


Evaluasi Kinerja Model *Adaptive Response Rate Exponential Smoothing* dalam Memprediksikan Harga Beras

Performance Evaluation of the Adaptive Response Rate Exponential Smoothing Method in Predicting Rice Prices

Ismail Gaffar^{a,1,*}, Arwini Arisandi^{a,2}, Andi Ridwan Makkulawu^{a,3}

^aJurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan, Pangkep, Indonesia
¹ismail.gaffar@polipangkep.ac.id; ²arwini.arisandi@polipangkep.ac.id; ³andridwan01@yahoo.com.au
*corresponding author

Informasi Artikel	ABSTRAK
<p>Diserahkan : 28 Juli 2025 Diterima : 14 Agustus 2025 Direvisi : 21 Agustus 2025 Diterbitkan : 26 Agustus 2025</p> <p>Kata Kunci: harga beras peramalan <i>adaptive response rate exponential smoothing</i> <i>single exponential smoothing</i> <i>mean absolute percentage error</i></p> <p>Keywords: rice price forecasting <i>adaptive response rate exponential smoothing</i> <i>single exponential smoothing</i> <i>mean absolute percentage error</i></p> <p>This is an open access article under the CC-BY-SA license.</p> 	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi model peramalan terbaik untuk memprediksi harga beras di Kota Makassar dengan membandingkan metode <i>Adaptive Response Rate Exponential Smoothing</i> (ARRES) dengan metode <i>Single Exponential Smoothing</i> (SES). Data harga beras harian untuk beras medium dan premium dari Januari hingga Juni 2025, yang terdiri dari 166 pengamatan, dianalisis menggunakan kedua metode tersebut dengan perangkat lunak RStudio. Analisis data menunjukkan bahwa harga beras premium cenderung lebih tinggi dan lebih stabil dibandingkan harga beras medium. Metode ARRES, yang dilengkapi dengan parameter <i>smoothing</i> adaptif yang merespons kesalahan terbaru, menunjukkan respons yang lebih baik terhadap fluktuasi harga beras dibandingkan metode SES dengan parameter konstan. Evaluasi menggunakan <i>Mean Absolute Percentage Error</i> (MAPE) menunjukkan bahwa ARRES lebih unggul dibandingkan SES, dengan nilai MAPE masing-masing 0,379% dan 0,420% untuk beras medium, serta 0,283% dan 0,317% untuk beras premium. Hasil ini menunjukkan bahwa ARRES memberikan akurasi peramalan yang lebih baik, diklasifikasikan sebagai akurasi sangat tinggi (MAPE<10%), menjadikannya alat yang menjanjikan untuk peramalan harga beras guna mendukung pengambilan keputusan oleh pemerintah dan pemangku kepentingan di Makassar.</p> <p>ABSTRACT</p> <p><i>This study aims to identify the best forecasting model for predicting rice prices in Makassar City by comparing the Adaptive Response Rate Exponential Smoothing (ARRES) method with the Single Exponential Smoothing (SES) method. Daily rice price data for medium and premium rice from January to June 2025, consisting of 166 observations, were analyzed using both methods with RStudio software. Data exploration revealed that premium rice prices tend to be higher and more stable than medium rice prices. The ARRES method, featuring an adaptive smoothing parameter that responds to recent errors, demonstrated greater responsiveness to fluctuations in rice prices compared to the constant-parameter SES method. Evaluation using Mean Absolute Percentage Error (MAPE) showed that ARRES outperformed SES, with MAPE values of 0.379% and 0.420% for medium rice, and 0.283% and 0.317% for premium rice, respectively. These results indicate that ARRES provides improved forecasting accuracy, classified as very high accuracy (MAPE<10%), making it a promising tool for rice price prediction to support decision-making by government and stakeholders in Makassar.</i></p>

I. Pendahuluan

Beras sebagai bahan pangan pokok mendapat perhatian khusus dari pemerintah Indonesia [1]. Beras merupakan salah satu faktor yang memengaruhi tingkat inflasi di suatu wilayah [2]. Ketersediaan beras menjadi perhatian utama pemerintah Indonesia dalam menjaga stabilitas harga [3]. Harga beras dipengaruhi oleh harga padi [4], produksi beras [5], dan ketersediaan stok [6]. Memprediksikan harga beras penting untuk pengambilan keputusan di masa depan oleh pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2024, beras merupakan salah satu komoditas pangan dengan konsumsi rata-rata per kapita tertinggi kedua di Makassar, yaitu sebesar 6,78 kg/orang/bulan. Rata-rata pengeluaran untuk komoditas ini

adalah Rp88.288,-/orang/bulan [7]. Berdasarkan konsumsi yang tinggi dan dampak yang signifikan terhadap inflasi, beras memainkan peran penting dalam perekonomian Indonesia. Oleh karena itu, perkiraan harga beras yang akurat sangat penting untuk mendukung pengambilan keputusan yang efektif oleh pemerintah, bisnis, dan masyarakat.

Harga beras merupakan data deret waktu, di mana perubahan harga diamati dari waktu ke waktu. Perubahan ini dianalisis menggunakan metode analisis deret waktu untuk menghasilkan prediksi untuk periode mendatang. Metode prediksi merupakan bentuk analisis data kuantitatif berdasarkan informasi data historis [8]. Metode prediksi yang dapat digunakan adalah teknik *smoothing*, salah satunya adalah *single exponential smoothing* (SES). Metode SES adalah teknik prediksi kuantitatif yang diterapkan pada pola data historis yang tidak stabil atau berfluktuasi, menggunakan pembobotan eksponensial untuk terus-menerus menghaluskan fluktuasi data [9]. Model ini banyak digunakan dalam prediksi deret waktu karena kesederhanaan dan kemudahan penerapannya. Model ini hanya membutuhkan satu parameter *smoothing* (α) untuk mengontrol laju penurunan pengaruh pengamatan masa lalu dari waktu ke waktu. Dengan demikian, model ini sangat cocok untuk prediksi jangka pendek dan untuk kumpulan data yang tidak menunjukkan tren atau pola musiman yang kuat. Namun, terlepas dari kesederhanaannya, kinerja metode *Single Exponential Smoothing* (SES) sering dianggap kurang optimal jika dibandingkan dengan teknik prediksi yang lebih canggih. Keterbatasan ini terutama muncul dari sensitivitasnya yang tinggi terhadap pemilihan parameter *smoothing* dan pengaturan nilai awal, yang dapat secara signifikan memengaruhi akurasi prediksi. Selain itu, SES mengasumsikan bahwa data memiliki pola yang relatif stabil seiring waktu, sehingga kurang efektif dalam menangkap struktur data yang lebih kompleks seperti tren atau musiman [10].

Penelitian sebelumnya telah membandingkan metode analisis tren dan SES pada harga komoditas beras di Kota Makassar [2], Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode analisis tren adalah yang terbaik dalam memprediksi harga beras, dengan *Mean Average Percentage Error* (MAPE) sebesar 4,890%. Studi lain membandingkan model *Double Exponential Smoothing* dengan *Fuzzy Time Series* (FTS) [11]. Hasilnya menunjukkan bahwa prediksi terbaik dicapai menggunakan metode FTS dengan nilai MAPE sebesar 7,39%. Beberapa model masih meninggalkan kesalahan akibat karakteristik data yang terkadang mengalami fluktuasi tajam.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi model terbaik untuk memprediksi harga beras di Kota Makassar. Metode yang digunakan adalah *Adaptive Response Rate Exponential Smoothing* (ARRES), yaitu model dengan tingkat respons adaptif yang menyesuaikan dengan kondisi data [12]. Metode ini memiliki parameter *smoothing* α yang dapat menyesuaikan dengan perubahan pola data yang berfluktuasi dalam periode tertentu [13]. Model ARRES dibandingkan dengan SES untuk mengidentifikasi model dengan nilai kesalahan (MAPE) terkecil sehingga evaluasi kinerja model dapat terukur melalui nilai MAPE. Hasil penelitian ini akan menjadi rujukan bagi pemangku kepentingan dalam pengambilan keputusan terkait kebijakan harga beras di Kota Makassar

II. Metode

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Dinas Ketahanan Pangan Kota Makassar, dengan variabel yang diamati adalah harga beras medium dan premium. Data dicatat setiap hari dari Maret 2021 hingga Juni 2025. Namun, beberapa nilai kosong ditemukan pada hari-hari tertentu, termasuk periode data yang hilang dalam jangka waktu lama. Oleh karena itu, periode pengamatan dibatasi pada Januari 2025 hingga Juni 2025, yang terdiri dari total 166 titik data. Selain itu, ada satu nilai kosong pada titik waktu tertentu dalam periode pengamatan. Metode imputasi rata-rata diterapkan untuk mengatasi masalah ini. Metode ini menggantikan nilai kosong dengan menghitung rata-rata titik data sebelumnya dan sesudahnya [14]. Data yang diamati disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Harga Beras Harian

Waktu	Beras Premium	Beras Medium	Nilai Imputasi	Perhitungan Nilai Imputasi
02/01/2025	14000	12000		
03/01/2025	14000	12000		
⋮	⋮	⋮		
26/01/2025	15000	12875		
27/01/2025	15000	.	12937.5	$\leftarrow \frac{12875+13000}{2}$
28/01/2025	15000	13000		
29/01/2025	15000	12875		

Waktu	Beras Premium	Beras Medium	Nilai Imputasi	Perhitungan Nilai Imputasi
:	:	:		
10/06/2025	15500	14175		
11/06/2025	15500	14175		
12/06/2025	15500	14150		
13/06/2025	15500	14175		
14/06/2025	15500	14175		
15/06/2025	15500	14175		
16/06/2025	15500	14175		

Nilai yang kosong dalam dataset diatasi menggunakan metode imputasi rata-rata, yang menggantikan titik data yang kosong dengan rata-rata nilai-nilai di sekitarnya. Pendekatan ini diterapkan untuk memastikan kelengkapan dan kontinuitas dataset, sehingga meminimalkan potensi bias dalam analisis. Setelah proses imputasi, data dianalisis lebih lanjut menggunakan dua metode prediksi deret waktu, yaitu SES dan ARRES. Metode ini dipilih untuk membandingkan akurasi prediksi antara model sederhana (SES) dan model adaptif (ARRES). Semua analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak RStudio versi 4.4.2, yang menyediakan komputasi statistik dan analisis deret waktu. Prosedur analisis dijelaskan dalam langkah-langkah berikut.

1. Eksplorasi data

Eksplorasi data adalah langkah awal dalam proses analisis yang melibatkan pemeriksaan karakteristik data, seperti distribusi dan tren. Proses ini penting untuk memahami pola yang mendasari data dan memastikan kualitasnya sebelum melanjutkan ke analisis lebih lanjut. Pada langkah ini, data dieksplorasi untuk mendapatkan gambaran umum tentang karakteristiknya dengan menganalisis statistik deskriptif, seperti nilai rata-rata, maksimum, dan minimum, serta dengan menampilkan data secara visual melalui plot atau grafik garis.

2. Pemodelan data menggunakan metode ARRES

Dalam prediksi deret waktu, pemilihan model yang tepat sangat penting untuk memastikan prediksi yang akurat dan andal, terutama ketika berhadapan dengan data yang dicirikan oleh pola dinamis atau perubahan yang tiba-tiba. Model sederhana, seperti SES digunakan karena kesederhanaannya, namun kinerjanya dapat terbatas ketika data menunjukkan perilaku yang tidak stabil. Keterbatasan ini dapat diatasi dengan metode yang lebih lanjut, seperti ARRES yang dapat meningkatkan keakuratan prediksi, menawarkan fleksibilitas dan adaptabilitas yang lebih besar terhadap pola data yang berubah.

Metode ARRES merupakan perluasan dari model SES. Dalam model SES, parameter tetap konstan selama proses prediksi, sehingga kurang efektif untuk data dengan tren atau musim dan kurang adaptif ketika pola data berubah dengan cepat [15]. Dalam model ARRES, prinsipnya serupa dengan SES, tetapi parameter penyesuaian bersifat adaptif yang memungkinkan untuk menyesuaikan diri dengan data. Selain itu, parameter penyesuaian lebih responsif terhadap perubahan signifikan dalam tren [12]. Nilai prediksi dapat ditentukan menggunakan formula (1) berikut.

$$\hat{y}_t = \alpha \cdot y_t + (1 - \alpha)\hat{y}_{t-1} \quad (1)$$

dengan:

\hat{y}_t : nilai pemulusan pada waktu ke-t

α : parameter pemulusan (*smoothing*)

y_t : nilai aktual pada waktu ke-t

Pada metode ARRES, parameter *smoothing* bersifat adaptif yang berarti bahwa parameter ini bervariasi dari waktu ke waktu berdasarkan besarnya kesalahan prediksi pada titik waktu sebelumnya ($t-1$). Berbeda dengan SES yang parameter *smoothing*-nya tetap konstan selama proses prediksi. ARRES secara dinamis menyesuaikan parameter ini untuk meningkatkan responsivitas terhadap perubahan data. Tingkat adaptabilitas dalam parameter *smoothing* (α) diatur oleh parameter adaptasi tambahan yang dinotasikan sebagai c untuk mengontrol sensitivitas α terhadap besarnya kesalahan prediksi. Nilai c yang lebih tinggi meningkatkan responsivitas parameter *smoothing* terhadap fluktuasi dalam data sehingga model dapat bereaksi lebih cepat terhadap perubahan atau pergeseran tren yang tiba-tiba. Sebaliknya, nilai c yang lebih kecil menghasilkan penyesuaian yang lebih stabil dan konservatif. Mekanisme adaptif ini memungkinkan ARRES untuk menangkap pola *non*-linier dan perubahan struktural dalam data deret waktu dengan lebih baik dibandingkan metode SES. Nilai α dalam ARRES dihitung menggunakan formula (2).

$$\alpha_t = \frac{|e_{t-1}|}{|e_{t-1}|+c} \quad (2)$$

dengan:

α_t : parameter *smoothing* pada waktu ke-t

e_t : nilai kesalahan (*error*) pada waktu ke-t

c : parameter adaptasi

3. Evaluation model

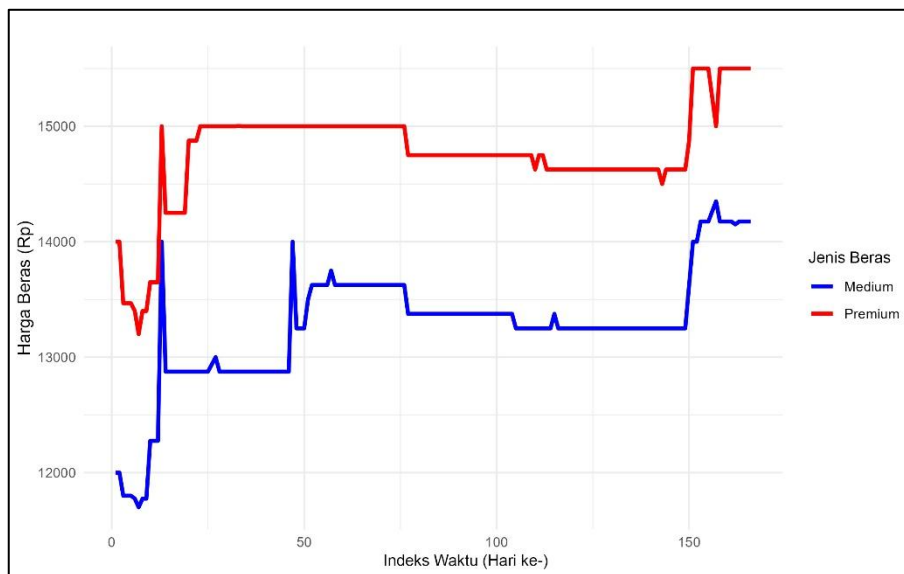
Evaluasi hasil prediksi untuk mengukur akurasi prediksi menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang dihitung melalui formula (3).

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|y_t - \hat{y}_t|}{y_t}}{n} \times 100\% \quad (3)$$

MAPE adalah salah satu ukuran yang paling banyak digunakan untuk mengevaluasi akurasi model prediksi, karena MAPE menyatakan kesalahan prediksi dalam bentuk persentase sehingga mudah diinterpretasikan. Nilai MAPE kurang dari 10% umumnya dinilai akurasi prediksi yang sangat tinggi, artinya model tersebut menghasilkan prediksi yang sangat mendekati data aktual. MAPE yang berkisar antara 10% hingga 20% menunjukkan akurasi yang baik, sedangkan nilai antara 20% dan 50% menunjukkan kinerja prediksi yang moderat atau dapat diterima. Sebaliknya, nilai MAPE yang melebihi 50% dikategorikan sebagai akurasi yang buruk yang menandakan adanya penyimpangan yang substansial antara nilai yang diprediksi dan nilai aktual. Ambang batas ini berfungsi sebagai referensi umum untuk menilai keandalan model prediksi

III. Hasil dan Pembahasan

Eksplorasi data merupakan langkah awal dan penting dalam proses analisis data yang bertujuan untuk memahami karakteristik, pola, dan struktur data sambil mempersiapkannya untuk pemodelan atau pengujian statistik selanjutnya. Proses ini melibatkan penilaian awal terhadap data harga beras, termasuk penghitungan statistik deskriptif seperti nilai rata-rata, maksimum, dan minimum, yang memberikan gambaran umum tentang distribusi dan variabilitas data. Selain ringkasan numerik, visualisasi data juga dilakukan untuk meningkatkan pemahaman tentang tren dan fluktuasi harga beras dari waktu ke waktu. Visualisasi menggunakan grafik garis berguna untuk mengidentifikasi tren selama periode pengamatan. Deskripsi dari data harga beras disajikan pada Gambar 1.

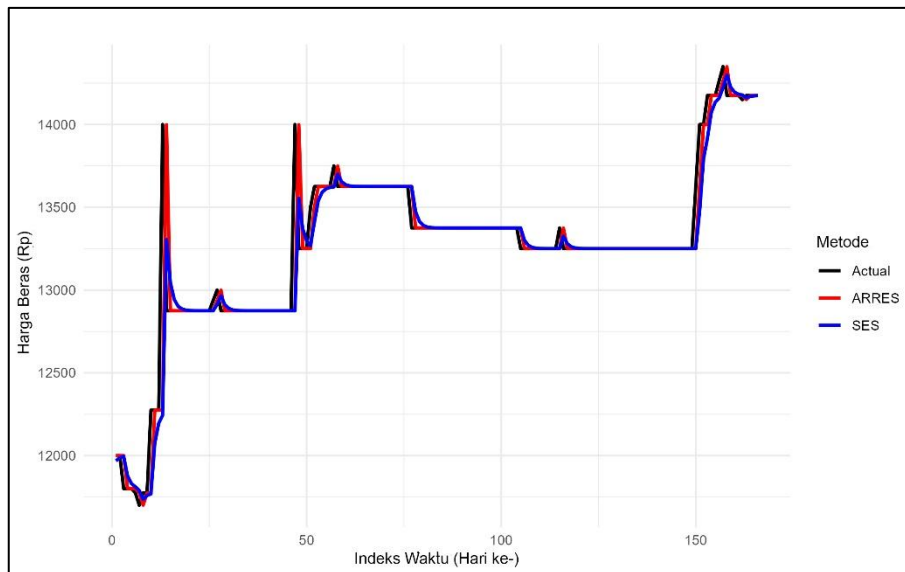


Gambar 1. Deskripsi Harga Beras

Gambar 1 menunjukkan perubahan harga beras dari Januari hingga Juni 2025 untuk jenis beras medium dan premium. Berdasarkan Gambar 1 diperoleh untuk beras medium, statistik deskriptif menunjukkan harga rata-rata sebesar Rp13.250,- per kg, dengan kisaran harga dari Rp11.700,- hingga Rp 14.350,- per kg sedangkan untuk beras premium, harga rata-rata adalah Rp14.750,- per kg, dengan kisaran harga dari Rp13.200,- hingga Rp15.500,- per kg. Berdasarkan hasil eksplorasi, terlihat bahwa harga beras premium cenderung lebih tinggi dan lebih stabil dibandingkan dengan harga beras medium.

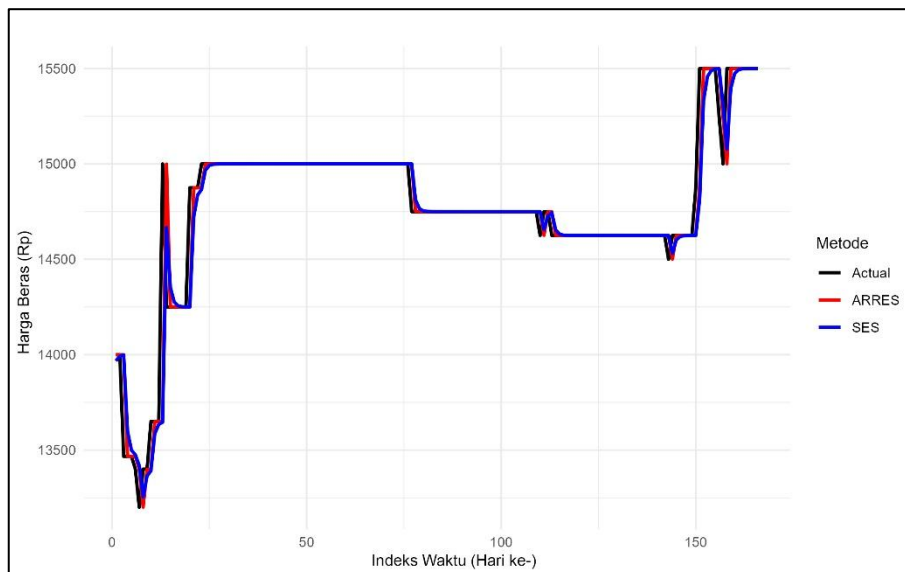
Metode ARRES bersifat adaptif yang berarti bahwa tingkat pemulusan α dapat bervariasi dari waktu ke waktu untuk menyesuaikan dengan kesalahan pada waktu sebelumnya. Hal ini memungkinkan ARRES untuk merespons perubahan pola data dengan lebih cepat dibandingkan dengan SES yang menggunakan α konstan.

Kinerja prediksi dapat dibandingkan melalui plot garis prediksi terhadap data aktual. Perbandingan kinerja prediksi untuk data beras medium dan premium ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Perbandingan data harga beras medium dan prediksinya

Gambar 2 menunjukkan bahwa metode SES menghasilkan parameter *smoothing* konstan $\alpha=0,604$ sepanjang periode prediksi. Sebaliknya, metode ARRES menghasilkan variabel α yang beradaptasi sesuai dengan kesalahan, misalnya diperiode tertentu menghasilkan $\alpha=0,329$. Pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa metode ARRES lebih responsif terhadap perubahan harga beras menengah dibandingkan dengan metode SES, yang cenderung lebih halus. Hal ini menunjukkan bahwa metode ARRES dapat dengan cepat mengikuti perubahan pola data harga beras menengah, terutama selama pergeseran harga yang tiba-tiba.



Gambar 3. Perbandingan data harga beras premium dan prediksinya

Gambar 3 merupakan hasil prediksi data beras premium metode SES menghasilkan nilai $\alpha=0,754$ yang menunjukkan tingkat pemulusan yang relatif tinggi dan bersifat konstan selama periode prediksi. Pada metode ARRES menghasilkan nilai $\alpha=0,125$ pada periode waktu tertentu yang dihitung secara adaptif mengikuti besar kecilnya eror sebelumnya. Pada Gambar 3 terlihat bahwa metode ARRES mampu merespon fluktuasi data aktual secara responsif, terutama pada waktu yang terjadi perubahan harga secara cepat. Selain itu, metode SES lebih stabil namun sedikit lambat dalam mengikuti pola pergerakan data aktual harga beras premium. Kedua garis grafik ARRES dan SES memberikan gambaran mengenai perbedaan karakteristik kedua metode prediksi dalam merespon perubahan harga beras harian.

Evaluasi model prediksi dilakukan untuk menilai akurasi prediksi harga beras dibandingkan dengan data aktual yang diamati. Salah satu metrik utama yang digunakan untuk evaluasi ini adalah MAPE yang mengukur persentase rata-rata kesalahan relatif antara nilai prediksi dan data aktual. MAPE dikenal luas karena

interpretabilitasnya karena MAPE menyatakan kesalahan prediksi dalam bentuk persentase, sehingga memudahkan perbandingan antar model dan kumpulan data yang berbeda. Dalam konteks ini, nilai MAPE yang lebih kecil menunjukkan tingkat akurasi prediksi yang lebih tinggi, yang berarti bahwa model tersebut menghasilkan prediksi yang sangat sesuai dengan pengamatan aktual. Hasil evaluasi perbandingan antara model SES dan ARRES dirangkum dalam Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Evaluasi Model

Dataset	Metode	MAPE
Beras medium	SES	0,420%
	ARRES	0,379%
Beras premium	SES	0,317%
	ARRES	0,283%

Tabel 2 menyajikan hasil evaluasi model prediksi pada data harga beras medium dan premium menggunakan metode SES dan ARRES. Hasilnya menunjukkan bahwa untuk harga beras menengah, metode SES memiliki nilai MAPE sebesar 0,420%, sedangkan metode ARRES memiliki nilai MAPE sebesar 0,379%. Pada harga beras premium, nilai MAPE yang diperoleh dari metode SES dan ARRES masing-masing adalah 0,317% dan 0,283%. Temuan ini menunjukkan bahwa metode ARRES secara konsisten memiliki kinerja yang lebih baik daripada metode SES dalam hal akurasi prediksi untuk kedua kategori harga beras. Penurunan nilai MAPE saat menggunakan ARRES menunjukkan kemampuannya yang lebih baik dalam beradaptasi dengan fluktuasi data dan meningkatkan kinerja prediksi. Secara keseluruhan, hasil prediksi mencerminkan tingkat akurasi yang sangat tinggi dalam memprediksi harga beras di Kota Makassar, yang menunjukkan bahwa kedua metode, terutama ARRES, merupakan alat yang efektif untuk prediksi harga jangka pendek.

IV. Kesimpulan dan saran

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Adaptive Response Rate Exponential Smoothing* (ARRES) mampu meningkatkan akurasi prediksi metode *Single Exponential Smoothing* (SES) dalam memprediksi harga beras medium dan premium di Kota Makassar. Peningkatan ini dibuktikan dengan penurunan nilai MAPE yang konsisten ketika metode ARRES diterapkan pada dataset. Kemampuan adaptasi metode ARRES memungkinkan metode ini untuk menangkap fluktuasi dan pola dinamis dalam data dengan lebih baik sehingga menghasilkan prediksi yang lebih akurat dibandingkan dengan pendekatan SES. Selain itu, tingkat akurasi prediksi yang dihasilkan oleh metode ARRES termasuk dalam kategori akurasi prediksi yang sangat tinggi, karena semua nilai MAPE yang diperoleh dalam penelitian ini berada di bawah ambang batas 10%. Hasil inimenunjukkan potensi ARRES sebagai alat prediksi yang efektif dan andal untuk prediksi harga jangka pendek dalam konteks komoditas pertanian seperti beras.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan atas dukungan pendanaan melalui program PNPB sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dinas Ketahanan Pangan Kota Makassar atas penyediaan data yang diperlukan untuk penelitian ini. Bantuan dan kontribusi berharga dari kedua lembaga tersebut sangat berperan dalam memfasilitasi penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] W. Anggraeni, F. Mahananto, A. Q. Sari, Z. Zaini, K. B. Andri, and Sumaryanto, "Forecasting the price of Indonesia's rice using hybrid artificial neural network and autoregressive integrated moving average (hybrid NNS-ARIMAX) with exogenous variables," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2019, pp. 677–686. doi: 10.1016/j.procs.2019.11.171.
- [2] A. Arisandi, I. Gaffar, R. Mayapada, and S. Nurhaliza, "Analisis Trend dan Single Exponential Smoothing dalam Meramalkan Harga Komoditas Beras di Kota Makassar," *Bul. Sist. Inf. dan Teknol. Islam*, vol. 6, no. 2, pp. 74–80, May 2025, doi: 10.33096/busiti.v6i2.2807.
- [3] A. S. A. Sadikin, A. A. Reswara, M. F. F. Mardianto, and A. Kurniawan, "COMPARISION OF RICE PRICE PREDICTION RESULTS IN EAST JAVA USING FOURIER SERIES ESTIMATOR AND GAUSSIAN KERNEL ESTIMATOR SIMULTANEOUSLY," *Barekeng*, vol. 18, no. 3, pp. 1963–1974, Sep. 2024, doi: 10.30598/barekengvol18iss3pp1963-1974.
- [4] W. Anggraeni, K. B. Andri, Sumaryanto, and F. Mahananto, "The Performance of ARIMAX Model and Vector Autoregressive (VAR) Model in Forecasting Strategic Commodity Price in Indonesia," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2017, pp. 189–196. doi: 10.1016/j.procs.2017.12.146.
- [5] A. M. Shew, A. Durand-Morat, B. Putman, L. L. Nalley, and A. Ghosh, "Rice intensification in Bangladesh improves economic and environmental welfare," *Environ. Sci. Policy*, vol. 95, pp. 46–57, May 2019, doi: 10.1016/j.envsci.2019.02.004.
- [6] A. Durand-Morat, L. L. Nalley, and G. Thoma, "The implications of red rice on food security," *Glob. Food Sec.*, vol. 18, pp. 62–75, Sep. 2018, doi: 10.1016/j.gfs.2018.08.004.

- [7] S. Ika Musvita Baso, S. Serra Pungkas Risantika, and S. T. S. Hikmawati, *Pengeluaran untuk konsumsi penduduk provinsi Sulawesi selatan menurut kabupaten kota*, vol. 9. Makassar: Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Selatan, 2024.
- [8] B. Ammar Hakim *et al.*, “TIME SERIES MODEL FOR TRAIN PASSENGER FORECASTING.” *BAREKENG J. Math. App*, vol. 19, no. 2, pp. 755–0766, 2025, doi: 10.30598/barekengvol19iss2pp0755-0766.
- [9] R. Gustriansyah, N. Suhandi, F. Antony, and A. Sanmorino, “Single exponential smoothing method to predict sales multiple products,” in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics Publishing, Jun. 2019. doi: 10.1088/1742-6596/1175/1/012036.
- [10] A. A. Aziz, Z. Mustafa, S. Ismail, N. A. M. Nor, and N. Q. M. Fozi, “A hybrid simple exponential smoothing-barnacles mating optimization approach for parameter estimation: Enhancing COVID-19 forecasting in Malaysia,” *MethodsX*, vol. 14, Jun. 2025, doi: 10.1016/j.mex.2025.103347.
- [11] S. Sulpaiyah, S. Bahri, and L. Harsyiah, “Peramalan Harga Beras dengan Metode Double Exponential Smoothing dan Fuzzy Time Series (Study Kasus : Harga Beras di Kota Mataram),” *Eig. Math. J.*, pp. 58–69, Dec. 2022, doi: 10.29303/emj.v5i2.123.
- [12] R. Romindo, J. J. Pangaribuan, and O. P. Barus, “Penerapan Algoritma Adaptive Response Rate Exponential Smoothing Terhadap Business Intelligence System,” *Build. Informatics, Technol. Sci.*, vol. 5, no. 2, Sep. 2023, doi: 10.47065/bits.v5i2.3955.
- [13] T. A. Prasetyo *et al.*, “Sales forecasting of marketing using adaptive response rate single exponential smoothing algorithm,” *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 31, no. 1, pp. 423–432, Jul. 2023, doi: 10.11591/ijeecs.v31.i1.pp423-432.
- [14] J. S. Murray, “Multiple imputation: A review of practical and theoretical findings,” *Stat. Sci.*, vol. 33, no. 2, pp. 142–159, 2018, doi: 10.1214/18-STS644.
- [15] M. Douglas C., J. Cheryl L., and K. Murat, *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting*, vol. 3, no. 1. Canada: John Wiley & Sons, Inc, 2015, doi: 10.1016/j.bpj.2015.06.056.