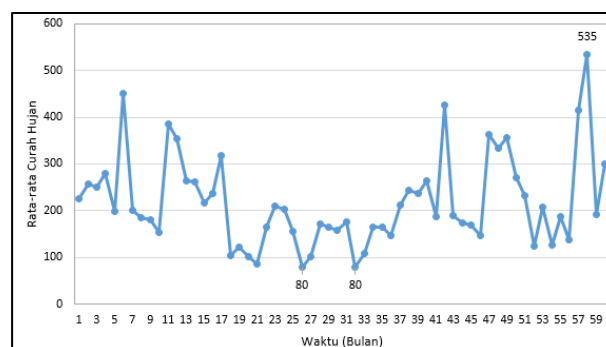
1. Mendeskripsikan data rata-rata curah hujan Kabupaten Kutai Timur dari Januari 2017 sampai dengan Desember 2021.
2. Membuat grafik runtun waktu.
3. Mencari parameter *smoothing*  $\alpha$  optimum pada metode DES dan TES.  
Mencari parameter *smoothing*  $\alpha$  yang optimum pada metode DES dan TES dari *Brown* menggunakan *golden section*. Adapun langkah-langkah metode *golden section* adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan nilai *golden ratio* ( $r$ ). Pada metode *exponential smoothing* nilai *golden ratio* ( $r$ ) bernilai 0,618. Alasan menggunakan nilai  $r$  bernilai positif dikarenakan hasil iterasi akan selalu konvergen dibandingkan dengan hasil menggunakan nilai  $r$  bernilai negatif.
  - b. Menentukan batas bawah ( $u$ ), batas atas ( $v$ ), dan nilai toleransi berhentinya iterasi ( $\epsilon$ ). Pada metode *exponential smoothing*, batas bawah bernilai 0 dan batas atas bernilai 1 mengikuti nilai parameter *smoothing*  $\alpha$  yang berkisar di antara 0 sampai 1, karena berlaku  $0 < \alpha < 1$ . Batas toleransi berhentinya iterasi ( $\epsilon$ ) =  $10^{-9}$ . Nilai  $\epsilon$  bergantung pada ketelitian yang diinginkan, artinya peneliti bebas menentukan seberapa besar batas toleransi berhentinya iterasi yang bernilai positif atau berlaku  $\epsilon > 0$ . Semakin nilai  $\epsilon$  kecil, maka semakin teliti taksiran yang akan diperoleh dan semakin besar jumlah iterasi yang dibutuhkan.
  - c. Menentukan nilai tebakan awal atau batas interval untuk parameter *smoothing* ( $x_1$  dan  $x_2$ ). Untuk nilai batas atas menggunakan  $x_1 = (r)(u) + (1 - r)v$  dan nilai batas bawah menggunakan  $x_2 = u + v - x_1$ .
  - d. Melakukan inisialisasi untuk metode DES menggunakan Persamaan (14), (15), dan (16). Sedangkan untuk metode TES menggunakan Persamaan (17), (18), (19), dan (20).
  - e. Menghitung nilai  $F_t$  untuk metode DES menggunakan Persamaan (5) dan untuk metode TES menggunakan Persamaan (12).
  - f. Menghitung nilai fungsi objektif  $f(x)$  di antara dua titik tersebut ( $x_1$  dan  $x_2$ ). Dalam ini fungsi objektif yang digunakan adalah MAPE menggunakan Persamaan (22) untuk metode DES dan metode TES.
  - g. Mengurangi batas interval berdasarkan kriteria *golden section*, yaitu: jika  $f(x_1) > f(x_2)$ , maka  $x_1 = u$  baru ditentukan. Diharapkan ada sebagian interval yang dapat dieliminasi, sehingga salah satu titik lama bisa dipakai lagi pada langkah berikutnya. Jadi hanya diperlukan satu titik baru.
  - h. Mengulangi langkah e sampai g hingga dihasilkan  $|v - u| < \epsilon$ .
  - i. Mencari  $f(x)$  minimum dari semua hasil fungsi objektif. Menentukan hasil  $x_{min}$  = nilai  $\alpha$  optimal dan  $f(x_{min})$  = nilai MAPE terkecil.
4. Memilih parameter *smoothing*  $\alpha$  optimum.  
Setelah mendapatkan titik nilai yang disajikan parameter *smoothing*  $\alpha$  optimum dari batas interval  $x$  pada metode *golden section* dilakukan analisis peramalan pada metode DES dan TES dari *Brown*.
  5. Melakukan analisis peramalan menggunakan metode DES dan TES dari *Brown* pada data rata-rata curah hujan di Kabupaten Kutai Timur.  
Menghitung nilai peramalan 3 periode ke depan untuk metode DES menggunakan Persamaan (5) dan metode TES menggunakan Persamaan (12).
  6. Mendapatkan hasil ramalan dengan nilai MAPE minimum.  
Langkah-langkah dalam peramalan menggunakan *exponential smoothing* dengan alur tahapan-tahapan analisis data ditunjukkan dalam diagram alur pada Gambar 3.2 sebagai berikut:

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1 Grafik Runtun Waktu

Grafik runtun waktu untuk data jumlah curah hujan di Kabupaten Kutai Timur dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Rata-rata curah hujan di Kabupaten Kutai Timur

Berdasarkan Gambar 1, dapat diketahui bahwa rata-rata curah hujan Kutai Timur cenderung naik. Data rata-rata curah hujan tidak membentuk pola data stasioner karena terdapat pola *trend* dan musiman. Rata-rata curah hujan mulai turun dari bulan ke-17 yaitu pertengahan tahun 2018 sampai bulan ke-33 yaitu akhir tahun

2019 dan kembali mengalami kenaikan pada bulan ke-42 yaitu pertengahan 2020. Kecenderungan naik dan turun ini mengindikasikan adanya pola *trend* pada data. Selain itu terdapat pola yang berulang di setiap tahunnya, seperti pada bulan Maret ke April mengalami kenaikan, pada bulan Juli ke Agustus mengalami penurunan, dan pada bulan November ke Desember mengalami penurunan. Pola yang berulang tersebut mengindikasikan adanya pola musiman pada data dengan panjang musiman sebesar 12 ( $s = 12$ ). Jumlah curah hujan terendah terjadi pada bulan ke-26 yaitu Februari 2019 dan bulan ke-32 yaitu Agustus 2019 yaitu sebesar 80 mm, sedangkan curah hujan tertinggi terjadi pada bulan ke-58 yaitu Oktober 2021 yaitu sebesar 535 mm.

**4.2 Pencarian Parameter Optimum**

Peramalan menggunakan metode DES Brown dan TES Brown dengan optimasi parameter *golden section* dilakukan dengan bantuan *software R* yang diawali dengan menentukan batas bawah dan atas interval awal parameter yaitu  $[0, 1]$  dan nilai batas toleransi yang digunakan adalah  $\epsilon = 10^{-9}$ . Menentukan nilai tebakan awal dari parameter ( $x_1$  dan  $x_2$ ) pada masing-masing interval parameter, lalu menghitung nilai MAPE di antara dua nilai parameter ( $x_1$  dan  $x_2$ ) dan mengurangi batas interval berdasarkan kriteria *golden section* hingga dihasilkan  $|v - u| < \epsilon$ .

**4.3 Hasil Optimasi Parameter pada DES**

Batas bawah ( $u$ ) dan batas atas ( $v$ ) adalah 0 dan 1 dengan nilai *golden ratio* ( $r$ ) sebesar 0,618. Pada iterasi pertama, diperoleh nilai batas interval sebesar 0,3820000 ( $x_1$ ) dan 0,6180000 ( $x_2$ ) yang memungkinkan dijadikan parameter *smoothing  $\alpha$*  optimum menggunakan Persamaan (28) dan Persamaan (29). Dari hasil perhitungan menggunakan Persamaan (22) didapatkan bahwa nilai  $f(x_1) = 37,9484200$  lebih kecil dari  $f(x_2) = 43,5232300$ . Pada iterasi kedua nilai 0,6180000 akan digunakan sebagai batas atas ( $v$ ) dan batas bawah ( $u$ ) tetap yaitu 0. Nilai  $|v - u| = |1 - 0| = 1$ , dimana  $1 > 10^{-9}$  maka diputuskan iterasi tetap dilanjutkan. Iterasi akan berhenti jika  $|v - u| < \epsilon$ . Proses dilanjutkan sampai iterasi ke-37, dengan batas bawah ( $u$ ), batas atas ( $v$ ), nilai batas bawah parameter ( $x_1$ ) dan nilai batas atas parameter ( $x_2$ ) sebesar 0,3924052.

Optimasi parameter *smoothing  $\alpha$*  pada metode DES berhenti pada iterasi ke-37 dengan nilai  $|v - u| = |0,3924052 - 0,3924052| = 0$  kurang dari  $10^{-9}$ . Nilai  $f(x)$  minimum sebesar 37,9061200 atau sama dengan 37,9061200% dengan nilai  $\alpha$  optimum sebesar 0,3924052 yang selanjutnya akan digunakan pada peramalan metode DES satu parameter dari Brown. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Perhitungan Metode *Golden Section* pada DES

Iterasi	$x_1$	$x_2$	$f(x_1)$	$f(x_2)$	$u$	$v$	$ v - u $
1	0,3820000	0,6180000	37,9484200	43,5232300	0,0000000	1,0000000	1,0000000
2	0,2360760	0,3819240	39,2960100	37,9487400	0,0000000	0,6180000	0,6180000
3	0,3819710	0,4721050	37,9485500	38,2697200	0,2360760	0,6180000	0,3819240
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
33	0,3924052	0,3924053	37,9061200	37,9061200	0,3924051	0,3924053	0,0000002
34	0,3924053	0,3924053	37,9061200	37,9061200	0,3924052	0,3924053	0,0000001
35	0,3924052	0,3924053	37,9061200	37,9061200	0,3924052	0,3924053	0,0000001
36	0,3924052	0,3924052	37,9061200	37,9061200	0,3924052	0,3924053	0,0000001
37	<b>0,3924052</b>	<b>0,3924052</b>	<b>37,9061200</b>	<b>37,9061200</b>	<b>0,3924052</b>	<b>0,3924052</b>	<b>0,0000000</b>

**4.4 Peramalan DES dengan Parameter  $\alpha$  Optimum**

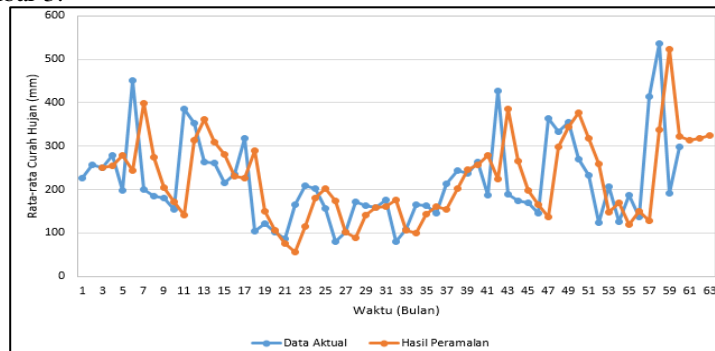
Pada peramalan DES satu parameter dari *Brown*, parameter *smoothing  $\alpha$*  optimum yang digunakan adalah 0.3924052. Nilai peramalan yang diperoleh menggunakan Persamaan (5) untuk 3 periode ke depan dapat disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Peramalan Menggunakan Metode DES dengan Parameter *Smoothing* Optimum

$m$	Periode	Rata-rata Curah Hujan (mm)
1	Januari 2022	313,4259530
2	Februari 2022	318,9291889
3	Maret 2022	324,4324248

Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui bahwa mulai bulan Januari 2022 sampai dengan bulan Maret 2022 akan terjadi kenaikan rata-rata curah hujan. Hasil peramalan rata-rata curah hujan yang akan terjadi pada bulan Januari 2022 yaitu sebesar 313,4259530 mm, bulan Februari 2022 yaitu sebesar 318,9291889 mm, dan bulan Maret 2022 sebesar 324,4324248 mm. Berikut grafik data rata-rata curah hujan dari Januari 2022 sampai

dengan Maret 2022 dan hasil peramalannya menggunakan DES dengan parameter *smoothing*  $\alpha$  optimum dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peramalan rata-rata curah hujan Kutai Timur menggunakan DES

Berdasarkan Gambar 3, diketahui bahwa secara visual hasil peramalan rata-rata curah hujan Kutai Timur menggunakan metode DES satu parameter dari *Brown* mengikuti pola data aktual. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil peramalan sudah mendekati data aslinya, sehingga peramalan jumlah curah hujan Kutai Timur dapat dilakukan dengan menggunakan metode DES satu parameter dari *Brown*.

#### 4.5 Hasil Optimasi Parameter pada TES

Batas bawah ( $u$ ) dan batas atas ( $v$ ) adalah 0 dan 1 dengan nilai *golden ratio* ( $r$ ) sebesar 0,618. Pada iterasi pertama, diperoleh nilai batas interval sebesar 0,3820000 ( $x_1$ ) dan 0,6180000 ( $x_2$ ) yang memungkinkan dijadikan parameter *smoothing*  $\alpha$  optimum menggunakan Persamaan (28) dan Persamaan (29). Dari hasil perhitungan menggunakan Persamaan (22) didapatkan bahwa nilai  $f(x_1) = 44,4921068$  lebih kecil dari  $f(x_2) = 61,1458361$ . Pada iterasi kedua nilai 0,6180000 akan digunakan sebagai batas atas ( $v$ ) dan batas bawah ( $u$ ) tetap yaitu 0. Nilai  $|v - u| = |1 - 0| = 1$ , dimana  $1 > 10^{-9}$  maka diputuskan iterasi tetap dilanjutkan. Iterasi akan berhenti jika  $|v - u| < \epsilon$ . Proses dilanjutkan sampai iterasi ke-39, dengan batas bawah ( $u$ ), batas atas ( $v$ ), nilai batas bawah parameter ( $x_1$ ) dan nilai batas atas parameter ( $x_2$ ) sebesar 0,1995108.

Optimasi parameter *smoothing*  $\alpha$  pada metode TES berhenti pada iterasi ke-39 dengan nilai  $|v - u| = |0,1995108 - 0,1995108| = 0$  kurang dari  $10^{-9}$ . Nilai  $f(x)$  minimum sebesar 39,4323800 atau sama dengan 39,4323800% dengan nilai  $\alpha$  optimum sebesar 0,1995108 yang selanjutnya akan digunakan pada peramalan metode TES satu parameter dari *Brown*. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Metode *Golden Section* pada TES

Iterasi	$x_1$	$x_2$	$f(x_1)$	$f(x_2)$	$u$	$v$	$ v - u $
1	0,3820000	0,6180000	44,4921100	61,1458400	0,0000000	1,0000000	1,0000000
2	0,2360760	0,3819240	39,7209600	44,4870700	0,0000000	0,6180000	0,6180000
3	0,1458950	0,2360290	40,4691800	39,7207500	0,0000000	0,3819240	0,3819240
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
37	0,1995108	0,1995108	39,4323800	39,4323800	0,1995107	0,1995108	0,0000001
38	0,1995108	0,1995108	39,4323800	39,4323800	0,1995107	0,1995108	0,0000001
39	<b>0,1995108</b>	<b>0,1995108</b>	<b>39,4323800</b>	<b>39,4323800</b>	<b>0,1995108</b>	<b>0,1995108</b>	<b>0,0000000</b>

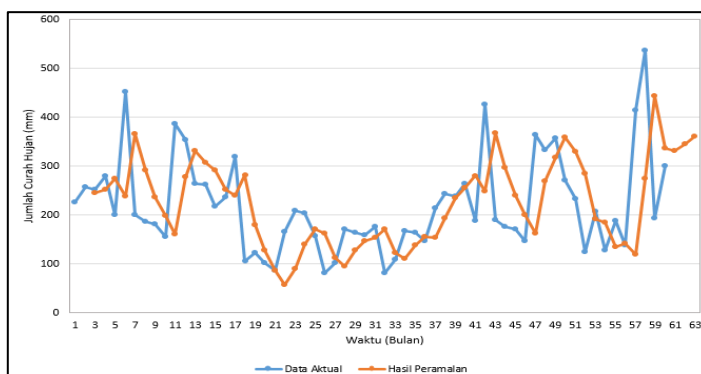
#### 4.6 Peramalan TES dengan Parameter $\alpha$ Optimum

Pada peramalan TES satu parameter dari *Brown*, parameter *smoothing*  $\alpha$  optimum yang digunakan adalah 0,1995108. Nilai peramalan yang diperoleh menggunakan Persamaan (12) untuk 3 periode ke depan dapat disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Peramalan Menggunakan TES dengan Parameter *Smoothing* Optimum

$m$	Periode	Jumlah Curah Hujan (mm)
1	Januari 2022	331,1835645
2	Februari 2022	344,8483920
3	Maret 2022	359,1921627

Berdasarkan Tabel 4, dapat diketahui bahwa mulai bulan Januari 2022 sampai dengan bulan Maret 2022 diramalkan akan terjadi kenaikan rata-rata curah hujan. Hasil peramalan rata-rata curah hujan yang akan terjadi pada bulan Januari 2022 yaitu sebesar 331,1835645 mm, bulan Februari 2022 yaitu sebesar 344,8483920 mm, dan bulan Maret 2022 sebesar 359,1921627 mm. Berikut grafik data rata-rata curah hujan dari bulan Januari 2022 sampai dengan Maret 2022 dan hasil peramalannya menggunakan metode TES dengan parameter *smoothing*  $\alpha$  optimum dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4, diketahui bahwa secara visual hasil peramalan rata-rata curah hujan Kutai Timur menggunakan metode TES satu parameter dari *Brown* mengikuti pola data aktual. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil peramalan sudah mendekati data aslinya, sehingga peramalan rata-rata curah hujan Kutai Timur dapat dilakukan dengan menggunakan metode TES satu parameter dari *Brown*.



Gambar 4. Peramalan rata-rata curah hujan Kutai Timur menggunakan TES

#### 4.7 Pemilihan Metode *Exponential Smoothing* Terbaik

Pada penelitian ini telah diaplikasikan dua metode *exponential smoothing* yang layak dimana untuk peramalan rata-rata curah hujan di Kutai Timur yaitu metode DES dan TES. Dimana nilai MAPE yang dihasilkan berada pada nilai 20% – 50%. Nilai MAPE dari kedua metode tersebut dengan parameter optimumnya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perbandingan metode *Exponential Smoothing*

Metode	Parameter $\alpha$ Optimum	MAPE (%)
DES	0,3924052	37,9061200
TES	0,1995108	39,4323800

Berdasarkan Tabel 6, diperoleh bahwa nilai MAPE dari metode DES lebih kecil dari metode TES. Dari hasil tersebut, metode DES lebih layak daripada metode TES untuk menghitung nilai peramalan rata-rata curah hujan di Kutai Timur. Parameter *smoothing*  $\alpha$  optimum yang didapatkan adalah 0,3924052.

### 5. Kesimpulan

Parameter *smoothing*  $\alpha$  optimum yang diperoleh dari perhitungan *golden section* pada metode DES sebesar 0,3924052 dan TES sebesar 0,1995108. Hasil peramalan jumlah curah hujan di Kabupaten Kutai Timur menggunakan metode DES pada bulan Januari 2022 sebesar 313,4259530 mm, Februari 2022 sebesar 318,9291889 mm, dan Maret 2022 sebesar 324,4324248 mm dengan nilai MAPE sebesar 37,9061200%. Pada metode TES didapatkan hasil peramalan pada bulan Januari 2022 sebesar 331,1835645 mm, Februari 2022 sebesar 344,8483920 mm, dan Maret 2022 sebesar 359,1921627 mm dengan nilai MAPE sebesar 39,4323800%. Berdasarkan nilai MAPE pada kedua metode, metode DES lebih layak daripada TES untuk menghitung nilai peramalan jumlah curah hujan di Kabupaten Kutai Timur. Disarankan untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan beberapa metode lain seperti SARIMA dan *neural network*. Dapat juga menggunakan *multivariate time series* seperti metode VARMA, VARIMA dan seasonal VARMA dengan menambahkan variabel lain seperti kelembapan dan suhu, agar hasil peramalan lebih akurat.

### 6. Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistika. (2019). *Kutai Timur dalam Angka 2019*. Badan Pusat Statistik (BPS), Kutai Timur.
- Fitria, V.A. (2018). Parameter Optimization of Single Exponential Smoothing Using Golden Section Method for Groceries Forecasting. *Jurnal Sains, Matematika, dan Terapan*, 4(2), 89-97.
- Handoko. (1993). *Klimatologi Dasar*. Bogor: Jurusan Geofisika dan Meteorologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Kholisoh, D. (2008). *Optimasi Numerik dan Analisis Numerik*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.



- Makridakis, S., Wheelwright, S.C., & McGee, V.E. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Jilid 1 Edisi Revisi (terj), Alih bahasa: Hari Suminto. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Novalia, D., Sugiaman, & Sunarmi. (2018). “Perbandingan Hasil Optimasi pada Metode *Brown’s One Parameter Double Exponential Smoothing* Menggunakan Algoritma *Non-Linear Programming* Berbantuan MATLAB”. *Jurnal Matematika Univerrsitat Negeri Semarang*, 7(1), 18– 27.
- Purba, A. (2015). Perancangan Aplikasi Peramalan Jumlah Calon Mahasiswa Baru yang Mendaftar Menggunakan Metode *Single Exponential Smoothing* (Studi Kasus: Fakultas Agama Islam UISU). *Jurnal Riset Komputer*, 2(6), 8-12.
- Yeng, F.F., Suhaimi, A., & Yoke, S.K. (2020). Golden Exponential Smoothing: A Self-Adjusted Method for Identifying Optimum Alpha. *Malaysian Journal of Computing*, 5(2), 587-596.