

## PENGEMBANGAN ESTIMASI PARAMETER PADA METODE *EXPONENTIAL SMOOTHING HOLT-WINTERS ADDITIVE* MENGGUNAKAN METODE OPTIMASI *GOLDEN SECTION*

(Studi Kasus: Wisatawan Mancanegara yang Menggunakan Jasa Akomodasi di DIY)

Muhammad Aqajahs Al Qarani<sup>1</sup>, Rukun Santoso<sup>2</sup>, Diah Safitri<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro  
e-mail : rukunsantoso25@gmail.com

### ABSTRACT

Forecasting is an activity to estimate what will happen in the future, one method that can be used is *Exponential Smoothing*. In this study used the smoothing method of *Exponential Smoothing Holt-Winters Additive* with three parameters that can be used for prediction of time series data that has trend patterns and seasonal patterns. The problem that arises in this method is to determine the optimum parameter to minimize the forecast error value. This study uses the *Golden Section* optimization method to estimate the optimum parameters that minimize the MAPE value. The data used is data on foreign tourists who use accommodation services in Yogyakarta from the period January 2009 to December 2016 that have trend patterns and additive seasonal patterns. In simplifying the optimization calculation process, a syntax using *RStudio* is arranged which contains the *Golden Section* algorithm to determine the combination that has the optimum parameters. In this optimization there are two *threshold error*, namely 0.001 and 0.00001. The results showed that the parameter estimator with the *Golden Section* method for the *threshold error* of 0.001 obtained MAPE of 18,96732% and for *threshold error* of 0.00001 MAPE was 18,96536%. This value is in the same MAPE criteria which is 10% – 20% (good) so that the selection of the best model is determined based on minimal iteration. Therefore the weighting parameter value used is the result of optimization with  $\varepsilon \leq 0.001$ , then from the selected model it is used to predict the number of foreign tourists using accommodation services in Yogyakarta in the next 12 months.

**Keywords:** *Exponential Smoothing Holt-Winters Additive. Golden Section, International Tourist Accommodation, MAPE, Prediction.*

### 1. PENDAHULUAN

Kepariwisata yang ada di wilayah Indonesia menawarkan banyak sekali potensi yang dapat menarik wisatawan mancanegara (wisman). Pariwisata sendiri merupakan industri yang mempunyai bentuk produk berupa pengalaman dan pengetahuan, yang sensitif terhadap perubahan kualitas kehidupan. Salah satu daerah di Indonesia yang kerap dijadikan objek wisata adalah Yogyakarta.

Murdiyastomo (2017) menyatakan bahwa Daerah Istimewa Yogyakarta menempati posisi ke-2 dalam ranah kepariwisataan nasional setelah Pulau Bali. Peningkatan jumlah wisata di DIY tentu akan berdampak terhadap penggunaan fasilitas akomodasi yang tersedia, oleh karena itu perlu adanya prakiraan wisatawan yang nantinya akan menggunakan jasa akomodasi di DIY. Dalam penelitian ini akan dilakukan prediksi jumlah wisatawan mancanegara yang menggunakan jasa akomodasi di DIY tahun 2017 mulai dari bulan Januari sampai Desember.

Peramalan (*Forecasting*) merupakan salah satu unsur yang sangat penting dalam pengambilan suatu keputusan, efektif atau tidaknya suatu keputusan pada umumnya tergantung pada beberapa faktor yang tidak dapat dilihat pada saat keputusan tersebut diambil (Soejoeti, 1987). Metode *Holt-Winters Additive* merupakan metode yang digunakan untuk peramalan jika data memiliki komponen trend dan musiman. Metode ini juga merupakan penghalusan eksponensial dengan tiga kali pembobotan yaitu  $\alpha$ ,  $\beta$  dan  $\gamma$  (Makridakis *et al.*, 1999). Berdasarkan uraian di atas selanjutnya dilakukan penelitian pada pengembangan metode *Holt-Winters* dengan dua *threshold error* yaitu  $\varepsilon = 0,001$  dan  $\varepsilon =$

0,00001 pada metode *Golden Section*. Pada penulisan penelitian ini penentuan optimasi parameter dilakukan dengan bantuan penyusunan sintaks pada *RStudio* untuk memudahkan proses optimasi.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pariwisata

Istilah pariwisata berasal dari Bahasa Sansekerta yang terdiri dari dua suku kata yaitu *pari* dan *wisata*. *Pari* berarti berulang-ulang atau berkali-kali, sedangkan *wisata* berarti perjalanan atau bepergian. Jadi pariwisata berarti perjalanan yang dilakukan secara berulang-ulang (Yoeti, 1996). Pariwisata adalah perjalanan dari suatu tempat ke tempat lain, bersifat sementara, dilakukan perorangan atau kelompok, sebagai usaha mencari keseimbangan atau keserasiaan dan kebahagiaan dengan lingkungan dalam dimensi sosial, budaya, alam dan ilmu (Kodhyat, 1998).

### 2.2 Akomodasi Pariwisata di DIY

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan salah satu daerah tujuan wisata di Indonesia yang banyak dikunjungi oleh wisatawan domestik maupun wisatawan mancanegara. Menurut buku Statistika Kepariwisata 2017 yang dikeluarkan oleh Dinas Pariwisata DIY, pada bulan Desember 2016 jumlah wisatawan mancanegara yang menginap di hotel dan akomodasi lainnya di DIY ialah sejumlah 31736 orang. Jumlah wisatawan mancanegara di bulan tersebut mengalami peningkatan sebanyak 3268 orang apabila dibandingkan dengan bulan sebelumnya November 2016 yang berjumlah 28468 orang. Sedangkan menurut data Direktori Hotel dan Usaha Akomodasi Lain Daerah Istimewa Yogyakarta 2016 yang dikeluarkan oleh BPS DIY, jumlah hotel (baik berbintang maupun non-bintang) di tahun 2016 mengalami peningkatan sebesar 21 unit hotel apabila dibandingkan tahun 2015 yang berjumlah 1166 unit hotel.

### 2.3 Peramalan

Menurut Martiningtyas (2004), peramalan (*forecasting*) adalah kegiatan untuk memperkirakan apa yang akan terjadi pada masa yang akan datang. Pengumpulan data yang relevan berupa informasi dapat menghasilkan peramalan yang akurat disertai pemilihan teknik peramalan yang tepat maka pemanfaatan informasi data akan diperoleh secara optimal.

### 2.4 Ketepatan Model Peramalan

Menurut Makridakis *et al.* (1999) ada beberapa ukuran kesalahan, diantaranya menyangkut galat persentase. Ukuran kesalahan tersebut antara lain :

- a. Kesalahan Persentase (*Percentage Error*)

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

- b. Nilai Tengah Kesalahan Persentase (*Mean Percentage Error*)

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

- c. Nilai Tengah Kesalahan Persentase Absolut (*Mean Absolute Percentage Error*)

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

## 2.5 Proses Inisialisasi

Menurut Hapsari (2013) nilai awal konstanta pemulusan didapatkan dengan menggunakan nilai rata-rata musim pertama, sehingga :

$$L_0 = \frac{1}{s} (Y_1 + Y_2 + \dots + Y_s)$$

Untuk menginisialisasi trend, digunakan data lengkap selama 2 musim (2 periode), sebagai berikut :

$$b_0 = \frac{1}{s} \left[ \frac{Y_{s+1} - Y_1}{s} + \frac{Y_{s+2} - Y_2}{s} + \dots + \frac{Y_{s+s} - Y_s}{s} \right]$$

Kemudian didapatkan nilai inisialisasi indeks musiman dengan menggunakan rasio dari data tahun pertama dengan rata-rata data tahun pertama untuk metode multiplikatif, sehingga

$$S_1 = \frac{Y_1}{L_s}, S_2 = \frac{Y_2}{L_s}, \dots, S_s = \frac{Y_s}{L_s}$$

Proses inisialisasi untuk  $L_s$  dan  $b_s$  identik dengan metode multiplikatif. Berikut proses inisialisasi indeks musiman untuk metode aditif:

$$S_1 = Y_1 - L_s \quad S_2 = Y_2 - L_s \quad \dots \quad S_s = Y_s - L_s$$

## 2.6 Peramalan dengan Metode Holt-Winters

Menurut Kalekar (2004), metode *Holt-Winters* merupakan gabungan dari metode *Holt* dan *Winter*, dimana nilai trend pada metode *Holt* digabungkan dengan nilai musiman pada metode *Winter*, sehingga metode *Holt Winter* dapat menangani faktor musiman dan trend yang muncul secara sekaligus pada sebuah data *time series*. Metode *Holt Winter*. Metode *Holt-winter* terbagi menjadi dua yaitu model *Holt-Winter* Multiplikatif dan model *Holt-Winter* Aditif.

### a) Model Multiplikatif

Persamaan untuk model multiplikatif dari metode Holt-winters adalah sebagai berikut (Hapsari, 2013):

$$\text{Pemulusan Level} : L_t = \alpha(Y_t/S_{t-s})(1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$\text{Pemulusan Tren} : b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$\text{Pemulusan Musiman} : S_t = \gamma(Y_t/L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s}$$

$$\text{Ramalan} : F_{t+m} = (L_t + b_t m) S_{t-s+m} \quad ]$$

### b) Model Aditif

Persamaan untuk model aditif dari metode Holt-winters adalah sebagai berikut (Hapsari, 2013):

$$\text{Pemulusan Level} : L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$\text{Pemulusan Tren} : b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

$$\text{Pemulusan Musiman} : S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s}$$

$$\text{Ramalan} : F_{t+m} = L_t + b_t m + S_{t-s+m}$$

## 2.7 Pengembangan Metode Holt-Winter Aditif

Menurut Tratar (2013) Metode pengembangan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$\text{Inisialisasi Tren} : b_t = (Y_{(s+1)} - Y_1)/s$$

$$\text{Pemulusan Level} : L_t = \alpha(Y_t) - S_{t-s} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

Keterangan :

$Y_t$  : nilai aktual pada akhir pada periode t

$\alpha$  : konstanta pemulusan untuk  $L_t$

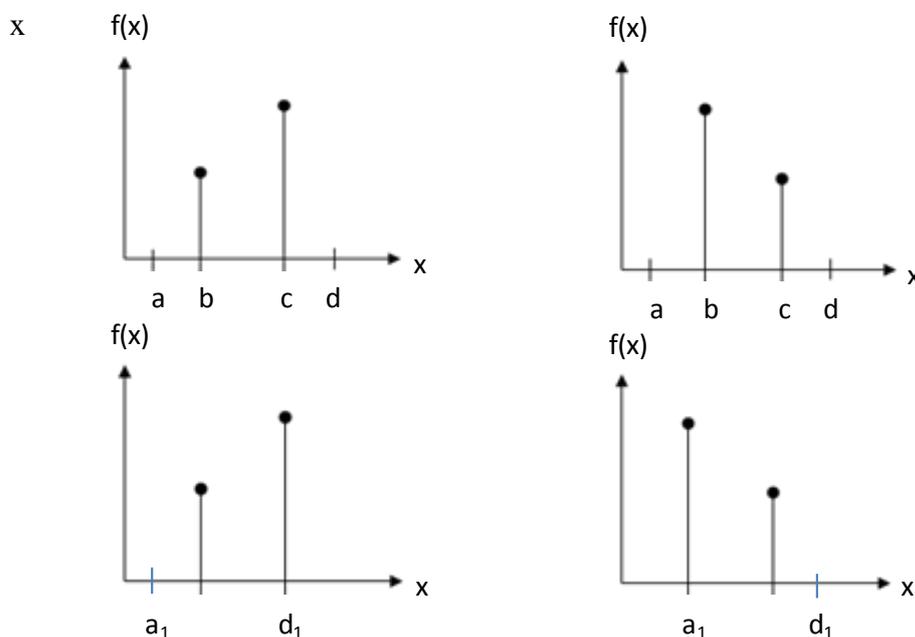
- $L_t$  : nilai pemulusan level pada periode t
- $\beta$  : konstanta pemulusan untuk  $b_t$
- $b_t$  : nilai pemulusan tren pada periode t
- s : panjang musiman
- $S_{t-s}$  : nilai pemulusan musiman t-s periode yang lalu
- $\gamma$  : konstanta pemulusan untuk  $I_t$
- $S_t$  : nilai pemulusan musiman pada periode t
- m : panjang waktu peramalan
- $F_{t+m}$  : hasil peramalan pada periode t+m

## 2.8 Metode Golden Section

Menurut Mahkya *et al* (2014) 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). Misalkan pada suatu tahap iterasi harga fungsi optimum mungkin terletak pada interval yaitu  $[a,d]$ .



Gambar 1. Pengurangan Batas Metode Golden Section

Tahapan selanjutnya adalah menentukan dua harga x yang simetris dalam interval tersebut yaitu b dan c, dan interval kemungkinan fungsi berharga optimum dikurangi dari  $[a,d]$  menjadi  $[a,c]$  atau  $[b,d]$  tergantung dari harga fungsi di  $x=b$  dan di  $x=c$  (Yuwida *et al*, 2012).

Sebagai ilustrasi, untuk fungsi unimodal dengan satu nilai minimum, apabila harga  $f(b) < f(c)$  maka interval dapat dikurangi menjadi  $[a,c]$ . Sedangkan apabila harga  $f(b) > f(c)$  interval dapat dikurangi menjadi  $[b,d]$ . Misalnya interval telah dapat dikurangi dari  $[a,d]$  menjadi  $[a,c]$ . Interval  $[a,c]$  merupakan interval yang baru sehingga dapat dituliskan menjadi  $[a_1, d_1]$ . Hanya ditentukan satu titik baru yaitu  $d_1$  karena titik b dijadikan titik  $c_1$  (Ai, 2002).

Untuk mendapatkan b dan c simetris dalam interval [a,d] dapat digunakan harga perbandingan r, sehingga :

$$\frac{c-a}{d-a} = \frac{d-b}{d-a} = \frac{b-a}{c-a} = \frac{d-c}{d-b} = r$$

Rumus perbandingan r di atas dapat dituliskan :

$$b = ra + (1 - r)d$$

$$c = a + d - b$$

Dari persamaan di atas diperoleh :

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

Jika persamaan di atas diselesaikan, maka diperoleh nilai r sebesar

$$r_1 = \frac{-1-\sqrt{5}}{2} = -0,6180340$$

$$r_2 = \frac{-1+\sqrt{5}}{2} = 0,6180340.$$

Agar interval menjadi semakin kecil, diperlukan syarat  $0 < r < 1$ , sehingga nilai yang dipakai adalah  $r_2$  yaitu 0,6180340 (Saputra, 2016).

## 2.9 Modifikasi Metode Golden Section

Menurut Ai (2002) sebagai perluasan dari algoritma *Golden Section* 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:

Maksimasi atau Minimasi	:	$f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$
Dengan Kendala	:	$a_1 \leq x_1 \leq d_1$
		$a_2 \leq x_2 \leq d_2$
		$\vdots$
		$a_n \leq x_n \leq d_n$

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penulisan penelitian ini adalah data sekunder, yaitu data Jumlah Pariwisata Mancanegara yang Menggunakan Jasa Akomodasi di DIY. Data ini diperoleh dari Buku Statistik Kepariwisata 2016 yang diterbitkan oleh Dinas Pariwisata Yogyakarta.

### 3.2 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini variabel yang digunakan adalah data jumlah pariwisata mancanegara yang menggunakan jasa akomodasi di DIY pada bulan Januari 2009 sampai dengan bulan Desember 2016. Selanjutnya data dibagi menjadi 2 bagian, yaitu untuk penentuan optimal parameter digunakan 60 data *in sample / training* (Januari 2009 sampai dengan Desember 2013) dan digunakan 36 data *out sample / testing* (Januari 2014 sampai dengan Desember 2016).

### 3.3 Langkah Analisis Data

Metode analisis data digunakan dalam menyusun penelitian ini adalah menggunakan pengembangan model *Exponential Smoothing Holt-Winters Additive* dengan metode Optimasi *Golden Section*. Kemudian untuk mempermudah pengolahan data, akan digunakan alat bantu berupa *software RStudio* dan *Microsoft Excel 2010*.

Langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis masalah penelitian ini sebagai berikut::

1. Mengumpulkan data sekunder dari Dinas Pariwisata DIY.
2. Menampilkan plot *time series* menggunakan software *RStudio*, ini dilakukan untuk melihat pola jumlah kunjungan wisatawan mancanegara yang menggunakan jasa akomodasi di DIY dari bulan Januari 2009 sampai dengan bulan Desember 2016.
3. Setelah syarat-syarat untuk metode *Holt-Winters* terpenuhi, yaitu data memiliki tren dan berpola musiman aditif, maka dilanjutkan ke pengolahan data menggunakan metode pengembangan estimasi pada *Holt-Winters Additive* dengan metode optimasi *Golden Section*.
4. Menentukan nilai awal batas bawah  $a_1$ ,  $a_2$  dan  $a_3$  yang bernilai 0 dan batas atas  $d_1$ ,  $d_2$  dan  $d_3$  yang bernilai 1, serta nilai toleransi yaitu  $\varepsilon = 0,001$  dan  $\varepsilon = 0,00001$
5. Menetapkan nilai  $(r) = 0.6180340$
6. Menghitung nilai awal  
 $\alpha_1 = r \cdot a_1 + (1-r) \cdot d_1$   
 $\alpha_2 = a_1 + d_1 - \alpha_1$   
 $\beta_1 = r \cdot a_2 + (1-r) \cdot d_2$   
 $\beta_2 = a_2 + d_2 - \beta_1$   
 $\gamma_1 = r \cdot a_3 + (1-r) \cdot d_3$   
 $\gamma_2 = a_3 + d_3 - \gamma_1$
7. Mencari  $f(x^*)$  maksimum di antara kombinasi  $(b_i, c_i) = \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, \gamma_1$  dan  $\gamma_2$ .
8. Melakukan pembaharuan interval sesuai kriteria *Golden Section*.
9. Mengulangi langkah 7, 8 dan 9 sampai syarat  $d_1 - a_1 \leq \varepsilon$ ,  $d_2 - a_2 \leq \varepsilon$  dan  $d_3 - a_3 \leq \varepsilon$  terpenuhi.
10. Mencari  $f(x^*)$  minimum dengan kombinasi  $(b_i, c_i) = \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, \gamma_1$  dan  $\gamma_2$ .
11. Menentukan hasil dari nilai  $x_{\min} = x^*$  dan  $f(x_{\min}) = f(x^*)$
12. Melakukan perbandingan nilai MAPE dari dua *threshold error* yang telah ditentukan.
13. Memilih model terbaik berdasarkan nilai MAPE terkecil.
14. Melakukan prediksi.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Data

Penelitian ini menggunakan 96 data jumlah wisatawan mancanegara ke DIY yang menggunakan jasa akomodasi ( $n = 96$ ) yaitu dari periode Januari 2009 sampai dengan Desember 2016 yang terdiri dari 60 data *training* dan 36 data *testing* yang dinyatakan pada Tabel 1. Data diperoleh dari buku Statistik Kepariwisata DIY tahun 2012 dan tahun 2016 yang diterbitkan setiap tahun oleh Dinas Pariwisata Yogyakarta.

Tabel 1. Jumlah Pengunjung Wisman ke DIY yang Menggunakan Jasa Akomodasi

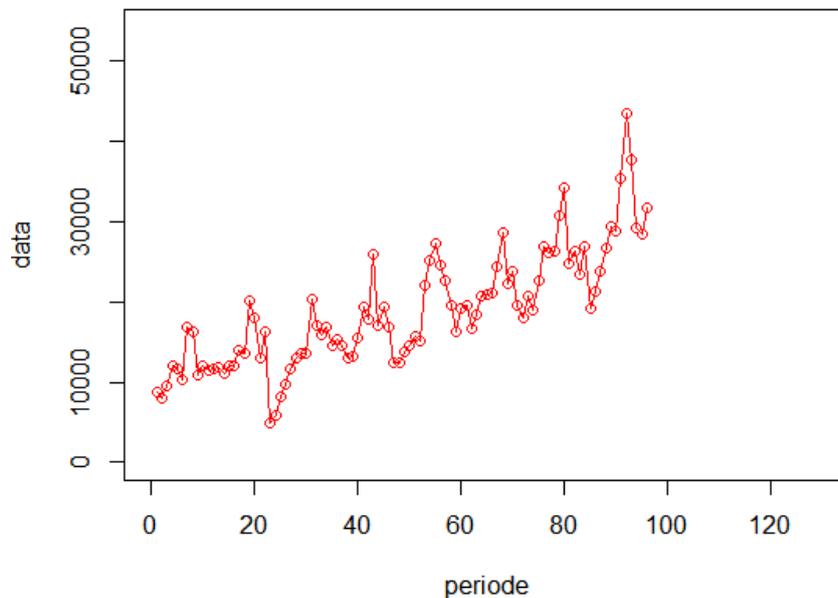
Bulan	Tahun							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Januari	8702	11772	8085	14572	13808	19479	20751	19156
Februari	7998	11057	9739	13018	14507	16647	18943	21344
Maret	9481	12087	11722	13172	15758	18468	22733	23735
April	12070	12055	13003	15436	15156	20682	26856	26723
Mei	11704	14061	13645	19424	22000	20952	26163	29450
Juni	10366	13575	13604	17793	25130	21070	26362	28920
Juli	16949	20166	20353	25993	27221	24408	30850	35420

<b>Agustus</b>	16210	18026	17052	17152	24599	28580	34283	43418
<b>September</b>	10855	12945	15865	19465	22593	22259	24746	37709
<b>Oktober</b>	12027	16279	16794	16842	19617	23807	26419	29234
<b>November</b>	11457	4958	14453	12417	16298	19641	23439	28468
<b>Desember</b>	11673	5862	15246	12467	19206	17950	26940	31736

Data jumlah pengunjung wisata mancanegara ke DIY yang menggunakan jasa akomodasi periode Januari 2009 sampai Desember 2016 mempunyai rata-rata sebesar 14.926 orang dengan jumlah pengunjung terbesar pada bulan Agustus 2016 dan pengunjung terendah pada bulan November 2010.

#### 4.2 Pola Data

Data jumlah pengunjung wisata mancanegara ke DIY yang menggunakan jasa akomodasi periode Januari 2009 sampai Desember 2016 setelah dibentuk plot *time series* maka dapat dilihat bahwa ada unsur *trend* naik dan menunjukkan setiap 12 bulan dengan fluktuasi data *musiman* yang relatif stabil serta puncak perulangannya terjadi pada bulan Juli-Agustus. Hal ini seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Pola Data Jumlah Pengunjung Wisman ke DIY yang Menggunakan Jasa Akomodasi 2009-2016

##### a) Optimasi parameter dengan *threshold error* 0.001

Proses perhitungan dilakukan secara iteratif hingga memenuhi syarat  $d - a \leq 0,001$ . Nilai ini nanti yang akan digunakan untuk mendapatkan nilai MAPE yang minimum. Hasil keseluruhan proses iterasi disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan optimasi yang dihasilkan dapat diketahui bahwa dari banyaknya kombinasi  $\alpha$ ,  $\beta$  dan  $\gamma$  yang menghasilkan nilai MAPE terkecil adalah pasangan parameter  $\alpha = 0,8538219$ ,  $\beta = 0,0002800336$  dan  $\gamma = 0,3816860$  dengan nilai MAPE = 18,96732. Dengan menggunakan  $\varepsilon = 0,001$  iterasi dilakukan sebanyak 16 kali yang hasil iterasinya sudah cenderung konvergen. Dilihat dari hasil optimasi yang telah dilakukan, diperoleh nilai pasangan kombinasi parameter yang optimum adalah nilai alpha2, beta1 dan gamma2, dengan nilai MAPE optimum sebesar 18,96732% ( $10 \leq MAPE \leq 20$ , kategori baik).

Tabel 2. Optimasi parameter *Holt-Winters Additive* dengan  $\varepsilon = 0,001$ 

no	alpha1	alpha2	beta1	beta2	gama1	gama2
1	0,3819660	0,6180340	0,3819660112	0,6180339888	0,3819660	0,6180340
2	0,6180340	0,7639320	0,2360679775	0,3819660112	0,2360680	0,3819660
3	0,7639320	0,8541020	0,1458980337	0,2360679775	0,1458980	0,2360680
4	0,7082039	0,7639320	0,0901699437	0,1458980337	0,2360680	0,2917961
5	0,7639320	0,7983739	0,0557280900	0,0901699437	0,2917961	0,3262379
6	0,7983739	0,8196601	0,0344418537	0,0557280900	0,3262379	0,3475242
7	0,8196601	0,8328157	0,0212862362	0,0344418537	0,3475242	0,3606798
8	0,8328157	0,8409463	0,0131556175	0,0212862362	0,3606798	0,3688104
9	0,8409463	0,8459713	0,0081306188	0,0131556175	0,3688104	0,3738354
10	0,8459713	0,8490770	0,0050249987	0,0081306188	0,3738354	0,3769410
11	0,8490770	0,8509964	0,0031056200	0,0050249987	0,3769410	0,3788604
12	0,8509964	0,8521826	0,0019193787	0,0031056200	0,3788604	0,3800466
13	0,8521826	0,8529157	0,0011862413	0,0019193787	0,3800466	0,3807798
14	0,8529157	0,8533688	0,0007331374	0,0011862413	0,3807798	0,3812329
15	0,8533688	0,8536489	0,0004531039	0,0007331374	0,3812329	0,3815129
16	0,8536489	<b>0,8538219</b>	<b>0,0002800336</b>	0,0004531039	0,3815129	<b>0,3816860</b>

Setelah dilakukan optimasi parameter dengan data *training* sebanyak 60, maka selanjutnya melakukan validasi data menggunakan data *testing* sebanyak 36 yang ditunjukkan pada Tabel 3,

Tabel 3. Validasi data *testing* dengan  $\varepsilon = 0,001$ 

t	Xt	Ft	PE	t	Xt	Ft	PE
61	19479	16629,97	14,62616	79	30850	30293,46	1,804019
62	16647	15794,6	5,120442	80	34283	29111,71	15,08412
63	18468	17500,99	5,236138	81	24746	24346,08	1,6161
64	20682	20408,54	1,322213	82	26419	25216,03	4,553427
65	20952	20674,99	1,322117	83	23439	23919,93	2,051837
66	21070	19443,37	7,720123	84	26940	25169,23	6,573014
67	24408	26876,84	10,11488	85	19156	22725,77	18,63526
68	28580	26183,1	8,386634	86	21344	21506,74	0,762463
69	22259	20919,28	6,018779	87	23735	23149,77	2,465684
70	23807	22299,79	6,330953	88	26723	26224,66	1,864836
71	19641	21116	7,509801	89	29450	27334,44	7,183565
72	17950	22212,25	23,74513	90	28920	25721,83	11,05868
73	20751	19627,39	5,414727	91	35420	33409,01	5,677555
74	18943	18581,99	1,90577	92	43418	32363,54	25,46055
75	22733	20292,17	10,73695	93	37709	27572,08	26,88196
76	26856	23399,03	12,87224	94	29234	28104	3,865362
77	26163	23938,85	8,501128	95	28468	26773,73	5,951489
78	26362	22434,3	14,8991	96	31736	28278,99	10,89302
Jumlah						304,1662	
MAPE						8,449062	

Berdasarkan validasi data tersebut diperoleh nilai MAPE sebesar 8,449062%, nilai tersebut berada dalam kriteria  $MAPE < 10\%$  sehingga dapat dikatakan metode *Exponential Smoothing Holt-Winters Additive* sangat baik untuk prediksi,

**b) Optimasi parameter dengan *threshold error* 0,00001**

Perhitungan yang sama dilakukan seperti pada optimasi parameter dengan batas  $\varepsilon = 0,001$ , Proses tersebut dilakukan secara iteratif hingga memenuhi syarat  $d - a \leq 0,00001$ , Hasil keseluruhan proses iterasi disajikan pada Tabel 4,

Berdasarkan optimasi yang dihasilkan dapat diketahui bahwa dari banyaknya kombinasi  $\alpha$ ,  $\beta$  dan  $\gamma$  nilai parameter yang menghasilkan nilai MAPE terkecil adalah pasangan parameter  $\alpha = 0,8541019$ ,  $\beta = 0,000003684015$  dan  $\gamma = 0,3819632$  dengan nilai MAPE = 18,96536, Dengan menggunakan  $\varepsilon = 0,00001$  iterasi dilakukan sebanyak 25 kali yang hasil iterasinya sudah cenderung konvergen, Dilihat dari hasil optimasi yang telah dilakukan, diperoleh nilai pasangan kombinasi parameter yang optimum adalah nilai alpha2, beta1 dan gamma2, dengan nilai MAPE optimum sebesar 18,96536% ( $10 \leq MAPE \leq 20$ , kategori baik),

Tabel 4. Optimasi parameter *Holt-Winters Additive* dengan  $\varepsilon = 0,00001$

no	alpha1	alpha2	beta1	beta2	gama1	gama2
1	0,3819660	0,6180340	3,819660 E-01	6,180340 E-01	0,3819660	0,6180340
2	0,6180340	0,7639320	2,360680 E-01	3,819660 E-01	0,2360680	0,3819660
3	0,7639320	0,8541020	1,458980 E-01	2,360680 E-01	0,1458980	0,2360680
4	0,7082039	0,7639320	9,016994 E-02	1,458980 E-01	0,2360680	0,2917961
5	0,7639320	0,7983739	5,572809 E-02	9,016994 E-02	0,2917961	0,3262379
6	0,7983739	0,8196601	3,444185 E-02	5,572809 E-02	0,3262379	0,3475242
7	0,8196601	0,8328157	2,128624 E-02	3,444185 E-02	0,3475242	0,3606798
8	0,8328157	0,8409463	1,315562 E-02	2,128624 E-02	0,3606798	0,3688104
9	0,8409463	0,8459713	8,130619 E-03	1,315562 E-02	0,3688104	0,3738354
10	0,8459713	0,8490770	5,024999 E-03	8,130619 E-03	0,3738354	0,3769410
11	0,8490770	0,8509964	3,105620 E-03	5,024999 E-03	0,3769410	0,3788604
12	0,8509964	0,8521826	1,919379 E-03	3,105620 E-03	0,3788604	0,3800466
13	0,8521826	0,8529157	1,186241 E-03	1,919379 E-03	0,3800466	0,3807798
14	0,8529157	0,8533688	7,331374 E-04	1,186241 E-03	0,3807798	0,3812329
15	0,8533688	0,8536489	4,531039 E-04	7,331374 E-04	0,3812329	0,3815129
16	0,8536489	0,8538219	2,800336 E-04	4,531039 E-04	0,3815129	0,3816860
17	0,8538219	0,8539290	1,730703 E-04	2,800336 E-04	0,3816860	0,3817930
18	0,8539290	0,8539949	1,069633 E-04	1,730703 E-04	0,3817930	0,3818590
19	0,8539949	0,8540361	6,610696 E-05	1,069633 E-04	0,3818590	0,3819000
20	0,8540361	0,8540608	4,085635 E-05	6,610696 E-05	0,3819000	0,3819251
21	0,8540608	0,8540772	2,525061 E-05	4,085635 E-05	0,3819251	0,3819409
22	0,8540772	0,8540855	1,560574 E-05	2,525061 E-05	0,3819409	0,3819502
23	0,8540855	0,8540937	9,644876 E-06	1,560574 E-05	0,3819502	0,3819567
24	0,8540937	0,8540938	5,960861 E-06	9,644876 E-06	0,3819567	0,3819595
25	0,8540938	<b>0,8541019</b>	<b>3,684015 E-06</b>	5,960861 E-06	0,3819595	<b>0,3819632</b>

Setelah dilakukan optimasi parameter dengan data *training* sebanyak 60, maka selanjutnya melakukan validasi data menggunakan data *testing* sebanyak 36 yang ditunjukkan pada Tabel 5

Tabel 5. Validasi data *testing* dengan  $\varepsilon = 0,00001$

t	Xt	Ft	PE	t	Xt	Ft	PE
61	19479	16630,95	14,62113	79	30850	30316,84	1,728233
62	16647	15797,38	5,103742	80	34283	29136,86	15,01076
63	18468	17505,28	5,212909	81	24746	24372,09	1,510992
64	20682	20414,08	1,295426	82	26419	25244,09	4,447216
65	20952	20681,28	1,292096	83	23439	23950,6	2,182687
66	21070	19451,02	7,683816	84	26940	25200,48	6,457016
67	24408	26885,13	10,14884	85	19156	22757,68	18,80184
68	28580	26192,73	8,352939	86	21344	21540,9	0,922507
69	22259	20930,36	5,969001	87	23735	23185,73	2,314177
70	23807	22312,34	6,278237	88	26723	26261,71	1,726191
71	19641	21130,93	7,585815	89	29450	27371,11	7,059049
72	17950	22227,87	23,83214	90	28920	25760,1	10,92635
73	20751	19643,94	5,334972	91	35420	33447,79	5,568069
74	18943	18600,6	1,807528	92	43418	32403,84	25,36773
75	22733	20312,37	10,64809	93	37709	27613,24	26,77281
76	26856	23420,24	12,79327	94	29234	28147,63	3,716118
77	26163	23960,4	8,418759	95	28468	26820,11	5,78857
78	26362	22457,47	14,81121	96	31736	28325,7	10,74584
Jumlah						302,2361	
MAPE						8,395447	

Berdasarkan validasi data tersebut diperoleh nilai MAPE sebesar 8,395447%, nilai tersebut berada dalam kriteria MAPE < 10 sehingga dapat dikatakan metode *Exponential Smoothing Holt-Winters Additive* sangat baik untuk prediksi.

### 4.3 Pemilihan Model Terbaik

Pada hasil ukuran akurasi dengan menggunakan nilai  $\alpha$ ,  $\beta$  dan  $\gamma$  optimal dengan dua nilai *threshold error* yaitu  $\varepsilon = 0,001$  dan  $\varepsilon = 0,00001$  diperoleh nilai MAPE seperti disajikan oleh Tabel 6,

Tabel 6. Perbandingan nilai MAPE

$\varepsilon$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	MAPE <i>insample</i>	MAPE <i>outsmple</i>
0,001	0,8538219	0,0002800336	0,3816860	18,96732%	8,449062%
0,00001	0,8541019	0,000003684015	0,3819632	18,96536%	8,395447%

Berdasarkan Tabel 6, dapat disimpulkan bahwa nilai MAPE yang dihasilkan kedua *threshold error* tersebut masih berada pada kriteria yang sama sehingga parameter yang dipilih ditentukan berdasarkan iterasi yang lebih sedikit, Maka parameter yang digunakan untuk prediksi 12 bulan ke depan adalah pasangan  $\alpha = 0,8538219$ ,  $\beta = 0,0002800336$  dan  $\gamma = 0,3816860$  dengan  $\varepsilon = 0,001$ ,

Dari proses iterasi pada metode modifikasi *Golden Section*, nilai parameter yang optimal tersebut dimasukkan ke dalam model pemulusan *Exponential Smoothing Holt-Winters Additive* sebagai berikut :

$$L_t = (0,8538219 Y_t) - S_{t-s} + (1 - 0,8538219)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

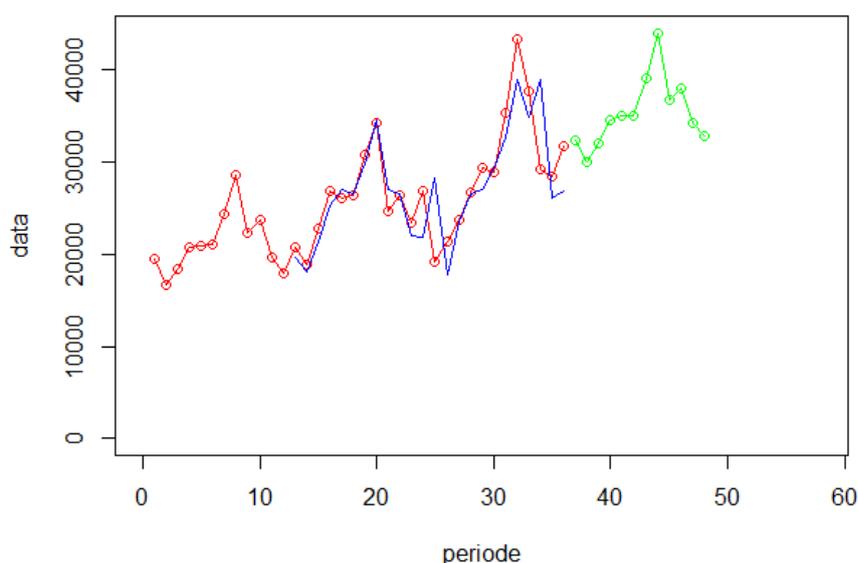
$$b_t = 0,0002800336(L_t - L_{t-1}) + (1 - 0,0002800336)b_{t-1}$$

$$S_t = 0,3816860(Y_t - L_t) + (1 - 0,3816860)S_{t-s}$$

Tabel 7. Hasil Prediksi Jumlah Wisman yang Menggunakan Jasa Akomodasi di DIY Tahun 2017

t	Tahun	Bulan	Ft
37	2017	Januari	32378,97
38	2017	Februari	30016,59
39	2017	Maret	31997,08
40	2017	April	34589,73
41	2017	Mei	34979,69
42	2017	Juni	35099,51
43	2017	Juli	39178,19
44	2017	Agustus	43962,82
45	2017	September	36810,75
46	2017	Oktober	38070,09
47	2017	November	34309,79
48	2017	Desember	32884,94

Plot hasil peramalan jumlah wisatawan mancanegara yang menggunakan akomodasi di DIY tahun 2017 dengan metode pemulus *Eksponential Smoothing Holt-Winters additive* dapat dilihat pada Gambar 2,



Gambar 2. Plot Hasil Peramalan Jumlah Wisatawan Mancanegara yang Menggunakan Jasa Akomodasi di DIY

## 5. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

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

1. Plot time series dapat disimpulkan bahwa data dari jumlah wisatawan mancanegara yang menggunakan jasa akomodasi di DIY tahun 2009 sampai 2016 menunjukkan pola trend naik dan adanya indikasi musiman,
2. Berdasarkan perhitungan optimasi parameter yang dilakukan dengan *Exponential Smoothing Holt-Winters Additive* menggunakan metode Optimasi *Golden Section* terhadap dua *threshold error* menghasilkan parameter untuk  $\varepsilon = 0,001$  diperoleh optimal parameter yaitu  $\alpha = 0,8538219$ ,  $\beta = 0,0002800336$  dan  $\gamma = 0,3816860$  dengan nilai  $MAPE_{insample} = 18,96732\%$ , sedangkan untuk  $\varepsilon = 0,00001$  diperoleh optimal parameter yaitu parameter  $\alpha = 0,8541019$ ,  $\beta = 0,000003684015$  dan  $\gamma = 0,3819632$  dengan nilai  $MAPE_{insample} = 18,96536\%$ ,
3. Validasi data yang dilakukan dengan menggunakan 36 data *testing* menghasilkan diperoleh  $MAPE_{outsample} = 8,449062\%$  untuk  $\varepsilon = 0,001$ , sedangkan untuk  $\varepsilon = 0,00001$  diperoleh  $MAPE_{outsample} = 8,395447\%$ ,
4. Optimasi *Golden Section* dengan  $\varepsilon = 0,00001$  menghasilkan nilai MAPE yang lebih kecil dibandingkan dengan  $\varepsilon = 0,001$ , namun nilai tersebut masih berada pada kriteria MAPE yang sama yakni 10% – 20% untuk data *in-sample* dan <10% untuk data *out-sample*, Dalam hal ini penentuan model terbaik ditentukan berdasarkan iterasi yang lebih sedikit untuk meminimalkan proses perhitungan, sehingga model terbaik yang terpilih adalah optimasi *Golden Section* dengan  $\varepsilon = 0,001$ , Peramalan dengan koefisien pemulus ini memberikan model sebagai berikut :

$$L_t = (0,8538219 Y_t) - S_{t-s} + (1 - 0,8538219)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = 0,0002800336(L_t - L_{t-1}) + (1 - 0,0002800336)b_{t-1}$$

$$S_t = 0,3816860(Y_t - L_t) + (1 - 0,3816860)S_{t-s}$$

Rumus Peramalan untuk  $m$  periode kedepan

$$F_{36+m} = L_{36} + b_{36} \times m + S_{36-12+m}$$

## DAFTAR PUSTAKA

- [BPS DIY] Badan Pusat Statistik Daerah Istimewa Yogyakarta. 2016. *Direktori Hotel dan Usaha Akomodasi Lain Daerah Istimewa Yogyakarta 2016*. Yogyakarta : BPS DIY.
- [Dispar DIY] Dinas Pariwisata Daerah Istimewa Yogyakarta. 2017. *Statistik Kepariwisataaan 2016*. Jogja: Dispar DIY.
- Ai, T.J. 2002. *Penyelesaian NonLinier Programming dengan Kendala Menggunakan Modifikasi Golden Section*. Jurnal Teknologi Industri Vol. 6, No. 1.
- Hapsari, V. 2013. *Perbandingan Metode Dekomposisi Klasik dengan Metode Pemulusan Eksponensial Holt-Winter dalam Meramalkan Tingkat Pencemaran Udara di Kota Bandung Periode 2003-2012*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Kalekar, P.S. 2004. *Time Series Forecasting using Holt-Winters Exponential Smoothing*. India : Kanwal Rekhi School of Information Technology.
- Kodhyat, H. 1998. *Sejarah Pariwisata dan Perkembangannya di Indonesia*. Jakarta: Grasindo.
- Mahkya, D. A., Yasin, H., Mukid, M. A. 2014. *Aplikasi Metode Golden Section untuk Optimasi Parameter pada Metode Exponenstal Smoothing*. Jurnal Gaussian Vol. 3, No. 4: Hal. 605-614.
- Makridakis, Mc-Gee, dan Wheelwright. 1999. *Metode dan Aplikasi Peramalan*, edisi kedua jilid 1. Untung Sus Andriyanto dan Abdul Basith, penerjemah. Jakarta: Penerbit Erlangga. Terjemahan dari: *Forecasting, 2<sup>nd</sup> Edition*.
- Murdiyastomo, A. 2017. *Budaya Lokal Dalam Perkembangan Pariwisata di Yogyakarta*. Yogyakarta: Ilmu Sejarah FIS UNY.

- Martiningtyas, N. 2004. *Buku Materi Kuliah STIKOM Statistika*. Surabaya: STIKOM Surabaya.
- Saputra, N.D., A. Aziz, dan B. Harjito. 2016. *Parameter Optimization of Brown's and Holt's Double Exponential Smoothing Using Golden Section Method for Predicting Indonesian Crude Oil Price (ICP)*. Proc. Int. Conf. on Information Tech., Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE), pp. 356--360.
- Soejoeti, Z. 1987. *Analisis Runtun Waktu*. Jakarta: Karunika.
- Tratar, L. F. 2013. *Improved Holt-Winters Method: A Case of Overnight Stays of Tourists in Republic of Slovenia*. Jurnal Ekonomi dan Bisnis Vol. 16, No. 1: Hal 5-17.
- Yoeti, O. A. Edisi Revisi 1996. *Pengantar Ilmu Pariwisata*. Bandung: Angkasa.
- Yuwida, N., Hanafi, L., dan Wahyuningsih, N. 2012. *Estimasi Parameter Alpha dan Gamma dalam Pemulusan Eksponensial Ganda Dua Parameter*. Jurnal Sains dan Seni ITS Vol. 1, No. 1.