

## PERAMALAN HARGA EMAS BATANGAN MENGGUNAKAN METODE GREY DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING

Ika Novira Zulianti, Shantika Martha, Nurfitri Imro'ah

### INTISARI

*Grey Double Exponential Smoothing (GDES) merupakan gabungan dari metode grey dan double exponential smoothing yang digunakan untuk melakukan peramalan data deret waktu yang berpola trend dengan keacakan, ketidakteraturan dan keterbatasan informasi data yang ada. Grey accumulated generating operator (r-AGO) yang dapat memuluskan gangguan acak data dimasukkan ke dalam metode double exponential smoothing sehingga kecenderungan pola data dapat dilihat dengan jelas. Hasil peramalan metode GDES diperoleh dengan cara mentransformasikan balik data transformasi r-AGO menggunakan inverse accumulated generating operator (IAGO). Penelitian ini bertujuan meramalkan harga emas batangan pada bulan Januari sampai Juni tahun 2020 menggunakan metode GDES serta mengukur kesalahan peramalan yang dihasilkan metode tersebut. Keakuratan hasil peramalan yang digunakan adalah mean absolute percentage error (MAPE). Dataset yang digunakan pada penelitian ini adalah rata-rata harga emas batangan per gram dari bulan Januari 2016 sampai Desember 2019. Hasil peramalan harga emas yang diperoleh menggunakan metode GDES menunjukkan trend naik setiap bulannya dengan hasil peramalan terendah adalah Rp.755.340,39 pada bulan Januari 2020 dan hasil peramalan tertinggi adalah Rp.763.833,70 pada bulan Juni 2020. Nilai MAPE yang dihasilkan sebesar 1,53% yang berarti bahwa peramalan GDES untuk harga emas batangan termasuk dalam kategori peramalan yang sangat baik.*

**Kata Kunci :** peramalan, exponential smoothing, grey, r-AGO, IAGO, MAPE

### PENDAHULUAN

Emas merupakan salah satu barang yang dijadikan sebagai investasi jangka panjang. Harga emas setiap saat dapat berubah karena harga emas yang dijual menggunakan sistem komoditi pasar [1]. Para pakar investasi seringkali menganjurkan untuk berinvestasi pada emas karena emas merupakan sarana lindung nilai klasik untuk melawan inflasi dan menambah nilai dalam kondisi ketidakstabilan fluktuasi nilai mata uang. Investasi dalam emas dibedakan menjadi dua jenis yaitu, investasi pada saham emas dan investasi pada emas batangan. Keduanya mempunyai peluang investasi dan resiko masing-masing sehingga salah satu pengetahuan penting dalam berinvestasi emas adalah peramalan harganya [2]. Peramalan adalah proses perkiraan (pengukuran) besarnya atau jumlah sesuatu pada waktu yang akan datang berdasarkan data pada masa lampau (deret waktu) yang dianalisis secara ilmiah khususnya menggunakan metode statistika [3].

Salah satu metode peramalan yang populer digunakan adalah *exponential smoothing*. Metode ini mencerminkan fakta bahwa bobot berkurang secara eksponensial ketika waktu pengamatan semakin lama. Ada berbagai metode yang masuk dalam keluarga *exponential smoothing*, masing-masing memiliki sifat yang perkiraannya adalah kombinasi terbobot dari pengamatan-pengamatan di masa lalu, dengan pengamatan-pengamatan terbaru diberikan bobot lebih berat daripada pengamatan yang lebih lama. Salah satu metode tersebut adalah metode *double exponential smoothing* (DES) yang berguna untuk meramalkan deret waktu yang menunjukkan karakteristik *trend* [4].

Pada praktiknya, terkadang data bersifat acak dan berfluktuasi sehingga diperlukan metode yang lebih fleksibel untuk menangani keacakan data. *Accumulated generating operator* secara luas digunakan dalam teori sistem *grey* karena kemampuannya dalam melakukan *smoothing* (pemulusan) pada data asli yang acak. Untuk menyelesaikan permasalahan antara keinginan untuk mendapatkan efek pemulusan yang baik dan keinginan untuk memberikan bobot tambahan pada perubahan terbaru, *grey accumulated*

*generating operator* ( $r$ -AGO) digabungkan dengan metode DES. Metode *Grey* di *Double Exponential Smoothing* (DES) digunakan untuk memuluskan efek gangguan acak pada sistem. Sehingga dari pemikiran tersebut, dikembangkan metode peramalan baru yang dinamakan *Grey Double Exponential Smoothing* (GDES).

Tujuan dalam penelitian ini adalah meramalkan harga emas batangan pada bulan Januari sampai Juni tahun 2020 menggunakan metode *GDES* serta mengukur kesalahan peramalan yang dihasilkan metode tersebut. Data yang dianalisis dalam penelitian ini adalah data harga harian emas batangan per 1 gram yang diproduksi oleh PT Antam, Tbk dari bulan Januari 2016 sampai Desember 2019 sehingga dari data harian tersebut diperoleh data harga rata-rata emas perbulannya. Peramalan dilakukan dengan menggunakan nilai parameter ( $\alpha$ ) dan operator transformasi ( $r$ ) optimal yang diperoleh dengan menggunakan *solver* pada *Microsoft Office Excel*. Langkah pertama dalam analisis adalah pengumpulan data harga emas batangan per 1 gram yang diproduksi PT. Antam, Tbk. Selanjutnya membentuk pola data dengan cara memplotkan data secara grafis.

Setelah mendapatkan plot data, kemudian menentukan operator transformasi ( $r$ ) nilai parameter pemulusan ( $\alpha$ ) yang akhirnya dioptimalkan dengan menggunakan *solver* sehingga diperoleh nilai MAPE yang minimum. Langkah selanjutnya adalah data emas yang mengandung unsur *trend* ditransformasikan menggunakan  $r$ -AGO hal ini dilakukan untuk menghilangkan efek keacakan yang masih terdapat didalam sebuah data. Kemudian melakukan perhitungan nilai estimasi dan peramalan dari data transformasi  $r$ -AGO menggunakan metode DES. Selanjutnya data hasil estimasi menggunakan metode DES tersebut di transformasi kembali menggunakan IAGO sehingga diperoleh hasil estimasi rata-rata harga emas batangan dan hasil peramalan harga emas menggunakan metode GDES. Langkah terakhir adalah menghitung MAPE yang dihasilkan metode GDES.

### **SINGLE EXPONENTIAL SMOOTHING**

Metode *single exponential smoothing* sangat baik untuk data yang bersifat horisontal. Misalkan dimiliki suatu data deret waktu  $X_t = x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  yang bersifat horizontal, maka ramalan pada waktu  $t+1$  dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_t = F_t + \alpha(X_t - F_t) = F_t + \alpha(e_t) \quad (1)$$

dengan  $F_{t+1}$  adalah ramalan pada waktu  $t+1$ ;  $F_t$  adalah ramalan pada waktu  $t$ ;  $X_t$  adalah data waktu ke  $t$ ;  $\alpha$  adalah suatu parameter pemulusan dengan nilai antara nol dan satu;  $e_t$  adalah kesalahan ramalan [6].

### **DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING**

Metode *double exponential smoothing* dari *Brown* dapat digunakan untuk meramalkan data yang memiliki komponen trend. Dasar pemikiran metode DES dari *Brown* adalah menambahkan perbedaan antara nilai pemulusan tunggal dan ganda kepada nilai pemulusan tunggal dan disesuaikan untuk *trend*. Hal ini dikarenakan kedua nilai pemulusan, yaitu tunggal dan ganda yang dihasilkan umumnya berada dibawah nilai data historis [6]. Pada metode ini dilakukan proses pemulusan dua kali sebagai berikut:

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

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \quad (3)$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t m \quad (4)$$

$$a_t = S'_t + (S'_t - S''_t) \quad (5)$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha}(S'_t - S''_t) \quad (6)$$

dimana  $S'_t$  adalah nilai pemulusan tunggal,  $S''_t$  adalah nilai pemulusan ganda,  $F_{t+m}$  adalah ramalan untuk  $m$  periode ke depan,  $a_t$  adalah nilai parameter pemulusan pada waktu  $t$ ,  $b_t$  adalah pemulusan *trend* pada waktu  $t$ , dan  $m$  adalah jumlah periode ke depan yang diramalkan Inisialisasi pada *double exponential smoothing* adalah dengan menetapkan  $S'_1$  dan  $S''_1$  sama dengan  $x_1$  dan  $b_1 = \frac{(x_2 - x_1) + (x_4 - x_3)}{2}$  [6].

**GREY DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING (GDES)**

Metode *grey* merupakan suatu metode yang menambahkan suatu operator transformasi ( $r$ ) sehingga membentuk suatu barisan data  $r$ -AGO yang berguna untuk menghilangkan efek random dalam data. Ketika efek random hilang, maka kecenderungan pola data dapat dilihat dengan jelas. Inverse dari  $r$ -AGO disebut *r-order invers accumulated generating operator* (IAGO). Penjelasan tentang  $r$ -AGO dan IAGO dinyatakan dalam Definisi 1. berikut [7]:

**Definisi 1** untuk data deret waktu aktual  $X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}$ , suatu barisan *r-order accumulated generating operator* (AGO)  $X^{(r)} = \{x^{(r)}(1), x^{(r)}(2), \dots, x^{(r)}(n)\}, r \in R_+$  dapat digenerasi oleh  $r$ -AGO sebagai berikut:

$$x^{(r)}(k) = \sum_{i=1}^k \binom{k-i+r-1}{k-i} \cdot x^{(0)}(i); k = 1, 2, \dots, n \tag{7}$$

dimana  $\binom{r-1}{0} = 1, \binom{k-1}{k} = 0, \binom{k-i+r-1}{k-i} = \frac{(r+k-i-1)(r+k-i-2)\dots(r+1)r}{(k-i)!}$

Inverse dari  $r$ -order dari  $r$ -AGO disebut *r-order inverse accumulated generating operator* (IAGO) yang diformulakan sebagai berikut:

$$X^{(-r)} = \binom{r}{r} X^{(r)} = \{ \binom{r}{r} x^{(r)}(1), \binom{r}{r} x^{(r)}(2), \dots, \binom{r}{r} x^{(r)}(n) \} \tag{8}$$

dimana  $\lceil r \rceil = \min\{n \in \mathbb{Z} \mid r \leq n\}, \{ \lceil r \rceil x^{(r)}(k) - \lceil r-1 \rceil x^{(r)}(k-1) \}$

Apabila dipilih  $0 < r < 1$ , maka  $r$ -order dari IAGO dari  $X^{(r)}$  dirumuskan sebagai berikut:

$$X^{(-r)} = \binom{1}{1} X^{(1-r)} = \{ \binom{1}{1} x^{(1-r)}(1), \binom{1}{1} x^{(1-r)}(2), \dots, \binom{1}{1} x^{(1-r)}(n) \} \tag{9}$$

dimana  $\binom{1}{1} x^{(1-r)}(k) = x^{(1-r)}(k+1) - x^{(1-r)}(k)$  (10)

Metode GDES merupakan gabungan dari metode *grey* dan DES yang digunakan untuk melakukan peramalan data deret waktu yang berpola *trend* dengan keacakan, ketidakteraturan dan keterbatasan informasi data yang ada [7]. Adapun penjelasan tentang metode GDES dinyatakan pada Definisi 2 berikut.

**Definisi 2.** Untuk data deret waktu aktual  $X^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}$ ,  $r$ -AGO yang diberikan pada Definisi 1 sehingga rumus GDES dapat dinyatakan sebagai berikut

$$S'(t) = \alpha x^{(r)}(t) + (1-\alpha)S'(t-1) \tag{11}$$

$$S''(t) = \alpha S'(t) + (1-\alpha)S''(t-1) \tag{12}$$

$$b_{(t)} = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'(t) - S''(t)) \tag{13}$$

$$a_{(t)} = 2S'(t) - S''(t) \tag{14}$$

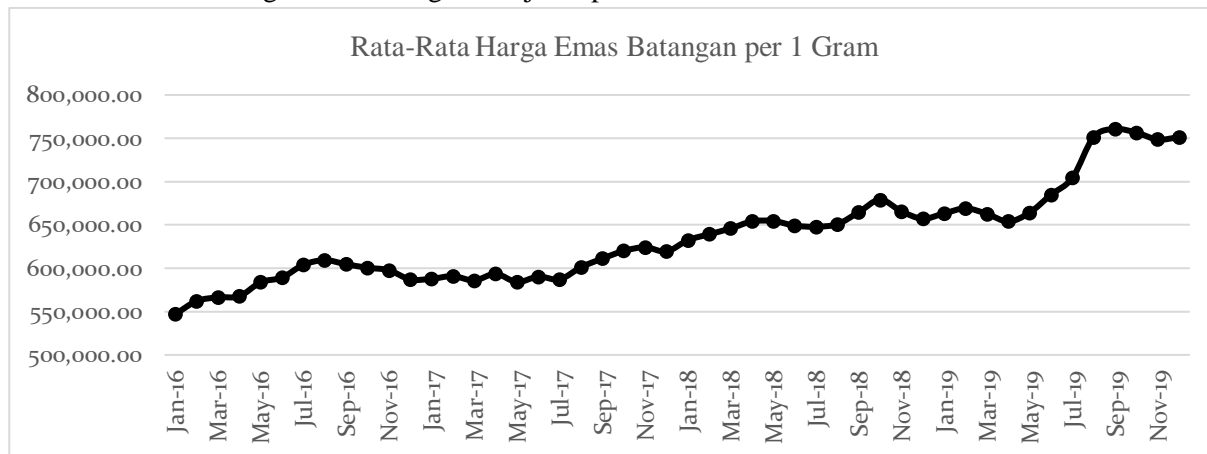
$$x^{(r)}(t) = a_t + mb_t \tag{15}$$

Jika  $r = 0$ , GDES adalah DES konvensional. Secara ringkas prosedur menghitung GDES adalah sebagai berikut.

1. Tentukan nilai  $r$  dan hitung barisan  $r$ -AGO menggunakan Persamaan (6).
2. Hitung nilai estimasi dan peramalan DES dari data transformasi  $r$ -AGO menggunakan Persamaan (10).
3. Transformasi balik hasil nilai estimasi dan peramalan dari metode DES yang diperoleh prosedur ke 2 dengan IAGO pada Persamaan (8) yang tergantung dari nilai  $r$ , sehingga hasil IAGO tersebut merupakan hasil peramalan metode GDES.

## DESKRIPSI DATA

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data harian harga emas batangan yang diproduksi oleh PT.Antam,tbk dari bulan Januari 2016 sampai dengan Desember 2019, sehingga dari data tersebut diperoleh data rata-rata harga emas batangan perbulan dari Januari 2016 sampai dengan Desember 2019. Plot data rata-rata harga emas batangan disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1. Data Rata-Rata Harga Emas Batangan per 1 Gram**

Berdasarkan Gambar 1 dilakukan Uji Stasioneritas terhadap *mean* dan varians yang menghasilkan bahwa data tersebut tidak stasioner. Terlihat bahwa rata-rata harga emas batangan mengalami penurunan atau peningkatan setiap bulannya, namun setiap tahun mengalami peningkatan sehingga dapat dikatakan bahwa data rata-rata harga emas batangan Januari 2016 sampai dengan Desember 2019 dipengaruhi pola *trend* naik dengan keacakan data setiap bulannya.

## PERAMALAN HARGA EMAS BATANGAN

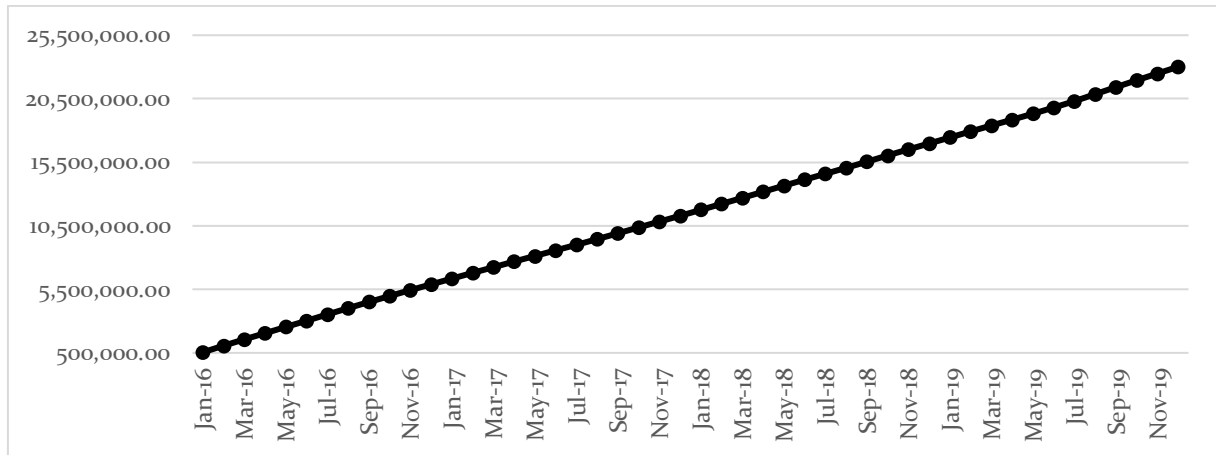
Langkah-langkah perhitungan peramalan harga emas batangan dengan metode GDES adalah sebagai berikut:

### a. Transformasi Data *r*-AGO

Langkah pertama dalam menghitung peramalan pada metode GDES dengan menentukan nilai operator transformasi (*r*) dan menghitung barisan *r*-AGO sehingga diperoleh data transformasi *r*-AGO. Transformasi data dilakukan untuk meminimalkan keacakan yang terdapat pada Gambar 1 . Penelitian ini diawali dengan menentukan sebarang nilai *r* yang berada diantara 0 dan 1 sehingga diperoleh hasil nilai *r* optimal dengan menggunakan *solver* pada *Microsoft Office Excel* yaitu 0,92. Selanjutnya adalah mentransformasi data dengan menghitung barisan *r*-AGO dengan *r* optimal. Berdasarkan Persamaan (7) perhitungan 0,92-AGO pada data pertama adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} x^{(0,92)}(1) &= \sum_{i=1}^1 \binom{k-i+0,92-1}{k-i} (x^{(0)}(i)) \\ &= \binom{1-1+0,92-1}{1-1} (546.952,38) \\ &= (1)(546.952,38) \\ &= 546.952,38 \end{aligned}$$

Perhitungan dilakukan sampai pada data terakhir sehingga menghasilkan plot data baru yang disajikan pada Gambar 2.



**Gambar 2. Data Transformasi 0,92-AGO**

Berdasarkan Gambar 2. dapat dilihat bahwa nilai operator transformasi ( $r$ ) menghilangkan efek keacakan dalam data. Pada plot data aktual di Gambar 1 plot memiliki nilai yang naik atau turun, sedangkan pada 0,92-AGO diperoleh plot dengan *trend* data yang lebih jelas.

#### b. Estimasi dan Peramalan Data Transformasi menggunakan Double Exponential Smoothing

Setelah memperoleh data transformasi selanjutnya dihitung nilai estimasi dan peramalan dari data transformasi harga emas batangan menggunakan metode DES. Berdasarkan Persamaan (2) dilakukan pemulusan tunggal ( $S'_t$ ) dari data hasil transformasi pada Gambar 2. Diawali dengan menentukan sebarang nilai parameter pemulusan ( $\alpha$ ) untuk DES yang berada diantara 0 dan 1 sehingga diperoleh nilai operator pemulusan optimal  $\alpha = 0,92$ , nilai tersebut diperoleh dari hasil pembulatan *solver* pada *Microsoft Office Excel*. Perhitungan  $S'_t$  untuk data transformasi kedua ( $t = 2$ ) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S'_2 &= (0,92)(1.063.645,75) + (1 - 0,92)(546.952,38) \\ &= 1.021.023,92 \end{aligned}$$

untuk pemulusan tunggal data transformasi yang pertama dilakukan inisialisasi sehingga  $S'_1 = x^{(0,92)}(1)$ . Kemudian dengan menggunakan Persamaan (3) dilakukan pemulusan ganda ( $S''_t$ ) dari data pemulusan tunggal. Perhitungan  $S''_t$  untuk data transformasi kedua ( $t = 2$ ) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S''_2 &= (0,92)(1.021.023,92) + (1 - 0,92)(546.952,38) \\ &= 981.917,94 \end{aligned}$$

untuk pemulusan ganda data transformasi pertama juga dilakukan inisialisasi sehingga  $S''_1 = S'_1$ . Kemudian dihitung barisan  $a_t$  dan  $b_t$  dengan menggunakan Persamaan (5) dan (6). Perhitungan  $a_t$  dan  $b_t$  untuk data transformasi kedua ( $t = 2$ ) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} a_2 &= 1.021.023,92 + (1.021.023,92 - 981.917,94) \\ &= 1.060.129,89 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_2 &= \left( \frac{0,92}{1 - 0,92} \right) \cdot (1.021.023,92 - 981.917,94) \\ &= 434.965,56 \end{aligned}$$

untuk  $a_1$  dan  $b_1$  diperoleh  $a_1 = 0$  dan hal tersebut terjadi karena nilai  $S''_1 = S'_1$ . Selanjutnya diperoleh nilai estimasi dan hasil peramalan DES dari data transformasi dengan menggunakan Persamaan (4). Perhitungan estimasi DES ( $F_t$ ) untuk data ketiga ( $t = 3$ ) adalah sebagai berikut;

$$\begin{aligned} F_3 &= 1.060.129,89 + 434.965,56 \\ &= 1.495.095,45 \end{aligned}$$

Perhitungan tersebut dilakukan sampai memperoleh hasil periode peramalan bulan Juni 2020 (akhir peramalan yang ditentukan) atau Data ke 54 ( $t = 54$ )

**c. Estimasi dan Peramalan Harga Emas Batangan menggunakan GDES**

Estimasi dan Peramalan GDES diperoleh dengan mentransformasikan balik hasil estimasi dan peramalan data transformasi  $r$ -AGO menjadi data IAGO, dari IAGO hasil IAGO tersebut diperoleh hasil estimasi dan peramalan rata-rata harga emas menggunakan metode GDES dari bulan Januari 2016 sampai Juni 2020. Dengan menggunakan Persamaan (7) diperoleh data  $(1-r)$ AGO yang terdapat pada Persamaan (9). Adapun perhitungan untuk data  $(1-r)$ AGO ketiga dan keempat adalah sebagai berikut.

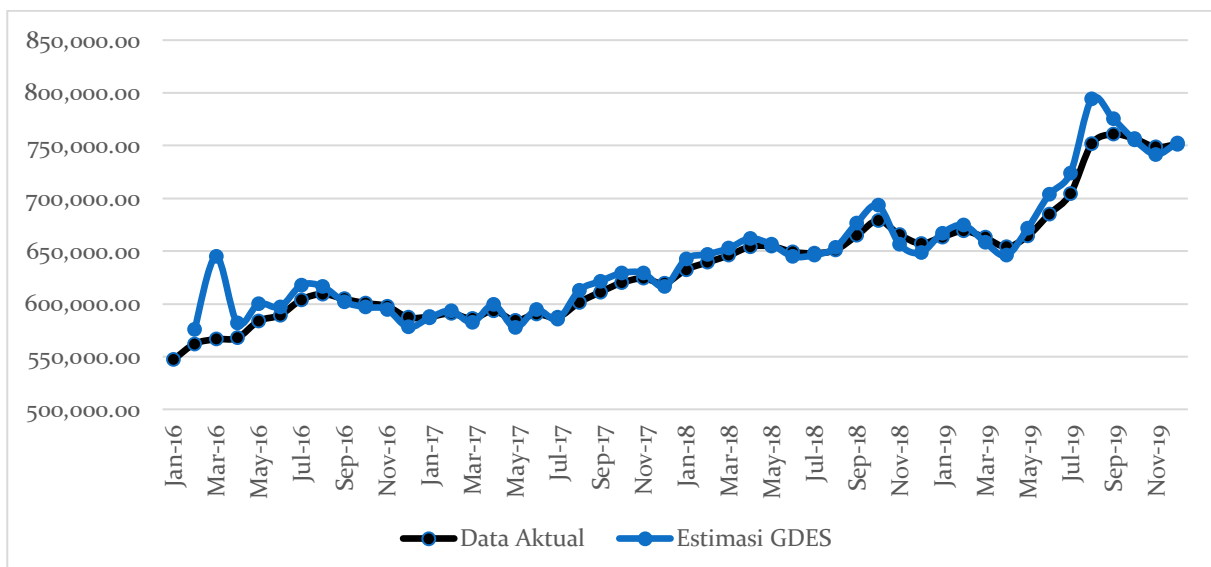
$$\begin{aligned}
 x^{(1-0,92)}(3) &= \sum_{i=1}^3 \binom{k-i+0,08-1}{k-i} (x^{(0,92)}(i)) \\
 &= \binom{3-1+0,08-1}{3-1} (0) + \binom{3-2+0,08-1}{3-2} (1.002.774,00) + \binom{3-3+0,08-1}{3-3} (1.495.095,45) \\
 &= \frac{(0,08)}{1!} (1.002.774,00) + (1)(1.495.095,45) \\
 &= 1.578.247,22
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x^{(1-0,92)}(4) &= \sum_{i=1}^4 \binom{k-i+0,08-1}{k-i} (x^{(0,90)}(i)) \\
 &= \binom{4-1+0,08-1}{4-1} (0) + \binom{4-2+0,08-1}{4-2} (1.002.774,00) + \binom{4-3+0,08-1}{4-3} (1.495.095,45) \\
 &\quad + \binom{4-4+0,08-1}{4-4} (2.054.155,93) \\
 &= \frac{(1,08)(0,08)}{(2)!} (1.002.774,00) + \frac{(0,08)}{(1)!} (1.495.095,45) + (1)(2.054.155,93) \\
 &= 2.223.155,29
 \end{aligned}$$

Sehingga berdasarkan Persamaan (9) diperoleh IAGO atau hasil estimasi rata-rata harga emas batangan pada data ke tiga menggunakan GDES adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 {}^{(1)}x^{(1-r)}(3) &= x^{(1-r)}(4) - x^{(1-r)}(3) \\
 &= 2.223.155,22 - 1.1.578.247,22 \\
 &= 644.908,06
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh hasil estimasi rata-rata harga emas menggunakan GDES untuk data ketiga (bulan Maret 2016) adalah Rp. 644.908,06. Perhitungan dilakukan sampai memperoleh hasil estimasi harga emas bulan Desember 2019. Adapun plot perbandingan antara data aktual harga emas dengan hasil estimasi GDES disajikan pada Gambar 3 berikut



**Gambar 3. Plot Perbandingan Data Aktual dengan Estimasi GDES**

Berdasarkan Gambar 3 jika diperhatikan maka plot hasil estimasi GDES telah mampu mengikuti pola data aktual rata-rata harga emas batangan walau di awal dan akhir terdapat ketimpangan yang cukup jauh antara data aktual dan data estimasi.

Peramalan GDES juga diperoleh dengan mentransformasikan balik hasil peramalan data transformasi  $r$ -AGO bulan Januari sampai Juni 2020 menjadi data IAGO sehingga diperoleh hasil peramalan rata-rata harga emas menggunakan metode GDES. Hasil peramalan rata-rata harga emas batangan per 1 gram untuk bulan Januari sampai Juni 2020 menggunakan metode GDES secara lengkap disajikan pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1. Hasil Peramalan Rata-Rata Harga Emas Batangan per 1 Gram menggunakan Metode GDES**

Periode	Hasil Ramalan
Januari	Rp.755.340,39
Februari	Rp.757.218,34
Maret	Rp.758.976,17
April	Rp.760.656,29
Mei	Rp.762.272,82
Juni	Rp.763.833,70

#### KESALAHAN PERAMALAN GDES

Alat ukur yang digunakan untuk menghitung kesalahan ramalan pada penelitian ini adalah *Mean Absolute Percent Error* (MAPE). Perhitungan MAPE dari rata-rata harga emas menggunakan metode GDES adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} MAPE &= \frac{1}{47} \left| \frac{13.425,61}{562.047,62} + \dots + \frac{1.096,50}{751.363,64} \right| \times 100\% \\ &= \frac{0,72}{47} \times 100\% \\ &= 1,53\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai MAPE metode GDES untuk rata-rata harga emas batangan sebesar 1,53%, hal ini menunjukkan kemampuan peramalan rata-rata harga emas batang menggunakan metode GDES termasuk dalam kategori peramalan yang sangat baik.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis mengenai peramalan harga emas dengan metode GDES maka dapat disimpulkan bahwa, metode peramalan GDES merupakan salah satu metode yang baik digunakan untuk melakukan peramalan data deret waktu yang mengandung *trend*. Perhitungan hasil ramalan harga emas yang diperoleh menggunakan metode GDES menunjukkan *trend* naik tiap bulannya dengan hasil peramalan rata-rata harga emas terendah adalah Rp. 755.340,39 pada bulan Januari dan hasil peramalan rata-rata harga emas batangan tertinggi adalah Rp.763.833,70 pada bulan Juni. Hasil ukuran kesalahan ramalan MAPE dari penelitian ini sebesar 1,53% yang berarti bahwa peramalan GDES untuk harga emas batangan termasuk dalam kategori peramalan yang sangat baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Andriyanto, T, 2017, Sistem Peramalan Harga Emas Antam Menggunakan Double Exponential Smoothing, *Jurnal Instensif*, 1:2549-6824.
- [2]. Mulyo, H., 2016, Statistical Technique dan Parameter Optimization Pada Neural Network Untuk Forecasting Harga Emas, *Jurnal Disprotek.*, 7:70-79

- [3]. Sudjana, 2005, Metode Statistika 6th ed, PT Tarsito, Bandung.
- [4]. Hyndman, R.J., Koehler, A.B., Ord, J.K., dan Snyder, R.D., 2008, *Forecasting with Exponential Smoothing: The State Space Approach*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin.
- [5]. Tresnani, H.W., 2018, Optimasi Parameter pada Peralaman Grey Holt-Winter Exponential Smoothing dengan Golden Section, *Berkala MIPA*, 25:313-325
- [6]. Makridakis, S.G., Wheelwright, S.C., dan McGee, V.E, 1999, *Metode dan Aplikasi Peramalan* (terjemahan), Jakarta.
- [7]. Wu, L., Liu, S., dan Yang, Y., 2016, Grey Double Exponential Smoothing Model and Its Application on Pig Price Forecasting in China, *Appl. Soft Comput.*, 39: 117-123

IKA NOVIRA ZULIANI : Jurusan Matematika FMIPA UNTAN, Pontianak,  
ikanovira@gmail.com

SHANTIKA MARTHA : Jurusan Matematika FMIPA UNTAN, Pontianak,  
shantika.martha@math.untan.ac.id

NURFITRI IMRO'AH : Jurusan Matematika FMIPA UNTAN, Pontianak,  
nurfitriimroah@math.untan.ac.id

---