

# Implementasi Metode Double Exponential Smoothing Untuk Prediksi Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Di Kabupaten Toraja Utara

Adistacia Caesara Ampang<sup>1</sup>, Billy Eden William Asrul<sup>2\*</sup>, dan M. Adnan Nur<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Informatika, Ilmu Komputer, Universitas Handayani Makassar

Copresent Author : [billy@handayani.ac.id](mailto:billy@handayani.ac.id)

**Abstract** — The Human Development Index (IPM) is an indicator that explains how people can access development outcomes in obtaining human income, health and education. This study aims to make predictions on the Human Development Index (IPM) in North Toraja Regency using the Double Exponential Smoothing algorithm. The stages of this research began with collecting data obtained from observation, interviews and documentation. The algorithm used is Double exponential smoothing to predict the Human Development Index in North Toraja Regency for the next few years using past data. In this case, the best alpha and beta values are 0.6 and 0.9. The results of calculating the accuracy between the prediction results and the actual data using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) each have a forecasting error value of 0.13% for the Health Index, for the education index of 0.55%, and for the Purchasing Power Index of 0.45 %. Based on the results of these predictions, the value of the Human Development Index (IPM) in North Toraja Regency for the following year is 69.48%.

**Keyword** — Double Exponential Smoothing, Human Development Index, North Toraja Regency, MAPE, Prediction.

**Abstrak** — Indeks Pembangunan Manusia (IPM) merupakan salah satu indikator yang menjelaskan tentang bagaimana penduduk dapat mengakses hasil pembangunan dalam memperoleh pendapatan, kesehatan, dan pendidikan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan prediksi terhadap Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Kabupaten Toraja Utara dengan menggunakan algoritma Double Exponential Smoothing. Tahapan penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data yang diperoleh dari observasi, wawancara dan dokumentasi. Algoritma yang digunakan adalah Double exponential smoothing untuk memprediksi Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten Toraja Utara beberapa tahun kedepan dengan menggunakan data masa lampau. Dalam kasus ini, nilai alpha dan beta terbaik adalah 0,6 dan 0,9. Hasil perhitungan akurasi antara hasil prediksi dengan data aktual menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) masing-masing memiliki nilai kesalahan peramalan 0,13% untuk Indeks Kesehatan, untuk indeks pendidikan sebesar 0,55%, dan untuk Indeks Daya Beli sebesar 0,45%. Berdasarkan hasil prediksi tersebut, diperoleh nilai Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Kabupaten Toraja Utara untuk tahun berikutnya sebesar 69,48%.

**Kata kunci** — Double Exponential Smoothing, Indeks Pembangunan Manusia, Kabupaten Toraja Utara, MAPE, Prediksi.

## I. Pendahuluan

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) adalah salah satu ukuran yang menggambarkan bagaimana masyarakat dapat mengalami manfaat dari proses pembangunan melalui akses terhadap pendapatan, layanan kesehatan, dan pendidikan manusia. IPM terdiri dari tiga indikator yaitu indikator

kesehatan, tingkat pendidikan, dan indikator ekonomi, dimana indikator IPM digunakan untuk melihat posisi kinerja pembangunan (output pembangunan) yang dicapai oleh suatu daerah. Semakin tinggi nilai IPM suatu daerah maka semakin tinggi pula tingkat kinerja pembangunan yang dicapai wilayah tersebut.

Berdasarkan publikasi Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Toraja Utara, nilai Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Kabupaten Toraja Utara telah mengalami perubahan dalam beberapa tahun terakhir. Pada tahun 2010, nilai IPM mencapai 63,51. Angka ini meningkat menjadi 64,48 pada tahun 2011, kemudian mencapai 64,89 pada tahun 2012. Di tahun 2013, nilai IPM meningkat menjadi 65,65, diikuti oleh 66,15 pada tahun 2014, dan 66,76 pada tahun 2015. Pada tahun 2016, nilai IPM mencapai 67,49, dan meningkat lagi menjadi 67,90 pada tahun 2017. Pada tahun 2018, nilai IPM naik menjadi 68,43, dan pada tahun 2019 mencapai 69,16. Di tahun 2020, nilai IPM mencapai 69,33. Kemudian, pada tahun 2021, nilai IPM Kabupaten Toraja Utara mencapai 69,75, mengalami peningkatan sebesar 0,17 poin dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Nilai IPM Kabupaten Toraja Utara berada pada peringkat ke-13 dari 24 Kabupaten dan Kota yang terdapat di Sulawesi Selatan[1]. Meskipun Kabupaten Toraja Utara memiliki potensi kekayaan alam yang melimpah, hal ini belum sepenuhnya tercermin dalam nilai IPM. Menghadapi situasi ini, pemerintah kabupaten terus berupaya mengoptimalkan potensi sumber daya yang ada dan meningkatkan capaian IPM untuk masa depan yang lebih baik.

Dengan demikian, untuk mengidentifikasi potensi kenaikan atau penurunan nilai IPM beberapa tahun ke depan, diperlukan usaha peramalan atau prediksi. Prediksi ini memiliki nilai penting karena dapat menjadi panduan bagi pemerintah dalam mengambil kebijakan yang bertujuan meningkatkan pembangunan manusia di Kabupaten Toraja Utara, menciptakan masa depan yang lebih baik.

Berdasarkan penelitian terdahulu pada kasus perhitungan Indeks Pembangunan Manusia dengan metode double exponential smoothing yang dilakukan oleh Roni dkk di tahun 2019 menggunakan indikator IPM sebagai inputan ke dalam DES kemudian diramalkan hasil IPM untuk tahun berikutnya. Dalam penelitian ini juga, hasil dari perhitungan Indeks Pembangunan Manusia dengan metode

double exponential smoothing menghasilkan nilai MSE sebesar 0,1578 dan nilai MAPE sebesar 0,4894 [2].

Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Yuniar dan rekan-rekannya pada tahun 2021, peramalan terbaik diperoleh dengan nilai parameter  $\alpha$  sebesar 0,7. Hasil peramalan ini menunjukkan tingkat Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 0,376%, yang masuk dalam kriteria sangat baik dalam hal akurasi peramalan. Hasil peramalan IPM untuk tahun 2021 adalah sebesar 69,61, untuk tahun 2022 adalah sebesar 70,14, dan untuk tahun 2023 adalah sebesar 70,67. Angka-angka ini masuk dalam kategori IPM sedang, menggambarkan tingkat pembangunan manusia yang berada di tingkat menengah untuk jangka waktu tersebut [3].

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini membuat aplikasi peramalan Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten Toraja Utara dengan metode peramalan Double Exponential Smoothing, dimana penelitian ini diharapkan dapat membantu untuk memprediksi besar nilai Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Kabupaten Toraja Utara untuk beberapa tahun yang akan datang, sehingga pemerintah Kabupaten Toraja Utara dapat memaksimalkan setiap potensi dan sumber daya yang tersedia untuk meningkatkan kualitas pembangunan manusia dan sebagai bahan pertimbangan saran pembangunan fasilitas kesehatan, pendidikan, dan pusat perbelanjaan maupun pusat pelatihan keterampilan.

## II. Tinjauan Pustaka

### A. Indeks Pembangunan Manusia (IPM)

Indeks Pembangunan Manusia (IPM) atau Human Development Indeks (HDI) adalah indeks komposit yang dihitung berdasarkan usia harapan hidup, tingkat pendidikan dan pendapatan. IPM dibuat sebagai salah satu indikator untuk mengukur perkembangan suatu daerah dan juga merupakan salah satu indikator statistik tunggal yang dapat digunakan sebagai referensi perkembangan sosial dan ekonomi [4].

IPM dihitung sebagai rata-rata geometrik dari indeks kesehatan, indeks pendidikan, dan indeks pengeluaran.

$$IPM = \sqrt[3]{I_{kesehatan} \times I_{pendidikan} \times I_{daya\ beli} \times 100\%} \quad (1)$$

Masing-masing indeks komponen IPM tersebut merupakan perbandingan antara selisih nilai suatu indikator dan nilai minimumnya dengan selisih nilai maksimum dan nilai minimum indikator yang bersangkutan. Rumusnya adalah sebagai berikut :

$$Indeks\ X_i = \frac{x(i) - x(i)_{min}}{x(i)_{maks} - x(i)_{min}} \quad (2)$$

Dimana,

X (i) : Indikator ke-i, dengan i = 1, 2, dan 3

X(i) maks : Nilai Maksimum X(i)

X(i) min : Nilai Minimum X(i)

Untuk judul tulisan, gunakanlah ukuran 18 font Times New Roman. Paragraf yang dipakai adalah ukuran baris *single* dengan spasi awal kalimat ukuran 6 dan spasi akhir kalimat ukuran 6 (Lihat di menu Format --> Paragraph --> Indents and Spacing). Deskripsi font untuk nama penulis dan institusinya harus berukuran 11 Times New Roman. Nama penulis dan institusinya ditandai dengan angka kecil 1,2,3 dst di depannya dan harus sesuai antara nama dan institusinya masing-masing. Deskripsi paragraf harus dalam ukuran baris *single* dengan spasi awal dan akhir kalimat ukuran 6. Gunakan tambahan jarak baris ukuran 12 sebelum memulai abstrak, pendahuluan dst dengan format dua kolom, seperti diperlihatkan di atas.

### B. Indikator IPM

#### 1) Indeks Kesehatan

Salah satu indikator untuk melihat derajat kesehatan penduduk disuatu daerah adalah jumlah bayi lahir dan bayi lahir dengan berat badan rendah (BBLR). Tujuan dari pembangunan kesehatan adalah untuk meningkatkan kemampuan masyarakat dalam mewujudkan derajat kesehatan yang tinggi. Tingkat kesehatan dalam masyarakat digambarkan oleh Angka Harapan Hidup . Indeks Harapan Hidup, dihitung berdasarkan usia harapan hidup sejak seseorang dilahirkan dengan mempertimbangkan usia harapan hidup terendah dan tertinggi (UNDP) [1]. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$X1 = \frac{UHH - 20}{85 - 20} \times 100 \quad (3)$$

Keterangan :

X1 : Indeks Kesehatan

UHH : Usia Harapan Hidup

20 : Nilai Terendah

85 : Nilai Tertinggi

#### 2) Indeks Pendidikan

Pembangunan pendidikan difokuskan pada peningkatan partisipasi masyarakat dalam pendidikan dan memperluas kesempatan memperoleh pendidikan bagi seluruh lapisan masyarakat. Capaian partisipasi masyarakat pada pendidikan dapat dilihat dari angka Harapan Lama Sekolah (HLS) dan Rata-Rata Lama Sekolah (RLS) [1]. Untuk menghitung indikator pendidikan menggunakan rumus (4), (5) dan (6).

$$IHLS = \frac{HLS - HLS_{min}}{HLS_{maks} - HLS_{min}} \quad (4)$$

$$IRLS = \frac{RLS - RLS_{min}}{RLS_{maks} - RLS_{min}} \quad (5)$$

$$IPendidikan = \frac{IHLS + IRLS}{2} \quad (6)$$

### 3) Indeks Pendidikan

Pengeluaran per kapita yang disesuaikan ditentukan dari nilai pengeluaran per kapita dan paritas daya beli (Purchasing Power Parity - PPP). Rata-rata pengeluaran per kapita setahun diperoleh dari Susenas, dihitung dari level propinsi hingga level kab/kota [1]. Untuk menghitung Indikator daya beli menggunakan rumus berikut :

$$I \text{ Daya Beli} = \frac{I \text{ Pengeluaran} - I \text{ Pen}_{\min}}{I \text{ Pen}_{\max} - I \text{ Pen}_{\min}} \quad (7)$$

### C. Peramalan (Forecasting)

Peramalan definisikan sebagai alat/teknik untuk memprediksi atau memperkirakan suatu nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data atau informasi yang relevan, baik data/informasi masa lalu maupun data/informasi saat ini [5].

Pola atau karakteristik data merupakan aspek utama yang sangat berpengaruh terhadap pemilihan teknik peramalan. Suatu data yang memiliki pola trend (naik atau turun) akan lebih tepat bila di ramalkan dengan teknik dekomposisi. Sedangkan data yang berpola fluktuatif akan lebih tepat bila diforecast dengan teknik smoothing [6].

### D. Double Exponential Smoothing

Algoritma Metode *Exponential Smoothing* merupakan perkembangan dari metode moving average. Dalam metode ini, peramalan dilakukan dengan mengulang perhitungan secara terus menerus dengan menggunakan data terbaru. Pada metode ini, memerlukan setidaknya tiga data observasi terakhir untuk memulai dan menghitung prediksi yang lebih lanjut [7].

Double *Exponential Smoothing* merupakan metode yang akan digunakan dalam penelitian ini. Dasar pemikiran dari metode ini adalah bahwa nilai pemulusan akan terdapat pada waktu sebelum data sebenarnya apabila pada data tersebut terdapat komponen *trend*. Oleh karena itu untuk nilai pemulusan tunggal, perlu ditambahkan dengan nilai pemulusan ganda untuk menyesuaikan trend. Metode yang dapat digunakan untuk memprediksi trend linear adalah metode dua parameter dari *Holt*. Pada metode *Holt*, nilai trend tidak dimuluskan dengan pemulusan ganda secara langsung, namun pemulusan trend dilakukan dengan menggunakan parameter berbeda dengan parameter yang digunakan untuk pemulusan data asli. Berikut persamaan pemulusan *exponential* ganda :

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (8)$$

$$B_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1} \quad (9)$$

$$F_t = S_{t-1} + T_{t-1} \quad (10)$$

### D. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

MAPE merupakan rata-rata persentase kesalahan absolut yang didapat dengan membagi persentase kesalahan tiap

periode peramalan, dengan jumlah periode peramalan yang ada. Persentase kesalahan tiap periode peramalan disebut juga PE (Percentage Error). PE didapat dari nilai absolut data asli pada periode tertentu yang dikurangi dengan hasil peramalan pada periode yang sama, kemudian dibagi dengan data asli dan dikali 100% [8]. Secara matematis MAPE dinyatakan sebagai berikut :

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| 100}{n} \quad (11)$$

Dimana :

$n$  = Jumlah Data yang memiliki nilai aktual dan ramalan

$A_t$  = nilai aktual pada periode ke- $t$

$F_t$  = nilai ramalan pada periode ke- $t$

## III. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini dimulai dari proses pengumpulan data, kemudian dilanjutkan dengan pengembangan sistem menggunakan *Rational Unified Process* (RUP).

### A. Inception (Analisis Sistem)

Use Case Diagram merupakan teknik yang digunakan dalam pengembangan sebuah sistem informasi untuk menangkap kebutuhan fungsional dari sebuah sistem [9]. Gambar 3.1 merupakan use case diagram pada Sistem Prediksi Indeks Pembangunan Manusia dengan Metode Double Exponential Smoothing di Kabupaten Toraja Utara, dengan aktor antara lain admin yaitu Petugas BPS Kab. Toraja Utara, dan User yaitu Petugas BAPEDA.

### B. Elaborasi (Perancangan Sistem)

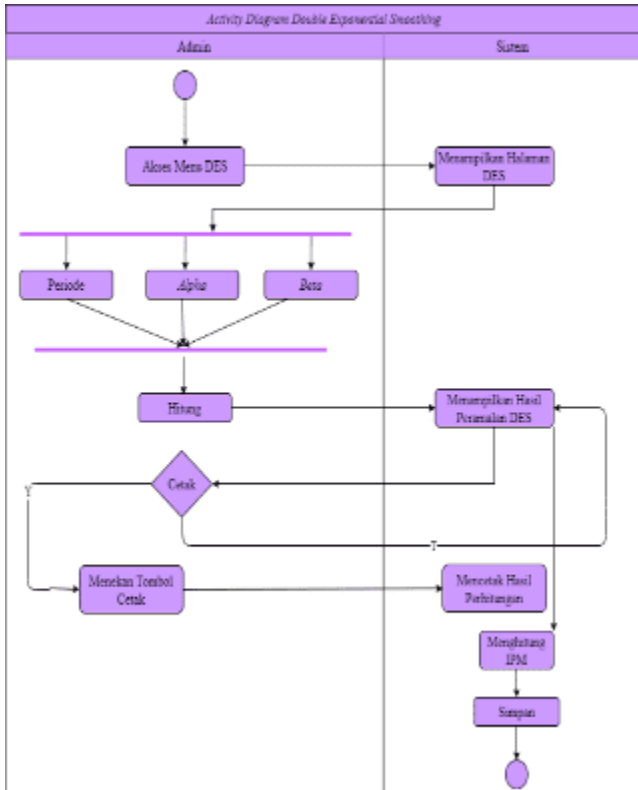
#### 1) Usecase Diagram

Use Case Diagram merupakan teknik yang digunakan dalam pengembangan sebuah sistem informasi untuk menangkap kebutuhan fungsional dari sebuah sistem [9]. Gambar 3.1 merupakan use case diagram pada Sistem Prediksi Indeks Pembangunan Manusia dengan Metode Double Exponential Smoothing di Kabupaten Toraja Utara, dengan aktor antara lain admin yaitu Petugas BPS Kab. Toraja Utara, dan User yaitu Petugas BAPEDA.

#### 2) Alur Prediksi Dengan Double Exponential Smoothing

Flowchart merupakan suatu bagan yang menggambarkan urutan proses secara detail dan hubungan antara suatu proses dengan proses yang lain dalam suatu program, dimana pada flowchart juga terdapat simbol-simbol yang memiliki fungsinya masing-masing. Simbol-simbol yang terdapat pada flowchart, yaitu terminator, flow line, proses, decision, preparation, predefined process, dan lain-lain [10].

User saat membuka menu DES. Pada tahap ini peneliti dapat menghitung prediksi Indeks Kesehatan, Pendidikan dan Daya Beli dengan metode *double exponential smoothing*. Sebelum itu, peneliti harus menginput nilai alpha, beta, dan periode. Setelah itu, dilanjutkan dengan dapat melihat dan mencetak hasil prediksi. Setelah melakukan prediksi, kemudian dapat mengitung IPM sesuai dengan periode yang diinput pada saat akan melakukan prediksi.



Gambar 2 Diagram *Double Exponential Smoothing*

IV. Hasil dan Pembahasan

Dalam perhitungan metode *double exponential Smoothing Holt* ada beberapa tahap yang harus dilakukan :

- 1) Mendefinisikan nilai parameter alpha dan beta
- 2) Mencari Nilai Peramalan Periode ke 2
- 3) Mencari Nilai Smoothing
- 4) Mencari nilai trend pada periode pertama
- 5) Mencari Nilai Peramalan.

A. Perhitungan Indeks Kesehatan

Tabel 1 Data Indeks Kesehatan

Tahun	Data Aktual(Yt)
2010	80,68

Tahun	Data Aktual(Yt)
2011	80,71
2012	80,72
2013	80,75
2014	80,77
2015	81,23
2016	81,34
2017	81,45
2018	81,68
2019	82,08
2020	82,14
2021	82,17
2022	??

A. Mengitung nilai parameter alpha dan beta

Tabel 2 Perhitungan MAPE Indeks Kesehatan alpha 0.6 dan beta 0.9

Tahun	Nilai Aktual	Peramalan	Error	Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan nilai Aktual
t	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	A <sub>t</sub> - F <sub>t</sub>	A <sub>t</sub> - F <sub>t</sub>	A <sub>t</sub> - F <sub>t</sub>   / A <sub>t</sub>
2010	80,68				
2011	80,71				
2012	80,72	80,74	-0,02	0,02	0,0002
2013	80,75	80,7472	0,0028	0,0028	0
2014	80,77	80,7696	0,0004	0,0004	0
2015	81,23	80,7908	0,4392	0,4392	0,0054
2016	81,34	81,3124	0,0276	0,0276	0,0003
2017	81,45	81,602	-0,152	0,152	0,0019
2018	81,68	81,7017	-0,0217	0,0217	0,0003
2019	82,08	81,8679	0,2121	0,2121	0,0026
2020	82,14	82,2889	-0,1489	0,1489	0,0018
2021	82,17	82,4129	-0,2429	0,2429	0,003
Total					0,0155

Setelah semua nilai didapat, langkah selanjutnya menghitung nilai MAPE, seperti berikut :

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| 100}{n}$$

$$= \frac{\left( \frac{80,68 - 0}{80,68} \right) + \left( \frac{80,71 - 0}{80,71} \right) + \left( \frac{80,72 - 80,74}{80,72} \right) + \dots + \left( \frac{82,17 - 82,4129}{82,17} \right) 100}{12}$$

$$= 0,13\%$$

Jadi nilai MAPE untuk peramalan indeks kesehatan dengan nilai alpha 0,6 dan beta 0,9 adalah 0,13%.

- 1) Data Actual (Y<sub>t</sub>) 2010

Y<sub>t</sub> = 80,68

- 2) Peramalan periode (F<sub>t</sub>) 2011

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2011 ( $S_t$ )

$$S_t = Y_t$$

$$S_t = 80,71$$

b. Mencari nilai trend periode 2011 ( $T_t$ )

$$T_t = Y_t - Y_{t-1}$$

$$T_t = 80,71 - 80,68$$

$$T_t = 0,03$$

3) Peramalan Periode 2012 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai pemulusan periode 1 ( $S$ )

$$S_{t2} = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 80,72 + (1 - 0,6) \times (80,71 + 0,03)$$

$$= 80,728$$

b. Mencari nilai trend periode 2012 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (80,728 - 80,71) + (1 - 0,9) \times 0,03$$

$$T_t = 0,0192$$

c. Mencari nilai peramalan periode ( $F_t$ )

$$F_{t1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$F_{t1} = 80,71 + 0,03$$

$$F_{t1} = 80,74$$

4) Peramalan Periode 2013 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai pemulusan periode 2013 ( $S_t$ )

$$S_{t2} = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 80,75 + (1 - 0,6) \times (80,728 + 0,0192)$$

$$= 80,7489$$

b. Mencari nilai trend periode 2013 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (80,7489 - 80,728) + (1 - 0,9) \times 0,0192$$

$$T_t = 0,0207$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2013 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 80,728 + 0,0192$$

$$= 80,7472$$

5) Peramalan periode 2014

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2014 ( $S_t$ )

$$S_{t2} = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 80,77 + (1 - 0,6) \times (80,7489 + 0,0207)$$

$$= 80,7698$$

b. Mencari nilai trend periode 2014 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (80,7698 - 80,7489) + (1 - 0,9) \times 0,0207$$

$$T_t = 0,0209$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2014 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 80,7698 + 0,0209$$

$$= 80,7696$$

6) Peramalan periode 2015 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2015 ( $S_t$ )

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 81,23 + (1 - 0,6) \times (80,7698 + 0,0209)$$

$$= 81,0543$$

b. Mencari nilai trend periode 2015 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (81,0543 - 80,7698) + (1 - 0,9) \times 0,0209$$

$$= 0,2581$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2015 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 80,7698 + 0,0209$$

$$= 80,7908$$

7) Peramalan periode 2016 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2016 ( $S_t$ )

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 81,34 + (1 - 0,6) \times (81,0543 + 0,2581)$$

$$= 81,329$$

b. Mencari nilai trend periode 2016 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (81,329 - 81,0543) + (1 - 0,9) \times 0,2581$$

$$= 0,273$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2016 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 81,0543 + 0,2581$$

$$= 81,3124$$

8) Peramalan periode 2017 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2017 ( $S_t$ )

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 81,45 + (1 - 0,6) \times (81,329 + 0,273)$$

$$= 81,5108$$

b. Mencari nilai trend periode 2017 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (81,5108 - 81,329) + (1 - 0,9) \times 0,273$$

$$= 0,1909$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2017 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 81,329 + 0,273$$

$$= 81,602$$

9) Peramalan periode 2018 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2018 ( $S_t$ )

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 81,68 + (1 - 0,6) \times (81,5108 + 0,1909)$$

$$= 81,6887$$

b. Mencari nilai trend periode 2018 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (81,6887 - 81,5108) + (1 - 0,9) \times 0,1909$$

$$= 0,1792$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2018 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 81,5108 + 0,1909$$

$$= 81,7017$$

10) Peramalan periode 2019 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2019 ( $S_t$ )

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 82,08 + (1 - 0,6) \times (81,6887 + 0,1909)$$

$$= 81,9952$$

b. Mencari nilai trend periode 2019 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (81,9952 - 81,6887) + (1 - 0,9) \times 0,1909$$

$$= 0,2937$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2019 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 81,6887 + 0,1909$$

$$= 81,8679$$

11) Peramalan periode 2020 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2020 ( $S_t$ )

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 82,14 + (1 - 0,6) \times (81,9952 + 0,2937)$$

$$= 82,1996$$

b. Mencari nilai trend periode 2020 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (82,1996 - 81,9952) + (1 - 0,9) \times 0,2937$$

$$= 0,2133$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2020 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 81,9952 + 0,2937$$

$$= 82,2889$$

12) Peramalan periode 2021 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2021 ( $S_t$ )

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 82,17 + (1 - 0,6) \times (82,1996 + 0,2133)$$

$$= 82,2672$$

b. Mencari nilai trend periode 2021 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (82,2672 - 82,1996) + (1 - 0,9) \times 0,2133$$

$$= 0,0822$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2021 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 82,1996 + 0,2133$$

$$= 82,4129$$

d. Mencari nilai peramalan periode 2022

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 82,2672 + 0,0822$$

$$= 82,18$$

### B. Perhitungan Indeks Pendidikan

Tabel 3 Data Indeks Pendidikan

Tahun	Data Aktual(Yt)
2010	54,98
2011	57,36
2012	57,98
2013	59,7
2014	60,69
2015	61,67
2016	62,76
2017	62,82
2018	62,95
2019	63,35
2020	63,7
2021	64,69

1. Menghitung nilai parameter alpha dan beta

Tabel 4 Perhitungan MAPE Indeks Pendidikan alpha 0.6 dan beta 0.9

Tahun	Nilai Aktual	Peramalan	Error	Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan nilai Aktual
t	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	A <sub>t</sub> - F <sub>t</sub>	A <sub>t</sub> - F <sub>t</sub>	A <sub>t</sub> - F <sub>t</sub>   / A <sub>t</sub>
2010	54,98				
2011	57,36				
2012	57,98	59,74	-1,76	1,76	0,0304
2013	59,7	60,1136	-0,4136	0,4136	0,0069
2014	60,69	61,0717	-0,3817	0,3817	0,0063
2015	61,67	61,8428	-0,1728	0,1728	0,0028
2016	62,76	62,6459	0,1141	0,1141	0,0018
2017	62,82	63,6828	-0,8628	0,8628	0,0137
2018	62,95	63,6676	-0,7176	0,7176	0,0114
2019	63,35	63,352	-0,002	0,002	0
2020	63,7	63,4647	0,2353	0,2353	0,0037
2021	64,69	63,8468	0,8432	0,8432	0,013
				Total	0,09

Setelah semua nilai didapat, langkah selanjutnya menghitung nilai MAPE, seperti berikut :

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \left( \frac{A_t - F_t}{A_t} \right) 100 \right|}{n}$$

$$= \frac{\left( \left( \frac{54,98-0}{54,98} \right) + \left( \frac{57,36-0}{57,36} \right) + \left( \frac{57,98-59,74}{57,98} \right) + \dots + \left( \frac{64,69-63,8468}{64,69} \right) \right) 100}{12}$$

$$MAPE = 0,55\%$$

Jadi nilai MAPE untuk peramalan indeks Pendidikan dengan nilai alpha 0,6 dan beta 0,9 adalah 0,55%

2. Data Actual ( $Y_t$ ) 2010

$$Y_t = 54,98$$

3. Peramalan periode ( $F_t$ ) 2011

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2011 ( $S_t$ )

$$S_t = Y_t$$

$$S_t = 57,36$$

b. Mencari nilai trend periode 2011 ( $T_t$ )

$$T_t = Y_t - Y_{t-1}$$

$$T_t = 57,36 - 54,98$$

$$T_t = 2,38$$

4. Peramalan Periode 2012 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai pemulusan periode 1 ( $S_t$ )

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 57,98 + (1 - 0,6) \times (57,36 + 2,38)$$

$$= 0,6 \times 57,98 + (0,4) \times (59,74)$$

$$= 34,788 + 23,896$$

$$= 58,684$$

b. Mencari nilai trend periode 2012 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (58,684 - 57,36) + (1 - 0,9) \times 2,38$$

$$T_t = 1,1916 + 0,238$$

$$= 1,4296$$

c. Mencari nilai peramalan periode ( $F_t$ )

$$F_{t1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$F_{t1} = 57,36 + 2,38$$

$$F_{t1} = 59,74$$

5. Peramalan Periode 2013 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai pemulusan periode ( $S_t$ )

$$S_{t2} = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 59,7 + (1 - 0,6) \times (58,684 + 1,4296)$$

$$= 59,8654$$

b. Mencari nilai trend periode 2013 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (59,8654 - 58,684) + (1 - 0,9) \times 1,4296$$

$$T_t = 1,2063$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2013 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 59,8654 + 1,2063$$

$$= 60,1136$$

6. Peramalan periode 2014

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2014 ( $S_t$ )

$$S_{t2} = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 60,69 + (1 - 0,6) \times (59,8654 + 1,2063)$$

$$= 60,8427$$

b. Mencari nilai trend periode 2014 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (60,8427 - 59,8654) + (1 - 0,9) \times 1,2063$$

$$= 1,0001$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2014 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 59,8654 + 1,2063$$

$$= 61,0717$$

7. Peramalan periode 2015 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2015 ( $S_t$ )

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 61,67 + (1 - 0,6) \times (60,8427 + 1,0001)$$

$$= 61,7391$$

b. Mencari nilai trend periode 2015 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (61,7391 - 60,8427) + (1 - 0,9) \times 1,0001$$

$$= 0,9068$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2015 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 60,8427 + 1,0001$$

$$= 61,8428$$

8. Peramalan periode 2016 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2016 ( $S_t$ )

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 62,76 + (1 - 0,6) \times (61,7391 + 0,9068)$$

$$= 62,7144$$

b. Mencari nilai trend periode 2016 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (62,7144 - 61,7391) + (1 - 0,9) \times 0,9068$$

$$= 0,9684$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2016 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 61,7391 + 0,9068$$

$$= 62,6459$$

9. Peramalan periode 2017 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2017 ( $S_t$ )

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 62,82 + (1 - 0,6) \times (62,7144 + 0,9684)$$

$$= 63,1651$$

b. Mencari nilai trend periode 2017 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (63,1651 - 62,7144) + (1 - 0,9) \times 0,9684$$

$$= 0,5025$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2017 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 62,7144 + 0,9684$$

$$= 63,6828$$

10. Peramalan periode 2018 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2018 ( $S_t$ )

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 62,95 + (1 - 0,6) \times (63,1651 + 0,5025)$$

$$= 63,237$$

b. Mencari nilai trend periode 2018 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (63,237 - 63,1651) + (1 - 0,9) \times 0,5025$$

$$= 0,115$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2018 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 63,1651 + 0,5025$$

$$= 63,6676$$

11. Peramalan periode 2019 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2019 ( $S_t$ )

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 63,35 + (1 - 0,6) \times (63,237 + 0,115)$$

$$= 63,3508$$

b. Mencari nilai trend periode 2019 (T<sub>t</sub>)

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (63,3508 - 63,237) + (1 - 0,9) \times 0,115$$

$$= 0,1139$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2019 (F<sub>t</sub>)

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 63,237 + 0,115$$

$$= 63,352$$

12. Peramalan periode 2020 (F<sub>t</sub>)

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2020 (S<sub>t</sub>)

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 63,7 + (1 - 0,6) \times (63,3508 + 0,1139)$$

$$= 63,6059$$

b. Mencari nilai trend periode 2020 (T<sub>t</sub>)

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (63,6059 - 63,3508) + (1 - 0,9) \times 0,1139$$

$$= 0,2409$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2020 (F<sub>t</sub>)

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 63,3508 + 0,1139$$

$$= 63,4647$$

13. Peramalan periode 2021 (F<sub>t</sub>)

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2021 (S<sub>t</sub>)

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 64,69 + (1 - 0,6) \times (63,6059 + 0,2409)$$

$$= 64,3527$$

b. Mencari nilai trend periode 2021 (T<sub>t</sub>)

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (64,3527 - 63,6059) + (1 - 0,9) \times 0,2409$$

$$= 0,6963$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2021 (F<sub>t</sub>)

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 63,6059 + 0,2409$$

$$= 63,8468$$

d. Mencari nilai peramalan periode 2022

$$F_{t+1} = S_{t-1} + T_{t-1}$$

$$= 64,3527 + 0,6963$$

$$= 63,66$$

Berdasarkan hasil prediksi indeks pendidikan dengan metode double exponential smoothing, prediksi tahun 2022 sebesar 63,66.

### C. Perhitungan Indeks Daya Beli

Data Indeks daya beli yang dikumpulkan berjumlah 11 Data dimana data tersebut digunakan untuk dataset dalam proses presiksi, data tahun 2010 sampai dengan tahun 2021 menjadi data training untuk memprediksi data pada tahun 2022.

Tabel 5 Data Indeks Daya Beli

Tahun	Data Aktual(Yt)
-------	-----------------

Tahun	Data Aktual(Yt)
2010	57,76
2011	57,91
2012	58,36
2013	58,7
2014	59,04
2015	59,38
2016	60,22
2017	61,17
2018	62,48
2019	63,63
2020	63,69
2021	63,82
2022	??

1. Menghitung nilai parameter alpha 0.6 dan beta 0.9

Tabel 6 Perhitungan MAPE Indeks Daya Beli

Tahun	Nilai Aktual	Peramalan	Error	Nilai Absolut Error	Nilai Absolut Error dibagi dengan nilai Aktual
t	A <sub>t</sub>	F <sub>t</sub>	A <sub>t</sub> - F <sub>t</sub>	A <sub>t</sub> - F <sub>t</sub>	A <sub>t</sub> - F <sub>t</sub>   / A <sub>t</sub>
2010	57,76				
2011	57,91				
2012	58,36	58,06	0,3	0,3	0,0051
2013	58,7	58,552	0,148	0,148	0,0025
2014	59,04	59,0327	0,0073	0,0073	0,0001
2015	59,38	59,4329	-0,0529	0,0529	0,0009
2016	60,22	59,7684	0,4516	0,4516	0,0075
2017	61,17	60,6505	0,5195	0,5195	0,0085
2018	62,48	61,8538	0,6262	0,6262	0,01
2019	63,63	63,4593	0,1707	0,1707	0,0027
2020	63,69	64,8837	-1,1937	1,1937	0,0187
2021	63,82	64,8448	-1,0248	1,0248	0,0161
				Total	0,0721

Setelah semua nilai didapat, langkah selanjutnya menghitung nilai MAPE, seperti berikut :

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| 100}{n}$$

$$= \frac{\left( \left( \frac{57,76 - 0}{57,76} \right) + \left( \frac{57,91 - 0}{57,91} \right) + \left( \frac{58,36 - 58,06}{58,36} \right) + \dots + \left( \frac{63,82 - 64,8448}{63,82} \right) \right) 100}{12}$$

$$MAPE = 0,45 \%$$



Jadi nilai MAPE untuk peramalan indeks Daya Beli dengan nilai alpha 0,6 dan beta 0,9 adalah 0,45%

2. Data Actual ( $Y_t$ ) 2010

$$Y_t = 57,76$$

3. Peramalan periode ( $F_t$ ) 2011

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2011 ( $S_t$ )

$$S_t = Y_t$$

$$S_t = 57,91$$

b. Mencari nilai trend periode 2011 ( $T_t$ )

$$T_t = Y_t - Y_{t-1}$$

$$T_t = 57,91 - 57,76$$

$$T_t = 0,15$$

4. Peramalan Periode 2012 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai pemulusan periode 1 ( $S_t$ )

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 58,36 + (1 - 0,6) \times (57,91 + 0,15)$$

$$= 58,24$$

b. Mencari nilai trend periode 2012 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (58,24 - 57,91) + (1 - 0,9) \times 0,15$$

$$T_t = 0,312$$

c. Mencari nilai peramalan periode ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t+1} + T_{t+1}$$

$$F_{t+1} = 57,91 + 0,15$$

$$F_{t+1} = 58,06$$

5. Peramalan Periode 2013 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai pemulusan periode ( $S_t$ )

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 58,7 + (1 - 0,6) \times (58,24 + 0,312)$$

$$= 58,6408$$

b. Mencari nilai trend periode 2013 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (58,6408 - 58,24) + (1 - 0,9) \times 0,312$$

$$T_t = 0,3919$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2013 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t+1} + T_{t+1}$$

$$= 58,24 + 0,312$$

$$= 58,552$$

6. Peramalan periode 2014

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2014 ( $S_t$ )

$$S_{t2} = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 59,04 + (1 - 0,6) \times (58,6408 + 0,3919)$$

$$= 59,0371$$

b. Mencari nilai trend periode 2014 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (59,0371 - 58,6408) + (1 - 0,9) \times 0,3919$$

$$= 0,3959$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2014 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t+1} + T_{t+1}$$

$$= 58,6408 + 0,3919$$

$$= 59,0327$$

7. Peramalan periode 2015 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2015 ( $S_t$ )

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 59,38 + (1 - 0,6) \times (59,0371 + 0,3959)$$

$$= 59,4012$$

b. Mencari nilai trend periode 2015 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (59,4012 - 59,0371) + (1 - 0,9) \times 0,3959$$

$$= 0,3673$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2015 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t+1} + T_{t+1}$$

$$= 59,0371 + 0,3959$$

$$= 59,4329$$

8. Peramalan periode 2016 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2016 ( $S_t$ )

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 60,22 + (1 - 0,6) \times (59,4012 + 0,3673)$$

$$= 60,0394$$

b. Mencari nilai trend periode 2016 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (60,0394 - 59,4012) + (1 - 0,9) \times 0,3673$$

$$= 0,6111$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2016 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t+1} + T_{t+1}$$

$$= 59,4012 + 0,3673$$

$$= 59,7684$$

9. Peramalan periode 2017 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2017 ( $S_t$ )

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 61,17 + (1 - 0,9) \times (60,0394 + 0,6111)$$

$$= 60,9622$$

b. Mencari nilai trend periode 2017 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (60,9622 - 60,0394) + (1 - 0,9) \times 0,6111$$

$$= 0,8916$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2017 ( $F_t$ )

$$F_{t+1} = S_{t+1} + T_{t+1}$$

$$= 60,0394 + 0,6111$$

$$= 60,6505$$

10. Peramalan periode 2018 ( $F_t$ )

a. Mencari nilai *smoothing* periode 2018 ( $S_t$ )

$$S_t = \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$= 0,6 \times 62,48 + (1 - 0,6) \times (60,9622 + 0,8916)$$

$$= 62,2295$$

b. Mencari nilai trend periode 2018 ( $T_t$ )

$$T_t = \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1}$$

$$T_t = 0,9 \times (62,2295 - 60,9622) + (1 - 0,9) \times 0,8916$$

$$= 1,2298$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2018 ( $F_t$ )

$$\begin{aligned} F_{t+1} &= S_{t-1} + T_{t-1} \\ &= 60,9622 + 0,8916 \\ &= 61,8538 \end{aligned}$$

11. Peramalan periode 2019 ( $F_t$ )a. Mencari nilai *smoothing* periode 2019 ( $S_t$ )

$$\begin{aligned} S_t &= \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1}) \\ &= 0,6 \times 63,63 + (1 - 0,6) \times (62,2295 + 1,2298) \\ &= 63,5617 \end{aligned}$$

b. Mencari nilai trend periode 2019 ( $T_t$ )

$$\begin{aligned} T_t &= \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1} \\ T_t &= 0,9 \times (63,5617 - 62,2295) + (1 - 0,9) \times 1,2298 \\ &= 1,3219 \end{aligned}$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2019 ( $F_t$ )

$$\begin{aligned} F_{t+1} &= S_{t-1} + T_{t-1} \\ &= 62,2295 + 1,2298 \\ &= 63,4593 \end{aligned}$$

12. Peramalan periode 2020 ( $F_t$ )a. Mencari nilai *smoothing* periode 2020 ( $S_t$ )

$$\begin{aligned} S_t &= \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1}) \\ &= 0,6 \times 63,69 + (1 - 0,6) \times (63,5617 + 1,3219) \\ &= 64,1675 \end{aligned}$$

b. Mencari nilai trend periode 2020 ( $T_t$ )

$$\begin{aligned} T_t &= \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1} \\ T_t &= 0,9 \times (64,1675 - 63,5617) + (1 - 0,9) \times 1,3219 \\ &= 0,6774 \end{aligned}$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2020 ( $F_t$ )

$$\begin{aligned} F_{t+1} &= S_{t-1} + T_{t-1} \\ &= 63,5617 + 1,3219 \\ &= 64,8837 \end{aligned}$$

13. Peramalan Periode 2021 ( $F_t$ )a. Mencari nilai *smoothing* periode 2021 ( $S_t$ )

$$\begin{aligned} S_t &= \alpha \times Y_t + (1 - \alpha) \times (S_{t-1} + T_{t-1}) \\ &= 0,6 \times 63,82 + (1 - 0,6) \times (64,1675 + 0,6774) \\ &= 64,2299 \end{aligned}$$

b. Mencari nilai trend periode 2021 ( $T_t$ )

$$\begin{aligned} T_t &= \beta \times (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta) \times T_{t-1} \\ T_t &= 0,9 \times (64,2299 - 64,1675) + (1 - 0,9) \times 0,6774 \\ &= 0,124 \end{aligned}$$

c. Mencari nilai peramalan periode 2021 ( $F_t$ )

$$\begin{aligned} F_{t+1} &= S_{t-1} + T_{t-1} \\ &= 64,1675 + 0,6774 \\ &= 64,8448 \end{aligned}$$

## d. Mencari Nilai Peramalan Periode 2022

$$\begin{aligned} &= S_{t-1} + T_{t-1} \\ &= 64,2299 + 0,124 \\ &= 64,11 \end{aligned}$$

## d. Perhitungan Indeks Pembangunan Manusia

$$IPM = \sqrt[3]{82,18 \times 63,66 \times 64,11} \times 100\%$$

$$IPM = 69,48\%$$

Hasil perhitungan IPM Toraja Utara untuk periode selanjutnya yaitu 69,48%, dimana hal ini menunjukkan bahwa tingkat pembangunan manusia di Kabupaten Toraja Utara berada ditingkat sedang. Untuk meningkatkan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) sebesar 69,48%, beberapa saran pembangunan yang dapat dilakukan antara lain: peningkatan akses dan kualitas pendidikan, memperbaiki infrastruktur kesehatan, dorong pemberdayaan ekonomi yang mencakup pelatihan keterampilan, mendukung usaha kecil dan menengah, serta peningkatan partisipasi masyarakat seperti melibatkan melibatkan warga dalam dialog, konsultasi, dan proses pengambilan keputusan yang berkaitan dengan isu-isu penting dalam masyarakat. Dengan implementasi saran-saran tersebut, diharapkan IPM dapat meningkat dan membawa kemajuan serta kesejahteraan yang lebih baik bagi masyarakat di Kabupaten Toraja Utara.

## V. Kesimpulan

Hasil dari uji coba sistem ini menunjukkan bahwa sistem ini telah dibuat sesuai dengan fungsionalitas yang diharapkan dan pengujian nilai kesalahan peramalan pada data indeks kesehatan, indeks pendidikan, dan indeks daya beli dengan menggunakan perhitungan MAPE (Mean Absolute Percentage Error) parameter terbaik berada pada nilai alpha 0,6 dan beta 0,9. Hasil peramalan indeks kesehatan untuk tahun 2022 yaitu 82,18% dengan nilai MAPE 0,13%. Hasil peramalan indeks pendidikan untuk tahun 2022 yaitu 63,66% dengan nilai MAPE 0,55%. Hasil peramalan indeks daya beli untuk tahun 2022 yaitu 64,11% dengan nilai MAPE 0,45%. Dari hasil peramalan tersebut, maka didapatkan nilai Indeks Pembangunan Manusia (IPM) di Kabupaten Toraja Utara untuk tahun 2022 adalah 69,48%.

## Daftar Acuan

- [1] Badan Pusat Statistik, "INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA 2021," 2021. doi: 4102002.
- [2] 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.
- [3] Y. Farida, D. A. Sulistiani, and N. Ulinuha, "Peramalan Indeks Pembangunan Manusia (Ipm) Kabupaten Bojonegoro Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Brown," *Teorema*, vol. 6, no. September 2021, pp. 173–183, 2021.
- [4] M. Haryati and O. W. Arsani, "Analisis Tingkat

- Akurasi Model Backpropagation Dalam Prediksi Indeks Pembangunan Manusia ( IPM ) di NTB,” *Jartika*, vol. 2, no. 2, pp. 94–102, 2019.
- [5] 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.
- [6] A. Purwanto and S. N. Afiyah, “Sistem Peramalan Produksi Jagung Provinsi Jawa Barat Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing,” *J. Ilm. Teknol. Inf. Asia*, vol. 14, no. 2, p. 85, 2020, doi: 10.32815/jitika.v14i2.462.
- [7] S. A. Rezwari, “Simulasi Peramalan Tingkat Indeks Pembangunan Manusia Di Provinsi Jawa Tengah Dengan Metode Exponential Smoothing Menggunakan Microsoft Visual Basic ...,” *J. Ilm. Sains*, 2019, [Online]. Available: <http://lib.unnes.ac.id/21755/>
- [8] M. H. Elison, R. Asrianto, and Aryanto, “Prediksi Penjualan Papan Bunga Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing,” *J. Ris. Sist. Inf. dan Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 3, pp. 45–56, 2020, doi: 10.52005/jursistekni.v2i3.60.
- [9] M. L. Alhabab, “Implementasi Algoritma Double Exponential Smoothing Dalam Pengembangan Aplikasi Manajemen Aset Sebagai Rekomendasi Persediaan Barang Baru Laboratorium Ftik Universitas Semarang,” *Jutekni*, vol. 3, pp. 1–9, 2019.
- [10] R. John and S. Hansun, “Rancang Bangun Aplikasi Prediksi Penjualan Menggunakan Algoritma Double Exponential Smoothing Berbasis Web (Studi Kasus: Pt. Sanpak Unggul),” *J. Inform.*, vol. 14, no. 1, pp. 28–35, 2019, doi: 10.9744/informatika.14.1.28-35.