

## Prediksi Emisi CO<sub>2</sub> dengan Analisis Runtun Waktu

*Primadina Hasanah<sup>1</sup>, Irma Fitria<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Program studi Matematika, Jurusan Matematika dan Teknologi Informasi, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan. Email: *primadina@itk.ac.id*

<sup>2</sup> Program studi Matematika, Jurusan Matematika dan Teknologi Informasi, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan. Email: *irma.fitria@itk.ac.id*

---

### Abstract

Global warming is caused by various factors, one of them is the emission of CO<sub>2</sub>. Time series data of CO<sub>2</sub> emission will be analyzed using moving average and exponential smoothing to forecast the CO<sub>2</sub> emission of the period ahead. Both models provide estimates of forecasting based on the average value of the previous data and can be used for forecasting time series data containing trend component. The best models are selected based on the smallest error value based on the criteria of MAPE, MSD, and MAD

*Keywords:* time series models, moving average, exponential smoothing.

---

### Abstrak

*Pemanasan global disebabkan oleh berbagai faktor, salah satunya adalah emisi gas CO<sub>2</sub>. Data runtun waktu emisi CO<sub>2</sub> akan dianalisis menggunakan metode runtun waktu moving average dan exponential smoothing untuk memprediksi emisi CO<sub>2</sub> periode ke depan. Kedua model ini memberikan nilai estimasi peramalan berdasarkan rata-rata dari data runtun waktu sebelumnya serta dapat digunakan untuk peramalan data runtun waktu yang memuat komponen trend. Model terbaik dipilih berdasarkan nilai error terkecil berdasarkan kriteria MAPE, MSD, dan MAD.*

*Kata Kunci:* data runtun waktu, exponential smoothing, moving average

---

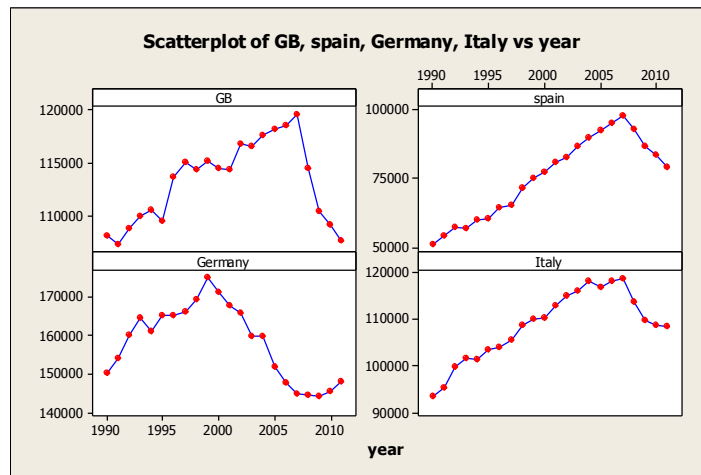
### 1. Pendahuluan

*Global warming* telah menjadi ancaman serius bagi keseimbangan alam. Emisi gas rumah kaca yang semakin meningkat menyebabkan kenaikan suhu bumi dan menipisnya lapisan ozon di muka bumi (Hecke, 2009). Salah satu gas rumah kaca yang jumlahnya makin meningkat adalah gas CO<sub>2</sub>. Emisi gas CO<sub>2</sub> meningkat seiring dengan peningkatan jumlah kendaraan bermotor, aktifitas industri, transportasi, dan lainnya (BMKG). Pengukuran emisi CO<sub>2</sub> selalu dilakukan secara berkala. Informasi emisi CO<sub>2</sub> bermanfaat sebagai kontrol terhadap lingkungan.

Bahaya dari emisi CO<sub>2</sub> sudah menjadi perhatian dari beberapa negara maju, Misalkan negara-negara di Eropa. Penggunaan bahan bakar fosil sudah mulai dialihkan ke bahan bakar yang ramah lingkungan untuk mengurangi efek emisi gas rumah kaca. Sektor penyumbang emisi gas CO<sub>2</sub> yang paling besar antara lain dari sektor transportasi (EEA). Plot data emisi CO<sub>2</sub> yang berasal dari transportasi jalan raya dari beberapa negara di Eropa dari tahun 1990 hingga 2011 dapat dilihat pada Gambar 1.

Data emisi CO<sub>2</sub> merupakan bentuk data runtun waktu. Beberapa metode dalam analisis data runtun waktu yaitu menggunakan model *moving average*, *smoothing*, regresi linear, ARCH dan GARCH. Model model regresi linear digunakan untuk estimasi data runtun waktu yang memiliki hubungan sebab akibat antara variable predictor dan respon. Sedangkan model ARCH/GARCH digunakan untuk analisis data yang memiliki volatilitas yang tinggi. Model moving average dan smoothing merupakan model sederhana yang dapat digunakan untuk meramalkan data runtun waktu. Kedua model ini memberikan nilai estimasi peramalan berdasarkan rata-rata dari data runtun waktu sebelumnya. Model *moving average* dan *smoothing* juga dapat digunakan pada data yang mengandung trend (Makridakis, 1998).

Terdapat beberapa kriteria kesalahan yang dapat dipakai untuk menentukan model terbaik, yaitu *mean square error* (MSD), *mean absolute percentage error* (MAPE), dan *mean absolute deviation* (MAD). Model peramalan terbaik adalah model yang memberikan error atau kesalahan yang paling kecil (Makridakis, 1998).



Gambar 1 : Plot emisi CO<sub>2</sub> pada beberapa negara Eropa  
 Sumber: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data>

## 2. Metode

Pemilihan metode untuk menganalisis data runtun waktu bergantung pada sifat dan karakteristik data yang akan dianalisis. Jika data runtun waktu bersifat stasioner maka dapat digunakan naïve model, single moving average dan single exponential smoothing. Apabila terdapat trend dalam data maka dapat menggunakan double moving average dan double exponential smoothing, tetapi jika terdapat faktor musiman dalam data maka dapat menggunakan analisis model winter (Makridakis, 1998). Dari plot data runtun waktu terlihat bahwa komponen trend terdapat pada data dari Spanyol dan Italia, sedangkan pada data dari Jerman dan Inggris tidak terdapat komponen trend. Data emisi CO<sub>2</sub> dari beberapa negara tersebut akan dianalisis menggunakan metode *moving average* dan *exponential smoothing* untuk meramalkan data pada periode berikutnya.

### 2.1 Moving Average

Rataan Bergerak memuluskan data dengan meratakan observasi secara berurutan pada sebuah runtun dan memberikan peramalan jangka pendek [1]. Persamaan untuk menghitung peramalan data ke depan dengan *single moving average* yaitu:

$$M_t = \hat{Y}_{t+1} = \frac{(Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-n+1})}{n} \quad (1)$$

Prosedur ini dapat digunakan sebagai pilihan ketika data-data tidak mempunyai sebuah trend dan musiman. Apabila terdapat trend dalam data maka digunakan metode double moving average yaitu:

$$M'_t = \frac{(M_t + M_{t-1} + \dots + M_{t-n+1})}{n} \quad (2)$$

$$a_t = 2M_t - M'_t \quad (3)$$

$$b_t = \frac{2}{n-1} (M_t - M'_t) \quad (4)$$

$$\hat{Y}_{t+p} = a_t + b_t p \quad (5)$$

Dimana  $\hat{Y}_{t+p}$  adalah peramalan  $P$  periode ke depan.

### 2.2 Exponential Smoothing

Metode *exponential smoothing* merupakan pengembangan dari metode *Moving Average*. Dalam metode ini peramalan dilakukan dengan mengulang perhitungan secara terus menerus dengan menggunakan data terbaru. Setiap data diberi bobot, data yang lebih baru diberi bobot yang lebih besar (Makridakis, 1998). Peramalan data  $t + 1$  menggunakan *single exponential smoothing* yaitu:

$$F_{t+1} = \alpha X_t + (1 - \alpha)F_t \quad (7)$$

Data yang mengandung trend dianalisis dengan metode *double exponential smoothing*, yaitu:

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (8)$$

$$T_t = \square (L_t - L_{t-1}) + (1 - \square)T_{t-1} \quad (9)$$

$$\hat{Y}_t = L_{t-1} + T_{t-1} \quad (10)$$

dimana

$L_t$  = Level saat waktu  $t$

$T_t$  = Trend saat waktu  $t$

$\alpha$  = Bobot parameter untuk level

$\square$  = Bobot parameter untuk trend

$Y_t$  = Nilai data saat  $t$

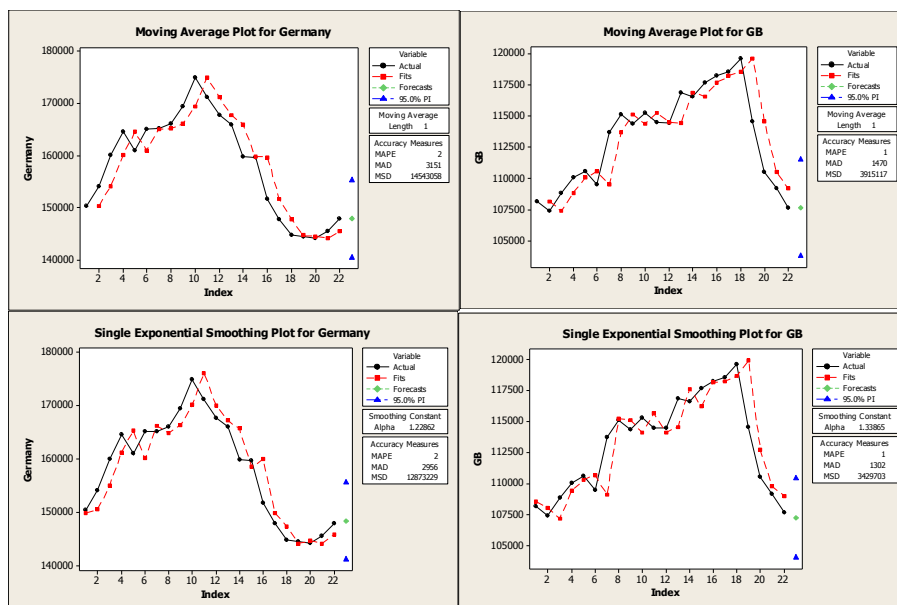
$\hat{Y}_t$  = Nilai dugaan, atau peramalan satu langkah ke depan saat  $t$ .

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil peramalan untuk data yang tidak mengandung trend dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1 : Hasil peramalan data emisi CO<sub>2</sub> Jerman dan Inggris

	Kriteria	Single Moving Average	Single Exponential Smoothing
Jerman	MAPE	2	2
	MAD	3151	2956
	MSD	14543058	12873229
Inggris	MAPE	1	1
	MAD	1470	1302
	MSD	3915117	3429703



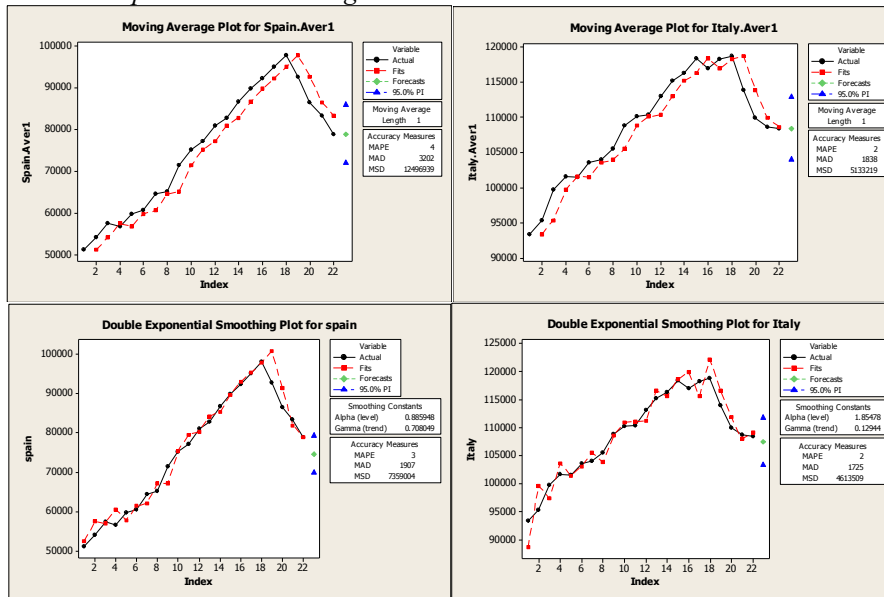
Gambar 2 : Plot Data vs Fits Untuk Data Emisi CO<sub>2</sub> Jerman dan Inggris

Berdasarkan kriteria error MAPE, MAD, dan MSD diperoleh model terbaik menggunakan single exponential smoothing. Peramalan emisi gas CO<sub>2</sub> di Jerman dan Inggris untuk satu periode ke depan yaitu:

Tabel 2 : Prediksi Emisi Gas CO<sub>2</sub> Untuk Jerman Dan Inggris

	Forecast	Lower	Upper
Germany	148346	141105	155587
GB	107206	104017	110395

Peramalan untuk data yang mengandung trend dilakukan dengan menggunakan metode *double moving average* dan *double exponential smoothing*.



Gambar 3 : Plot Data vs Fits Untuk Data Emisi CO<sub>2</sub> Spanyol Dan Italia

Hasil peramalan untuk data yang mengandung trend dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3 : Hasil peramalan data emisi CO<sub>2</sub> Spanyol dan Italia

	Kriteria	Double Moving Average	Double Exponential Smoothing
Spain	MAPE	4	3
	MAD	3202	1907
	MSD	12496939	7359004
Italy	MAPE	2	2
	MAD	1838	1725
	MSD	5133219	4613509

Berdasarkan kriteria error MAPE, MAD, dan MSD diperoleh error terkecil pada model Double Exponential Smoothing.

Tabel 4 : Peramalan emisi CO<sub>2</sub> Spanyol dan Italia

	FORECAST	LOWER	UPPER
SPAIN	74605.4	69934.3	79276.6
ITALY	107496	103270	111722

#### 4. Kesimpulan

Peramalan emisi CO<sub>2</sub> dari beberapa negara eropa dengan analisis runtun waktu dilakukan dengan menggunakan metode *moving average* dan *exponential smoothing*. Melalui perbandingan error yang dihasilkan diperoleh peramalan model terbaik dengan *exponential smoothing*. Emisi CO<sub>2</sub> akan meningkat pada periode ke depan sehingga diperlukan langkah antisipasi untuk menurunkan emisinya.

#### References

<http://www.bmkg.go.id/>

<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data>

Makridakis, S. G., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (1998). *Forecasting: methods and applications*, John Wiley & Sons.

Hecke, V. and Tanja. (2009) 'Time series analysis to forecast temperature change' in International peer reviewed article, Belgium: University College Ghent.