

**Kelas C**

**LAPORAN PRAKTIKUM**  
**Analisis Runtun Waktu**

**Modul 2: *Exponential Smoothing***



<b>Nama Praktikan</b>	<b>Nomor Mahasiswa</b>	<b>Tanggal Kumpul</b>	<b>Tanda Tangan Praktikan</b>
Dian Widya Lestari	19611129		

<b>Nama Penilai</b>	<b>Tanggal Koreksi</b>	<b>Nilai</b>	<b>Tanda tangan</b>	
			<b>Asisten</b>	<b>Dosen</b>
Duhania Oktasya Mahara Puspita Putri Nabilah				
Mujiati Dwi Kartikasari				

**JURUSAN STATISTIKA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**2021**

## Daftar Isi

Halaman sampul.....	i
Daftar Isi.....	ii
Daftar Gambar.....	iii
1    Pendahuluan .....	1
1.1 <i>Exponential Smoothing</i> .....	1
1.1.1 <i>Simple Exponential Smoothing</i> .....	1
1.1.2 <i>Double Exponential Smoothing (Holt Method)</i> .....	2
1.1.3 <i>Triple Exponential Smoothing (Holt Winter's Method)</i> .....	3
1.2    Evaluasi Model Peramalan .....	4
1.2.1 <i>MAPE (Mean Absolute Percentage)</i> .....	4
1.2.2 <i>RMSE (Root Mean Square Error)</i> .....	4
1.2.3 <i>MSE (Mean Square Error)</i> .....	5
2    Deskripsi Kerja.....	6
2.1    Studi Kasus.....	6
2.2    Langkah Kerja .....	6
3    Pembahasan.....	12
3.1    Data Studi Kasus .....	12
3.2 <i>Double Exponential Smoothing (Holt Method)</i> .....	12
3.2.1    Dengan Fungsi Dasar .....	12
3.2.2    Dengan <i>Package Forecast</i> .....	14
3.2.3    Pengukuran Kesalahan Peramalan .....	15
3.3 <i>Triple Exponential Smoothing</i> .....	17
3.3.1    Dengan Fungsi Dasar .....	17
3.3.2    Dengan <i>Package Forecast</i> .....	20
3.3.3    Pengukuran Kesalahan Peramalan .....	23
3.4    Pengukuran Kesalahan Metode .....	25
4    Penutup.....	27
4.1    Kesimpulan.....	27
5    Daftar Pustaka .....	28

## Daftar Gambar

<b>Gambar 2.1.</b> Menu <i>Get Data</i> .....	6
<b>Gambar 2.2.</b> <i>Remove</i> Kolom yang lain.....	7
<b>Gambar 2.3.</b> Tampilan Data yang Telah di Gabungkan .....	7
<b>Gambar 2.4.</b> <i>Import Data</i> dalam <i>R</i> .....	7
<b>Gambar 2.5.</b> <i>Plot</i> Data Aktual .....	8
<b>Gambar 2.6.</b> <i>Holt Method</i> Fungsi Dasar.....	8
<b>Gambar 2.7.</b> <i>Fitted Value</i> dan Nilai Prediksi .....	8
<b>Gambar 2.8.</b> Pengukuran Kesalahan <i>Holt ES</i> Fungsi Dasar.....	8
<b>Gambar 2.9.</b> <i>Holt Method</i> dengan <i>Package Forecast</i> .....	8
<b>Gambar 2.10.</b> Nilai Model, Peramalan, dan <i>Fitted Value</i> dengan <i>Package</i> .....	9
<b>Gambar 2.11.</b> Pengukuran Kesalahan <i>Holt Method</i> dengan <i>Damped</i> .....	9
<b>Gambar 2.12.</b> <i>Holt Winter's Method</i> Fungsi Dasar .....	9
<b>Gambar 2.13.</b> Prediksi dan <i>Fitted Value Holt Winter</i> Fungsi Dasar .....	10
<b>Gambar 2.14.</b> Pengukuran Kesalahan <i>Holt Winter's Method</i> Fungsi Dasar .....	10
<b>Gambar 2.15.</b> <i>Holt Winter's Method</i> dengan <i>Package Forecast</i> .....	10
<b>Gambar 2.16.</b> <i>Fitted Value</i> dan Nilai Prediksi dengan <i>Package</i> .....	11
<b>Gambar 2.17.</b> Pengukuran Kesalahan <i>Holt Winter</i> dengan <i>Package Forecast</i> ...	11
<b>Gambar 2.18.</b> <i>Plot Holt Winter's Method</i> dengan <i>Package Forecast</i> .....	11
<b>Gambar 2.19.</b> <i>Plot Holt Method with Damped</i> .....	11
<b>Gambar 3.1.</b> <i>Output Plot Data Aktual</i> .....	12
<b>Gambar 3.2.</b> <i>Output Model Holt Method</i> Fungsi Dasar .....	13
<b>Gambar 3.3.</b> <i>Output Fitted Value Holt Method</i> Fungsi Dasar.....	13
<b>Gambar 3.4.</b> <i>Output Forecast Holt ES</i> Fungsi Dasar .....	14
<b>Gambar 3.5.</b> <i>Output Model Holt Method with Package</i> .....	14
<b>Gambar 3.6.</b> <i>Output Fitted Value Holt Method</i> dengan <i>Package</i> .....	15
<b>Gambar 3.7.</b> <i>Output Forecast Holt Method</i> dengan <i>Package</i> .....	15
<b>Gambar 3.8.</b> <i>Output Pengukuran Error Holt ES</i> .....	16
<b>Gambar 3.9.</b> <i>Output Pengukuran Error Holt Method</i> dengan <i>Package</i> .....	16
<b>Gambar 3.10.</b> <i>Output Plot Holt with Damped with Package</i> .....	17
<b>Gambar 3.11.</b> <i>Output Model Holt Winter Addictive</i> Fungsi Dasar.....	18
<b>Gambar 3.12.</b> <i>Output Fitted Value Holt Winter Addictive</i> Fungsi Dasar .....	19
<b>Gambar 3.13.</b> <i>Output Peramalan Holt Winter Addictive</i> Fungsi Dasar .....	19
<b>Gambar 3.14.</b> <i>Output Peramalan Holt Winter Multiplicative</i> Fungsi Dasar.....	19
<b>Gambar 3.15.</b> <i>Output Model Holt Winter Multiplicative</i> Fungsi Dasar .....	20
<b>Gambar 3.16.</b> <i>Output Model Holt Winter Addictive with Package</i> .....	21
<b>Gambar 3.17.</b> <i>Output Model Holt Winter Multiplicative with Package</i> .....	22
<b>Gambar 3.18.</b> Peramalan <i>Holt Winter's Method Addictive with Package</i> .....	23
<b>Gambar 3.19.</b> <i>Output Kesalahan Holt Winter Addictive</i> Fungsi Dasar .....	23
<b>Gambar 3.20.</b> <i>Output Kesalahan Holt Winter Multiplicative</i> Fungsi Dasar.....	24
<b>Gambar 3.21.</b> <i>Output Kesalahan Holt Winter Addictive Package</i> .....	24
<b>Gambar 3.22.</b> <i>Output Kesalahan Holt Winter Multiplicative Package</i> .....	24

<b>Gambar 3.23.</b> <i>Output Plot Holt Winter Multiplicative with Package</i> .....	25
--	----

# 1 Pendahuluan

## 1.1 *Exponential Smoothing*

*Exponential smoothing* adalah salah satu metode peramalan untuk data runtun waktu. Metode *ES* digunakan untuk peramalan jangka pendek. Terdapat model peramalan dalam *exponential smoothing* dimana dipilih berdasarkan komponen yang terkandung pada data yang dimiliki atau yang akan dikaji peneliti. Komponen data yang dimaksud adalah unsur *trend* dan unsur musiman. Ada 3 tipe *exponential smoothing* yaitu *simple exponential smoothing (SES)*, *double exponential smoothing (DES)*, dan *triple exponential smoothing (TES)*. Model mengasumsikan bahwa data berfluktuasi di sekitar nilai *mean* yang tetap, tanpa trend atau pola pertumbuhan konsisten. Tidak seperti *moving average (MA)*, *ES* memberikan penekanan yang lebih besar kepada *time series* saat ini melalui penggunaan sebuah konstanta *smoothing*. Konstanta tersebut berada disekitar 0 ke 1. Nilai yang dekat dengan 1 memberikan penekanan terbesar, sedangkan nilai yang mendekati 0 memberikan penekanan pada titik data sebelumnya.

### 1.1.1 *Simple Exponential Smoothing*

Tipe *SES* dipilih untuk data yang bebas dari pola tren atau musiman. *Simple Exponential Smoothing (SES)* merupakan metode pemulusan yang paling sederhana karena hanya terdapat satu parameter yang perlu diestimasi. Persamaan *SES* dapat dituliskan sebagai berikut.

$$F_{t+1} = \alpha y_t + (1 - \alpha)F_t \quad (1.1)$$

Keterangan:

$F_{t+1}$  = nilai peramalan pada satu periode berikutnya

$\alpha$  = konstanta pemulusan

$y_t$  = data atau observasi ke- $t$

$F_t$  = data pada observasi ke- $t$

### 1.1.2 Double Exponential Smoothing (Holt Method)

Tipe *DES* digunakan pada data yang mengandung unsur *trend*. Dasar pemikiran dari metode *exponential* tunggal ataupun ganda adalah bahwa nilai pemulusan akan terdapat pada waktu sebelum data sebenarnya apabila pada data tersebut terdapat komponen *trend*. Metode *DES* digunakan untuk menyelesaikan *trend* linear adalah metode dua parameter dari *Holt*. Pada metode *Holt* nilai *trend* tidak dimuluskan dengan pemulusan ganda secara langsung, tetapi proses pemulusan *trend* dilakukan dengan menggunakan parameter yang berbeda dengan parameter yang digunakan pada *smoothing* data aktual. Rumus *double exponential smoothing* dapat ditunjukkan sebagai berikut:

#### a. Holt Method

Menentukan smoothing pertama,

$$L_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (1.2)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (1.3)$$

Menentukan besarnya forecast (peramalan),

$$F_{t+m} = L_t + mb_t \quad (1.4)$$

Keterangan:

$S_t$  = Nilai pemulusan tunggal

$X_t$  = Data sebenarnya pada waktu ke- $t$

$T_t$  = Pemulusan *trend*

$F_{t+m}$  = Nilai ramalan

$m$  = Periode masa mendatang

$\alpha$  = Koefisien pemulusan ( $0 < \alpha < 1$ )

$\beta$  = Koefisien pemulusan ( $0 < \beta < 1$ )

#### b. Holt Method with Damped Trend

Peramalan yang dihasilkan oleh metode *DES* menampilkan tren yang konstan tanpa batas. Sehingga peramalan yang dihasilkan berlebihan terutama untuk horizon peramalan jangka panjang. Persamaan matematika metode *DES* dengan damped trend diberikan berikut ini:

Pemulusan data  $0 \leq \alpha \leq 1$ ,

$$L_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + \phi b_{t-1}) \quad (1.5)$$

Pemulusan *trend*  $0 \leq \beta \leq 1$ ,

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)\phi b_{t-1} \quad (1.6)$$

Rumus peramalan,

$$F_{t+h} = L_t + (\phi + \phi^2 + \dots + \phi^h)b_t \quad (1.7)$$

Dengan  $\phi$  adalah parameter *damped* dan nilainya berkisar dari 0 sampai 1. Sehingga kinerja metode ini sangat dipengaruhi oleh dua parameter pemulusan dan satu parameter peredaman. Inisialisasi metode ini sama dengan tipe *DES*. Selanjutnya metode *DES* dengan *damped trend* disingkat menjadi DT (Hakimah et al., 2020).

**Parameter  $\phi$ :**

- Jika  $\phi = 1$  maka akan menjadi metode *Holt* biasa
- Jika  $\phi = 0$  maka akan menjadi *simple exponential smoothing (SES)*
- Jika  $\phi > 1$  maka fungsi peramalan mempunyai *trend* ekponensial (hanya diaplikasikan pada data berpola *trend* yang sangat kuat)
- Jika  $0 < \phi < 1$  maka *trend* teredam dan nilai peramalan akan mendekati nilai asimtot

### 1.1.3 Triple Exponential Smoothing (Holt Winter's Method)

Metode ini digunakan ketika terdapat unsur *trend* dan perilaku musiman yang ditunjukkan pada data. Metode *exponential smoothing* yang dapat digunakan untuk hampir segala jenis data stationer dan non stationer sepanjang data tersebut tidak mengandung faktor musiman. Tapi, jika terdapat data musiman, metode *triple* dapat dijadikan sebagai cara untuk meramalkan data yang mengandung faktor musiman tersebut (Iqbal, 2020).

#### a. Persamaan yang digunakan untuk metode *additive*

Estimasi *level*,

$$L_t = \alpha(y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (1.8)$$

Estimasi dari *trend*,

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (1.9)$$

Estimasi *seasonal*,

$$S_t = \gamma(y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (1.10)$$

**b. Persamaan yang digunakan untuk metode *multiplicative***

Estimasi *level*,

$$L_t = \alpha \left( \frac{y_t}{S_{t-s}} \right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (1.11)$$

Estimasi dari *trend*,

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (1.12)$$

Estimasi *seasonal*,

$$S_t = \gamma \left( \frac{y_t}{L_t} \right) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (1.13)$$

## 1.2 Evaluasi Model Peramalan

Kinerja model peramalan pada studi kasus ini dilihat berdasarkan kesalahan menggunakan 3 pengukuran, yaitu:

### 1.2.1 *MAPE (Mean Absolute Percentage)*

Perhitungan perbedaan antara data aktual dan data hasil peramalan (atau nilai kecocokan/*fitted*). Suatu model mempunyai kinerja sangat bagus jika nilai *MAPE* berada di bawah 10% dan mempunyai kinerja bagus jika berada dalam rentang 10% dan 20%.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{y_t} \times 100\% \quad (1.14)$$

### 1.2.2 *RMSE (Root Mean Square Error)*

Metode pengukuran dengan mengukur perbedaan nilai dari prediksi sebuah model sebagai estimasi atau nilai yang diobservasi. *RMSE* adalah hasil dari akar kuadrat *MSE*. *RMSE* dapat berikisar dari 0 sampai  $\infty$ . Metode estimasi yang mempunyai *RMSE* lebih kecil dikatakan lebih akurat atau nilai yang diprediksi dekat dengan nilai yang diamati atau diobservasi, daripada metode estimasi yang mempunyai *RMSE* lebih besar.



$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (e_t)^2} \quad (1.15)$$

### 1.2.3 *MSE (Mean Square Error)*

Merupakan perhitungan jumlah dari selisih data peramalan dengan data sebenarnya. Semakin kecil nilai *MSE* maka ramalan semakin akurat.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - F_t)^2 \quad (1.16)$$

## 2 Deskripsi Kerja

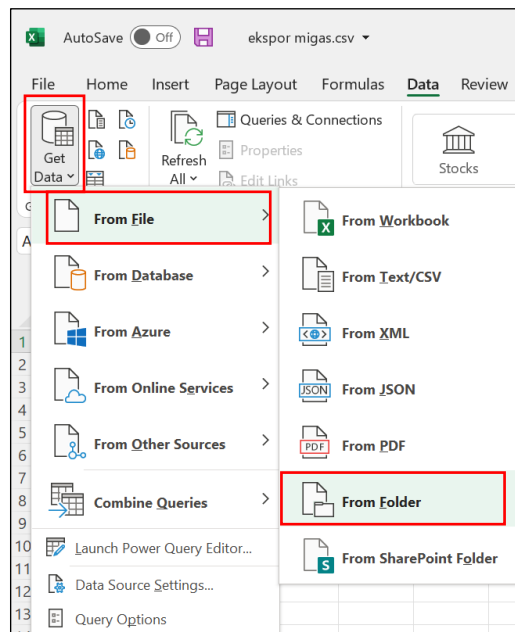
### 2.1 Studi Kasus

Perintah: unduh data Ekspor Migas Indonesia dari Januari 2015 sampai September 2021 pada laman <https://satudata.kemendag.go.id/export-import>. Diminta untuk:

- Gambar Plot data.
- Bentuklah 2-3 metode *Exponential Smoothing* berdasarkan komponen yang terkandung dalam data.
- Tentukan ukuran kesalahan masing-masing metode, kemudian tentukan metode terbaik.
- Lakukan peramalan dengan menggunakan metode terbaik.

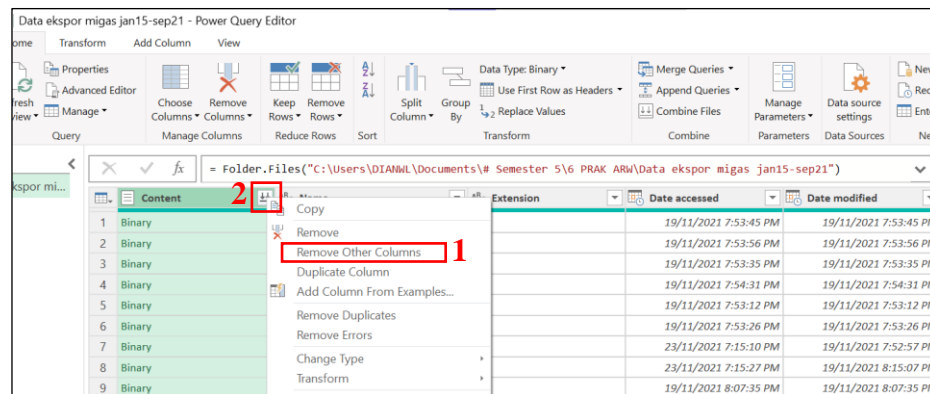
### 2.2 Langkah Kerja

- Pertama praktikan unduh satu persatu data ekspor migas dari waktu yang telah diminta. Jadikan menjadi 1 *file excel* dengan cara seperti di bawah ini.



Gambar 2.1. Menu *Get Data*

- Lalu akan muncul *pop up* dan praktikan klik Load dan akan muncul *sheet* baru bernama sesuai *folder*. Pilih menu *Query* → klik *Edit*. Maka tampilan akan seperti di bawah ini. Klik *Remove Other Columns*, selanjutnya klik kanan dan *double* pada langkah ke 2.



**Gambar 2.2.** Remove Kolom yang lain

- Jika sudah maka akan muncul *pop up* dan klik Oke. Setelah itu semua file yang terpisah sudah berhasil digabungkan menjadi satu.

The screenshot shows the Power Query Editor with the data loaded into a table. The formula bar displays the transformation: `= Table.TransformColumnTypes(#"Expanded Table Column1",{{"Tahun", type any}, {"Total", type any}, {"MIGAS", type any}, {"NON MIGAS", type any}, {"Agriculture", type any}, {"MIGAS I", type any}})`. The table has columns for months (Tahun), Total, MIGAS, NON MIGAS, and Agriculture. The data is organized into rows for each month from January to May.

Tahun	Total	MIGAS	NON MIGAS	Agriculture	MIGAS I
1 Januari	13244.88	1958.97	11285.91		287.02
2 Februari	12172.8	1753.39	10419.42		261.22
3 Maret	13634.04	1988.89	11645.15		294.48
4 April	13104.6	1458.19	11646.4		289.68
5 Mei	12754.66	1392.73	11361.93		264.57
6 Juni	13514.1	1439.89	12074.21		313.45
7 Juli	11465.78	1421.84	10043.94		299.3
8 Agustus	12726.04	1530.88	11195.16		416.36
9 September	12588.36	1453.56	11134.8		375.03
10 Oktober	12121.74	1379.55	10742.19		342.94
11 November	11122.18	1497.03	9625.15		293.61
12 Desember	11917.11	1299.48	10617.63		288.83
13 Januari	10581.88	1108.03	9473.86		249.69
14 Februari	11316.73	1113.29	10203.45		215.28
15 Maret	11812.13	1239.31	10572.81		225.15
16 April	11689.75	891.74	10798.01		214.05
17 Mei	11517.41	957.96	10559.45		221.48

**Gambar 2.3.** Tampilan Data yang Telah di Gabungkan

- Setelah itu praktikan masukkan data (*import*) ke dalam *R* dengan sintax di bawah ini.

```
# DATA
data<-read.csv("C:/Users/DIANWL/Documents/# Semester 5\6 PRAK ARW/Data ekspor migas jan15-sep21/ekspor migas.csv")
View(data)
```

**Gambar 2.4.** Import Data dalam *R*

5. Untuk mengetahui metode yang akan digunakan dalam mendapatkan ramalan periode selanjutnya. Lakukan *plot* terlebih dahulu.

```
attach(data)
data.ts=ts(Migas, start = c(2015,1), frequency = 12)
data.ts
plot(data.ts, col = "purple", main = "Data RW Ekspor Migas 2015-2021")
```

**Gambar 2.5.** Plot Data Aktual

6. Kemudian lakukan peramalan dengan tipe *double exponential smoothing* (DES) atau biasa disebut metode *Holt ES* tanpa *package forecast*.

```
# 1 Dengan fungsi dasar
holt.migas.fd=HoltWinters(data.ts, alpha = NULL,
                           beta = NULL, gamma = F)
```

**Gambar 2.6.** Holt Method Fungsi Dasar

7. Lalu lakukan peramalan dan prediksi dengan periode yang ditentukan. Praktikan *input* syntax di bawah ini.

```
# peramalan
holt.migas.fd$fitted

# prediksi
pred.fd=predict(holt.migas.fd, 3)
```

**Gambar 2.7.** Fitted Value dan Nilai Prediksi

8. Mencari tahu besar kesalahan *error* pada peramalan dengan mencari nilai *MSE*, *RMSE*, dan *MAPE* dengan syntax di bawah ini.

```
# pengukuran kesalahan
holt.migas.fd$SSE
mse.fd=holt.migas.fd$SSE/NROW(holt.migas.fd$fitted)
rmse.fd=sqrt(mse.fd)
mape.fd=mean(abs(data.ts-holt.migas.fd$fitted[,1])/data.ts,
              na.rm = TRUE)*100
cbind(mse.fd, rmse.fd, mape.fd)
```

**Gambar 2.8.** Pengukuran Kesalahan Holt ES Fungsi Dasar

9. Untuk cara kedua dengan tambahan atribut *Damped*. Aktifkan terlebih dahulu *package library* ("forecast") lalu *input* syntax seperti di bawah ini.

```
holt.migas = holt(data.ts, h = 1, damped = TRUE,
                  alpha = NULL, beta = NULL, phi = NULL)
```

**Gambar 2.9.** Holt Method dengan Package Forecast

10. Mendapatkan nilai atau *value* dari model, peramalan dan prediksi.

```
# forecast
holt.migas

# Model
holt.migas$model

# peramalan
holt.migas$fitted
```

**Gambar 2.10.** Nilai Model, Peramalan, dan *Fitted Value* dengan *Package*

11. Lalu dilakukan pengukuran kesalahan untuk mencari metode terbaik dari metode yang telah digunakan (*Holt ES Method with Damped*).

```
# DENGAN DAMPED
mse = mean(holt.migas$residuals^2)
rmse = sqrt(mse)
mape = mean(abs(holt.migas$residuals)/data.ts, na.rm = TRUE)*100
cbind(mse, rmse, mape)
```

**Gambar 2.11.** Pengukuran Kesalahan *Holt Method* dengan *Damped*

12. Dengan data memiliki pola *trend* peramalan selanjutnya adalah tipe *triple exponential smoothing*. Pada peramalan ini menggunakan *function* *Holtwinters* atau *Hw* jika melakukan peramalan dengan *library forecast*. Jadi selanjutnya menggunakan metode *Holt Winter Additive* dan *Holt Winter Multiplicative* tanpa *package forecast*. *Input* *sintax* seperti di bawah ini.

```
# HW Addictive
hwb.migas.add = HoltWinters(data.ts, alpha = NULL,
                             beta = NULL, gamma = NULL, seasonal = "additive")
hwb.migas.add
# HW Multiplicative
hwb.migas.multi = HoltWinters(data.ts, alpha = NULL,
                              beta = NULL, gamma = NULL, seasonal = "multiplicative")
hwb.migas.multi
```

**Gambar 2.12.** *Holt Winter's Method* Fungsi Dasar

13. Lalu mencari nilai peramalan dan *fitted value* metode keduanya. *Input* syntax di bawah ini.

```
# Prediksi add dan multi
pred.migas.multi=predict(hwb.migas.multi, 3)
pred.migas.multi
pred.migas.add=predict(hwb.migas.add, 3)
pred.migas.add

# Fitted value add dan multi
hwb.migas.add$fitted
hwb.migas.multi$fitted
```

**Gambar 2.13.** Prediksi dan *Fitted Value* Holt Winter Fungsi Dasar

14. Tentukan besarnya kesalahan (*error*) dengan menggunakan cara tanpa *package forecast*.

```
# Pengukuran kesalahan [error]
####Metode additive####
mse.add = hwb.migas.add$SSE/frequency(hwb.migas.add$fitted)
rmse.add = sqrt(mse.add)
mape.add = mean(abs(data.ts-hwb.migas.add$fitted[,1])/data.ts)*100
cbind(mse.add, rmse.add, mape.add)
####Metode multiplicative####
mse.multi = hwb.migas.multi$SSE/frequency(hwb.migas.multi$fitted)
rmse.multi = sqrt(mse.multi)
mape.multi = mean(abs(data.ts-hwb.migas.multi$fitted[,1])/data.ts)*100
cbind(mse.multi, rmse.multi, mape.multi)
```

**Gambar 2.14.** Pengukuran Kesalahan *Holt Winter's Method* Fungsi Dasar

15. Cara kedua untuk mendapatkan peramalan dengan metode *Holt Winter Addictive* dan *Multiplicative* yaitu menggunakan library *forecast*, ada parameter tambahan yaitu *phi*.

```
# 2. HW DENGAN LIBRARY FORECAST
library(forecast)
hwb.migas.add = hw(data.ts, h = 3, seasonal = "additive", damped = TRUE,
  alpha = NULL, beta = NULL, gamma = NULL, phi = NULL)
hwb.migas.multi = hw(data.ts, h = 3, seasonal = "multiplicative",
  damped = TRUE, alpha = NULL, beta = NULL, gamma = NULL,
  phi = NULL)
hwb.migas.add$model
hwb.migas.multi$model
```

**Gambar 2.15.** *Holt Winter's Method* dengan *Package Forecast*

16. Kemudian mencari tahu nilai peramalan dan prediksi dengan menggunakan *package forecast*.

```
# Fitted/peramalan
hw.migas.add$fitted
hw.migas.multi$fitted

# Prediksi
hw.migas.add
hw.migas.multi
```

**Gambar 2.16.** *Fitted Value dan Nilai Prediksi dengan Package*

17. Setelahnya praktikan lakukan pengukuran kesalahan masing-masing metode untuk menemukan metode terbaik. *Input* syntax seperti di bawah ini.

```
# Ukuran kesalahan
# Metode Additive
mse.add = mean((hw.migas.add$residuals)^2)
rmse.add = sqrt(mse.add)
mape.add = mean(abs(hw.migas.add$residuals/data.ts), na.rm = TRUE)*100
cbind(mse.add, rmse.add, mape.add)
# Metode Multiplicative
mse.multi = mean((data.ts-hw.migas.multi$fitted)^2)
rmse.multi = sqrt(mse.multi)
mape.multi = mean(abs(data.ts-hw.migas.multi$fitted)/data.ts, na.rm = TRUE)*100
cbind(mse.multi, rmse.multi, mape.multi)
```

**Gambar 2.17.** *Pengukuran Kesalahan Holt Winter dengan Package Forecast*

18. Berikut ini syntax *plot* metode *Holt Winter Multiplicative* beserta nilai *fitted value* dan peramalan.

```
autoplot(data.ts, series = "Data Aktual", main = "Data Ekspor Migas 2015-2021") +
  autolayer(fitted(hw.migas.multi), series = "Fitted HW Multi")+
  autolayer(hw.migas.multi, series = "Peramalan")
```

**Gambar 2.18.** *Plot Holt Winter's Method dengan Package Forecast*

19. Plot metode *Holt ES with damped* dengan *package forecast*.

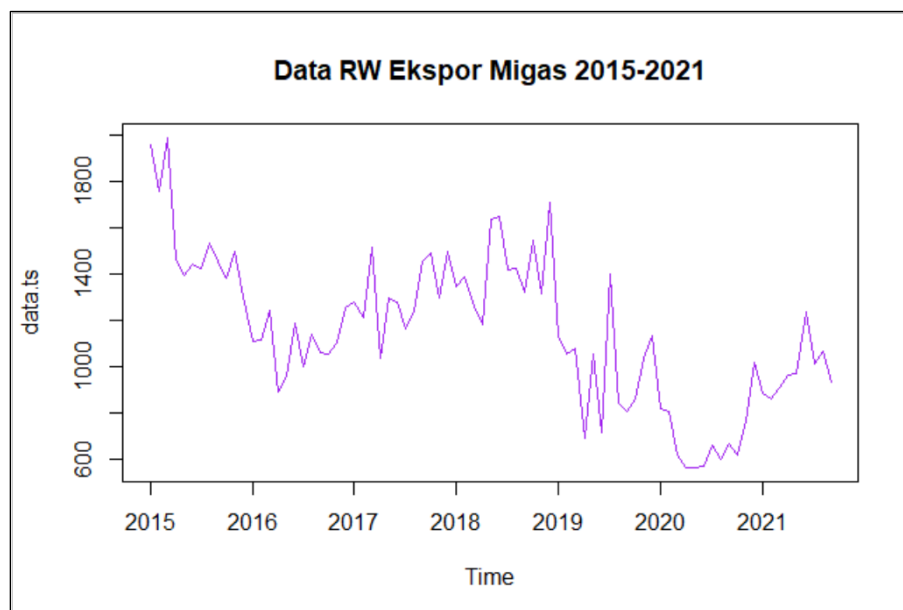
```
# Plot dengan autoplot
autoplot(data.ts, series = "Data Aktual", main = "Data Ekspor Migas 2015-2021")+
  autolayer(fitted(holt.migas), series = "Fitted HW Add")+
  autolayer(holt.migas, series = "Peramalan")
```

**Gambar 2.19.** *Plot Holt Method with Damped*

### 3 Pembahasan

#### 3.1 Data Studi Kasus

Diberikan data ekspor Migas mulai Januari 2015 sampai September 2021. Langkah pertama dalam peramalan adalah mengetahui komponen data atau pola data itu sendiri *running* syntax **Gambar 2.5**. Pada data *time series* ekspor migas diperoleh bentuk pola data sebagai berikut.



**Gambar 3.1.** *Output Plot Data Aktual*

Pada data di atas terlihat bahwa data memiliki komponen *trend*. Sehingga metode yang cocok digunakan pada data jenis tersebut ialah, metode *Double Exponential Smoothing* dan *Triple Exponential Smoothing*.

#### 3.2 *Double Exponential Smoothing (Holt Method)*

##### 3.2.1 Dengan Fungsi Dasar

Pada *Holt ES* metode terdapat dua cara pengerjaan yaitu dengan *package forecast* dan tidak. Pengerjaan analisa peramalan *Holt method* tanpa *package* memiliki dua parameter yaitu *alpha* dan *beta*. Karena metode *Holt* terdiri dari dua paramater (*alpha* dan *beta*) maka nilai *gamma* disiskan dengan *FALSE* sedangkan *alpha=NULL* dan *beta=NULL* berarti peramalan menggunakan *alpha* dan *beta*



optimum. Dengan itu praktikan *running* syntax **Gambar 2.6** diperoleh hasil peramalan seperti di bawah ini.

```
> holt.migas.fd
Holt-Winters exponential smoothing with trend and without seasonal component.

Call:
HoltWinters(x = data.ts, alpha = NULL, beta = NULL, gamma = F)

Smoothing parameters:
alpha: 0.4834607
beta : 0.2179897
gamma: FALSE

Coefficients:
      [,1]
a 1035.234403
b   9.852899
```

**Gambar 3.2.** Output Model Holt Method Fungsi Dasar

Berdasarkan pada **Gambar 3.2**, pada peramalan *Holt* dengan *alpha* dan *beta* *NULL* didapatkan nilai *alpha* optimum sebesar 0.483460 dan *beta* optimum sebesar 0.2179897. Perhitungan *Holt* pada studi kasus ini memberikan nilai awal  $L_0$  (Coefficient *a*) sebesar 1035.234403 dan nilai awal untuk trend  $b_0$  (Coefficient *b*) sebesar 9.852899. Setelah mengetahui bentuk modelnya, praktikan dapat melihat nilai  $\hat{x}_t$ ,  $L_t$ , dan  $b_t$  dengan menampilkan nilai *fitted*nya. Berikut *fitted value* nya.

```
> holt.migas.fd$fitted
      xhat    level    trend
Mar 2015 1547.8100 1753.3900 -205.5800000
Apr 2015 1601.9600 1761.0548 -159.0948263
May 2015 1358.2062 1532.4529 -174.2466674
Jun 2015 1204.2889 1374.8971 -170.6082231
Jul 2015 1172.4144 1318.1928 -145.7783528
Aug 2015 1173.5103 1293.0019 -119.4915292
Sep 2015 1264.4560 1346.2845  -81.8285418
Oct 2015 1293.9814 1355.8803  -61.8989755
Nov 2015 1282.4695 1335.3504  -52.8809451
Dec 2015 1355.9325 1386.2011  -30.2685335
      ⋮           ⋮           ⋮
Jan 2021  887.2922  844.1915   43.1006528
Feb 2021  928.3424  885.6087   42.7336680
Mar 2021  931.1800  895.5868   35.5932858
Apr 2021  953.1002  919.9541   33.1461391
May 2021  991.7579  957.6253   34.1325630
Jun 2021 1012.1303  980.4604   31.6698374
Jul 2021 1173.3058 1118.4576   54.8481098
Aug 2021 1131.7263 1094.1363   37.5899831
Sep 2021 1131.0903 1100.3418   30.7484943
```

**Gambar 3.3.** Output Fitted Value Holt Method Fungsi Dasar

Setelah mengetahui nilai  $\hat{x}_t$ ,  $L_t$ , dan  $b_t$ , praktikan melakukan peramalan untuk tiga periode kedepan, yaitu Oktober-Desember 2021. Berikut di bawah ini hasil prediksi untuk jumlah Ekspor Migas pada bulan Oktober sebesar 1045.087, November sebesar 1054.940, Desember sebanyak 1064.793. Perhitungannya dapat dilihat pada gambar berikut.

```
> pred.fd
      Oct      Nov      Dec
2021 1045.087 1054.940 1064.793
```

**Gambar 3.4.** Output Forecast Holt ES Fungsi Dasar

### 3.2.2 Dengan Package Forecast

Cara kedua untuk melakukan peramalan *Holt* pada *R*, yaitu menggunakan *package forecast*. Pada studi kasus ini praktikan melakukan peramalan dengan *package forecast*. Langkah pertama yang dilakukan adalah *import* data, mengubah data menjadi bentuk *time series*, dan melakukan peramalan dengan metode yang sesuai.  $h=3$  merupakan banyaknya periode mendatang yang akan diramalkan yaitu 3 bulan. Parameter yang digunakan pada *Holt Method* ini yaitu *alpha*, *beta*, dan *phi* dengan tambahan atribut *damped*. Berikut di bawah ini hasil *running* pada sintax **Gambar 2.6**.

```
> holt.migas$model
Damped Holt's method

Call:
holt(y = data.ts, h = 3, damped = TRUE, alpha = NULL, beta = NULL,

Call:
  phi = NULL)

Smoothing parameters:
  alpha = 0.4204
  beta  = 0.0019
  phi   = 0.8509

Initial states:
  l = 1980.2263
  b = -156.8259

sigma: 189.5486

      AIC      AICc      BIC
1212.422 1213.557 1226.789
```

**Gambar 3.5.** Output Model Holt Method with Package

Berdasarkan pada **Gambar 3.5**, didapatkan nilai *alpha* optimum sebesar 0.4204, *beta* optimum sebesar 0.0019, dan nilai *phi* optimum 0.8509. Pada hasil analisis ini, nilai awal untuk *level* sebesar 1980.2263 sedangkan nilai awal untuk *trend* sebesar -156.8259. Kemudian praktikan menampilkan nilai *fitted*nya. Hasilnya akan seperti pada **Gambar 3.6**.

```
> holt.migas$fitted
```

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2015	1846.7830	1780.5826	1672.6446	1723.9933	1542.3802	1419.7721	1377.4683	1353.0017	1391.3807	1386.6481	1357.3825	1393.9553
2016	1335.2485	1223.1971	1162.7493	1182.9415	1049.8391	1001.9755	1072.3581	1034.8155	1073.0499	1063.5675	1056.3892	1072.7186
2017	1144.8150	1199.1360	1201.5174	1332.9707	1207.0111	1242.8559	1256.2134	1217.1079	1223.4415	1320.6534	1391.2355	1351.0721
2018	1412.4092	1383.1602	1385.5786	1331.0137	1266.6364	1420.9746	1516.4724	1474.7970	1453.5508	1397.4757	1459.8412	1398.0152
2019	1528.2902	1361.1152	1229.9209	1164.9369	962.9620	1000.1954	878.4963	1097.5769	989.7531	910.3276	888.2785	948.9233
2020	1026.2993	937.1499	881.0564	769.2573	681.0219	629.3589	602.2078	625.8514	614.0550	635.8949	626.4119	683.3100
2021	824.7158	849.9691	854.8001	877.5468	913.7215	937.1992	1062.0611	1040.6664	1052.2795			

**Gambar 3.6.** Output Fitted Value Holt Method dengan Package

Setelah mengetahui nilai *fitted*, praktikan menghitung nilai peramalan Ekspor Migas untuk bulan Oktober sampai Desember 2021. Praktikan hanya mengesekusi objek `holt.migas` untuk mengetahui angka peramalan. Didapatkan prediksi untuk jumlah Ekspor Migas pada tiga periode kedepan adalah sebagai berikut **Gambar 3.7**.

```
> holt.migas
```

	Point Forecast	Lo 80	Hi 80	Lo 95	Hi 95
Oct 2021	1002.393	759.4769	1245.309	630.8848	1373.902
Nov 2021	1002.678	739.0149	1266.342	599.4399	1405.916
Dec 2021	1002.921	719.9057	1285.936	570.0865	1435.755

**Gambar 3.7.** Output Forecast Holt Method dengan Package

Berdasarkan **Gambar 3.7** diperoleh bahwa peramalan jumlah Ekspor Migas pada bulan Oktober sebesar 1002.393, bulan November sebesar 1002.678, dan bulan ke Desember 2021 sebesar 1002.921. Jika dilihat dari nilai peramalan diketahui bahwa tiga periode kedepan harga ekspor migas mengalami kenaikan.

### 3.2.3 Pengukuran Kesalahan Peramalan

#### a) *Holt Method* dengan Fungsi Dasar

Pada suatu peramalan atau prediksi memiliki pengukuran untuk melihat seberapa akurat hasil peramalan menggunakan suatu metode yang digunakan. Studi kasus kali ini menggunakan pengukuran kesalahan *MSE*, *RMSE*, dan *MAPE*. Setelah *running* syntax **Gambar 2.8**, didapat hasil sebagai berikut.

```
> cbind(mse.fd, rmse.fd, mape.fd)
      mse.fd  rmse.fd  mape.fd
[1,] 41303.53 203.2327 14.35012
```

**Gambar 3.8.** Output Pengukuran Error Holt ES

Didapatkan nilai *MSE* sebesar 41303.53, untuk *RMSE* sebesar 203.2327, dan untuk *MAPE* adalah 14.35012.

#### b) *Holt Method* dengan *Package Forecast*

Besar kesalahan atau *error* pada metode *Holt* dengan *package Forecast*. Didapatkan hasil di bawah ini setelah *running* syntax **Gambar 2.9**.

```
> cbind(mse, rmse, mape)
      mse    rmse    mape
[1,] 33710.84 183.6051 13.51592
```

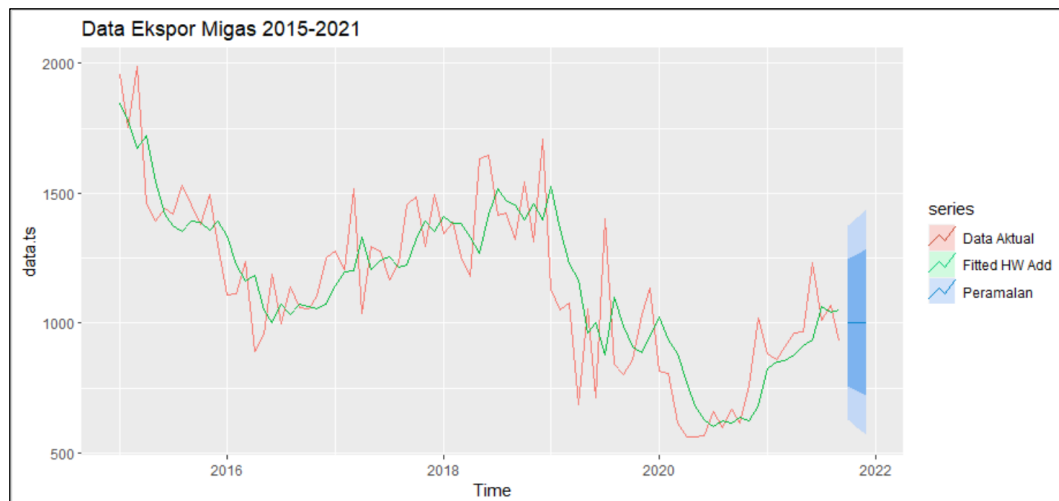
**Gambar 3.9.** Output Pengukuran Error Holt Method dengan Package

Bahwa nilai kesalahan dari *MSE* sebesar 33710.84, *RMSE* didapatkan sebesar 183.6051, dan *MAPE* adalah 13.51592.

#### c) Nilai Error Terkecil

Telah diperoleh nilai kesalahan *error* pada masing-masing metode yang digunakan. Berikut ini akan dipilih metode terbaik dengan ketentuan yang sudah dijelaskan pada Bab Pendahuluan. Untuk *MSE* nilai kecil menunjukkan ramalan semakin kuat. Sedangkan untuk *RMSE* nilai kecil mengartikan metode yang digunakan akurat atau nilai yang diprediksi dekat dengan nilai yang diamati, dan untuk *MAPE* memiliki klasifikasi rentang namun pada hasil pengukuran metode ini masuk dalam rentang 10% dan 20% kinerja bagus,  $\leq 10\%$  menunjukkan bahwa metode memiliki kinerja sangat bagus. typo harusnya > 10%

Setelah mengetahui kriteria pemilihan nilai pengukuran peramalan terbaik pada **Gambar 3.8** dan **Gambar 3.9** bahwa pengukuran kesalahan yang masuk dalam penjelasan sebelumnya adalah *Holt Method with Damped* dengan *Package Forecast*. Besar nilai kesalahan pada metode tersebut didapatkan *MSE* sebesar 33710.84, *RMSE* sebesar 183.6051, dan *MAPE* adalah 13.51592. Dengan ini diketahui bahwa proses analisa peramalan cocok menggunakan *package forecast*, karena didapatkan nilai *error* terkecil. Berikut plot metode *Holt Method with Damped* sebagai berikut setelah praktikan *running* **Gambar 2.19**.



**Gambar 3.10.** *Output Plot Holt with Damped with Package*

### 3.3 *Triple Exponential Smoothing*

#### 3.3.1 **Dengan Fungsi Dasar**

Begitupula dengan metode *Holt Winter* memiliki dua cara untuk analisa peramalan. Untuk metode *Holt Winter* tanpa *package* dan dengan fungsi dasar. Pertama *import* data, mengubah data menjadi runtun waktu (*ts*), dan menampilkan *plot* data **Gambar 3.1**. Setelah itu lakukan peramalan dengan metode *addictive*. Pada metode ini memiliki tiga parameter yaitu *alpha*, *beta*, dan *gamma* bernilai NULL artinya optimum. Pada metode ini terdapat atribut *seasonal*, diisikan *seasonal = "addictive"*. Dengan menggunakan syntax pada **Gambar 2.12** diperoleh hasil seperti di bawah ini.

```

> hwb.migas.add
Holt-Winters exponential smoothing with trend and additive seasonal component.

Call:
HoltWinters(x = data.ts, alpha = NULL, beta = NULL, gamma = NULL,
  seasonal = "additive")

Smoothing parameters:
alpha: 0.5033141
beta : 0.03408141
gamma: 0.4634635

Coefficients:
      [,1]
a    967.592450
b    -4.981856
s1   100.964101
s2   173.267887
s3   305.840866
s4     2.361653
s5   -40.609746
s6   -12.473782
s7  -154.198165
s8   -37.365726
s9    42.130827
s10   36.743553
s11    1.786244
s12    8.048184

```

**Gambar 3.11.** Output Model Holt Winter Addictive Fungsi Dasar

Berdasarkan pada **Gambar 3.10**, pada peramalan *Holt-Winter Addictive* dengan  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  NULL didapatkan nilai  $\alpha$  optimum sebesar 0.5033141,  $\beta$  optimum sebesar 0.03408141, dan  $\gamma$  optimum sebesar 0.4634635.  $\beta \neq 0$  memiliki arti bahwa *trend* tidak bersifat konstan.  $\gamma \neq 1$  artinya *seasonal* pada periode berikutnya mempertimbangkan *seasonal* dari waktu sebelumnya. Perhitungan *Holt-Winter Addictive* ini memberikan nilai awal  $L_0$  (Coefficient  $a$ ) sebesar 967.592450 dan nilai awal untuk trend  $b_0$  (Coefficient  $b$ ) sebesar  $-4.981856$ . Karena frekuensi data Ekspor Migas adalah 12 (dalam bulan) maka terdapat 12 nilai awal untuk musimannya. Nilai awal ditunjukkan pada koefisien  $s_1, s_2, s_3, s_4, \dots, s_{12}$ . Lalu didapatkan hasil *fitted value* sebagai berikut.

```
> hwb.migas.add$fitted
```

		xhat	level	trend	season
Jan 2016	1351.4389	1507.4203	-36.7633421	-119.2180556	
Feb 2016	1227.2266	1348.1458	-40.9386950	-79.9805556	
Mar 2016	1285.6884	1249.8612	-42.8931238	78.7202778	
Apr 2016	900.9101	1183.6252	-43.6886829	-239.0263889	
May 2016	948.5720	1135.3211	-43.8459844	-142.9030556	
Jun 2016	1157.4938	1096.2002	-43.6849464	104.9786111	
Jul 2016	945.5976	1067.5523	-43.1724612	-78.7822222	
Aug 2016	1101.1987	1051.0768	-42.2625909	92.3844444	
Sep 2016	1058.9960	1027.6489	-41.6206786	72.9677778	
Oct 2016	999.4928	987.2785	-41.5780693	53.7923611	
Nov 2016	1146.4547	974.0759	-40.6109934	212.9898611	
Dec 2016	914.3296	911.6086	-41.3558862	44.0769444	
:	:	:	:	:	
Jan 2021	564.7844	653.5672	-17.7061527	-71.0766913	
Feb 2021	708.6004	796.4312	-12.2336975	-75.5971159	
Mar 2021	817.8536	860.6960	-9.6265198	-33.2158934	
Apr 2021	665.8681	896.4213	-8.0808658	-222.4723677	
May 2021	1005.8936	1037.6194	-2.9932304	-28.7325642	
Jun 2021	1001.0718	1015.7501	-3.6365536	-11.0416722	
Jul 2021	1212.0592	1128.3731	0.3257378	83.3603025	
Aug 2021	1013.0318	1026.7731	-3.1480343	-10.5932613	
Sep 2021	1093.5038	1050.6924	-2.2255422	45.0369072	

**Gambar 3.12.** *Output Fitted Value Holt Winter Addictive Fungsi Dasar*

Setelah mengetahui nilai *fitted*, praktikan menghitung nilai peramalan Ekspor Migas untuk bulan Oktober sampai Desember 2021. Praktikan running syntax Gambar 2.13 berikut ini hasilnya.

```
> pred.migas.add
```

	Oct	Nov	Dec
2021	1063.575	1130.897	1258.488

**Gambar 3.13.** *Output Peramalan Holt Winter Addictive Fungsi Dasar*

Lalu kemudian praktikan juga dapat mengetahui nilai peramalan tiga periode kedepan dengan metode *Holt Winter Multiplicative* seperti di bawah ini.

```
> pred.migas.multi
```

	Oct	Nov	Dec
2021	1040.723	1145.796	1284.674

**Gambar 3.14.** *Output Peramalan Holt Winter Multiplicative Fungsi Dasar*

Diketahui nilai prediksi dengan *addictive* dan *multiplicative* memiliki nilai peramalan yang fluktuatif. Sehingga untuk lebih jelasnya praktikan dapat mengecek model *Holt Winter Multiplicative* berikut hasilnya di bawah ini.

```

> hwb.migas.multi
Holt-Winters exponential smoothing with trend and multiplicative
seasonal component.

Call:
HoltWinters(x = data.ts, alpha = NULL, beta = NULL, gamma = NULL,
seasonal = "multiplicative")

Smoothing parameters:
alpha: 0.4875529
beta : 0.02289271
gamma: 0.5386228

Coefficients:
      [,1]
a 972.3592869
b -10.4637830
s1  1.0819507
s2  1.2042861
s3  1.3652686
s4  1.0294163
s5  0.9812323
s6  0.9710522
s7  0.8519530
s8  0.9488180
s9  1.0146872
s10 1.0433717
s11 0.9968813
s12 0.9969670

```

**Gambar 3.15.** Output Model Holt Winter Multiplicative Fungsi Dasar

Diperoleh hasil berdasarkan **Gambar 3.11** didapatkan nilai *alpha* optimum sebesar 0.4875529, *beta* optimum sebesar 0.02289271, dan *gamma* optimum sebesar 0.5386228.  $\beta \neq 0$  memiliki arti bahwa trend bersifat tidak konstan. Perhitungan *Holt-Winter Multiplicative* pada studi kasus ini memberikan nilai awal  $L_0$  (Coefficient *a*) sebesar 972.3592869 dan nilai awal untuk trend  $b_0$  (Coefficient *b*) sebesar  $-10.4637830$ . Kemudian dilihat terdapat koefisien musiman sebanyak 12 (bulan), dengan nilai awal musiman pada setiap koefisien  $s_1, s_2, s_3, \dots, s_{12}$ .

### 3.3.2 Dengan Package Forecast

Pertama praktikan *input* data kemudian ubah data menjadi bentuk runtun waktu, atribut `start = c(2015,1)` menandakan bahwa data Ekspor Migas dimulai dari bulan Januari (1) tahun 2015. Kemudian, `frequency = 12` mengidentifikasikan bahwa periode yang digunakan adalah bulanan karena dalam satu tahun terdapat 12 bulan. Setelah mengubah data ekspor migas menjadi *time series*, dapat dilihat **Gambar 3.1** pola tersebut mengandung unsur *trend*. Sehingga tepat bila dilakukan peramalan menggunakan metode *TES: Triple Exponential*



*Smoothing (Holt Winter's Method)*. Pada analisis *Holt Winter* terdapat tiga parameter pemulusan (*alpha*, *beta*, dan *gamma*). Analisis dengan *package forecast* terdapat tambahan parameter yaitu *phi*. Lalu pada masing-masing nilai parameter tersebut diisi dengan NULL, artinya peramalan menggunakan *alpha*, *beta*, *gamma*, dan *phi* optimum. Analisis pertama dilakukan dengan metode *Holt Winter* dengan faktor *trend*, terdapat dua metode yaitu *Addictive* dan *Multiplicative*. Untuk *trend* yang *addictive* maka ditambahkan atribut *seasonal* = "addictive", sedangkan *multiplicative* *seasonal* = "multiplicative". Dengan menggunakan syntax **Gambar 2.8** didapatkan hasil peramalan sebagai berikut.

```
> hw.migas.add$model
Damped Holt-Winters' additive method

Call:
hw(y = data.ts, h = 3, seasonal = "additive", damped = TRUE,

Call:
  alpha = NULL, beta = NULL, gamma = NULL, phi = NULL)

Smoothing parameters:
  alpha = 0.3785
  beta  = 0.098
  gamma = 1e-04
  phi   = 0.8046

Initial states:
  l = 1791.906
  b = -21.5605
  s = 208.4157 53.5971 36.7649 -4.5209 -18.159 18.9026
      -19.642 -2.417 -238.0066 10.7559 -28.7239 -16.9669

sigma: 181.3649

      AIC      AICc      BIC
1215.352 1226.385 1258.452
```

**Gambar 3.16.** Output Model Holt Winter Addictive with Package

Berdasarkan **Gambar 3.12** pada peramalan menggunakan *Holt Winter Addictive* dengan *alpha*, *beta*, *gamma*, *phi* NULL didapatkan nilai *alpha* optimum sebesar 0.3785, *beta* optimum sebesar 0.098, *gamma* optimum sebesar  $1e^{-04}$  dan *phi* sebesar 0.8046. Pada hasil analisis ini nilai awal untuk *level* didapatkan senilai 1791.906, nilai awal untuk *trend* sebesar -21.5605 dan untuk nilai awal musimannya terdapat 12 musiman yaitu, pada bulan ke-1 sebesar 208.4157,

bulan ke-2 sebesar 53.5971, dan seterusnya sampai bulan ke-12. Selanjutnya untuk mengetahui hasil analisa dengan *Holt Winter Multiplicative* praktikan *running* syntax **Gambar 2.9**.

```
> hw.migas.multi$model
Damped Holt-Winters' multiplicative method

Call:
hw(y = data.ts, h = 3, seasonal = "multiplicative", damped = TRUE,

Call:
  alpha = NULL, beta = NULL, gamma = NULL, phi = NULL)

Smoothing parameters:
  alpha = 0.5123
  beta  = 1e-04
  gamma = 1e-04
  phi   = 0.9763

Initial states:
  l = 1815.9558
  b = -22.9198
  s = 1.174 1.0401 1.0271 0.9719 0.9742 0.9788
      0.9889 0.9608 0.8228 1.0485 1.0111 1.0017

sigma: 0.1713

      AIC      AICc      BIC
1222.869 1233.901 1265.969
```

**Gambar 3.17.** Output Model Holt Winter Multiplicative with Package

Pada hasil model dengan metode *Holt Winter Multiplicative* didapatkan besar nilai *alpha* optimum, *beta*, *gamma*, dan *phi* optimum berturut-turut sebesar 0.5123,  $1e^{-04}$ ,  $1e^{-04}$ , dan 0.9763. Output nilai awal untuk *level* 1815.9558, sedangkan nilai awal *trend* sebesar -22.9198 dan untuk nilai awal musiman (*seasonal*) bulan ke-1 sebesar 1.174, bulan ke-2 sebesar 1.0401, dan seterusnya untuk bulan ke-12 didapatkan sebesar 1.0017.

Setelah mengetahui nilai-nilai koefisiennya, praktikan menghitung nilai peramalan jumlah ekspor migas untuk bulan October-December 2021. Praktikan hanya mengeksekusi objek *hw.migas* untuk mengetahui nilai peramalan. Didapatkan prediksi untuk jumlah Ekspor Migas pada 3 periode kedepan adalah sebagai berikut.

```

> # Prediksi
> hw.migas.add
      Point Forecast    Lo 80    Hi 80    Lo 95    Hi 95
Oct 2021      1079.215  846.7861 1311.643  723.7459 1434.683
Nov 2021      1091.734  836.1545 1347.314  700.8588 1482.610
Dec 2021      1243.083  960.2910 1525.875  810.5900 1675.576
> hw.migas.multi
      Point Forecast    Lo 80    Hi 80    Lo 95    Hi 95
Oct 2021      1043.402  814.3870 1272.417  693.1538 1393.650
Nov 2021      1053.358  792.6107 1314.105  654.5795 1452.136
Dec 2021      1185.257  861.6108 1508.903  690.2829 1680.231

```

**Gambar 3.18.** Peramalan *Holt Winter's Method Addictive with Package*

Berdasarkan **Gambar 3.14**, peramalan *Holt Winter Addictive* didapatkan prediksi jumlah Ekspor Migas di Indonesia pada bulan October sebesar 1079.215, November sebanyak 1091.734, dan bulan December 2021 sebanyak 1234.083. Kemudian untuk peramalan *Holt Winter Multiplicative* didapatkan prediksi jumlah Ekspor Migas pada bulan October sebesar 1043.402, untuk bulan November sebesar 1053.358, dan December 2021 sebesar 1185.257.

Setelah mengetahui nilai peramalan untuk tiga periode mendatang, praktikan menghitung nilai *error* untuk masing-masing metode yang digunakan untuk mendapatkan metode terbaik agar ukuran peramalan tepat. Digunakan pengukuran kesalahan peramalan *Mean of Square Error (MSE)*, *Root Mean Square Error (RMSE)*, dan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*.

### 3.3.3 Pengukuran Kesalahan Peramalan

#### a) *Holt Winter's Method* dengan Fungsi Dasar

Pertama mengetahui nilai kesalahan atau *error* pada metode *Holt Winter Addictive*. Praktikan *running* syntax **Gambar 2.14**, didapatkan hasil seperti di bawah ini.

```

> cbind(mse.add, rmse.add, mape.add)
      mse.add rmse.add mape.add
[1,] 228216.3 477.7199 15.01532

```

**Gambar 3.19.** Output Kesalahan *Holt Winter Addictive* Fungsi Dasar

Diketahui bahwa nilai *MSE Addictive* sebesar 228216.3, *RMSE* didapatkan 477.7199, dan nilai *MAPE* adalah 15.01532. Selanjutnya *running* syntax *Holt* metode *Multiplicative*, berikut hasilnya.

```
> cbind(mse.multi, rmse.multi, mape.multi)
      mse.multi rmse.multi mape.multi
[1,] 213569.3   462.1356   14.0974
```

**Gambar 3.20.** Output Kesalahan *Holt Winter Multiplicative* Fungsi Dasar

Didapatkan nilai *MSE*, *RMSE*, dan *MAPE* masing-masing sebesar 213569.3, 462.1356, dan 14.0974.

**b) *Holt Winter's Method with Package Forecast***

Pertama *Holt Winter* metode *Addictive* dengan fungsi dasar dalam analisa peramalan atau prediksinya. Berikut di bawah ini hasil nilai kesalahan dalam peramalan.

```
> cbind(mse.add, rmse.add, mape.add)
      mse.add rmse.add mape.add
[1,] 25989.71 161.2132 11.86375
```

**Gambar 3.21.** Output Kesalahan *Holt Winter Addictive Package*

Diketahui bahwa nilai *MSE Addictive* sebesar 25989.7, *RMSE* didapatkan 161.2132, dan nilai *MAPE* adalah 11.86375. Berikutnya didapatkan hasil pengukuran kesalahan pada *Holt Winter Multiplicative*.

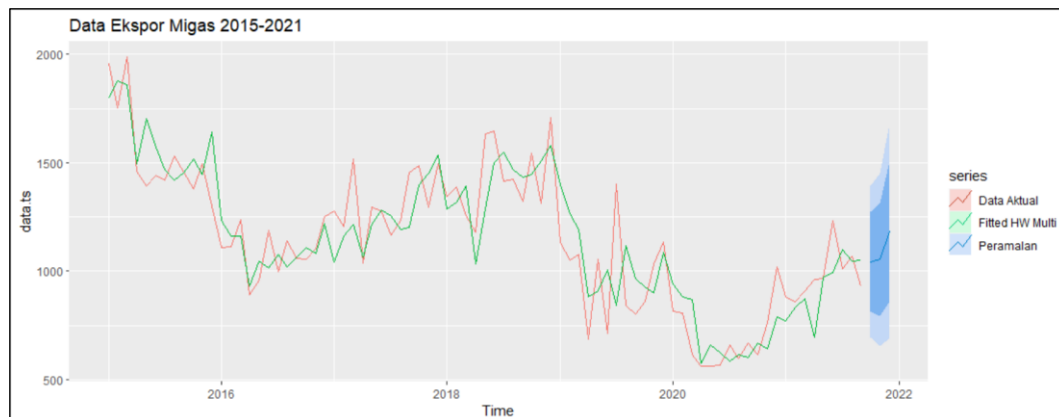
```
> cbind(mse.multi, rmse.multi, mape.multi)
      mse.multi rmse.multi mape.multi
[1,] 25002.4   158.1215   11.24676
```

**Gambar 3.22.** Output Kesalahan *Holt Winter Multiplicative Package*

Diperoleh nilai *MSE*, *RMSE*, dan *MAPE* berturut-turut sebesar 25002.4, 158.1215, dan 11.24676.

**c) Nilai Error Terkecil**

Setelah praktikan mendapat nilai pengukuran kesalahan pada masing-masing metode baik dengan cara analisis fungsi dasar ataupun *package forecast*. Sesuai dengan kriteria pemilihan metode terbaik dengan nilai *error* terkecil dipilih bahwa metode *Holt Winter Multiplicative* dengan *package forecast*, memiliki nilai pengukuran *error* atau kesalahan terkecil, yaitu sebesar *MSE* adalah 25002.4, *RMSE* sebesar 158.1215, dan *MAPE* sebesar 11.24676. Berikut *plot* data metode *Holt Winter Multiplicative* dengan *package forecast* setelah *running* pada **Gambar 2.18**.



**Gambar 3.23.** *Output Plot Holt Winter Multiplicative with Package*

### 3.4 Pengukuran Kesalahan Metode

Telah didapatkan nilai *error* terkecil dari dua cara pengerjaan yaitu dengan fungsi dasar dan *package forecast*, setelah itu praktikan memilih metode terbaik yang digunakan dan memiliki presentase kecil dari *MAPE* yang menandakan bahwa kinerja dari metode yang dipilih bagus. Pada studi kasus ini dilakukan pengukuran kesalahan dengan tiga pengukuran, yaitu *RMSE*, *MSE*, dan *MAPE*.

Didapatkan hasil nilai *error* terkecil dari keempat metode (*Holt ES*, *Holt Method with Damped*, *Holt Winter's Method Addictive*, and *Holt Winter's Method Multiplicative*) yaitu *Holt Method with Damped* dengan *package forecast* dan *Holt Winter Multiplicative* dengan *package*. Untuk nilai pengukuran kesalahan dari *Holt Method with Damped* dengan *package Forecast* didapatkan pada **Gambar 3.9**. Kemudian nilai kesalahan peramalan dengan metode *Holt Winter Multiplicative* dengan *package* didapatkan hasil pada **Gambar 3.18**.

Maka dapat disimpulkan bahwa nilai kesalahan peramalan terkecil diperoleh pada metode *Holt Winter Multiplicative* dengan *package forecast* yaitu *MSE* terkecil yaitu 25002.4, *MAPE* sebesar 11.24676, dan *RMSE* sebesar 158.1215. Diketahui nilai *MAPE* tersebut berada dalam rentang 10% – 20% menandakan bahwa metode tersebut mempunyai kinerja bagus, dimana bahwa selisih rata-rata nilai peramalan dengan nilai sebenarnya adalah 11.25%. Untuk *RMSE* diperoleh nilai terkecil sebesar 158.1215, artinya nilai yang diprediksi dekat dengan nilai yang diamati atau diobservasi. Terakhir untuk *MSE* yaitu

sebesar 25002.4 maka hasil prediksi yang didapatkan lebih akurat dibandingkan dengan metode *Holt with Damped* dengan *package forecast*.

Nilai peramalan untuk tiga periode mendatang dengan metode tersebut didapatkan seperti **Gambar 3.18** sebesar jumlah ekspor migas pada bulan October yaitu 1043.402, untuk bulan November sebesar 1053.358, dan December 2021 sebesar 1185.257. Dari hasil peramalan menunjukan bahwa peramalan jumlah ekspor migas mengalami penurunan disetiap bulan.

## 4 Penutup

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa peramalan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa:

1. Sebelum dilakukan pengujian, data yang digunakan diubah terlebih dahulu ke dalam objek *time series* menggunakan perintah *ts*. Selain itu, data runtun waktu harus berurutan dimulai dari data lama hingga terbaru.
2. Terdapat dua cara yang dilakukan untuk melakukan analisis peramalan *Exponential Smoothing* (*Double Exponential Smoothing* dan *Triple Exponential Smoothing*) yaitu dengan fungsi dasar dan *package forecast*.
3. Hasil perhitungan metode terbaik *Exponential Smoothing* dipilih metode *Holt Winter Multiplicative* dengan *package forecast* dengan nilai *error* terkecil. Nilai *MSE*, *RMSE*, dan *MAPE* berturut-turut sebesar 25002.4, 158.1215, dan 11.24676.
4. Analisis dengan *Holt Winter Multiplicative* menghasilkan nilai *alpha* optimum, *beta*, *gamma*, dan *phi* optimum berturut-turut sebesar 0.5123,  $1e^{-04}$ ,  $1e^{-04}$ , dan 0.9763. *Ouput* nilai awal untuk *level* 1815.9558, sedangkan nilai awal *trend* sebesar -22.9198.
5. Hasil peramalan dengan metode terbaik didapatkan peramalan tiga periode masing-masing sebesar October yaitu 1043.402, bulan November sebesar 1053.358, dan December 2021 sebesar 1185.257. Menunjukkan bahwa nilai peramalan jumlah ekspor migar mengalami penurunan dari bulan ke bulan.

## 5 Daftar Pustaka

- Fajri, R., & Johan, T. M. 2017. *Implementasi Peramalan Double Exponential Smoothing Pada Kasus Kekerasan Anak Di Pusat Pelayanan Terpadu Pemberdayaan Perempuan Dan Anak*. Jurnal ECOTIPE, 4(2), 6–13.
- Hakimah, M., Rahmawati, W. M., & Afandi, A. Y. (2020). *Pengukuran Kinerja Metode Peramalan Tipe Exponential Smoothing Dalam Parameter Terbaiknya*. Network Engineering Research Operation, 5(1), 44.
- Maricar, M. A. 2019. *Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average Dan Exponential Smoothing Untuk Sistem Peramalan Pendapatan Pada Perusahaan XYZ*. Jurnal Sistem Dan Informatika, 13(2), 36–45.
- Kalekar, Prajakta S. 2004. *Time series Forecasting Using Holt-Winters Exponential Smoothing*. Kanwal Rekhi School of Information Technology
- Primandari, Arum. *Exponential Smoothing*. Yogyakarta: Program Studi Statistika Universitas Islam Indonesia