|  |
| --- |
| **Kelas C** |

**LAPORAN PRAKTIKUM**

**Analisis Runtun Waktu**

**Modul 2: *Exponential Smoothing***



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nama Praktikan** | **Nomor Mahasiswa** | **Tanggal Kumpul** | **Tanda Tangan**  **Praktikan** | |
| Dian Widya Lestari | 19611129 |  |  | |
|  |  |  |  |  |
| **Nama Penilai** | **Tanggal Koreksi** | **Nilai** | **Tanda tangan** | |
| **Asisten** | **Dosen** |
| 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 *Exponential Smoothing* 1

1.1.1 *Simple Exponential Smoothing* 1

1.1.2 *Double Exponential Smoothing (Holt Method)* 2

1.1.3 *Triple Exponential Smoothing (Holt Winter’s Method)* 3

1.2 Evaluasi Model Peramalan 4

1.2.1 *MAPE (Mean Absolute Percentage)* 4

1.2.2 *RMSE (Root Mean Square Error)* 4

1.2.3 *MSE (Mean Square Error)* 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 *Double Exponential Smoothing (Holt Method)* 12

3.2.1 Dengan Fungsi Dasar 12

3.2.2 Dengan *Package Forecast* 14

3.2.3 Pengukuran Kesalahan Peramalan 15

3.3 *Triple Exponential Smoothing* 17

3.3.1 Dengan Fungsi Dasar 17

3.3.2 Dengan *Package Forecast* 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

**Gambar 2.1.** Menu *Get Data* 6

**Gambar 2.2.** *Remove* Kolom yang lain 7

**Gambar 2.3.** Tampilan Data yang Telah di Gabungkan 7

**Gambar 2.4.** *Import Data* dalam *R* 7

**Gambar 2.5.** *Plot* Data Aktual 8

**Gambar 2.6.** *Holt Method* Fungsi Dasar 8

**Gambar 2.7.** *Fitted Value* dan Nilai Prediksi 8

**Gambar 2.8.** Pengkuran Kesalahan *Holt ES* Fungsi Dasar 8

**Gambar 2.9.** *Holt Method* dengan *Package Forecast* 8

**Gambar 2.10.** Nilai Model, Peramalan, dan *Fitted Value* dengan *Package* 9

**Gambar 2.11.** Pengukuran Kesalahan *Holt Method* dengan *Damped* 9

**Gambar 2.12.** *Holt Winter’s Method* Fungsi Dasar 9

**Gambar 2.13.** Prediksi dan *Fitted Value Holt Winter* Fungsi Dasar 10

**Gambar 2.14**. Pengukuran Kesalahan *Holt Winter’s Method* Fungsi Dasar 10

**Gambar 2.15.** *Holt Winter’s Method* dengan *Package Forecast* 10

**Gambar 2.16.** *Fitted Value* dan Nilai Prediksi dengan *Package* 11

**Gambar 2.17.** Pengukuran Kesalahan *Holt Winter* dengan *Package Forecast* 11

**Gambar 2.18.** *Plot Holt Winter’s Method* dengan *Package Forecast* 11

**Gambar 2.19.** *Plot* *Holt Method with Damped* 11

**Gambar 3.1.** *Output Plot Data Aktual* 12

**Gambar 3.2.** *Output Model Holt Method* Fungsi Dasar 13

**Gambar 3.3.** *Output Fitted Value Holt Method* Fungsi Dasar 13

**Gambar 3.4.** *Output* *Forecast Holt ES* Fungsi Dasar 14

**Gambar 3.5.** *Output Model Holt Method* *with* *Package* 14

**Gambar 3.6.** *Output Fitted Value Holt Method* dengan *Package* 15

**Gambar 3.7.** *Output Forecast Holt Method* dengan *Package* 15

**Gambar 3.8.** *Output* Pengukuran *Error Holt ES* 16

**Gambar 3.9.** *Output* Pengukuran *Error Holt Method* dengan *Package* 16

**Gambar 3.10.** *Output Plot* *Holt with Damped* *with* *Package* 17

**Gambar 3.11.** *Output Model Holt Winter Addictive* Fungsi Dasar 18

**Gambar 3.12.** *Output Fitted Value Holt Winter Addictive* Fungsi Dasar 19

**Gambar 3.13.** *Output* Peramalan *Holt Winter Addictive* Fungsi Dasar 19

**Gambar 3.14.** *Output* Peramalan *Holt Winter Multiplicative* Fungsi Dasar 19

**Gambar 3.15.** *Output Model Holt Winter Multiplicative* Fungsi Dasar 20

**Gambar 3.16.** *Output Model Holt Winter Addictive with Package* 21

**Gambar 3.17.** *Output Model Holt Winter Multiplicative with Package* 22

**Gambar 3.18.** Peramalan *Holt Winter’s Method Addictive with Package* 23

**Gambar 3.19.** *Output* Kesalahan *Holt Winter* *Addicitve* Fungsi Dasar 23

**Gambar 3.20.** *Output* Kesalahan *Holt Winter* *Multiplicative* Fungsi Dasar 24

**Gambar 3.21.** *Output* Kesalahan *Holt Winter* *Addicitve Package* 24

**Gambar 3.22.** *Output* Kesalahan *Holt Winter* *Multiplicative Package* 24

**Gambar 3.23.** *Output Plot Holt Winter Multiplicative with Package* 25

# Pendahuluan

## *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 peniliti. 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 berfluktasi 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 kosntanta *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.

### 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.

Keterangan:

= nilai peramalan pada satu periode berikutnya

= konstanta pemulusan

= data atau observasi ke-t

= data pada observasi ke-t

### 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 ditunjukan sebagai berikut:

1. ***Holt Method***

Menentukan smoothing pertama,

Menentukan besarnya forecast (peramalan),

Keterangan:

= Nilai pemulusan tunggal

= Data sebenarnya pada waktu ke-t

= Pemulusan *trend*

= Nilai ramalan

= Periode masa mendatang

= Koefisien pemulusan (0 < α < 1)

= Koefisien pemulusan (0 < β < 1)

1. ***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 ,

Pemulusan *trend* ,

Rumus peramalan,

Dengan 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 :**

* Jika maka akan menjadi metode *Holt* biasa
* Jika maka akan menjadi *simple exponential smoothing (SES)*
* Jika maka fungsi peramalan mempunyai *trend* ekponensial (hanya diaplikasikan pada data berpola *trend* yang sangat kuat)
* Jika maka *trend* teredam dan nilai peramalan akan mendekati nilai asimtot

### 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 mengangdung faktor musiman. Tapi, jika terdapat data musiman, metode *triple* dapat dijadikan sebagai cara untuk meramalkan data yang mengandung faktor musiman tersebut (Iqbal, 2020).

1. **Persamaan yang digunakan untuk metode *additive***

Estimasi *level*,

Estimasi dari *trend*,

Estimasi *seasonal*,

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

Estimasi *level*,

Estimasi dari *trend*,

Estimasi *seasonal*,

## Evaluasi Model Peramalan

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

### 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%.

### 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 ∞. 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.

### MSE (Mean Square Error)

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

# Deskripsi Kerja

## 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:

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

## Langkah Kerja

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

Graphical user interface, application

Description automatically generated

**Gambar 2.1.** Menu *Get Data*

1. 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.

Graphical user interface, application, table

Description automatically generated

**2**

**1**

**Gambar 2.2.** *Remove* Kolom yang lain

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

Table

Description automatically generated

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

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



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

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

**A picture containing calendar

Description automatically generated**

**Gambar 2.5.** *Plot* Data Aktual

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

Text

Description automatically generated with medium confidence

**Gambar 2.6.** *Holt Method* Fungsi Dasar

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

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

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

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

Graphical user interface, text

Description automatically generated

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

1. Untuk cara kedua dengan tambahan atribut *Damped*. Aktifkan terlebih dahulu *package* library (“forecast”) lalu *input* sintax seperti di bawah ini.

****

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

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

Graphical user interface, text

Description automatically generated

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

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

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

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

1. 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.

**Graphical user interface, text

Description automatically generated with medium confidence**

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

1. Lalu mencari nilai peramalan dan *fitted value* metode keduanya. *Input* sintax di bawah ini.

**A screenshot of a computer

Description automatically generated with medium confidence**

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

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

Text

Description automatically generated

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

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

**A picture containing text

Description automatically generated**

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

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

Text

Description automatically generated

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

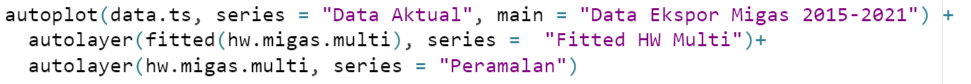
1. Setelahnya praktikan lakukan pengukuran kesalahan masing-masing metode untuk menemukan metode terbaik. *Input* sintax seperti di bawah ini.

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

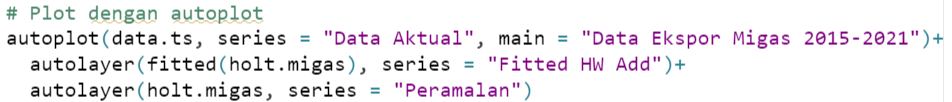
**Gambar 2.17.** Pengukuran Kesalahan *Holt Winter* dengan *Package Forecast*

1. Berikut ini sintax *plot* metode *Holt Winter Multiplicative* beserta nilai *fitted value* dan peramalan.

****

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

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

****

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

# Pembahasan

## 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* sintax **Gambar 2.5**. Pada data *time series* ekspor migas diperoleh bentuk pola data sebagai berikut.

**Chart, histogram

Description automatically generated**

**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*.

## *Double Exponential Smoothing (Holt Method)*

### 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* sintax **Gambar 2.6** diperoleh hasil peramalan seperti di bawah ini.

**Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated**

**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 dan *beta* optimum sebesar . Perhitungan *Holt* pada studi kasus ini memberikan nilai awal *L0* (*Coeeficient a*) sebesar dan nilai awal untuk trend *b0* (*Coefficient b*) sebesar .Setelah mengetahui bentuk modelnya, praktikan dapat melihat nilai *xhat, Lt*, *dan bt* dengan menampilkan nilai *fitted*nya. Berikut *fitted value* nya.

**Table

Description automatically generated**

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

Setelah mengetahui nilai *xhat, Lt*, *dan bt*, 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 , November sebesar , Desember sebanyak . Perhitungannya dapat dilihat pada gambar berikut.

**Text

Description automatically generated with medium confidence**

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

### 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**.

**Text

Description automatically generated**

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

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

**Text

Description automatically generated**

**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**.

**Text, letter

Description automatically generated**

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

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

### Pengukuran Kesalahan Peramalan

1. ***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* sintax **Gambar 2.8**, didapat hasil sebagai berikut.

**Text

Description automatically generated**

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

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

1. ***Holt Method* dengan *Package Forecast***

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

**A picture containing text

Description automatically generated**

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

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

1. **Nilai Error Terkecil**

Telah diperoleh nilai kesahalan *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 menunjukan 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, ≤ 10% menunjukan bahwa metode memiliki kinerja sangat bagus.

Setelah mengetahui kriteria pemilihan nilai pengkuruan 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 , *RMSE* sebesar , dan *MAPE* adalah . 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**.

Graphical user interface, chart

Description automatically generated

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

## *Triple Exponential Smoothing*

### 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 sintax pada **Gambar 2.12** diperoleh hasil seperti di bawah ini.

**Text

Description automatically generated with medium confidence**

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

Berdasarkan pada **Gambar 3.10**, pada peramalan *Holt-Winter Additive* dengan *alpha, beta, gamma NULL* didapatkan nilai *alpha* optimum sebesar , *beta* optimum sebesar , dan *gamma* optimum sebesar . *Beta* memiliki arti bahwa *trend* tidak bersifat konstan. artinya *seasonal* pada periode berikutnya mempertimbangkan *seasonal* dari waktu sebelumnya. Perhitungan *Holt-Winter Addictive* ini memberikan nilai awal *L0* (*Coeeficient a*) sebesar dan nilai awal untuk trend *b0* (*Coefficient b*) sebesar . Karena frekuensi data Ekspor Migas adalah 12 (dalam bulan) maka terdapat 12 nilai awal untuk musimannya. Nilai awal ditunjukkan pada koefisien . Lalu didapatkan hasil *fitted value* sebagai berikut.

**A screenshot of a computer

Description automatically generated with medium confidence**

**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 sintax Gambar 2.13 berikut ini hasilnya.

**Text

Description automatically generated**

**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.

**Text

Description automatically generated with low confidence**

**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.

**Text

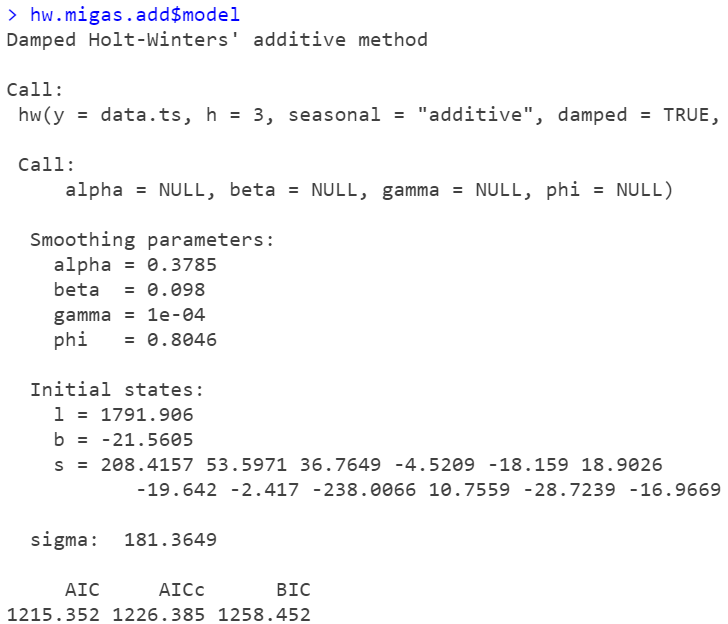
Description automatically generated**

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

Diperoleh hasil berdasarkan **Gambar 3.11** didapatkan nilai *alpha* optimum sebesar , *beta* optimum sebesar , dan *gamma* optimum sebesar . *Beta*  memiliki arti bahwa trend bersifat tidak konstan. Perhitungan *Holt-Winter Multiplicative* pada studi kasus ini memberikan nilai awal *L0* (*Coeeficient a*) sebesar dan nilai awal untuk *trend* *b0* (*Coefficient b*) sebesar . Kemudian dilihat terdapat koefisien musiman sebanyak 12 (bulan), dengan nilai awal musiman pada setiap koefisien

### 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 *multipicative* seasonal = ”multiplicative”. Dengan menggunakan sintax **Gambar 2.8** didapatkan hasil peramalan sebagai berikut.

****

**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 , *beta* optimum sebesar , *gamma* optimum sebesar dan *phi* sebesar . Pada hasil analisis ini nilai awal untuk *level* didapatkan senilai , nilai awal untuk *trend* sebesar dan untuk nilai awal musimannya terdapat 12 musiman yaitu, pada bulan ke-1 sebesar , bulan ke-2 sebesar , dan seterusnya sampai bulan ke-12. Selanjutnya untuk mengetahui hasil analisa dengan *Holt Winter Multiplicative* praktikan *running* sintax **Gambar 2.9**.

**Text, email

Description automatically generated**

**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* omptimum berturut-turut sebesar . *Ouput* nilai awal untuk *level* , sedangkan nilai awal *trend* sebesar dan untuk nilai awal musiman *(seasonal)* bulam ke-1 sebesar , bulan ke-2 sebesar , dan seterusnya untuk bulan ke-12 didapatkan sebesar .

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.

**Text

Description automatically generated**

**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 , November sebanyak , dan bulan December 2021 sebanyak . Kemudian untuk peramalan *Holt Winter Multiplicative* didapatkan prediksi jumlah Ekspor Migas pada bulan October sebesar , untuk bulan November sebesar , dan December 2021 sebesar .

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).*

### Pengukuran Kesalahan Peramalan

1. ***Holt Winter’s Method* dengan Fungsi Dasar**

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

**Text

Description automatically generated with medium confidence**

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

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

**Text

Description automatically generated**

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

Didapatkan nilai *MSE, RMSE,* dan *MAPE* masing-masing sebesar

1. ***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.

**Text

Description automatically generated with medium confidence**

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

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

Text

Description automatically generated

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

Diperoleh nilai *MSE, RMSE,* dan *MAPE* berturut-turut sebesar

1. **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 , *RMSE* sebesar , dan *MAPE* sebesar . Berikut *plot* data metode *Holt Winter Multiplicative* dengan *package forecast* setelah *running* pada **Gambar 2.18**.

Graphical user interface, chart

Description automatically generated

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

## 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 , *MAPE* sebesar , dan *RMSE* sebesar Diketahui nilai *MAPE* tersebut berada dalam rentang menandakan bahwa metode tersebut mempunyai kinerja bagus, dimana bahwa selisih rata-rata nilai peramalan dengan nilai sebenarnya adalah . Untuk *RMSE* diperoleh nilai terkecil sebesar , artinya nilai yang diprediksi dekat dengan nilai yang diamati atau diobservasi. Terakhir untuk *MSE* yaitu sebesar 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 , untuk bulan November sebesar , dan December 2021 sebesar . Dari hasil peramalan menunjukan bahwa peramalan jumlah ekspor migas mengalami penurunan disetiap bulan.

# Penutup

## 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
4. Analisis dengan *Holt Winter Multiplicative* menghasilkan nilai *alpha* optimum, *beta*, gamma, dan *phi* omptimum berturut-turut sebesar . *Ouput* nilai awal untuk *level* , sedangkan nilai awal *trend* sebesar
5. Hasil peramalan dengan metode terbaik didapatkan peramalan tiga periode masing-masing sebesar October yaitu , bulan November sebesar , dan December 2021 sebesar . Menunjukan bahwa nilai peramalan jumlah ekspor migar mengalami penurunan dari bulan ke bulan.

# 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