

**PERAMALAN INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA MENGGUNAKAN
METODE *DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING*
(STUDI KASUS: DATA IPM KOTA AMBON)**

***Forecasting The Human Development Index Using Double Exponential Smoothing Method
(Case Study: HDI Data of Ambon City)***

Lusye Bakarbesy^{1*}, Novita Serly Laamena²

¹Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pattimura

²Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pattimura
Jl. Ir. M. Putuhena - Kampus Unpatti Poka, Ambon, 97233, Maluku, Indonesia

E-mail Corresponding Author: lusye.bakarbesy@fmipa.unpatti.ac.id

Abstrak: Indeks Pembangunan Manusia (IPM) adalah indikator yg digunakan untuk mengukur tingkat pembangunan manusia. Setiap daerah harus bisa memastikan bahwa IPM daerahnya mengalami peningkatan setiap tahunnya. Oleh karena itu, penting untuk melakukan peramalan. Penelitian ini menggunakan data IPM Kota Ambon tahun 2010 hingga 2020 yang berpola *trend* dan bersumber dari Badan Pusat Statistik Kota Ambon. Data yang menunjukkan suatu *trend* dapat diramalkan dengan menggunakan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing*. Pemilihan paramater terbaik didasarkan pada metode *trial and error*. Untuk metode *Double Exponential Smoothing* dari Brown, parameter terbaik yang diperoleh adalah alpha 0,9 sedangkan untuk metode *Double Exponential Smoothing* dari Holt, diperoleh parameter terbaik alpha 0,9 dan gamma 0,7. Hasil peramalan menunjukkan metode terbaik adalah *Double Exponential Smoothing* dari Holt dengan nilai MSE 0,08 dan IPM untuk tahun 2021, 2022, dan 2023, berturut-turut sebesar 81,10; 81,32; dan 81,54.

Kata Kunci: *Double Exponential Smoothing*, Indeks Pembangunan Manusia, MAD, MAPE, MSE.

Abstract: *The Human Development Index (HDI) is an indicator used to measure the level of human development. Every region must be able to ensure their regional HDI increases every year. Therefore, it is important to forecast. This study uses HDI data for the City of Ambon from 2010 to 2020 with a trend pattern sourced from Badan Pusat Statistik of Ambon City. If the data shows a trend, we can use the Double Exponential Smoothing forecasting method. The selection of the best parameters is based on the trial-and-error method. For the Double Exponential Smoothing method from Brown, the best parameters were alpha 0,9, while for the Double Exponential Smoothing method from Holt, the best parameters were alpha 0,9 and gamma 0,7. The forecasting results show that the best method is Holt with an MSE value of 0,08 and HDI for 2021, 2022, and 2023, respectively, of 81.10, 81.32, and 81.54.*

Keywords: *Double Exponential Smoothing, Human Development Index, MAD, MSE, MAPE.*

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi suatu daerah dipengaruhi oleh proses perkembangan manusianya. Pertumbuhan ekonomi suatu daerah menunjukkan seberapa besar kualitas sumber daya manusia yang dimiliki daerah itu. Tujuan dalam pembangunan bangsa adalah manusia yang berkualitas [1]. Ukuran kualitas manusia pada suatu wilayah merupakan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) [2]. Pembangunan manusia merupakan salah satu indikator terciptanya pembangunan yang mampu mendorong pertumbuhan ekonomi. IPM memiliki pengaruh yang signifikan terhadap laju pertumbuhan ekonomi [3]. Konsep IPM pertama kali dipublikasikan oleh *United Nation Development Program* (UNDP) melalui *Human Development Report* tahun 1996, yang menyatakan bahwa pembangunan manusia didefinisikan sebagai “*a process of enlarging people’s choices*” atau proses yang

meningkatkan aspek kehidupan masyarakat, yang didasari oleh 3 kemampuan dasar, yaitu usia yang panjang dan hidup sehat, tingkat pendidikan yang memadai, dan standar hidup yang layak [4]. Lebih lanjut, [5] menyatakan bahwa kondisi ketika kesehatan baik, perekonomian meningkat, tingkat pendidikan yang tinggi, serta kualitas hidup yang layak itulah kesejahteraan. Tingkat keberhasilan pembangunan manusia dapat dinilai dalam skala kecil melalui kemampuan masyarakat dalam menyelesaikan permasalahan yang paling mendasar. Beberapa permasalahan mendasar ini meliputi kemiskinan, pengangguran, buta huruf, ketahanan pangan, dan penegakan demokrasi. IPM juga dijadikan acuan untuk mengklasifikasikan apakah suatu negara dikategorikan negara maju, negara berkembang, atau negara terbelakang. Semakin tinggi nilai IPM suatu wilayah maka semakin baik pencapaian pembangunan manusianya. IPM berbanding lurus dengan pertumbuhan ekonomi. Semakin tinggi nilai IPM suatu wilayah maka semakin baik pertumbuhan ekonomi di wilayah tersebut. Tingkat pembangunan manusia yang tinggi sangat menentukan kemampuan masyarakat dalam menyerap dan mengelola sumber-sumber pertumbuhan ekonomi, baik kaitannya dengan teknologi maupun terhadap kelembagaan sebagai sarana penting untuk mencapai pertumbuhan ekonomi.

Data mengenai IPM setiap tahun secara resmi dikeluarkan pemerintah melalui Badan Pusat Statistik (BPS). Dengan melihat angka IPM dari waktu ke waktu, BPS dapat mengevaluasi efektivitas kebijakan pembangunan yang telah diterapkan dan mengukur dampaknya terhadap kesejahteraan masyarakat. Setiap daerah harus bisa memastikan bahwa IPM daerahnya mengalami peningkatan setiap tahunnya. Oleh karena itu, peramalan IPM diperlukan. Peramalan merupakan alat bantu yang penting dalam perencanaan yang efektif dan efisien. Salah satu metode peramalan dalam statistik untuk data runtun waktu ialah pemulusan eksponensial (*Exponential Smoothing*). Metode *Exponential Smoothing* merupakan metode peramalan yang dikembangkan untuk mengatasi permasalahan yang muncul pada metode peramalan sebelumnya. Metode ini menunjukkan pembobotan menurun secara eksponensial terhadap nilai pengamatan yang lebih lama, dimana nilai yang lebih baru akan mendapat bobot yang lebih besar.

Penelitian sehubungan dengan peramalan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* telah banyak dilakukan sebelumnya. [6] dan [7] melakukan peramalan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* satu parameter dari Brown, [2] dan [8] menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* dua parameter dari Holt, [9] dan [10] menggabungkan metode Brown dan Holt, namun [9] melanjutkan tahapan dengan melakukan verifikasi hasil peramalan menggunakan grafik pengendali *tracking signal*. [11], [12], [13] melakukan peramalan dengan membandingkan beberapa metode pada *exponential smoothing*, [14] membandingkan *Double Exponential Smoothing* dengan *Simple Moving Average*, dan [15] membandingkan *Double Exponential Smoothing* dengan *Double Moving Average*.

Penelitian ini membahas peramalan IPM Kota Ambon. Data yang digunakan ialah data IPM tahun 2010 hingga 2020 yang berpola *trend* sehingga dapat diramalkan dengan menggunakan dua metode peramalan yakni *Double Exponential Smoothing* satu parameter dari Brown dan *Double Exponential Smoothing* dua parameter dari Holt. Selanjutnya dilakukan pengukuran ketepatan peramalan menggunakan ukuran *Mean Absolute Deviation* (MAD), *Mean Square Error* (MSE), dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk mengetahui model peramalan yang lebih baik.

2. METODOLOGI

2.1 Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari BPS Indonesia melalui situs resmi web BPS untuk IPM Kota Ambon tahun 2010 hingga 2020 [16]. Pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan bantuan *software* MS Excel dan Minitab.

2.2 Metode Analisis

Penelitian ini menggunakan metode peramalan *double eskponential smoothing*. Metode ini digunakan untuk meramal atau memprediksi nilai-nilai masa depan dari suatu data deret waktu yang memiliki *trend* atau kecenderungan dan juga komponen musiman yang relatif rendah. Metode *Double Exponential Smoothing* terdiri atas *Double Exponential Smoothing* satu parameter dari Brown dan *Double Exponential Smoothing* dua parameter dari Holt.

2.2.1 Metode *Double Exponential Smoothing* Satu Parameter dari Brown

Metode *Double Exponential Smoothing* satu parameter dari Brown dikembangkan untuk mengatasi perbedaan yang muncul antara data aktual dan nilai peramalan apabila ada *trend* pada pola datanya. Adapun rumus yang digunakan dalam metode *Double Exponential Smoothing* satu parameter dari Brown dapat ditentukan berdasarkan Persamaan (1)-(5)[15].

- a. Menghitung nilai pemulusan pertama

$$S'_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \quad (1)$$

- b. Menghitung nilai pemulusan kedua

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \quad (2)$$

- c. Menghitung nilai Konstanta

$$a_t = S'_t + (S'_t - S''_t) = 2S'_t - S''_t \quad (3)$$

- d. Menghitung nilai slope

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S'_t - S''_t) \quad (4)$$

- e. Menghitung nilai peramalan

$$F_{t+m} = a_t + b_t (m) \quad (5)$$

dengan:

- S'_t : Nilai *single exponential* pada periode t
- S''_t : Nilai *double exponential* pada periode t
- S'_{t-1} : Nilai *single exponential* pada periode $t - 1$
- S''_{t-1} : Nilai *double exponential* pada periode $t - 1$
- Y_t : Nilai aktual pada periode t
- α : Parameter *exponential smoothing* ($0 < \alpha < 1$)
- a_t : Nilai konstanta pemulusan
- b_t : Nilai *trend* periode t
- m : Periode ke depan yang akan diramalkan
- F_{t+m} : Hasil peramalan untuk m periode ke depan

Pada saat $t = 1$, nilai S'_{t-1} dan S''_{t-1} tidak tersedia sehingga Persamaan (1) dan (2) tidak dapat digunakan. Karena nilai-nilai tersebut harus ditentukan pada awal periode, maka untuk mengatasi masalah tersebut dapat dilakukan dengan menetapkan S'_t dan S''_t sama dengan nilai Y_t (nilai aktual) atau dengan menggunakan suatu nilai rata-rata dari beberapa nilai pertama sebagai titik awal.

2.2.2 Metode *Double Exponential Smoothing* Dua Parameter dari Holt

Metode *Double Exponential Smoothing* dua parameter dari Holt pada prinsipnya adalah serupa dengan Brown, kecuali bahwa Holt tidak menggunakan rumus pemulusan berganda secara langsung. Sebagai gantinya, Holt memuluskan nilai *trend* dengan parameter yang berbeda dari parameter yang digunakan pada pemulusan data yang asli. Adapun rumus yang digunakan dalam metode *Double Exponential Smoothing* dua parameter dari Holt dapat dilihat pada Persamaan (6)-(8)[15]:

- a. Menghitung nilai pemulusan pertama (*Single Exponential Smoothing*)

$$S'_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) (S'_{t-1} + b_{t-1}) \quad (6)$$

b. Menghitung nilai pemulusan *trend*

$$b_t = \gamma (S'_t - S'_{t-1}) + (1 - \gamma) b_{t-1} \quad (7)$$

c. Menghitung nilai ramalan

$$F_{t+m} = S'_t + b_t (m) \quad (8)$$

dengan:

S'_t : Nilai *Single Exponential* pada periode t

S'_{t-1} : Nilai *Single Exponential* pada periode $t - 1$

Y_t : Nilai aktual pada periode t

α : Parameter *Exponential Smoothing* ($0 < \alpha < 1$)

a_t : Nilai konstanta pemulusan

b_t : Nilai *trend* pada periode t

γ : Parameter *trend smoothing* ($0 < \gamma < 1$)

m : Periode ke depan yang akan diramalkan

F_{t+m} : Hasil peramalan untuk m periode ke depan

2.2.3 Akurasi Kesalahan Peramalan

Ketepatan dan keakuratan dari sebuah hasil peramalan mempunyai peran yang sangat penting dalam meramalkan nilai di masa yang akan datang. Kesalahan ramalan menyebabkan perencanaan menjadi kurang akurat, sehingga kesalahan tersebut dapat menyebabkan resiko. Keakuratan dan ketepatan tersebut dapat dinyatakan sebagai akurasi kesalahan dalam peramalan. Untuk memperoleh ketepatan hasil peramalan pada penelitian ini akan dihitung menggunakan MAD, MSE, dan MAPE.

1. Mean Absolute Deviation (MAD)

MAD merupakan suatu model yang digunakan untuk mengukur kesalahan peramalan secara keseluruhan dalam sebuah model peramalan. Nilai MAD dapat dihitung dengan Persamaan (9)[12].

$$MAD = \frac{(\sum_{t=1}^n (|Y_t - F_{t+m}|))}{n} \quad (9)$$

dengan:

Y_t : nilai aktual pada periode ke- t

F_{t+m} : nilai ramalan pada periode ke- t

n : banyaknya periode

2. Mean Square Error (MSE)

MSE merupakan selisih antara nilai rata-rata yang diramalkan dengan nilai yang diamati. Nilai MSE dapat dihitung dengan Persamaan (10)[1].

$$MSE = \frac{(\sum_{t=1}^n (|Y_t - F_{t+m}|)^2)}{n} \quad (10)$$

dengan:

Y_t : nilai aktual pada periode ke- t

F_{t+m} : nilai ramalan pada periode ke- t

n : banyaknya periode

3. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE merupakan rata-rata persentase kesalahan absolut yang dihitung dengan mencari nilai absolut galat di setiap periode, kemudian membaginya dengan nilai pengamatan aktual, dan selanjutnya dikalikan dengan persentase absolut galat. Nilai MAPE dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (11)[9].

$$MAPE = \frac{100 \times \sum_{t=1}^n \frac{|Y_t - F_{t+m}|}{Y_t}}{n} \quad (11)$$

dengan:

- Y_t : nilai aktual pada periode ke- t
 F_{t+m} : nilai ramalan pada periode ke- t
 n : banyaknya periode

2.3 Prosedur Analisis

Prosedur analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Membuat plot data deret waktu agar memudahkan dalam melakukan identifikasi pola data.
- Melakukan inisiasi nilai awal untuk masing-masing metode *Double Exponential Smoothing*.
- Melakukan pemodelan untuk masing-masing metode *Double Exponential Smoothing*.
- Menentukan nilai konstanta yang optimum untuk masing-masing metode yang berarti bahwa nilai konstanta tersebut akan menghasilkan nilai MAPE dan MAD yang minimum dari metode *Double Exponential Smoothing* yang digunakan.
- Melakukan peramalan dengan masing-masing metode *Double Exponential Smoothing*.
- Langkah terakhir adalah membandingkan ukuran ketepatan untuk masing-masing metode.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Statistik Deskriptif

Data IPM Kota Ambon dari tahun 2010 sampai 2020 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. IPM Kota Ambon Tahun 2010-2020

Tahun	IPM
2010	76,07
2011	76,70
2012	77,49
2013	78,16
2014	79,09
2015	79,30
2016	79,55
2017	79,82
2018	80,24
2019	80,81
2020	80,84

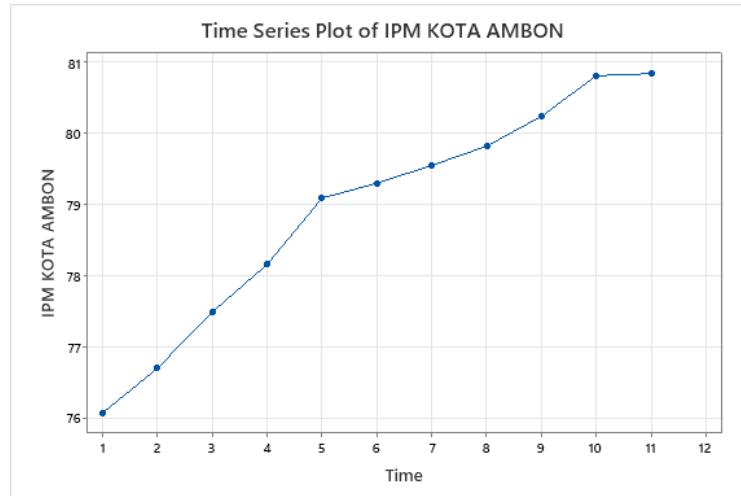
Pada Tabel 1, terlihat bahwa IPM Kota Ambon sejak tahun 2010 mengalami kenaikan setiap tahunnya. Statistik deskriptif dari IPM Kota Ambon dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Statistik Deskriptif

Statistik Deskriptif	Nilai
Maksimum	80,84
Minimum	76,07
Rata-rata	78,92

Statistik Deskriptif	Nilai
Median	79,30
Standar Deviasi	1,61

Berdasarkan Tabel 2, nilai IPM terbesar adalah 80,84 pada tahun 2020. IPM terendah tahun 2010 sebesar 76,07, rata-rata 78,92, median 79,30, dan standari deviasi 1,61. *Time Series Plot* dari IPM Kota Ambon tahun 2010-2020 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Time Series Plot* IPM Kota Ambon

Time Series Plot menunjukkan adanya *trend* pada data IPM Kota Ambon sehingga tepat jika peramalan dilakukan menggunakan *Double Exponential Smoothing*.

3.2 Metode *Double Exponential Smoothing* dari Brown

Pemilihan parameter yang memberikan hasil prediksi terbaik dilakukan menggunakan metode *trial-and-error* [9]. Interval parameter yang digunakan adalah $0 < \alpha < 1$. Dalam penelitian ini, proses *smoothing* dilakukan dengan menggunakan nilai alpha dari 0,1 sampai 0,9 sehingga *trial-and-error* dilakukan sebanyak 9 kali. Setelah itu dilakukan perhitungan untuk menentukan akurasi kesalahan peramalan menggunakan MAD, MSE, dan MAPE. Nilai Kesalahan peramalan menggunakan MAD, MSE, dan MAPE dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Akurasi Kesalahan Peramalan

Alpha	MAD	MSE	MAPE
0,1	1,70	2,98	2,14
0,2	0,83	0,92	1,05
0,3	0,48	0,43	0,61
0,4	0,40	0,27	0,51
0,5	0,38	0,19	0,48
0,6	0,35	0,17	0,43
0,7	0,30	0,12	0,38
0,8	0,26	0,10	0,33
0,9	0,25	0,10	0,30

Berdasarkan nilai akurasi pada Tabel 3, kesalahan peramalan terkecil ada pada nilai parameter $\alpha = 0,9$ dengan MAD 0,25; MSE 0,10; dan MAPE 0,30, sehingga peramalan dapat dilakukan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* dari Brown dengan parameter $\alpha = 0,9$. Hasil pemulusan dan peramalan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* dari Brown dengan parameter $\alpha = 0,9$ dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Smoothing dan Peramalan untuk $\alpha = 0,9$

Tahun	Y_t	S'_t	S''_t	α_t	b_t	F_{t+m}
2010	76,07	76,07	76,07	76,07		
2011	76,70	76,64	76,58	76,69	0,51	
2012	77,49	77,40	77,32	77,49	0,74	77,20
2013	78,16	78,08	78,01	78,16	0,69	78,23
2014	79,09	78,99	78,89	79,09	0,88	78,85
2015	79,30	79,27	79,23	79,31	0,34	79,97
2016	79,55	79,52	79,49	79,55	0,26	79,65
2017	79,82	79,79	79,76	79,82	0,27	79,81
2018	80,24	80,20	80,15	80,24	0,39	80,09
2019	80,81	80,75	80,69	80,81	0,54	80,63
2020	80,84	80,83	80,82	80,85	0,13	81,35

Selanjutnya akan dilakukan peramalan untuk 3 tahun ke depan yaitu tahun 2021, 2022 dan 2023 (Y_{t+1} , Y_{t+2} dan Y_{t+3}) dengan $t = 11$.

- Peramalan untuk Y_{t+1} (Tahun 2021), $t = 11$ dan $m = 1$

$$F_{t+m} = \alpha_t + b_t (m)$$

$$F_{11+1} = \alpha_{11} + b_{11} (1)$$

$$F_{12} = 80,85 + 0,13 (1)$$

$$= 80,85 + 0,13$$

$$= 80,98$$

- Peramalan untuk Y_{t+2} (Tahun 2022), $t = 11$ dan $m = 2$

$$F_{t+m} = \alpha_t + b_t (m)$$

$$F_{11+2} = \alpha_{13} + b_{13} (2)$$

$$F_{13} = 80,85 + 0,13 (2)$$

$$= 80,85 + 0,26$$

$$= 81,11$$

- Peramalan untuk Y_{t+3} (Tahun 2023), $t = 11$ dan $m = 3$

$$F_{t+m} = \alpha_t + b_t (m)$$

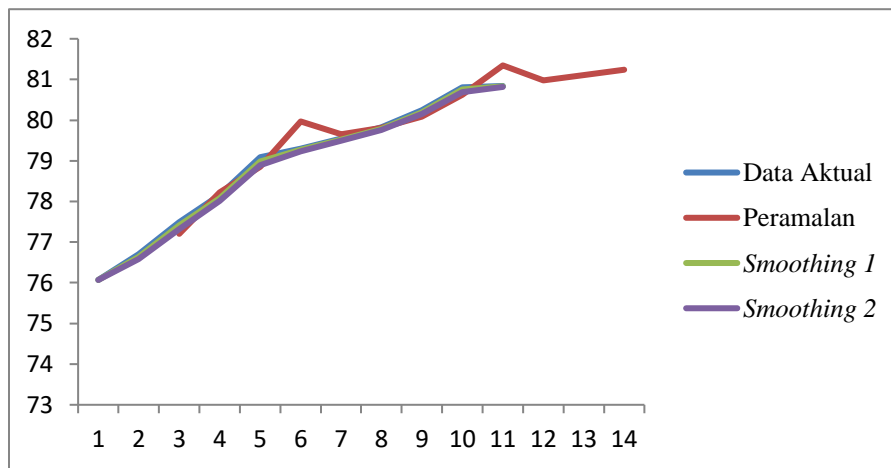
$$F_{11+3} = \alpha_{13} + b_{13} (3)$$

$$F_{14} = 80,85 + 0,13 (3)$$

$$= 80,85 + 0,39$$

$$= 81,24$$

Data aktual, *smoothing* pertama, *smoothing* kedua dan peramalan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Data Aktual, Smoothing, dan Peramalan

3.3 Double Exponential Smoothing dari Holt

Penentuan parameter terbaik pada metode *Double Exponential Smoothing* dari Brown, sama dengan metode *Double Exponential Smoothing* dari Brown, yaitu menggunakan *trial-and-error*. Namun Holt memiliki dua parameter *smoothing*. Interval parameter yang digunakan adalah $0 < \alpha < 1$ dan $0 < \gamma < 1$. Dalam penelitian ini, proses *smoothing* dilakukan dengan menggunakan nilai alpha dan gamma dari 0,1 sampai 0,9 sehingga *trial-and-error* dilakukan sebanyak 81 kali [9], dan setelah itu dilakukan perhitungan untuk menentukan akurasi kesalahan peramalan menggunakan MAD, MSE, dan MAPE. Nilai Kesalahan peramalan menggunakan MAD, MSE, dan MAPE dapat dilihat pada Tabel 5.

Nilai akurasi kesalahan peramalan menggunakan MAD, MSE, dan MAPE untuk 9 dari 81 pasang nilai alpha dan gamma menggunakan metode *trial-and-error* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Akurasi Kesalahan Peramalan

α	γ	MAD	MSE	MAPE
0,1	0,3	0,55	0,45	0,70
0,2	0,5	0,48	0,30	0,61
0,3	0,9	0,33	0,16	0,41
0,4	0,7	0,31	0,13	0,39
0,5	0,9	0,28	0,11	0,35
0,7	0,3	0,28	0,10	0,35
0,8	0,2	0,27	0,10	0,34
0,9	0,7	0,24	0,08	0,30
0,9	0,9	0,24	0,09	0,30

Berdasarkan Tabel 5, nilai akurasi kesalahan peramalan yang terkecil adalah nilai pada parameter $\alpha = 0,9$ dan $\gamma = 0,7$ dengan MAD 0,24; MSE 0,08; dan MAPE 0,30 sehingga dapat dilakukan peramalan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* dari Holt dengan parameter $\alpha = 0,9$ dan $\gamma = 0,7$.

Hasil pemulusan dan peramalan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* dari Holt dengan parameter $\alpha = 0,9$ dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Smoothing dan Peramalan untuk $\alpha = 0,9$ dan $\gamma = 0,7$

Tahun	Y_t	S_t	b_t	F_{t+m}
2010	76,07	76,07	0,63	
2011	76,70	76,70	0,63	
2012	77,49	77,47	0,73	77,33

Tahun	Y_t	S_t	b_t	F_{t+m}
2013	78,16	78,16	0,70	78,20
2014	79,09	79,07	0,84	78,87
2015	79,30	79,36	0,46	79,91
2016	79,55	79,58	0,29	79,82
2017	79,82	79,82	0,26	79,87
2018	80,24	80,22	0,36	80,08
2019	80,81	80,79	0,50	80,58
2020	80,84	80,88	0,22	81,29

Selanjutnya akan dilakukan peramalan untuk 3 tahun ke depan yaitu tahun 2021, 2022, dan 2023 (Y_{t+1} , Y_{t+2} dan Y_{t+3}) dengan $t = 11$.

- Peramalan untuk Y_{t+1} (Tahun 2021), $t = 11$ dan $m = 1$

$$F_{t+m} = S_t + T_t (m)$$

$$F_{11+1} = S_{11} + T_{11} (1)$$

$$F_{12} = 80,88 + 0,22 (1)$$

$$= 80,88 + 0,22$$

$$= 81,10$$

- Peramalan untuk Y_{t+2} (Tahun 2022), $t = 11$ dan $m = 2$

$$F_{t+m} = \alpha_t + b_t (m)$$

$$F_{11+2} = \alpha_{13} + b_{13} (2)$$

$$F_{13} = 80,88 + 0,22 (2)$$

$$= 80,88 + 0,44$$

$$= 81,32$$

- Peramalan untuk Y_{t+3} (Tahun 2023), $t = 11$ dan $m = 3$

$$F_{t+m} = \alpha_t + b_t (m)$$

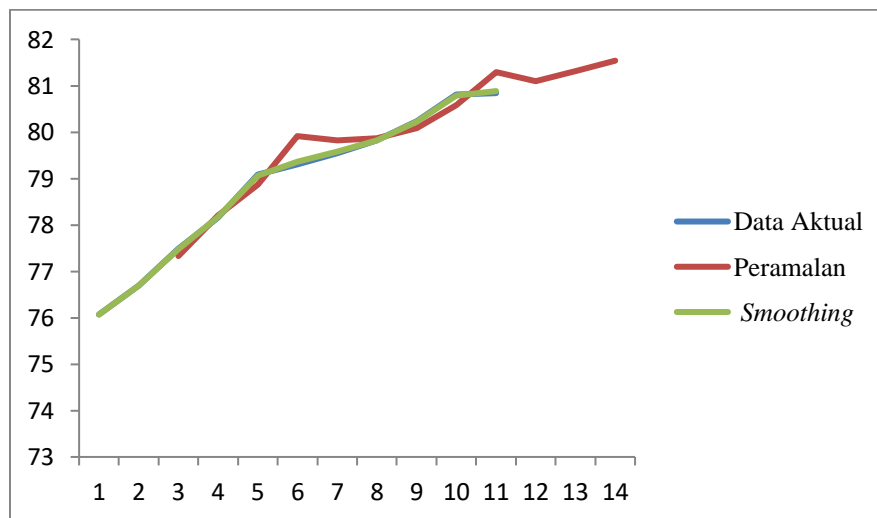
$$F_{11+3} = \alpha_{13} + b_{13} (3)$$

$$F_{14} = 80,88 + 0,22 (3)$$

$$= 80,88 + 0,66$$

$$= 81,54$$

Data aktual hasil smoothing , dan peramalan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Data Aktual, Pemulusan Level dan Peramalan

Dari Gambar 3 terlihat bahwa nilai pemulusan level dan nilai data aktual tidak jauh berbeda. Nilai MAD, MSE, dan MAPE untuk metode *Double Exponential Smoothing* dari Brown dan Holt dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai MAD, MSE, dan MAPE Metode *Double Eksponensial Smoothing*

Metode Peramalan	Parameter	MAD	MSE	MAPE
<i>Double Eksponensial Smoothing</i> dari Brown	$\alpha = 0,9$	0,25	0,10	0,30
<i>Double Eksponensial Smoothing</i> dari Holt	$\alpha = 0,9$ $\gamma = 0,7$	0,24	0,08	0,30

Berdasarkan Tabel 7, metode peramalan yang terbaik yaitu metode *Double Exponential Smoothing* dari Brown karena menghasilkan nilai akurasi kesalahan yakni MAD, MSE dan MAPE terkecil.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil peramalan IPM di Kota Ambon menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* satu parameter dari Brown untuk tahun 2021, 2022, dan 2023 berturut-turut adalah 80,98; 81,11; dan 81,24.
2. Hasil peramalan IPM di Kota Ambon menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* dua parameter dari Holt untuk Tahun 2021, 2022, dan 2023 berturut-turut adalah 81,10; 81,32 dan 81,54.
3. Hasil Peramalan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* dua parameter dari Holt lebih baik jika dibandingkan dengan hasil peramalan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* satu parameter dari Brown karena memiliki nilai MAD, MSE dan MAPE terkecil berturut-turut 0,24; 0,08 dan 0,30

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Y. Irawan, W. L. Yuly Saptomo, and S. Setiyowati, "Penerapan Metode *Double Exponential Smoothing* Untuk Peramalan Tingkat Indeks Pembangunan Manusia Berbasis Sistem Informasi Geografis Di Provinsi Jawa Tengah," *J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 7, no. 2, pp. 18–28, 2019, doi: 10.30646/tikomsin.v7i2.437.
- [2] N. Zulmi, D. Syahputra, and D. T. Utari, "Peramalan Indeks Pembangunan Manusia Kabupaten Karawang dengan Metode *Double Exponential Smoothing*," vol. 1, no. 2, pp. 301–308, 2023.
- [3] O. B. Talangamin, P. . Kindangen, and R. A. M. Koleangan, "Pengaruh Pendapatan Asli Daerah (Pad), Dana Alokasi Umum Dan Dana Alokasi Khusus Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Kota Tomohon," *J. Pembang. Ekon. Dan Keuang. Drh.*, vol. 19, no. 7, 2019, doi: 10.35794/jpekd.19897.19.7.2018.
- [4] M. B. Setiawan and A. Hakim, "Indeks Pembangunan Manusia Manusia," *J. Econ.* 9(1), 18-26, vol. 9(1), pp. 18–26, 2008, [Online]. Available: Uny.ac.id
- [5] P. R. A. Sita, "Pengaruh Belanja Modal Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Dan Kesejahteraan Masyarakat Di Pulau Kalimantan Prima Rosita Arini S STIE YKPN YOGYAKARTA," *JRAMB, Prodi Akuntansi, Fak. Ekon. UMB Yogyakarta Vol. 2 No. 2., Novemb. 2016 ISSN 2460-1233*, vol. 2, no. 2, pp. 33–50, 2016.
- [6] A. Purwanto and S. Hanief, "Teknik Peramalan Dengan *Double Exponential Smoothing* Pada Distributor Gula," *J. Teknol. Inf. dan Komput.*, vol. 3, no. 1, 2017, doi: 10.36002/jutik.v3i1.238.
- [7] Y. Farida, D. A. Sulistiani, and N. Ulinnuha, "Peramalan Indeks Pembangunan Manusia (Ipm) Kabupaten Bojonegoro Menggunakan Metode *Double Exponential Smoothing* Brown," *Teorema Teor. dan Ris. Mat.*, vol. 6, no. 2, 2021, doi: 10.25157/teorema.v6i2.5521.
- [8] R. Ariyanto, D. Puspitasari, and F. Ericawati, "Penerapan Metode *Double Exponential Smoothing* Pada Peramalan Produksi Tanaman Pangan," *J. Inform. Polinema*, vol. 4, no. 1, p. 57, 2017, doi: 10.33795/jip.v4i1.145.
- [9] H. D. P. Habsari, I. Purnamasari, and D. Yuniarti, "Peramalan Menggunakan Metode *Double Exponential Smoothing* Dan Verifikasi Hasil Peramalan Menggunakan Grafik Pengendali Tracking Signal,"

BAREKENG J. Ilmu Mat. dan Terap., vol. 14, no. 1, pp. 013–022, 2020.

- [10] A. A. Asmaradana, E. Widodo, and R. Artikel, “Penerapan Metode Peramalan *Double Exponential Smoothing* Pada Indeks Harga Konsumen Kota Yogyakarta P-Issn E-Issn,” *Emerg. Stat. Data Sci. J.*, vol. 1, no. 1, p. 2023, 2023, [Online]. Available: <https://jogjakota.bps.go.id/>.
- [11] A. N. Aimran and A. Afthanorhan, “A Comparison Between Single Exponential Smoothing (SES), *Double Exponential Smoothing* (DES), Holt's (brown) and Adaptive Response Rate Exponential Smoothing (ARRES) Techniques in Forecasting Malaysia population,” *Glob. J. Math. Anal.*, vol. 2, no. 4, p. 276, 2014, doi: 10.14419/gjma.v2i4.3253.
- [12] B. S. dan M. H. Purbayu, “Perbandingan Single Moving Average Dan Single Smoothing Eksponensial Dalam Peramalan Penjualan Produk Industri Kecil Menengah (Ikm) Binaan Dinas Perindustrian Dan Perdagangan Kabupaten Gowa,” *Repositori.Uin-Alauddin.Ac.Id*, p. 86, 2009, [Online]. Available: [https://repositori.uin-alauddin.ac.id/19310/%0Ahttp://repositori.uin-alauddin.ac.id/19310/1/MARIANSYAH A BARNING.PDF](https://repositori.uin-alauddin.ac.id/19310/%0Ahttp://repositori.uin-alauddin.ac.id/19310/1/MARIANSYAH%20A%20BARNING.PDF)
- [13] L. M. Syafik, “Perbandingan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda Metode Linier Satu Parameter dari Brown dan Metode Dua Parameter dari Holt Menggunakan Sistem Pemantauan(Tracking Signal) dari Trigg,” 2014. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/153906>
- [14] F. R. Hari, W. Sari, and C. Mashuri, “Perbandingan metode *Double Exponential Smoothing* dan Simple,” *Teknol. Ilm. Sist. Inf.*, vol. 11, no. 2, pp. 93–100, 2021.
- [15] Sinaga, H. D. and N. Irawati, “Perbandingan Double Moving Average Dengan *Double Exponential Smoothing* Pada Peramalan Bahan Medis Habis Pakai,” *J. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. IV, no. 2, pp. 197–204, 2018.
- [16] Badan Pusat Statistik, “Indeks Pembangunan Manusia 2010-2020,” 2023. <https://ambonkota.bps.go.id/indicator/26/51/2/indeks-pembangunan-manusia-ipm-kota-ambon.html>

