

PERBANDINGAN ANTARA METODE *DOUBLE* DAN *TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING* UNTUK MERAMALKAN TINGKAT KEMISKINAN DI KABUPATEN YAHUKIMO PADA 2025-2030

COMPARISON BETWEEN *DOUBLE* AND *TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING METHODS* FOR FORECASTING POVERTY RATE OF YAHUKIMO REGENCY IN 2025-2030

Agustinus Langowuyo, Felix Reba*, Yosefina Sarena

Program Studi Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Cenderawasih
Jayapura Papua 99351 Indonesia

*e-mail : felix.reba85@gmail.com

Abstrak

Papua termasuk dalam lima daerah termiskin di Indonesia berdasarkan data yang dirilis oleh Badan Pusat Statistik (BPS). Yahukimo merupakan kabupaten termiskin di Papua. Tujuan penelitian ini adalah meramalkan tingkat kemiskinan kabupaten Yahukimo dari tahun 2025–2030 menggunakan metode *Double Exponential Smoothing (DES)* dan *Triple Exponential Smoothing (TES)*. Data yang digunakan adalah data sekunder, yaitu data tingkat kemiskinan kabupaten Yahukimo dalam persen (%) dari tahun 2003–2019. Hasil perbandingan metode DES dan TES dengan parameter α dari 0,1–0,9 menunjukkan bahwa metode DES lebih baik dibandingkan metode TES. Hal ini terlihat dari nilai MAPE untuk DES adalah 0.01 yaitu pada saat $\alpha = 0,9$ sedangkan pada metode TES nilai MAPE terendah adalah 0.04 pada saat nilai α berturut-turut adalah 0,2, 0,3, 0,4 dan 0,5. Mengacu hasil MAPE, selanjutnya dilakukan peramalan tingkat kemiskinan kabupaten Yahukimo Provinsi Papua dari tahun 2025–2030 menggunakan metode DES dengan $\alpha = 0,9$. Hasil perhitungan metode DES menunjukkan bahwa tingkat kemiskinan pada tahun 2025-2030 berturut-turut adalah 36,48%, 36,09%, 35,7%, 35,31%, 34,92% dan 34,53%. Tingkat penurunan kemiskinan kabupaten Yahukimo menggunakan metode DES dari tahun 2025 -2030 adalah sekitar 2%.

Kata Kunci: Peramalan, tingkat kemiskinan, Yahukimo, *Double Exponential Smoothing*, dan *Triple Exponential Smoothing*.

Abstract

According to data released by Badan Pusat Statistik (BPS), one of the five poorest regions in Indonesia is Papua. Yahukimo is the poorest district in Papua. This study aims to predict the poverty rate of Yahukimo district in 2025-2030 using the *Double Exponential Smoothing (DES)* and *Triple Exponential Smoothing (TES)* methods. The data used is secondary data on the poverty rate of Yahukimo district in percent (%) for 2003-2019. Comparison of the DES and TES methods with α parameter from 0.1 - 0.9 shows that the DES method is better than the TES method. The smallest MAPE for DES is 0.01 when $\alpha = 0.9$, while in the TES method, the lowest MAPE value is 0.04 when the α values are 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5, respectively. Referring to the results of MAPE, then the forecasting of the poverty rate of Yahukimo district, Papua Province in 2025 - 2030 was done using the DES method with $\alpha = 0.9$. The predictions of the DES method show that the poverty rate in 2025 to 2030 are 36.48%, 36.09%, 35.7%, 35.31%, 34.92% and 34.53%, respectively. The poverty decrease rate for Yahukimo district using the DES method from 2025 to 2030 is around 2%.

Keywords: forecasting, poverty, Yahukimo, *Double Exponential Smoothing*, and *Triple Exponential Smoothing*.

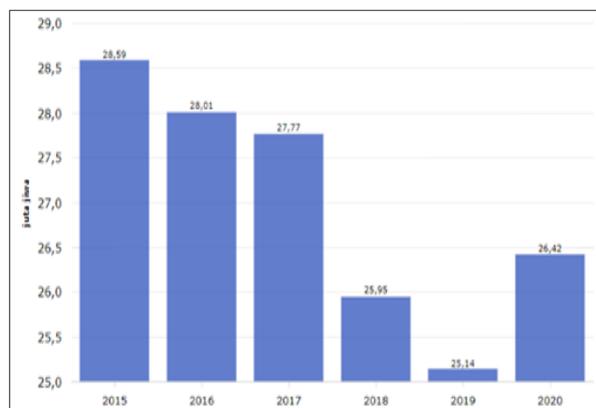
Pendahuluan

Ada begitu banyak masalah yang dihadapi oleh pemerintah saat ini, salah satunya adalah masalah kemiskinan. Kemiskinan bukanlah masalah yang baru, karena sudah merupakan masalah klasik yang dihadapi oleh banyak negara di dunia. Berdasarkan data tingkat kemiskinan, faktor penyebab kemiskinan di Indonesia di antaranya: Pertama, dari aspek produktivitas masyarakat yang dilihat dari rendahnya kualitas SDM, sehingga tidak berdaya saing. Kedua, dari

aspek faktor budaya, terlihat dari perilaku masyarakat yang tidak mau berusaha dan cenderung pasrah serta malas. Ketiga, dari aspek ketidakmerataan pembangunan, dimana pembangunan cenderung terkonsentrasi di wilayah Jawa sehingga berimbas pada ketertinggalan di wilayah luar Jawa. Keempat, jumlah penduduk. Kelima, tingkat pendidikan, Keenam, alokasi dana desa. Ketujuh, jumlah sembako dan dana desa. Kedelapan, indeks desa dibangun. Kesembilan, jarak desa ke ibukota. Kesepuluh, jumlah penduduk

yang menggunakan listrik nasional (PLN) tidak signifikan untuk mengurangi kemiskinan [1,2].

Data BPS mencatat bahwa total penduduk yang baik di pedesaan dan perkotaan di Indonesia dari tahun 2015—2019 mengalami penurunan. Namun mengalami kenaikan hampir mencapai 26,5% pada tahun 2020. Gambar 1 menunjukkan jumlah penduduk miskin di Indonesia.



Gambar 1. Histogram Total Penduduk Miskin di Indonesia Tahun 2015—2020.

Angka kemiskinan di Indonesia berdasarkan data yang dirilis oleh Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa terdapat beberapa wilayah yang termasuk memiliki tingkat kemiskinan tertinggi di antaranya : Nusa Tenggara Timur, Maluku, Gorontalo dan Papua. Sedangkan Papua menjadi provinsi dengan tingkat kemiskinan paling tinggi dari ketiga wilayah tersebut [3,4]. Berdasarkan data kemiskinan yang dirilis oleh BPS Papua bulan Maret 2018 [5], wilayah pegunungan hampir menjadi wilayah dengan tingkat kemiskinan tertinggi di Provinsi Papua. Beberapa wilayah di pegunungan seperti: Intan Jaya, Lanny Jaya, Tolikara, Deiyai, Nduga, Yalimo, Yahukimo dan lainnya [6]. Data wilayah termiskin menurut kabupaten di Papua yang dirilis oleh BPS pada 2017 yakni ada tiga kabupaten. Tiga Kabupaten tersebut yaitu : Kabupaten Deiyai sebesar 43,63%, Kabupaten Intan Jaya sebesar 42,23%, dan Kabupaten Yahukimo sebesar 39,33% [7]. Ketidakpastian persediaan kebutuhan dasar mengakibatkan angka kemiskinan di Kabupaten Yahukimo setiap tahunnya tidak menentu. Terkadang dalam satu periode kemiskinan dapat meningkat, namun di periode lain kemiskinan dapat menurun.

Sebenarnya kasus kemiskinan bukanlah hal yang baru untuk Provinsi Papua, khususnya kabupaten Yahukimo, karena hal ini sudah terjadi pada tahun-tahun sebelumnya, sehingga pemerintah sudah seharusnya paham dengan

kondisi ini. Contohnya, jika kemiskinan masih terus terjadi di tahun ini, seharusnya arah kebijakan pemerintah perlu diperbaiki di tahun sebelumnya. Kenyataannya kasus kemiskinan tidak ditangani dengan serius, akibatnya situasi ini terus berulang di setiap tahunnya. Perlu dipahami bahwa, jika kasus ini terus terjadi, akan berdampak negatif kepada hal-hal lainnya seperti yang sedang terjadi saat ini.

Sebenarnya sudah ada penelitian sebelumnya terkait kemiskinan di Kabupaten Yahukimo [6]. Namun dalam penelitian ini yang dianalisis adalah implementasi kebijakan pemerintah dalam penanggulangan kemiskinan seperti pemenuhan kebutuhan dasar masyarakat. Berbeda dengan penelitian sebelumnya [6], tujuan penelitian ini adalah meramal tingkat kemiskinan kabupaten Yahukimo tahun 2025—2030. Dalam penelitian ini, digunakan data Kabupaten Yahukimo yaitu data BPS Papua tahun 2003—2019. Langkah pertama, dibandingkan dua metode peramalan, yaitu metode *Double* dan *Triple Exponential Smoothing*. Kedua, metode yang dianggap terbaik digunakan dalam meramal tingkat kemiskinan di Kabupaten Yahukimo tahun 2025—2030.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian terapan. Langkah-langkah dalam penelitian ini yaitu mengumpulkan data tingkat kemiskinan kabupaten Yahukimo dari tahun 2003—2019, menguji stasioneritas data, melakukan peramalan dengan metode *Double Exponential Smoothing* (DES) dan *Triple Exponential Smoothing Brown* (TESB), membandingkan nilai *Mean Absolute Percent Error* (MAPE) kedua metode, menentukan metode terbaik, dan yang terakhir melakukan peramalan dengan metode terbaik. Secara ringkas dijelaskan sebagai berikut:

Menguji Stasioneritas

Pengujian stasioneritas data pada penelitian ini digunakan definisi 1-4. Menurut [8]–[13] adalah sebagai berikut:

Definisi 1. Misalkan $\{X_t\}$ adalah suatu *time series* dengan $E(X_t^2) < \infty$. Fungsi nilai tengah (*mean function*) deret $\{X_t\}$ adalah [6]:

$$\mu_x(t) = E(X_t)$$

Definisi 2. Fungsi kovarians (*covariance function*) $\{X_t\}$ adalah [6]:

$$\begin{aligned} \gamma_x(r, s) &= \text{cov}(X_r, X_s) \\ &= E[(X_r - \mu_x(r))(X_s - \mu_x(s))] \end{aligned}$$

untuk semua bilangan bulat r dan s .

Definisi 3. Misalkan $\{X_t\}$ adalah suatu *time series* stasioner. Fungsi autokovariansi $\{X_t\}$ pada lag h adalah [6]:

$$\begin{aligned} \gamma_x(h) &= cov(X_{t+h}, X_t) \\ &= E[(X_{t+h} - \mu_x(t+h))(X_t - \mu_x(t))] \end{aligned}$$

Definisi 4. Misalkan $\{X_t\}$ adalah suatu *time series* stasioner. Fungsi autokorelasi $\{X_t\}$ pada lag h adalah:

$$\begin{aligned} \rho_x(h) &= cor(X_{t+h}, X_t) \\ &= \frac{\gamma_x(h)}{\gamma_x(0)} \end{aligned}$$

Data dikatakan Stasioner jika tidak terjadi penurunan atau kenaikan pada waktu tertentu. Artinya, pola data berada pada titik kesetimbangan di sekitar nilai rata-rata dan variansinya konstan dalam waktu tertentu.

Metode DES

Pada metode DES menurut [14]–[20], model yang dapat digunakan untuk data linear dan menunjukkan adanya *trend* adalah DES Satu Parameter dari *Brown*.

1. Persamaan DES

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

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

$$a_t = S'_t + (S'_t - S''_t) = 2S'_t - S''_{t-1} \tag{3}$$

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

dengan:

- S'_t : Eksponensial Tunggal
- S''_t : Eksponensial Ganda
- S'_{t-1} : Pemulusan Pertama Periode ke t
- S''_{t-1} : Pemulusan Kedua Periode ke t
- α : Parameter Eksponensial
- a_t, b_t : Konstanta Pemulusan
- m : Periode Waktu yang akan datang
- F_{t+m} : Nilai Ramalan Periode Ke depan

Untuk menggunakan persamaan di atas, maka perlu ditentukan terlebih dahulu nilai dari persamaan S'_{t-1} dan S''_{t-1} . Namun untuk $t = 1$, nilai persamaan tersebut tidak tersedia, sehingga nilai tersebut perlu ditentukan lebih awal.

2. Metode Dua Parameter dari *Holt*

Pada metode *Holt*, pemulusan ganda tidak dilakukan secara langsung, tetapi dilakukan dengan parameter berbeda menggunakan data asli [21]–[23]. Berikut adalah empat persamaan metode *Holt*.

a. Pemulusan Keseluruhan

$$S'_t = \alpha \frac{X_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha)(S'_{t-1} + b_{t-1})$$

b. Pemulusan Konstanta b

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

c. Pemulusan Musiman

$$I_t = \beta \frac{X_t}{S'_t} + (1 - \beta)I_{t-L}$$

d. Nilai Prediksi

$$F_{t+m} = (S_t + b_t m)I_{t-L+m}$$

dengan :

- S'_t : Nilai Pemulusan Tunggal
- X_t : Data sebenarnya pada waktu ke- t
- b_t : Pemulusan Konstanta b
- I_t : Pemulusan Musiman
- m : Periode Masa Mendatang
- F_{t+m} : Nilai Ramalan
- α, β, γ : Konstanta

Metode TES

Berbeda dengan DES, pemulusan kurva dengan TES digunakan untuk pola data yang berbentuk kuadratik, kubik atau berorde tinggi [24]–[29]. Berikut adalah persamaan matematis untuk pemulusan *triple exponential smoothing*:

$$\begin{aligned} S'_t &= \alpha X_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \\ S''_t &= \alpha S'_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \\ S'''_t &= \alpha S''_t + (1 - \alpha)S'''_{t-1} \end{aligned} \tag{5}$$

$$a_t = 3S'_t - 3S''_t + S'''_t \tag{6}$$

$$\begin{aligned} b_t &= \frac{\alpha}{2(1 - \alpha)^2} \\ &= (6 - 5\alpha)(S'_t) - (10 - 8\alpha)(S''_t) \\ &\quad + (4 - 3\alpha)(S_t) \end{aligned} \tag{7}$$

$$c_t = \frac{\alpha^2}{(1 - \alpha)^2} S'_t - 2S''_t + S'''_t \tag{8}$$

$$F_{t+m} = a_t + b_t m + \frac{1}{2} c_t m \tag{9}$$

dengan :

- S'_t : Pemulusan Eksponensial Tunggal
- S''_t : Pemulusan Eksponensial Ganda
- S'''_t : Pemulusan Eksponensial *Tripel*
- X_t : Data Aktual pada Waktu ke- t

- a_t : Nilai Konstanta a
- b_t : Nilai Konstanta b
- c_t : Nilai Konstanta c
- F_{t+m} : Peramalan di Periode Berikutnya
- m : Jangka Waktu ke Depan
- α : Parameter Eksponensial

MAPE

MAPE biasa disebut sebagai ukuran kesalahan relatif. MAPE digunakan untuk menunjukkan persentase kesalahan dari hasil peramalan terhadap nilai aktual data selama periode tertentu. Nilai MAPE memberikan informasi terkait persentase kesalahan yaitu tinggi atau rendah [30, 31] :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{X_t} \times 100\% \tag{11}$$

Tabel yang digunakan untuk mengevaluasi nilai MAPE ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. MAPE untuk Evaluasi

MAPE	Akuransi
$MAPE \leq 10\%$	Tinggi
$10\% < MAPE \leq 20\%$	Baik
$20\% < MAPE \leq 50\%$	Layak
$MAPE > 50\%$	Rendah

Hasil Dan Pembahasan

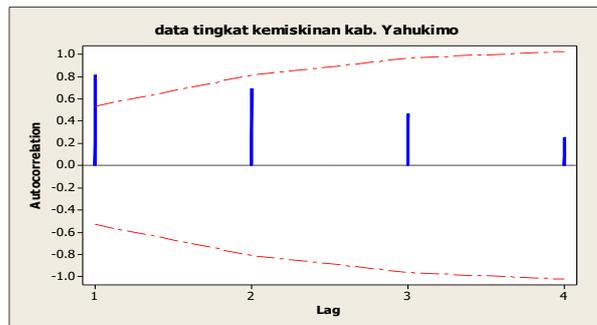
Data Penelitian

Data penelitian ini merupakan data tingkat kemiskinan dalam persen (%) untuk Kabupaten Yahukimo Provinsi Papua dari tahun 2003—2019.

Menguji Stasioneritas

Berdasarkan data di atas, maka dilakukan uji stasioneritas. Pengujian ini dilakukan menggunakan korelogram (*correlogram*) didasarkan pada fungsi ACF dengan memplotkan antara $\rho_x(h)$ dan h (*lag*). Untuk data yang stasioner, korelogram menurun dengan cepat menuju nol seiring dengan meningkatnya *lag*, sedangkan untuk data yang tidak stasioner, korelogram cenderung tidak menuju nol (turun lambat).

Gambar 2 menunjukkan grafik fungsi ACF menggunakan *software* Minitab 16.



Gambar 2. Grafik ACF Kabupaten Yahukimo

Dari grafik di atas terlihat jelas bahwa hanya ada satu *lag* yang melewati batas interval dan korelogram menurun dengan cepat menuju nol seiring dengan meningkatnya *lag*. Dengan demikian data tersebut bersifat stasioner dalam *mean*.

Metode DES

Peramalan data tingkat kemiskinan Kabupaten Yahukimo pada tahun 2003 - 2019 menggunakan metode DES sebagai berikut: Menyiapkan data aktual, kemudian menghitung nilai peramalan *Single Exponential Smoothing* (SES) sebagai berikut :

Untuk $\alpha = 0,9$ pada peramalan tahun 2003 diasumsikan sebagai berikut:

$$S'_{2003} = S''_{2003} = X_1 = 46,93$$

Dapat dilihat bahwa nilai ramalan SES dan DES sama dengan data aktual tahun 2003.

Kemudian menghitung nilai konstanta (a_t) menggunakan Persamaan (2) diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} a_{2003} &= 2(46,93) - (46,93) \\ &= 93,86 - 46,93 \\ &= 46,93 \end{aligned}$$

Menentukan nilai konstanta (b_t) dengan menggunakan Persamaan (3) hasilnya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} b_{2003} &= \frac{0,9}{1 - 0,9} (46,93 - 46,93) \\ &= \frac{0,9}{0,1} (0,00) \\ &= 0,00 \end{aligned}$$

Nilai peramalan (F_{t+1}) belum dapat ditentukan, karena nilai konstanta (a_t) dan (b_t) belum ditentukan pada tahun sebelumnya. Nilai peramalan (F_{t+1}) dapat dicari pada tahun ke-2 sebagai berikut, data peramalan pada tahun ke-2 (2004) diasumsikan sama dengan data aktual pada tahun ke-1 (2003) sehingga,

$$S'_{t-1} = S''_{t-1} = X_1 = 46,93$$

Menentukan nilai SES (S'_t) sebagai berikut,
Untuk $\alpha = 0,9$ peramalannya:

$$\begin{aligned} S'_{2004} &= (0,9)(45,74) \\ &\quad + (1 - 0,9)(46,93) \\ &= 41,166 + (0,1)(46,93) \\ &= 41,166 + 4,693 \\ &= 45,97 \end{aligned}$$

Menentukan nilai peramalan DES (S''_t) menggunakan Persamaan (1) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Untuk } \alpha = 0,9 \text{ peramalannya,} \\ S''_{2004} &= (0,9)(45,86) \\ &\quad + (1 - 0,9)(46,93) \\ &= 41,274 + (0,1)(46,93) \\ &= 41,27 + 4,693 \\ &= 45,97 \end{aligned}$$

Menghitung nilai konstanta (a_t) menggunakan Persamaan (2) diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} a_{2004} &= 2(45,86) - (45,96) \\ &= 91,72 - 45,96 \\ &= 45,75 \end{aligned}$$

Kemudian menentukan nilai konstanta (b_t) menggunakan Persamaan (3) hasilnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} b_{2004} &= \frac{0,9}{1 - 0,9} (45,86 - 45,97) \\ &= \frac{0,9}{0,1} (-0,1) \\ &= -0,9 \end{aligned}$$

Mencari nilai peramalan tahun ke-2 dengan $m = 1$ menggunakan persamaan (4) hasilnya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_{2003+1} &= 46,93 + 0,00(1) \\ &= 46,93 \end{aligned}$$

Perhitungan menggunakan metode DES dengan $\alpha = 0,9$ pada data tingkat kemiskinan Kabupaten Yahukimo seperti di atas dilakukan untuk tahun 2003, 2004, dan 2005. Kemudian perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2006 - 2019. Hasil perhitungan manual selanjutnya disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Alpha 0,9 dengan DES

Tahun	a_t	b_t	F_{t+1}
2003	46,93	0,00	-
2004	45,75	-0,96	46,93
2005	48,25	1,86	44,79
2006	49,25	1,16	50,11
2007	48,36	-0,52	50,41
2008	50,60	1,74	47,85
2009	49,64	-0,47	52,34
2010	46,24	-2,87	49,16

Tahun	a_t	b_t	F_{t+1}
2011	46,19	-0,56	43,37
2012	42,02	-3,52	45,63
2013	43,22	0,35	38,50
2014	39,07	-3,34	43,57
2015	41,20	1,14	35,73
2016	40,64	-0,26	42,35
2017	39,34	-1,11	40,38
2018	39,24	-0,28	38,23
2019	38,82	-0,39	38,96

Metode TES

Untuk peramalan data tingkat kemiskinan Kabupaten Yahukimo pada tahun 2003 - 2019 menggunakan metode TES sebagai berikut: Menyiapkan data aktual, kemudian menghitung nilai peramalan *Single Exponential Smoothing* (s'_t) sebagai berikut:

Perhitungan nilai Peramalan SES sebagai berikut, untuk $\alpha = 0,9$ pada peramalan tahun ke-1 (2003) diasumsikan :

$$S'_{t-1} = S'_{t-1} = S'''_{t-1} = X_1 = 46,93$$

Tahun 2003 nilai SES, DES dan TES sama dengan nilai data aktualnya. Selanjutnya menghitung nilai konstanta (a_t) menggunakan Persamaan (2) diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} a_{2003} &= 3(46,93) - 3(46,93) + 46,93 \\ &= 140,79 - 140,79 + 46,06 \\ &= 46,93 \end{aligned}$$

Kemudian menghitung nilai konstanta pemulusan (b_t) menggunakan Persamaan (7) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} b_{2003} &= \frac{(0,9)}{2(1 - 0,9)^2} ((6 - 5(0,9)(46,93)) \\ &\quad - ((10 - 8(0,9)(46,93)) \\ &\quad + ((4 - 3(0,9)(46,93))) \\ &= \frac{0,9}{2(0,1)^2} (0,00) \\ &= 0,00 \end{aligned}$$

Menghitung nilai konstanta pemulusan (c_t) menggunakan Persamaan (8) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} c_{2003} &= \frac{(0,9)^2}{(1 - 0,9)^2} ((46,93 - 2(46,93) \\ &\quad + 46,93)) \end{aligned}$$

$$= \frac{0,81}{0,01} ((46,93 - 93,86 + 46,93))$$

$$= 0,00$$

Selanjutnya untuk mencari nilai peramalan (F_{t+1}) belum dapat dilakukan, karena nilai pemulusan konstanta (a_t) dan (b_t) belum ditentukan pada tahun sebelumnya. Nilai Peramalan (F_{t+1}) dapat dicari pada tahun ke-2 (2004) dengan cara sebagai berikut :

$$X_{2004} = 45,74$$

Perhitungan nilai Peramalan SES sebagai berikut : Untuk $\alpha = 0,9$ peramalannya,

$$S'_{2004} = (0,9)(45,74) + (1 - 0,9)(46,93)$$

$$= 41,166 + (0,1)(46,93)$$

$$= 41,166 + 4,693$$

$$= 45,86$$

Menghitung nilai peramalan DES (S''_t) menggunakan Persamaan (1) sebagai berikut:

Untuk $\alpha = 0,9$ peramalannya,

$$S''_{2004} = (0,9)(45,86) + (1 - 0,9)(46,93)$$

$$= 41,274 + (0,1)(4,93)$$

$$= 41,274 + 4,693$$

$$= 45,97$$

Menghitung nilai peramalan TES (S'''_t) menggunakan Persamaan (5) sebagai berikut:

Untuk $\alpha = 0,9$ peramalannya,

$$S'''_{2004} = (0,9)(45,97) + (1 - 0,9)(46,93)$$

$$= 41,37 + (0,1)(46,93)$$

$$= 41,37 + 4,69$$

$$= 46,06$$

Menghitung nilai konstanta pemulusan (a_t) menggunakan persamaan (6) sebagai berikut:

$$a_{2004} = 3(45,86) - 3(45,97) + 46,06$$

$$= 137,58 - 137,91 + 46,06$$

$$= 45,74$$

Menghitung nilai konstanta pemulusan (b_t) menggunakan Persamaan (7):

$$b_{2004} = \frac{(0,9)}{2(1 - 0,9)^2} ((6 - 5(0,9)(45,86))$$

$$- ((10 - 8(0,9)(45,97))$$

$$+ ((4 - 3(0,9)(46,06)))$$

$$= \frac{0,9}{2(0,1)^2} ((6 - 206,37)$$

$$- (10 - 330,984) + (4 - (124,362)))$$

$$= -0,80$$

Menghitung nilai konstanta pemulusan (c_t) menggunakan Persamaan (8) :

$$c_{2004} = \frac{(0,9)^2}{(1 - 0,9)^2} ((45,86 - 2(45,97)$$

$$+ 46,06))$$

$$= \frac{0,81}{0,01} ((45,86 - 91,94 + 46,06))$$

$$= -0,87$$

Selanjutnya menentukan nilai peramalan tahun ke-2 (2004) dengan $m = 1$ menggunakan Persamaan (9) sebagai berikut:

$$F_{2003+1} = 46,93 + 0,00(1) + \frac{1}{2}(0,00)(1)$$

$$= 46,93 - 0 - 0$$

$$= 46,93$$

Perhitungan menggunakan metode TES dengan $\alpha = 0,9$ pada data tingkat kemiskinan Kabupaten Yahukimo seperti di atas dilakukan untuk tahun 2004 dan 2005. Kemudian perhitungan yang sama dilakukan untuk tahun 2006 –2019.

Hasil perhitungan manual selanjutnya disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Alpha 0,9 metode TES.

Tahun	a_t	b_t	c_t	F_{t+1}
2003	46,93	0,00	0,00	-
2004	45,74	-0,80	-0,87	46,93
2005	48,28	1,82	2,46	44,51
2006	49,24	0,44	-0,39	51,33
2007	48,34	-0,82	-1,55	49,49
2008	50,63	1,55	1,88	46,75
2009	49,62	-0,89	-1,80	53,11
2010	46,21	-2,28	-2,33	47,82
2011	46,21	0,38	1,84	42,77
2012	41,99	-2,65	-2,48	47,52
2013	43,26	1,34	3,23	38,09
2014	39,03	-2,75	-2,99	46,22
2015	41,25	1,92	3,73	34,78
2016	40,63	-0,45	-0,89	45,04
2017	39,33	-0,86	-0,85	39,73
2018	39,25	0,10	0,66	38,04
2019	38,82	-0,21	-0,03	39,67

MAPE

Untuk mengetahui metode peramalan yang paling tepat adalah dengan membandingkan kesalahan peramalan dari masing-masing metode peramalan. Hasil perbandingan menggunakan metode DES dan TES dengan parameter α dari 0,1 sampai 0,9 pada data tingkat kemiskinan Kabupaten Yahukimo disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. MAPE metode DES dan TES

NO	α	MAPE	
		DES	TES
1	0.1	0,10	0,05
2	0.2	0,08	0,04
3	0.3	0,07	0,04
4	0.4	0,05	0,04
5	0.5	0,04	0,04
6	0.6	0,03	0,05
7	0.7	0,02	0,05
8	0.8	0,02	0,06
9	0.9	0,01	0,07

Berdasarkan Tabel 4, diketahui tingkat keakuratan peramalan menggunakan kedua metode ini dikatakan sangat tinggi karena memiliki rata-rata nilai MAPE di bawah 10%. Hasil peramalan data tingkat kemiskinan di Kabupaten Yahukimo memiliki nilai MAPE terkecil menggunakan metode DES dengan $\alpha = 0,9$, sehingga selanjutnya dapat dilakukan peramalan tingkat kemiskinan Kabupaten Yahukimo Provinsi Papua tahun 2025 - 2030 menggunakan metode DES dengan nilai parameter $\alpha = 0,9$.

Peramalan dengan DES

Setelah menentukan metode terbaik, selanjutnya dilakukan peramalan untuk tahun yang akan datang yaitu dari tahun 2025—2030 menggunakan metode DES dengan $\alpha = 0,9$. Peramalan di tahun yang akan datang menggunakan rumus:

$$F_{t+m} = a_t + b_t(m); m = 1,2,3, \dots, n$$

Nilai (a_t) dan (b_t) diambil dari Tabel 2 pada metode DES pada tahun 2019. Karena tahun yang akan diramalkan tahun 2020, sedangkan nilai m merupakan periode waktu peramalan maka jumlah peramalan yang akan datang ditentukan oleh jumlah tahun sebelumnya. Berikut ini adalah proses dari penyelesaian peramalan untuk tahun 2025 - 2030.

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

$$f_{2019} = 38,82 + (-0,39)(1) \approx 38,43$$

$$f_{2020} = 38,82 + (-0,39)(1) \approx 38,43$$

$$f_{2021} = 38,82 + (-0,39)(2) \approx 37,04$$

Hasil hitungan peramalan selanjutnya disajikan dari tahun 2025-2030 pada Tabel 5.

Tabel 5. Peramalan dengan DES

Tahun	a_t	b_t	m	F_{t+m}
2025	38,82	-0,39	6	36,48
2026	38,82	-0,39	7	36,09
2027	38,82	-0,39	8	35,7
2028	38,82	-0,39	9	35,31
2029	38,82	-0,39	10	34,92
2030	38,82	-0,39	11	34,53

Berdasarkan hasil prediksi pada Tabel 5, tahun 2025 tingkat kemiskinan Kabupaten Yahukimo mencapai 36,48%, mengalami penurunan. Tahun 2026 tingkat kemiskinan Kabupaten Yahukimo mencapai 36,09% mengalami penurunan dari tahun sebelumnya. Tahun 2027 tingkat kemiskinan mencapai 35,7%. mengalami penurunan yang drastis. Tahun 2028 tingkat kemiskinan mencapai 35,31%. Tahun 2029 tingkat kemiskinan mencapai 34,92% dan tahun 2030 tingkat kemiskinan mencapai 34,53%, mengalami penurunan yang drastis dari tahun sebelumnya.

Penelitian lain [6] yang diterbitkan tahun 2020 menyebutkan bahwa pemerintah Yahukimo sudah berupaya mengimplementasikan berbagai program secara lintas sektoral dalam menurunkan angka kemiskinan, namun belum signifikan mengentaskan kemiskinan di Kabupaten Yahukimo. Seperti yang telah diutarakan pada latar belakang terkait peramalan tingkat kemiskinan Kabupaten Yahukimo tahun 2025—2030, bahwa pemerintah harus terus serius dalam mengatasi masalah ini, karena hasil peramalan tingkat kemiskinan tahun 2025 sampai dengan tahun 2030 mengalami penurunan kemiskinan. Artinya, jika upaya ini terus dipertahankan pemerintah, maka status Yahukimo sebagai kabupaten termiskin akan berubah pada tahun 2030.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dibahas, maka beberapa hal dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Peramalan data tingkat kemiskinan Kabupaten Yahukimo lebih akurat menggunakan metode DES dimana nilai parameter $a = 0,9$ menghasilkan nilai $MAPE = 0,011\%$. Berbeda dengan metode TES, dengan nilai parameter $a = 0,9$ menghasilkan nilai $MAPE = 0,078\%$.
2. Berdasarkan hasil peramalan, tingkat kemiskinan Kabupaten Yahukimo dari tahun 2025 sampai dengan tahun 2030 mengalami

penurunan. Tahun 2025 mencapai 36,48%, dan tahun 2030 mencapai 34,53%.

3. Berdasarkan hasil peramalan, tren membentuk *quadratic* turun, sehingga dapat juga digunakan metode pemulusan eksponensial tripel satu parameter tipe Brown untuk meramal tingkat kemiskinan di Kabupaten Yahukimo.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, melalui Hibah Penelitian yang diusulkan melalui sumber dana PNBP (Penerimaan Negara Bukan Pajak) tahun anggaran 2022, pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Cenderawasih.

Daftar Pustaka

- [1] S. N. Hasibuan, B. Juanda, and S. Mulatsih, "Analisis Sebaran Dan Faktor Penyebab Kemiskinan di Kabupaten Bandung Barat," *J. Agribisnis Indones.*, 2019, doi: 10.29244/jai.2019.7.2.79-91.
- [2] E. Win, "Kemiskinan di Indonesia (Faktor-Faktor Penyebab Dan Solusinya)," *SOSFILKOM J. Sos. Filsafat dan Komun.*, 2018, doi: 10.32534/jsfk.v12i01.1447.
- [3] I. Indrawati, S. N. Sarfiah and R. Destiningsih, "Analisis Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi, Ketimpangan Distribusi Pendapatan, Dan Indeks Pembangunan Manusia Terhadap Tingkat Kemiskinan Provinsi Papua Tahun 2014-2019," *jom.untidar.ac.id*, 2019.
- [4] J. Suprijati, S. R. Damayanti, and D. Irawan, "Desentralisasi Fiskal dan Kemiskinan di Provinsi Papua," *Syntax Lit. ; J. Ilm. Indones.*, 2022, doi: 10.36418/syntax-literate.v7i1.6013.
- [5] BPS, "Provinsi Papua Dalam Angka 2018," *Badan Pus. Stat. Provinsi Papua*, 2018.
- [6] Y. Sunyap, H. Hamka, and S. Bahri, "Implementasi Kebijakan Penanggulangan Kemiskinan Di Kecamatan Bonmela Kabupaten Yahukimo," *J. Paradig. Adm. Negara*, 2021, doi: 10.35965/jpan.v2i2.396.
- [7] Hasta Budiratna and Riatu M. Qibthiyyah, "Evaluasi Atas Transfer Dana Otonomi Khusus Di Aceh, Papua, Dan Papua Barat," *J. Indones. Sos. Sains*, 2020, doi: 10.36418/jiss.v1i5.103.
- [8] P. J. Brockwell and R. A. Davis, *Introduction to Time Series and Forecasting in Statistics*. 2016.
- [9] F. Lazzeri, "Introduction to Neural Networks for Time Series Forecasting," in *Machine Learning for Time Series Forecasting with Python®*, 2020. doi: 10.1002/9781119682394.ch5.
- [10] M. M. Kilgo, "Introduction to Time Series and Forecasting," *J. Qual. Technol.*, 1998, doi: 10.1080/00224065.1998.11979860.
- [11] J. Brownlee, "Introduction to Time series forecasting," *Mach. Learn. mastery*, 2013.
- [12] "Introduction to time series analysis and forecasting," *Choice Rev. Online*, 2008, doi: 10.5860/choice.46-0946.
- [13] T. L. Utlaut, "Introduction to Time Series Analysis and Forecasting," *J. Qual. Technol.*, 2008, doi: 10.1080/00224065.2008.11917751.
- [14] P. D. P. Silitonga, H. Himawan, and R. Damanik, "Forecasting acceptance of new students using double exponential smoothing method," *Journal of Critical Reviews*. 2020. doi: 10.31838/jcr.07.01.57.
- [15] F. Liantoni and A. Agusti, "Forecasting bitcoin using double exponential smoothing method based on mean absolute percentage error," *Int. J. Informatics Vis.*, 2020, doi: 10.30630/joiv.4.2.335.
- [16] T. Salsabila and K. Kariyam, "Perbandingan Triple Exponential Smoothing Dan Decomposition + Double Exponential Smoothing Pada Peramalan Penyebaran Informasi Hoax," *Pros. SENDIKA*, 2020.
- [17] A. S. Ahmar, F. Fitmayanti, and R. Ruliana, "Modeling of inflation cases in South Sulawesi Province using single exponential smoothing and double exponential smoothing methods," *Qual.*

- Quant.*, 2022, doi: 10.1007/s11135-021-01132-8.
- [18] M. H. Elison, R. Asrianto, and Aryanto, "Prediksi Penjualan Papan Bunga Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing," *J. Ris. Sist. Inf. dan Teknol. Inf.*, 2020, doi: 10.52005/jursistekni.v2i3.60.
- [19] U. I. Anjani, C. Suhery, and U. Ristian, "Prediksi Permintaan Produk Kopi Bubuk Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Berbasis Website," *J. Komput. dan Apl.*, 2020.
- [20] H. D. P. Habsari, I. Purnamasari, and D. Yuniarti, "Forecasting Uses Double Exponential Smoothing Method And Forecasting Verification Uses Tracking Signal Control Chart (Case Study: Ihk Data Of East Kalimantan Province)," *BAREKENG J. Ilmu Mat. dan Terap.*, 2020, doi: 10.30598/barekengvol14iss1pp013-022.
- [21] Noeryanti, E. Oktafiani, and F. Andriyani, "Aplikasi Pemulusan Eksponensial Dari Brown Dan Dari Holt Untuk Data Yang Memuat Trend," 2012.
- [22] S. Sari and D. Jannati, "Analisis Perancangan Kebutuhan Kopi Best Seller Untuk Memenuhi Permintaan Di Cafe Kopi Titik Dengan Menggunakan Metode Peramalan," *Bina Tek.*, 2021, doi: 10.54378/bt.v17i1.2729.
- [23] U. Rahmat and P. D. Wahyuni, "Peramalan Respon Pendengar Di Radio Melalui Pesan Singkat (Sms) Dengan Menggunakan Metode Pemulusan Eksponensial Ganda (Studi Kasus : Radio Cakti Budhi Bhakti (CBB) 105,4 FM)," *STATMAT J. Stat. DAN Mat.*, 2019, doi: 10.32493/sm.v1i2.2968.
- [24] Y. Farida, D. A. Sulistiani, and N. Ulinuha, "Peramalan Indeks Pembangunan Manusia (Ipm) Kabupaten Bojonegoro Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Brown," *Teorema Teor. dan Ris. Mat.*, 2021, doi: 10.25157/teorema.v6i2.5521.
- [25] A. Aden and Anggela Supriyanti, "Prediksi Jumlah Calon Peserta Didik Baru Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Dari Brown," *LEBESGUE*, 2020, doi: 10.46306/lb.v1i1.14.
- [26] W. A. Cahyono and S. A. K. Dewi, "Sistem Informasi Analisa Kelulusan Mahasiswa Asia Menggunakan Exponential Smoothing Brown-Additive," *SMATIKA J.*, 2020, doi: 10.32664/smatika.v10i01.441.
- [27] M. Kurniawati, "Metode Triple Exponential Smoothing Tipe Brown Pada Peramalan Produksi Padi Provinsi Jawa Tengah," *J. Ilm. Mat. dan Pendidik. Mat.*, 2021, doi: 10.20884/1.jmp.2021.13.2.4318.
- [28] N. H. Ar and M. Kurniawan, "Analisis Fast Moving Consumer Goods untuk Memprakirakan Penjualan Barang Menggunakan Metode Triple Exponential Smoothing," ... *J. Inf. Technol.*, 2021.
- [29] D. Anggraeni, S. Maryani, and S. Ariadhy, "Peramalan Garis Kemiskinan Di Kabupaten Purbalingga Tahun 2021-2023 Dengan Metode Double Exponential Smoothing Linier Satu Parameter Dari Brown," *J. Ilm. Mat. dan Pendidik. Mat.*, 2021, doi: 10.20884/1.jmp.2021.13.2.4548.
- [30] F. Reba, A. Sroyer, S. Yokhu, and A. Langowuyo, "Perbandingan Metode Weighted Moving Average dan Single Exponential Smoothing Angka Partisipasi Sekolah Wilayah Adat, Papua," *Sainmatika J. Ilm. Mat. dan Ilmu Pengetah. Alam*, 2021, doi: 10.31851/sainmatika.v18i2.6617.
- [31] F. Reba and A. Sroyer, "Prediksi Angka Partisipasi Kasar (APK) SD/SMP/SMA dan Sederajat Tahun 2022–2030 Menggunakan Moving Average Kabupaten Jayapura Provinsi Papua," *J. Cendekia J. Pendidik. Mat.*, 2020, doi: 10.31004/cendekia.v4i2.273.