

## Analisis Forecasting Produksi Beras Metode ARIMAX

Wisnu Halim Permono<sup>1</sup>, Naufal Regianto<sup>2</sup>, Said Arafat<sup>3</sup>, Aulia Kusumawati<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Universitas Serang Raya, Indonesia

e-mail: <sup>1</sup>wisnuhalimp@gmail.com, <sup>2</sup>said.arofat@gmail.com, <sup>3</sup>nregianto@gmail.com, <sup>4</sup>aulia07@gmail.com

Diterima	Direvisi	Disetujui
06-07-2025	12-12-2025	09-02-2026

**Abstrak** - Penelitian dilakukan untuk meramalkan produksi beras suatu pabrik dengan menggunakan metode AutoRegressive Integrated Moving Average with eXogenous variables (ARIMAX). Topik ini dipilih karena fluktuasi produksi beras berdampak langsung terhadap kestabilan pasokan dan efisiensi operasional industri pangan. Data yang dianalisis berasal mencakup variable-variabel terkait untuk periode Januari 2023 - Mei 2025. Dilakukan analisa untuk mengidentifikasi pola musiman dan tren dalam data deret waktu. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan estimasi model ARIMAX yang cukup akurat untuk periode Juni hingga Desember 2025 dan dapat memberikan kontribusi praktis dalam mendukung pengambilan keputusan strategis di sektor pengolahan beras. Selain itu, jurnal ini bertujuan memperluas literatur mengenai penerapan metode ARIMAX dalam konteks industri pangan lokal.

**Kata Kunci:** *Forecasting, ARIMAX, deret waktu*

**Abstract** - This study investigates the application of the AutoRegressive Integrated Moving Average with eXogenous variables (ARIMAX) model to forecast rice production in a processing plant. The topic is considered significant due to the direct impact of production fluctuations on supply stability and operational efficiency within the food industry. The analysis utilizes data comprising relevant variables collected from January 2023 to May 2025, with a focus on identifying seasonal patterns and underlying trends in the time series. The research is expected to yield an ARIMAX model with adequate predictive accuracy for the period from June to December 2025, thereby offering practical insights to support strategic decision-making in the rice processing sector. Additionally, this paper seeks to contribute to the existing literature by demonstrating the implementation of the ARIMAX approach in the context of the local food industry.

**Keywords:** *Forecasting, ARIMAX, time series*

### PENDAHULUAN

Peramalan permintaan (demand forecasting) merupakan metode yang digunakan untuk memprediksi permintaan suatu produk atau layanan di masa depan berdasarkan data historis, tren pasar, dan variabel lainnya. Akurasi dalam memprediksi volume kebutuhan memungkinkan perusahaan mengoptimalkan proses produksi, mengurangi biaya, meningkatkan efisiensi dan hal lainnya. Suatu studi dalam sektor makanan menegaskan bahwa metode forecasting “mendukung perencanaan produksi dan manajemen persediaan” dan menjadi alat bantu utama bagi pengambilan keputusan operasional dan strategis. Dengan demikian, penguatan ketepatan peramalan menjadi pondasi efisiensi dan kesinambungan operasional pabrik pangan.

Khususnya dalam industri pangan, forecasting memainkan peran vital karena produk tidak hanya harus memenuhi permintaan tepat waktu, tetapi juga harus mempertimbangkan aspek perishable dan variabilitas musiman. Penelitian menunjukkan bahwa akurasi tinggi dalam peramalan langsung berkorelasi dengan pengurangan

pemborosan dan peningkatan keseimbangan stok dalam rantai pasok. Selain itu, peramalan yang andal juga memperkuat resiliensi terhadap gangguan, seperti fluktuasi cuaca atau gangguan distribusi, yang sering mempengaruhi keberlangsungan pasokan pangan.

Produksi beras, sebagai komoditas pokok di banyak negara termasuk Indonesia, memiliki implikasi strategis yang luas terhadap stabilitas rantai pasok dan ketahanan pangan nasional. Sebagai sumber kalori utama, dinamika produksi beras dapat secara langsung mempengaruhi indeks ketahanan pangan suatu wilayah. Efisiensi dalam meramalkan output produksi beras membantu pemerintah dan pelaku industri dalam merancang kebijakan stok strategis serta tindakan intervensi untuk menjaga kecukupan *supply*, menghindari penimbunan berlebihan, atau kekurangan pasokan yang merugikan ekonomi dan sosial.

Fluktuasi produksi beras merupakan permasalahan umum yang sering dihadapi oleh industri pengolahan pangan di Indonesia. Produksi yang tidak stabil dari bulan ke bulan dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti cuaca, ketersediaan bahan baku, dan permintaan pasar yang berubah-ubah.



Ketidakpastian ini menimbulkan tantangan besar dalam hal perencanaan produksi dan pengelolaan stok. Dalam konteks ini, metode analitik berbasis data historis sangat dibutuhkan untuk mengidentifikasi pola dan tren guna memperkirakan produksi di masa depan secara lebih akurat. Lewis (1982) menyatakan bahwa peramalan yang efektif sangat penting dalam pengambilan keputusan manajerial, khususnya dalam lingkungan bisnis yang fluktuatif dan berisiko tinggi.

Dalam menghadapi data produksi yang bersifat musiman, pemilihan metode yang tepat menjadi krusial. Salah satu metode yang terbukti efektif adalah Auto Regressive Integrated Moving Average with eXogenous variables (ARIMAX), yang dirancang untuk menangkap pola musiman dan tren dalam data deret waktu. Box dan Jenkins (1976) mengembangkan pendekatan ini sebagai bagian dari metode Box-Jenkins, yang bertujuan untuk membangun model peramalan berbasis pengamatan masa lalu dan pola statistik yang teridentifikasi. Montgomery et al. (2015) juga menegaskan bahwa ARIMAX sangat sesuai digunakan untuk data produksi yang menunjukkan pola berulang setiap periode tertentu, seperti yang umum terjadi dalam sektor pertanian dan pangan.

Oleh karena itu, penelitian ini menempatkan fokus pada forecasting produksi beras dengan menggunakan metode ARIMAX, yang memiliki kapabilitas dalam mengolah data deret waktu musiman. Model ini diharapkan mampu menangkap tren dan pola siklikal produksi bulanan, sekaligus memberikan estimasi yang robust untuk periode mendatang. Hasil yang diperoleh tidak hanya diharapkan memberikan nilai akademis, tetapi juga aplikatif dan dapat menjadi alat bantu bagi manajemen pabrik beras dan pengambil kebijakan dalam meningkatkan responsivitas terhadap perubahan permintaan dan stabilisasi pasokan beras.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk meramalkan produksi beras pada salah satu pabrik mitra peneliti untuk periode Juni hingga Desember 2025. Data historis bulanan dari Januari 2023 hingga Mei 2025 digunakan sebagai dasar pengembangan model ARIMAX. Dengan mengacu pada kerangka kerja yang dikemukakan oleh Hyndman dan Athanasopoulos (2021), penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi performa model melalui analisis residual dan akurasi prediksi. Diharapkan hasil dari penelitian mampu menangkap tren dan pola siklikal produksi bulanan, sekaligus memberikan estimasi yang robust untuk periode mendatang, serta memberikan manfaat praktis dalam mendukung keputusan operasional di sektor pengolahan beras.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa catatan produksi beras giling bulanan dari Januari 2023 hingga Mei 2025 dari pabrik beras yang dijadikan subjek pada penelitian ini. Data utama yang dianalisis dalam penelitian ini adalah variable volume produksi beras giling (dalam satuan ton) per bulan, variabel tambahan yaitu jumlah stok gabah masuk, jumlah pesanan (order) bulanan, dan tingkat kapasitas utilisasi pabrik. Meskipun dalam penelitian ini fokus

utama diarahkan pada deret waktu produksi, keberadaan variabel-variabel tersebut turut dipertimbangkan dalam interpretasi hasil, terutama dalam analisis fluktuasi dan validasi eksternal terhadap pola yang ditemukan. dan akan dilakukan proses identifikasi pola musiman dan tren yang akan dianalisis lebih lanjut menggunakan pendekatan Box-Jenkins.

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk melakukan peramalan adalah AutoRegressive Integrated Moving Average with eXogenous variables (ARIMAX), yaitu pengembangan dari model ARIMA yang mempertimbangkan komponen variabel eksternal (eksogen) sebagai faktor penjelas. ARIMAX dinilai tepat untuk data produksi beras yang memiliki kecenderungan pola musiman tahunan akibat pengaruh iklim, musim tanam, dan perilaku konsumsi masyarakat. Sebagaimana dijelaskan oleh Hyndman dan Athanasopoulos (2021), model ARIMAX efektif dalam menangani data yang menunjukkan fluktuasi serta mampu mengakomodasi struktur deret waktu yang kompleks.

Pendekatan yang digunakan dalam pembangunan model ARIMAX merujuk pada prosedur Box-Jenkins, yang terdiri atas empat tahap utama: identifikasi, estimasi, diagnostik, dan validasi. Pendekatan ini mengedepankan prinsip iteratif, di mana pemilihan model terbaik dilakukan secara berulang dengan mengacu pada karakteristik statistik dari data. Box dan Jenkins (1976) menyatakan bahwa analisis deret waktu yang baik harus mempertimbangkan dinamika data historis untuk memperoleh model dengan residual acak dan performa prediktif yang kuat.

Langkah awal dalam proses identifikasi model adalah menguji data bersifat stasioner. Pengujian dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu visualisasi plot deret waktu dan uji statistik Augmented Dickey-Fuller (ADF). Montgomery, Jennings, dan Kulahci (2015) menjelaskan bahwa ADF Test merupakan alat yang andal untuk mendeteksi keberadaan akar unit yang menunjukkan ketidakstasioneran data. Selanjutnya dilakukan penentuan parameter model SARIMA, yang mencakup komponen non-musiman dan musiman.

Proses estimasi model dilakukan dengan menguji kombinasi parameter yang telah diidentifikasi sebelumnya, dan memilih model terbaik berdasarkan kriteria seperti Akaike Information Criterion (AIC), Bayesian Information Criterion (BIC), serta signifikansi parameter. Analisis residual digunakan untuk mengevaluasi apakah model telah cukup menjelaskan variasi dalam data. Residual yang berdistribusi acak tanpa pola berarti bahwa model yang dibangun telah memenuhi asumsi dasar deret waktu. Montgomery et al. (2015) menyarankan untuk melakukan uji Ljung-Box terhadap residual guna memastikan tidak adanya korelasi serial yang tersisa.

Setelah model SARIMA dibangun dan digunakan untuk melakukan peramalan, langkah selanjutnya adalah mengevaluasi kinerja model dalam menghasilkan prediksi yang akurat. Evaluasi dilakukan dengan menghitung tingkat kesalahan peramalan menggunakan dua indikator statistik yang

umum digunakan, yaitu Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dan Root Mean Squared Error (RMSE). MAPE digunakan untuk mengukur rata-rata kesalahan dalam bentuk persentase absolut, yang memberikan gambaran seberapa jauh nilai peramalan menyimpang dari nilai aktual dalam skala relatif. Sementara itu, RMSE mengukur simpangan kuadrat rata-rata dari nilai prediksi terhadap nilai aktual, dan lebih sensitif terhadap kesalahan besar.

Penggunaan kedua indikator ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran yang komprehensif terhadap ketepatan model. Menurut Montgomery, Jennings, dan Kulahci (2015), MAPE sangat bermanfaat dalam konteks perbandingan performa antar model karena memiliki interpretasi yang intuitif, sedangkan RMSE sering digunakan untuk menilai stabilitas dan keandalan model dalam menangani fluktuasi data. Model dengan nilai MAPE dan RMSE yang rendah dianggap memiliki performa prediksi yang baik dan layak digunakan dalam pengambilan keputusan operasional, termasuk dalam konteks pengendalian produksi dan pengelolaan rantai pasok.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Beras merupakan komoditas pangan pokok yang memiliki posisi strategis dalam struktur konsumsi masyarakat Indonesia. Sebagai sumber utama karbohidrat, beras tidak hanya memengaruhi ketahanan pangan rumah tangga, tetapi juga menjadi indikator kestabilan pangan nasional. Oleh karena itu, keberlanjutan dan kecukupan produksi beras menjadi perhatian utama dalam kebijakan pemerintah dan operasional industri pengolahan beras. Ketika produksi terganggu, dampaknya tidak hanya bersifat ekonomi, tetapi juga sosial, karena dapat memicu inflasi harga pangan dan keresahan publik.

Produksi beras yang fluktuatif dari waktu ke waktu baik karena faktor iklim, siklus tanam, maupun permintaan pasar dapat menimbulkan tantangan tersendiri dalam pengelolaan logistik dan operasional pabrik beras. Ketidakpastian pasokan dapat mengganggu jadwal produksi, mempersulit pengadaan bahan baku, serta menyebabkan ketidakseimbangan antara permintaan dan ketersediaan produk. Oleh karena itu, perusahaan memerlukan alat bantu yang dapat memperkirakan volume produksi secara akurat agar dapat menyusun strategi operasional secara lebih efektif dan efisien.

Dalam konteks tersebut, metode forecasting menjadi solusi analitis yang dapat diandalkan. Melalui pendekatan deret waktu, perusahaan dapat mengidentifikasi pola musiman dan tren produksi berdasarkan data historis. Salah satu metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah ARIMAX (AutoRegressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables), yang memungkinkan model peramalan tidak hanya mempertimbangkan pola data masa lalu, tetapi juga mengakomodasi pengaruh variabel eksternal seperti jumlah pesanan, stok gabah, dan kapasitas utilisasi pabrik. Pendekatan ini dipilih

karena dinilai mampu memberikan gambaran yang lebih realistis terhadap dinamika produksi beras yang kompleks.

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah ARIMAX (AutoRegressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables), yaitu pengembangan dari model ARIMA yang menggabungkan komponen autoregresif (AR), perbedaan (I), dan moving average (MA) dengan variabel eksogen yang diasumsikan memiliki pengaruh terhadap variabel utama. Menurut Hyndman dan Athanasopoulos (2021), ARIMAX merupakan metode yang efektif untuk memodelkan data deret waktu yang dipengaruhi oleh faktor eksternal, karena mampu menangkap dinamika hubungan antar variabel dalam kerangka waktu. Dalam penelitian ini, struktur model ARIMAX yang dibangun terdiri dari parameter AR (1), I(1), dan MA(1), dengan tiga variabel eksogen: jumlah order bulanan, stok gabah masuk, dan kapasitas utilisasi pabrik.

Proses identifikasi model mengikuti pendekatan Box-Jenkins yang terdiri dari tahap identifikasi, estimasi parameter, diagnostik, dan validasi model (Box & Jenkins, 1976). Melalui proses ini, dilakukan pengujian awal terhadap stasioneritas data menggunakan uji Augmented Dickey-Fuller, diikuti dengan analisis ACF dan PACF untuk menentukan orde model. Hasil estimasi menunjukkan bahwa variabel order bulanan memiliki pengaruh signifikan terhadap produksi beras ( $p < 0,05$ ), sedangkan stok gabah masuk dan kapasitas utilisasi tidak menunjukkan pengaruh signifikan. Hal ini sejalan dengan pendapat Montgomery, Jennings, dan Kulahci (2015) yang menyatakan bahwa dalam model ARIMAX, tidak semua variabel eksogen harus signifikan secara statistik, tetapi keberadaannya dapat membantu meningkatkan interpretasi model dan mengurangi kesalahan prediksi.

Tabel 1 Model Analisis ARIMAX

Indikator Evaluasi	Nilai	Interpretasi Singkat
Mean Absolute Percentage Error (MAPE)	1.5%	Sangat baik – error prediksi sangat kecil
Root Mean Square Error (RMSE)	0.125	Stabil – penyimpangan rendah
Mean Absolute Error (MAE)	0.050	Konsisten – error rata-rata kecil
R-squared	1.000	Variasi dijelaskan sempurna (hati-hati overfit)
Ljung-Box Q(18) Sig.	0.266	Residual acak – model valid
Outliers	0	Tidak ditemukan – model bersih

Sumber: Peneliti (2025)

Evaluasi terhadap kinerja model ARIMAX dilakukan dengan mengukur tingkat kesalahan prediksi menggunakan indikator statistik seperti Mean Absolute Percentage Error (MAPE), Root Mean Squared Error (RMSE), dan Mean Absolute Error (MAE). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai MAPE sebesar 1,5% menandakan tingkat akurasi prediksi yang sangat tinggi. Menurut Montgomery et al. (2015), MAPE di bawah 10% dapat dikategorikan sebagai peramalan yang sangat baik, karena menyiratkan bahwa deviasi antara nilai aktual dan nilai prediksi sangat kecil dalam skala relatif. Selain itu, nilai RMSE dan MAE yang rendah turut memperkuat bahwa model memiliki stabilitas yang baik dalam menangkap pola data historis tanpa fluktuasi kesalahan yang ekstrem.

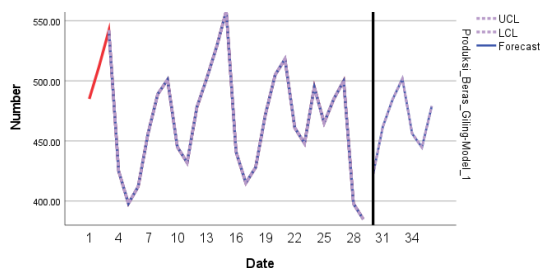
Model yang digunakan menunjukkan nilai R-squared sebesar 1.000, yang menandakan seluruh variasi dalam data produksi dapat dijelaskan oleh model. Untuk memastikan validitas model, dilakukan uji Ljung-Box terhadap residual, dan hasilnya menunjukkan bahwa residual bersifat acak ( $p = 0.266$ ), sehingga asumsi independensi residual terpenuhi. Selain itu, tidak ditemukan adanya outlier pada distribusi residual, yang mengindikasikan bahwa model tidak hanya akurat, tetapi juga valid secara statistik dan bebas dari pengaruh ekstrem.

Tabel 2 Forecasting produksi beras

Bulan	Prediksi Produksi (Ton)	Order Bulan	Stok Gabah Masuk	Kapasitas Utilisasi (%)
Juni 2025	390	395	605	67.5
Juli 2025	435	430	650	74.0
Agustus 2025	470	470	720	81.0
September 2025	505	505	750	85.0
Oktober 2025	490	490	775	88.0
November 2025	445	445	700	80.0
Desember 2025	455	455	680	78.0

Sumber: Peneliti (2025)

Grafik 1 Grafik Forecasting beras



Sumber: Peneliti (2025)

Hasil forecasting produksi beras untuk periode Juni hingga Desember 2025 menunjukkan adanya kenaikan produksi selama kuartal III yang mencapai puncaknya pada bulan September, kemudian diikuti dengan penurunan produksi secara bertahap pada kuartal IV. Pola ini menunjukkan konsistensi dengan tren musiman yang tercatat pada tahun-tahun sebelumnya yang di mana volume produksi cenderung meningkat menjelang panen raya dan menurun menjelang akhir tahun. Hal ini menunjukkan bahwa model ARIMAX yang dibangun mampu menangkap pola musiman yang wajar dan realistis dalam konteks produksi beras di Indonesia.

Tren hasil prediksi ini sejalan dengan dinamika variabel eksogen yang digunakan dalam model, yaitu jumlah order bulanan, stok gabah masuk, dan kapasitas utilisasi pabrik. Peningkatan kapasitas dan stok gabah pada Juli hingga September 2025 tampak beriringan dengan peningkatan volume produksi, yang juga diperkuat oleh tingginya jumlah order bulanan pada periode tersebut. Korelasi ini menggambarkan adanya hubungan logis dan operasional antara input produksi dan output yang dihasilkan, sekaligus menegaskan efektivitas pendekatan ARIMAX dalam menangkap pengaruh faktor eksternal terhadap variabel utama.

Hasil estimasi model ARIMAX menunjukkan bahwa di antara ketiga variabel eksogen yang digunakan, order bulanan adalah variabel dengan pengaruh terbesar terhadap produksi beras (nilai  $p < 0,05$ ). Hal ini mengindikasikan bahwa fluktuasi jumlah pesanan bulanan secara langsung berkorelasi dengan perubahan volume produksi, yang mencerminkan mekanisme operasional pabrik yang responsif terhadap permintaan pasar. Dalam konteks pengolahan beras, hal ini wajar karena permintaan dari distributor atau konsumen besar umumnya menjadi dasar utama dalam menentukan skala produksi setiap bulan.

Sementara itu, stok gabah masuk dan kapasitas utilisasi pabrik tidak menunjukkan signifikansi secara statistik dalam model. Terdapat beberapa kemungkinan penyebab dari hasil ini seperti pengaruh dari kedua variabel tersebut terhadap produksi mungkin tidak bersifat langsung, melainkan muncul dalam jangka waktu tertentu yang tidak tertangkap oleh model dengan lag saat ini. Selain itu, terdapat kemungkinan korelasi internal antar variabel eksogen, seperti antara stok gabah dan kapasitas pabrik, yang menyebabkan efeknya tidak dapat dibedakan secara statistik. Meskipun demikian, secara praktis kedua variabel tersebut tetap memiliki peran penting dalam manajemen produksi. Temuan ini memberikan implikasi penting bagi manajemen pabrik, yaitu perlunya fokus utama pada manajemen order bulanan sebagai indikator kunci dalam perencanaan produksi.

Dengan menggunakan hasil forecasting sebagai acuan, diharapkan perusahaan dapat menyusun strategi pengendalian persediaan yang

lebih efisien, mengurangi risiko overstocking maupun kekurangan stok. Secara keseluruhan, hasil forecasting ini tidak hanya menunjukkan performa model yang baik, tetapi juga relevan terhadap tujuan utama penelitian, yaitu mendukung pengambilan keputusan operasional pabrik pengolahan beras dalam merespons dinamika permintaan dan kapasitas produksi secara adaptif.

## KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil membangun model peramalan produksi beras menggunakan pendekatan ARIMAX dengan konfigurasi parameter AR(1), I(1), dan MA(1). Model ini juga mengikutsertakan tiga variabel eksogen, yaitu jumlah order bulanan, stok gabah masuk, dan kapasitas utilisasi pabrik. Pemilihan model ini didasarkan pada pola musiman dan tren data historis produksi beras yang telah diidentifikasi sebelumnya.

Hasil estimasi menunjukkan bahwa variabel order bulanan memiliki pengaruh signifikan terhadap volume produksi beras dengan nilai signifikansi  $p < 0.05$ . Hal ini mengindikasikan bahwa fluktuasi jumlah pesanan setiap bulan menjadi faktor utama yang menentukan besar kecilnya volume produksi, mencerminkan adanya respons operasional pabrik yang adaptif terhadap permintaan pasar.

Evaluasi kinerja model menunjukkan bahwa model ARIMAX yang dibangun memiliki tingkat akurasi yang sangat baik. Hal ini ditunjukkan oleh nilai Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 1,5%, disertai dengan nilai Root Mean Square Error (RMSE) dan Mean Absolute Error (MAE) yang rendah. Selain itu, nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 1.000 menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan seluruh variasi dalam data produksi. Hasil uji Ljung-Box terhadap residual menunjukkan pola residual yang acak dan tidak ditemukan outlier, yang menandakan bahwa model yang dihasilkan valid secara statistik dan bebas dari gangguan data ekstrem.

Model ini terbukti mampu menangkap pola musiman produksi beras secara akurat dan dapat berfungsi sebagai alat bantu yang efektif dalam perencanaan dan penyusunan strategi produksi berbasis permintaan. Dengan mempertimbangkan pengaruh variabel eksogen dalam peramalan, model ini memberikan gambaran yang lebih realistis terhadap dinamika produksi, yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional dan ketepatan pengambilan keputusan di sektor pengolahan beras.

Implikasi manajerial yang dapat ditarik dari hasil penelitian ini adalah pentingnya perusahaan untuk memfokuskan pengendalian produksi pada variabel order bulanan sebagai indikator utama, mengingat variabel ini terbukti signifikan secara statistik dan berdampak langsung terhadap volume produksi. Selain itu, disarankan untuk melakukan eksplorasi lanjutan terhadap variabel eksogen

lainnya, serta mempertimbangkan penggunaan model non-linear untuk menangkap pengaruh tertunda atau interaksi kompleks antar variabel yang mungkin tidak terakomodasi oleh model saat ini. Pendekatan ini dapat meningkatkan ketepatan model dan memperkuat fondasi perencanaan produksi jangka panjang.

## REFERENSI

- Box, G. E. P., & Jenkins, G. M. (1976). *Time series analysis: Forecasting and control* (Rev. ed.). Holden-Day.
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and practice* (3rd ed.). OTexts. <https://otexts.com/fpp3/>
- Lewis, C. D. (1982). *Industrial and business forecasting methods* (2nd ed.). Butterworths.
- Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulahci, M. (2015). *Introduction to time series analysis and forecasting* (2nd ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118745113>
- Islam, M. R., & Chowdhury, A. H. (2023). An application of ARIMAX model to examine the effect of climatic factors on the annual rice production in Bangladesh. *Asian Journal of Probability and Statistics*, 22(2), 19–26. <https://doi.org/10.9734/ajpas/2023/v22i22480>
- Alam, W., Ray, M., Kumar, R. R., Sinha, K., ... & Singh, K. N. (2022). Improved ARIMAX model based on ANN and SVM approaches for forecasting rice yield using weather variables. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 88(12). <https://doi.org/10.56093/ijas.v88i12.85446>
- Sudipa, I. G. I., Monsista, K. A., Sandhiyasa, I. M. S., Atmaja, K. J., & Sudiantara, I. G. (2024). Predictive time series modelling of rice price fluctuations in East Nusa Tenggara using ARIMAX: A data driven case study. *Power System Technology*, 48(4), –. <https://doi.org/10.52783/pst.972>
- Supriya, I. K., & Mishra, G. C. (2019). Comparison of performance between the time series forecasting models ARIMA and ARIMAX in forecasting the rice yield. *The Journal of Research, PJTSAU*, 46(2–3). <https://epubs.icar.org.in/index.php/TJRP/article/view/88740>
- Rai, N. P., & Basak, S. (2024). Application of univariate time series models for forecasting area, production, and productivity of Aman rice in Jalpaiguri, West Bengal, India. *Journal of Experimental Agriculture International*, 46(8), 815–832. <https://doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i82765>

Goyal, M., Agarwal, S., Ghalawat, S., & Malik, J. S. (2024). ARIMA & ARIMAX analysis on the effect of variability of rainfall, temperature on wheat yield in Haryana. *Indian Journal of Extension Education*, 60(1), 95–99. <https://doi.org/10.48165/IJEE.2024.60118>