

Forecast Accuracy Comparison Between Holt's Method and the Box-Jenkins Approach: The Case of Madiun City Labor Force Participation Rate

Muhammad Qolbi Shobri^{1*}, Yan Aditya Pradana², Putri Balqis Al-Kubro³,
Nayla Desviona⁴, Nila Destia Nasra⁵

^{1,2,3} Ilmu Aktuaria, Universitas Muhammadiyah Madiun, Madiun, Indonesia

⁴ Manajemen, Universitas Muhammadiyah Jambi, Jambi, Indonesia

⁵ Statistika, Universitas YPPI Rembang, Rembang, Indonesia

*Corresponding author: mqs151@ummad.ac.id

Submitted : 29 Juli 2025

Revised : 25 Agustus 2025

Accepted : 27 Agustus 2025

ABSTRACT

Pacitan district recorded the highest Labor Force Participation Rate (LFPR) in Eastern Java Province. Meanwhile, Madiun city which is one of the largest cities in East Java Province, is ranked only 34 out of 39 cities in 2023. This condition raises concern for the local government, particularly the Department of Manpower, in ensuring that the productive-age population can be optimally absorbed into the labor market. The LFPR is categorized as time series data, thus forecasting method are required to estimate its future trends. This Study compares the performance of the Double Exponential Smoothing Holt (DESH) method and the Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Box-Jenkins approach in forecasting the LFPR of Madiun City. The empirical result show that the ARIMA (1,0,1) model provides better accuracy compared to DESH. The forecasting result indicate that the LFPR of Madiun City is project to reach 67,19% in 2024, 67,20% in 2025, and 67,21% in 2026, with Mean Squared Error (MSE) of 14,48; Root Mean Square Error (RMSE) of 3,80 and Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 4,75%. These finding are expected to serve as reference for future research and practical input for policymakers in formulating strategies to improve labor LFPR in Madiun City.

Keywords: Madiun, LFPR, Smoothing Holt, ARIMA Box-Jenkins, Forecasting



This is an open access article under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2022 by author and Universitas Negeri Padang.

I. PENDAHULUAN

Pengangguran merupakan permasalahan yang selalu menjadi perhatian utama bagi pemerintah. Pengangguran adalah suatu keadaan dimana seseorang sudah memasuki usia kerja namun belum memiliki pekerjaan, baik dalam mencari pekerjaan atau masih dalam mempersiapkan usaha baru. Tingkat pengangguran dapat dilihat dari Persentase Tingkat Parsipasi Angkatan Kerja (TPAK). Pemerintah mengeluarkan TPAK untuk mengukur persentase penduduk aktif dibandingkan dengan penduduk usia kerja (+15 tahun). Pada tahun 2023, TPAK Republik Indonesia sebesar 69,48%. Artinya masih ada sebesar 30,52% penduduk usia kerja tidak termasuk dalam partisipasi angkatan kerja (Badan Pusat Statistik (BPS), 2023). Dari segi jumlah penduduk, Madiun merupakan salah satu kota terbesar di Jawa Timur dengan jumlah penduduk 201.460 jiwa. Persentase TPAK Kota Madiun berada di urutan ke 34 dari 39 Kab./Kota di Provinsi Jawa Timur yaitu 69,29% pada tahun 2023 (Badan Pusat Statistik (BPS), 2023). Persentase TPAK menjadi indikator pemerintah dalam menanggulangi permasalahan pengangguran.

Penelitian ini dilakukan untuk memprediksi atau meramalkan persentase TPAK Kota Madiun. Data TPAK merupakan data runtun waktu dengan periode tahunan. Data TPAK dikeluarkan oleh BPS Provinsi atau Kab./Kota setiap tahun (Pradana et al., 2022). Metode yang dapat digunakan untuk memprediksi data deret waktu antara lain metode *Exponential Smoothing* dan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) Box-Jenkins. Metode *Exponential Smoothing* adalah metode ramalan data runtun waktu dengan memberikan bobot secara eksponensial pada data terbarunya. Terdapat 3 jenis metode eksponensial yaitu *Single*, *Double* dan *Triple*. Sementara itu, metode ARIMA Box-Jenkins merupakan gabungan metode runtun waktu *Autoregressive*, *Integrated* dan *Moving Average*.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan adanya perbedaan hasil dalam pemilihan metode peramalan yang paling sesuai untuk data runtun waktu. Aden and Supriyanti (2020), Nurkahfi et al (2021), Putri et al (2022) menyatakan bahwa metode *Double Exponential Smoothing* (DES) mampu memberikan hasil ramalan yang lebih baik dibandingkan pendekatan lainnya. Sementara itu, dalam penelitian Fan et al. (2021) mengemukakan bahwa ARIMA Box-Jenkins lebih baik dalam melakukan peramalan. Penelitian lain yang dilakukan oleh Saragih and Sembiring (2022) membandingkan metode ARIMA dan *Double Exponential Smoothing Brown*. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa metode *Double Exponential Smoothing Brown* memberikan performa peramalan yang lebih baik daripada metode ARIMA. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk membuat model ramalan TPAK Kota Madiun ini dengan menggunakan Metode *Double Exponential Smoothing Holt* (DESH) dan ARIMA Box-Jenkins. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan dalam penelitian selanjutnya dan pedoman bagi pemerintah atau pihak terkait dalam menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan TPAK Kota Madiun.

II. METODE PENELITIAN

1. Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diekstraksi dari website BPS Kota Madiun. Data penelitian yang digunakan adalah data Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK) Provinsi Jawa Timur periode 2001-2023 (Badan Pusat Statistik (BPS), 2023).

Tabel 1. Data Penelitian

No.	Tahun	TPAK Kota Madiun
1.	2001	60,42
2.	2002	55,56
3.	2003	68,91
⋮	⋮	⋮
22.	2022	66,85
23.	2023	69,29

2. Teknik Analisis Data

Data TPAK merupakan jenis data runtun waktu yang dihimpun berdasarkan periode tahunan. Metode yang dapat digunakan untuk meramalkan data TPAK Kota Madiun adalah dengan menggunakan DESH dan ARIMA Box-Jenkins (Saragih and Sembiring, 2022). Adapun langkah-langkah yang digunakan dalam menganalisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Pengumpulan data
- b) Melakukan deskripsi data
- c) Melakukan analisis dengan *Double Exponential Smoothing Holt* (DESH) :
 - Menentukan parameter pemulusan level (α) dan parameter pemulusan trend (γ). Penentuan nilai α dan γ dilakukan secara *trial and error* sampai mendapatkan nilai *error* terkecil.
 - Menetapkan nilai level pertama (S_1) dan nilai pemulusan pertama (T_1). Nilai level dan pemulusan pertama pada penelitian ini diperoleh dari proses inialisiasi, yaitu: $S_1 = X_1$ dan $T_1 = X_2 - X_1$.
 - Membentuk model ramalan TPAK Kota Madiun dengan nilai α dan γ yang dipilih. Adapun bentuk model ramalannya adalah sebagai berikut (Suprayogi, 2022; Yuliana and Fauzy, 2023):

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

$$T_t = \gamma (S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma)T_{t-1} \quad (2)$$

$$F_{t+m} = S_t + T_t \cdot m \quad (3)$$

- Menghitung nilai ramalan TPAK Kota Madiun untuk tahun 2024-2026.
- d) Analisis data dengan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) Box-Jenkins:
 - Identifikasi data
 - Pengujian stasioneritas data dalam mean (rata-rata) dan variansi. Uji stasioneritas pada penelitian ini dilakukan menggunakan uji Box-Cox. Apabila data tidak stasioner dalam rata-rata maka akan dilakukan proses *differencing* data. Jika data tidak stasioner dalam variansi maka akan dilakukan transformasi data.
 - Menentukan model ARIMA dengan melihat plot ACF dan PACF yang dihasilkan. Secara umum model ARIMA (p, d, q) dapat dituliskan sebagai berikut (Wei, 2006):

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)(1 - B)^d X_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) a_t \quad (6)$$

dimana p menyatakan ordo dari proses *Autoregressive* (AR), d menyatakan *differencing* dan q menyatakan ordo dari proses *Moving Average* (MA).

- Setelah model ditentukan akan dilakukan penaksiran parameter untuk model-model yang dipilih.
 - Melakukan pemeriksaan dignostik atau uji asumsi residual dengan menggunakan uji *White Noise* dan uji Distribusi Normal.
 - Melakukan peramalan TPAK Kota Madiun dengan model terpilih.
- e) Setelah dilakukan analisis dan ramalan menggunakan metode DESH dan ARIMA Box-Jenkins, selanjutnya adalah pemilihan metode terbaik. Pemilihan metode terbaik dilihat dari ukuran kesalahan peramalan. Ukuran kesalahan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *Mean Square Error* (MSE), *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolut Percentage Error* (MAPE).

- *Mean Square Error* (MSE)

MSE adalah rata-rata selisih data aktual dengan data ramalan yang dikuadratkan. MSE merupakan metode untuk mengevaluasi kesalahan atau error yang dikuadratkan kemudian dijumlahkan dengan jumlah pengamatan (Sulpaiah et al, 2022).

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - F_t)^2 \tag{7}$$

- *Root Mean Square Error* (RMSE)

RMSE adalah hasil akar kudrat MSE. RMSE menggambarkan ukuran seberapa tersebar nilai kesalahan dalam melakukan peramalan. Model ramalan dikatakan baik jika memiliki nilai RMSE yang kecil (Fan et al., 2022).

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - F_t)^2} \tag{8}$$

- *Mean Absolut Percentage Error* (MAPE)

MAPE juga sering digunakan untuk mengukur keakuratan suatu model peramalan. MAPE merupakan rata-rata dari keseluruhan persentase kesalahanan (selisih) antara data aktual dengan data hasil ramalan. Model yang baik adalah model yang memiliki nilai MAPE yang kecil (Andriani et al, 2022).

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} \right) \times 100\% \tag{9}$$

Terdapat empat kategori berdasarkan nilai MAPE yang dapat diinterpretasikan seperti pada tabel berikut (Ramadhan et al., 2023):

Tabel 2. Kriteria Nilai MAPE

Nilai MAPE	Kriteria
$MAPE < 10\%$	Sangat Baik
$10\% \leq MAPE < 20\%$	Baik
$20\% \leq MAPE < 50\%$	Layak
$MAPE \geq 50\%$	Buruk

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

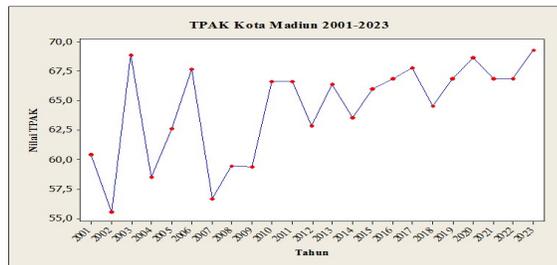
a) Analisis Deskripsi Data

Analisis deskripsi data digunakan untuk melihat keadaan dan karakteristik data yang digunakan dalam penelitian (Shobri et al, 2021). Data yang digunakan berjumlah 23 set, yaitu *time series* tahunan dari tahun 2021 hingga 2023. Penjelasan lebih rinci mengenai data penelitian dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 1. Deskripsi Data

Variabel	Rata-rata	Variansi	Nilai Terendah	Nilai Tertinggi
Tingkat Partisipasi Angkatan kerja (TPAK) Kota Madiun (X)	64,29	16,81	55,56	69,29

Pada Tabel 3. dapat diketahui bahwa persentase TPAK Kota Madiun terjadi pada tahun 2002 yaitu sebesar 55,56% dan tertinggi pada tahun 2023 sebesar 69,29%. Rata-rata persentase TPAK Kota Madiun 23 Tahun terakhir adalah 64,29% dengan variansi 16,81. Berikut dapat dilihat grafik TPAK Kota Madiun 23 tahun terakhir.



Gambar 1. Grafik TPAK Kota Madiun 2001-2023

Pada Gambar 1. terlihat pola data mengalami fluktuasi yang tajam dari tahun 2001 sampai 2010 dan pada tahun 2011 sampai 2023 fluktuasi cenderung berkurang. Melihat kejadian pola data tersebut dapat dilakukan prediksi nilai TPAK Kota Madiun pada tahun selanjutnya dengan menggunakan metode DESH dan ARIMA Box-Jenkins.

b) Double Exponential Smoothing Holt (DESH)

Pada analisis peramalan dengan menggunakan metode DESH nilai alpha dan gamma dipilih dengan cara *trial and error*, sampai mendapatkan nilai *error* yang kecil. Adapun nilai alpha dan gamma yang terpilih adalah 0,6 dan 0,3 sehingga model persamaan DESH adalah sebagai berikut.

$$S_t = 0,6X_t + 0,4(S_{t-1} + T_{t-1}) \tag{10}$$

$$T_t = 0,3(S_t - S_{t-1}) + 0,7T_{t-1} \tag{11}$$

$$F_{t+m} = S_t + T_t \cdot m \tag{12}$$

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan hasil ramalan menggunakan DESH.

- Untuk $t = 1$
 $S_1 = 60,42$
 $T_1 = 55,56 - 60,42$
 $= -4,86$
 Maka, prediksi data ke-2 adalah
 $F_2 = 60,42 - 4,86$
 $= 55,56$
- Untuk $t = 2$
 $S_2 = 0,6 \cdot 55,56 + 0,4(60,42 - 4,86)$
 $= 55,56$
 $T_2 = 0,3(55,56 - 60,42) + 0,7(-4,86)$
 $= -4,86$
 Maka, prediksi data ke-3 adalah
 $F_3 = 55,56 - 4,86$
 $= 50,70$
- Untuk $t = 3$
 $S_3 = 0,6 \cdot 68,91 + 0,4(55,56 - 4,86)$
 $= 61,626$
 $T_3 = 0,3(61,626 - 55,56) + 0,7(-4,86)$
 $= -1,582$
 Maka, prediksi data ke-3 adalah
 $F_4 = 61,626 - 1,582$
 $= 60,04$
 \vdots
- Untuk $t = 23$
 $S_{23} = 0,6 \cdot 69,29 + 0,4(67,203 + 0,095)$
 $= 68,493$
 $T_{23} = 0,3(68,493 - 67,203) + 0,7(0,095)$
 $= 0,454$
 Maka, prediksi data ke-24 adalah
 $F_{24} = 68,493 + 0,454$
 $= 68,95$

Untuk prediksi data ke-25 dan 26 adalah sebagai berikut.

$$F_{25} = 68,493 + 0,454 \cdot 2$$

$$= 69,40$$

$$F_{26} = 68,493 + 0,454 \cdot 3$$

$$= 69,86$$

Tabel 3. Hasil Peramalan dengan Metode DESH

No.	Tahun	Data Aktual	Nilai Level	Nilai Trend	Data Prediksi
1.	2001	60,42	60,420	-4,860	-
2.	2002	55,56	55,560	-4,860	55,56
3.	2003	68,91	61,626	-1,582	50,70
4.	2004	58,50	59,118	-1,860	60,04
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
23.	2023	69,29	68,493	0,454	67,30
24.	2024	-	-	-	68,95
25.	2025	-	-	-	69,40
26.	2026	-	-	-	69,86

Pada Tabel 3. hasil perhitungan menggunakan metode DESH dengan alpha 0,6 dan gamma 0,3, TPAK Kota Madiun diprediksi pada tahun 2024 sampai 2026 mengalami peningkatan yaitu 68,95% pada tahun 2024, 69,40% pada tahun 2025 dan pada tahun 2026 sebesar 69,86%. Nilai kesalahan (*error*) menggunakan metode DESH ini dapat dilihat pada Tabel 4. berikut ini.

Tabel 4. Nilai Ukuran Kesalahan (*Error*)

MSE	RMSE	MAPE
28,59	5,34	5,27%

Pada Tabel 4. diperoleh bahwa nilai MSE sebesar 28,59 dan RMSE sebesar 5,34. hal ini terlihat bahwa kesalahan dalam memprediksi TPAK Kota Madiun dengan metode DESH terbilang cukup baik. Sementara itu, nilai MAPE diperoleh sebesar 5,27%. Berdasarkan kriteria nilai MAPE bahwa jika $MAPE < 10\%$ menyatakan bahwa hasil ramalan sangat baik. Nilai MAPE metode DESH dalam meramalkan TPAK Kota Madiun sebesar 5,27%, hal ini menunjukkan bahwa peramalan TPAK Kota Madiun menggunakan metode DESH dengan alpha 0,6 dan gamma 0,3 sudah sangat baik.

c) ARIMA Box-Jenkins

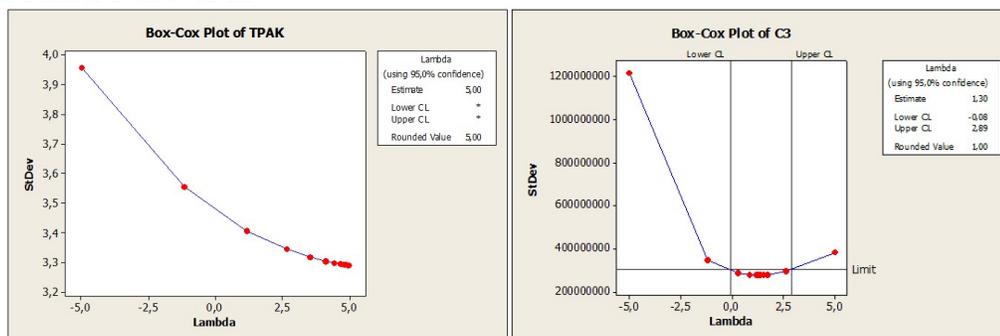
Peramalan dengan menggunakan metode ARIMA Box-Jenkins diawali dengan mengidentifikasi data. Pada Gambar 1. terlihat bahwa pola data terlihat mengalami fluktuasi setiap periode. Hal ini mungkin terjadi karena variansi atau rata-rata data tidak stasioner. Untuk melakukan ramalan dengan ARIMA Box-Jenkins, data yang digunakan harus stasioner baik variansi maupun rata-ratanya. Uji stasioneritas variansi data dapat dilakukan menggunakan uji Box-Cox. Hipotesis yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

H_0 : Data tidak stasioner dalam variansi

H_1 : Data stasioner dalam variansi

nilai $\alpha = 5\%$

Keputusan yang diambil adalah jika nilai *rounded value* 1,00 maka H_0 ditolak. Hasil dari uji Box-Cox dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



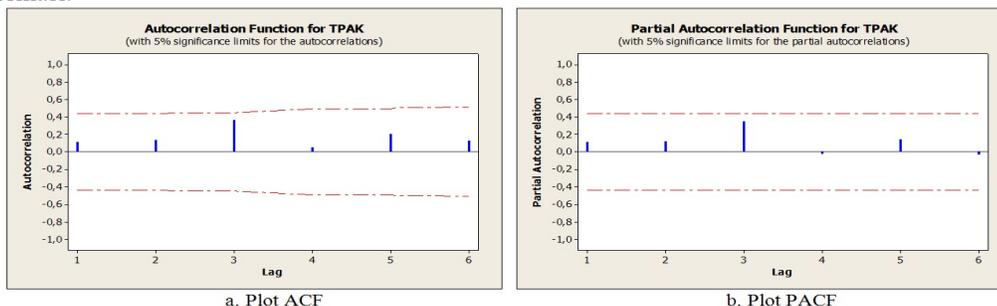
a. Uji Box-Cox Data Aktual

b. Uji Box-Cox Data Transformasi

Gambar 2. Hasil Uji Box-Cox

Pada Gambar 2.a. diperoleh bahwa nilai *rounded value* sebesar 5,00. Maka tidak tolak H_0 artinya varians data tidak stasioner. Oleh karena itu perlu dilakukan tranformasi data, agar data tersebut stasioner dalam variansi. Tranformasi dapat dilakukan dengan memangkatkan data aktual dengan *rounded value*. Pada Gambar 2.b. terlihat bahwa *rounded value* untuk data hasil transformasi sudah bernilai 1,00. Maka dapat disimpulkan bahwa data hasil transformasi sudah stasioner dalam variansi.

Selanjutnya akan dilakukan pengujian stasioner data dalam rata-rata. Adapun uji yang dilakukan adalah dengan menggunakan dengan melihat plot ACF dan PACF yang dihasilkan. Berikut adalah hasil ACF dan PACF dari data hasil tranformasi.



Gambar 3. Plot ACF dan PACF untuk Data Hasil Transformasi

Berdasarkan Gambar 3.a. Plot ACF terlihat bahwa tiap *lag* mengalami naik dan turun secara eksponensial menuju nol. Demikian juga untuk *lag* pada plot PACF juga mengalami hal yang sama, artinya data hasil transformasi rata-rata stasioner. Langkah selanjutnya adalah menentukan model ARIMA berdasarkan grafik ACF dan PACF yang dihasilkan. Karena data tidak mengalami *differencing* maka orde *integrated* sama dengan nol ($d = 0$). Pada Gambar 3.a. semua *lag* pada plot ACF berada di bawah *signifikancance limit* atau batas signifikan. Artinya nilai orde *autoregressive* maksimal adalah satu. Sementara itu, untuk orde *Moving Average* dapat dilihat pada plot PACF. Pada Gambar 3.b semua *lag* pada plot PACF berada di bawah batas signifikan sehingga orde maksimal untuk *Moving Average* adalah satu. Dengan demikian diperoleh model ARIMA sementara adalah ARIMA (1,0,0), ARIMA (1,0,1), dan ARIMA (0,0,1).

Setelah model sementara diperoleh, selanjutnya parameter model tersebut diestimasi. Taksiran parameter model diperoleh dengan menggunakan metode *Least Squares Estimations* (LSE) dengan bantuan aplikasi Minitab. Adapun hasil penaksiran parameter model sementara dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Hasil Penaksiran Parameter Model

Model	Parameter	Koefisien	P-value	Kesesuaian Model	
				White Noise	Distribusi Normal
ARIMA (1, 0, 0)	AR (1) ϕ_1	0,9994	0,000	Terpenuhi	Terpenuhi
ARIMA (1, 0, 1)	AR (1) ϕ_1	1,0001	0,000	Terpenuhi	Terpenuhi
	MA (1) θ_1	0,7733	0,001		
ARIMA (0, 0, 1)	MA (1) θ_1	-0,9349	0,000	Tidak Terpenuhi	Terpenuhi

Pada Tabel 5. diperoleh model ARIMA (0, 0, 1) tidak memenuhi uji White Noise. Artinya ARIMA (0, 0, 1) tidak memenuhi uji kesesuaian model. Oleh karena itu, model ARIMA yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan TPAK Kota Madiun ialah ARIMA (1, 0, 0) dan ARIMA (1, 0, 1). Nilai parameter ϕ_1 untuk ARIMA(1, 0, 0) adalah 0,9994. Sementara itu, untuk parameter ARIMA (1,0,1) adalah ϕ_1 senilai 1,0001 dan θ_1 senilai 0,7733. Langkah selanjutnya adalah memilih model terbaik dengan memperhatikan nilai *error size* model. Hasil pengukuran error model dapat dilihat pada tabel berikut.

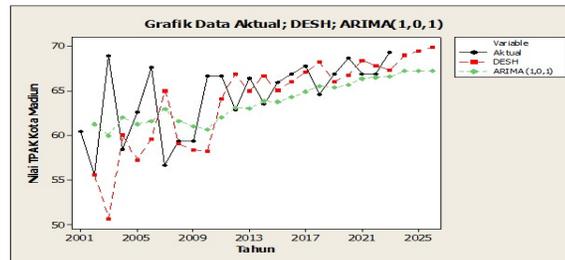
Tabel 6. Nilai Ukuran Kesalahan (Error)

Model	MSE	RMSE	MAPE
ARIMA (1, 0, 0)	27,48	5,24	6,11%
ARIMA (1, 0, 1)	14,48	3,80	4,75%

Pada Tabel 6. di atas diperoleh nilai MSE untuk model ARIMA (1, 0, 0) sebesar 27,48; RMSE 5,24 dan MAPE sebesar 6,11%. Sementara itu model ARIMA (1, 0, 1) menghasilkan nilai MSE sebesar 14,48; RMSE sebesar 3,80 dan

MAPE sebesar 4,75%. Berdasarkan kriteria nilai MAPE untuk kedua model ARIMA sudah sangat baik dalam melakukan peramalan TPAK Kota Madiun karena menghasilkan nilai MAPE < 10%. Pada perhitungan tersebut nilai ukuran kesalahan model ARIMA (1, 0, 1) lebih kecil daripada model ARIMA (1, 0, 0). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model ARIMA Box-Jenkins terbaik dalam meramalkan TPAK Kota Madiun adalah ARIMA (1, 0, 1). Adapun hasil ramalan untuk 3 tahun kedepan, TPAK Kota Madiun diprediksi pada tahun 2024 sebesar 67,19%; pada tahun 2025 sebesar 67,20% dan pada tahun 2026 sebesar 67,21%.

Berdasarkan hasil uji keakuratan kedua metode peramalan yaitu DESH dan ARIMA Box-Jenkins diperoleh bahwa Metode ARIMA Box-Jenkins lebih baik daripada metode DESH dalam meramalkan TPAK Kota Madiun. Perbandingan hasil prediksinya dapat dilihat pada Gambar 4. berikut ini.



Gambar 4. Perbandingan Data Aktual dan Data Ramalan

Pada Gambar 4. di atas dapat terlihat bahwa hasil ramalan kedua metode sudah baik dalam meramalkan TPAK Kota Madiun. Hal tersebut terlihat pada data ramalan masih berada di sekitaran data aktual.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa model prediksi dengan ARIMA Box-Jenkins lebih baik daripada DESH dalam meramalkan TPAK Kota Madiun. Adapun Model ARIMA yang diperoleh adalah ARIMA (1, 0, 1) dengan persamaan:

$$X_t = 1,0001X_{t-1} + 0,7733\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

Hasil hasil ramalan TPAK Kota Madiun dengan ARIMA (1, 0,1) adalah pada tahun 2024 sebesar 67,19%, tahun 2025 sebesar 67,20% dan pada tahun 2026 sebesar 67,21%. Nilai MSE sebesar 14,48, RMSE sebesar 3,80 dan nilai MAPE sebesar 4,75%.

DAFTAR PUSTAKA

- Aden, A. and Supriyanti, A. (2020) 'Prediksi Jumlah Calon Peserta Didik Baru Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing Dari Brown', *LEBESGUE*, 1(1), pp. 56–62. Available at: <https://doi.org/10.46306/lb.v1i1.14>.
- Andriani, N., Wahyuningsih, S. and Siringoringo, M. (2022) 'Application of Double Exponential Smoothing Holt and Triple Exponential Smoothing Holt-Winter with Golden Section Optimization to Forecast Export Value of East Borneo Province', *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, 18(3), pp. 475–483. Available at: <https://doi.org/10.20956/j.v18i3.17492>.
- Badan Pusat Statistik (BPS) (2023a) *Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja (TPAK) Menurut Kabupaten/Kota, 2001-2023*, *Badan Pusat Statistik*. Available at: <https://jatim.bps.go.id/subject/6/tenaga-kerja.html#subjekViewTab3> (Accessed: 14 May 2024).
- Badan Pusat Statistik (BPS) (2023b) *TPAK (Tingkat Partisipasi Angkatan Kerja), 2017-2023*, *Badan Pusat Statistik*. Available at: <https://madiunkota.bps.go.id/subject/6/tenaga-kerja.html> (Accessed: 14 May 2024).
- Fan, D., Sun, H., Yao, J., Zhang, K., Yan, X. and Zhixue, S. (2021) 'Well production forecasting based on ARIMA-LSTM model considering manual operations', *Energy*, 220, p. 119708. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119708>.
- Fan, G.F., Wei, H.Z., Chen, M.Y. and Hong, W.C. (2022) 'Photovoltaic Power Generation Forecasting Based on the ARIMA-BPNN-SVR Model', *Global Journal of Energy Technology Research Updates*, 9, pp. 18–38.

Available at: <https://doi.org/10.15377/2409-5818.2022.09.2>.

- Nurkahfi, M.B., Wahanggara, V. and Prakoso, B.H. (2021) 'Perbandingan Metode Double Exponential Smoothing dan Least Square untuk Sistem Prediksi Hasil Produksi Teh', *BIOS: Jurnal Teknologi Informasi dan Rekayasa Komputer*, 1(2), pp. 48–53. Available at: <https://doi.org/10.37148/bios.v1i2.12>.
- Pradana, Y.A., Azka, D.A., Aji, A.C. and Fauzi, I.M. (2022) 'Analysis of Weather Changes for Estimation of Shallot Crops Fluctuation Using Hidden Markov', *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 16(1), pp. 333–342. Available at: <https://doi.org/10.30598/barekengvol16iss1pp331-340>.
- Putri, D.M., Hasanah, F.R.U. and Hasibuan, L.H. (2022) 'Prediksi Jumlah Penumpang Pesawat Pada Masa Covid-19 dengan Metode Exponential Smoothing', *Math Educa Journal*, 6(1), pp. 20–28. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.15548/mej.v6i1.3896>.
- Ramadhan, A.S. Prabowo, A., Kankarofi, R. H. and Sulaiman, I.M. (2023) 'Forecasting Human Development Index With Double Exponential Smoothing Method And Acorrect Determination', *International Journal of Business, Economics, and Social Development*, 4(1), pp. 25–31. Available at: <https://doi.org/10.46336/ijbesd.v4i1.375>.
- Saragih, S.M. and Sembiring, P. (2022) 'Analisis Perbandingan Metode Arima dan Double Exponential Smoothing dari Brown Pada Peramalan Inflasi di Indonesia', *Journal of Fundamental Mathematics and Applications (JFMA)*, 5(2), pp. 176–191. Available at: <https://doi.org/10.14710/jfma.v5i2.15312>.
- Shobri, M.Q., Yanuar, F. and Devianto, D. (2021) 'Covid-19 Patient Mortality Risk Classification Using Bayesian Binary Logistic Regression', *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, 18(1). Available at: <https://doi.org/10.20956/j.v18i1.14268>.
- Sulpaiyah, S., Bahri, S. and Harsyiah, L. (2022) 'Peramalan Harga Beras dengan Metode Double Exponential Smoothing dan Fuzzy Time Series (Study Kasus : Harga Beras di Kota Mataram)', *EIGEN MATHEMATICS JOURNAL*, 5(2), pp. 58–69. Available at: <https://doi.org/10.29303/emj.v5i2.123>.
- Suprayogi, M.A. (2022) 'Model Double Exponential Smoothing Dalam Peramalan Penerimaan Pajak Pemerintah Pusat Indonesia', *Jurnal Statistika dan Komputasi*, 1(2), pp. 83–92. Available at: <https://doi.org/10.32665/statkom.v1i2.1233>.
- Wei, W. (2006) *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods, 2nd edition, 2006*. Second edi. Pearson Addison Wesley.
- Yuliana, A. and Fauzy, A. (2023) 'Analisis Double Exponential Smoothing pada Indeks Pembangunan Manusia di Kabupaten Banyumas', *Emerging Statistics and Data Science Journal*, 1(1), pp. 20–29. Available at: <https://doi.org/10.20885/esds.vol1.iss.1.art3>.