

# Prediksi Harga Emas Menggunakan Pemodelan *Brown's Double Exponential Smoothing* (B-DES) dan *Brown's Weighted Exponential Moving Average* (B-WEMA) dengan Optimasi *Levenberg Marquardt*

Oleh: Yulia Nur Kumala  
Univeristas Muhammadiyah Semarang

---

Article history	Abstract
Submission :	The price of gold always changes from time to time and the demand for gold in Indonesia is increasing, so one knowledge that must be applied is needed, namely regarding the forecasting of gold prices in Indonesia. In this study will combine optimization with <i>Brown's Double Smoothing</i> (B-DES) and <i>Brown's Weighted Exponential Moving Average</i> (B-WEMA) which will them be compared with the forecast results. The proposed method will be applied to gold price data in Indonesia for the period 1 September 2020 to 31 March 2021 with the B-DES and B-WEMA methods with optimization of <i>alpha</i> parameters with the <i>Levenberg Marquardt</i> (LM) algorithm using the <i>package library (minpack.lm)</i> in <i>Software R</i> the optimization of the <i>alpha</i> parameter in B-DES and B-WEMA resulted in the optimization value of the <i>alpha</i> parameter of 0.36295 and 0.36316 respectively. B-DES obtained an MSE value of 99.75462 and a MAPE 0.78389% while B-WEMA obtained an MSE value of 99.71888 and MAPE 0.78309%. From the comparison of the two methods, it can be seen that B-WEMA is the best method because it has the smallest MSE and MAPE values. From the results of the best forecasting method use to predict the price of gold in Indonesia for the next five days, it produces a forecast value of Rp. 795.6192, Rp. 789.344, Rp. 788.335, Rp. 787.326, and Rp. 786.317.
Revised :	
Accepted :	
<b>Keyword:</b> B-DES, B-WEMA, Harga Emas, Optimasi <i>Levenberg Marquardt</i>	

---

## PENDAHULUAN

Investasi pada hakikatnya merupakan komitmen terhadap sejumlah sumber daya pada saat ini dengan tujuan untuk mendapatkan keuntungan dimasa depan (Halim 2005 dalam Mulyo, H 2016), Investasi komoditi perhiasan merupakan suatu investasi dengan bentuk perhiasan. Salah satu jenis investasi perhiasan yang digemari oleh investor yaitu investasi logam mulia emas. Logam mulia emas banyak dijadikan sebagai alat investasi karena nilainya yang cenderung stabil dan naik. Sehingga banyak investor yang menjadikan emas sebagai alat investasi yang menguntungkan karena investasi tersebut dapat memberikan hasil yang baik dalam keuntungan jangka panjang. Para pakar investasi menganjurkan untuk berinvestasi pada emas karena emas merupakan sara lindung nilai klasik untuk melawan inflasi dan menambah nilai dalam kondisi

ketidakstabilan fluktuasi nilai mata uang (Maya Apriyanti 2012:3).

Emas terbentuk terbentuk dari waktu ke waktu atau disebut data runtun waktu. Salah satu model yang dapat digunakan dalam analisis *time series* adalah metode rata-rata bergerak (*moving average*). Jenis metode rata-rata bergerak yang paling sederhana adalah *Single Moving Average* (SMA), dimana hasil peramalan yang diperoleh dari data baru akan berubah-ubah. Metode yaitu *Weighted Moving Average* (WMA) merupakan peningkatan dari metode SMA yang dimana pemberian nilai bobot yang berbeda untuk setiap data. Tipe *moving average* lainnya *Exponential Moving Everage* (EMA) yang merupakan variasi dari metode SMA dimana dalam menentukan faktor pembobot dalam analisis data dari runtun waktu menggunakan bilangan eksponential.

Pada penelitian selanjutnya, Hansul telah memperkenalkan pendekatan baru yaitu metode *moving average* yang menggabungkan metode WMA dan EMA (Hansun,2013) . pendekatan ini disebut Weigted Exponential Moving Average (WEMA) dimana didapatkan kesimpulan bahwa metode WEMA menghasilkan nilai error MSE dan MAPE terkecil dibanding dengan metode *moving average* lainnya dan selanjutnya Hansun memperkenalkan metode baru lainnya yang ini menggabungkan dari metode WMA dan B-DES disebut metode *Brown's Weighted Exponential Moving Average* (B-WEMA) (Hansun, 2016). Untuk mendapatkan keakuratan hasil ramalan tergantung pada parameter pemulusan yang bisa memperbaiki trend. Sehingga parameter *alpha* sangat diperlukan, dan dapat dioptimalkan dengan algoritma *Levenberg Marquardt*.

Pada penelitian ini, akan menggabungkan optimasi dengan B-DES dan B-WEMA yang kemudian akan dibandingkan hasil peramalan. Metode yang diusulkan akan diterapkan pada data harian harga emas di Indonesia pada periode 1 September 2020 hingga 31 Maret 2021.

## LANDASAN TEORI

### *Weighted Moving Average* (WMA)

Metode WMA adalah metode yang memberikan nilai bobot yang berbeda-beda pada setiap dimana data yang terakhir merupakan data yang paling relevan untuk peramalan sehingga diberi bobot yang lebih besar. Bobot di tentukan sedemikian rupa sehingga jumlah peluang pembobotnya adalah sama dengan satu. Rumus metode WMA sebagai berikut:

$$WMA_{t+1} = \frac{kX_t + (k-1)X_{t-1} + \dots + X_{t-(n-1)}}{k + (k-1) + \dots + 1} \quad (1)$$

dengan  $k$  banyaknya periode atau rentang bilangan peramalan,  $X_t$  nilai data deret waktu pada titik  $n$ .

### *Brown's Double Exponential Smoothing* (B-DES)

Metode ini dapat diterapkan pada data yang memiliki pola *trend*. Perbedaan dari metod *smoothing* adalah keakuratan hasil ramalan tergantung pada parameter pemulusan (parameter *alpha*) yang dapat memperbaiki *trend*. Sehingga parameter *alpha* optimal sangat

diperlukan, parameter *alpha* dioptimalkan menggunakan algoritma *Levenberg Marquardt* dalam software R. Persamaan yang digunakan pada metode Brown adalah sebagai berikut (Makridakis et al 1993);

Persamaan statistik *smoothing* pertama (*single*)

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

$\alpha$  diestimasi secara numerik metode *Levenberg Marquadt*

Persamaan statistik *smoothing* ganda (*double*)

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

Selanjutnya,peramalan untuk  $X_{t+m}$ , untuk  $m > 1$

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

Dengan  $\alpha_t$  merupakan nilai pemulusan eksponensial pertama dan kedua pada saat  $t$ , dan  $b_t$  nilai pemulusan *trend* pada saat  $t$ .

$$a_t = S'_t + (S'_t - S''_t) = 2S'_t - S''_t \quad (5)$$

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

Penggunaan rumus (2) dan (3) agar dapat digunakan maka nilai  $S'_{t-1}$  dan  $S''_{t-1}$  harus tersedia. Pada saat  $t = 1$ , untuk nilai  $S'_1$  dan  $S''_1$  menggunakan nilai rata-rata dari beberapa nilai pertama sebagai titik awal (Makridakis et al, 1999).

### *Brown's Weighted Exponential Moving Average* (B-WEMA)

Metode B-WEMA merupakan metode penyempurnaan dari metode *Weighted Exponential Moving Average* (WEMA) yang telah dikenalkan pada tahun 2013. Perbedaan utama pada kedua metode tersebut adalah metode WEMA menggabungkan perhitungan faktor pembobot *Weighted Moving Average* (WMA) dengan *Exponential Moving Average* (EMA), sedangkan pada metode B-WEMA menggabungkan perhitungan faktor pembobotan pada metode WMA dengan *Brown's Double Exponential Smoothing* (B-DES). Metode B-WEMA dapat diterapkan untuk meramalkan nilai data deret waktu dimasa mendatang dengan pola *trend*. Berikut merupakan perhitungan B-WEMA (Hansun, 2016);

1. Menghitung nilai dasar ( $B_t$ ) yang merupakan moving average dari  $t$  data

dengan menggunakan persamaan WMA untuk data dan periode waktu tertentu.

$$B_t = \frac{kX_t + (k-1)X_{t-1} + \dots + X_{t-(n-1)}}{k + (k-1) + \dots + 1} \quad (7)$$

2. Dengan menggunakan nilai dasar yang telah ditetapkan, kemudian menghitung nilai peramalan dengan persamaan berikut, dimana

$$B_t = S'_{t-1} = S''_{t-1} \quad (8)$$

Persamaan statistik *smoothing* pertama (*single*)

$$S'_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \quad (9)$$

$\alpha$  diestimasi secara numerik metode *Levenberg Marquardt*

Persamaan statistik *smoothing* ganda (*double*)

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \quad (10)$$

Selanjutnya, peramalan untuk  $X_{t+m}$ , untuk  $m > 1$

$$F_{t+m} = \alpha_t + b_t m \quad (11)$$

Dengan  $\alpha_t$  merupakan nilai pemulusan eksponensial pertama dan kedua pada saat  $t$ , dan  $b_t$  nilai pemulusan *trend* pada saat  $t$ .

$$\alpha_t = S'_t + (S'_t - S''_t) = 2S'_t - S''_t \quad (12)$$

$$b_t = \frac{a}{1-a} (S'_t - S''_t) \quad (13)$$

### **Levenberg Marquardt**

Metode *Levenberg Marquardt* merupakan salah satu metode optimasi untuk menyelesaikan masalah kuadrat terkecil yang didasarkan pada metode *Gauss-Newton*. Pada metode *Levenberg Marquardt*, arah turun ditentukan dengan mempertimbangkan parameter *damping* yang akan mempengaruhi arah dan juga besar langkah. Secara umum, algoritma *Levenberg Marquardt* meminimalkan residual kuadrat terboboti. Dimana nilai residual tersebut disebut dengan kriteria galat *chi-square* atau dalam artian yang sederhana dengan memperkecil *chi-square*, yaitu (Gavin, 2017):

$$\chi^2(p) = \sum_{i=1}^m \left[ \frac{x(t_i) - \hat{x}(t_i; p)}{w_i} \right]^2 = \mathbf{x}^T \mathbf{W} \mathbf{x} - 2 \mathbf{x}^T \mathbf{W} \hat{\mathbf{x}} + \hat{\mathbf{x}}^T \mathbf{W} \hat{\mathbf{x}} \quad (14)$$

Dengan nilai  $w_i$  adalah ukuran bobot setiap galat dari  $x(t_i)$ . Sementara  $\mathbf{W}$  adalah matriks diagonal dengan  $\mathbf{W}_{ii} = \mathbf{1}/w_i^2$ . Apabila residual merupakan rataan dari galat kuadrat  $(x - \hat{x})^2$ , maka bobotnya senilai  $\mathbf{W}_{ii} = \mathbf{1}/(\sqrt{n})^2$ . Jika fungsi  $\hat{x}(t; p)$  non linier, maka meminimalkan nilai  $\chi^2$  dilakukan secara iterative.

Pada metode *Gradient Decscent*, nilai gradient dari fungsi objektif chi-kuadrat didefinisikan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial p} \chi^2 &= -(\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}})^T \mathbf{W} \left[ \frac{\partial \hat{\mathbf{y}}(p)}{\partial p} \right] \\ &= -(\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}})^T \mathbf{W} \mathbf{J} \end{aligned} \quad (15)$$

Dimana matriks jacobian  $m \times n$  yaitu  $[\partial \hat{\mathbf{y}} / \partial p]$  mewakili sensitivitas lokal dari fungsi  $\hat{\mathbf{y}}(t; p)$  terhadap  $p$  parameter. Pembaharuan parameter  $h$  yang mewakili mengecilkan nilai  $\chi^2$  adalah.

$$\mathbf{h}_{gd} = \alpha \mathbf{J} \mathbf{W} (\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}}) \quad (16)$$

dimana nilai skalar positif ( $\alpha$ ) menunjukkan besaran langkah pada metode *Gradient Descent*. Sementara itu, nilai pembaharuan parameter ( $h$ ) pada metode *Gauss-Newton* adalah sebagai berikut:

$$[\mathbf{J}^T \mathbf{W} \mathbf{J}] \mathbf{h}_{gn} = \mathbf{J}^T \mathbf{W} (\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}}) \quad (17)$$

Pembaharuan parameter dari algoritma LM dikatakan mengadopsi metode *gradient decent* dan *Gauss-Newton*. Adapun  $h$  pada LM adalah sebagai berikut (Gavin, 2017).

$$[\mathbf{J}^T \mathbf{W} \mathbf{J} + \lambda \mathbf{I}] \mathbf{h}_{lm} = \mathbf{J}^T \mathbf{W} (\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}}) \quad (18)$$

Dengan nilai parameter  $\lambda$  menentukan pergerakan dari pembaharuan parameter,  $\mathbf{J}$  adalah matriks jacobian  $[\partial \hat{\mathbf{y}} / \partial p]$  Dalam iterasi ke- $i$  langkah  $h$  dievaluasi dengan membandingkan  $\chi^2(p)$  dengan  $\chi^2(p + h)$ . Langkah tersebut akan diterima jika matrik  $\rho_i$  lebih besar daripada ambang yang telah ditentukan sebelumnya  $\varepsilon > 0$ . Metrik ini mengukur aktual dari  $\chi^2$  sebagai pembandingan kenaikan dari pembaharuan LM.

$$\begin{aligned} \rho_i &= \frac{\chi^2(p) - \chi^2(p + \mathbf{h}_{lm})}{(\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}})(\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}}) - (\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}} - \mathbf{J} \mathbf{h}_{lm})^T (\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}} - \mathbf{J} \mathbf{h}_{lm})} \\ &= \frac{\chi^2(p) - \chi^2(p + \mathbf{h}_{lm})}{\mathbf{h}_{lm}^T (\lambda_i \mathbf{h}_{lm} + \mathbf{J}^T \mathbf{W} (\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}}(p)))} \end{aligned} \quad (19)$$

Jika iterasi  $\rho_i(\mathbf{h}_{lm})$  melebihi ambang, berarti  $p + h$  lebih baik daripada  $p$ , kemudian  $p$  digantikan dengan  $p + h$ , dan  $\lambda$  dikurangi dengan suatu factor. Sebaliknya, jika  $\lambda$  meningkat oleh suatu factor, algoritma akan memproses ke iterasi selanjutnya (Primandari A.H., 2006).

### **Ukuran Kesalahan**

Untuk mengetahui akurasi suatu sistem peramalan yang dibuat, perlu dilakukan perhitungan matematis untuk mengukur tingkat kesalahan peramalan. Terdapat banyak perhitungan yang digunakan untuk menghitung kesalahan peramalan. Salah satu ukuran standar yang digunakan dalam menentukan akurasi peramalan adalah MSE dan MAPE dirumuskan sebagai berikut.

No	Waktu( <i>t</i> )	Satuan
1	hari ke-1	Gram
2	hari ke-2	Gram
3	hari ke-3	Gram
4	hari ke-4	Gram
.	.	.
.	.	.
.	.	.
212	hari ke-212	Gram

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2 \quad (20)$$

dengan  $n$  adalah banyaknya data nilai kesalahan dan  $x_i$  adalah nilai data aktual,  $\hat{x}_i$  adalah nilai peramalan atau prediksi.

MSE mempunyai dua kelemahan. Pertama, MSE pada himpunan mengabaikan prosedur pada metode peramalan yang mempunyai arti bahwa setiap peramalan memiliki prosedur yang berbeda. Maka, hanya dengan menggunakan MSE saja tidak mampu menjadikan acuan dalam melihat tingkat akurasi suatu sistem peramalan tersebut. Kedua, ukuran ini menunjukkan kecocokan suatu model data historis.

Oleh karena itu, kelemahan yang ada pada MSE dapat digabungkan dengan pengukuran kesalahan lainnya. Salah satunya adalah MAPE atau ukuran *error* relative terhadap data aktualnya, secara sistematis MAPE dinyatakan sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|x_i - \bar{x}_i|}{x_i} \times 100\% \quad (21)$$

MAPE dapat dihitung menggunakan kesalahan absolut di setiap periode dan kemudian dibagi dengan nilai-nilai yang diamati yang terbukti untuk periode selanjutnya. MAPE menunjukkan banyaknya kesalahan dalam memprediksi dibandingkan dengan nilai sebenarnya.

Dalam memilih metode peramalan yang tepat yaitu dengan melihat MSE dan MAPE, semakin kecil nilai MSE dan MAPE dalam suatu sistem peramalan, dapat dikatakan bahwa sistem yang telah dibuat mempunyai nilai akurasi yang baik. Hasil peramalannya yang mendekati data aktual dapat dilihat berdasarkan nilai kesalahan seminimal mungkin.

## METODE PENELITIAN

### Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini, yaitu data sekunder yang bersumber dari *investing.com* berupa data Harga Emas di Indoensia dengan jumlah data sebanyak 212 data. Data yang digunakan periode 1 September 2020 hingga 31 Maret 2021.

## Variabel dan Struktur Data

Tabel 1. Variabel Data

### Langkah Penelitian

Langkah-langkah dalam penelitian B-DES:

1. Melakukan input data  $cp$  yang digunakan untuk membuat fungsi (function) untuk forecast metode B-DES dengan melakukan inisialisasi pada  $S_1' MA(T)$  dan  $S_1'' MA(T)$  atau  $MA(T)$  yang selanjutnya disebut sebagai B-DES ( $T$ ).
2. Menyusun fungsi B-DES, fungsi dilanjut dengan melakukan perhitungan (*looping*) untuk rumus B-DES.
3. Membuat *function error* masing-masing nilai MSE dan MAPE yang dalam hal ini merupakan fungsi objektif yang berdasarkan *function forecast* metode B-DES.
4. Melakukan peramalan B-DES dengan memasukkan nilai parameter hasil dari optimasi (parameter optimum).
5. Melakukan perhitungan nilai MSE dan MAPE optimum B-DES.

Langkah-langkah perhitungan B-WEMA:

1. Melakukan input data  $cp$  yang digunakan untuk membuat fungsi untuk forecast metode B-WEMA dengan melakukan  $S_0' = WMA(T)$  dan  $S_0'' = WMA(T)$  atau  $MA(T)$  yang selanjutnya disebut  $B - WEMA(T)$ .
2. Membuat fungsi B-WEMA, fungsi dilanjutkan dengan perhitungan perulangan (*looping*) untuk rumus B-WEMA.
3. Membuat *function error* masing-masing nilai MSE dan MAPE berdasarkan *function forecast* metode B-WEMA.
4. Melakukan optimasi parameter dengan menggunakan algoritma *Levenberg Maquardt* dengan bantuan package *library (minpack.lm)* dengan memasukan nilai parameter.
5. Melakukan perhitungan MSE dan MAPE optimum B-WEMA.

## HASIL PENELITIAN dan PEMBAHASAN

### Statistika Deskriptif

Pada penelitian digunakan data harga emas yang terdiri dari data harian selama 7 bulan terhitung mulai 1 September 2020 sampai 31 Maret 2021. Pada saat periode tersebut kondisi harga emas di Indonesia mengalami penurunan disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya

Perlakuan	B-DES
Sebelum Optimasi	0.3
Setelah Optimasi	0.36295

krisis global, inflasi dan devaluasi mata uang. Diperoleh bahwa nilai minimal dari harga emas di Indonesia sebesar 777.251, nilai maksimal sebesar 937.621 untuk rata-rata sebesar 854.217 dan standar deviation sebesar 42.4365.

### Pemilihan Pemodelan Terbaik

Dalam melakukan prediksi, baik atau tidaknya ramalan suatu model sangat menentukan keputusan apakah model tersebut dipakai atau tidak. Dalam penelitian ini pemodelan  $\alpha$  terbaik dipilih berdasarkan nilai MSE dan MAPE yang paling kecil. Untuk menghitung nilai MSE dan MAPE dalam dilakukan menggunakan rumus pada persamaan (2.15) dan (2.17), nilai parameter  $\alpha$  adalah 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9.

Tabel 2. Pemodelan Parameter  $\alpha$

Parameter ( $\alpha$ )	MSE	MAPE
0.1	132.9544	0.9840801
0.2	106.9412	0.8531651
0.3	100.0696	0.8049942
0.4	101.0679	0.8173154
0.5	103.9713	0.8276578
0.6	112.3999	0.9539181
0.7	125.9578	0.8295054
0.8	146.0212	0.8838173
0.9	174.9909	0.9649515

Berdasarkan nilai parameter  $\alpha$  yang terbaik adalah  $\alpha = 0.3$ , yang selanjutnya model parameter  $\alpha$  tersebut digunakan untuk memprediksi data periode kedepan dengan dilakukan optimasi untuk memperoleh nilai parameter  $\alpha$  optimal.

### Analisis Metode B-DES

Pada metode B-DES hasil yang diperoleh dari metode dan grafik peramalan untuk memprediksi harga emas di Indonesia. Sebelum itu optimasi telah dilakukan untuk parameter  $\alpha$  pada metode B-DES, optimasi ini diharapkan memiliki nilai MSE dan MAPE terkecil dimana algoritma *Levenberg Marquardt* tersebut memperkecil fungsi *chi-square*. Dalam melakukan optimasi *Levenberg*

*Marquardt* syaratnya nilai parameter  $\alpha$  yaitu nilai parameter berada diantara 0 sampai 1.

Tabel 3. Hasil Optimasi B-DES

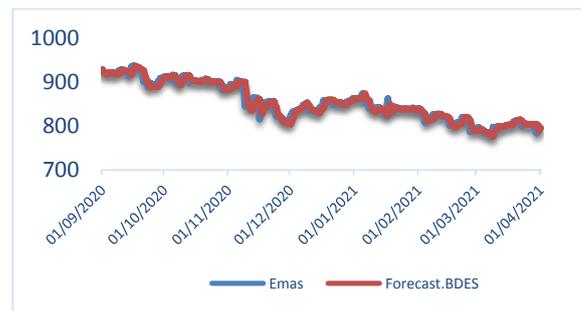
Hasil dari optimasi parameter algoritma *Levenberg Marquardt* pada metode B-DES diperoleh hasil bahwa metode B-DES parameter  $\alpha$  optimum yang didapatkan sebesar 0.36295 hasil ini didapatkan setelah mendapatkan model parameter  $\alpha$  sebesar 0.3. Setelah didapatkan parameter  $\alpha$  optimum metode B-DES, selanjutnya dilakukan untuk memprediksi harga emas di Indonesia satu hari kedepan.

Tabel 4. Hasil Peramalan B-DES

Periode	Hasil Peramalan
1/4/2021	795.6191

Pada peramalan B-DES diperoleh hasil prediksi sebesar 795.6191.

Gambar 1 Plot Hasil Peramalan Metode B-DES



Plot hasil peramalan metode B-DES yang dilihat berdasarkan waktu. Data aktual harga emas pada grafik ditunjukkan oleh garis biru, sementara data prediksi ditunjukkan oleh garis orange. Dari plot atau kurva yang ditampilkan, dapat terlihat bahwa data prediksi mengikuti pola data aktual harga emas.

Tabel 5. Hasil Nilai MSE dan MAPE

Metode B-DES	MSE	MAPE
Sebelum optimasi		
$\alpha$ (0.3)	100.0696	0.804994%
Sesudah optimasi		
$\alpha$ (0.36295)	99.75462	0.78389%

Untuk hasil terbaik, dilihat berdasarkan nilai error terkecil dari MSE dan MAPE, pada Tabel 4.2.2 dapat terlihat metode B-DES sebelum optimasi memperoleh nilai MSE dan MAPE sebesar 100.0696 dan 0.804994% dan Sesudah

di optimasi dengan parameter  $\alpha$  optimum memperoleh nilai MSE dan MAPE lebih kecil sebesar 99.75462 dan 0.78389%.

### Analisis Metode B-WEMA

Pada metode B-WEMA hasil yang diperoleh dari metode dan grafik peramalan untuk memprediksi harga emas di Indonesia. Sebelum itu optimasi telah dilakukan untuk parameter  $\alpha$  pada metode B-WEMA, optimasi ini diharapkan memiliki nilai MSE dan MAPE terkecil dimana algoritma *Levenberg Marquardt* tersebut memperkecil fungsi *chi-square*. Dalam melakukan optimasi *Levenberg Marquardt* syaratnya nilai parameter  $\alpha$  yaitu nilai parameter berada diantara 0 sampai 1.

Tabel 6 Hasil Optimasi B-WEMA

Perlakuan	B-WEMA
Sebelum Optimasi	0.3
Setelah Optimasi	0.36316

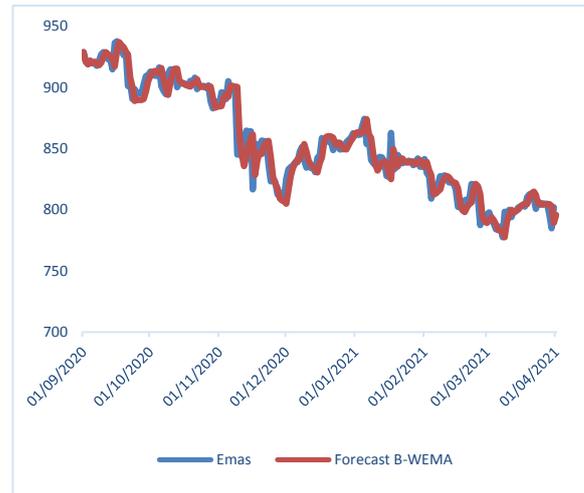
Hasil dari optimasi parameter algoritma *Levenberg Marquardt* pada metode B-WEMA diperoleh hasil bahwa metode B-WEMA parameter  $\alpha$  optimum yang didapatkan sebesar 0.36316 hasil ini didapatkan setelah mendapatkan model parameter  $\alpha$  sebesar 0.3. Setelah didapatkan parameter  $\alpha$  optimum metode B-WEMA, selanjutnya dilakukan untuk memprediksi harga emas di Indonesia satu hari kedepan.

Tabel 7. Hasil Peramalan B-WEMA

Periode	Hasil Peramalan
1/4/2021	795.6192

dapat diketahui bahwa nilai Peramalan harga emas di Indonesia untuk tanggal 1 April 2021 sebesar 795.6192.

Gambar 2. Plot hasil Peramalan B-WEMA



plot hasil peramalan metode B-WEMA yang dilihat berdasarkan waktu. Data aktual harga emas pada grafik ditunjukkan oleh garis biru, sementara data prediksi ditunjukkan oleh garis orange. Dari plot atau kurva yang ditampilkan, dapat terlihat bahwa data prediksi mengikuti pola data aktual harga emas.

Tabel 8. Hasil Nilai MSE dan MAPE

Metode B-WEMA	MSE	MAPE
Sebelum optimasi $\alpha$ (0.3)	100.6699	0.8044575%
Sesudah optimasi $\alpha$ (0.36316)	99.7188	0.7830921%

Untuk hasil terbaik, dilihat berdasarkan nilai error terkecil dari MSE dan MAPE, pada Tabel dapat terlihat metode B-WEMA sebelum optimasi memperoleh nilai MSE dan MAPE sebesar 100.6699 dan 0.8044575% dan Sesudah di optimasi dengan parameter  $\alpha$  optimum memperoleh nilai MSE dan MAPE lebih kecil sebesar 99.7188 dan 0.7830921%.

### Perbandingan Hasil

Dalam bagian ini, dapat membandingkan hasil perhitungan antara metode B-DES dan B-WEMA. Sebelum itu optimasi parameter  $\alpha$  yang dilakukan pada metode B-DES dan B-WEMA. Optimasi *Levenberg Marquardt* dilakukan dengan bantuan package *library(minpack.lm)* yang tersedia dalam *software R*. Hasil perubahan sebelum dan sesudah dilakukan optimasi dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Date	B-WEMA
9/1/2020	928.527
9/2/2020	920.920
9/3/2020	918.790
9/4/2020	921.714
9/5/2020	919.532
⋮	⋮
4/1/2021	795.6192
4/2/2021	789.344
4/3/2021	788.335
4/4/2021	787.326
4/5/2021	786.317

Tabel 9. Perbandingan Hasil Optimasi

Hasil dari optimasi parameter algoritma LM pada B-DES dan B-WEMA diperoleh hasil

Periode	Metode	
	B-DES	B-WEMA
4/1/2021	795.6191	795.6192

bahwa pada B-DES parameter alpha optimum yang didapatkan sebesar 0.36295, hasil ini didapatkan setelah mendapatkan pemodelan parameter alpha ( $\alpha$ ) sebesar 0.3, sedangkan pada B-WEMA diperoleh parameter alpha optimum sebesar 0.36316, hasil ini pula didapatkan setelah mendapatkan pemodelan parameter alpha ( $\alpha$ ) sebesar 0.3.

Setelah didapatkan parameter optimum

Metode	MSE	MAPE
B-DES( $\alpha = 0.3$ )	100.0696	0.8049942%
B-DES ( $\alpha = 0.36295$ )	99.75462	0.78389%
B-WEMA ( $\alpha = 0.3$ )	100.6699	0.8044575%
B-WEMA ( $\alpha = 0.36316$ )	99.7188	0.7830921%

untuk keseluruhan metode, selanjutnya dilakukan untuk memprediksi harga emas di Indonesia satu hari kedepan.

Tabel 10 Hasil Perbandingan Peramalan

Pada Tabel dapat diketahui bahwa harga emas di Indonesia untuk tanggal 1 April 2021 untuk metode B-DES sebesar 795.6191 dan B-WEMA sebesar 795.6192. Terlihat pada hasil peramalan metode B-DES dan B-WEMA nilai peramalannya yang diperoleh tidak beda jauh.

Metode	Nilai Parameter	
	Sebelum optimasi	Sesudah Optimasi
B-DES	0.3	0.36295
<b>B-WEMA</b>	<b>0.3</b>	<b>0.36316</b>

Tabel 11. Hasil Perbandingan MSE dan MAPE

Untuk hasil terbaik, dilihat berdasarkan nilai error terkecil dari MSE dan MAPE pada masing-masing metode seperti yang terlihat pada Tabel 4.4.2, metode B-WEMA setelah di optimasi memperoleh nilai MSE sebesar 99.7188 serta nilai MAPE terkecil sebesar 0.7830921% dibandingkan metode B-DES. Metode B-DES memiliki nilai MSE sebesar 99.75462 dan nilai MAPE sebesar 0.78389%.

Tabel 12. Hasil Peramalan Metode Terbaik

Pada perbandingan hasil, telah diketahui bahwa metode B-WEMA memiliki nilai error baik MSE maupun MAPE dibandingkan metode B-DES.

Maka metode hasil dari peramalan menggunakan metode B-WEMA dilanjutkan peramalan lima periode kedepan dilanjutkan menggunakan *Microsoft excel*.

Dari hasil peramalan metode terbaik dalam lima hari kedepan yaitu sebesar Rp. 795.6192, Rp. 789.344, Rp. 788.335, Rp. 787.324, dan Rp. 786.317.

## SIMPULAN dan SARAN

### Simpulan

Pemodelan dihasilkan dari metode B-DES dan B-WEMA diperoleh parameter *alpha* ( $\alpha$ ) sebesar 0.3 di optimasikan menggunakan optimasi Levenberg Marquardt mendapat parameter optimal metode B-DES sebesar 0.36295 dan metode B-WEMA sebesar 0.36316. Perbandingan nilai error pada MSE dan MAPE metode B-WEMA yang dibandingkan dengan metode *Brown's Double Exponential Smoothing* (B-DES) dilakukan untuk melihat metode terbaik dengan nilai error terkecil yang selanjutnya digunakan untuk memprediksi harga emas di Indonesia. B-WEMA memiliki MSE 99.71888 dan MAPE 0.7830921%, dan B-DES Memiliki MSE 99.75462 dan MAPE 0.78389%. Dari perbandingan kedua metode tersebut, dapat dilihat bahwa B-WEMA adalah metode terbaik

karena memiliki MSE dan MAPE terkecil. Dari hasil metode peramalan terbaik yaitu hasil peramalan B-WEMA dimana nilai peramalan selama lima hari berikutnya menggunakan B-WEMA secara berturut-turut sebesar Rp. 795.6192, Rp. 789.344, Rp. 788.335, Rp. 787.326, dan Rp. 786.317.

### Saran

Saran yang diberikan oleh peneliti untuk penelitian selanjutnya keterbatasan pada fungsi library (minpack.lm) dengan function nls.lm untuk metode *Levenberg Marquardt* pada tidak terlihatnya beberapa banyak iterasi yang dilakukan untuk mendapat parameter *alpha* optimal. Pada penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan *function* dalam *packages library (minpack.lm)* lainnya sehingga dapat terlihat berapa banyak iterasi yang dibutuhkan untuk parameter *alpha*.

### Daftar Pustaka

- Adamuthe, A. C., Gage, R. A., dan Thampi, G. T. (2015). Forecasting Cloud Computing using Double Exponential Smoothing Methods. *International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS-2015)* (pp. 1-5). Coimbatore, INDIA: IEEE.
- Aden dan Supriyanti, A. 2020. Prediksi Jumlah Calon Peserta Didik Baru Menggunakan Metode Exponential Smoothing Dari Brown. *Jurnal Lebesgue ISSN 2721-8929*.
- Andriyanto, Teguh. 2017. Sistem Peramalan Harga Emas Antam Menggunakan Double Exponential Smoothing. *Jurnal Intensif ISSN 2549-6824*
- Aritonang, Lebrin. 2002. *Peramalan Bisnis*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Budiasih. 2009. *Metode Levenberg-Marquardt Untuk Masalah Kuadrat Terkecil Nonlinear*. Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Djarwanto dan Subagyo. 2002. *Statistika Induktif*. Edisi Keempat. Cetakan Keempat. BPF. Yogyakarta.
- Gavin, H. P. (2017). *The Levenberg Marquardt Method for Nonlinear Least Square Curve-Fitting Problems*. Departmen of Civil and Environmental Engineering Duke University.
- Halim 2005 dan Mulyo, H.2016. *Analisis Investasi*. Edisi 2. PT Salemba Emban. Patria. Jakarta.
- Hansun. 2013. A New Approach of Moving Average Method in Time Series Analysis. *International Conference on New Media (CoNMedia)* (hal. 1-4). Indonesia: Proc. of the 2013 IEEE International Conference on New Media.
- . 2016. A New Approach of Brown's Double Exponential Smoothing Method in Time Series Analysis. *Balkan Journal of Electrical & Computer Engineering (BAJECE)*, 75-78.
- <https://id.investing.com/commodities/gold>
- Kurniawan, A. 2012. Peramalan Awal Musim Hujan Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Levenberg Marquardt. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2012*. (SNATI 2012)
- Makridakis, S., McGee dan Wheelwright, S.C. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Edisi 2 Jilid I. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Maya Apriyanti, 2012. *Anti Rugi Dengan Berinvestasi Emas*. Yogyakarta. Pustaka Baru Press.
- Primandari, A. H. 2016. Grey Double Exponential Smoothing dengan Optimasi Levenberg-Marquardt untuk Peramalan Volume Penumpang di Bandara Soekarno-Hatta. *Jurnal Derivat Volume 3 No. 2*, 25-39.

