

PERAMALAN JUMLAH PENUMPANG PENERBANGAN INTERNASIONAL DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL SOEKARNO HATTA DENGAN METODE *HOLT-WINTERS EXPONENTIAL SMOOTHING* DAN *SEASONAL ARIMA*

Demeytris Suryani Fahik¹, Maria Titah Jatipaningrum²

Jurusan Statistika, Fakultas Sains Terapan, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email: yanifahik@gmail.com

Abstarct. Many people and tourists who came or go from Indonesia through Soekarno Hatta International Airport. Now airplanes are preferred choice for public, because are taken in short time with long distances. This anticipates the airport's readiness in providing the best facilities and services for the convenience of the public. Forecasting the number of passengers was very important for planning the provision and improvement of airport facilities in the future.

Seasonal ARIMA and Holt-Winters Exponential Smoothing Forecasting Methods are used to solve seasonal patterned data as well as trends. The number of passengers at Soekarno Hatta Airport have repeating patterns (seasonal) and also formed an uptrend pattern. Because it showed an increasing uptrend pattern and seasonal pattern with seasonal variations, the selection of *Holt-Winters Exponential Smoothing* with multiplicative model and *Seasonal ARIMA* forecasting methods are appropriate to be implemented in the data.

Comparison of forecasting methods carried out to obtain a high level of accuracy of the model, that used actual in the period January 2017 until November 2019. Forecasting using *Holt-Winters Exponential Smoothing* method multiplicative model with modification of the *Golden Section* produced *MAPE* value of 4,407%. While forecasting with *Seasonal ARIMA* method with model (3,1,0) (0,1,1)¹² produced *MAPE* value of 5,306%. Thus the chosen method was the *Holt-Winters Exponential Smoothing* method multiplicative model with modification of the *Golden Section* because it had smaller and better *MAPE* value in predicting the number of international flights passengers at Soekarno Hatta International Airport and forecasting results for the next year, in March 2020 is estimated to reach 732.129 passengers.

Keywords: Forecasting, The Number of Passengers, *Holt-Winters Exponential Smoothing* Multiplicative, *Seasonal ARIMA*.

Abstrak. Banyak masyarakat dan turis yang datang atau pergi dari Indonesia melalui Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta. Saat ini pesawat udara menjadi pilihan yang diminati masyarakat karena dapat menempuh waktu yang singkat dengan jarak yang jauh. Hal tersebut mengantisipasi kesiapan pihak bandar udara dalam menyediakan fasilitas dan pelayanan yang terbaik bagi kenyamanan masyarakat. Peramalan jumlah penumpang sangat penting untuk perencanaan penyediaan dan peningkatan fasilitas bandar udara di masa mendatang.

Metode peramalan *Seasonal ARIMA* dan *Holt-Winters Exponential Smoothing* merupakan metode yang mampu menangani data yang berpola musiman sekaligus bersifat *trend*. Jumlah penumpang di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta memiliki pola berulang (musiman) dan juga membentuk pola *trend* naik. Karena menunjukkan pola *trend* naik dan pola musiman dengan variasi musiman yang semakin membesar, maka pemilihan metode peramalan *Holt-Winters Exponential Smoothing* model multiplikatif dan *Seasonal ARIMA* adalah tepat untuk diimplementasikan pada data.

Perbandingan metode peramalan dilakukan untuk mendapatkan tingkat akurasi model yang tinggi, dengan menggunakan data aktual pada periode Januari 2017 sampai November 2019. Peramalan dengan metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* model multiplikatif dengan modifikasi *Golden Section* menghasilkan nilai *MAPE* sebesar 4,407%. Sedangkan peramalan dengan metode *Seasonal ARIMA* model (3,1,0)(0,1,1)¹² menghasilkan nilai *MAPE* sebesar 5,306%. Dengan demikian metode yang terpilih adalah metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* model multiplikatif dengan modifikasi *Golden Section* karena memiliki nilai *MAPE* lebih kecil dan lebih baik dalam meramalkan jumlah penumpang penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta dan hasil peramalan untuk satu tahun ke depan, pada bulan Maret 2020 diperkirakan mencapai 732.129 penumpang.

Kata Kunci: Peramalan, Jumlah Penumpang, *Holt-Winters Exponential Smoothing* Multiplikatif, *Seasonal ARI*

1. Pendahuluan

Manusia bergerak untuk memenuhi kebutuhannya. Dalam pergerakannya, manusia membutuhkan alat transportasi. Salah satu alat transportasi udara, yaitu pesawat udara yang memiliki kecepatan. Manusia sekarang ini tidak hanya berdiam diri di suatu tempat, mereka melakukan perjalanan ke suatu negara untuk bisnis maupun hanya untuk berwisata. Dengan pesawat udara dapat melakukan perjalanan dengan cepat tanpa ada macet dan dapat menempuh waktu yang singkat dengan jarak yang jauh.

Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta merupakan bandara tersibuk pertama di Indonesia berdasarkan pergerakan pesawat dan penumpang dan berada di peringkat ke-18 dalam kategori bandar udara dengan jumlah penumpang paling banyak di dunia. Menurut data dari Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS), jumlah penumpang pada tahun pada tahun 2017 sebesar 7.373.522 orang, pada tahun 2018 sebesar 7.792.280 dan data terbaru saat ini pada bulan November 2019, jumlah penumpang sudah mencapai 7.067.247 orang. Jumlah penumpang pesawat terbang di bandar udara internasional Soekarno Hatta dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Oleh karena itu, peramalan sangatlah penting untuk memprediksi banyaknya penumpang di masa yang akan datang.

Semakin berkembangnya metode peramalan mengakibatkan terdapat banyak variasi metode dalam meramalkan data, sehingga perlu membandingkan antara satu metode dengan metode lainnya untuk mendapatkan hasil akurasi yang tinggi. Metode yang dapat digunakan untuk meramalkan data berpola musiman sekaligus pola *trend* diantaranya yaitu *Holt-Winters Exponential Smoothing* dan *Seasonal ARIMA*.

Beberapa penelitian terkait metode peramalan untuk data berpola musiman antara lain penelitian oleh Safitry Tias (2016) menggunakan metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* dan *ARIMA* dalam meramalkan jumlah kedatangan wisatawan mancanegara ke Bali Ngurah Rai, penelitian oleh Prihatmono, Wisnu M, dan Ema Utami (2017) menggunakan metode *Moving Average* dan *Holt-Winters* dengan *Golden Section* dalam meramalkan jumlah ritase pendapatan pada Departemen Transportasi Yogyakarta-Manajemen UPT Terminal Giwangan, penelitian oleh Andriyani M dan Febriana I (2018) dalam meramalkan banyaknya penumpang kereta api dengan menggunakan metode *SARIMA* dan *Holt-Winters* dan penelitian oleh Mutmainnah (2019) meramalkan curah hujan di kota Makassar dengan menggunakan metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* dan *SARIMA*.

Berdasarkan permasalahan tersebut, peneliti tertarik untuk melakukan peramalan dan membandingkan antara metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* menggunakan metode *trial and error* dan modifikasi *Golden Section* serta *Seasonal ARIMA* untuk mendapatkan hasil estimasi terbaik terhadap jumlah penumpang pada penerbangan internasional di Bandar Udara Soekarno Hatta.

2. Metode

Pada bagian ini memuat tentang studi kasus, metode dan langkah analisis serta prosedur penelitian.

2.1 Metode *Holt-Winters Exponential Smoothing*

Menurut Makridakis (1999), metode *Holt-Winters* adalah metode yang dapat menangani faktor musiman dan trend secara bersama-sama. Salah satu metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* yaitu model *Holt-Winters* Multiplikatif (*multiplicative seasonal model*) Metode *Holt-Winters* Multiplikatif digunakan pada data *time series* dengan variasi musiman yang meningkat atau multiplikatif (Kuntoro, 2015). Pada kenyataan di lapangan model multiplikatif lebih banyak dan lebih efektif di pakai. Menurut Hendikawati (2015: 42), ada empat persamaan yang digunakan dalam model multiplikatif, yaitu.

1) Pemulusan Level

$$S_t = \alpha \frac{X_t}{I_{t,L}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (1)$$

2) Pemulusan faktor *trend*

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (2)$$

3) Pemulusan faktor musiman

$$l_t = \gamma \frac{X_t}{S_t} + (1 - \gamma)l_{t-L} \quad (3)$$

4) Ramalan *m* periode kedepan

$$F_{t+m} = (S_t + T_t m)l_{t+m-L} \quad (4)$$

Berikut ini merupakan metode untuk inisialisasi atau penentuan nilai awal

1) Inisialisasi pemulusan level

$$S_L = \frac{1}{L}(X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_L) \quad (5)$$

2) Inisialisasi pemulusan *trend*

$$T_L = \frac{1}{L} \left[\frac{(X_{L+1} - X_1)}{L} + \frac{(X_{L+2} - X_1)}{L} + \dots + \frac{(X_{L+L} - X_1)}{L} \right] \quad (6)$$

3) Inisialisasi pemulusan musiman untuk model Multiplikatif

$$l_k = \frac{X_k}{S_L}, k = 1, 2, \dots, L \quad (7)$$

2.2 Metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* dengan modifikasi *Golden Section*

Langkah-langkah analisisnya :

1) Menentukan batas bawah (a_1), (a_2), (a_3) dan batas atas (b_1), (b_2), (b_3) dan serta nilai toleransi berhentinya iterasi (ϵ). Untuk metode modifikasi *Holt-Winters Exponential Smoothing* dengan *Golden Section* ditentukan batas bawah (a_1), (a_2), (a_3) bernilai 0 dan batas atas (b_1), (b_2), (b_3) bernilai 1 dan batas toleransi berhentinya iterasi (ϵ) adalah 0,05.

2) Menghitung nilai *Golden Ratio* (r).

3) Menentukan nilai awal untuk parameter menggunakan persamaan 8.

$$\alpha_1 = r(a_1) + (1 - r)(b_1)$$

$$\alpha_2 = a_1 + b_1 - \alpha_1$$

$$\beta_1 = r(a_2) + (1 - r)(b_2)$$

$$\beta_2 = a_2 + b_2 - \beta_1 \quad (8)$$

$$\gamma_1 = r(a_3) + (1 - r)(b_3)$$

$$\gamma_2 = a_3 + b_3 - \gamma_1$$

4) Mencari $f(x)$ maksimum diantara kombinasi $x = \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2$. Pada metode ini nilai $f(x)$ adalah nilai *MAPE* yang dimasukkan sebagai nilai pada metode *Holt-Winters Exponential Smoothing*. Dengan rumusan menggunakan persamaan

$$F_{t+m} = (S_t + T_t m)l_{t+m-L} \quad (9)$$

Untuk dapat menentukan besar forecasting maka dilakukan tahap-tahap peramalan sebagai berikut:

a. Pemulusan Level

$$S_t = \alpha \frac{X_t}{l_{t,L}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (10)$$

b. Pemulusan faktor *trend*

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (11)$$

c. Pemulusan faktor musiman

$$l_t = \gamma \frac{X_t}{S_t} + (1-\gamma)l_{t-L} \quad (12)$$

- 5) Mengurangi batas interval berdasarkan kriteria *golden section search*.
- 6) Mengulangi langkah 3 sampai 5 hingga mencapai kondisi $|\alpha_2 - \alpha_1| \leq \varepsilon$, $|\beta_2 - \beta_1| \leq \varepsilon$ dan $|\gamma_2 - \gamma_1| \leq \varepsilon$.
- 7) Mencari $f(x)$ minimum dengan kombinasi $x = a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2$
- 8) Menentukan hasil $x_{min} = x^*$ dan $f(x_{min}) = f(x^*)$

2.3 Metode Seasonal ARIMA

Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) merupakan pengembangan dari model *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)* pada data runtun waktu yang memiliki pola musiman. (Makridakis, 1999). Model *SARIMA* terdiri dari beberapa proses antara lain proses *Autoregressive (AR)*, proses *Moving Average*, proses *Autoregressive-Moving Average* atau proses *Autoregressive Integrated Moving Average* (Gikungu, 2015).

Musiman didefinisikan sebagai suatu pola yang berulang-ulang dalam selang waktu yang tetap. Notasi umum SARIMA adalah :

$$\text{SARIMA}(p, d, q)(P, D, Q)^S \quad (13)$$

Secara umum bentuk model *SARIMA* $(p, d, q)(P, D, Q)^S$ dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut (Wei, 2006) :

$$\Phi_p(B)\Phi_p(B^S)(1-B)^d(1-B^S)^D Z_t = \theta_q B \Theta_q(B^S) e_t \quad (14)$$

Pendugaan model SARIMA dilakukan setelah data stasioner dengan mengamati plot *ACF* dan *PACF*. Data dikatakan stasioner jika nilai mean dan variansi adalah konstan atau tidak terjadi penurunan dan kenaikan nilai secara tajam.

Jika tidak stasioner dalam varians maka dilakukan Tranformasi *Box-Cox*.

$$T(Z_t) = \frac{Z_t^\lambda - 1}{\lambda} \quad (15)$$

Jika tida stasioner dalam mean maka dilakukan perbedaan atau *differencing*.

$$Z_t^1 = Z_t - Z_{t-1} \quad (16)$$

Selanjutnya dilakukan Uji Signifikansi, Uji White Noise dan Uji Normalitas

a. Uji Signifikansi

Hipotesis.

H_0 : parameter model = 0 (parameter model tidak signifikan)

H_1 : parameter model $\neq 0$ (parameter model signifikan)

Taraf Signifikansi

$\alpha = 0,05$.

Statistik Uji:

$$t_{hitung} = \frac{\text{estimasi parameter } (\theta_1) - 0}{\text{Standar error parameter}} \quad (17)$$

Daerah Kritis:

H_0 ditolak, jika $|t| > t_{tabel}$ atau P-value $> \alpha$

b. Uji White Noise

Hipotesis

H_0 : $\rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_k = 0$ (residual *white noises*)

H_1 : minimal ada satu $\rho_k \neq 0$ (residual tidak *white noise*), dengan $k = 1, 2, \dots, k$

Taraf Signifikansi

$\alpha = 0,05$.

Statistik Uji:

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^K \frac{\rho_k^2}{n-k} \tag{18}$$

Daerah Kritis:

H_0 ditolak, jika nilai dari $Q > \chi^2_{(\alpha; k-p-q)}$ atau P-value $< \alpha$

c. Uji Normalitas

Hipotesis

$H_0: S(x) = F_0(x)$ (Residual berdistribusi normal)

$H_1: S(x) \neq F_0(x)$ (Residual tidak berdistribusi normal)

Taraf Signifikansi

$\alpha = 0,05$.

Statistik Uji:

$$D = \text{Sup}_x |S(x) - F_0(x)| \tag{19}$$

Daerah Penolakan:

H_0 ditolak, jika nilai $D > D_{\alpha, n}$ atau P-value $< \alpha$

2.4 Kriteria Keباikan Model

Berikut Kriteria keباikan suatu model peramalan berdasarkan nilai MAPE yang dihasilkan (Elmunim dkk, 2013) :

Tabel 1. Kriteria Keباikan Model Berdasarkan Nilai MAPE

No	MAPE	Deskripsi
1	<10%	Sangat baik
2	10%-20%	Baik
3	20%-50%	Cukup Baik
4	>50%	Buruk

Dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

1) Nilai Galat Persentase Absolut (*Absolute Percentage Error*)

$$APE = \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| \times 100\% \tag{20}$$

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

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^T APE_t}{T} \tag{21}$$

2.5 Sumber Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah dengan teknik pengumpulan data sekunder. Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung melalui suatu perantara yang diambil secara online di situs resmi Badan Pusat Statistik Indonesia (www.bps.go.id) pada kategori Ekonomi dan Perdagangan untuk publikasi Transportasi.

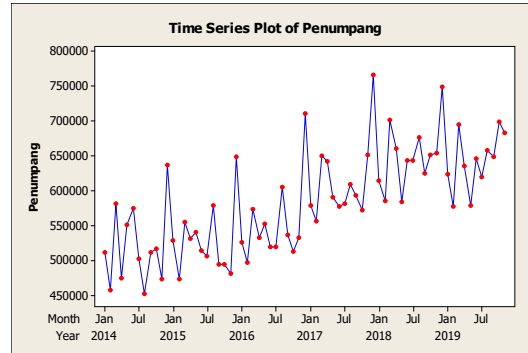
2.6 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan yaitu data bulanan jumlah penumpang pada penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta pada periode Januari 2014 sampai dengan November 2019.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini berisi tentang metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* dan *Seasonal ARIMA* untuk peramalan jumlah penumpang penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta.

3.1 Plot Data Ramalan



Gambar 1. Plot Time Series Jumlah Penumpang Penerbangan Internasional di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta Periode Januari 2014-November 2019

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa jumlah penumpang penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta selama periode Januari 2014 sampai November 2019 cenderung berpola *trend* naik sekaligus pola musiman.

3.2 Metode Ramalan

Pada bagian ini memuat tentang metode-metode yang digunakan dalam peramalan jumlah penumpang penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta.

- 1) Peramalan Jumlah Penumpang Metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* dengan *Trial and Error*

Diperoleh nilai *MAPE* terkecil yaitu pada saat $\alpha = 0,1$ $\beta = 0,1$ dan $\gamma = 0,5$ sebesar 4,884%. Maka model tersebut merupakan model *Holt-Winters* Multiplikatif terpilih, dengan tingkat akurasi model sebesar 95,16% ($100\% - MAPE = 100\% - 4,884$).

- 2) Peramalan Jumlah Penumpang Metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* dengan modifikasi *Golden Section*

Tabel 2. Perhitungan Nilai α , β dan γ Menggunakan *Golden Section*

No	α_1	α_2	β_1	β_2	γ_1	γ_2
1	0.382	0.618	0.382	0.618	0.382	0.618
2	0.236	0.382	0.236	0.382	0.618	0.764
3	0.146	0.236	0.146	0.236	0.528	0.618
4	0.090	0.146	0.090	0.146	0.472	0.528
5	0.111	0.125	0.056	0.090	0.528	0.562
6	0.103	0.111	0.069	0.077	0.507	0.528
7	0.098	0.103	0.064	0.069	0.515	0.520
8	0.095	0.098	0.061	0.064	0.517	0.518
9	0.096	0.097	0.062	0.063	0.517	0.517
10	0.097	0.097	0.062	0.062	0.517	0.517

Perhitungan berhenti di iterasi ke - 10 karena nilai α_1 dan α_2 , β_1 dan β_2 , γ_1 dan γ_2 telah konvergen atau nilai $|\alpha_2 - \alpha_1| \leq \varepsilon$, $|\beta_2 - \beta_1| \leq \varepsilon$ dan $|\gamma_2 - \gamma_1| \leq \varepsilon$ dengan nilai $\alpha_2 = 0,097$ dan $\alpha_1 = 0,097$, nilai $\beta_2 = 0,062$ dan $\beta_1 = 0,062$ serta nilai $\gamma_2 = 0,517$ dan $\gamma_1 = 0,517$ sehingga $\alpha_2 - \alpha_1 = 0,097 - 0,097 = 0,000$, dimana $0,000 \leq 0,05$, $\beta_2 - \beta_1 = 0,062 - 0,062 = 0,000$ dimana $0,000 \leq 0,05$ dan $\gamma_2 - \gamma_1 = 0,517 - 0,517 = 0,000$, dimana $0,000 \leq 0,05$

Tabel 3. Nilai MAPE dan R2 Untuk α, β dan γ Optimum

α	β	γ	MAPE
0,097	0,062	0,517	4,819%

3) Hasil Perhitungan MAPE Metode Holt-Winters Exponential Smoothing dengan Trial and Error dan Modifikasi Golden Section

Berikut ini merupakan ringkasan hasil perhitungan MAPE untuk setiap kombinasi konstanta parameter α , β , γ yang dilakukan dengan cara coba-coba (trial and error) dan modifikasi Golden Section.

Tabel 4. Perbandingan Nilai MAPE Setiap Metode

Metode	MAPE	Kombinasi Parameter
Holt-Winters Exponential Smoothing dengan trial and error	4,884%	$\alpha = 0,1 \beta = 0,1 \gamma = 0,5$
Holt-Winters Exponential Smoothing dengan modifikasi Golden Section	4,819%	$\alpha = 0,097 \beta = 0,062 \gamma = 0,517$

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan nilai MAPE lebih kecil dari 10% yang artinya peramalan memiliki akurasi yang sangat baik. Selain itu dapat dilihat bahwa metode Holt-Winters Exponential Smoothing dengan modifikasi Golden Section memiliki kesalahan peramalan terkecil berdasarkan nilai MAPE yang artinya metode tersebut paling cocok digunakan untuk meramalkan data jumlah penumpang penerbangan Internasional di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta.

4) Metode Seasonal ARIMA

Tabel 5. Hasil Perhitungan MAPE Model SARIMA (2,1,0)(0,1,1)¹² dan SARIMA (3,1,0)(0,1,1)¹²

Model	MAPE
(2,1,0)(0,1,1) ¹²	5,352%
(3,1,0)(0,1,1) ¹²	5,306%

Diperoleh model SARIMA yang terpilih yaitu model SARIMA (3,1,0)(0,1,1)¹² dengan nilai MAPE sebesar 5,306 yang mana model tersebut tetap menggunakan orde differencing yang sesuai dengan proses menstasionerkan data sebelumnya ($d = D = 1$).

5) Perbandingan Hasil Peramalan dengan Menggunakan Holt-Winters Exponential Smoothing dengan Modifikasi Golden Section dan SARIMA (3,1,0)(0,1,1)¹² menggunakan data Aktual Periode Januari 2017- November 2019.

Tabel 5. Perbandingan Nilai MAPE Setiap Metode

Metode	MAPE
Model <i>SARIMA</i> (3,1,0)(0,1,1) ¹²	5,306%
<i>Holt-Winters Exponential Smoothing</i> dengan modifikasi <i>Golden Section</i>	4,407%

Perbandingan metode ini menggunakan data aktual Periode Januari 2017- November 2019. Untuk metode *Holt-Winters* model Multiplikatif dengan modifikasi *Golden Section* hasil peramalannya tersedia pada saat $t = 13$, sedangkan untuk metode *Seasonal ARIMA* karena salah satu kelemahan metode *ARIMA* adalah pada peramalan jangka panjang hasilnya akan bersifat konstan, maka diramalkan data aktual untuk periode Januari 2017 sampai dengan November 2019.

Selanjutnya diperoleh hasil perhitungan *MAPE* untuk masing-masing metode, *Seasonal ARIMA* model (3,1,0)(0,1,1)¹² menghasilkan *MAPE* sebesar 5,306% yang mana sesuai dengan kriteria kebaikan model pada Tabel 1, kategori model peramalan *Seasonal ARIMA* adalah sangat baik dan metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* model multiplikatif dengan modifikasi *Golden Section* menghasilkan *MAPE* sebesar 4,407% dengan kategori model peramalan juga sangat baik. Namun karena metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* model multiplikatif dengan modifikasi *Golden Section* menghasilkan *MAPE* yang lebih kecil, maka jelas terlihat bahwa metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* model multiplikatif dengan modifikasi *Golden Section* lebih baik dalam meramalkan jumlah penumpang penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta.

- 6) Peramalan Jumlah Penumpang Penerbangan Internasional di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta Periode Desember 2019 – November 2020

Dalam analisis sebelumnya didapatkan hasil bahwa metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* model Multiplikatif dengan modifikasi *Golden Section* merupakan metode terbaik pada model $\alpha = 0,097$ $\beta = 0,062$ $\gamma = 0,517$. Peramalan jumlah penumpang penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta dengan metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* model Multiplikatif menggunakan persamaan 1-4 menghasilkan konstanta data asli $\alpha = 0,097$, sehingga persamaan pemulusan eksponensial data asli adalah $S_t = 0,097 \frac{X_t}{l_{t:L}} + (0,903)(S_{t-1} + T_{t-1})$, konstanta pemulusan untuk pola *trend*

$\beta = 0,062$ sehingga persamaan pemulusan pola *trend* adalah $T_t = 0,062(S_t - S_{t-1}) + (0,938)T_{t-1}$, konstanta untuk pemulusan pola musiman $\gamma = 0,517$ sehingga persamaan pemulusan pola musiman adalah $l_t = 0,517 \frac{X_t}{S_t} + (0,483)l_{t-L}$ dan model

peramalan m periode kedepan adalah $F_{t+m} = (S_t + T_t m)l_{t+m-L}$.

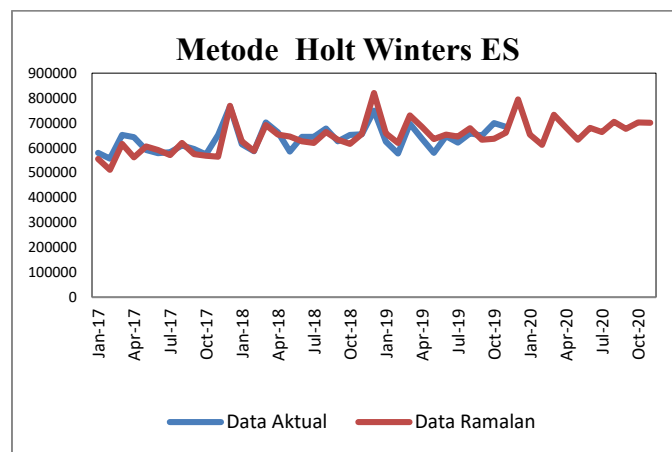
Dengan demikian untuk hasil peramalan jumlah penumpang penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta menggunakan metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* model Multiplikatif dengan modifikasi *Golden Section* dapat dilihat dalam Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Peramalan Jumlah Penumpang dengan Metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* model Multiplikatif dengan modifikasi *Golden Section* Periode Desember 2019 – November 2020

Periode	Hasil Peramalan
Desember 2019	794.625
Januari 2020	652.516
Februari 2020	611.544
Maret 2020	732.129
April 20	680.585
Mei 2020	631.522
Juni 2020	679.281
Juli 2020	663.498
Agustus 2020	703.828
September 2020	675.750
Oktober 2020	701.014
November 2020	700.234

Tabel 6 merupakan hasil estimasi atau peramalan jumlah penumpang penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta untuk 12 (dua belas) periode kedepan atau satu tahun mendatang yaitu dimulai dari bulan Desember 2019 sampai dengan bulan November 2020.

Perbandingan nilai hasil ramalan jumlah penumpang pada penerbangan internasional di Bandar Udara Soekarno Hatta menggunakan metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* model Multiplikatif dengan modifikasi *Golden Section* dengan data aktual disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2 Grafik ramalan metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* Jumlah Penumpang Penerbangan Internasional di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta

Dalam Gambar 2 terlihat bahwa nilai ramalan jumlah penumpang penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta untuk 12 (dua belas) periode kedepan semakin meningkat, mulai dari bulan Desember 2019 hingga November 2020.

4. Kesimpulan

Berdasarkan uraian yang telah dibahas pada hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan:

- 1) Berdasarkan plot *time series* karakteristik data jumlah penumpang penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta pada bulan Januari 2014 sampai dengan bulan November 2019 menunjukkan data mengalami fluktuasi dengan kecenderungan meningkat, sekaligus memiliki pola yang berulang.
- 2) Diperoleh metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* menggunakan *trial and error* didapatkan nilai parameter $\alpha = 0,1$ $\beta = 0,1$ dan $\gamma = 0,5$ dengan nilai *MAPE* sebesar 4,884%. Sedangkan dengan modifikasi *Golden Section* didapatkan kombinasi parameter $\alpha = 0,097$ $\beta = 0,062$ dan $\gamma = 0,517$ dengan nilai *MAPE* sebesar 4.819%. Dengan demikian modifikasi *Golden Section* lebih efektif digunakan bila dibandingkan dengan metode *trial and error* dalam menentukan nilai parameter optimal.
- 3) Diperoleh model *SARIMA* (2,1,0)(0,1,1)¹² dengan nilai *MAPE* sebesar 5,352% dan model *SARIMA* (3,1,0)(0,1,1)¹² dengan nilai *MAPE* sebesar 5,306%. Dengan demikian model *SARIMA* (3,1,0)(0,1,1)¹² merupakan model yang terpilih dalam meramalkan jumlah penumpang penerbangan internasional karena menghasilkan nilai *MAPE* yang lebih kecil.
- 4) Diperoleh metode terbaik yaitu metode *Holt-Winters Exponential Smoothing* model *Multiplikatif* dengan modifikasi *Golden Section* dengan nilai *MAPE* sebesar 4,407%.
- 5) Di peroleh hasil peramalan jumlah penumpang penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta untuk dua belas periode kedepan dengan menggunakan *Holt-Winters Exponential Smoothing* model *Multiplikatif* dengan modifikasi *Golden Section* semakin meningkat, yaitu 794.625 penumpang pada bulan Desember 2019 dan 732.129 penumpang pada bulan Maret 2020.

Ucapan Terimakasih

Dalam penyusunan tulisan ini, banyak pihak yang telah memberikan dukungan kepada penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada seluruh dosen dan pimpinan Jurusan Statistika Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

Daftar Pustaka

- [1] Andriyani M, Febriana I, 2018, Peramalan Banyak Penumpang Kereta Api Dengan *SARIMA* dan Holt Winters, *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST)*, 1-14, Yogyakarta.
- [2] Elmunim NA, Abdullah M, Hasbi AM, Bahari SA, 2013, *Short-Term Forecasting Ionospheric Delay over UKM Using The Holt Winter Method*, IEEE International Conference, Malaysia.
- [3] Gikungu SW, Waititu AG, Kihoro JM, 2015, Forecasting Inflation Rate in Kenya Using *SARIMA* Model, *American Journal of Theoretical and Applied Statistics No,1 Vol,4*, 15-18, Kenya.
- [4] Hadinagara D, Noeryanti, 2019, Peramalan Harga Saham Pada Indeks Lq45 Menggunakan Fuzzy Time Series Markov Chain dan Modifikasi Double

- Exponential Smoothing, *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*, Vol 4, No 2, 11-21, IST AKPRIND Yogyakarta.
- [5] Heizer J, Render B, 2015, *Manajemen Operasi, Edisi 11, Terjemahan Hirson Kurnia, Ratna Saraswati, David Wijaya*, Salemba Empat, Jakarta.
- [6] Heizer J, Render B, 2009, *Manajemen Operasi, Edisi 9, Terjemahan Hirson Kurnia, Ratna Saraswati, David Wijaya*, Salemba Empat, Jakarta.
- [7] Kafara Z, Rumlawang FY, Sinay LJ, 2017, Peramalan Curah Hujan dengan Pendekatan Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA), *Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, No,1, Vol,11, 63-74, Maluku.
- [8] Kinasih S, Agoestanto A, Sugiman, 2018, Optimasi Parameter pada Model Exponential Smoothing Menggunakan Metode Golden Section untuk Pemilihan Model Terbaik dan Peramalan Jumlah Wisatawan Provinsi Jawa Tengah, *UNNES Journal of Mathematics*, 1-10, Semarang.
- [9] Kiusalaas J, 2005, *Numerical Methods In Engineering With MATLAB*, Cambridge University, United States Of America.
- [10] Kuntoro H, 2015, *Teori dan Aplikasi Analisis Seri Waktu*, Zifatama Publisher, Sidoarjo.
- [11] Makhya DA, Yasin H, Mukid MA, 2014, Aplikasi Metode Golden Section Untuk Optimasi Parameter Pada Metode Exponential Smoothing, *JURNAL GAUSSIAN*, Vol 3, No 4, 605 - 614, Semarang.
- [12] Makridakis S, 1999, *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Erlangga, Jakarta.
- [13] Makridakis, et al, 1993, *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Erlangga, Jakarta.
- [14] Montgomery DC, Jennings CL, Kulahci M, 2008, *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*, John Wiley & Sons, Inc, New Jersey.
- [15] Mulya D, Asdi Y, Yanuar F, 2017, Penerapan Metode Holt Winter dan Seasonal Arima Pada Peramalan Perkembangan Wisatawan Mancanegara Yang Datang Ke Indonesia, *Jurnal Matematika UNAND*, Vol VI, No 4, 29-36, Padang
- [16] Nasution AH, 2016, *Manajemen Industri*, Andi Offset, Yogyakarta.
- [17] Prihatmono, Wisnu M, Utami E, 2017, Analysis of Moving Average and Holt-Winters Optimization by Using Golden Section for Ritase Forecasting, *Journal of Theoretical and Applied Information Technology* No,23 Vol,95, 6575-6584, Yogyakarta.
- [18] Rosadi D, 2014, *Analisis Runtun Waktu dan Aplikasinya dengan R*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [19] Wahyuningsih N, Suprapti HS, Amutu SI, 2017, Model Penjualan Plywood PT, Linggarjati Mahardika Mulia, *Prosiding Seminar Nasional Integrasi Matematika dan Nilai Islami* No,1 Vol,1, 52-57, Yogyakarta.
- [20] Walpole RE, 1995, *Pengantar Statistika, Edisi Ke-3*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [21] Wei, William WS, 2006, *Time Series Analysis Univariate and Multivariate Method*, Pearson Eddison Wesley, Canada.