



# **Peramalan Nilai Emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia**

**menggunakan Holt-Winters  
Double Exponential Smoothing**

oleh **Kelompok 3** – STK352 K2 Minor

---



disusun oleh :

Nurul Fathi Qurrotul'aini	- G54180027
Ayudya Salsabila	- G54190060
Dimas Agus Putera	- G54190064
Laudza Muhammad Afif T.	- G64190052
M. Iqbal	- G64190074

# Daftar Isi

---

## 01 Pendahuluan

Penjelasan Latar Belakang dan Permasalahan Topik

## 03 Metode

Penjelasan Sumber Data, Peubah yang Diamati, dan Prosedur Analisis

## 05 Kesimpulan

Kesimpulan serta Langkah-langkah yang dapat Diambil

## 02 Tujuan

Penjelasan mengenai Tujuan yang ingin Dicapai

## 04 Pembahasan

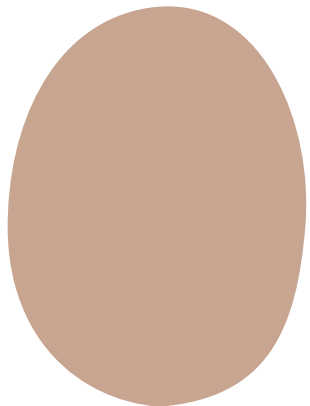
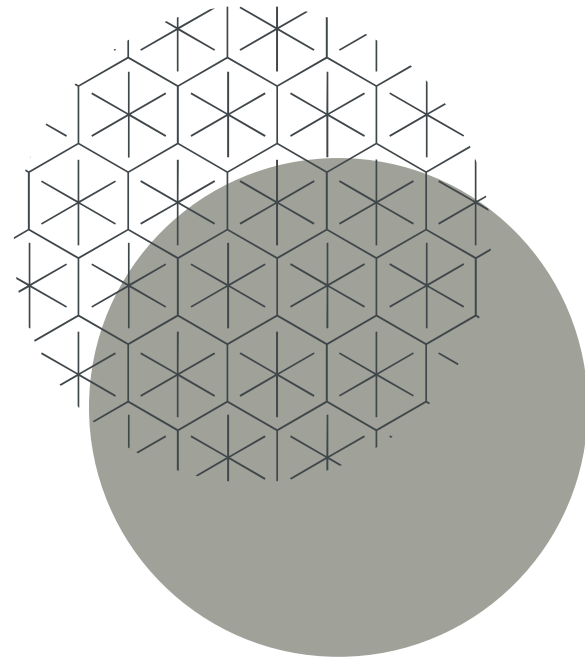
Eksplorasi Data, Aplikasi Metode Smoothing, dan Analisis

01

# Pendahuluan

---

Penjelasan Latar Belakang dan  
Permasalahan Topik



# Latar Belakang

Perubahan pada pola cuaca jangka panjang yang terjadi dalam skala global.

(Setiani 2020)

## Perubahan Iklim

Emisi CO<sub>2</sub> yang selalu meningkat menjadi salah satu aspek penting perubahan iklim.



## Peramalan

Untuk dapat mengetahui bagaimana kondisi emisi CO<sub>2</sub> di beberapa tahun ke depan.



# 02

## Tujuan

Penjelasan mengenai Tujuan yang ingin Dicapai

Membangun **model pemulusan** deret waktu nilai emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia

Menghitung nilai **peramalan** emisi CO<sub>2</sub> pada beberapa periode kedepan

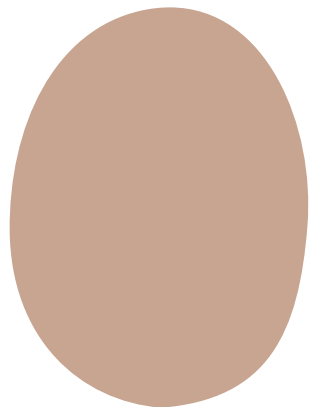
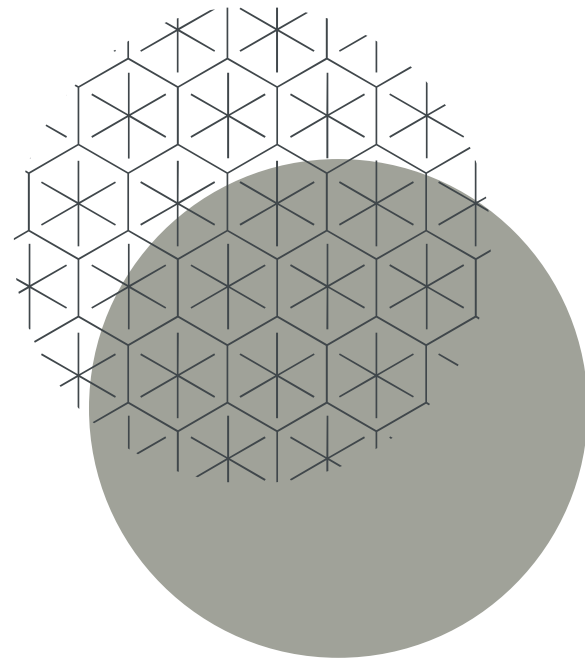
Mengetahui **dampak** tingginya emisi CO<sub>2</sub> beserta langkah-langkah yang dapat diambil dalam **upaya mencegah** perubahan iklim

## 03

# Metode

---

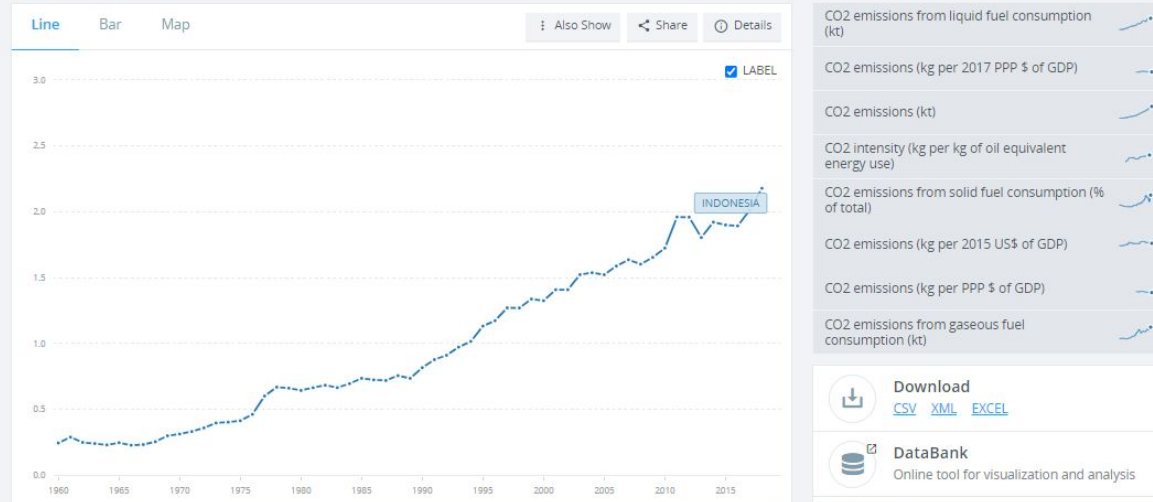
Penjelasan Sumber Data, Peubah  
yang Diamati, dan Prosedur  
Analisis



## CO2 emissions (metric tons per capita) - Indonesia

Data for up to 1990 are sourced from Carbon Dioxide Information Analysis Center, Environmental Sciences Division, Oak Ridge National Laboratory, Tennessee, United States. Data from 1990 are CAIT data: Climate Watch. 2020. GHG Emissions. Washington, DC: World Resources Institute. Available at: [climatewatchdata.org/ghg-emissions](https://climatewatchdata.org/ghg-emissions). See SP.POP.TOTL for the denominator's source.

License: Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) [🔗](#)



## Sumber Data

Data merupakan olahan dari Pusat Analisis Informasi Karbon Dioksida, Divisi Ilmu Lingkungan, Laboratorium Nasional Oak Ridge, Tennessee, Amerika Serikat.

Link : <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC?locations=ID>



# Peubah yang Diamati

Selain periode yang direpresentasikan sebagai “Tahun”, satu-satunya peubah yang lain yang ada pada data tersebut adalah **Nilai Emisi CO<sub>2</sub>** dalam satuan **Metrics Ton per Capita**.

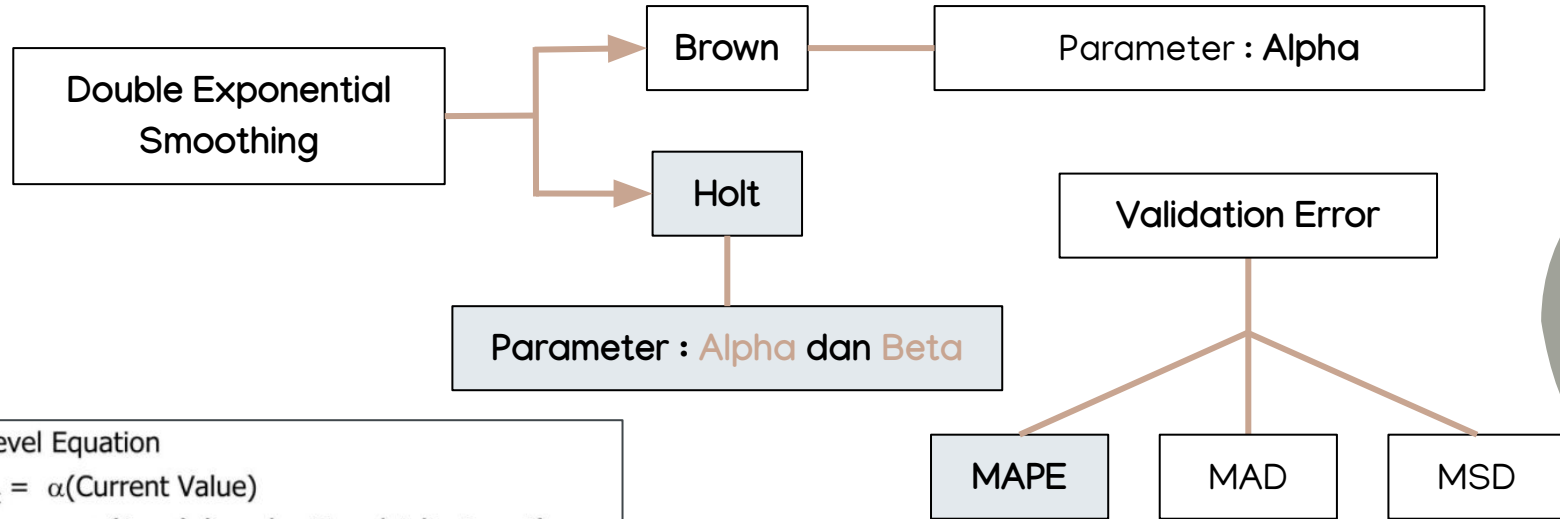
Apa maksud satuan pada peubah di atas?

Dalam konteks Emisi CO<sub>2</sub>, satuan tersebut berarti **kadar CO<sub>2</sub>** sejumlah **1 Ton** (1000 kg) yang dihasilkan oleh suatu negara **per penduduk**-nya.

Peubah tersebut memiliki detail sebagai berikut.

Count	Mean	Median	Variance
59	0.974	0.755	0.349

# Metode Penghalusan dan Validasi



- Level Equation

$$L_t = \alpha(\text{Current Value}) + (1 - \alpha) (\text{Level} + \text{Trend Adjustment})_{t-1}$$

$$L_t = \alpha X_t + (1 - \alpha) (L_{t-1} + T_{t-1})$$

- Trend Equation

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

- Forecasting Equation

$$F_t(k) = L_t + k T_t$$

## Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

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

# Prosedur Penghalusan dan Peramalan

---

Membuat **plot** data untuk mengetahui **pola data**

Mempartisi data menjadi **Data Training** dan **Data Testing**

Membangun **model terbaik** (Error Minimum) menggunakan Data Training

Menerapkan model pada Data Testing disertai **Parameter Tuning**

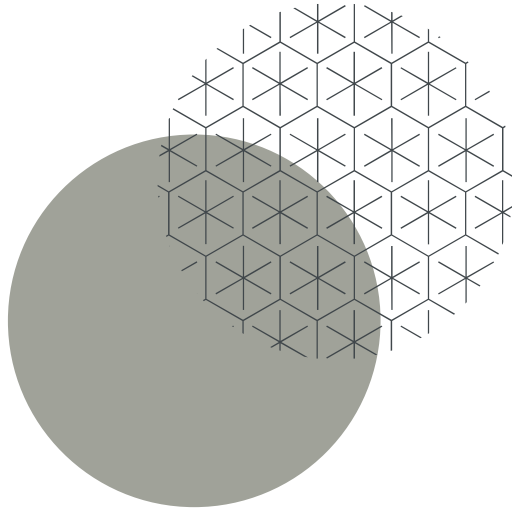
Menggabungkan kembali data dan melakukan **peramalan**

04

# Pembahasan

---

Eksplorasi Data, Aplikasi Metode  
Smoothing, dan Analisis



# Eksplorasi Data (I)

Data yang diambil dari sumber berupa berkas **.xlsx** yang menampilkan seluruh data nilai emisi CO<sub>2</sub> di **200 negara** dari tahun 1960–2018.

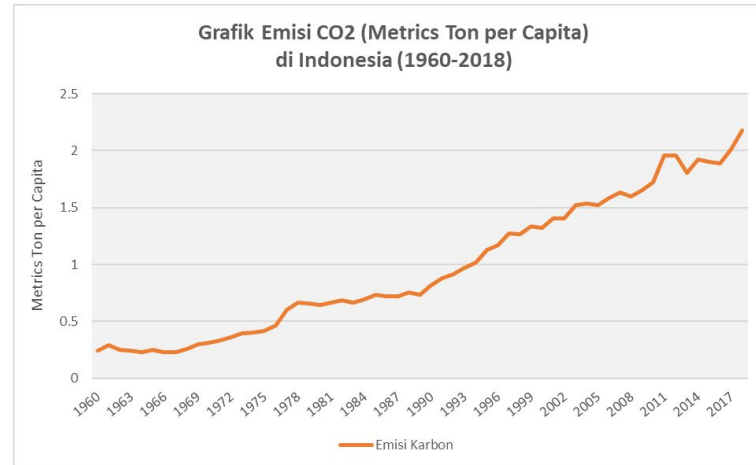
5	Country Name	Country C	Indicator Name	Indicator Code	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966
6	Aruba	ABW	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC							
7	Africa Eastern and Southern	AFE	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC	0.90606	0.922474	0.930816	0.94057	0.996033	1.04728	1.033908
8	Afghanistan	AFG	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC	0.046057	0.053589	0.073721	0.074161	0.086174	0.101285	0.107399
9	Africa Western and Central	AFW	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC	0.09088	0.095283	0.096612	0.112376	0.133258	0.184803	0.193676
10	Angola	AGO	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC	0.100835	0.082204	0.210533	0.202739	0.213562	0.205891	0.268937
11	Albania	ALB	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC	1.258195	1.374186	1.439956	1.181681	1.111742	1.166099	1.333055
12	Andorra	AND	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC							
13	Arab World	ARB	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC	0.609268	0.662618	0.727117	0.853116	0.972381	1.138674	1.251997
14	United Arab Emirates	ARE	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC	0.119037	0.109136	0.163542	0.175833	0.132815	0.146822	0.160452
15	Argentina	ARG	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC	2.383343	2.458551	2.538447	2.330685	2.553442	2.656466	2.806896
16	Armenia	ARM	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC							
17	American Samoa	ASM	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC							
18	Antigua and Barbuda	ATG	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC	0.677418	0.866667	1.838457	1.487469	1.590448	2.561321	5.814611
19	Australia	AUS	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC	8.582937	8.641569	8.835688	9.22644	9.759073	10.62232	10.32809
20	Austria	AUT	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC	4.373319	4.496362	4.755362	5.155194	5.391004	5.252197	5.361725
21	Azerbaijan	AZE	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC							
22	Burundi	BDI	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC			0.015136	0.016081	0.015752	0.011851	0.015036
23	Belgium	BEL	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC	9.941594	10.10387	10.64119	11.38693	11.05365	11.14166	11.04202
24	Benin	BEN	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC	0.066354	0.052049	0.054209	0.047588	0.055304	0.057115	0.042383
25	Burkina Faso	BFA	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC	0.009112	0.01873	0.017003	0.017504	0.021575	0.019841	0.019534
26	Bangladesh	BGD	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC	0.294805	0.296924	0.317336	0.354674	0.354201	0.360641	0.355616
27	Bulgaria	BGR	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC	2.833901	3.26992	3.835892	4.259781	5.262988	5.645652	5.905437
28	Bahrain	BHR	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC	3.544435	10.54897	9.191856	6.710613	8.742028	6.554084	3.384305
29	Bahamas, The	BHS	CO2 emissions (metric tons per capita)	EN.ATM.CO2E.PC	3.749626	4.746245	5.995987	5.557806	8.118111	9.399207	7.465217

## Eksplorasi Data (2)

Dari keseluruhan data, dilakukan **reduksi** dan **transformasi** sehingga data hanya menampilkan nilai emisi CO<sub>2</sub> untuk negara **Indonesia** pada tahun 1960–2018.

No.	Year	Emission
1	1960	0.243920444
2	1961	0.288847528
3	1962	0.248553409
4	1963	0.239783195
5	1964	0.229458195
6	1965	0.246241473
7	1966	0.227084338
8	1967	0.232007107
9	1968	0.253602314
10	1969	0.298784274
11	1970	0.312064909
12	1971	0.330738851
13	1972	0.358132823
14	1973	0.395605913

• • • •



terlihat data memiliki **pola tren positif**.

## Eksplorasi Data (3)

---

Dari eksplorasi data sebelumnya, diperoleh informasi bahwa :

- Tidak ditemukan nilai Emisi CO<sub>2</sub> yang **kosong** (*NULL*) di setiap tahun.
- Melalui metode Visualisasi Data, Z-Scoring (threshold=3), dan Interquartile Range (IQR), tidak ditemukan **noise** maupun **outlier** pada data.
- Atribut yang akan diproses hanya **satu**, yakni Nilai Emisi CO<sub>2</sub>.

Dapat disimpulkan bahwa data telah dapat dikatakan “bersih” dan tidak perlu dilakukan pra-proses data lebih lanjut.

---

Untuk membuat model **Smoothing** dan **Forecast** yang baik, maka data akan dipartisi dengan perbandingan antara Training dan Testing sebesar **7 : 3** karena ukuran data relatif kecil.

# Aplikasi Metode Smoothing : Excel (I)

Membuat tabel seperti di bawah ini.

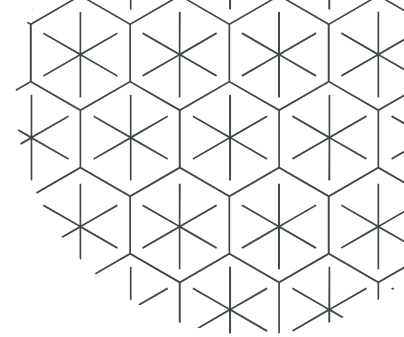
Diisi menggunakan nilai yang diperoleh dari **regresi** linear antara nilai emisi terhadap urutan periode.

No.	Year	Actual (Xt)	Level (Lt)	Trend (Tt)	Smoothing (St)	Forecast (Ft)	Error	Percentage Error
0								
1	1960	0.243920444						
2	1961	0.288847528						
3	1962	0.248553409						
4	1963	0.239783195						
5	1964	0.229458195						
6	1965	0.246241473						
7	1966	0.227084338						
8	1967	0.232007107						
9	1968	0.253602314						
10	1969	0.298784274						
11	1970	0.312064909						
12	1971	0.330738851						
13	1972	0.358132823						
14	1973	0.395605913						
15	1974	0.402292488						
16	1975	0.412942076						

• • • •



# Aplikasi Metode Smoothing : Excel (2)



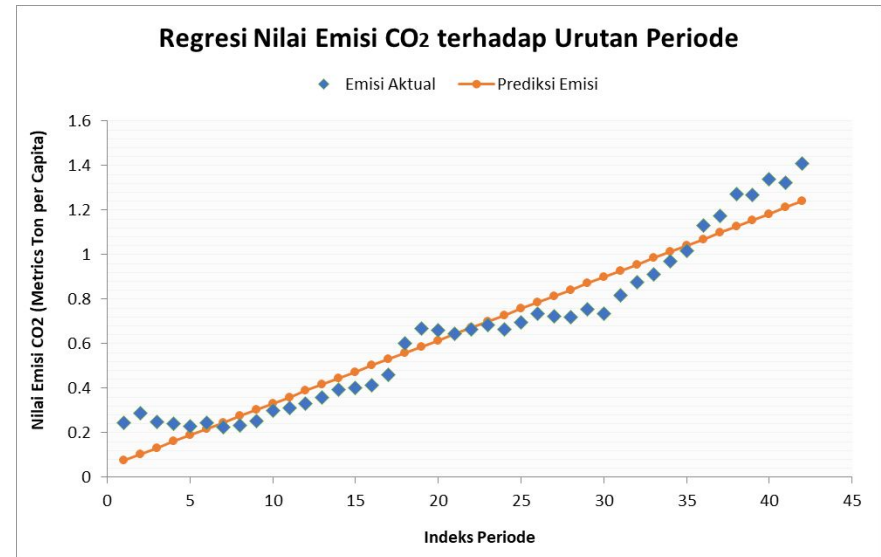
Dengan menggunakan fungsi **Data Analysis: Regression**, diperoleh nilai :

ANOVA		
	df	SS
Regression	1	4.977254288
Residual	40	0.339203378
Total	41	5.316457666
	Coefficients	Standard Error
Intercept	0.047201826	0.028933967
X Variable 1	0.028401072	0.001172303

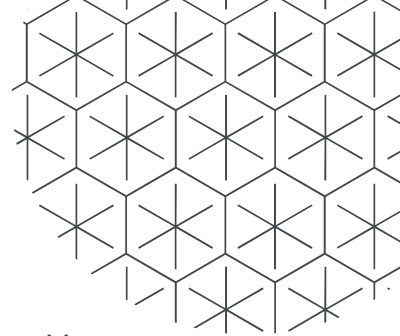
Sehingga dapat disimpulkan bahwa :

$L_0$  : 0.0472

$T_0$  : 0.0284



## Aplikasi Metode Smoothing : Excel (3)



Mengisi seluruh sel pada Data Training berdasarkan formula DES.

Menetapkan nilai parameter **Alpha** dan **Beta** agar nilai Error (MAPE) **seminimal** mungkin.

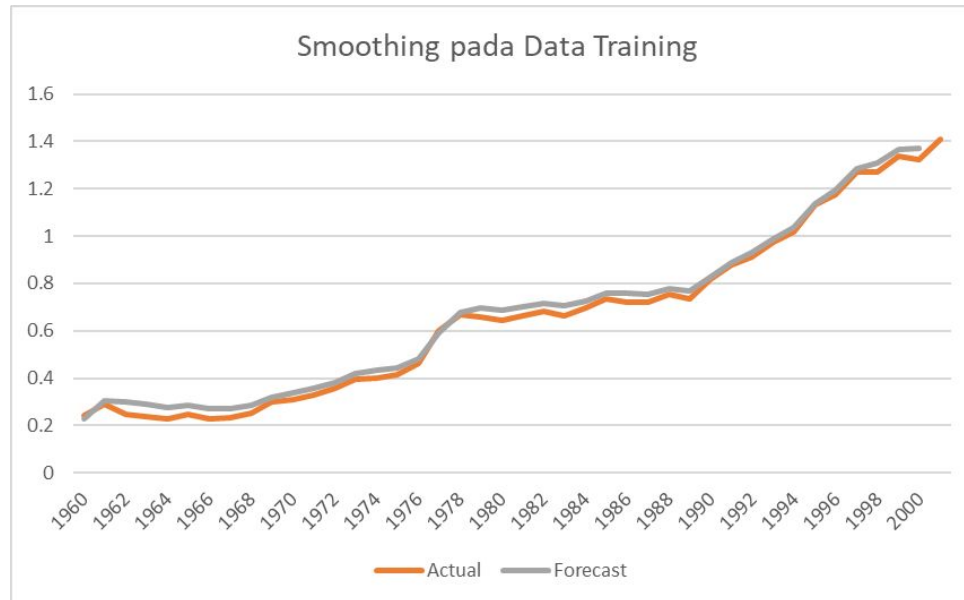
- Menggunakan Fungsi **Solver** dengan constraint  $0 \leq \text{Alpha}, \text{Beta} \leq 1$
- Membuat matriks perbandingan nilai MAPE dengan parameter Alpha dan Beta

		Alpha					
Beta		0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
	0	13.9004	11.7578	9.06242	7.7341	6.79781	5.9185
	0.2	13.9004	13.3476	10.4665	8.56979	7.0589	6.21792
	0.4	13.9004	15.6617	11.2199	8.52069	6.7207	6.60795
	0.6	13.9004	16.6864	11.0136	8.03185	7.09542	7.03977
	0.8	13.9004	16.2592	10.9005	8.09369	7.48893	7.3812
	1	13.9004	15.7125	10.8805	8.02652	8.00364	8.08425

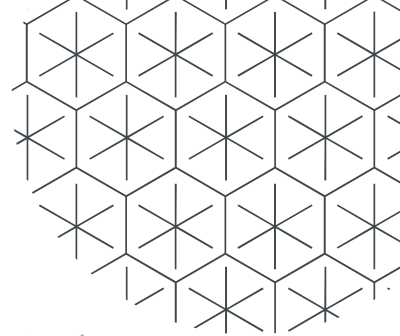
Kedua metode di atas sama-sama menghasilkan keluaran  
**Alpha = 1** dan **Beta = 0**.

# Aplikasi Metode Smoothing : Excel (4)

Berikut merupakan grafik yang menunjukkan hasil Smoothing pada Data Training dengan menggunakan parameter yang optimum.



# Aplikasi Metode Smoothing : Excel (5)



Menerapkan parameter yang diperoleh pada Data Training ke Data Testing.

Menetapkan nilai parameter **Alpha** dan **Beta** model dengan melakukan **parameter tuning** untuk meminimumkan MAPE pada Data Testing.

Digunakan matriks perbandingan nilai MAPE berdasarkan Alpha dan Beta yang **dekat** dari nilai yang diperoleh dari Data Training sebelumnya.

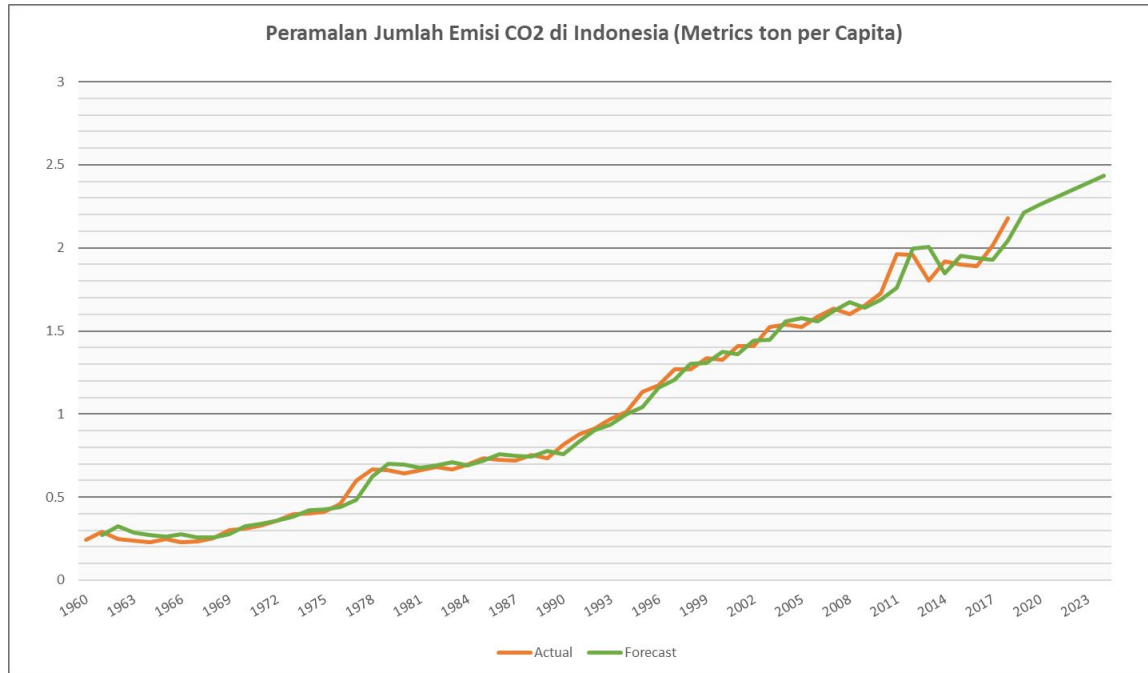
	Alpha					
		0.8	0.85	0.9	0.95	1
Beta	0.15	4.55887	4.62155	4.72266	4.86028	5.03365
	0.1	3.76417	3.8075	3.86729	3.94336	4.03586
	0.05	2.96779	2.964	2.95963	2.95886	2.97404
	0	5.43102	5.32317	5.20921	5.1022	4.99128

Nilai MAPE minimum dari model di atas diperoleh apabila

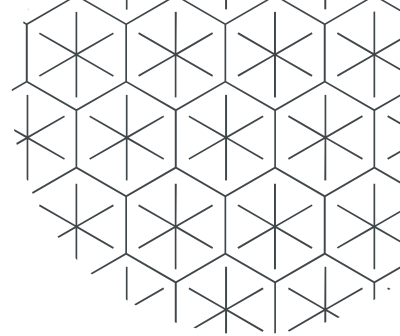
**Alpha = 0.95** dan **Beta = 0.05** ← Parameter yang digunakan untuk **Forecast**.

# Aplikasi Metode Smoothing : Excel (6)

Berikut merupakan grafik yang menunjukkan hasil Forecasting 6 periode ke depan dengan menggunakan gabungan antara Data Training dan Testing.



# Aplikasi Metode Smoothing : Rstudio (I)



Pencarian parameter alpha dan beta optimum dengan menggunakan data latih. Untuk nilai inisialisasinya digunakan NULL agar model dapat menentukan nilai optimumnya secara otomatis.

```
Call:
HoltWinters(x = data.train.ts, alpha = NULL, beta = NULL, gamma = FALSE)

Smoothing parameters:
alpha: 1
beta : 0.1645039
gamma: FALSE
```

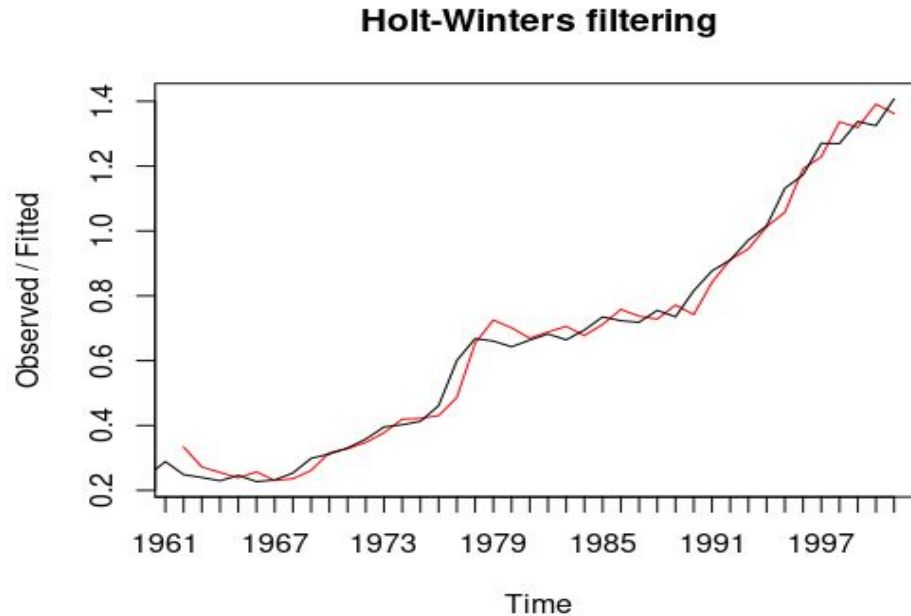
```
> # Count error
> e.train = data.train.des$fitted[,2] - data.train.ts
> n.train = length(data.train.ts)
> MAPE.train = (sum(abs(e.train)/data.train.ts)/n.train)*100
> MAPE.train
[1] 5.651132
```

Nilai **MAPE = 5.651** dengan **Alpha = 1** dan **Beta = 0.1645** pada data latih.

• • • •

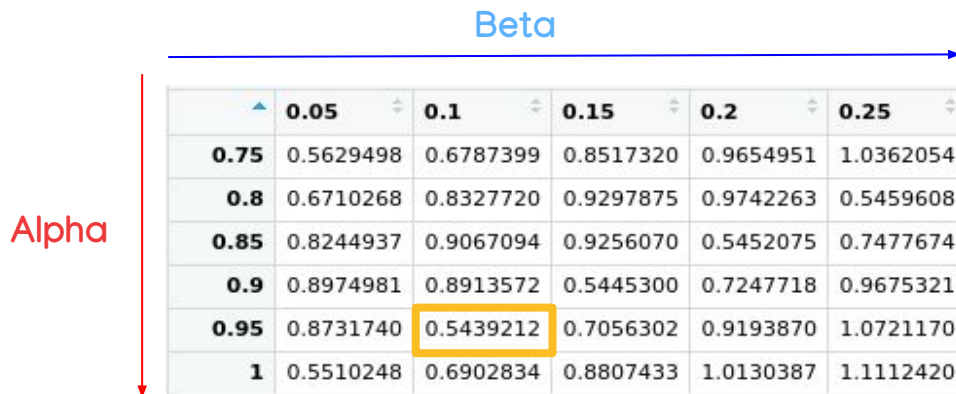
# Aplikasi Metode Smoothing : Rstudio (2)

Berikut grafik hasil Smoothing pada data latih dengan parameter alpha dan beta optimum.



## Aplikasi Metode Smoothing : Rstudio (3)

Menerapkan nilai alpha dan beta optimum data latih pada data uji dengan parameter tuning untuk meminimumkan MAPE pada data uji. Digunakan matriks perbandingan dengan nilai Alpha dan Beta yang terdekat.



The table shows the MAPE values for different combinations of Alpha and Beta. The minimum MAPE value is 0.5439212, which occurs at Alpha = 0.95 and Beta = 0.1.

		Beta				
		0.05	0.1	0.15	0.2	0.25
Alpha	0.75	0.5629498	0.6787399	0.8517320	0.9654951	1.0362054
	0.8	0.6710268	0.8327720	0.9297875	0.9742263	0.5459608
	0.85	0.8244937	0.9067094	0.9256070	0.5452075	0.7477674
	0.9	0.8974981	0.8913572	0.5445300	0.7247718	0.9675321
	0.95	0.8731740	0.5439212	0.7056302	0.9193870	1.0721170
	1	0.5510248	0.6902834	0.8807433	1.0130387	1.1112420

Nilai **MAPE minimum = 0.5439212** dengan **Alpha = 0.95**, **Beta = 0.1** ← Model terbaik

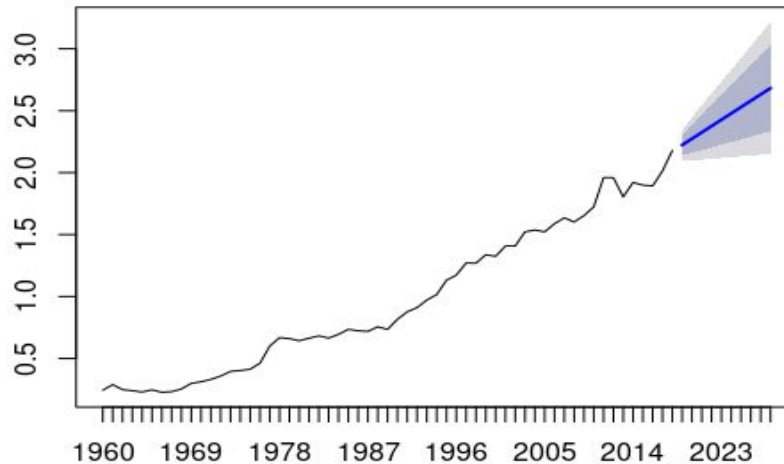


# Aplikasi Metode Smoothing : Rstudio (4)

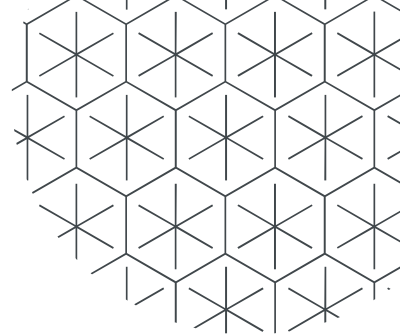
Dilakukan peramalan data gabungan (latih + uji) untuk 10 periode kedepan model terbaik ( $\text{Alpha} = 0.95$ ,  $\text{Beta} = 0.1$ ).



Forecasts from HoltWinters



# Analisis Hasil (Smoothing Error)



Proses pemuluan dengan **model terbaik** pada Data Training dengan nilai **Alpha = 1** dan **Beta = 0**, menghasilkan Error :

MAD : 0.03109  
MSD : 0.00152  
MAPE : 5.91850 %

Penerapan model di atas pada Data Testing disertai **Parameter Tuning** dengan nilai **Alpha = 0.95** dan **Beta = 0.05**, menghasilkan Error :

MAD : 0.05463  
MSD : 0.00584  
MAPE : 2.95886 %

Penerapan **model final** di atas pada Data Gabungan, menghasilkan Error :

MAD : 0.04309  
MSD : 0.00347  
MAPE : 5.54040 %

## Analisis Hasil (Forecast)

Berdasarkan model final yang diperoleh sebelumnya dengan nilai  $\text{Alpha} = 0.95$  dan  $\text{Beta} = 0.05$ , berikut merupakan hasil Forecast untuk beberapa periode ke depan.

Tahun	Nilai Emisi CO <sub>2</sub>
2019	2.21535
2020	2.25883
2021	2.30231
2022	2.34579
2023	2.38927
2024	2.43275

Secara naif, apabila tren peningkatan jumlah emisi ini tidak diubah, maka pada Tahun 2050 angka tersebut menjadi

**3.56322** Ton per Kapita

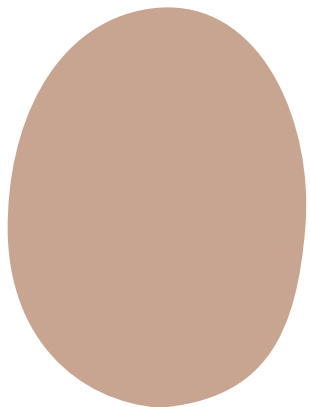
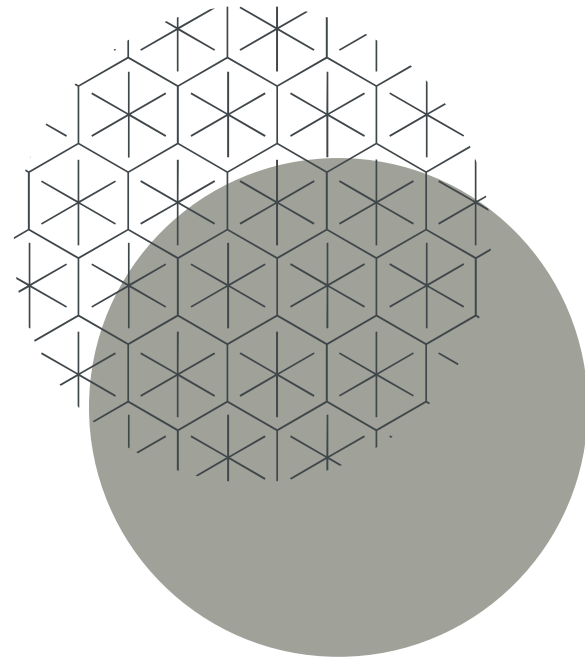
Begitu pula seterusnya hingga suhu permukaan bumi terus menaik sampai pada akhirnya planet kita menjadi **tidak layak huni** dalam beberapa ratus tahun ke depan.

## 05

# Kesimpulan

---

Kesimpulan serta  
Langkah-langkah yang dapat Diambil



# Kesimpulan

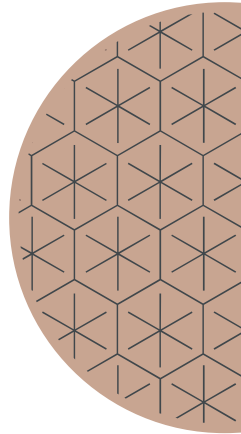
---

- Model pemulusan dan peramalan menggunakan metode Holt–Winters Double Exponential Smoothing dengan nilai  $\text{Alpha} = 0.95$  dan  $\text{Beta} = 0.05$ .
- Hasil pemulusan beserta peramalan banyaknya emisi CO<sub>2</sub> adalah emisi CO<sub>2</sub> akan terus **meningkat** dari tahun ke tahun.  
Hal ini berjalan sesuai dengan pola data itu sendiri, yakni **Pola Tren Positif**.

Implikasi dari meningkatnya jumlah CO<sub>2</sub> yang dilepas ke udara adalah **efek rumah kaca**. Apabila hal ini terus berlangsung dalam rentang waktu yang lama, maka akan terjadi kenaikan suhu permukaan bumi yang dapat mengakibatkan **perubahan iklim**.

Efek domino dari peristiwa tersebut adalah mencairnya es di kutub yang dapat mengakibatkan **naiknya permukaan air laut**. **Menurunnya kualitas air, gelombang panas berkepanjangan, kekeringan, kebakaran hutan, cuaca yang sulit diprediksi, serta menurunnya intensitas panen bahan baku makanan.**

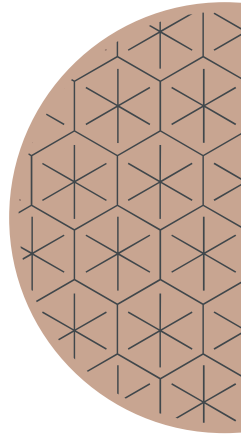
Seluruh hal tersebut jelas mengancam kesejahteraan umat manusia di bumi.



# Langkah-langkah yang Dapat Diambil

---

- Mengurangi penggunaan kendaraan bertenaga fosil atau beralih ke moda transportasi umum.
- Menjaga kelestarian hutan dan aktif melakukan aksi menanam pohon.
- Mengurangi konsumsi daging, utamanya daging sapi.
- Mengurangi penggunaan AC dan pemanas air.
- Menerapkan prinsip Reduce, Reuse, dan Recycle.
- Senantiasa mengingatkan orang terdekat untuk sadar akan bahaya dari perubahan iklim.

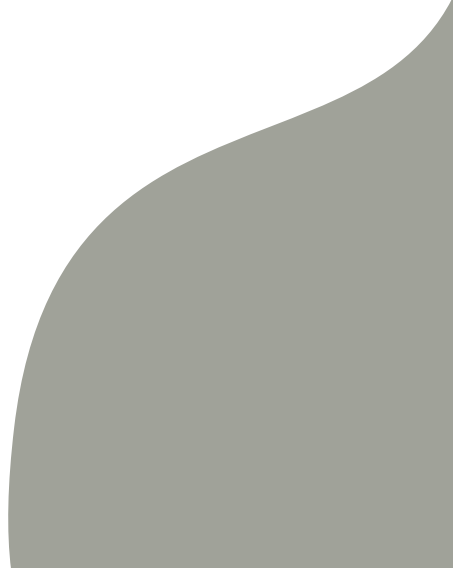




# **Danke schön!**

---

Is there any Question?



# Saran Pasca Presentasi

---

