

**FORECASTING INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA (IPM) DI KABUPATEN LANGKAT
MENGUNAKAN METODE *EXPONENTIAL SMOOTHING*****Prila Andini¹, Ulya Nabilla^{2*}**^{1,2*} Universitas Samudra, Jurusan Matematika, Fakultas Teknik, Universitas Samudrae-mail: prilaandini12ab@gmail.com, ulya.nabilla@unsam.ac.id(*ulya.nabilla@unsam.ac.id)**ABSTRAK**

Pembangunan manusia saat ini dipandang sebagai tolak ukur dalam keberhasilan pembangunan bangsa yang berkaitan erat dengan bidang sosial, lingkungan, budaya, politik dan ekonomi. Indeks Pembangunan Manusia (IPM) sebagai tolak ukur keberhasilan pembangunan manusia. IPM mengukur capaian pembangunan manusia berbasis sejumlah komponen dasar kualitas hidup yaitu umur panjang, hidup sehat, pengetahuan dan standar hidup layak. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaplikasian metode *exponential smoothing* dalam *forecasting* IPM di Kabupaten Langkat 2022-2026. Data yang digunakan bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Langkat. Berdasarkan analisa data yang telah dilakukan, diperoleh bahwa data tidak stasioner, memiliki unsur *trend* dan tidak dipengaruhi musiman, sehingga metode peramalan yang tepat digunakan adalah *double exponential smoothing* dengan menggunakan dua parameter yaitu $\alpha = 0,6$ dan $\gamma = 0,9$ dengan besar nilai MAPE 0,36882% termasuk kriteria sangat baik. Hasil *forecasting* dengan metode ini pada tahun 2022-2026 berturut-turut sebesar 71,6690, 71,9523, 72,2357, 72,5191 dan sebesar 72,8024. Nilai tersebut masuk ke dalam kategori IPM Tinggi. Dalam hal ini hasil *forecasting* mengalami kenaikan secara terus-menerus setiap tahunnya.

Kata kunci : IPM, *forecasting*, *double exponential smoothing*, *Trend*, MAPE.**ABSTRACT**

Human development is currently seen as a benchmark in the success of national development which is closely related to the social, environmental, cultural, political and economic fields. The Human Development Index (HDI) is a measure of the success of human development. HDI measures human development achievements based on a number of basic quality of life components, namely longevity, healthy living, knowledge and decent living standards. The purpose of this study was to determine the application of the exponential smoothing method in forecasting HDI in Langkat Regency 2022-2026. The data used is sourced from the Central Bureau of Statistics (BPS) of Langkat Regency. Based on the data analysis that has been done, it is obtained that the data is not stationary, has an element of trend and is not influenced by seasonality, so the appropriate forecasting method used is double exponential smoothing using two parameters namely $\alpha = 0.6$ dan $\gamma = 0.9$ with a large MAPE value of 0.36882% including very good criteria. The forecasting results with this method in 2022-2026 are 71.6690, 71.9523, 72.2357, 72.5191 and 72.8024 respectively. This value is included in the High HDI category. In this case the forecasting results have increased continuously every year.

Keywords: HDI, *forecasting*, *double exponential smoothing*, *Trend*, MAPE.**1. PENDAHULUAN**

Mengutip isi *Human Development Report* (HDR) pertama tahun 1990, suatu proses untuk memperbanyak pilihan yang dimiliki manusia merupakan arti dari pembangunan manusia. Diantara banyak pilihan, pilihan yang terpenting adalah untuk berilmu pengetahuan, sehat, berumur panjang, dan mempunyai akses terhadap sumber daya yang dibutuhkan agar dapat hidup secara layak.

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) saat ini mengukur capaian pembangunan manusia dengan berbasis sejumlah komponen dasar kualitas hidup. Sebagai ukuran kualitas hidup, IPM dibangun melalui pendekatan tiga dimensi dasar. Dimensi tersebut mencakup pengetahuan, kehidupan yang layak, umur panjang dan sehat Ketiga dimensi ini memiliki pengertian yang sangat luas karena terkait beberapa faktor. Untuk mengukur dimensi pengetahuan digunakan gabungan indikator angka melek huruf dan rata-rata lama sekolah. Selanjutnya untuk mengukur dimensi hidup layak digunakan indikator kemampuan daya beli masyarakat terhadap sejumlah kebutuhan pokok yang dilihat dari rata-rata besarnya pengeluaran per kapita

sebagai pendekatan pendapatan yang mewakili capaian pembangunan untuk hidup layak dan untuk mengukur dimensi kesehatan, digunakan angka harapan hidup waktu lahir (1).

Pembangunan manusia merupakan suatu konsep yang mendorong peningkatan kualitas hidup manusia secara spiritual maupun fisik, dimana hal tersebut memiliki makna dengan meningkatkan kapasitas dasar penduduk pada proses pembangunan berkelanjutan. Kemampuan penduduk berpartisipasi dalam mengelola, dan menggunakan sumber - sumber pertumbuhan ekonomi, pada kelembagaan maupun bidang teknologi dalam mencapai pertumbuhan manusia dilihat dari kualitas pembangunan manusia yang tinggi (2).

Peramalan adalah kegiatan untuk memperkirakan apa yang akan terjadi pada masa yang datang. Peramalan merupakan sesuatu yang dilakukan untuk mengukur ketidakpastian masa depan sebagai upaya membantu pemerintah untuk mengambil suatu keputusan. Dengan kata lain *forecasting* bertujuan mendapatkan ramalan yang bias meminimumkan kesalahan ramalan, *forecasting error* yang biasanya diukur dengan *mean absolute error* dan *mean squared error* (3).

Metode *exponential smoothing* yaitu prosedur yang mengulang perhitungan secara terus menerus pada peramalan terhadap data terbaru. Metode ini menunjukkan pembobotan menurun secara eksponensial pada (1) data terdahulu. Peramalan dengan menggunakan metode ini cukup baik untuk peramalan jangka panjang dan jangka menengah. Terdapat 3 macam metode yang dapat digunakan yaitu *single exponential smoothing*, *double exponential smoothing* dan *triple exponential smoothing*. Metode *single exponential smoothing* sangat tepat digunakan ketika pola datanya stasioner, metode *double exponential smoothing* sangat efektif digunakan ketika pola datanya mempunyai sifat *trend* dan metode *triple exponential smoothing* sangat tepat digunakan ketika pola datanya bersifat musiman dan *trend* (4).

Peramalan IPM perlu dilakukan, mengingat untuk mengukur keberhasilan dalam upaya membangun kualitas hidup manusia dan dapat meramalkan peningkatan atau level pembangunan suatu wilayah/negara, serta kelebihan metode *exponential smoothing* yang biasa digunakan untuk semua jenis pola data.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Forecasting*

Forecasting merupakan kegiatan memperkirakan apa yang terjadi di masa yang akan datang sesuai data yang relevan dimasa lalu dan menempatkannya dimasa yang akan datang menggunakan suatu bentuk model matematis (5). *Forecasting* merupakan dugaan atau perkiraan tentang peristiwa dimasa depan dengan menggunakan metode-metode tertentu. *Forecasting* diharapkan dapat mengantisipasi insiden yang bisa terjadi dimasa yang akan datang, sehingga bisa dipersiapkan (6).

2.2 *Exponential Smoothing*

Metode *exponential smoothing* merupakan suatu tipe teknik *forecasting* rata-rata bergerak yang melakukan penimbangan terhadap data masa lalu. *Exponential smoothing* ialah metode *forecasting* pada data time series dengan cara menyampaikan bobot pada data sebelumnya untuk meramalkan nilai data selanjutnya. Terdapat tiga jenis metode *exponential smoothing* yaitu *single*, *double*, dan *triple*. *single* digunakan pada data yang memiliki pola berfluktuasi stabil, *double* digunakan pada data yang memiliki pola *trend*, serta *triple* dipergunakan pada data yang mempunyai pola *trend* dan musiman (7).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan menggunakan data sekunder yaitu IPM pada tahun 2010 sampai dengan 2021 yang diperoleh dari Kantor Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Langkat. Data IPM tersebut akan digunakan untuk meramalkan IPM di Kabupaten Langkat 5 tahun kedepan menggunakan metode *double exponential smoothing* dengan bantuan software Minitab 15.

3.1 *Double Exponential Smoothing Holt's Winters*

Double exponential smoothing adalah metode pemulusan dengan nilai *trend* menggunakan parameter berbeda dari parameter yang digunakan pada data asli. Parameter yang digunakan pada metode ini α dan γ dengan nilai antara 0 dan 1. Dalam hal ini digunakan untuk mendapatkan unsur *trend* data baru sehingga dapat menghilangkan dan menempatkan perkiraan dari Holt's ke awal perkiraan nilai data. Adapun tiga persamaan yang digunakan pada metode ini yaitu:

- a. Penghalusan data keseluruhan (1)

$$S_t = \alpha X_t + (1-\alpha)(S_{t-1} + b_{t-1})$$
- b. Penghalusan *Trend* (2)

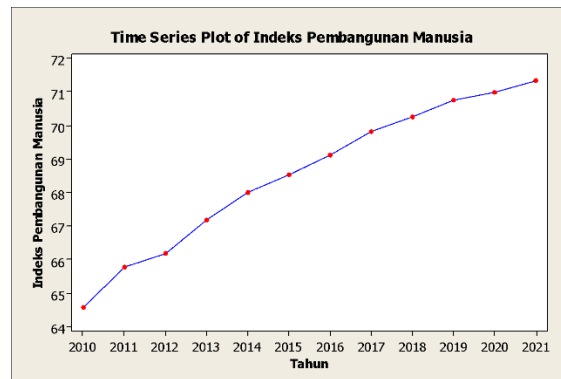
$$b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1}$$
- c. Perkiraan periode *m* kedepan (3)

$$F_{t+m} = S_t + b_t m$$

Keterangan :

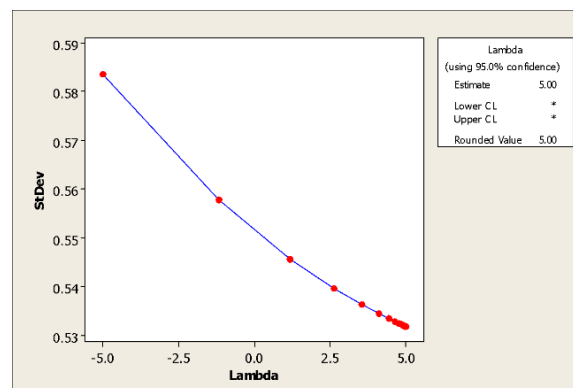
- S_t : Nilai pemulusan pada saat *t*
- X_t : Data pada periode waktu *t*
- b_t : Trend pada periode ke-*t*
- α : Parameter pertama perataan antara 0 dan 1
- γ : Parameter kedua untuk pemulusan trend
- F_{t+m} : Hasil peramalan *k*- (*t* + *m*)
- m* : Jumlah periode ke muka yang diramalkan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. *Plot data IPM di Kabupaten Langkat*

Dari gambar 1 diatas dapat dilihat bahwa data IPM di Kabupaten Langkat tahun 2010 sampai dengan 2021 mengalami kenaikan dari tahun ke tahun. Berdasarkan plot terlihat bahwa tahun – tahun tertentu mengalami kenaikan (Inflasi) terus setiap tahunnya. IPM tertinggi di Kabupaten Langkat terjadi pada tahun 2021 sebesar 71.35 dan IPM terendah terjadi pada tahun 2010 sebesar 64.57. Untuk mengetahui data tersebut stasioner atau tidak maka dapat dilihat pada gambar 2 berikut :



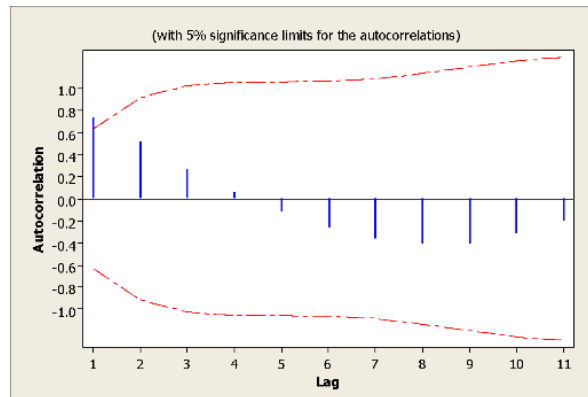
Gambar 2. *Box-Cox Plot of IPM*

Berdasarkan gambar 2 terlihat bahwa pola data tidak stasioner, data dikatakan stasioner terhadap varian dengan melihat nilai lambda (λ) ataua rounded value bernilai 1. *Output* didapat nilai *rounded value* sebesar

5,00 dalam artian data IPM tidak stasioner dalam varian, sehingga penyelesaian dengan metode *single exponential smoothing* tidak dapat digunakan dalam penelitian ini.

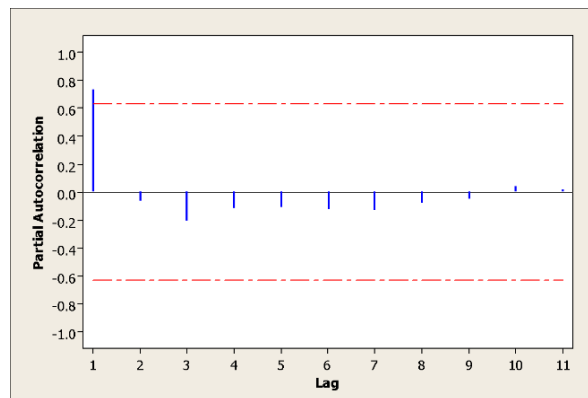
4.1 Uji Musiman

Untuk mengetahui suatu data merupakan musiman atau bukan, dapat dilakukan pengujian musiman dengan menggunakan plot autokorelasi. Dalam hal ini terdapat dua plot autokorelasi yaitu *Autocorrelation Function (ACF)* dan *Partial Autocorrelation (PACF)*.



Gambar 3. *Autocorrelation Function (ACF) for IPM*

Berdasarkan gambar 3 Hasil plot ACF menunjukkan bahwa grafik cenderung turun lambat atau secara linear, maka dapat disimpulkan data tidak stasioner dalam mean maupun varian. Nilai signifikan pada lag pertama kemudian pada lag 2 dan seterusnya tidak signifikan nilainya masih di dalam interval atau garis mendatar. Tidak terdapatnya pola musiman dikarenakan tidak ada deret berkala.

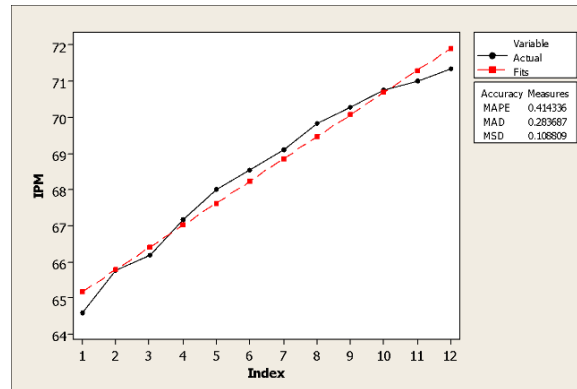


Gambar 4. *Partial Autocorrelation (PACF) for IPM*

Berdasarkan Gambar 4 plot PACF menunjukkan bahwa masih ada data yang keluar dari batas stasioner, yang menunjukkan bahwa data tidak stasioner. Nilai PACF signifikan pada lag pertama kemudian pada lag 2 dan seterusnya tidak signifikan dikarenakan nilainya masih di dalam interval atau garis mendatar. Hal ini menandakan tidak ada musiman atau perulangan di dalamnya.

4.2 Uji Trend

Dalam menganalisis *time series*, perlu dilihat apakah data memiliki musiman dan unsur *trend*. Untuk melihat apakah data memiliki unsur *trend* dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut ini.


Gambar 5. Trend Analysis Plot for IPM

Berdasarkan gambar 5 menunjukkan hasil plot dengan bantuan software Minitab 15 bahwa data memiliki unsur *trend*, dikarenakan garis *fits* menyatakan unsur *trend* terlihat mengalami kenaikan setiap tahunnya secara linier. Ketika garis *fits* mengalami kenaikan atau penurunan secara linier, maka data dapat dikatakan memiliki unsur *trend*.

4.3 Pengaplikasian Metode *Exponential Smoothing*

Berdasarkan plot dan pengujian data IPM di Kabupaten Langkat menunjukkan unsur *trend*, maka metode *exponential* yang tepat digunakan yaitu metode *double exponential smoothing*.

A. Menentukan Nilai Konstanta α dan γ

Tabel 1. Nilai Konstanta α dan γ

No	α	γ	MAPE %
1	0,800	0,100	0,38787
2	0,700	0,100	0,38425
3	0,600	0,700	0,38855
4	0,900	0,100	0,39346
5	0,600	0,800	0,37535
6	0,600	0,600	0,40002
7	0,600	0,900	0,36882
8	0,600	0,500	0,40809
9	0,600	0,100	0,38983
10	0,600	0,400	0,41047

Berdasarkan tabel 1 diperoleh nilai konstanta pemulusan α dan γ dengan nilai *error* paling kecil yaitu $\alpha = 0,6$ dan $\gamma = 0,9$ dengan nilai MAPE 0,36882%, sehingga berdasarkan nilai konstanta tersebut maka nilai $\alpha = 0,6$ dan $\gamma = 0,1$ akan digunakan untuk mendapatkan hasil peramalan ke periode yang akan datang.

B. Peramalan dengan Metode *Double Exponential Smoothing*

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode *double exponential smoothing* dari Holt menggunakan bantuan *software zaitun* pada Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Kabupaten Langkat diperoleh Nilai α dan γ dilihat dari nilai MAPE terbaik (terkecil) yaitu $\alpha = 0,6$ dan $\gamma = 0,9$.

Komponen *trend* metode *double exponential smoothing* dari Holt dihaluskan secara terpisah dengan menggunakan parameter yang berbeda. Keunggulan metode ini lebih fleksibel karena *trend* dapat dihaluskan menggunakan parameter yang berbeda tetapi pada *double exponential smoothing* Holt, kedua parameternya

perlu dioptimalkan pencarian kombinasi terbaik parameter tersebut lebih rumit dibanding hanya menggunakan satu parameter.

a. Perhitungan Peramalan IPM

1. Menentukan nilai Penghalusan pada priode t (S_t) dan nilai *trend* (b_t)

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1})$$

$$b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1}$$

Untuk $t = 1$

$$X_1 = 64,57$$

Pada $t = 1$ untuk nilai S_t menggunakan inisialisasi yaitu $S_1 = X_1$ dan

$$b_1 = \frac{(X_2 - X_1) + (X_4 - X_3)}{2}$$

$$S_1 = 64,57$$

$$b_1 = \frac{(65,77 - 64,57) + (67,17 - 66,18)}{2}$$

$$b_1 = 1,095$$

Untuk $t = 2$

$$X_2 = 65,77$$

$$S_2 = \alpha X_2 + (1 - \alpha)(S_{2-1} + b_{2-1})$$

$$S_2 = \alpha X_2 + (1 - \alpha)(S_1 + b_1)$$

$$S_2 = (0,6 \times 65,7 + (1 - 0,6)$$

$$(64,57 + 1,095)$$

$$S_2 = 65,728$$

$$b_2 = \gamma(S_2 - S_{2-1}) + (1 - \gamma)b_{2-1}$$

$$b_2 = \gamma(S_2 - S_1) + (1 - \gamma)b_1$$

$$b_2 = (0,9)(65,728 - 64,57)$$

$$+(1 - 0,9)(1,095)$$

$$b_2 = 1,152$$

Untuk $t = 3$

$$X_3 = 66,18$$

$$S_3 = \alpha X_3 + (1 - \alpha)(S_{3-1} + b_{3-1})$$

$$S_3 = \alpha X_3 + (1 - \alpha)(S_2 + b_2)$$

$$S_3 = (0,6 \times 66,18)$$

$$+(1 - 0,6)(65,728 + 1,152)$$

$$S_3 = 66,46$$

$$b_3 = \gamma(S_3 - S_{3-1}) + (1 - \gamma)b_{3-1}$$

$$b_3 = \gamma(S_3 - S_2) + (1 - \gamma)b_2$$

$$b_3 = (0,9)(66,46 - 65,728)$$

$$+(1 - 0,9)(1,152)$$

$$b_3 = 0,774$$

Dan seterusnya sampai pada perhitungan untuk $t = 12$ sebagai berikut :

Untuk $t = 12$

$$X_{12} = 71,35$$

$$S_{12} = \alpha X_{12} + (1 - \alpha)(S_{12-1} + b_{12-1})$$

$$S_{12} = \alpha X_{12} + (1 - \alpha)(S_{11} + b_{11})$$

$$S_{12} = (0,6 \times 71,35) + (1 - 0,6)(71,115 + 0,332)$$

$$S_{12} = 71,389$$

$$b_{12} = \gamma(S_{12} - S_{12-1}) + (1 - \gamma)b_{12-1}$$

$$b_{12} = \gamma(S_{12} - S_{11}) + (1 - \gamma)b_{12}$$

$$b_{12} = (0,9)(71,389 - 71,115) + (1 - 0,9)(0,332)$$

$$b_{12} = 0,28$$

Tabel 2. Nilai S_t, b_t pada data IPM dengan nilai parameter $\alpha = 0,6$ dan $\gamma = 0.9$

Tahun	(t)	(X_t)	S_t	b_t
2010	1	2010	64,57	1,095
2011	2	2011	65,728	1,152
2012	3	2012	66,46	0,774
2013	4	2013	67,196	0,74
2014	5	2014	67,974	0,774
2015	6	2015	68,617	0,656
2016	7	2016	69,169	0,562
2017	8	2017	69,784	0,609
2018	9	2018	70,319	0,542
2019	10	2019	70,80	0,487
2020	11	2020	71,115	0,332
2021	12	2021	71,389	0,28

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 2 maka dapat dilakukan *forecasting* data IPM tahun 2022 dengan perhitungan nilai *forecasting* sebagai berikut *forecasting* IPM pada tahun 2022 dengan jumlah periode yang diramalkan di period eke depan 1 tahun maka $m = 1$ dan nilai periode yang digunakan periode pada tahun terakhir yaitu $t = 12$:

$$F_{t+m} = S_t + b_t m$$

$$F_{12+1} = S_{12} + b_{12}.1$$

$$F_{13} = 71,389 + (0,28 \times 1)$$

$$F_{13} = 71,669$$

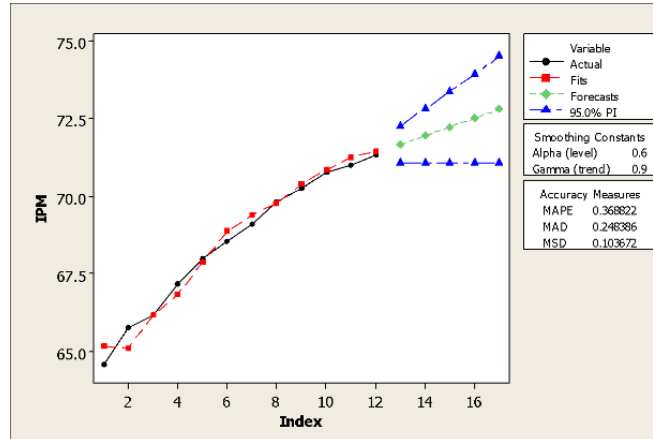
Perhitungan diatas dengan nilai *forecasting* IPM di Kabupaten Langkat pada tahun 2022 menggunakan *double exponential smoothing* dari Holt sebanyak 71,669. Lakukan cara perhitungan yang sama menggunakan *double exponential smoothing* dari Holt untuk meramalkan IPM pada tahun 2023 sampai dengan 2026.

Berikut merupakan *forecasting* IPM di Kabupaten Langkat pada tahun 2022 sampai dengan 2026 menggunakan metode *double exponential smoothing* dari Holt pada software Minitab 15.

Tabel 3. Hasil *Forecasting* IPM

Periode	Tahun	Forecast
13	2022	71,6690
14	2023	71,9523
15	2024	72,2357
16	2025	72,5191
17	2026	72,8024

Berdasarkan tabel 3 diatas, hasil *forecasting* IPM pada tahun 2022 sampai dengan tahun 2026 yang diperoleh dengan metode *double exponential smoothing* dari Holt mengalami kenaikan IPM setiap tahunnya. Berikut hasil perbandingan *forecasting* dan data aktual :



Gambar 6. Plot Data Aktual Hasil *Forecasting* Dengan Metode *Double Exponential Smoothing*

Berdasarkan gambar 6 data aktual diperlihatkan pada grafik berwarna hitam, sedangkan data yang mengalami *smoothing* dengan menggunakan konstanta $\alpha = 0,6$ dan $\gamma = 0,9$ diperlihatkan pada grafik berwarna merah. Hasil plot terlihat grafik berwarna hijau, grafik berwarna hijau merupakan hasil dari *forecasting* dengan menggunakan metode *double exponential smoothing* dari Holt, terjadi peningkatan secara terus menerus pada hasil *forecasting* IPM di Kabupaten Langkat. Grafik berwarna biru memperlihatkan daerah signifikan dengan taraf kepercayaan 95%.

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa penerapan metode *exponential smoothing* untuk peramalan IPM di Kabupaten Langkat pada tahun 2022 – 2026, bahwa penerapan metode *exponential smoothing* sangat cocok digunakan untuk *forecasting* IPM dilihat dari hasil *forecasting* memiliki nilai yang akurat. Setelah dilakukan beberapa uji dan didapat metode yang tepat untuk *forecasting* IPM yaitu metode *double exponential smoothing*.

Hasil peramalan nilai IPM di Kabupaten Langkat pada tahun 2022 - 2026, setelah dilakukan analisis deskriptif dan pengujian data pada tahun 2010 - 2021, data menunjukkan tidak stasioner tidak dipengaruhi musiman dan adanya unsur *trend*. Hasil *forecast* dengan menggunakan metode *double exponential smoothing* dari Holt menghasilkan nilai parameter α terbaik yaitu 0,6 dan γ terbaik yaitu 0,9 dengan nilai MAPE sebesar 0,36882% yang masuk ke dalam kriteria sangat baik, sehingga diperoleh hasil peramalan (*forecasting*) IPM Kabupaten Langkat untuk 5 tahun kedepan yaitu 71,6690, 71,9523, 72,2357, 72,5191 dan sebesar 72,8024. nilai tersebut masuk ke dalam kategori IPM Tinggi dengan meningkat nya hasil *forecasting* IPM sehingga tingkat pembangunan di suatu wilayah semakin meningkat.

5.2 Saran

Adapun saran dari penulis perlu adanya pengembangan lebih lanjut terhadap penelitian ini dengan membandingkan hasil *forecasting* metode *double exponential smoothing* dari Holt dengan metode *forecasting* lainnya.

DAFTAR PUSTAKA (Memuat hanya pustaka yang dirujuk saja)

1. Badan Pusat Statistik Kabupaten Langkat. Indeks Pembangunan Manusia. 2021.
2. Dewi, N. L. S. D., & Sutrisna I. Pengaruh komponen indeks pembangunan manusia terhadap pertumbuhan ekonomi Provinsi Bali. E-Jurnal Ekon Pembang Univ Udayana. 2012;3:3.
3. Subekti A. Pengelolaan Kas. 2010.
4. B. D. Fahlevi, A., Bachtiar FA& S. Perbandingan Holt's dan Winter's Exponential Smoothing

- untuk Peramalan Indeks Harga Konsumen Kelompok Transportasi, Komunikasi, dan Jasa Keuangan. Pengemb Teknol Inf dan Ilmu Komput. 2018;2:16.
5. A. Subekti. Pengelolaan Kas. 2019.
 6. Supangat A. Statistika Dalam Kajian Deskriptif. 2021.
 7. F. A. Nurvianti, I., Setiawan BD& B. Perbandingan Peramalan Jumlah Penumpang Keberangkatan Kereta Api di DKI Jakarta Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing dan Triple Exponential Smoothing. Pengemb Teknol Inf dan Ilmu Komput. 2019;3(6):18.