

Tersedia online di [www.journal.unipdu.ac.id](http://www.journal.unipdu.ac.id)  
**Unipdu**Halaman jurnal di [www.journal.unipdu.ac.id/index.php/teknologi](http://www.journal.unipdu.ac.id/index.php/teknologi)**Research article**

# Pengujian Model *Multiplicative Holt Winter's Exponential Smoothing* dalam Peramalan Data *Time-Series* Terdampak Covid-19

Nisa Ayunda <sup>a,\*</sup>, Liami Ningsih <sup>b</sup>, Sujarwo <sup>c</sup>, Afsah Novita Sari <sup>d</sup><sup>a,b,c</sup> Program Studi Matematika, Universitas Pesantren Tinggi Darul 'Ulum, Jombang, Indonesiaemail: <sup>a,\*</sup> [nisaayunda@mipa.unipdu.ac.id](mailto:nisaayunda@mipa.unipdu.ac.id)

\*Korespondensi

Dikirim 5 September 2022; Direvisi 22 September 2022; Diterima 29 September 2022; Diterbitkan 28 Oktober 2022

**Abstrak**

Kereta api merupakan salah satu moda transportasi yang paling sering digunakan oleh masyarakat untuk bepergian. Data jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek untuk semua jenis kelas merupakan data time series yang mempunyai pola musiman. Namun, pada tahun 2019, terjadi wabah Covid – 19 yang berdampak pada seluruh sektor salah satunya pada jumlah penumpang kereta api. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian model Multiplicative Holt – Winter exponential smoothing dalam peramalan data time series terkait jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek periode Januari 2018 – Desember 2021. Metode Holt – Winter exponential smoothing merupakan salah satu metode peramalan yang dapat meramalkan data yang memuat pola trend. Metode Holt – Winter exponential smoothing ini memiliki tiga parameter pemulusan, yaitu  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$ . Dalam pemilihan parameter, akan digunakan RMSE dan SSE untuk mengoptimalkan  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$ . Kemudian, penentuan parameter yang optimal akan dipilih berdasarkan nilai MAPE yang dihasilkan setelah proses optimalisasi. Dalam penelitian ini, diperoleh parameter yang optimal yaitu  $\alpha = 0,97$ ,  $\beta = 0,03$ , dan  $\gamma = 1$  dengan nilai SSE yang dihasilkan sebesar  $4,81E+08$  serta nilai MAPE sebesar 9,98%.

**Kata Kunci:** Peramalan, Model Multiplicative, Holt – Winter Exponential Smoothing.

## *Holt Winter's Exponential Smoothing Multiplicative Model Testing for Time-Series Data Forecasting that Impacted by Covid-19*

**Abstract**

Train is one of the most common modes of transportation used by the public to travel. The data of the number of train's passengers in Jabodetabek for all types of classes is a time series data which has a seasonal pattern. However, in 2019, the Covid-19 outbreak occurred which had an impact on all sector include train's passengers. Therefore, in this research, the Multiplicative Holt – Winter exponential smoothing model will be tested to predict the time series data of number of train passengers in Jabodetabek on Januari 2018 – Desember 2021 periode. Holt – Winter exponential smoothing method is one of the prediction method which has predict the time series data which has seasonal pattern. Holt – Winter exponential smoothing method has three smoothing parameters, namely  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\gamma$ . In parameter selection, RMSE and SSE will be used to optimize  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\gamma$ . Next, the determination of the optimal parameters will be selected based on the MAPE value generated after the optimization process. In this study, the optimal parameters were obtained, namely  $\alpha = 0,97$ ,  $\beta = 0,03$ , and  $\gamma = 1$  with the resulting SSE value of  $4.81E+08$  and the MAPE value of 9.98%.

**Keywords:** Forecasting, Multiplicative Model, Holt – Winter Exponential Smoothing.**Untuk mengutip artikel ini dengan APA Style:**Ayunda, N., Ningsih, L., Sujarwo. (2022). Pengujian Model Multiplicative Holt Winter's Exponential Smoothing untuk Peramalan Data Time-Series Terdampak Covid-19. *Teknologi: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, 12(1), 41–49. <https://doi.org/10.26594/TEKNOLOGI.V12I1.3319>© 2022 Penulis. Diterbitkan oleh Program Studi Sistem Informasi, Universitas Pesantren Tinggi Darul Ulum. Ini adalah artikel open access di bawah lisensi CC BY-NC-NA (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).**1. Pendahuluan**

Prediksi atau forecasting merupakan proses untuk memperkirakan kebutuhan suatu kondisi di masa depan dengan mempertimbangkan kebutuhan kuantitas, kualitas, maupun waktu untuk memenuhi permintaan barang atau jasa (Nasution dan Prasetyawan, 2008). Pada saat melakukan peramalan atau prediksi, harus diketahui terlebih dahulu tujuan dari prediksi tersebut. Karena pada hakikatnya, peramalan merupakan suatu prediksi terhadap suatu objek. Namun, dengan menggunakan metode yang tepat, maka hasil peramalan bukan sekadar hasil peramalan saja, akan tetapi dapat bermanfaat untuk keperluan selanjutnya seperti dasar pengambilan keputusan (Christian, 2016).

Berdasarkan data jumlah penumpang kereta api yang diterbitkan oleh BPS pada buku Statistik Transportasi Darat (BPS, 2020), jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek setiap tahun cenderung mengalami peningkatan. Namun, ada tahun-tahun tertentu yang mengalami penurunan. Dan dalam satu periode (satu tahun) terjadi peningkatan pada bulan-bulan tertentu. Peningkatan biasa terjadi pada saat hari libur nasional dan libur panjang tahun baru. Sehingga, data jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek merupakan data time series yang memiliki pola trend dan pola musiman. Sebagai contoh pada tahun 2018 data jumlah penumpang kereta api pada bulan Januari – Februari jumlah penumpang mengalami penurunan, sekitar 9,6% dan pada bulan Maret terjadi peningkatan sekitar 13,2%. Pada bulan April jumlah penumpang mengalami penurunan lagi sekitar 1,2% dan pada bulan Juli terjadi peningkatan lagi sekitar 17%. Dari hal tersebut menunjukkan bahwa dalam satu periode terdapat pola naik atau turun yang berulang, dan pola tersebut juga terjadi pada tahun – tahun berikutnya. Sehingga, dapat dikatakan bahwa dalam satu periode data jumlah penumpang kereta api memiliki pola musiman. Namun, pada tahun 2020 data jumlah penumpang terjadi penurunan drastis akibat adanya pandemi Covid – 19. Sehingga, dalam periode Januari 2018 – Desember 2021 data jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek memiliki pola trend.

Pada akhir bulan Desember tahun 2019, muncul sebuah wabah penyakit berbahaya yang disebabkan oleh Corona virus yang dapat membahayakan manusia dan menularkan penyakit Covid – 19 dengan sangat cepat. Pada bulan Februari 2020, wabah Covid – 19 mulai masuk ke Indonesia, dan hal ini memengaruhi semua sektor perekonomian, industri, dan transportasi yang ada di Indonesia. Meskipun pada awal bulan tersebut hanya beberapa daerah saja yang terinfeksi, namun kebijakan pemerintah mengakibatkan semua daerah juga terkena dampak dari penularan Covid – 19 (Inmas, 2021). Hal ini juga di dukung oleh kebijakan pemerintah yang diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2020 mengenai Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) yang diterapkan pada bulan April 2020. Hal ini mengakibatkan jumlah penumpang kereta api mengalami penurunan drastis yaitu sekitar 72% dari bulan Maret 2020 terhadap bulan April 2020 (BPS, 2020). Namun, menjelang akhir tahun 2020, aktivitas kereta api di Jabodetabek mengalami kenaikan. Hal ini dibuktikan dengan kenaikan jumlah penumpang sekitar 15% dari bulan September ke Oktober 2020.

Holt – Winter Exponential Smoothing memiliki dua jenis model, yaitu model additive dan model multiplicative. Perbedaan dari kedua model tersebut terletak pada kestabilan pola musimannya. Pada model additive, digunakan untuk pola data yang mengalami fluktuasi musiman stabil, sedangkan model multiplicative, digunakan untuk pola data yang mengalami fluktuasi musiman berubah-ubah tergantung pada rata-rata data (Markidrakis, 1999). Oleh karena itu, peneliti akan membahas bagaimana pengujian model Multiplicative Holt Winter's exponential smoothing dalam memprediksi data time series jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek periode Januari 2018 – Desember 2021 dimana dalam rentang tersebut terdapat penurunan drastis akibat adanya pandemi Covid – 19.

## 2. State of the Art

### 2.1. Metode Holt – Winter Exponential Smoothing

Metode Holt Winter's exponential smoothing merupakan gabungan dari metode Holt yang dikembangkan oleh Winter. Metode ini diaplikasikan untuk data yang memiliki pola trend dan musiman. Metode Holt Winter's exponential smoothing bisa diaplikasikan untuk data yang tidak stasioner. Metode ini merupakan metode exponential smoothing dengan tiga kali pembobotan. Adapun pembobot pada metode Holt Winter's exponential smoothing ini adalah  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$ . Dimana parameter  $\alpha$  adalah parameter untuk smoothing keseluruhan data, sedangkan parameter  $\beta$  adalah parameter yang digunakan untuk smoothing trend, dan parameter  $\gamma$  merupakan parameter yang digunakan untuk smoothing musiman. Nilai  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  berada di antara 0 sampai 1 yang ditentukan dengan nilai akurasi prakiraan terkecil, karena semakin kecil nilai akurasi prakiraan maka hasil prakiraan akan semakin baik. Metode Holt Winter's exponential smoothing ini memiliki dua model, yaitu Holt Winter's model additive dan model multiplicative. Pada Holt Winter's model additive, ketakstabilan musiman dari data terlihat stabil, tidak tergantung pada rata – rata dari data. Pada model multiplicative, amplitudo dari ketakstabilan musiman terlihat inkonsisten, bergantung pada rata – rata dari data. Melihat dari data time series yang terdampak oleh covid-19 memiliki pola yang tidak konsisten, maka peneliti merujuk metode Holt Winter's model multiplicative sebagai metode yang akan diuji dalam penelitian ini. Adapun beberapa fungsi persamaan pada model ini adalah sebagai berikut:

- Fungsi persamaan untuk smoothing level:

$$L_t = \alpha(y_t / (S_t - l)) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1})$$

- Fungsi persamaan untuk smoothing pola trend:

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

- Fungsi persamaan untuk smoothing pola musiman:  
$$St = \gamma(yt/Lt) + (1 - \gamma)St - l$$
- Fungsi persamaan untuk prakiraan periode ke - n:  
$$Ft + n = (Lt + nbt)St - l + n$$

Keterangan:

$Lt$  = menyatakan smoothing level pada bulan ke - t  
 $\alpha$  = menyatakan pembobot smoothing level ( $0 < \alpha < 1$ )  
 $\beta$  = menyatakan pembobot smoothing pola trend ( $0 < \beta < 1$ )  
 $\gamma$  = menyatakan pembobot smoothing pola musiman ( $0 < \gamma < 1$ )  
 $yt$  = menyatakan data ke - t  
 $bt$  = menyatakan smoothing pola trend pada bulan ke - t  
 $St$  = menyatakan nilai awal smoothing musiman  
 $l$  = menyatakan panjang musiman  
 $n$  = menyatakan periode waktu yang akan diprakirakan  
 $Ft$  = menyatakan nilai yang ingin diprakirakan  
 $bt$  = menyatakan smoothing pola trend pada bulan ke - t  
 $Lt - 1$  = menyatakan smoothing level pada bulan ke t - 1  
 $bt - 1$  = menyatakan smoothing pola trend pada bulan ke - t

Untuk menginisialisasi metode peramalan ini, dibutuhkan nilai awal untuk penghalusan level (Ll), trend (bl), dan musiman (St). Untuk memperoleh nilai perkiraan awal dari indeks musiman, dibutuhkan data utuh dalam satu musim. Sehingga, nilai trend dan penghalusan diinisialisasi pada periode l. adapun nilai awal konstanta penghalusan level didapat dengan memakai rata - rata musim pertama, yaitu:

$$Ll = 1/l(y1 + y2 + \dots + yt)$$

Untuk menginisialisasi trend, akan lebih baik apabila memakai data utuh selama dua musim, yaitu:

$$bl = 1/l((yl + 1 - y1)/l + (yl + 2 - y2)/l + \dots + (yl + l - yl)/l)$$

Kemudian untuk menginisialisasi indeks musiman model multiplicative yaitu:

$$Sl = yl/Ll$$

dengan

$bl$  = menyatakan nilai awal smoothing level pola trend  
 $Ll$  = menyatakan nilai awal smoothing level  
 $Sl$  = menyatakan nilai awal smoothing musiman  
 $l$  = menyatakan panjang musiman  
 $yl$  = menyatakan data ke - l

Adapun langkah kerja model Multiplicative Holt Winter's exponential smoothing sebagai berikut:

- Menetapkan nilai konstanta  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  dimana nilai dari parameter tersebut berada diantara 0 dan 1
- Menghitung nilai awal penghalusan level menggunakan data lengkap satu musim
- Menghitung nilai awal pemulusan trend
- Menghitung nilai awal pemulusan musiman
- Menghitung nilai pemulusan level
- Menghitung nilai pemulusan trend
- Menghitung nilai pemulusan musiman
- Menghitung nilai ramalan untuk n periode berikutnya.

## 2.2. Ukuran Akurasi Peramalan

Untuk keperluan pemilihan model terbaik dari peramalan dan penentuan nilai parameter, ukuran akurasi peramalan diperlakukan sebagai penentuan model terbaik dari sebuah prediksi. Dalam beberapa kasus, akurasi prediksi juga merujuk pada seberapa baik model prediksi yang terbentuk dalam mengolah data yang baru diketahui. Oleh karena itu, ukuran akurasi pada proses prediksi sangatlah penting. Untuk keperluan pemilihan model terbaik ini, menurut Markidakis (1983) terdapat beberapa ukuran akurasi peramalan dimana salah satu ukurannya adalah dengan menggunakan nilai MAPE yang dirumuskan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Yt - Ft}{Yt} \right| \times 100$$

Keterangan:

$n$  = jumlah data  
 $Yt$  = menyatakan data ke - t  
 $Ft$  = menyatakan prakiraan period eke - t

Dalam sebuah peramalan, apabila didapat nilai MAPE sekitar rata – rata 5%, hal tersebut berarti akurasi sangat baik. Namun, akurasi dengan MAPE hanya berarti jika skala tersebut memiliki awal mula yang berarti. Sedangkan untuk keperluan pengoptimalan nilai parameter  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$  dapat digunakan RMSE (Root Mean Square Error) dan SSE (Sum Square Error) sebagai fungsi objektif saat melakukan optimalisasi dengan variabel peubah  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$ . Adapun nilai dari RMSE dirumuskan sebagai berikut (Wilmot, C.J., 2005) :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_i^n |Yt - Ft|^2}$$

Keterangan:

$n$  = jumlah data

$Yt$  = menyatakan data ke – t

$Ft$  = menyatakan prakiraan periode ke – t

Sedangkan nilai SSE ditentukan oleh fungsi berikut:

$$SSE = \sum(Yt - \widehat{Yt})^2$$

Keterangan:

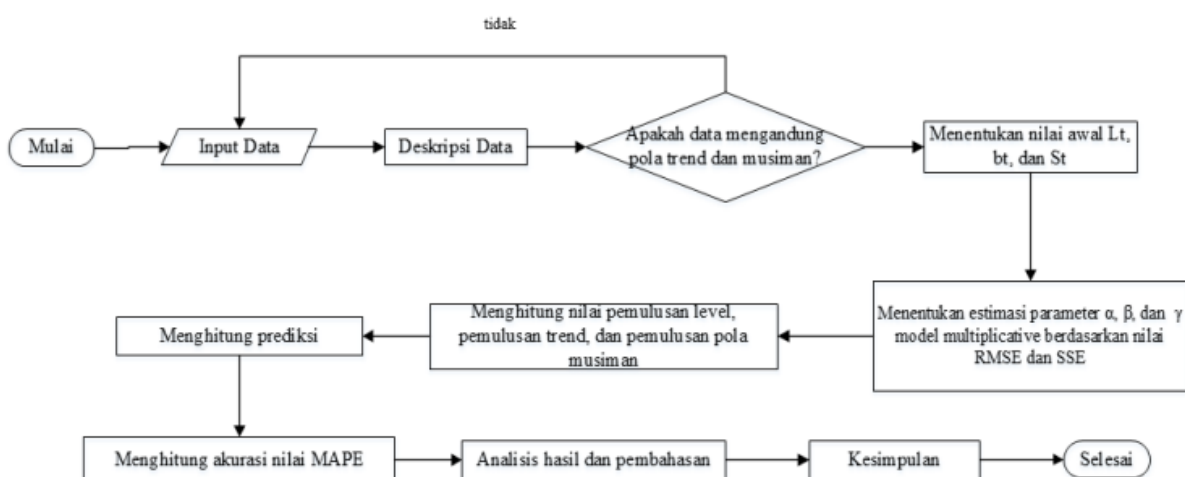
$Yt$  = Data actual

$\widehat{Yt}$  = Data prediksi

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1. Tahapan Penelitian

Langkah-langkah pengerjaan data dalam penelitian ini diawali dengan menampilkan deskripsi data menggunakan SPSS dan juga menampilkan pola time series menggunakan minitab. Setelah data berhasil diimpor, dilakukan uji kestasioneran data menggunakan E-Views 9 dan ditarik kesimpulan apakah data mengandung pola musiman dan pola trend, serta menentukan nilai awal taksiran pemulusan. Selanjutnya dilakukan penetapan nilai parameter alpha ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), dan gamma ( $\gamma$ ) berdasarkan RMSE (Root Mean Squared Error) dan SSE (Sum Square Error). Optimalisasi nilai parameter alpha ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), dan gamma ( $\gamma$ ) berdasarkan RMSE (Root Mean Squared Error) dan SSE (Sum Square Error) dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi solver yang terdapat pada Microsoft Excel. Setelah didapatkan hasil optimalisasi, dilakukan perhitungan nilai smoothing keseluruhan level ( $St$ ), pola kecenderungan ( $bt$ ), dan musiman ( $It$ ) dan pengukuran akurasi model dengan melihat MAPE (Mean Absolute Percentage Error) dan prakiraan exponential smoothing dari ketiga persamaan tersebut ( $Ft$ ). Diagram alur penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

#### 3.2. Jenis dan sumber data

Jenis data yang dipakai dalam penelitian ini yakni data sekunder yang didapat dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2021 dengan unit penelitian berupa data jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek untuk

semua jenis kelas. Adapun rentang data yang diambil adalah data bulanan dari Januari 2018 sampai Desember 2021. Pada penelitian ini terdapat dua jenis data yang dipakai untuk prediksi. Yaitu sebanyak 42 data untuk training (percobaan) dan 6 data testing (pengujian).

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Data jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek untuk semua kelas yang diperoleh dari BPS periode Januari 2018 – Desember 2021 sebanyak 48 data. Dimana 42 data akan digunakan sebagai data training dan 6 data akan digunakan sebagai data testing. Kemudian akan dilakukan pengujian model Multiplicative Holt – Winter exponential smoothing dengan langkah – langkah sebagai berikut:

##### 4.1. Penentuan Nilai Awal

Karena semua asumsi untuk melakukan prediksi dengan menggunakan model Multiplicative Holt – Winter Exponential Smoothing sudah terpenuhi, maka kita bisa melakukan langkah selanjutnya. Yaitu menentukan nilai awal taksiran smoothing. Nilai awal taksiran smoothing ini memuat nilai awal smoothing pada level, trend, dan musiman untuk data jumlah penumpang kereta api yang berangkat dari Jabodetabek.

- Nilai awal smoothing level

Dalam penghitungan nilai awal smoothing level diperoleh perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} L_l &= \frac{1}{l}(y_1 + y_2 + \dots + y_l) \\ &= \frac{1}{12} (28075 + 25362 + \dots + 29201) \\ &= \frac{1}{12} (336799) \\ L_{12} &= 28066 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh nilai awal smoothing level adalah  $L_{12} = 28066$

- Nilai awal smoothing trend

Dalam penghitungan nilai awal smoothing pola trend diperoleh perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} b_l &= \frac{1}{l} \left( \frac{y^{l+1} - y^1}{l} + \frac{y^{l+2} - y^2}{l} + \dots + \frac{y^{l+l} - y^l}{l} \right) \\ b_{12} &= \frac{1}{12} \left( \frac{27768 - 28075}{12} + \dots + \frac{28860 - 29201}{12} \right) \\ b_{12} &= \frac{1}{12} \left( \frac{-307}{12} + \dots + \frac{-341}{12} \right) \\ b_{12} &= \frac{1}{12} (-25,58 + \dots + -28,42) \\ b_{12} &= \frac{1}{12} (-62,84) \\ b_{12} &= -5,236 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh nilai awal smoothing trend adalah  $b_{12} = -5,236$ . Yang artinya data jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek mempunyai pola trend yang menurun.

- Nilai awal smoothing musiman

Dalam penghitungan nilai awal smoothing pola musiman diperoleh perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_l &= \frac{y^l}{L_l} \\ S_1 &= \frac{28075}{28066} = 1,0003 \\ S_2 &= \frac{25362}{28066} = 0,9036 \\ S_3 &= \frac{29223}{28066} = 1,0412 \\ S_4 &= \frac{28942}{28066} = 1,0311 \\ S_5 &= \frac{28995}{28066} = 1,0330 \\ S_6 &= \frac{24833}{28066} = 0,8847 \\ S_7 &= \frac{29086}{28066} = 1,0363 \\ S_8 &= \frac{28098}{28066} = 1,0011 \\ S_9 &= \frac{27618}{28066} = 0,9840 \\ S_{10} &= \frac{29317}{28066} = 1,0445 \end{aligned}$$

$$S_{11} = \frac{28049}{28066} = 0,9993$$

$$S_{12} = \frac{29201}{28066} = 1,0404$$

Sehingga dari perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa nilai smoothing pada bulan pertama adalah 1,0003, bulan kedua adalah 0,9036, bulan ketiga adalah 1,0412, bulan ke-empat adalah 1,0311, kelima adalah 1,0330, ke-enam adalah 0,8847, ketujuh adalah 1,0363, kedelapan adalah 1,0011, kesembilan adalah 0,9840, kesepuluh adalah 1,0445, kesebelas adalah 0,9993, dan keduabelas adalah 1,0404.

#### 4.2. Penentuan Nilai Awal

K Pada model multiplicative holt – winter exponential smoothing terdapat tiga pembobot parameter, yaitu  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$ . Ketiga parameter pembobot tersebut akan membantu dalam proses penghitungan nilai prediksi. Langkah pertama dalam melakukan pembobotan adalah mengambil sembarang angka yang berada dalam interval (0,1) untuk parameter  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$ . Kemudian ketiga parameter tersebut akan dioptimalisasi dengan menggunakan RMSE dan SSE untuk melihat parameter yang paling optimal.

Untuk mengetahui parameter yang paling optimal, akan dilakukan pengujian nilai parameter dengan mengoptimasi nilai RMSE dan SSE sebagai berikut:

- Nilai awal parameter menggunakan  $\alpha = 1$ ,  $\beta = 0$  dan  $\gamma = 1$  serta optimasi menggunakan nilai RMSE. Dengan menggunakan nilai awal parameter  $\alpha = 1$ ,  $\beta = 0$  dan  $\gamma = 0$  maka diperoleh nilai RMSE sebesar 0,097642 serta nilai MAPE sebesar 10,76%. Kemudian, dengan menggunakan fungsi solver yang terdapat pada Microsoft Excel untuk mengoptimasi akan diperoleh nilai parameter yang baru adalah  $\alpha = 1$ ,  $\beta = 0,05$ , dan  $\gamma = 1$  serta nilai RMSE sebesar 0,0945508. Serta dihasilkan nilai MAPE sebesar 10,18%.

Berikut adalah tabel perbandingan nilai parameter, RMSE, dan MAPE yang dihasilkan sebelum dan sesudah dioptimasi:

Tabel 1. Perbandingan Nilai Parameter, RMSE, dan MAPE Sebelum dan Sesudah di Optimasi

Parameter	SEBELUM	SESUDAH
$\alpha$	1	1
$\beta$	0	0,05
$\gamma$	1	1
RMSE	0,097642	0,0945508
MAPE	10,76%	10,18%.

- Nilai awal parameter menggunakan  $\alpha = 1$ ,  $\beta = 0$  dan  $\gamma = 1$  serta optimasi menggunakan nilai SSE. Dengan menggunakan nilai awal parameter  $\alpha = 1$ ,  $\beta = 0$  dan  $\gamma = 1$  maka diperoleh nilai SSE sebesar 5E+08. Kemudian, dengan menggunakan fungsi solver yang terdapat pada Microsoft Excel untuk mengoptimasi akan diperoleh nilai parameter yang baru adalah  $\alpha = 0,97$ ,  $\beta = 0,03$ , dan  $\gamma = 1$  serta nilai SSE sebesar 4,81E+08. Serta dihasilkan nilai MAPE sebesar 9,98%.

Berikut adalah tabel perbandingan nilai parameter, SSE, dan MAPE yang dihasilkan sebelum dan sesudah dioptimasi:

Tabel 2. Perbandingan Nilai Parameter, SSE, dan MAPE Sebelum dan Sesudah di Optimasi

Parameter	SEBELUM	SESUDAH
$\alpha$	1	0,97
$\beta$	0	0,03
$\gamma$	1	1
SSE	5E+08	4,81E+08
MAPE	10,76%	9,98%

Sehingga dari pengujian parameter diatas, dapat diketahui bahwa pengujian parameter yang menghasilkan nilai MAPE terkecil adalah dengan menggunakan parameter  $\alpha = 0,97$ ,  $\beta = 0,03$ , dan  $\gamma = 1$ . Yaitu sebesar 9,98%.

- Prediksi Jumlah Penumpang Kereta Api di Jabodetabek Menggunakan Model Multiplicative Holt-Winter Exponential Smoothing

Setelah mendapatkan ketiga parameter  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $\gamma$ , selanjutnya akan dilakukan smoothing pada level, trend, dan musiman dengan menggunakan ketiga nilai parameter  $\alpha = 0,97$ ,  $\beta = 0,03$ , dan  $\gamma = 1$ .

Untuk melakukan smoothing level digunakan fungsi persamaan untuk smoothing level dan diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut:

$$L_{13} = 0,97 \left( \frac{27768}{1,0003} \right) + (1 - 0,97) (28066,58 + (-5,236))$$

$$= 27765,72$$

$$L_{14} = 0,97 \left( \frac{25305}{0,9036} \right) + (1 - 0,97) (27765,72 + (-242,583))$$

$$= 27998,42$$

.

.

.

$$L_{42} = 0,97 \left( \frac{11978}{0,8961} \right) + (1 - 0,97) (11824,02 + (-330,199))$$

$$= 13328,12$$

Sehingga berdasarkan tinjauan pustaka untuk smoothing level diperoleh hasil perhitungan smoothing level bulan ke - 13 adalah 27765,72, bulan ke - 14 adalah 27998,42 sampai level bulan ke - 42 adalah 13328,12.

Selanjutnya akan dihitung untuk nilai smoothing trend dengan rumus (2.5.9) Maka diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut:

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

$$b_{13} = 0,03(27765,72 - 28066,58) + (1 - 0,03) (-5,236)$$

$$= -15,6789$$

$$b_{14} = 0,03(27998,42 - 27765,72) + (1 - 0,03) (-15,678)$$

$$= -6,905$$

.

.

.

$$b_{42} = 0,03(13328,12 - 11824,02) + (1 - 0,03) (-330,199)$$

$$= -256,403$$

Sehingga diperoleh hasil perhitungan smoothing trend ke - 13 adalah 15,6789 yang berarti terjadi penurunan penumpang kereta api sebesar 15,6789, ke - 14 adalah 6,905 yang berarti terjadi penurunan jumlah penumpang kereta api sebesar 6,905 sampai level ke - 42 adalah 256,403 yang berarti terjadi penurunan jumlah penumpang kereta api sebesar 256,403 penumpang

Selanjutnya akan dihitung untuk nilai smoothing pola musiman dengan rumus (2.5.10) Maka diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut:

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

$$S_{13} = 1 \left( \frac{27768}{27765,72} \right) + (1 - 1) 1,0003$$

$$= 1,000082$$

$$S_{14} = 1 \left( \frac{25305}{27998,42} \right) + (1 - 1) 0,9036$$

$$= 0,903801$$

.

.

.

$$S_{42} = 1 \left( \frac{11978}{13328,12} \right) + (1 - 1) 0,8904$$

$$= 10300,51$$

Sehingga berdasarkan tinjauan pustaka untuk smoothing musiman diperoleh hasil perhitungan smoothing musiman ke - 13 adalah 1,000082, ke - 14 adalah 0,903801 sampai level ke - 42 adalah 10300,51.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan forecast dengan menggunakan fungsi persamaannya dan diperoleh hasil perhitungan forecast sebagai berikut:

$$F_{t+n} = (L_t + nb_t) S_{t-l+n}$$

$$F_{43} = (13328,12 + 1(-265,403)) 0,8961$$

$$= 13576,27$$

$$F_{44} = (13328,12 + 2(-265,403))1,0393$$

$$= 12796,32$$

$$F_{46} = (13328,12 + 6(-265,403))1,0392$$

$$= 11673,13$$

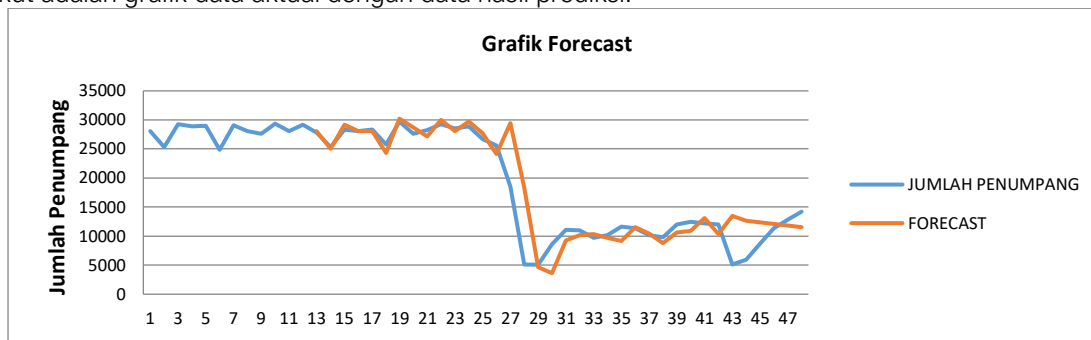
Dari perhitungan diatas, berdasarkan tinjauan pustaka untuk prediksi diperoleh hasil prediksi pada bulan ke – 43 adalah 13576,27, bulan ke – 44 adalah 12796,32 sampai bulan ke – 46 adalah 11673,13.

Sehingga di dapat nilai prediksi untuk jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek pada Juli 2021 – Desember 2021 sebagai berikut:

Tabel 4.5.1 Perbandingan Data Hasil Prediksi dan Data Aktual

BULAN	DATA AKTUAL	DATA PREDIKSI
JULI 2021	5102	13576
AGUSTUS 2021	5947	12796
SEPTEMBER 2021	8693	12545
OKTOBER 2021	11347	12218
NOVEMBER 2021	12792	11995
DESEMBER 2021	14213	11673

Berikut adalah grafik data aktual dengan data hasil prediksi:



Gambar 2. Grafik Data Aktual dan Data Prediksi

Dari grafik tersebut, garis biru merupakan grafik dari data aktual. Sedangkan garis merah merupakan grafik dari data hasil prediksi. Terlihat dari grafik tersebut bahwa grafik hasil prediksi dimualai dari tahun kedua, karena tahun pertama digunakan untuk menginisialisasi smoothing musiman. Dan terlihat bahwa grafik hasil prediksi dengan grafik data aktual berhimpit pada data training dan meregang di data testing. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat selisih antara data prediksi dan data aktual. Hal ini dikarenakan karena data training memiliki data historis yang lebih banyak, sehingga meskipun terjadi penurunan data pada gelombang pertama, metode ini masih mampu mengikuti data tersebut. Namun, pada saat testing data, metode ini tidak mampu mengikuti grafik data aktual, karena metode ini masih mengikuti pola data historis di training data sebelumnya. Sehingga terlihat bahwa grafik forecast dan data aktual terlihat berselisih jauh. Oleh sebab itu, apabila data historis diperbanyak dapat diestimasi bahwa model bisa mendekati data aktual.

- Ukuran Akurasi Prediksi

Setelah dilakukan perhitungan smoothing dengan menggunakan model multiplicative Holt – Winter exponential smoothing, langkah selanjutnya yaitu menghitung forecast error atau kesalahan hasil ramalan. Forecast error dihitung memakai MAPE dan di dapat hasil sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \times 100$$

$$MAPE = \frac{1}{6} \sum_{t=1}^6 \left| \frac{5102 - 13576,27}{5102} + \dots + \frac{14213 - 11673,13}{11673,13} \right| \times 100 = 9,98\%$$



Sehingga besar nilai MAPE adalah 9,98% yang artinya pada model Multiplicative Holt – Winter exponential smoothing memiliki kesalahan prediksi sebesar 9,98%.

## 5. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menguji model multiplicative Holt – Winter exponential smoothing dalam memprediksi jumlah penumpang kereta api periode Januari 2018 – Desember 2021. Dari hasil pengujian tersebut, diperoleh hasil bahwa dengan menggunakan parameter yang  $\alpha = 0,97$ ,  $\beta = 0,03$ , dan  $\gamma = 1$ . Hasil dari pengujian model Multiplicative Holt – Winter exponential smoothing adalah pada saat testing data, model tidak mampu mengikuti trend yang signifikan. Nilai akurasi prediksi berdasarkan MAPE sebesar 9,98%. Dimana, model multiplicative Holt – Winter exponential smoothing mampu memprediksi data yang memiliki trend yang signifikan dengan ukuran kesalahan sebesar 9,98%.

Sesuai dengan hasil penelitian, peneliti menguji model multiplicative Holt – Winter exponential smoothing untuk memprediksi jumlah penumpang kereta api di Jabodetabek periode Januari 2018 – Desember 2021 yang mana data penelitian memiliki pola trend yang sangat signifikan. Oleh karena itu, disarankan untuk penelitian selanjutnya, apabila akan menggunakan metode Holt – Winter exponential smoothing dalam memprediksi data yang mempunyai trend yang signifikan, peneliti dapat memperbanyak data historis, agar model mampu mengikuti pola data historis tersebut. Dan pembaca dapat menggunakan metode prediksi lain yang mampu mengatasi pola trend yang signifikan dalam memprediksi sesuatu agar mampu menghasilkan hasil prediksi yang sangat baik dan tepat digunakan seperti Google trend.

## 6. Kontribusi Penulis

**N. Ayunda:** *Conceptualization, Funding acquisition, Supervision, Validation, dan Writing – review & editing.*  
**L. Ningsih:** *Data curation, Investigation, Methodology, Software, dan Writing – original draft.* **Sujarwo:** *Methodology and Visualization.* **A. Novitasari:** *Data curation, Formal Analysis, Investigation, Methodology, Software, and Visualization.*

## 7. Declaration of Competing Interest

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

## 8. Referensi

- A. F. Saputri, A. Hoyyi, and S. Sugito, "PREDIKSI JUMLAH PENUMPANG KERETA API MENGGUNAKAN MODEL VARIASI KALENDER DENGAN DETEKSI OUTLIER (Studi Kasus : PT. Kereta Api Indonesia DAOP IV Semarang)," *Jurnal Gaussian*, vol. 6, no. 3, pp. 281-289, Jan. 2018. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.6.3.281-289>
- Willmott C.J., Matsuura, K. (2005). Advantages Of The Mean Absolute Error (MAE) Over The Root Mean Squared Error (RMSE) In Assessing Average Model Performance. *Climate Research Vol. 30, No. 1*, pp. 79-82 (4 pages)
- Montgomery D.C., Jennings C.L., Kulahci, M.. (2015). *Introduction to Time Series Analysis And Forecasting*, 2nd Edition. Hooboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Rusdiana H.A.M. (2014). *Manajemen Operasi*. Bandung: CV Pustaka Setia Bandung.
- Padang E., Taringan G., Sinulingga U.. (2013). Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Medan - Rantau Prapat Dengan Metode Pemulusan Exponential Holt Winter's. *Saintia Matematika*, 161 - 174.
- Hakim, A., Nasution, Yudha. (2008). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Edisi I. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Hayati, Debatara N.N., Martha S.. (2021). Prediksi Data Jumlah Penumpang Kereta dengan Efek Variasi Kalender pada Model SARIMAX. *Bimaster*, 379 - 388.
- Iswahyudi, C. (2016). *Pengantar Forecasting (Teknik Peramalan)*. Bali.
- Katabra, Y. I. (2021). Metode Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) untuk Memprediksi Jumlah Penumpang Kereta Api di Pulau Sumatra. Skripsi. Jambi: Universitas Jambi.
- Kral, I. H. (1992). *The Excel Spreadsheet For Engineers and Scientists*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Lamusa, F. (2017). Peramalan Jumlah Penumpang Pada PT. Angkasa Pura Kantor Cabang Bandar Udara Internasional Sultan Hasanuddin Makassar Dengan Menggunakan Metode Holt Winters Exponential Smoothing. Skripsi. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Makridakis, S. W. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jakarta: Erlangga.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C, and McGee. (1983). *Forecasting Methods and Applications*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Mayang, S. (2018). Prediksi Jumlah Penumpang Kereta Api Di Jabodetabek Menggunakan Model SARIMA. Skripsi. Pekanbaru: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Misner, Charles W, Cooney, Patrick J. (1991). *Spreadsheet Physics*. Massachusetts: Reading Mass:

- Addison - Wesley Publishing Company.
- Negara, R. I. P. (2021). Peramalan Jumlah Penumpang Kapal di Pelabuhan Pantai Baru dengan Metode Sarima Dan Winter's Exponential Smoothing. *Jurnal Statistika Terapan (ISSN 2807-6214)*, 1(1), 63–78. <https://doi.org/10.5300/jstar.v1i1.5>
- Parwati, N. (2020). Prakiraan Jumlah Penumpang Menggunakan Exponential Holt Winter's (Studi Kasus: Jumlah Penumpang Keberangkatan Pada Penerbangan Internasional Di Bandar Udara Soekarno Hatta Pada Januari 2006 - Desember 2018). Skripsi. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Priyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Taman Sidoarjo: Zaifatama Publishing.
- Safitri, T. (2016). Perbandingan Peramalan Menggunakan Metode Exponential Smoothing Holt - Winters dan ARIMA. Skripsi. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Sari, Y. M. (2020). Penerapan Metode Holt Winter's . Skripsi. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- Statistik, B. P. (2020). *Statistik Transportasi Darat*. Jakarta: BPS RI.
- Subagyo, P. (1986). *Forecasting Konsep dan Aplikasi*. Yogyakarta: BPFE Yogyakarta.
- Suhartono. (2003). *Time Series Analysis*. Surabaya: BPFE Surabaya.
- Sukarna, A. d. (n.d.). *Analisis Deret Waktu*. Makassar: Andira Publisher.
- Sukarna, Aswi &. (n.d.). *Analisis Deret Waktu*. Makassr: Andira Publisher.
- Safitri T., Dwidayati N., & Sugiman. (2017). Perbandingan Peramalan Menggunakan Metode Exponential Smoothing Holt-Winters dan Arima. *Unnes Journal of Mathematics*, 6(1): 48-58.