

## APLIKASI METODE *GOLDEN SECTION* UNTUK OPTIMASI PARAMETER PADA METODE *EXPONENTIAL SMOOTHING*

Dani al Mahkya<sup>1</sup>, Hasbi Yasin<sup>2</sup>, Moch. Abdul Mukid<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Statistika FSM UNDIP

<sup>2</sup>Staff Pengajar jurusan Statistika FSM UNDIP

### ABSTRACT

Forecasting is predicting the activities values that have been previously known. One of the methods that can be used to predict is Exponential Smoothing. In this study, exponential smoothing method used is Single Exponential Smoothing (SES), Holt Double Exponential Smoothing (DES) and Triple Exponential Smoothing Holt-Winter (TES) Additive and Multiplicative models. Data used is value of Central Java Export from the period January 2006 until December 2013. There is some weighting parameters were evaluated in this method in order to produce a minimum error. Trial error method is used to obtain the weighting parameters. For SES method parameters evaluated were the parameters  $\alpha$ , in DES method there are  $\alpha$  and  $\gamma$ . And TES method there are  $\alpha$ ,  $\gamma$  and  $\beta$ . The value that will be minimize is Percentage Mean Absolute Error (MAPE). This study used the Golden Section method to find the parameter values that minimize the weighting function of MAPE. And built a Graphical User Interface (GUI) MATLAB in order to facilitate the analysis process. The Golden Section analysis found the best model is the TES Holt Winters Additive because it has a minimum value of MAPE. With Use the TES Holt Winters Additive will continue to predict the value of exports of Central Java 12 periods ahead with weighting parameters that minimize MAPE.

*Keywords* : *Exponential Smoothing, Graphical User Interface (GUI), Export, Golden Section, Predict.*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Data runtun waktu yang terjadi di lapangan biasanya mengandung beberapa pola seperti pola tren maupun pola tren musiman. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memprediksi data runtun waktu yang memiliki pola tren maupun pola tren musiman adalah metode *Exponential Smoothing* dimana terdapat parameter pembobot untuk pemulusan data runtun waktu. Metode *Exponential Smoothing* terbagi menjadi tiga bagian yaitu *Single Exponential Smoothing* (SES), *Double Exponential Smoothing Holt* (DES) dan *Triple Exponential Smoothing Holt-Winters* (TES) (Makridakis *et al.*, 1999). Pada metode *Exponential Smoothing* dibutuhkan beberapa parameter agar menghasilkan model yang baik. Salah satu kriteria model yang baik adalah model dengan nilai *Mean Absolut Persentage Error* (MAPE) yang minimum. Parameter tersebut didapat dengan melakukan *trial-error*. Metode *trial-error* membutuhkan waktu yang cukup banyak untuk mendapatkan parameter yang meminimumkan MAPE. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk memodifikasi sebuah metode untuk mendapatkan parameter yang optimum agar nilai MAPE yang dihasilkan dapat seminimum mungkin. Dengan data yang digunakan adalah nilai Ekspor Jawa Tengah dengan data dari periode Januari 2006 sampai Desember 2013. Kemudian untuk mempermudah aplikasi sistem, akan disusun sistem aplikasi prediksi dengan metode *Exponential Smoothing* dengan menggunakan *Graphical User Interface* (GUI) MATLAB.

### 1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan parameter optimal pada metode SES, DES dan TES.
2. Bagaimana hasil prediksi nilai Ekspor Jawa Tengah dengan data dari Januari 2006 sampai Desember 2013 untuk beberapa periode ke depan.

### 1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini diberikan pembatasan masalah pada pembahasan metode SES, DES dan TES dan metode optimasi parameter menggunakan metode *Golden Section* untuk data Ekspor Jawa Tengah Periode Januari 2006 sampai Desember 2013.

### 1.4. Tujuan

1. Melakukan optimasi untuk parameter model pada metode SES, DES dan TES menggunakan metode *Golden Section* dengan fungsi tujuan adalah meminimumkan nilai MAPE.
2. Mendapatkan nilai prediksi menggunakan parameter yang optimal untuk tiap-tiap metode pada data nilai Ekspor Jawa Tengah dari periode Januari 2006 sampai September 2013
3. Mencari model terbaik dari metode *Exponential Smoothing*.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Peramalan

Peramalan adalah salah satu unsur yang sangat penting dalam pengambilan keputusan, sebab efektif atau tidaknya suatu keputusan tergantung pada beberapa faktor yang tidak dapat dihat pada waktu keputusan itu diambil (Soejoeti, 1987).

### 2.2. Ukuran Kesalahan

Menurut Makridakis *et al.* (1999) ada beberapa ukuran kesalahan, yang diantaranya menyangkut galat persentase. Adapun macam-macam galat persentase sebagai berikut:

1. Galat Persentase (*Percentage Error*)

$$PE_t = \left( \frac{X_t - F_t}{X_t} \right) (100)\%$$

2. Nilai Tengah Galat Persentase (*Mean Percentage Error*)

$$MPE = \sum_{t=1}^n PE_t / n$$

3. Nilai Tengah Galat Persentase Absolut (*Mean Absolute Percentage Error*)

$$MAPE = \sum_{t=1}^n |PE_t| / n$$

Keterangan:

PE<sub>t</sub> = Nilai galat persentase pada periode ke t

X<sub>t</sub> = Data pada periode ke t

F<sub>t</sub> = Nilai prediksi pada periode ke t

n = Banyaknya data runtun waktu

### 2.3. *Exponential Smoothing*

Metode pemulusan (*Smoothing*) eksponensial merupakan sebuah metode yang menunjukkan pembobotan menurun secara eksponensial terhadap nilai pengamatan sebelumnya. Oleh karena itu metode ini disebut prosedur pemulusan eksponensial. Seperti halnya metode rata-rata bergerak, metode pemulusan eksponensial terdiri atas tunggal, ganda dan metode yang lebih rumit (Makridakis *et al.*, 1999)

- ***Single Exponential Smoothing***

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

dengan:

X<sub>t</sub> = Data pada periode ke t

α = Pembobot satu parameter

F<sub>t</sub> = Nilai prediksi pada periode ke t

- ***Double Exponential Smoothing Holt***

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

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

$$F_t = S_{t-1} + b_t$$

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

dengan:

S<sub>t</sub> = Pemulusan level pada periode ke t

α = Pembobot untuk level

X<sub>t</sub> = Data pada periode ke t

b<sub>t</sub> = Pemulusan tren pada periode ke t

$\gamma$  = Pembobot untuk tren  
 $F_t$  = Nilai prediksi pada periode ke t  
m = Jumlah periode ke depan

- **Triple Exponential Smoothing Holt Winters Additive**

$$L_t = \alpha(y_t - \bar{S}_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \beta[L_t - L_{t-1}] + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$S_t = \gamma(y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-L}$$

$$F_t = L_{t-1} + b_{t-1} + S_{t-s}$$

$$F_{t+m} = L_t + b_t + S_{t-s+m}$$

dengan:

$L_t$  = Pemulusan level pada saat t dengan  $\alpha$  adalah bobot pada level  
 $b_t$  = Pemulusan trend pada saat t dengan  $\beta$  adalah bobot pada trend  
 $S_t$  = Pemulusan komponen musiman pada saat t dengan  $\gamma$  adalah bobot komponen musiman.  
s = periode musiman  
 $F_t$  = nilai prediksi pada saat t  
 $F_{t+m}$  = adalah nilai fit pada saat t+m

- **Triple Exponential Smoothing Holt Winters Multiplicative**

$$L_t = \alpha(y_t / \bar{S}_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \beta[L_t - L_{t-1}] + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$S_t = \gamma(y_t / L_t) + (1 - \gamma)S_{t-L}$$

$$F_t = (L_{t-1} + b_{t-1})S_{t-s}$$

$$F_{t+m} = (L_t + b_t)S_{t-s+m}$$

dengan:

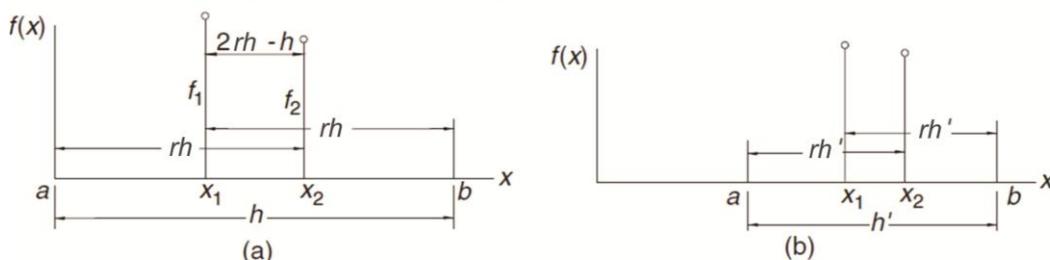
$L_t$  = Pemulusan level pada saat t dengan  $\alpha$  adalah bobot pada level  
 $b_t$  = Pemulusan trend pada saat t dengan  $\beta$  adalah bobot pada trend  
 $S_t$  = Pemulusan komponen musiman pada saat t dengan  $\gamma$  adalah bobot komponen musiman.  
s = periode musiman  
 $F_t$  = nilai prediksi pada saat t  
 $F_{t+m}$  = adalah nilai fit pada saat t+m

**2.4. Metode Golden Section**

Pada umumnya, algoritma Golden Section digunakan untuk menyelesaikan NLP (*Non-Linear Programming*) satu variabel yang berbentuk:

Maksimasi atau Minimasi :  $f(x)$   
Dengan kendala :  $a \leq x \leq d$

Algoritma ini menggunakan prinsip mengurangi daerah batas x yang mungkin menghasilkan harga fungsi obyektif optimum (maksimum atau minimum) secara iteratif (berulang). Untuk mendapatkan sebuah titik baru yang simetris, dibutuhkan nilai r (*Golden Ratio*). Menurut Kiusalaas (2005) untuk mendapatkan nilai r maka diperoleh rumus sebagai berikut yang diilustrasikan oleh Gambar 1.



**Gambar 1.** Pencarian nilai r yang simetris.

Diasumsikan bahwa  $f_1 > f_2$  maka  $a=x_1$  dan  $x_1=x_2$  yang mana akan membuat sebuah interval baru (a,b) dari panjang  $h'=rh$ . Untuk menuju ke tahap operasi selanjutnya dengan menghitung fungsi  $x_2=a+rh'$  dan mengulangi proses tersebut.

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa  $x_2-x_1 = 2rh-h$  dan jarak yang sama dari rumus tersebut setelah dilakukan penentuan titik pertama adalah  $x_1-a=h'-rh'$  dan dijabarkan sebagai berikut:

$$2rh - h = h' - rh'$$

Substitusikan  $h' = rh$

$$2r - 1 = r(1 - r)$$

Dari rumus diatas maka diperoleh persamaan:

$$r^2 + r - 1 = 0$$

Dengan menyelesaikan persamaan diatas maka didapat:

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

$$r_2 = \frac{-1-\sqrt{5}}{2} = -1,618 \quad (30)$$

Agar interval menjadi semakin kecil, diperlukan syarat  $r < 1$ , sehingga nilai yang dipakai adalah  $r_1$  yaitu 0,618.

## 2.5. Modifikasi Metode Golden Section

Menurut Ai (2002) sebagai perluasan dari algoritma Golden Section yang hanya dapat menyelesaikan NLP dengan satu variabel (x) maka dirancang sebuah metode yang dapat menyelesaikan permasalahan dengan banyak variabel. Bentuk umum NLP yang dimaksud adalah:

$$\begin{array}{ll} \text{Maksimasi atau Minimasi} & : \quad f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \\ \text{Dengan kendala} & : \quad a_1 \leq x_1 \leq d_1 \\ & \quad a_2 \leq x_2 \leq d_2 \\ & \quad : \\ & \quad a_n \leq x_n \leq d_n \end{array}$$

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1. Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data nilai Ekspor di Provinsi Jawa Tengah periode Januari 2006 sampai September 2013. Pengolahan data dilakukan untuk mendapatkan nilai optimal parameter pada metode *Exponential Smoothing* untuk data nilai Ekspor di Provinsi Jawa Tengah periode Januari 2006 sampai Desember 2013. Untuk penentuan parameter optimal digunakan 60 data *in sample / training* dan digunakan 36 data *out sample / testing*.

### 3.2. Langkah-langkah analisis

#### 3.2.1. Model Single Exponential Smoothing

1. Menentukan batas bawah (a), batas atas (b) dan nilai toleransi berhentinya iterasi (eps), untuk metode *Exponential Smoothing* batas bawah bernilai 0 dan batas atas bernilai 1.
2. Menghitung nilai *Golden Ratio* (R).
3. Menentukan harga awal untuk parameter
 
$$\begin{array}{l} \text{alpha1} = r*a + (1 - r)*d \\ \text{alpha2} = a + d - b \end{array}$$
4. Mencari  $f(x)$  maksimum diantara kombinasi  $x_i = \text{alpha1}, \text{alpha2}$ .
5. Mengurangi batas interval berdasarkan kriteria *Golden Section*.
6. Mengulangi langkah 5 dan 6 sampai  $|b-a| \leq \text{eps}$ .
7. Mencari  $f(x)$  minimum diantara kombinasi  $x = a, b, \text{alpha1}$  dan  $\text{alpha2}$ .
8. Menentukan hasil  $x_{\min} = x$  dan  $f(x_{\min}) = f(x)$ .

#### 3.3.2. Model Double Exponential Smoothing Holt

1. Menentukan batas bawah (a) dan (a2) batas atas (b) dan (b2) serta nilai toleransi berhentinya iterasi (eps), untuk metode *Exponential Smoothing* batas bawah bernilai 0 dan batas atas bernilai 1.

2. Menghitung nilai *Golden Ratio*.
3. Menentukan nilai awal
 
$$\begin{aligned} \alpha_1 &= r \cdot a + (1-r) \cdot b \\ \gamma_1 &= r \cdot a_2 + (1-r) \cdot b_2 \\ \alpha_2 &= a+b-\alpha_1 \\ \gamma_2 &= a_2+b_2-\gamma_1 \end{aligned}$$
4. Mencari  $f(x)$  maksimum diantara kombinasi  $x = \alpha_1, \alpha_2, \gamma_1$  dan  $\gamma_2$ .
5. Mengurangi batas interval berdasarkan kriteria *Golden Section*.
6. Mengulangi langkah 5 dan 6 sampai  $|\alpha_2-\alpha_1| \leq \text{eps}$  dan  $|\gamma_2-\gamma_1| \leq \text{eps}$
7. Mencari  $f(x)$  minimum dengan kombinasi  $x = \alpha_1, \alpha_2, \gamma_1, \gamma_2, a, a_2, b, b_2$ .
8. Menentukan hasil  $x_{\min} = x$  dan  $f(x_{\min}) = f(x)$

### 3.3.3. Model Triple Exponential Smoothing Holt Winters

1. Menentukan batas bawah ( $a$ ), ( $a_2$ ) dan ( $a_3$ ) batas atas ( $b$ ), ( $b_2$ ) dan ( $b_3$ ) serta nilai toleransi berhentinya iterasi ( $\text{eps}$ ), untuk metode *Exponential Smoothing* batas bawah bernilai 0 dan batas atas bernilai 1.
2. Menghitung nilai *Golden Ratio*.
3. Menentukan nilai awal
 
$$\begin{aligned} \alpha_1 &= r \cdot a + (1-r) \cdot b; \\ \gamma_1 &= r \cdot a_2 + (1-r) \cdot b_2; \\ \delta_1 &= r \cdot a_3 + (1-r) \cdot b_3; \\ \alpha_2 &= a+b-\alpha_1; \\ \gamma_2 &= a_2+b_2-\gamma_1; \\ \delta_2 &= a_3+b_3-\delta_1; \end{aligned}$$
4. Mencari  $f(x)$  maksimum diantara kombinasi  $x_i = \alpha_1, \alpha_2, \gamma_1, \gamma_2, \delta_1$  dan  $\delta_2$ .
5. Mengurangi batas interval berdasarkan kriteria *Golden Section*.
6. Mengulangi langkah 5 dan 6 sampai  $|\alpha_2-\alpha_1| \leq \text{eps}$ ,  $|\gamma_2-\gamma_1| \leq \text{eps}$  dan  $|\delta_2-\delta_1| \leq \text{eps}$
7. Mencari  $f(x)$  minimum dari kombinasi  $x_i = a, a_2, a_3, b, b_2, b_3, \alpha_1, \alpha_2, \gamma_1, \gamma_2, \delta_1$  dan  $\delta_2$

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Data

Data yang digunakan adalah nilai Ekspor Provinsi Jawa Tengah periode Januari 2006 sampai Desember 2013 dinyatakan pada Tabel 1. Data diperoleh dari BRS (Berita Resmi Statistik) yang diterbitkan setiap bulan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Jawa Tengah. Data nilai ekspor dicantumkan dalam satuan Juta US\$.

**Tabel 1.** Nilai Ekspor Jawa Tengah Periode Januari 2006 – Desember 2013

Bulan	Nilai Ekspor (Juta US\$)							
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Januari	226,11	312,97	261,44	119,49	387,36	323,55	395,41	411.18
Pebruari	219,97	266,25	288,15	211,69	314,47	431,12	398,37	422.01
Maret	242,40	316,93	304,50	238,86	347,10	483,67	432,02	423.85
April	212,71	267,06	283,54	237,30	300,23	434,27	358,64	440.24
Mei	261,44	312,47	303,91	284,87	278,39	380,50	366,77	464.59
Juni	264,72	255,31	285,95	275,04	327,43	394,15	401,36	470.10
Juli	287,97	289,76	318,79	319,16	323,57	281,21	384,49	480.94
Agustus	293,38	304,08	276,84	259,47	334,04	436,19	325,95	313.88
September	268,25	314,66	286,02	247,10	249,20	331,67	371,90	432.82
Oktober	226,50	235,40	212,87	259,52	309,83	378,00	384,69	464.03
Nopember	260,44	323,90	231,78	258,40	327,45	377,68	390,81	419.38
Desember	350,86	270,88	243,46	355,56	369,51	439,51	440,79	583.55

#### 4.2. Deskripsi Data

Data nilai Ekspor Provinsi Jawa Tengah periode Januari 2006 sampai Desember 2013 dideskripsikan pada Tabel 2 sebagai berikut.

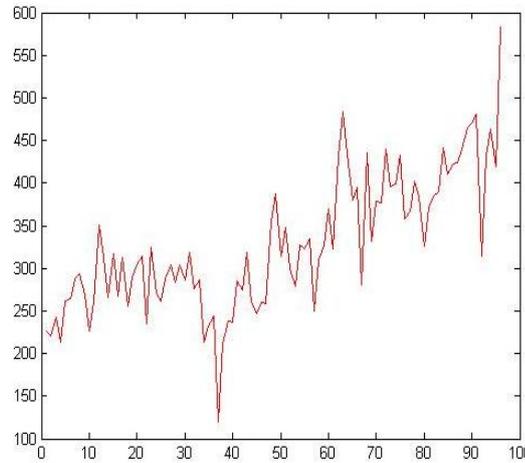
**Tabel 2.** Tabel Deskripsi Data

Mean	Max	Min
327,98	583,55	119,49

Nilai Ekspor Provinsi Jawa Tengah periode Januari 2006 sampai Desember 2013 mempunyai nilai rata-rata sebesar 327,98 Juta US\$, mempunyai nilai tertinggi pada bulan Desember tahun 2013 sebesar 583,55 Juta US\$ dan nilai terendah pada bulan Januari 2009 sebesar 119,49 Juta US\$.

#### 4.3. Pola Data

Data nilai Ekspor Provinsi Jawa Tengah periode Januari 2006 sampai Desember 2013 setelah dibentuk plot *time series* membentuk pola tren naik dan juga beberapa titik musiman. Hal ini seperti terlihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Pola data nilai Ekspor Provinsi Jawa Tengah 2006-2013

#### 4.4. Hasil untuk SES

**Tabel 3.** Hasil Perhitungan untuk Nilai Alpha

alpha1	alpha2	f(alpha1)	f(alpha2)	b - a
0,3819	0,6180	12,0710	12,6410	1,0000
0,2361	0,3819	11,8210	12,0710	0,6180
0,1459	0,2361	12,0430	11,8210	0,3819
0,2361	0,2918	11,8210	11,7750	0,2361
0,2918	0,3262	11,7750	11,8730	0,1459
0,2705	0,2918	11,7760	11,7750	0,0902
0,2918	0,3050	11,7750	11,7850	0,0557
0,2837	0,2918	11,7720	11,7750	0,0344
0,2786	0,2837	11,7700	11,7720	0,0213
0,2755	0,2786	11,7690	11,7700	0,0132
0,2736	0,2755	11,7720	11,7690	0,0081
0,2755	0,2767	11,7690	11,7690	0,0050
0,2767	0,2775	11,7690	11,7690	0,0031
0,2763	0,2767	11,7680	11,7690	0,0019
0,2760	0,2763	11,7690	11,7680	0,0012
0,2763	0,2764	11,7680	11,7680	0,0007
0,2762	0,2763	11,7690	11,7680	0,0005
0,2763	0,2763	11,7680	11,7680	0,0003
0,2763	0,2764	11,7680	11,7680	0,0002
0,2763	0,2763	11,7680	11,7680	0,0001
0,2763	0,2763	11,7680	11,7680	0,0001
0,2763	0,2763	11,7680	11,7680	0,0000
0,2763	0,2763	11,7680	11,7680	0,0000
0,2763	0,2763	11,7680	11,7680	0,0000
0,2763	0,2763	11,7680	11,7680	0,0000
0,2763	0,2763	11,7680	11,7680	0,0000

Pada Tabel 3 telah tertera bahwa nilai alpha1 dan alpha2 telah konvergen yang artinya bahwa nilai alpha sebesar 0,2763 dan nilai MAPE sebesar 11,7680%. Hasil perhitungan pada Tabel 3 adalah perhitungan dengan menggunakan data *training* sebanyak 60 data.

**4.5. Hasil untuk DES Holt**

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan untuk Nilai Alpha dan Gamma

alpha1	alpha2	gamma1	gamma2
0,3819	0,6180	0,38190	0,6180
0,2361	0,3819	0,2361	0,3819
0,1459	0,2361	0,1459	0,2361
0,2361	0,2918	0,0902	0,1459
0,2918	0,3262	0,0557	0,0902
0,2705	0,2918	0,0344	0,0557
0,2918	0,3050	0,0557	0,0689
0,2837	0,2918	0,0476	0,0557
0,2786	0,2837	0,0426	0,0476
0,2755	0,2786	0,0476	0,0507
0,2736	0,2755	0,0507	0,0526
0,2724	0,2736	0,0526	0,0538
0,2736	0,2743	0,0519	0,0526
0,2732	0,2736	0,0526	0,0531
0,2729	0,2732	0,0523	0,0526
0,2727	0,2729	0,0526	0,0528
0,2729	0,2730	0,0525	0,0526
0,2730	0,2731	0,0524	0,0525
0,2729	0,2730	0,0525	0,0526
0,2730	0,2730	0,0525	0,0525
0,2730	0,2730	0,0525	0,0525
0,2730	0,2730	0,0525	0,0525

Pada Tabel 4 telah tertera bahwa nilai alpha1, alpha2 dan gamma1, gamma2 telah konvergen yang artinya bahwa nilai Alpha sebesar 0,2730 dan nilai gamma sebesar 0,0525. Dan dapat dilihat pada Tabel 5 bahwa nilai MAPE sebesar 12,2534%.

**Tabel 5.** Nilai MAPE untuk alpha dan gamma optimum.

alpha	gamma	MAPE
0,2730	0,0526	12,2534

**4.6. Hasil untuk TES Holt Winters Additive**

**Tabel 6.** Hasil Perhitungan untuk Nilai Alpha, Gamma dan Delta Model Aditif

alpha1	alpha2	gamma1	gamma2	delta1	delta2
0,3819	0,6180	0,3819	0,6180	0,3819	0,6180
0,6180	0,7639	0,2361	0,3819	0,2361	0,3819
0,5279	0,6180	0,1459	0,2361	0,1459	0,2361
0,4721	0,5279	0,0902	0,1459	0,0902	0,1459
0,4377	0,4721	0,0557	0,0902	0,0557	0,0902
0,4164	0,4377	0,0344	0,0557	0,0344	0,0557
0,4033	0,4164	0,0213	0,0344	0,0213	0,0344
0,3951	0,4033	0,0132	0,0213	0,0132	0,0213
0,3901	0,3951	0,0213	0,0263	0,0081	0,0132
0,3870	0,3901	0,0182	0,0213	0,0132	0,0163
0,3851	0,3870	0,0213	0,0232	0,0112	0,0132
0,3839	0,3851	0,0232	0,0244	0,0100	0,0112
0,3832	0,3839	0,0244	0,0251	0,0093	0,0100
0,38197	0,3832	0,0251	0,0256	0,0089	0,0093
0,38194	0,38197	0,0248	0,0251	0,0093	0,0096
0,38192	0,38194	0,0251	0,0253	0,0091	0,0093
0,38191	0,38192	0,0250	0,0251	0,0093	0,0094
0,38191	0,38191	0,0251	0,0252	0,0093	0,0093
0,38190	0,38191	0,0252	0,0252	0,0092	0,0093
0,38190	0,38190	0,0252	0,0253	0,0092	0,0092
0,38190	0,38190	0,0252	0,0252	0,0092	0,0092
0,38190	0,38190	0,0252	0,0252	0,0092	0,0092

Pada Tabel 6 telah tertera bahwa nilai alpha1, alpha2, gamma1, gamma2, delta1 dan delta2 telah konvergen yang artinya bahwa nilai Alpha sebesar 0,38190, nilai gamma sebesar 0,0252 dan nilai delta sebesar 0,0092. Dan dapat dilihat pada Tabel 7 bahwa nilai MAPE sebesar 10,5239%.

**Tabel 7.** Nilai MAPE untuk alpha dan gamma optimum.

alpha	gamma	delta	MAPE
0,3820	0,0252	0,0092	10,5239

#### 4.7. Hasil untuk TES *Holt Winters Multiplicative*

**Tabel 8.** Hasil Perhitungan untuk Nilai Alpha, Gamma dan Delta Model Multiplikatif

alpha1	alpha2	gamma1	gamma2	delta1	delta2
0,3819	0,6180	0,3819	0,6180	0,3819	0,6180
0,6180	0,7639	0,2361	0,3819	0,2361	0,3819
0,5279	0,6180	0,1459	0,2361	0,1459	0,2361
0,6180	0,6738	0,0902	0,1459	0,0902	0,1459
0,6738	0,7082	0,0557	0,0902	0,0557	0,0902
0,6525	0,6738	0,0344	0,0557	0,0344	0,0557
0,6738	0,6869	0,0557	0,0689	0,0557	0,0689
0,6869	0,6950	0,0476	0,0557	0,0476	0,0557
0,6819	0,6869	0,0557	0,0608	0,0426	0,0476
0,6788	0,6819	0,0608	0,0639	0,0476	0,0507
0,6819	0,6838	0,0588	0,0608	0,0457	0,0476
0,6838	0,6850	0,0576	0,0588	0,0445	0,0457
0,6831	0,6838	0,0588	0,0596	0,0457	0,0464
0,6826	0,6831	0,0584	0,0588	0,0452	0,0457
0,6823	0,6826	0,0588	0,0591	0,0457	0,0460
0,6826	0,6828	0,0587	0,0588	0,0455	0,0457
0,6825	0,6826	0,0588	0,0589	0,0457	0,0458
0,6825	0,6825	0,0589	0,0590	0,0458	0,0459
0,6825	0,6826	0,0589	0,0589	0,0457	0,0458
0,6825	0,6825	0,0589	0,0590	0,0458	0,0458
0,6825	0,6825	0,0589	0,0589	0,0458	0,0458
0,6825	0,6825	0,0589	0,0589	0,0458	0,0458

Pada Tabel 8 telah tertera bahwa nilai alpha1, alpha2, gamma1, gamma2, delta1 dan delta2 telah konvergen yang artinya bahwa nilai Alpha sebesar 0,6825, nilai gamma sebesar 0,0589 dan nilai delta sebesar 0,0458. Dan dapat dilihat pada Tabel 9 bahwa nilai MAPE sebesar 11,5997%.

**Tabel 9.** Nilai MAPE untuk alpha dan gamma optimum.

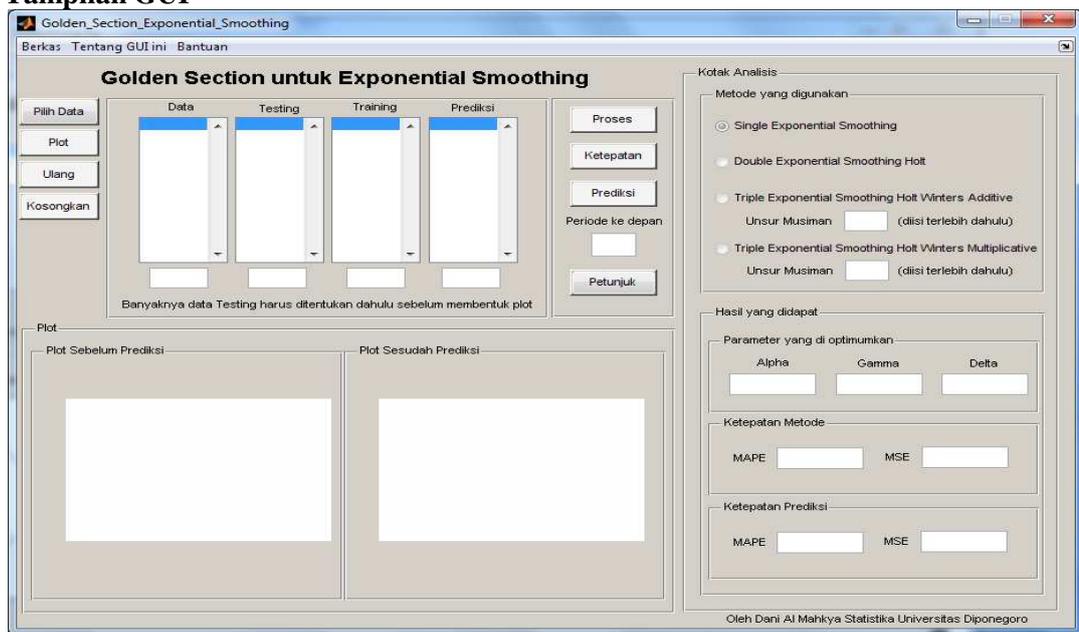
alpha	Gamma	delta	MAPE
0,6826	0,0589	0,0458	11,5997

#### 4.8. Hasil Akhir

**Tabel 10.** Hasil Akhir

Metode	Parameter Optimum			MAPE
	Alpha	Gamma	Delta	
SES	0,2763			11,7680
DES Holt	0,2730	0,0525		12,2534
TES Holt Winters Additive	0,3820	0,0252	0,0092	10,5239
TES Holt Winters Multiplative	0,6825	0,0589	0,0458	11,5997

## 4.9. Tampilan GUI



Gambar 3. Tampilan GUI Aplikasi Komputasi

## 5. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Setelah dilakukan perhitungan dengan *Golden Section* maka didapat parameter yang optimum untuk tiap-tiap metode, SES dengan parameter alpha sebesar 0,2763 dan nilai MAPE sebesar 11,7680%, DES Holt dengan parameter alpha sebesar 0,2730%, parameter gamma sebesar 0,0525 dan nilai MAPE sebesar 12,2534%, TES Holt Winters *Additive* dengan parameter alpha sebesar 0,3820, parameter gamma sebesar 0,0252, parameter delta sebesar 0,0092 dan nilai MAPE sebesar 10,5239% serta untuk TES Holt Winters *Multiplicative* dengan parameter alpha sebesar 0,6825, parameter gamma sebesar 0,0589, parameter delta sebesar 0,0458 dan nilai MAPE sebesar 11,5997%.
- Model terbaik untuk data Ekspor Jawa Tengah adalah model TES *Additive* karena mempunyai nilai MAPE terkecil.

### 5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan diketahui bahwa Metode Golden Section dapat digunakan untuk menyelesaikan persamaan non linier, pada kasus ini adalah persamaan MAPE. Oleh karena itu untuk penelitian-penelitian selanjutnya diharapkan metode ini dapat dikembangkan lagi untuk persamaan-persamaan non linier lainnya dengan menggunakan fungsi objektif seperti *Akaike Information Criterion* (AIC), *Cross Validation* (CV) dan lain sebagainya.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Ai, T. J. (2002). Penyelesaian Non - Linier Programming Dengan Kendala Menggunakan Modifikasi Golden Section. *Jurnal Teknologi Industri, Vol. VI, No. 1*.
- Arya. I.G.N.W, Kencana, I.P.E.N & D.P.E. Nilakusumawati. (2012). Peramalan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Provinsi Bali dengan Metode Fuzzy Time Series. *e-Jurnal Matematika Vol. 1 No. 1 Agustus 2012, 12-19*
- Badria. (2008). *Penggunaan Metode Exponential Smoothing untuk Meramalkan Kebutuhan Cengkeh di Pabrik Rokok Adi Bungsu*. Universitas Brawijaya.

- Hapsari, V. (2013). *Perbandingan Metode Dekomposisi Klasik dengan Metode Pemulusan Eksponensial Holt - Winter dalam Meramalkan Tingkat Pencemaran Udara di Kota Bandung Periode 2003-2012*. Universitas Pendidikan Indonesia
- Kiusalaas, J. (2005). *Numerical Methods in Engineering with MATLAB*. United State of America: Cambridge University.
- Kalekar, P. S. (2004). *Time Series Forecasting using Holt-Winters*. Kanwal Rekhi School of Information Technology.
- Makridakis, W. & McGee. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Soejoeti, Z. (1987). *Analisis Runtun Waktu*. Karunika Jakarta.
- Suratina, T.H.(2013). *Pemilihan Model Logistik Harvey, Harvey dan Pemulusan Eksponensial Ganda untuk Meramalkan Kebutuhan Listrik Bulanan di PT. PLN Area Malang*
- Yuwida, N., Hanafi, L. & Wahyuningsih, N. (2012). *Estimasi Parameter Alpha dan Gamma dalam Pemulusan Eksponensial Ganda Dua Parameter. Jurnal Sains dan Seni ITS Vol. 1, No. 1.*