

Pemodelan *Autoregressive Integrated Moving Average Ensemble (ARIMA ENSEMBLE) Averaging Method* Dalam Peramalan Produksi Padi di Provinsi Jawa Timur

Wigid Hariadi¹, Sulantari²

¹Prodi Statistik, Universitas PGRI Argopuro Jember, wigid.hariadi@gmail.com

²Prodi Statistik, Universitas PGRI Argopuro Jember, Sulantari89@gmail.com

*Penulis Korespondensi, email : wigid.hariadi@gmail.com

Abstrak. Padi atau beras merupakan makanan pokok paling favorit bagi masyarakat Indonesia. Jawa Timur salah satu provinsi di Indonesia yang merupakan sentra penghasil padi. Mengingat pentingnya produksi padi bagi pemerintah, maka perlu dilakukan analisis untuk memprediksi produksi padi pada tahun-tahun kedepan. Hal ini berguna untuk dalam mengetahui seberapa besar ketahanan pangan di suatu. Untuk melakukan peramalan data, salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode *ARIMA Ensemble averaging*. Metode ini menggunakan proses penggabungan hasil ramalan beberapa model ARIMA untuk membentuk nilai peramalan yang baru. Model *ARIMA Ensemble* (ARIMA (2,2,0) dan ARIMA(0,2,1)) merupakan model *ARIMA Ensemble* terbaik dalam meramalkan produksi padi di Provinsi Jawa Timur dengan nilai *MSE* sebesar 2.613E+12 dan nilai *RMSE* sebesar 1616476.55. Produksi padi di Provinsi Jawa Timur sejak tahun 2025 sampai tahun 2035 secara berturut-turut diramalkan sebesar: 10.32 juta ton, 10.39 juta ton, 10.45 juta ton, 10.52 juta ton, 10.59 juta ton, 10.65 juta ton, 10.72 juta ton, 10.79 juta ton, 10.87 juta ton, 10.93 juta ton, 10.99 juta ton. Hal ini menyatakan bahwa jika dibandingkan tahun 2023, produksi padi di Jawa Timur pada tahun 2025 akan mengalami kenaikan sebesar 6.29%, dan pada tahun 2035 akan mengalami kenaikan sebesar 13.22%.

Kata kunci : Analisis Runtun Waktu, ARIMA, ARIMA Ensemble, Padi, Jawa Timur, Peramalan.

Abstract. Rice is the most favorite staple food for the people of Indonesia. East Java is one of the provinces in Indonesia which is a center for rice production. Given the importance of rice production for the government, an analysis needs to be carried out to predict rice production in the coming years. This is useful for knowing how much food security there is in a. To forecast data, one method that can be used is the *ARIMA Ensemble averaging method*. This method uses the process of combining the forecast results of several ARIMA models to form a new forecast value. The *ARIMA Ensemble model* (ARIMA (2,2,0) and ARIMA (0,2,1)) is the best *ARIMA Ensemble model* in predicting rice production in East Java Province with an *MSE* value of 2.613E + 12 and an *RMSE* value of 1616476.55. Rice production in East Java Province from 2025 to 2035 is predicted to be: 10.32 million tons, 10.39 million tons, 10.45 million tons, 10.52 million tons, 10.59 million tons, 10.65 million tons, 10.72 million tons, 10.79 million tons, 10.87 million tons, 10.93 million tons, 10.99 million tons. This states that when compared to 2023, rice production in East Java in 2025 will increase by 6.29%, and in 2035 it will increase by 13.22%.

Keywords: Time Series Analysis, ARIMA, ARIMA Ensemble, Rice, East Java, Forecasting.

DITERIMA: 29 November 2024 DISETUJUI: 13 Desember 2024 ONLINE: 28 Desember 2024

1. PENDAHULUAN

Negara Indonesia merupakan negara yang terletak di garis katulistiwa, dengan dua musim (musim hujan dan musim kemarau), serta terdapat banyak gunung berapi. Hal ini menyebabkan negara Indonesia merupakan salah satu negara ter subur di dunia. Sebagai negara yang subur, maka seharusnya Negara Indonesia tidak akan mengalami kesulitan dalam memenuhi kebutuhan pangan rakyatnya. Ada banyak makanan pokok yang bisa tumbuh di Indonesia, diantaranya padi, jagung, sagu, singkong, ketela, sorgum, dll. Padi atau beras merupakan makanan pokok paling favorit bagi masyarakat Indonesia. Produksi padi di Indonesia mempunyai peran yang penting dalam bidang pertanian dan perekonomian negara [4]. Seiring berkembangnya penduduk, maka kebutuhan padi sebagai makanan pokok juga semakin meningkat. Hasil pertanian di Indonesia sangat dipengaruhi oleh iklim dan cuaca [3]. Kondisi cuaca kemarau yang berkepanjangan ataupun hujan lebat dalam durasi yang lama akan berdampak terhadap pertanian padi di Indonesia, bahkan tidak menutup kemungkinan faktor cuaca ini akan mengakibatkan petani mengalami gagal panen padi. Sebagai negara yang subur, dan agraris, negara Indonesia juga merupakan pengimpor beras yang besar.

Jawa Timur salah satu provinsi di Indonesia yang merupakan sentra penghasil padi (beras). Jika hasil produksi padi di Jawa Timur menurun, maka hal itu dapat berdampak terhadap stok padi nasional. Sejak tahun 1990 sampai tahun 2021, produksi padi di Jawa Timur senantiasa mengalami perkembangan yang fluktuatif [12]. Produksi padi di Jawa Timur selama 2023 sekitar 9.71 juta ton GKG, atau naik sebesar 184,15 ribu ton (1,93%) dibandingkan tahun 2022 [2]. Mengingat pentingnya produksi padi bagi pemerintah, maka perlu dilakukan analisis untuk memprediksi atau memproyeksikan produksi padi pada tahun-tahun kedepan. Hal ini berguna untuk dalam mengetahui seberapa besar ketahanan pangannya dan juga sebagai dasar untuk membuat kebijakan terkait kebutuhan padi/beras bagi masyarakat Indonesia.

Data Produksi Padi merupakan data *time series*. Dimana data *time series* adalah data yang dicatat dari waktu ke waktu [5]. Metode *ARIMA Ensemble* merupakan metode perkembangan dari *ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average)*. Dimana salah satu tujuan dari metode ini adalah untuk melakukan peramalan data. pendekatan ensemble adalah suatu metode penggabungan multi model [9]. Menurut [6], *ARIMA Ensemble* adalah penggabungan hasil ramalan beberapa model *ARIMA*. Metode *ARIMA Ensemble* dapat diterapkan pada berbagai bidang, diantaranya bidang ekonomi, pertanian, industri, cuaca, dll. Metode *ARIMA Ensemble* terdiri dari dua metode, yakni metode *averaging* dan metode *stacking*. Meskipun metode *ARIMA Ensemble* adalah metode peramalan yang cukup kompleks, namun metode ini belum tentu akan menghasilkan akurasi yang lebih baik dibandingkan metode yang sederhana [10]. Namun demikian, metode *ARIMA Ensemble* masih mampu digunakan sebagai metode peramalan data yang baik, karena memiliki nilai error yang cukup kecil.

Untuk itu, penulis tertarik untuk meneliti peramalan produksi padi di Jawa Timur untuk beberapa tahun mendatang. Hal ini bertujuan untuk mencari gambaran terkait produksi padi dan ketahanan pangan di Jawa Timur. Rumusan masalah dalam tulisan ini yakni bagaimana nilai peramalan data produksi padi di Jawa Timur untuk beberapa tahun kedepan dengan menggunakan metode *ARIMA Ensemble* metode *Averaging*?

Teori-Teori yang digunakan

a.1. Model Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Model *ARIMA* merupakan metode Statistik yang digunakan untuk melakukan peramalan data (*Forecasting*) untuk beberapa periode kedepan. Metode *ARIMA* dilakukan prosedur *Box-Jenkins*, dengan empat tahap yakni identifikasi, estimasi parameter, diagnostik check dan peramalan. Dalam model *ARIMA* terdapat 3 orde, yakni orde *AR* disebut p , orde *MA* disebut q , dan orde *differencing* ditulis d . Menurut [7], untuk identifikasi model *ARIMA* (p,d,q) dapat menggunakan plot *ACF* (*Autocorrelation Function*) dan *PACF* (*Partial Autocorrelation Function*). Dimana *ACF* untuk identifikasi orde *Moving Average*, dan *PACF* untuk identifikasi orde *AR*. Model *ARIMA* sering juga ditulis sebagai *ARIMA*(p,d,q), dengan model matematisnya sebagai berikut:

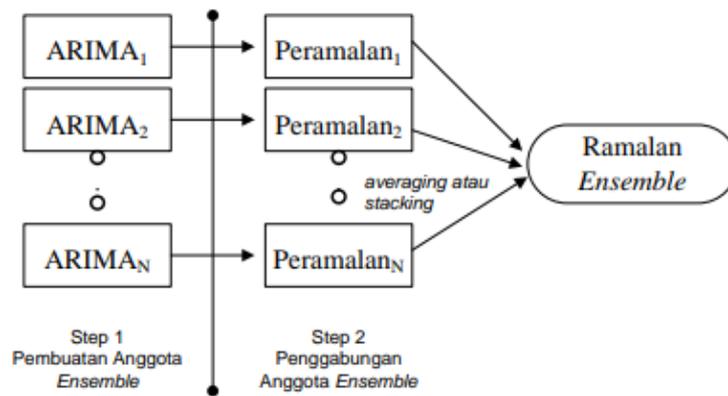
$$\delta_p(B)(1 - B)^d X_t = \theta_0 + \theta_q(B)a_t \quad \dots (1)$$

Dimana:

- p : Orde proses *AR*
- d : Orde *differencing*
- q : Orde proses *MA*
- $\delta_p(B)$: $(1 - \delta_1 B - \dots - \delta_p B^p)$ merupakan operator *AR* (p)
- θ_0 : Intercept pada model *ARIMA*
- $\theta_q(B)$: $(1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q)$ merupakan operator *AR* (p)

a.2. Model ARIMA Ensemble

Model *ARIMA Ensemble* adalah metode gabungan dari hasil ramalan beberapa model *ARIMA*. Dimana proses *ARIMA Ensemble* terdiri dari 2 tahap. Tahap pertama adalah menentukan model *ARIMA* yang akan dijadikan anggota *Ensemble*. Tahap kedua adalah menggabungkan hasil ramalan dari beberapa model *ARIMA* yang dijadikan anggota *Ensemble*. Skema proses *ARIMA Ensemble* dapat terlihat pada Gambar 1 [11].



Gambar 1 : Proses Tahapan ARIMA Ensemble

ARIMA Ensemble Averaging method atau *ARIMA Ensemble metode Averaging* adalah metode *Ensemble* dengan menggunakan nilai rata-rata dari hasil peramalan anggota *Ensemble*, dimana fungsinya dapat ditulis sebagai berikut:

$$\hat{X}_t = f(\hat{f}_t^{(k)}) \quad \dots (2)$$

Dimana:

- \hat{X}_t : Nilai peramalan yang diperoleh dari k model dan t pengamatan
- $f(\hat{f}_t^{(k)})$: $\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N f_t^1 + f_t^2 + \dots + f_t^k$, merupakan nilai rata-rata dari peramalan model ensemble
- k : Orde proses MA
- t : $(1 - \delta_1 B - \dots - \delta_p B^p)$ merupakan operator AR (p)

a.3. Ukuran Kesalahan Peramalan

Menurut [1], ukuran kesalahan peramalan memberikan gambaran akan seberapa tepat model yang digunakan. Ukuran ini diantaranya: *mean absolute error (MAE)* yang mengukur rata-rata nilai absolute dari kesalahan peramalan data, *mean square error (MSE)* yang mengukur rata-rata dari error yang dikuadratkan, dan *root mean square error (RMSE)* yang mengukur persentase kesalahan dari suatu peramalan data.

❖ Sum Square Error (SSE)

$$SSE = \sum (X_t - F_t)^2 \quad \dots (3)$$

❖ Mean Square Error (MSE)

$$MSE = \frac{\sum (X_t - F_t)^2}{n} \quad \dots (4)$$

❖ Root Mean Square Error (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (x_t - F_t)^2}{n}} \quad \dots (5)$$

Dengan :

- F_t : forecasting data pada waktu ke- t
- X_n : data aktual pada waktu ke- t
- n : banyaknya data

Sebuah model peramalan data dikatakan baik dan layak digunakan jika memiliki error yang kecil. Semakin kecil nilai *SSE*, *dan MSE*, maka model tersebut semakin baik. Hal ini berlaku juga untuk nilai *RMSE*, model terbaik adalah model yang memiliki nilai *RMSE* yang terkecil [8].

a.4. Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah prediksi (*forecasting*) jumlah produksi padi di Provinsi Jawa Timur untuk 10 tahun kedepan akan mengalami peningkatan. Metode *ARIMA Ensemble averaging method* mampu meramalkan produksi padi di Provinsi Jawa Timur dengan baik.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif. Data yang digunakan adalah data sekunder berupa data produksi padi di provinsi Jawa Timur sejak tahun 1995 sampai dengan tahun 2023 yang diperoleh dari BPS. Analisis data yang digunakan adalah analisis runtun waktu, model *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Ensemble metode Averaging*.

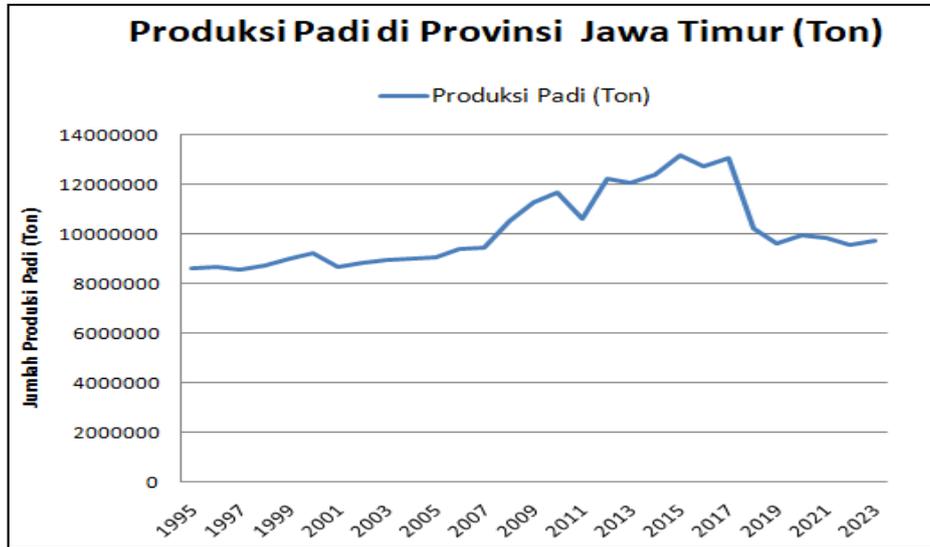
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Produksi padi di Jawa Timur terus mengalami fluktuasi dari tahun ketahun. Puncak produksi padi terjadi pada rentang tahun 2012 sampai dengan tahun 2017. Dimana hasil produksi tahunan berkisar antara 12 juta ton sampai dengan 13 juta ton. Setelah tahun 2017, produksi padi di Jawa Timur mengalami penurunan yang cukup signifikan. Dibandingkan tahun 2017, hasil produksi padi di Jawa timur mengalami peurunan sebesar 25,64% pada tahun 2023. Dimana tahun 2017, produksi padi berjumlah 13.060.464 ton, turun menjadi 9.710.661 ton pada tahun 2023. Hal ini tentu menjadi perhatian yang serius. Jika tren penurunan ini berlangsung terus tanpa ada upaya mencari solusi, maka dapat di bayangkan Provinsi Jawa Timur akan mengalami kekurangan Padi.

Tabel 1: Data Produksi Padi di Provinsi Jawa Timur Dari Tahun 1995 Sampai Tahun 2023

Th	Produksi Padi di Jawa Timur (Ton)	Th	Produksi Padi di Jawa Timur (Ton)
1995	8573643	2010	11643773
1996	8628766	2011	10576543
1997	8533839	2012	12198707
1998	8691519	2013	12049342
1999	8956195	2014	12397967
2000	9224353	2015	13154967
2001	8672791	2016	12726463
2002	8803789	2017	13060464
2003	8914995	2018	10203213
2004	9002025	2019	9580934
2005	9007265	2020	9944538
2006	9346947	2021	9789588
2007	9402029	2022	9526516
2008	10474773	2023	9710661
2009	11259085		

(Sumber: BPS)



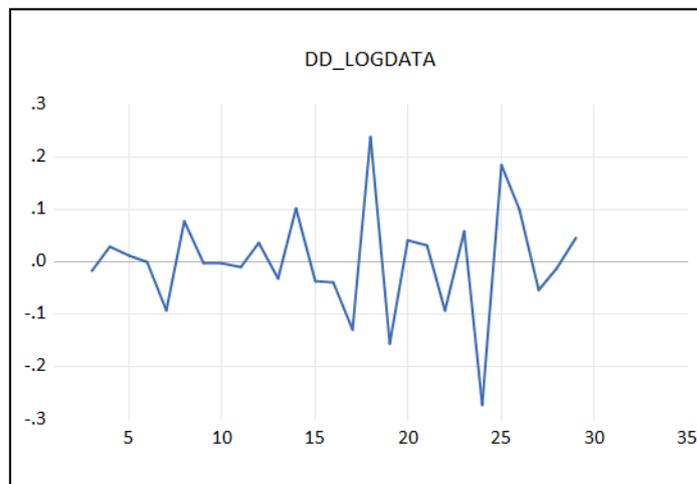
Gambar 2: Produksi Padi di Provinsi Jawa Timur Sejak Tahun 1995 Sampai Tahun 2023

Dari Gambar 2 diatas terlihat bahwa produksi padi di Jawa Timur mengalami fluktuasi yang beragam. Dimana beberapa tahun terakhir terlihat bahwa produksi padi justru mengalami penurunan. Jika tren penurunan produksi padi ini terus berlanjut, maka dapat berdampak terhadap ketahanan pangan di Provinsi Jawa Timur. Untuk melakukan peramalan data, penulis menggunakan metode *ARIMA Ensemble Averaging Method*. Dimana hasil analisisnya dijelaskan dibawah ini.

Hasil Uji ADF dari Data			Hasil Uji ADF dari Data Setelah Transformasi Log dan Differencing 2 kali		
	t-Statistic	Prob.*		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.545749	0.4962	Augmented Dickey-Fuller test statistic	-8.948586	0.0000
Test critical values:			Test critical values:		
1% level	-3.689194		1% level	-3.711457	
5% level	-2.971853		5% level	-2.981038	
10% level	-2.625121		10% level	-2.629906	
*Mackinnon (1996) one-sided p-values.			*Mackinnon (1996) one-sided p-values.		

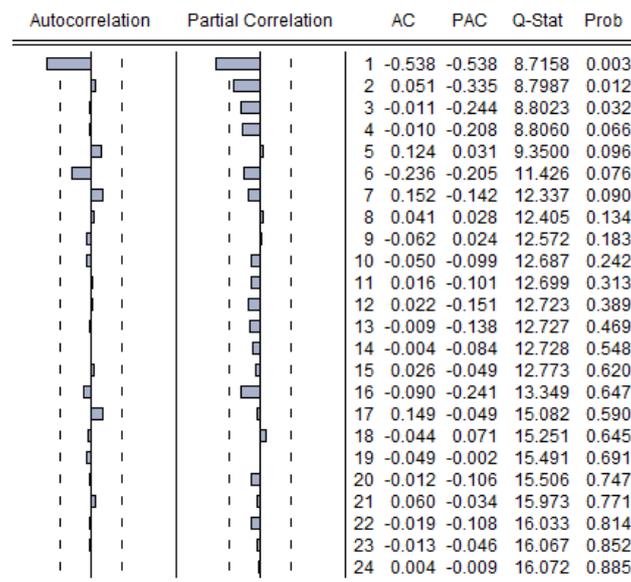
Gambar 3: Output Hasil Uji ADF-test

Berdasarkan Gambar 3, dengan menggunakan uji *ADF test*, dapat diketahui bahwa nilai Probabilitas (*p-value*) masih lebih besar dari $\alpha = 10\%$ ($0.4962 > 0.1$). Hal ini mengindikasikan bahwa data produksi padi di Jawa Timur masih belum *stasioner*. Agar proses analisis data dapat dilanjutkan maka perlu dilakukan tahapan transformasi dan differencing data, supaya data menjadi stasioner. Dengan menggunakan transformasi data Log dan differencing 2 kali, diketahui bahwa nilai Probabilitas (*p-value*) sudah lebih kecil dari $\alpha = 10\%$ ($0.00 < 0.1$). Hal ini mengindikasikan bahwa data produksi padi di Jawa Timur sudah stasioner. Untuk lebih jelas, dapat juga kita lihat plot datanya.



Gambar 4 : Plot data Data setelah transformasi Log dan Differencing 2 kali

Gambar 4 diatas menjelaskan bahwa plot data sudah bergerak disekitar rata-rata. Hal ini menunjukkan indikasi yang kuat bahwa data hasil transformasi Log dan differencing 2 kali sudah membuat data menjadi stasioner. Sehingga data ini dapat dilakukan proses $ARIMA(p,d,q)$ lebih lanjut.



Gambar 5: Plot ACF dan PACF

Dari Gambar 5, terlihat bahwa pada Plot ACF ada 1 lag yang keluar garis batas, sehingga diidentifikasi bahwa terdapat model AR orde 1 ($AR(1)$). Untuk plot PACF, terlihat ada 1 lag yang keluar garis batas, sehingga diidentifikasi terdapat model MA orde 1 ($MA(1)$). Sehingga dugaan awal modelnya adalah $ARIMA(1,2,1)$. Namun, setelah dilakukan estimasi parameter, ternyata terapat tiga model $ARIMA$ yang signifikan. Yakni model $ARIMA(1,2,0)$, $ARIMA(2,2,0)$ dan $ARIMA(0,2,1)$, dimana hasil estimasi parameternya tersaji dalam Gambar dibawah:

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	-0.523867	0.145350	-3.604185	0.0014
R-squared	0.291739	Mean dependent var		0.000472
Adjusted R-squared	0.263408	S.D. dependent var		0.101337
S.E. of regression	0.086972	Akaike info criterion		-1.963381
Sum squared resid	0.189105	Schwarz criterion		-1.867393
Log likelihood	28.50564	Hannan-Quinn criter.		-1.934839
Durbin-Watson stat	2.380783			
Inverted AR Roots	- .52			

Gambar 6: Output Estimasi Model $ARIMA(1,2,0)$

Dari Gambar 6, dengan menggunakan tingkat signifikansi $\alpha = 10\%$, terlihat bahwa model $ARIMA(1,2,0)$ sudah signifikan. Hal ini terlihat dari nilai p -value (0.0014) yang sudah lebih kecil dari α .

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(1)	-0.700984	0.215302	-3.255822	0.0034
AR(2)	-0.317616	0.167969	-1.890920	0.0708
R-squared	0.372946	Mean dependent var		0.000472
Adjusted R-squared	0.320692	S.D. dependent var		0.101337
S.E. of regression	0.083522	Akaike info criterion		-2.002769
Sum squared resid	0.167423	Schwarz criterion		-1.858787
Log likelihood	30.03738	Hannan-Quinn criter.		-1.959956
Durbin-Watson stat	2.198005			
Inverted AR Roots	-.35+.44i	-.35-.44i		

Gambar 7: Output Estimasi Model $ARIMA(2,2,0)$

Dari Gambar 7, dengan menggunakan tingkat signifikansi $\alpha = 10\%$, terlihat bahwa model $ARIMA(2,2,0)$ sudah signifikan. Hal ini terlihat dari nilai p -value (0.0034) dan 0.0708 yang sudah lebih kecil dari α .

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MA(1)	-0.946921	0.294559	-3.214711	0.0036
R-squared	0.497224	Mean dependent var		0.000472
Adjusted R-squared	0.477113	S.D. dependent var		0.101337
S.E. of regression	0.073278	Akaike info criterion		-2.235657
Sum squared resid	0.134241	Schwarz criterion		-2.139669
Log likelihood	32.18136	Hannan-Quinn criter.		-2.207114
Durbin-Watson stat	2.092097			
Inverted MA Roots	.95			

Gambar 8: Output Estimasi Model $ARIMA(1,2,0)$

Dari Gambar 8, dengan menggunakan tingkat signifikansi $\alpha = 10\%$, terlihat bahwa model $ARIMA(0,2,1)$ sudah signifikan. Hal ini terlihat dari nilai p -value (0.0036) yang sudah lebih kecil dari α . Dari hasil diatas, telah diperoleh bahwa dari data produksi padi di Provinsi Jawa Timur, terdapat 3 model $ARIMA$ yang signifikan, yakni model $ARIMA(1,2,0)$, $ARIMA(2,2,0)$ dan $ARIMA(0,2,1)$. Kemudian dari ketiga model tersebut akan dilakukan uji asumsi, dimana hasil uji asumsi dari ketiga model $ARIMA$ tersebut tersaji dalam Tabel 2.

Tabel 2: Rangkuman Uji Asumsi Beberapa Model $ARIMA(p,d,q)$

No	Model ARIMA	Parameter	Asumsi			Nilai SSR
			Normalitas	Homoskedastisitas	Autokorelasi	
1	ARIMA (1,2,0)	Signifikan	Tidak Normal	Memenuhi	Memenuhi	0.189105
2	ARIMA (2,2,0)	Signifikan	Tidak Normal	Memenuhi	Memenuhi	0.167423
3	ARIMA(0,2,1)	Signifikan	Tidak Normal	Memenuhi	Memenuhi	0.134241

Dari Tabel 2, terlihat bahwa ketiga model *ARIMA* yang telah signifikan memiliki hasil uji asumsi yang sama, yakni masing-masing model telah memenuhi asumsi Homoskedastisitas dan Autokorelasi, namun untuk asumsi normalitas *white noise*, ketiga model masih menunjukkan datanya belum normal *white noise*. Namun demikian, model ketiga model tersebut masih dapat digunakan untuk melakukan peramalan atau pembentukan model *ARIMA Ensemble*. Metode *ARIMA Ensemble* yang akan digunakan adalah *averaging method*. Dimana pembentukan model *ensemble* berdasarkan nilai rata-rata hasil *foecasting* dari beberapa model *ARIMA* yang terpilih sebagai anggota *ensemble*. Dalam tulisan ini, terdapat 3 model *ensemble* yang akan digunakan, yakni model:

- *ARIMA (1,2,0)* yang kemudian disebut model I
- *ARIMA (2,2,0)* yang kemudian disebut model II
- *ARIMA(0,2,1)* yang kemudian disebut model III

Dari ketiga model tersebut dapat dibentuk 2 alternatif model *ensemble*. Yakni :

- Model *ARIMA Ensemble a = ensemble* dari model I, II, dan III
- Model *ARIMA Ensemble b = ensemble* dari model II dan III
- Model *ARIMA Ensemble c = ensemble* dari model I, dan II
- Model *ARIMA Ensemble d = ensemble* dari model I dan III

Selanjutnya dapat dilakukan perhitungan nilai *forecasting* untuk model *ARIMA (1,2,0)*, *ARIMA (2,2,0)* dan *ARIMA (0,2,1)*. Setelah itu, dapat dilakukan perhitungan *ensemble averaging method* untuk model *ensemble a*, model *ensemble b*, model *ensemble c*, dan model *ensemble d* dimana:

- Model *ARIMA Ensemble a* diperoleh dari menghitung rata-rata *forecasting* dari model I, II, dan III
- Model *ARIMA Ensemble b* diperoleh dari menghitung rata-rata *forecasting* dari model II dan III
- Model *ARIMA Ensemble c* diperoleh dari menghitung rata-rata *forecasting* dari model I, dan II
- Model *ARIMA Ensemble d* diperoleh dari menghitung rata-rata *forecasting* dari model I dan III

Kemudian selanjutnya dari kedua model *ensemble* tersebut dapat dilakukan perhitungan nilai *Mean Square Error (MSE)* untuk masing-masing modelnya, dimana rangkumannya tersaji dalam Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3: Perbandingan Nilai *MSE* Antara 2 Model *ARIMA Ensemble*

No	MODEL	SSE	MSE	RMSE
1	I ARIMA(1,2,0)	0.189105		
2	II ARIMA(2,2,0)	0.167423		
3	III ARIMA(0,2,1)	0.123241		
4	ARIMA ENSEMBLE a (I, II, III)		3.92252E+12	1980535.02
5	ARIMA ENSEMBLE b (II, III)		2.613E+12	1616476.55
6	ARIMA ENSEMBLE c (I, II)		4.8981E+12	2213164.08
7	ARIMA ENSEMBLE d (I, III)		4.7118E+12	2170667.45

Dari Tabel 3 diatas, terlihat bahwa model *ARIMA Ensemble b* (*ARIMA Ensemble* dari model *ARIMA (2,2,0)* dan *ARIMA(0,2,1)*) memiliki nilai *MSE* yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai *MSE* dari model *ARIMA Ensemble* yang lainnya, yakni sebesar 2.613E+12, dan nilai *RMSE* sebesar 1616476,55. Hal ini menyatakan bahwa model *ARIMA ensemble b* merupakan model yang baik digunakan untuk melakukan peramalan data. secara matematis, model *ARIMA Ensemble b* (*ARIMA Ensemble* dari model *ARIMA (2,2,0)* dan *ARIMA(0,2,1)*) dapat dituliskan sebagai berikut:

- Peralamalan Model *ARIMA(2,2,0)* kemudian disimbolkan dengan f^1_t

$$\phi_2(B)(1-B)^2 X_t = \theta_0 + \theta_0(B)a_t \quad \Leftrightarrow \quad (1 - \phi_1 B - \phi_2 B)(1-B)^2 X_t = \theta_0 + a_t$$

$$(1 + 0.700984 B + 0.317616 B)(1-B)^2 X_t = a_t$$

- Peralamalan Model *ARIMA(2,2,0)* kemudian disimbolkan dengan f^2_t

$$\phi_0(B)(1-B)^2 X_t = \theta_0 + \theta_1(B)a_t \quad \Leftrightarrow \quad (1-B)^2 X_t = \theta_0 + (1 + \theta_1 B)a_t$$

$$(1-B)^2 X_t = (1 + (-0.946921 B)a_t) \Leftrightarrow (1-B)^2 X_t = (1 - 0.946921 B)a_t$$

- Model *ARIMA Ensemble*

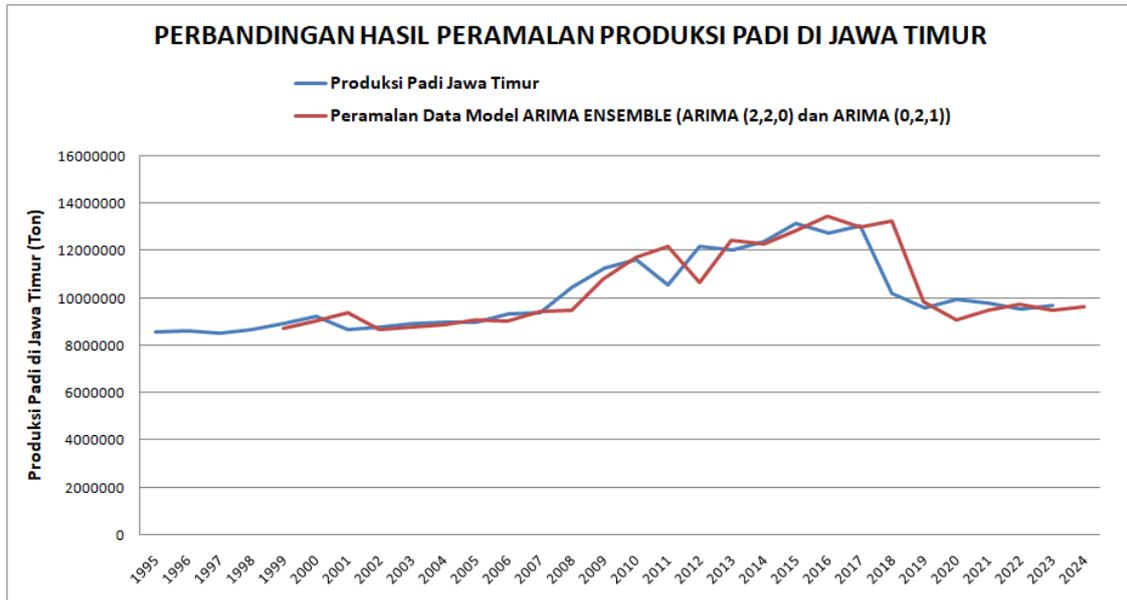
$$\hat{Z}_t = f(\hat{f}_t^{(k)}) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (f^1_t + f^2_t)$$

Tabel 4: Hasil Peramalan Produksi Padi di Jawa Timur Sampai Tahun 2035

Th	Peramalan Data Produkdi Padi di Jawa Timur (Ton) Model ARIMA ENSEMBLE (ARIMA (2,2,0) dan ARIMA (0,2,1))	Persentase Kenaikan dibanding Produksi th 2023
2024	9664204.694	-0.48%
2025	10321059.58	6.29%
2026	10386530.1	6.96%
2027	10452415.99	7.64%
2028	10518719.9	8.32%
2029	10585444.49	9.01%
2030	10652592.41	9.70%
2031	10720166.36	10.40%
2032	10788169.04	11.10%
2033	10856603.18	11.80%
2034	10925471.5	12.51%
2035	10994776.76	13.22%

Tabel 4 diatas memperlihatkan hasil peramalan produksi padi di Jawa Timur sejak tahun 2025 sampai 2035. Terlihat bahwa produksi padi mengalami kenaikan, meskipun tidak terlalu signifikan. Pada tahun 2035, diramalkan produksi padi di Provinsi Jawa Timur sebesar 10.994.776,76 ton, atau mengalamikeniakn sebesar 13,22% dibandingkan produksi padi tahun

2023. Namun, kenaikan produksi padi ini akan terjadi dengan kondisi dimasa depan tidak ada pengurangan luas lahan sawah ataupun tidak ada masalah gangguan terhadap tanaman padi, misalnya cuaca, bencana alam, atau serangan hama yang tidak terkendali. Sementara itu, untuk dapat meningkatkan produksi padi secara lebih tinggi lagi, maka perlu upaya yang intens dalam meningkatkan hasil produksi padi, misalnya menambah luas lahan sawah atau peningkatan kualitas pertanian padi, yang kemudian hari akan berdampak kepada hasil produksi padi yang terus meningkat secara lebih signifikan.



Gambar 9: Perbandingan Data Aktual dan Hasil Peramalan Produksi Padi di Jawa Timur dengan menggunakan model *ARIMA Ensemble Averaging Method* ($ARIMA(2,2,0)$ dan $ARIMA(0,2,1)$)

Gambar 9 diatas memeperlihatkan bahwa hasil peramalan data dengan menggunakan model *ARIMA Ensemble* ($ARIMA(2,2,0)$ dan $ARIMA(0,2,1)$) dengan metode *Averaging*, mampu memberikan nilai peramalan yang cukup baik, dimana pergerakan grafik hasil peramalan data bergerak disekitar data aktual.

4. KESIMPULAN

1. Model *ARIMA Ensemble* ($ARIMA(2,2,0)$ dan $ARIMA(0,2,1)$) merupakan model *ARIMA Ensemble* terbaik dalam meramalkan produksi padi di Provinsi Jawa Timur dengan nilai *MSE* sebesar $2.613E+12$ dan nilai *RMSE* sebesar 1616476.55.
2. Produksi Padi di Provinsi Jawa Timur sejak tahun 2025 sampai tahun 2035 secara berturut-turut diramalkan sebesar: 10.32 juta ton, 10.39 juta ton, 10.45 juta ton, 10.52 juta ton, 10.59 juta ton, 10.65 juta ton, 10.72 juta ton, 10.79 juta ton, 10.87 juta ton, 10.93 juta ton, 10.99 juta ton.
3. Pada tahun 2025 di ramalkan produksi padi di Jawa Timur akan mengalami kenaikan sebesar 6.29% dibandingkan produksi padi tahun 2023. Dan pada tahun 2035 diramalkan produksi padi di Provinsi Jawa Timur akan mengalami kenaikan sebesar 13.22% dibandingkan produksi tahun 2023.

REFERENSI

- [1] Box, G.E.P. Jenkins, G.M. and Reinsel, G.C. *Time Series Analysis Forecasting and Control: Third Edition*. Prentice-Hall International, Inc. United States of America. 1994.
- [2] BPS. Luas Panen dan Produksi Padi di Provinsi Jawa Timur 2023, Volume 2, 2024. BPS Provinsi Jawa Timur. 2024.
- [3] Faulina, R. *Perbandingan Akurasi Ensemble Arima Dalam Peramalan Curah Hujan di Kota Batu, Malang, Jawa Timur*. Jurnal Matematika, Sains dan Teknologi. Vol. 15, No. 2. Hal 75 – 83. 2014.
- [4] Handajani, S. S., Pratiwi, H., Respatiwan, Y. S., Bayu, M. *Pemodelan Produksi Padi di Provinsi Jawa Timur dengan Regresi Nonparametrik B-Spline*. Jurnal Phytagoras. Vol 18, No. 2. Hal 159 – 175. 2023.
- [5] Hariadi, W. and Sulantari. *Application of ARIMA Model for Forecasting Additional Positive Cases of Covid-19 in Jember Regency*. Journal Enthusiastic. Vol 1, No 1, Paper Page 20-27. 2021.
- [6] Hasniah, Wahyuningsih, S., dan Yuniarti, D. *Penerapan Metode ARIMA Ensemble Pada Peramalan (Studi Kasus: Inflasi di Indonesia)*. Jurnal EKSPONENTIAL. Vol 7, No 1, Hal 85-94. 2016.
- [7] Makridakis, S., Wheelwright, S.C., and Victor, E.M. *Metode dan Aplikasi Peramalan, Second Edition*. Erlangga: Jakarta. 1999.
- [8] Pitaloka, R. A., Sugito, dan Rahmawati, R. *Perbandingan Metode Arima Box-Jenskins Dengan Arima Ensemble Pada Peramalan Nilai Impor Provinsi Jawa Tengah*. Jurnal Gaussian. Vol. 8, No. 2. Hal 194-207. 2019.
- [9] Rahayu, S., Martha, S., dan Rizki S. W. *Prediksi Curah Hujan Dengan Metode Eensemble Averaging*. Jurnal Bimaster. Vol 11, No. 4. Hal 633 – 640. 2022.
- [10] Setiyowati, E. Rusgiyono, A. dan Tarno. *Model Kombinasi Arima Dalam Peramalan Harga Minyak Mentah Dunia*. Jurnal Gaussian. Vol. 7, No. 1. Hal 64 – 63. 2018.
- [11] Silfiani, M., dan Suhartono. *Aplikasi Metode Ensemble Untuk Peramalan Inflasi di Indonesia*. Jurnal Sains dan Seni ITS. Vol. 1, No. 1. 2012.
- [12] Zamahzari, A., Puryantoro. *Forecasting Produksi Padi dan Konsumsi Beras di Provinsi Jawa Timur*. Jurnal CEMARA. Vol. 20, No. 1. Hal 27 – 38. 2023.