

**PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG PESAWAT DI BANDARA INTERNASIONAL  
AHMAD YANI DENGAN METODE *HOLT WINTER'S EXPONENTIAL SMOOTHING*  
DAN METODE *EXPONENTIAL SMOOTHING EVENT BASED***

**Sofiana<sup>1\*</sup>, Suparti<sup>2</sup>, Arief Rachman Hakim<sup>3</sup>, Iut Tri Utami<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro  
[arief.rachman@live.undip.ac.id](mailto:arief.rachman@live.undip.ac.id)

**ABSTRACT**

*Forecasting the number of airplane passengers can be a consideration for the airline at Ahmad Yani International Airport related with addition of extra flight. The number of airplane passengers can be influenced by certain seasonal or special events. The seasonal influences can be known through historical data patterns and if there is a seasonal pattern, the Holt Winter's Exponential Smoothing method can be used. Exponential Smoothing Event Based (ESEB) forecasting method can be use to see the special events that effect the number of airplane passengers at Ahmad Yani International Airport. After compared, the Holt Winter's Exponential Smoothing method is a better method of forecasting the number of airplane passengers at Ahmad Yani International Airport because it has a smaller error value, namely the MSE value and the MAPE value than the Exponential Smoothing Event Based (ESEB)method. The MAPE and MSE values be produced from the best method each of 5,644139% and 619,998,718.*

**Keywords :** *Airplane Passengers, Seasonal Pattern, Special Event, Exponential Smoothing Event Based , Holt Winter's Exponential Smoothing.*

**1. PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan letak geografis antar pulau satu dengan pulau lainnya saling berjauhan sehingga diperlukan transportasi yang efisien untuk mendukung mobilitas penduduk yang tinggi dan memudahkan serta menghubungkan akses antara daerah dari berbagai pulau tersebut. Setidaknya ada tiga kriteria dasar agar transportasi publik dapat dikatakan sebagai transportasi baik yaitu kenyamanan, keamanan dan kecepatan, sehingga sesuai dengan ungkapan tersebut maka transportasi yang tepat dengan kebutuhan masyarakat di negara kepulauan saat ini adalah transportasi udara. Transportasi udara merupakan salah satu hal penting dalam peningkatan perekonomian suatu bangsa. Sudah menjadi tugas pemerintah untuk mengembangkan transportasi udara yang berkelanjutan guna meningkatkan perekonomian rakyat. Bentuk dari upaya pengembangan transportasi udara tidak hanya berupa pengembangan sarana transportasi dan peralatan pendukungnya tetapi juga berupa peningkatan pelayanan pada penumpang di Bandara (Zulaichah, 2015).

Banyaknya penumpang akan berpengaruh pada tingkat pelayanan di bandara, sehingga ketika terjadi lonjakan penumpang diperlukan adanya antisipasi agar pelayanan yang diberikan tetap berjalan dengan baik dan memberikan kenyamanan bagi penumpang ditengah kepadatan yang terjadi di bandara (Dheviani, 2018). Selain itu, perhitungan potensi pertumbuhan diperlukan untuk mengetahui seberapa banyak peningkatan jumlah penumpang pada waktu-waktu tertentu. Bagi pihak maskapai, perhitungan ini juga akan berguna sebagai bahan pertimbangan untuk pengajuan *extra flight* sehingga ketika permintaan tiket meningkat dapat memaksimalkan keuntungan di momen tersebut.

Penelitian ini membahas tentang penerapan metode peramalan dengan tujuan untuk membandingkan metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* dan metode *Exponential Smoothing Event Based*. Setelah melakukan penelitian ini, diharapkan dapat diketahui metode terbaik untuk peramalan jumlah penumpang di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang dengan nilai kesalahan (*error*) dalam hal ini nilai MSE dan MAPE paling kecil.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Bandara Internasional Ahmad Yani

Bandara Ahmad Yani merupakan salah satu sarana transportasi udara yang berada di provinsi Jawa Tengah. Pada tahun 2004, bandara Ahmad Yani berubah menjadi bandara internasional setelah dibuka rute Semarang-Singapura oleh salah satu perusahaan maskapai Indonesia yaitu Garuda Indonesia. Bidang usaha PT Angkasa Pura I (Persero) Bandar Udara Ahmad Yani Semarang secara garis besar adalah jasa kebandarudaraan (*Airport Services*) yang terbagi atas 2 bagian besar yaitu jasa aeronautika dan jasa nonaeronautika.

1. Jasa Aeronautika adalah jasa layanan yang diberikan kepada perusahaan penerbangan dan penumpang yang terdiri dari *aircraft parking* dan *passenger processing*
2. Jasa Non-Aeronautika adalah jasa layanan pendukung kebutuhan perusahaan penerbangan dan penumpang dengan bekerjasama dengan berbagai pihak yang terdiri dari *food and beverages, retail, property, dan cargo service*

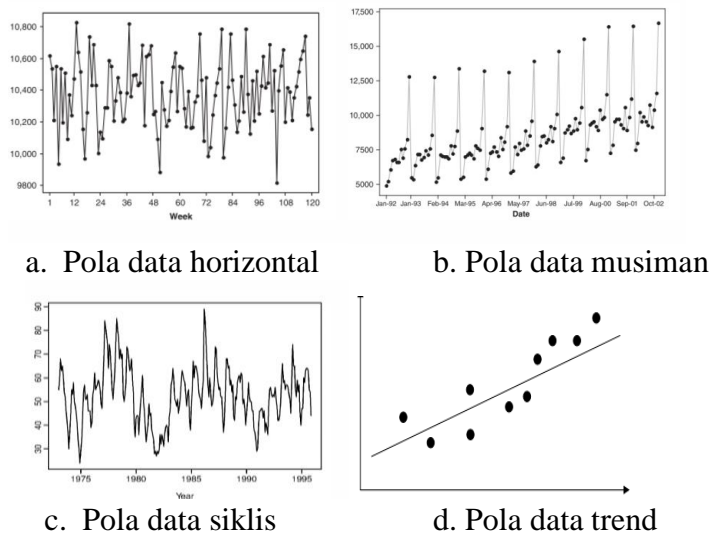
### 2.2. Peramalan

Peramalan adalah memprediksi banyaknya sesuatu hal pada waktu yang akan datang berdasarkan data pada masa lampau yang dianalisis secara alamiah khususnya menggunakan metode statistika (Sudjana, 1986). Menurut Makridakis (1995), peramalan adalah prediksi nilai-nilai sebuah variabel berdasarkan kepada nilai yang diketahui dari variabel tersebut atau variabel yang berhubungan. Beberapa teknik peramalan telah dikembangkan untuk menghadapi penggunaan peramalan yang luas seperti situasi peramalan yang beragam, faktor yang menentukan, dan berbagai tipe pola data. Teknik tersebut dibagi ke dalam dua kategori utama, yaitu metode kualitatif atau teknologis dan metode kuantitatif. Metode kuantitatif dapat dibagi lagi menjadi metode deret waktu (*time series*) dan metode sebab-akibat atau kausal. Setidaknya ada tiga kondisi yang harus dipenuhi untuk melakukan peramalan kuantitatif yaitu pertama jika tersedia informasi tentang masa lalu. Kedua jika informasi tersebut dapat dikuantitatifkan dalam bentuk data numerik. Terakhir terdapat asumsi berkesisambungan (*assumption of continuity*), artinya beberapa aspek pola masa lalu dapat diasumsikan akan terus berlanjut di masa mendatang.

### 2.3. Analisis Deret Berkala

Deret berkala adalah suatu rangkaian variabel yang diamati pada interval waktu ruang yang sama. Menurut Ishak (2010), analisis deret berkala adalah metode yang digunakan untuk menganalisis serangkaian data dari fungsi *time series* dengan asumsi bahwa kombinasi pola selalu berulang di masa depan, dan pola dasarnya dapat diidentifikasi berdasarkan data historis dari *series* tersebut.

Metode analisis deret berkala (*time series*) yang tepat dapat dipilih berdasarkan pertimbangan dari jenis pola data, sehingga metode yang cocok dengan jenis pola data tersebut dapat diuji. Pola data dapat dibedakan menjadi empat jenis pola umum (Makridakis, 1995). Berikut adalah empat pola umum untuk data runtun waktu: Pola Horizontal terjadi jika nilai data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata yang konstan atau dapat disebut bahwa data stasioner terhadap nilai rata-ratanya. Pola Musiman terjadi jika suatu data *time series* dipengaruhi oleh faktor musiman. Faktor musiman tersebut dapat berupa kuartal tahun tertentu, bulanan, atau hari-hari pada minggu tertentu. Pola siklis terjadi jika data memiliki kecenderungan untuk naik atau turun secara terus-menerus hal ini dapat terjadi karena data *time series* dipengaruhi oleh fluktuasi jangka panjang. Menurut Aulia Ishak (2010), komponen siklis ini sangat berguna dalam peramalan jangka panjang. Pola yang terjadi jika terdapat kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang dalam dalam data.



**Gambar 1. Pola data *time series***

## 2.4. Klasifikasi Metode Pemulusan

Klasifikasi dari Pegels (1969) bahwa metode pemulusan dikelompokkan menjadi dua kelompok yang berbeda. Kelompok pertama yang disebut metode perataan yaitu nilai-nilai observasi diberikan pembobotan yang sama. Kelompok metode yang kedua dikenal sebagai metode pemulusan eksponensial. Hal ini dikarenakan pada metode kedua dilakukan pembobotan dengan menggunakan bobot berbeda untuk data masa lalu, pembobotannya berciri menurun secara eksponensial dari titik data yang terakhir sampai dengan data pertama. Semua metode dalam kelompok kedua memerlukan adanya penentuan parameter tertentu. Beberapa metode yang termasuk dalam kelompok kedua ini adalah *Single Exponential Smoothing*, *Holt Exponential Smoothing*, dan *Holt Winter's Exponential Smoothing*. *Holt Winter's Exponential Smoothing* menurut penggunaannya dapat dibagi menjadi dua yaitu *Holt Winter's Additive* dan *Holt Winter's Multiplicative* (Makridakis, 1995).

## 2.5. Pemulusan Eksponensial.

Pemulusan Eksponensial atau *exponential smoothing* merupakan metode *time series* yang memberikan pembobotan menurun secara eksponensial untuk nilai observasi yang lebih lama. Metode pemulusan eksponensial terdiri atas tunggal, ganda dan metode yang lebih rumit.

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

Persamaan (1) merupakan bentuk umum yang digunakan dalam menghitung ramalan dengan metode pemulusan eksponensial.

## 2.6. *Holt Winter's Exponential Smoothing*

Metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* merupakan metode yang dapat digunakan untuk data dengan faktor musiman secara langsung. Metode ini didasarkan atas tiga persamaan pemulusan yaitu satu untuk stasioner, satu untuk trend, dan satu untuk musiman. Penelitian ini termasuk ke dalam *Holt Winter's Additive* karena pola musimannya cenderung stabil. Persamaan dasar metode *Holt Winter's Additive* adalah sebagai berikut:

1. Pemulusan eksponensial

$$L_t = \alpha(X_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2)$$

2. Pemulusan trend

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (3)$$

3. Pemulusan musiman

$$S_t = \gamma(X_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-1} \quad (4)$$

4. Ramalan

$$F_{t+m} = L_t + mb_t + S_{t-m-s} \quad (5)$$

Satu musim data yaitu sebanyak  $s$  periode diperlukan untuk menentukan estimasi awal dari musiman, oleh karena itu perhitungan dimulai dari trend dan level pada periode ke- $s$  (Montgomery, 2008).

dengan,

$L_t$  : nilai pemulusan eksponensial periode  $t$

$\alpha$  : konstanta pemulusan untuk data ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )

$\beta$  : konstanta pemulusan untuk estimasi trend ( $0 \leq \beta \leq 1$ )

$\gamma$  : konstanta pemulusan untuk estimasi musiman ( $0 \leq \gamma \leq 1$ )

$X_t$  : nilai aktual pada periode  $t$

$b_t$  : estimasi trend periode  $t$

$S_t$  : estimasi musiman periode  $t$

$t$  : periode ke- $t$

$s$  : panjang musiman (banyaknya bulan/kuartal dalam satu tahun)

$m$  : banyaknya periode ke depan yang akan diramalkan

## 2.7. Exponential Smoothing Event Based

Metode *Exponential Smoothing Event Based* adalah metode peramalan berdasarkan *special event* pada periode tertentu dengan *single exponential smoothing* sebagai *basic*, sehingga untuk memulai analisis dengan metode ini dilakukan peramalan dengan menggunakan metode *single exponential smoothing* terlebih dahulu (Payu & Nurwan, 2019). Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai indeks *event* pada periode yang memuat *special event*, dengan menggunakan persamaan berikut :

$$I_t = \frac{X_t}{F_t} \quad (6)$$

dengan  $I_t$  adalah indeks *event* pada periode  $t$  yang memuat *special event*. Kemudian perlu dihitung grup indeks yang akan digunakan sebagai faktor pengali. Grup indeks dapat dihitung dari nilai indeks *event* yang dirata-ratakan untuk masing-masing *special event*. Setelah itu, peramalan *Exponential Smoothing Event Based* (ESEB) dapat dilakukan yaitu dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{t+1} = G_{t+1}[\alpha X_t + (1 - \alpha)F_t] \quad (7)$$

dengan,

$P_{t+1}$  : Peramalan dengan indeks *event* pada  $t+1$

$G_{t+1}$  : Grup indeks pada periode  $t+1$

$\alpha$  : Konstanta pemulusan ( $0 < \alpha < 1$ )

Nilai  $\alpha$  yang dipilih melalui metode *trial and error* sedangkan  $G_{t+1}$  merupakan rata-rata dari nilai  $I_t$  untuk masing-masing *special event*. *Special event* dikatakan berpengaruh apabila nilai grup indeks lebih dari 1.

## 2.8. Ukuran Kesalahan Peramalan

Ukuran kesalahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai *Mean Square Error* (MSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Nilai MSE dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini :

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - F_i)^2}{n} \quad (8)$$

dengan,

- n : banyaknya observasi
- $e_i$  : nilai *error* pada periode ke- $i$
- $X_i$  : data aktual periode ke- $i$
- $F_i$  : ramalan untuk periode ke- $i$

MAPE dapat diartikan seberapa besar kesalahan dalam meramal dibandingkan dengan nilai aktual. Berikut adalah rumus untuk menghitung MAPE :

$$MAPE = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \left| \frac{e_i}{X_i} \right| \times 100\% = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \left| \frac{X_i - F_i}{X_i} \right| \times 100\% \quad (9)$$

dengan,

- n : banyaknya observasi
- $e_i$  : nilai *error* pada periode ke- $i$
- $X_i$  : data aktual periode ke- $i$
- $F_i$  : ramalan untuk periode ke- $i$

Evaluasi kinerja dari suatu metode dalam melakukan peramalan dapat dilakukan dengan melihat keakuratan hasil peramalan yang didapatkan. Dalam penelitian ini keakuratan hasil peramalan dilihat dengan menggunakan perhitungan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dari *in sample*. Berikut adalah kriteria hasil peramalan berdasarkan nilai MAPE

**Tabel 1.** Kriteria hasil peramalan berdasarkan nilai MAPE

MAPE	Hasil Peramalan
$\leq 10\%$	Tinggi
$10\% < MAPE \leq 20\%$	Baik
$20\% < MAPE \leq 50\%$	<i>Reasonable</i>
$> 50\%$	Rendah

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian ini adalah jumlah penumpang pesawat di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang. Data yang digunakan dalam penelitian ini yakni data sekunder yang diperoleh dari PT Angkasa Pura I (Persero) yang termasuk data runtun waktu yang dikumpulkan dari Januari 2013 sampai dengan Desember 2019.

### 3.2. Metode Pengumpulan Data

Jenis data dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari PT Angkasa Pura I (Persero). Data ini termasuk data runtun waktu yang dikumpulkan dari Januari 2013 sampai dengan Desember 2019.

### 3.3. Metode Analisis Data

Dalam penelitian ini menggunakan metode analisis peramalan *Holt Winter's Exponential Smoothing* dan *Exponential Smoothing Event Based* dilanjutkan dengan membandingkan hasil peramalan dari *Holt Winter's Exponential Smoothing* dan *Exponential Smoothing Event Based*. Perangkat lunak yang digunakan sebagai alat bantu dalam analisis statistik yakni *R Studio* dan *Minitab 17*.

### 3.4. Tahapan Analisis

#### 3.4.1. Tahap Persiapan

1. Input data ke program perangkat lunak R Studio
2. Mengubah data menjadi data *time series* dengan fungsi dasar R Studio
3. Membuat plot data *time series*
4. Membagi data menjadi data *in sample* dan data *out sample*

#### 3.4.2. Metode *Holt Winter's Exponential Smoothing*

1. Menentukan nilai  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  optimum dengan metode *trial and error* untuk peramalan data *in sample*
2. Menentukan nilai pemulusan eksponensial awal, nilai pemulusan kecenderungan, dan nilai pemulusan musiman awal.
3. Menentukan nilai pemulusan eksponensial ( $L_t$ ), nilai pemulusan kecenderungan atau *trend* ( $b_t$ ) dan nilai pemulusan musiman atau *seasonal* ( $S_t$ ).
4. Menentukan nilai ukuran kesalahan (*error*) atau dalam penelitian ini digunakan nilai MSE dan MAPE.
5. Membuat plot data aktual, data *fitted value* dengan fungsi R.

#### 3.4.3. Metode *Exponential Smoothing Event Based*

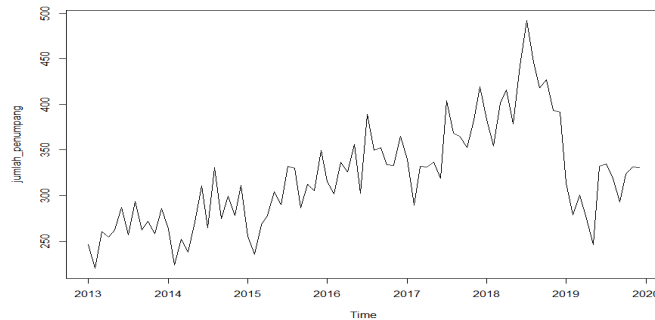
1. Menentukan nilai  $\alpha$  optimum dengan metode *trial and error* untuk peramalan data *in sample* dengan bantuan *software* Minitab 17
2. Melakukan identifikasi *event* yang diduga mempengaruhi jumlah penumpang berdasarkan plot data jumlah penumpang yang telah dibuat pada tahap persiapan
3. Menghitung nilai indeks *event* dan grup indeks
4. Menentukan nilai ukuran kesalahan (*error*) atau dalam penelitian ini digunakan nilai MSE dan MAPE
5. Membuat plot data aktual, data *fitted value* dengan fungsi R.

#### 3.4.4. Tahap Akhir

1. Membentuk model dengan data *in sample* untuk kedua metode analisis
2. Membandingkan nilai MSE dan MAPE dari kedua model
3. Memilih model terbaik berdasarkan nilai MSE dan MAPE terkecil
4. Melakukan evaluasi kinerja model dengan data *out sampel* berdasarkan ukuran MAPE
5. Melakukan prediksi untuk beberapa periode setelah data *out sample*

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Analisis Deskriptif



**Gambar 2.** Grafik jumlah penumpang pesawat tahun 2013-2019

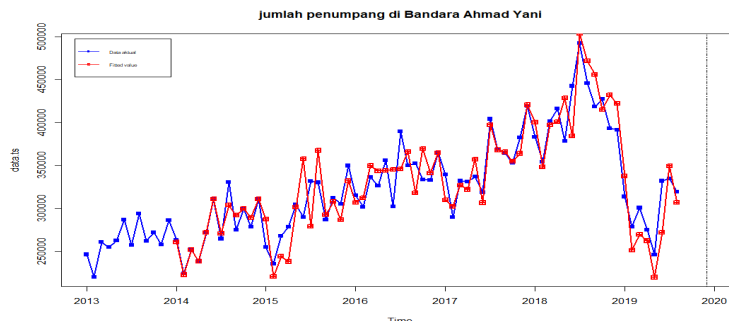
Secara umum, grafik menunjukkan pola data memiliki kecenderungan atau trend naik dari tahun ke tahun, fluktuasi terjadi setiap tahunnya. Sejak tahun 2013 sampai dengan tahun 2018 memiliki pola yang sama untuk setiap tahunnya sedangkan pada tahun 2019 terjadi penurunan penumpang. Hal itu merupakan salah satu dampak dari kebijakan kenaikan tarif tiket pesawat pada beberapa maskapai berbiaya murah atau *Low Cost Carrier* (LCC) dan sistem bagasi berbayar bagi para penumpang pesawat domestik, sehingga masyarakat lebih memilih untuk mencari alternatif transportasi lain sebagai moda transportasi dengan biaya yang murah (Wirabrata, 2019).

### 4.2. Metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* (HWES)

Analisis metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* dimulai dari penentuan nilai parameter alpha ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), dan gamma ( $\gamma$ ) dengan menggunakan parameter optimal dari *output* R Studio. Nilai  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  yang dihasilkan dari *output* tersebut adalah  $\alpha = 0,3783943$ ,  $\beta = 1$ , dan  $\gamma = 1$ .

Berdasarkan *output* dari program R Studio dan perhitungan yang telah dilakukan, maka model yang terbentuk untuk metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* adalah :

$$\begin{aligned} \text{Pemulusan Level} & : L_t = 0,3783943(X_t - S_{t-s}) + (1 - 0,3783943)(L_{t-1} + b_{t-1}) \\ \text{Pemulusan Tren} & : b_t = 1(L_t - L_{t-1}) \\ \text{Pemulusan Musiman} & : S_t = 1(X_t - L_t) \\ \text{Ramalan} & : F_{80+m} = 33.6356,49 + 48.227,73m + S_{68-m} \end{aligned}$$



**Gambar 3.** Grafik perbandingan data aktual dan data ramalan metode HWES

Gambar 3 merupakan perbandingan antara data aktual dengan data ramalan menggunakan metode *Holt Winter's Exponential Smoothing*. Berdasarkan plot data yang terbentuk dapat dilihat bahwa nilai ramalan tidak berbeda jauh dari nilai aktual.

### 4.3. Metode Exponential Smoothing Event Based (ESEB)

Pada metode ini, analisis dimulai dengan penentuan nilai alpha ( $\alpha$ ) yang digunakan untuk pembentukan model *Single Exponential Smoothing (SES)* menggunakan software R Studio, kemudian hasilnya divalidasi dengan cara *trial and error* menggunakan Minitab 17. Dengan menggunakan R Studio diperoleh nilai  $\alpha = 0,5695562$ ,  $MSE_{in-sample} = 1.091.654.427$  dan  $MAPE_{in-sample} = 8,361218\%$ .

Proses *trial and error* dengan Minitab 17 dimulai dengan mencoba nilai alpha ( $\alpha$ ) = 0,1 dan selanjutnya percobaan lain dengan penambahan nilai 0,1. Nilai alpha yang digunakan harus berada diantara nilai 0 dan 1. Berikut adalah hasil *trial and error* dari software Minitab 17:

**Tabel 2.** Hasil *trial and error* beberapa nilai  $\alpha$

Alpha ( $\alpha$ )	$MSE_{in-sample}$	$MAPE_{in-sample}$
0,1	1.764.166.789,740240	9,49479%
0,2	1.385.903.754,518620	8,41723%
0,3	1.214.829.480,912770	8,24274%
0,4	1.126.963.229,393840	8,18600%
0,5	1.087.365.385,022330	8,23583%
0,6	1.081.527.507,188960	8,36794%
0,7	1.102.218.684,195910	8,59871%
0,8	1.145.542.362,505170	8,87053%
0,9	1.210.009.969,954730	9,15449%

Hasilnya nilai alpha ( $\alpha$ ) yang optimal untuk membentuk model SES adalah sebesar 0,4 karena memiliki nilai  $MAPE_{in-sample}$  dan  $MSE_{in-sample}$  terkecil yaitu sebesar 8,18600% dan 1.126.963.229,39384. Langkah selanjutnya adalah melakukan identifikasi *event*, menghitung indeks *event*, dan grup indeksnya. Hasil rekapitulasi dari identifikasi dan perhitungannya adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.** Rekapitulasi dan perhitungan indeks *event*

<i>Event</i>	Tahun ke-	Bulan	Periode ke-	Indeks <i>Event</i>	Group Indeks
Hari Raya Idul Fitri	2013	Agustus	8	1,11545	1,10255
	2014	Juli	19	0,95232	
	2015	Juli	31	1,16011	
	2016	Juli	43	1,20628	
	2017	Juni	54	0,96079	
	2018	Juni	66	1,13555	
	2019	Juni	78	1,18737	
Hari Raya Natal dan Libur Akhir Tahun	2013	Desember	12	1,07675	1,07620
	2014	Desember	24	1,08535	
	2015	Desember	36	1,14179	
	2016	Desember	48	1,07492	
	2017	Desember	60	1,13795	
	2018	Desember	72	0,94043	

Berdasarkan Tabel 3. dapat diketahui bahwa *Group Indeks* untuk masing-masing *special event* bernilai lebih dari 1, sehingga dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan *special event* hari raya idul fitri dan hari raya natal atau libur akhir tahun berpengaruh



terhadap banyaknya penumpang pesawat di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang (Payu & Nurwan, 2019). Model yang dapat terbentuk adalah sebagai berikut :

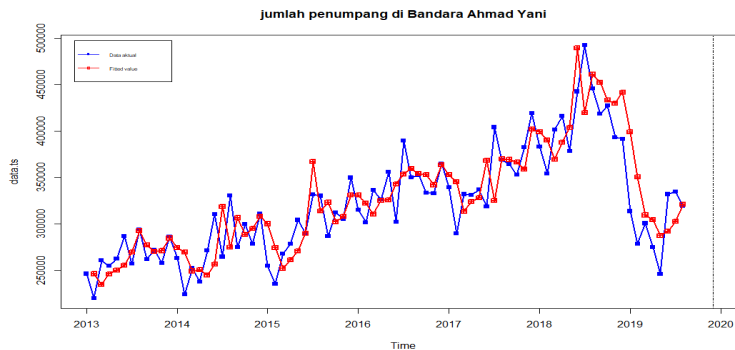
1. Peramalan untuk *special event* Hari Raya Idul Fitri

$$P_{t+1} = 1,10255[0,4X_t + (1-0,4)F_t]$$

2. Peramalan untuk *special event* Hari Raya Natal dan Libur Akhir Tahun

$$P_{t+1} = 1,07620[0,4X_t + (1-0,4)F_t]$$

Model yang terbentuk dari metode *Exponential Smoothing Event Based* ini digunakan ketika pada periode tersebut mengandung *special event*, sedangkan pada periode di luar *special event* tetap menggunakan persamaan umum dari *single exponential smoothing*.



**Gambar 4.** Grafik perbandingan data aktual dan data ramalan metode ESEB

Gambar 4. merupakan perbandingan antara data aktual dengan data ramalan menggunakan metode *Exponential Smoothing Event Based*. Berdasarkan plot data yang terbentuk dapat dilihat bahwa secara umum, nilai ramalan tidak berbeda jauh dari nilai aktual, walaupun pada beberapa periode plot menunjukkan perbedaan data ramalan yang cukup jauh dari data aktual

#### 4.4. Kesalahan Peramalan (Error) dan Evaluasi Kinerja Model

Berikut merupakan tabel perbandingan hasil peramalan menggunakan metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* dan *Exponential Smoothing Event Based*:

**Tabel 4.** Perbandingan nilai kesalahan (error)

Nilai Error	Metode Peramalan	
	<i>Holt Winter's Exponential Smoothing</i>	<i>Exponential Smoothing Event Based</i>
MSE <sub>in-sample</sub>	619.998.718	988.824.976
MAPE <sub>in-sample</sub>	5,644139%	7,28151%

Berdasarkan tabel 4 hasil peramalan terbaik adalah model dari metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* karena memiliki nilai MAPE<sub>in-sample</sub> dan MSE<sub>in-sample</sub> terkecil. Proses evaluasi kinerja dari model dilihat dengan menggunakan perhitungan *Mean Absolute Percentage Error* dari data *out sample* (MAPE<sub>out-sample</sub>). Nilai MAPE<sub>out-sample</sub> yang dihasilkan dari model terbaik yaitu sebesar 9,435461% maka dapat disimpulkan bahwa kemampuan peramalan mempunyai nilai keakuratan yang tinggi.

#### 4.5. Peramalan

Pada tahap ini akan dilakukan peramalan untuk periode setelah data *out sample* dengan menggunakan model terpilih yaitu model yang dihasilkan dari metode *Holt Winter's Exponential Smoothing*. Peramalan dimulai dari periode Januari 2020 sampai dengan periode Desember 2020. Berikut adalah nilai ramalan yang dihasilkan dari analisis *time series* dengan metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* :

**Tabel 5.** Hasil Ramalan pada periode tahun 2020

Periode	Nilai ramalan
Januari	314.509,6
Februari	307.993,3
Maret	346.698,5
April	332.797,7
Mei	306.002,3
Juni	371.003,2
Juli	358.435,2
Agustus	322.797,3
September	284.126,6
Oktober	304.238,6
November	297.966,9
Desember	297.016,9

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan serta mengacu pada tujuan penelitian, maka dapat disimpulkan :

1. Gambaran data penumpang pesawat di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang memiliki *trend* yang cenderung naik sejak tahun 2013 sampai tahun 2019. Fluktuasi terjadi setiap tahunnya, dan memiliki pola musiman sejak tahun 2013 sampai tahun 2019.
2. Model yang dihasilkan dari metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* untuk data penumpang pesawat di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang dengan nilai  $\alpha = 0,3783943$ ,  $\beta = 1$ , dan  $\gamma = 1$ ,  $MAPE_{in-sample} = 5,644139\%$   $MSE_{in-sample} = 619.998.718$  adalah:

$$\text{Pemulusan Level} : L_t = 0,3783943(X_t - S_{t-s}) + (1 - 0,3783943)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

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

$$\text{Pemulusan Musiman} : S_t = 1(X_t - L_t)$$

$$\text{Ramalan} : F_{80+m} = 33.6356,49 + 48.227,73m + S_{68-m}$$

Model yang dihasilkan dari metode *Exponential Smoothing Event Based* untuk data penumpang pesawat di Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang dengan nilai  $\alpha = 0,4$ ,  $MAPE_{in-sample} = 7,28151\%$  dan  $MSE_{in-sample} = 988.824.976$  adalah sebagai berikut:

Peramalan untuk *special event* Hari Raya Idul Fitri

$$P_{t+1} = 1,10255[0,4X_t + (1 - 0,4)F_t]$$

Peramalan untuk *special event* Hari Raya Natal dan Libur Akhir Tahun

$$P_{t+1} = 1,07620[0,4X_t + (1 - 0,4)F_t]$$

3. Berdasarkan nilai  $MSE_{in-sample}$ , model terbaik adalah model dari metode *Holt Winter's Exponential Smoothing* dengan nilai sebesar 619.998.718.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, W. (2018). Analisis Kinerja Metode ANFIS untuk Peramalan Kasus Demam Berdarah di Kabupaten Malang . *Jurnal Sisfo*, 199-212.
- Anggrainingsih R., G. R. Aprianto and S. W. Sihwi, "Time series forecasting using exponential smoothing to predict the number of website visitor of Sebelas Maret University," 2015 2nd International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE), Semarang, 2015, pp. 1419, doi: 10.1109/ICITACEE.2015.7437762

- Dewi, E. A. (2018). *Perbandingan Metode Holt Winter's Exponential Smoothing dan Extreme Learning Machine(ELM) pada Peramalan Penjualan Semen*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Dheviani, S. (2018). Peramalan Banyaknya Penumpang di Bandar Udara Internasional Ahmad Yani Semarang dengan Mempertimbangkan *Special event*. *PRISMA 1*, 434-444.
- Ishak, A. (2010). *Manajemen Operasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kabacoff, R. (2015). *R in Action: Data Analysis and Graphics with R*. New York: Manning Publication Co.
- Makridakis, S. (1995). *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Montgomery, D. C. (2008). *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Payu, M. R., & Nurwan. (2019). Metode *Exponential Smoothing Event Based (ESEB)* dan Metode *Winter's Exponential Smoothing (WES)* untuk Peramalan Jumlah Penumpang Tiba di Pelabuhan penyeberangan Gorontalo. *Barekeng: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 199-204.
- Rachmansyah, M. I. (2017). Pengaruh penyeimbangan Pergerakan Pesawat terhadap Peningkatan Kinerja Bandara (Studi Kasus: Bandara Internasional Soekarno-Hatta). *Warta Ardhia (Jurnal Perhubungan Udara)*, 13-26.
- Safitri, T. (2016). *Perbandingan Peramalan menggunakan Metode Holt Winter's Exponential Smoothing dan ARIMA*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Sudjana. (1986). *Metode Statistika*. Bandung: Tarsito.
- Szmit, M. (2012). Usage of Holt-Winters Model and Multilayer Perceptron in Network Traffic Modelling and Anomaly Detection. *Informatica*, 359-368.
- Wirabrata, A. (2019). *Kebijakan Tarif Tiket Pesawat Akibat Pengenaan Bagasi Berbayar*. Jakarta: Pusat Penelitian Badan Keahlian DPR RI.
- Zulaichah. (2015). Evaluasi Usulan Pembangunan Terminal Baru Bandar Udara H.A.S. Hanandjoeddin Tanjung Pandan. *Jurnal Perhubungan Udara*, 201-218.