

IMPLEMENTASI METODE *DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING* HOLT PADA PERAMALAN IPM DI KALIMANTAN TIMUR

Muhammad Irfan Zaky ^{a,1}, Amin Padmo Azam Masa ^{b,2,*}, Islamiyah ^{c,3}

^{a, b, c}. Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda

¹ mirfan.zakyy@gmail.com; ² aminpadmo@unmul.ac.id*; ³ islamiyah@unmul.ac.id

ARTICLE INFO

Keywords

DES Holt,
Double Exponential Smoothing,
Human Development Index,
Kalimantan Timur,
MAPE

ABSTRACT

Human Development Index (HDI) is a human development measuring tool introduced by the UNDP in 1990. Based on data from the East Kalimantan Central Statistics Agency (BPS), since 2010, the East Kalimantan Province HDI has experienced an upward trend with a decline in 2020 due to pandemic. In 2022, East Kalimantan Central Statistics Agency recorded the HDI value for East Kalimantan as reaching 77.44. This achievement makes East Kalimantan Province a province with a high level of human development and the 3rd ranked province with the highest HDI nationally. Based on this ranking, there is still room for the government to increase the HDI value of East Kalimantan to prepare it to become the new capital of the country. Therefore, a forecast is needed to find out the HDI value of East Kalimantan Province for the next few years as a consideration for the government in making policies. One forecasting method that can be used to predict the HDI of East Kalimantan Province is Holt's Double Exponential Smoothing (DES). The results obtained from DES Holt forecasting of HDI data for East Kalimantan Province for 2023-2027 are 77.95; 78.46; 78.98; 79.49; 80.01 with a Mean Absolute Percentage Error value of 0.229%. These findings are significant as they highlight the continued improvement and stability of HDI in East Kalimantan, underscoring its growing capability to support the role of a new national capital. The projected increase in HDI reflects the province's potential to provide high-quality infrastructure, services, and overall living conditions required for a new capital city. This positive trend and high level of human development offer a solid foundation for government planning and policy-making, ensuring that East Kalimantan can meet the demands and expectations associated with becoming the nation's new administrative center.

1. Pendahuluan

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) merupakan alat ukur pembangunan manusia yang diperkenalkan oleh UNDP pada tahun 1990. Perhitungan IPM didasarkan rerata geometrik dari nilai indikator dimensi dasar pembangunan manusia: umur panjang dan hidup sehat, pengetahuan, dan standar hidup layak. Setiap indikator yang terdapat dalam perhitungan IPM dapat digunakan untuk mengukur pencapaian pembangunan dalam meningkatkan kualitas hidup manusia [1]. IPM memiliki rentang nilai antara 0 hingga 100 dengan 100 merupakan nilai tertinggi [2]. Capaian pembangunan manusia di suatu wilayah pada waktu tertentu dapat dikelompokkan ke dalam empat kategori: kelompok rendah dengan nilai IPM di bawah 60, kelompok sedang dengan nilai IPM 60 hingga di bawah 70, kelompok tinggi dengan nilai IPM 70 hingga di bawah 80, dan kelompok sangat tinggi dengan nilai IPM 80 ke atas [1].

Sejak satu dekade lalu, nilai IPM Provinsi Kalimantan Timur mengalami tren kenaikan dengan

sempat terjadi penurunan pada tahun 2020 akibat pandemi [3]. Pada tahun 2022 Badan Pusat Statistik (BPS) Kalimantan timur mencatat nilai IPM Kalimantan Timur mencapai 77,44 [4]. Capaian tersebut

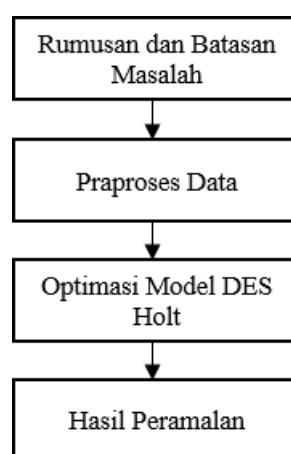
membuat Provinsi Kalimantan Timur sebagai provinsi dengan tingkat pembangunan manusia tinggi dan menjadi provinsi peringkat ke-3 dengan IPM tertinggi se-nasional.

Berdasarkan peringkat tersebut masih terdapat ruang untuk pemerintah dalam meningkatkan nilai IPM Kalimantan Timur untuk bersiap menjadi ibu kota negara baru. Prediksi nilai IPM untuk suatu provinsi dapat memberikan wawasan penting mengenai kesiapan dan potensi provinsi tersebut untuk menjadi ibu kota baru. Provinsi dengan IPM tinggi umumnya memiliki infrastruktur yang baik, layanan publik yang memadai, dan kualitas hidup yang tinggi, yang semuanya berkontribusi pada kelancaran operasional pemerintahan dan peningkatan kesejahteraan masyarakat. Selain itu, IPM tinggi sering kali berhubungan dengan stabilitas sosial dan ekonomi yang lebih baik, serta kemampuan untuk mengelola pembangunan yang berkelanjutan. Oleh karena itu diperlukan sebuah peramalan untuk mengetahui nilai IPM Provinsi Kalimantan Timur untuk beberapa tahun ke depannya sebagai bahan pertimbangan untuk pemerintah dalam perencanaan dan pembuatan kebijakan dalam berbagai aspek. Salah satu metode peramalan yang dapat digunakan untuk meramal IPM Provinsi Kalimantan Timur adalah *Double Exponential Smoothing* (DES) Holt.

DES Holt merupakan salah satu variasi dari metode peramalan *Exponential Smoothing* yang digunakan ketika data menunjukkan adanya pola tren. Metode *Exponential Smoothing* memiliki parameter pemulusan yang nilainya di antara rentang 0 hingga 1. Nilai parameter pemulusan yang optimal dapat ditentukan dengan meminimalkan nilai kesalahan peramalan (*forecast error*) [5]. Salah satu *forecast error* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Peramalan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) pada penelitian sebelumnya dilakukan pada Kabupaten Banyumas menggunakan *Double Exponential Smoothing* (DES) Holt dari tahun 2022 hingga 2026 yang memiliki kecenderungan tren naik mendapatkan nilai parameter α dan β optimal masing-masing sebesar 0.96 dan 0 dengan nilai Mean Square Error (MSE) sebesar 0.08 Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 0.28% [6].

2. Metodologi Penelitian

Tahapan dalam metode penelitian terdiri dari 4 tahap yaitu: perumusan masalah, praproses data, optimasi model DES Holt, dan hasil peramalan. Gambar 1 merupakan tahapan penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. Diagram Alur Metodologi Penelitian

2.1. Rumusan dan Batasan Masalah

Tahap perumusan masalah dilakukan dengan melakukan observasi terhadap data nilai IPM provinsi Kalimantan Timur dan mencari kekurangan yang dapat dijadikan sebagai rumusan masalah dalam penelitian. Terdapat dua rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu: 1) Berapa nilai peramalan IPM Provinsi Kalimantan Timur beserta kabupaten dan kotanya untuk jangka waktu 5 tahun ke depan (2023-2027) menggunakan *Double Exponential Smoothing Holt* dan parameter pemulusan yang optimal; 2) Berapa nilai MAPE terkecil dari model optimal *Double Exponential Smoothing Holt* pada data IPM Provinsi Kalimantan Timur beserta kabupaten dan kotanya. Berdasarkan hal tersebut, juga dijelaskan terkait dengan batasan masalah agar penelitian fokus pada topik yang sudah ditetapkan dan sekaligus agar penelitian tidak melebar ke topik yang tidak relevan dan tidak spesifik. Batasan masalah pada penelitian ini, yaitu: 1) data penelitian diambil dari laman resmi Badan Pusat Statistik (BPS) dan jurnal resmi terbitan BPS mulai tahun 2011 sampai dengan tahun 2022; 2) data penelitian yang diambil terdiri dari data IPM Provinsi Kalimantan Timur dan sepuluh kota dan kabupaten di Kalimantan Timur.

2.2. Praproses Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data angka Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Kalimantan Timur dari tahun 2011 hingga tahun 2022 yang diperoleh dari situs resmi Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Timur. Data yang diambil adalah Data IPM di Kalimantan Timur secara umum serta data turunannya yang berupa data tiap kabupaten atau kota yang ada di Provinsi Kalimantan Timur. Data IPM yang dipilih merupakan data terbaru selama minimal 10 tahun terakhir. Pengambilan data tersebut bertujuan untuk peningkatan akurasi dan keandalan, menangkap variabilitas, dan meningkatkan kekuatan statistik pada data penelitian. Data yang dipilih kemudian akan dilakukan proses perhitungan agar dapat diproses untuk peramalan DES Holt. Praproses data pada penelitian ini melakukan proses seleksi yang kemudian akan dilakukan perhitungan pada proses selanjutnya.

2.3. Optimasi Model *Double Exponential Smoothing Holt*

Tahapan pertama untuk melakukan peramalan DES Holt adalah melakukan optimasi model, yaitu optimasi terhadap parameter pemulusan untuk menghasilkan model terbaik untuk peramalan periode berikutnya yang lebih akurat. Optimasi dilakukan dengan melakukan peramalan DES Holt pada data aktual beberapa kali menggunakan parameter pemulusan (α dan β) yang berbeda dalam rentang 0,1 sampai 0,9 dengan satu angka desimal hingga menghasilkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) terkecil dari perbedaan antara data aktual dan hasil peramalannya dan parameter pemulusan yang optimal.

2.4. Hasil Peramalan

Pada tahap ini didapatkan hasil peramalan dengan melakukan peramalan nilai IPM Kalimantan Timur serta kabupaten dan kota di Provinsi Kalimantan Timur 5 tahun ke depan, yaitu Tahun 2023 sampai dengan Tahun 2027 dengan model DES Holt yang optimal. IPM Provinsi dan Wilayah kabupaten/ kota Kalimantan Timur 5 tahun ke depan dihitung dengan menjumlahkan nilai estimasi level dan nilai estimasi tren yang periode terakhir lalu dikalikan dengan jumlah periode yang akan diramal setelah periode terakhir.

2.5. Exponential Smoothing

Exponential Smoothing (pemulusan eksponensial) merupakan salah satu metode peramalan yang menunjukkan pembobotan menurun secara eksponensial terhadap nilai observasi yang lebih lama. Metode *Exponential Smoothing* melibatkan satu atau lebih parameter pemulusan yang ditentukan secara eksplisit. Hasil pilihan ini mempengaruhi bobot yang diberikan pada nilai hasil observasi (Septiyanor et al., 2021). Nilai parameter pemulusan yang optimal dapat ditentukan dengan meminimalkan nilai kesalahan peramalan (*forecast error*) [5] Terdapat beberapa variasi metode *Exponential Smoothing* seperti *Single Exponential Smoothing*, dan *Double Exponential Smoothing*.

2.6. Single Exponential Smoothing

Single Exponential Smoothing atau *Simple Exponential Smoothing* merupakan metode *Exponential Smoothing* yang paling dasar. Metode ini digunakan apabila data yang akan diramal berpola horizontal (tidak memiliki tren atau musim) [7]. Formula dapat dilihat pada persamaan (1).

$$S_{t+1} = \alpha x_t + (1 - \alpha)S_t \quad (1)$$

Keterangan:

- S_t : nilai peramalan untuk periode ke t
- S_{t+1} : nilai peramalan untuk periode ke t + 1
- α : parameter pemulusan yang nilainya $0 < \alpha < 1$
- x_t : data sebenarnya pada periode ke-t

2.7. Double Exponential Smoothing

Double Exponential Smoothing (DES) digunakan ketika pola data menunjukkan tren [8]. Terdapat dua variasi dari DES, yaitu satu parameter Brown dan dua parameter Holt.

2.8. Double Exponential Smoothing Brown

Metode ini dikembangkan oleh Brown untuk mengatasi perbedaan antara data aktual dan nilai peramalan ketika terdapat pola tren [9]. Metode ini menggunakan rumus pada persamaan (2) hingga (6).

$$S_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)S_{t-1} \quad (2)$$

$$S_t^{\prime} = \alpha S_t + (1 - \alpha)S_{t-1}^{\prime} \quad (3)$$

$$a_t = 2S_t^{\prime} - S_{t-1}^{\prime} \quad (4)$$

$$b_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S_t^{\prime} - S_{t-1}^{\prime}) \quad (5)$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t m \quad (6)$$

Keterangan:

- S_t^{\prime} : Nilai pemulusan pertama
- $S_t^{\prime\prime}$: Nilai pemulusan kedua
- α_t : Parameter pemulusan yang nilainya $0 < \alpha < 1$
- x_t : Data sebenarnya pada periode ke-t
- a_t : Estimasi nilai level pada periode ke-t
- b_t : Estimasi nilai tren pada periode ke-t
- F_t : Nilai peramalan untuk periode ke-t
- m : Jumlah periode yang diramalkan

2.9. Double Exponential Smoothing Holt

Metode *Double Exponential Smoothing* Holt pada dasarnya sama seperti metode Brown, bedanya metode ini menggunakan dua parameter [10]. Nilai tren tidak langsung dihaluskan dengan metode pemulusan ganda. Proses pemulusan tren dilakukan dengan menggunakan parameter yang berbeda dari parameter yang digunakan dalam pemulusan data asli [9]. Metode ini menggunakan rumus pada persamaan (7) hingga persamaan (10).

$$s_t = \alpha x_t + (1 - \alpha) (s_{t-1} + b_{t-1}) \tag{7}$$

$$b_t = \beta (s_t - s_{t-1}) + (1 - \beta) b_{t-1} \tag{8}$$

$$F_t = s_{t-1} + b_{t-1} \tag{9}$$

$$F_{t+m} = s_t + b_t m \tag{10}$$

Keterangan:

- s_t : Nilai estimasi level
- x_t : Data sebenarnya pada periode ke-t
- α : Parameter pemulusan data aktual yang nilainya $0 < \alpha < 1$
- β : Parameter pemulusan tren yang nilainya $0 < \beta < 1$
- b_t : Nilai estimasi tren pada periode ke-t
- F_t : Nilai peramalan untuk periode ke t
- m : Jumlah periode yang diramalkan

Tahap awal inialisasi dimulai dengan pemilihan $s_1 = x_1$. Untuk menghitung taksiran tren, digunakan rumus $b_1 = x_2 - x_1$ [11].

2.10. Mean Absolute Percentage Error

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah metode yang digunakan untuk mengukur sejauh mana kesalahan peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya. MAPE menghasilkan nilai dalam bentuk persentase rata-rata dari kesalahan absolut. Metode ini lebih sering digunakan untuk membandingkan performa peramalan antara data dengan skala interval waktu yang berbeda [12]. Rumus MAPE dapat dilihat pada persamaan (11).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{x_t - F_t}{x_t} \right| \tag{11}$$

Keterangan

- n : Jumlah data
- x_t : Data aktual
- F_t : Data peramalan

Nilai MAPE memiliki klasifikasi yang menentukan keakurasian atau kompetensi suatu model peramalan (metode peramalan) terhadap suatu data. Klasifikasi nilai MAPE dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Nilai MAPE

Nilai MAPE	Akurasi Peramalan
$MAPE \leq 10\%$	Akurasi Model Peramalan Sangat Baik
$10\% < MAPE \leq 20\%$	Akurasi Model Peramalan Baik
$20\% < MAPE \leq 50\%$	Akurasi Model Peramalan Cukup Baik
$MAPE > 50\%$	Akurasi Model Peramalan Buruk

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa hasil yang dapat disimpulkan menjadi beberapa bagian, yaitu dimulai dari praproses data, hasil implementasi perhitungan dengan metode yang dipilih, dan hasil penelitian yang berupa hasil peramalan. Berikut adalah penjelasan terkait dengan hasil penelitian yang diperoleh.

3.1. Praproses Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Indeks Pembangunan Manusia Provinsi Kalimantan Timur selama 12 tahun terakhir (2011-2022) dari situs resmi Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Kalimantan Timur. Tabel 2 menunjukkan data IPM Kalimantan Timur dalam bentuk tabel.

Tabel 2. Data IPM Kalimantan Timur 2011-2022

Provinsi/ Kota	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Kalimantan Timur	72,02	72,62	73,21	73,82	74,17	74,59	75,12	75,83	76,61	76,24	76,88	77,44
Paser	67,11	68,18	69,61	69,87	70,30	71,00	71,16	71,61	72,29	72,04	72,93	73,44
Kutai Barat	66,92	67,14	68,13	68,91	69,34	69,99	70,18	70,69	71,63	71,19	72,07	72,92
Kutai Kartanegara	68,47	69,12	70,71	71,20	71,78	72,19	72,75	73,15	73,78	73,59	74,06	74,67
Kutai Timur	67,73	68,71	69,79	70,39	70,76	71,10	71,91	72,56	73,49	73,00	73,81	74,35
Berau	70,43	70,77	72,02	72,26	72,72	73,05	73,56	74,01	74,88	74,71	75,20	75,74
Penajam Paser Utara	66,92	67,17	68,07	68,60	69,26	69,96	70,59	71,13	71,64	71,41	72,01	72,55
Mahakam Ulu	0	0	63,81	64,32	64,89	65,51	66,09	66,67	67,58	67,09	67,95	68,75
Balikpapan	76,02	76,56	77,53	77,93	78,18	78,57	79,01	79,81	80,11	80,01	80,71	81,13
Samarinda	77,05	77,34	77,84	78,39	78,69	78,91	79,46	79,93	80,20	80,11	80,76	81,43
Bontang	77,25	77,55	78,34	78,58	78,78	78,92	79,47	79,86	80,09	80,02	80,59	80,94

Kota Samarinda memiliki nilai IPM tertinggi dan Kabupaten Mahakam Ulu memiliki nilai IPM terendah. Nilai IPM pada tahun 2020 untuk seluruh wilayah Kalimantan Timur mengalami penurunan dari 2019. Hal ini disebabkan oleh pandemi Covid-19 yang tercatat menurunkan nilai IPM untuk 10 Provinsi di Indonesia [13]. Data IPM Kabupaten Mahakam Ulu untuk tahun 2011-2012 dikosongkan karena data tidak tersedia pada sumber data.

3.2. Optimasi Model *Double Exponential Smoothing* Holt

Optimasi model *Double Exponential Smoothing* (DES) Holt dilakukan dengan melakukan peramalan terhadap seluruh periode data aktual IPM Provinsi Kalimantan Timur berdasarkan Persamaan 7 hingga 9 dengan menggunakan nilai parameter pemulusan (α dan β) di rentang 0,1 hingga 0,9 dengan satu angka desimal yang berbeda. Proses ini dilakukan hingga menemukan nilai MAPE terendah. Persamaan 11 digunakan untuk menghitung nilai MAPE. Hasil dari optimasi model DES Holt terhadap data IPM provinsi dan wilayah Kalimantan Timur dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah.

Tabel 3. Model Optimal Masing-masing Provinsi dan Wilayah Kalimantan Timur

Provinsi/ Kota	α optimal	β optimal	MAPE Terkecil
Kalimantan Timur	0,9	0,1	0,229%
Paser	0,6	0,9	0,508%
Kutai Barat	0,8	0,3	0,518%
Kutai Kartanegara	0,9	0,1	0,387%
Kutai Timur	0,7	0,3	0,416%
Berau	0,7	0,2	0,283%
Penajam Paser Utara	0,9	0,6	0,317%
Mahakam Ulu	0,6	0,1	0,329%
Balikpapan	0,6	0,2	0,266%
Samarinda	0,4	0,3	0,227%
Bontang	0,4	0,1	0,187%

Nilai MAPE terkecil semua wilayah Kalimantan Timur yang didapatkan pada Tabel 3 berada di bawah 10% yang artinya termasuk akurasi yang sangat baik menurut Tabel 1. Parameter pemulusan (α dan β) dari model optimal masing-masing provinsi dan wilayah Kalimantan Timur pada Tabel 3 akan digunakan pada proses peramalan periode berikutnya.

3.3. Hasil Peramalan

Hasil peramalan didapatkan dengan melakukan peramalan DES Holt terhadap nilai IPM Provinsi dan Wilayah Kalimantan Timur 5 tahun ke depan (2023-2027) menggunakan Persamaan 9 dan 10 dan juga menggunakan parameter pemulusan dari model optimal yang telah didapatkan dari tahap sebelumnya. Hasil penghitungan peramalan nilai IPM Provinsi dan Wilayah Kalimantan Timur 5 tahun ke depan dapat dilihat pada Tabel 4. Tabel

Tabel 4. Hasil Peramalan Nilai Indeks Pembangunan Manusia Kalimantan Timur

Provinsi/Kota	2023	2024	2025	2026	2027
Kalimantan Timur	77,95	78,46	78,98	79,49	80,01
Paser	73,91	74,48	75,06	75,63	76,20
Kutai Barat	73,38	73,93	74,48	75,04	75,59
Kutai Kartanegara	75,22	75,77	76,32	76,87	77,42
Kutai Timur	74,82	75,30	75,79	76,27	76,76
Berau	76,15	76,58	77,01	77,45	77,87
Penajam Paser Utara	72,99	73,46	73,93	74,39	74,87
Mahakam Ulu	69,16	69,68	70,20	70,73	71,25
Balikpapan	81,56	81,98	82,41	82,83	83,26
Samarinda	81,60	81,98	82,36	82,74	83,12
Bontang	81,23	81,55	81,86	82,18	82,49

Berdasarkan hasil peramalan data IPM Provinsi Kalimantan Timur tahun 2023-2027 menggunakan model DES Holt yang optimal mendapatkan bahwa nilai IPM Provinsi Kalimantan Timur beserta kabupaten dan kotanya tahun 2023 hingga 2027 mengalami kenaikan. Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan nilai IPM tertinggi adalah Kota Balikpapan, sedangkan untuk nilai IPM terendah adalah kabupaten Mahakam Ulu. Hasil peramalan menunjukkan bahwa nilai IPM di Provinsi

Kalimantan Timur diperkirakan akan meningkat pada tahun yang akan datang. Hasil peramalan nilai IPM kabupaten dan kota di Provinsi Kalimantan Timur juga menunjukkan bahwa kenaikan IPM yang lebih signifikan di kota-kota besar seperti Balikpapan, Samarinda, dan Bontang dimana hal tersebut menunjukkan kemajuan ekonomi dan sosial yang lebih cepat dibandingkan dengan daerah-daerah yang lebih terpencil seperti Mahakam Ulu.

4. Kesimpulan

Berdasarkan peramalan nilai Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Provinsi Kalimantan Timur beserta kabupaten dan kotanya tahun 2023-2027 menggunakan *Double Exponential Smoothing* (DES) Holt dengan parameter pemulusan yang optimal, diperoleh bahwa nilai IPM Provinsi Kalimantan Timur tahun 2023-2027 secara berturut-turut adalah yaitu 77,95; 78,46; 78,98; 79,49; 80,01. Nilai MAPE terkecil dari optimasi peramalan data IPM Provinsi Kalimantan Timur 2011-2022 adalah 0,229%. Berdasarkan sepuluh wilayah kabupaten atau kota yang ada di Provinsi Kalimantan Timur diperoleh nilai IPM tertinggi yaitu Kota Balikpapan, sedangkan untuk nilai IPM terendah yaitu Kabupaten Mahakam Ulu. Hasil peramalan menunjukkan bahwa nilai IPM di Provinsi Kalimantan Timur diperkirakan akan meningkat pada tahun yang akan datang. Hasil peramalan nilai IPM kabupaten dan kota di Provinsi Kalimantan Timur juga menunjukkan bahwa kenaikan IPM yang lebih signifikan di kota-kota besar seperti Balikpapan, Samarinda, dan Bontang dimana hal tersebut menunjukkan kemajuan ekonomi dan sosial yang lebih cepat dibandingkan dengan daerah-daerah yang lebih terpencil seperti Mahakam Ulu. Metode DES Holt cocok digunakan untuk peramalan IPM Provinsi Kalimantan Timur karena nilai MAPE terkecil dari seluruh wilayahnya memiliki nilai di bawah 10% yang berarti memiliki akurasi yang baik, sehingga Pemerintah Kalimantan Timur dapat menggunakan data peramalan untuk merancang kebijakan yang lebih tepat sasaran misalnya di wilayah dengan nilai IPM rendah seperti Kabupaten Mahakam Ulu, pemerintah dapat mengimplementasikan program-program yang fokus pada peningkatan pendidikan, kesehatan, dan infrastruktur dasar untuk mempercepat kemajuan manusia. Sebaliknya, daerah dengan nilai IPM tinggi seperti Kota Balikpapan, kebijakan dapat diarahkan untuk mempertahankan dan meningkatkan kualitas hidup, serta mendukung inovasi dan pembangunan berkelanjutan serta mempertimbangkan perbedaan dalam tingkat perkembangan antar daerah. Pemerintah dapat mengalokasikan sumber daya dengan lebih efektif dan merancang strategi pembangunan yang sesuai dengan kebutuhan dan potensi masing-masing wilayah.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik, "Indeks Pembangunan Manusia 2021," 2022.
- [2] M. Fajar dan Z. Azhar, "Indeks Persepsi Korupsi dan Pembangunan Manusia Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Negara-Negara Asia Tenggara," *Jurnal Ecogen*, vol. 1, no. 3, hlm. 681–690, 2019.
- [3] Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Timur, "Provinsi Kalimantan Timur Dalam Angka 2023," Feb 2023.
- [4] Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Timur, "Indeks Pembangunan Manusia Provinsi Kalimantan Timur 2022," Des 2022.

- [5] C. L. Karmaker, "Determination of Optimum Smoothing Constant of Single Exponential Smoothing Method: A Case Study," *International Journal of Research in Industrial Engineering*, vol. 6, no. 3, hlm. 184-192., 2017.
- [6] A. Yuliana dan A. Fauzy, "Analisis Double Exponential Smoothing pada Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten Banyumas," *Emerging Statistics and Data Science Journal*, vol. 1, no. 1, hlm. 20–29, 2023.
- [7] F. Sidqi dan I. D. Sumitra, "Forecasting Product Selling Using Single Exponential Smoothing and Double Exponential Smoothing Methods," dalam *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Nov 2019.
- [8] A. Fitriyani *dkk.*, "Peramalan Jumlah Klaim Di BPJS Kesehatan Cabang Metro Menggunakan Metode *Double Exponential Smoothing*," *Jurnal Siger Matematika*, vol. 03, no. 01, hlm. 17-22., 2022.
- [9] H. S. Pakpahan, Y. Basani, dan R. R. Hariani, "Prediksi Jumlah Penduduk Miskin Kalimantan Timur Menggunakan *Single* dan *Double Exponential Smoothing*," *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 15, no. 1, hlm. 47–51, 2020.
- [10] M. Taufik, A. S. Afrah, E. S. Sintiya, dan D. Hariyanto, "A Comparative Study Of Time-Series Models For Forecasting The Indonesian Gold Price," dalam *ACM International Conference Proceeding Series*, Association for Computing Machinery, Nov 2020, hlm. 79–83.
- [11] I. G. B. N. Diksa, "Peramalan Gelombang Covid 19 Menggunakan *Hybrid Nonlinear Regression Logistic – Double Exponential Smoothing* di Indonesia dan Prancis," *Jambura Journal of Mathematics*, vol. 3, no. 1, hlm. 37–51, Jan 2021.
- [12] S. M. Robial, "Perbandingan Model Statistik Pada Analisis Metode Peramalan *Time Series*: (Studi Kasus: PT. Telekomunikasi Indonesia, Tbk Kandatel Sukabumi)," *Jurnal SANTIKA*, vol. 8, no. 2, hlm. 823–838, 2018.
- [13] H. Kusharjanto, "Evaluasi Pembangunan Manusia di Masa Pandemi," detikNews. Diakses: 12 Februari 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://news.detik.com/kolom/d-5347456/evaluasi-pembangunan-manusia-di-masa-pandemi>