

# **ANALISIS TIME SERIES HARGA BERAS DI INDONESIA MENGGUNAKAN EXPONENTIAL SMOOTHING**

Analisis Single dan Double Exponential Smoothing  
Data WFP Food Prices Indonesia (2007-2024)

Dwi Ahmad Dzulhijah - 310700022220007  
*Time Series(Forecasting)*  
Universitas Insan Cita Indonesia

## 1. PENJELASAN DATA YANG DIGUNAKAN

### 1.1 Sumber dan Deskripsi Data

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari **World Food Programme (WFP) - Food Prices Database** untuk Indonesia, yang dapat diakses melalui portal Humanitarian Data Exchange (HDX).

Link Dataset: <https://data.humdata.org/dataset/wfp-food-prices-for-indonesia>

Instansi: **World Food Programme (WFP) - Organisasi Pangan Dunia (PBB)**

### 1.2 Karakteristik Dataset

Dataset mencakup data harga pangan retail untuk berbagai komoditas di Indonesia dengan karakteristik sebagai berikut:

Periode	Januari 2007 - Mei 2024 (17+ tahun)
Total observasi	237,360 baris data
Jumlah komoditas	30 komoditas pangan
Frekuensi	Data harian/mingguan dari berbagai pasar
Cakupan geografis	Rata-rata nasional Indonesia
Variabel utama	date, item_name, value (IDR), value_usd
Format	CSV dengan 16 kolom

### Komoditas yang dianalisis: BERAS (Rice)

<b>Total observasi raw</b>	<b>10,796 observasi</b>
<b>Setelah agregasi bulanan</b>	170 bulan (Jan 2007 - Mei 2024)
<b>Harga rata-rata</b>	Rp 10,900.68 per kg
<b>Harga minimum</b>	Rp 5,941.98 per kg
<b>Harga maksimum</b>	Rp 15,224.70 per kg

### 1.3 Relevansi Data

1. Data ini sangat relevan untuk analisis time series karena:
  - Periode panjang: 17 tahun data memberikan pola historis yang kuat
  - Komoditas strategis: Beras adalah makanan pokok utama Indonesia
  - Kepentingan ekonomi: Harga beras mempengaruhi inflasi dan kesejahteraan masyarakat
  - Kebijakan publik: Data ini digunakan untuk monitoring ketahanan pangan nasional

### 1.4 Preprocessing Data

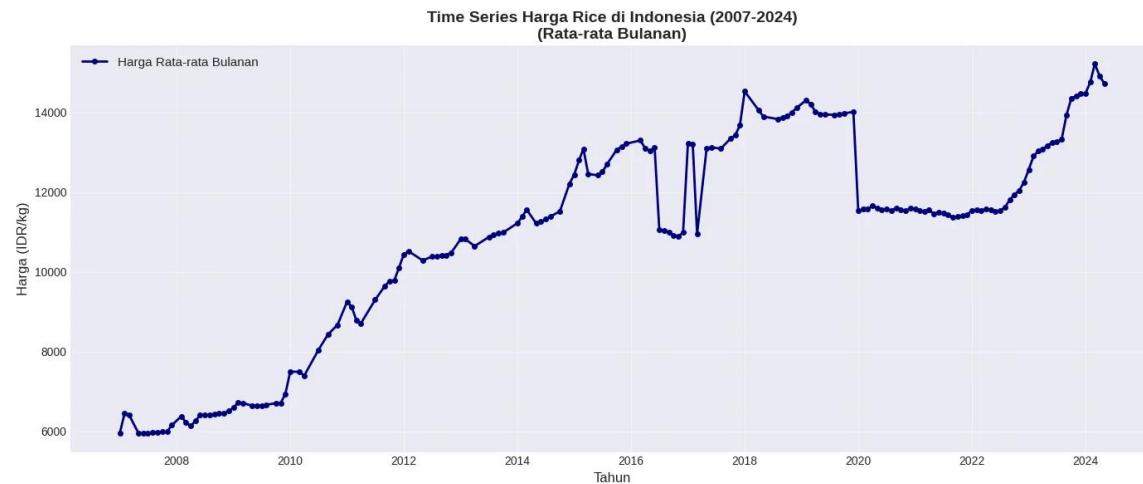
Untuk keperluan analisis time series, dilakukan agregasi data dari multiple markets menjadi **rata-rata harga bulanan** untuk mendapatkan single time series yang konsisten.

Hasil preprocessing:

- Data Training: 136 observasi (80%) - Januari 2007 hingga Juli 2021
- Data Testing: 34 observasi (20%) - Agustus 2021 hingga Mei 2024

## 1.5 Visualisasi Data

Grafik berikut menunjukkan pola harga beras selama periode 2007-2024:



*Gambar 1.1: Time Series Harga Beras di Indonesia (2007-2024)*

Dari grafik di atas, terlihat beberapa pola penting:

- Trend kenaikan jangka panjang dari 2007 hingga 2018
- Periode volatilitas tinggi pada 2016-2018 dengan fluktuasi harga signifikan
- Stabilisasi harga pada periode 2020-2022
- Kenaikan tajam pada 2023-2024 mencapai level tertinggi

## 2. ANALISIS SINGLE EXPONENTIAL SMOOTHING (SES)

### 2.1 Konsep Single Exponential Smoothing

Single Exponential Smoothing (SES) adalah metode peramalan time series yang memberikan **bobot eksponensial** pada observasi masa lalu. Semakin lama observasi, semakin kecil bobotnya. SES cocok untuk data yang **tidak memiliki trend atau pola musiman**.

Formula SES:

$$F_{t+1} = \alpha \times Y_t + (1-\alpha) \times F_t$$

Dimana:

- $F_{t+1}$  = Forecast untuk periode  $t+1$
- $Y_t$  = Nilai aktual pada periode  $t$
- $F_t$  = Forecast pada periode  $t$
- $\alpha$  = Parameter smoothing ( $0 < \alpha < 1$ )

### 2.2 Pencarian Parameter Optimal

Dilakukan grid search untuk mencari nilai alpha ( $\alpha$ ) optimal yang meminimalkan RMSE:

Alpha ( $\alpha$ )	RMSE (IDR)	MAE (IDR)	MAPE (%)
0.1	1,569.51	1,171.32	8.51
0.2	1,752.08	1,244.19	8.92
0.3	1,785.03	1,273.71	9.14
0.4	1,794.22	1,282.98	9.21
0.5	1,799.32	1,288.10	9.25
0.6	1,802.73	1,291.52	9.28
0.7	1,805.09	1,293.88	9.29
0.8	1,806.82	1,295.61	9.31
0.9	1,808.26	1,297.04	9.32

**Parameter Optimal:  $\alpha = 0.1$**

### 2.3 Hasil Analisis SES

Parameter	Nilai
Alpha ( $\alpha$ )	0.10
RMSE	1,569.51 IDR
MAE	1,171.32 IDR
MAPE	8.51%

### 2.4 Interpretasi Hasil SES

#### a) Interpretasi Parameter Alpha ( $\alpha = 0.1$ )

Alpha sebesar 0.1 menunjukkan bobot yang sangat rendah pada observasi terbaru. Ini berarti:

- Model memberikan 90% bobot pada forecast sebelumnya dan hanya 10% pada data baru
- Model cenderung smooth/halus dan tidak reaktif terhadap perubahan mendadak
- Cocok untuk data dengan fluktuasi tinggi karena menghindari overreaction
- Model menghasilkan prediksi yang stabil dan konservatif

**b) Interpretasi Akurasi Model**

**1. RMSE = 1,569.51 IDR**

- Error rata-rata sekitar Rp 1,569 per kg
- Relatif kecil (14.4% dari rata-rata harga Rp 10,900)
- Menunjukkan prediksi cukup akurat

**2. MAPE = 8.51%**

- Error persentase rata-rata 8.51%
- Termasuk kategori "sangat baik" ( $MAPE < 10\%$ )
- Menurut Lewis (1982):  $MAPE < 10\% = \text{highly accurate forecasting}$

**c) Karakteristik Forecast**

Forecast 12 bulan ke depan menghasilkan **harga konstan** sebesar **Rp 11,836.67**, yang berarti:

- SES tidak dapat menangkap trend dalam data
- Forecast hanya berdasarkan level/average terakhir
- Cocok untuk data stasioner tanpa trend

## 2.5 Visualisasi Hasil SES



Gambar 2.1: Hasil Prediksi Single Exponential Smoothing

Dari grafik di atas terlihat:

- SES menghasilkan prediksi flat (garis merah horizontal) pada periode testing
- Model tidak dapat mengikuti kenaikan harga aktual (garis biru) pada 2023-2024
- RMSE = 1,570 IDR menunjukkan deviasi yang cukup signifikan

## 2.6 Kelebihan dan Keterbatasan SES

### Kelebihan:

- Sederhana dan mudah diimplementasikan
- Akurasi baik untuk data stasioner (MAPE 8.51%)
- Smooth/tidak overreact terhadap noise
- Computational cost rendah

### Keterbatasan:

- Tidak dapat menangkap trend (forecast flat)
- Kurang cocok untuk data dengan pola kenaikan/penurunan
- Tidak bisa menangkap pola musiman

### 3. ANALISIS DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING (DES)

#### 3.1 Konsep Double Exponential Smoothing

Double Exponential Smoothing (DES) atau **Holt's Linear Method** adalah pengembangan dari SES yang dapat menangkap **trend linear** dalam data. DES menggunakan dua parameter smoothing: **alpha ( $\alpha$ )** untuk level dan **beta ( $\beta$ )** untuk trend.

**Formula DES:**

$$\text{Level: } L_t = \alpha \times Y_t + (1-\alpha) \times (L_{t-1} + T_{t-1})$$

$$\text{Trend: } T_t = \beta \times (L_t - L_{t-1}) + (1-\beta) \times T_{t-1}$$

$$\text{Forecast: } F_{t+h} = L_t + h \times T_t$$

#### 3.2 Pencarian Parameter Optimal

Dilakukan grid search 2 dimensi untuk kombinasi alpha ( $\alpha$ ) dan beta ( $\beta$ ) optimal:

Alpha ( $\alpha$ )	Beta ( $\beta$ )	RMSE (IDR)	MAE (IDR)	MAPE (%)
0.1	0.9	1,155.12	1,080.83	8.76
0.3	0.3	1,520.30	1,086.84	7.81
0.1	0.7	1,308.66	1,255.60	10.06
0.7	0.9	2,003.90	1,468.50	10.60
0.9	0.9	2,032.77	1,493.52	10.78

#### Parameter Optimal:

- Alpha ( $\alpha$ ): 0.1
- Beta ( $\beta$ ): 0.9

#### 3.3 Hasil Analisis DES

Parameter	Nilai
Alpha ( $\alpha$ ) - level	0.10
Beta ( $\beta$ ) - trend	0.90
RMSE	1,155.12 IDR
MAE	1,080.83 IDR
MAPE	8.76%

#### 3.4 Interpretasi Hasil DES

##### a) Interpretasi Parameter

###### 1. Alpha ( $\alpha = 0.1$ ) - Level Smoothing:

- Bobot rendah pada observasi baru untuk komponen level
- Level berubah secara smooth dan bertahap
- Menghindari overreaction terhadap fluktuasi jangka pendek

## 2. Beta ( $\beta = 0.9$ ) - Trend Smoothing:

- Bobot sangat tinggi pada perubahan trend terkini
- Model sangat responsif terhadap perubahan arah trend
- Dapat menangkap perubahan trend dengan cepat

### b) Interpretasi Akurasi Model

#### 1. RMSE = 1,155.12 IDR

- Error rata-rata sekitar Rp 1,155 per kg
- 26.4% lebih baik dibanding SES
- Error hanya 10.6% dari harga rata-rata

#### 2. MAPE = 8.76%

- Error persentase rata-rata 8.76%
- Masih termasuk kategori "sangat baik" (< 10%)
- Sedikit lebih tinggi dari SES (8.51%) namun RMSE jauh lebih baik

### c) Karakteristik Forecast

Forecast bulan ke depan menunjukkan trend kenaikan linear:

Harga	Prediksi
Bulan 1 (Jun 2024)	Rp 12,077.64
Bulan 6 (Nov 2024)	Rp 12,608.33
Bulan 12 (Mei 2025)	Rp 13,245.15
Kenaikan per bulan	~Rp 106

Ini menunjukkan:

- DES berhasil menangkap trend kenaikan harga beras
- Forecast realistik mengikuti pola historis
- Lebih cocok untuk perencanaan jangka menengah

### 3.5 Visualisasi Hasil DES

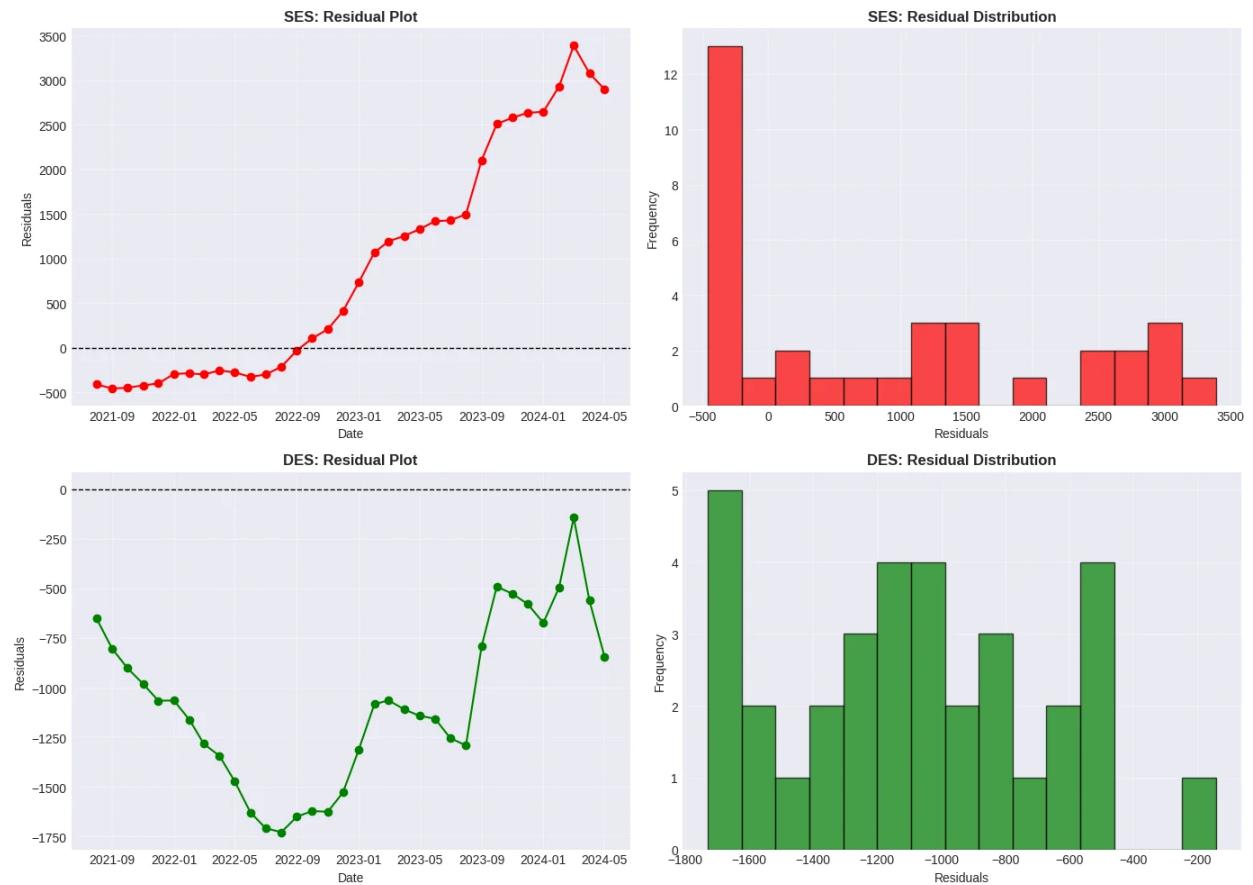


*Gambar 3.1: Hasil Prediksi Double Exponential Smoothing*

Dari grafik di atas terlihat:

- DES menghasilkan prediksi yang mengikuti trend naik (garis hijau)
- Model berhasil menangkap pola kenaikan harga pada periode testing
- RMSE = 1,155 IDR, lebih rendah 26% dari SES
- Prediksi lebih mendekati data aktual dibanding SES

### 3.6 Analisis Residual



Gambar 3.2: Analisis Residual SES dan DES

Dari plot residual terlihat:

#### **SES Residuals:**

- Terdapat pola trend sistematis pada residual (growing pattern)
- Indikasi SES kurang optimal untuk data trending
- Distribusi residual tidak sepenuhnya normal

#### **DES Residuals:**

- Residual lebih terdistribusi merata di sekitar nol
- Tidak ada pola trend yang jelas (good sign)
- Varian residual relatif konstan (homoscedastic)
- Distribusi mendekati normal meskipun ada beberapa outlier

### 3.7 Kelebihan dan Keterbatasan DES

#### **Kelebihan:**

- Dapat menangkap trend linear dalam data

- Akurasi lebih tinggi untuk data trending (RMSE 26% lebih baik)
- Forecast lebih realistik untuk jangka menengah
- Parameter  $\beta$  memungkinkan adaptasi terhadap perubahan trend

**Keterbatasan:**

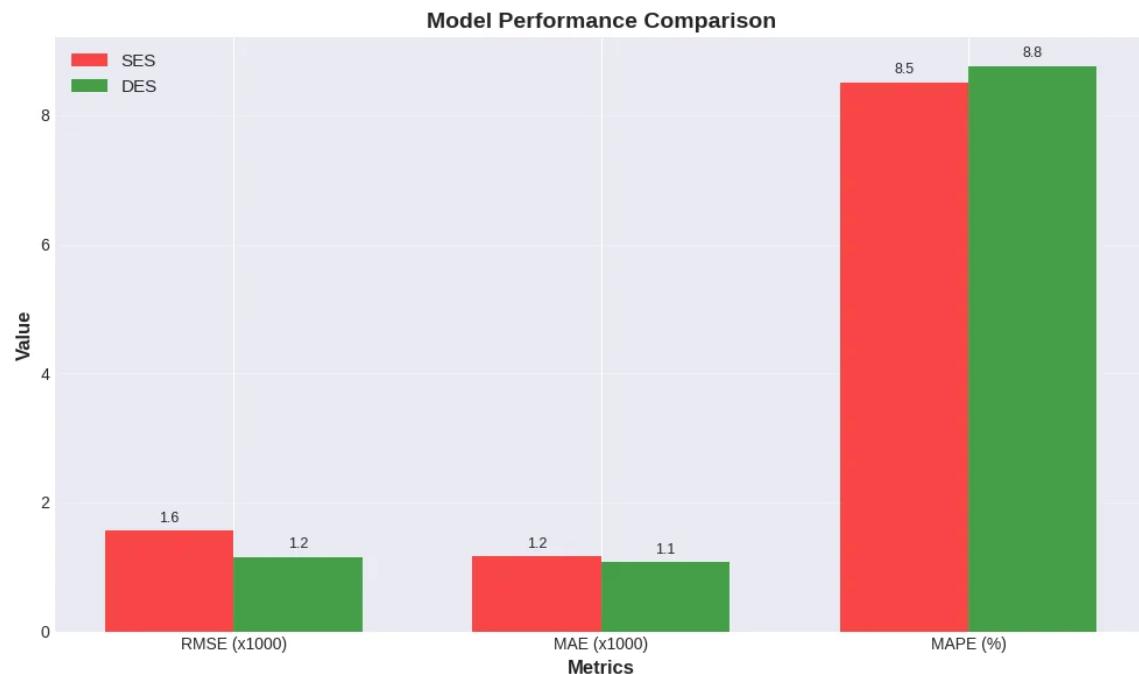
- Lebih kompleks dibanding SES (2 parameter)
- Tidak dapat menangkap pola musiman/seasonal
- Asumsi trend linear mungkin tidak cocok untuk long-term

## 4. PERBANDINGAN MODEL DAN KESIMPULAN

### 4.1 Tabel Perbandingan

Metric	SES	DES	Improvement
RMSE (IDR)	1,569.51	1,155.12	↓ 26.4%
MAE (IDR)	1,171.32	1,080.83	↓ 7.7%
MAPE (%)	8.51	8.76	↑ 2.9%
Alpha ( $\alpha$ )	0.10	0.10	-
Beta ( $\beta$ )	-	0.90	-

### 4.2 Visualisasi Perbandingan



Gambar 4.1: Perbandingan Performa Model SES vs DES

### 4.3 Analisis Komparatif

#### 1. Akurasi Prediksi:

- DES unggul dalam RMSE dan MAE
- SES sedikit lebih baik dalam MAPE
- Overall: DES lebih akurat karena RMSE adalah metrik yang lebih reliable

#### 2. Kemampuan Menangkap Pola:

- SES: Hanya menangkap level/rata-rata
- DES: Berhasil menangkap trend kenaikan harga

### **3. Forecast ke Depan:**

- SES: Prediksi flat Rp 11,836 (tidak realistik)
- DES: Prediksi naik Rp 12,077 → Rp 13,245 (lebih realistik)

### **4.4 Kesimpulan**

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan:

#### **1. Model Terbaik: Double Exponential Smoothing (DES)**

- RMSE 26.4% lebih rendah dari SES
- Mampu menangkap trend kenaikan harga beras
- Forecast lebih realistik untuk perencanaan kebijakan

#### **2. Pola Data Harga Beras:**

- Terdapat trend kenaikan jangka panjang
- Fluktuasi signifikan terjadi periode 2016-2018
- Periode 2022-2024 menunjukkan kenaikan tajam

#### **3. Rekomendasi:**

- Untuk forecasting jangka pendek (1-3 bulan): Kedua model acceptable
- Untuk forecasting jangka menengah (6-12 bulan): DES lebih direkomendasikan
- Untuk analisis lebih lanjut: Pertimbangkan Triple Exponential Smoothing jika ada pola musiman, atau ARIMA untuk akurasi lebih tinggi

#### **4. Implikasi Kebijakan:**

- Forecast DES menunjukkan harga beras akan terus naik hingga Mei 2025
- Pemerintah perlu antisipasi dengan stabilisasi stok pangan nasional
- Monitoring harga pasar secara berkala
- Kebijakan subsidi jika diperlukan untuk menjaga daya beli masyarakat

## **REFERENSI**

2. Hyndman, R.J., & Athanasopoulos, G. (2021). Forecasting: Principles and Practice (3rd ed). OTexts.
3. Lewis, C.D. (1982). Industrial and Business Forecasting Methods. Butterworths.
4. World Food Programme. (2024). Food Prices Database. Humanitarian Data Exchange. Retrieved from <https://data.humdata.org/dataset/wfp-food-prices-for-indonesia>
5. Badan Pusat Statistik Indonesia. (2024). Statistik Harga Konsumen dan Inflasi. <https://www.bps.go.id>
6. Gardner Jr, E. S. (2006). Exponential smoothing: The state of the art—Part II. *International journal of forecasting*, 22(4), 637-666.
7. Holt, C. C. (2004). Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. *International journal of forecasting*, 20(1), 5-10.

## LAMPIRAN

### A. Code Python untuk Analisis

Analisis ini menggunakan Python dengan library berikut:

- pandas: Data manipulation dan preprocessing
- numpy: Komputasi numerik
- matplotlib & seaborn: Visualisasi data
- statsmodels: Implementasi Exponential Smoothing
- sklearn: Metrik evaluasi (RMSE, MAE, MAPE)

### B. Informasi Dataset Lengkap

Atribut	Keterangan
<b>Nama Dataset</b>	WFP Food Prices for Indonesia
<b>Organisasi</b>	World Food Programme (WFP)
<b>Platform</b>	Humanitarian Data Exchange (HDX)
<b>Format File</b>	CSV
<b>Ukuran Dataset</b>	237,360 observasi
<b>Jumlah Kolom</b>	16 kolom
<b>Periode</b>	Januari 2007 - Mei 2024
<b>Update Terakhir</b>	Mei 2024
<b>Lisensi</b>	Creative Commons Attribution
<b>Kategori</b>	Food Security, Economics
<b>Tags</b>	food prices, market prices, commodities