Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri
Vol. 10 No. 1 Bulan Tahun, hal 1-15

ISSN : 2597-6257 (Print)
2597-7946 (Online)

Tersedia secara online di http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jatiunik/index

JATI UNIK

Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri

Pemodelan Peramalan Ekspor Kelapa Sawit dan Batu Bara sebagai Produk Komoditas Unggulan untuk Mendukung Perencanaan Ekonomi

Muhamad Yasin*[1], Nia Arfina Foci[2], M. Arif Munanda[3]
muhamad.yasin@unib.ac.id[1],nia.arfina@unib.ac.id[2], arif.munanda@unib.ac.id[3]
[1,2,3] Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu

Informasi Artikel

Riwayat Artikel :

Received : 17 September 2026
Revised. : 16 Oktober 2026
Accepted : 29 Oktober 2026

Keywords:
ARIMA; Bengkulu regional economy; coal exports; palm oil exports; time series forecasting;

Abstract

Export and logistics planning in Bengkulu Province requires forecasting information that accounts for differences between the region's leading commodities. This study aims to analyze historical patterns, select appropriate ARIMA models, and evaluate short-term forecasts of palm oil and coal export volumes to support operational planning at Pulau Baai Port. A quantitative approach was adopted, with each commodity modeled independently using the Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) method. Monthly data from January 2019 to December 2024 were used for model development, while data from January to June 2025 were reserved for out-of-sample testing. Modeling followed the Box–Jenkins procedure, including stationarity testing, model identification, parameter estimation, diagnostic checking, and forecast accuracy evaluation using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE). ARIMA(2,1,3) was selected for palm oil exports and ARIMA(0,1,1) for coal exports, yielding MAPE values of 1.79% and 2.13%, respectively. During the testing period, palm oil export forecasts showed an upward trend, whereas coal export forecasts remained relatively constant. Both models produced low percentage errors over the six-month testing period. These findings provide supporting information for storage capacity and shipping planning tailored to each commodity. Applications to subsequent periods require updated data and renewed evaluation, given the limited testing period and the univariate approach, which does not directly incorporate external factors.

Abstrak

Perencanaan ekspor dan logistik di Provinsi Bengkulu memerlukan informasi peramalan yang mempertimbangkan perbedaan karakteristik komoditas unggulan daerah. Penelitian ini bertujuan menganalisis pola historis, menentukan model ARIMA terpilih, dan mengevaluasi peramalan jangka pendek volume ekspor kelapa sawit dan batu bara sebagai informasi pendukung perencanaan operasional Pelabuhan Pulau Baai.Penelitian menggunakan

https://doi.org/10.30737/jatiunik.v10i1.8002
*Corresponding author : muhamad.yasin@unib.ac.id

ISSN : 2597-6257 (Print)
2597-7946 (Online)

Untuk melakukan sitasi pada penelitian ini dengan format :

Yasin, M., Foci, N. A., & Munanda, M. A. (2026). Pemodelan peramalan ekspor kelapa sawit dan batu bara sebagai produk komoditas unggulan untuk mendukung perencanaan ekonomi. JATI UNIK: Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri, 10*(1), 1-15.*

pendekatan kuantitatif dengan pemodelan deret waktu secara terpisah untuk setiap komoditas melalui metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA). Data bulanan Januari 2019–Desember 2024 digunakan untuk pembentukan model, sedangkan data Januari–Juni 2025 digunakan untuk pengujian di luar sampel. Pemodelan mengikuti prosedur Box–Jenkins yang mencakup pengujian stasioneritas, identifikasi model, estimasi parameter, pemeriksaan diagnostik, dan evaluasi akurasi menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ARIMA(2,1,3) terpilih untuk ekspor kelapa sawit dan ARIMA(0,1,1) untuk ekspor batu bara, dengan nilai MAPE masing-masing sebesar 1,79% dan 2,13%. Pada periode pengujian, hasil peramalan kelapa sawit menunjukkan kecenderungan meningkat, sedangkan hasil peramalan batu bara relatif konstan. Kedua model menghasilkan galat persentase yang rendah selama periode pengujian enam bulan. Temuan ini memberikan informasi pendukung bagi perencanaan kapasitas penyimpanan dan pengapalan berdasarkan karakteristik setiap komoditas. Penggunaan model untuk periode berikutnya memerlukan pembaruan data dan evaluasi ulang, mengingat keterbatasan periode pengujian serta pendekatan univariat yang tidak memasukkan faktor eksternal secara langsung.

1. Pendahuluan

Perdagangan internasional menjadi salah satu penopang utama pertumbuhan ekonomi, terutama bagi negara berkembang yang perekonomiannya masih bertumpu pada ekspor komoditas primer. Sektor berbasis sumber daya alam seperti kelapa sawit dan batu bara memberikan sumbangan besar terhadap devisa negara, laju pertumbuhan ekonomi daerah, dan kestabilan neraca perdagangan [1]. Provinsi Bengkulu merupakan salah satu wilayah di Pulau Sumatera yang mengandalkan kedua komoditas tersebut sebagai penggerak ekonomi daerah sekaligus sumber penyerapan tenaga kerja. Berdasarkan catatan Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Bengkulu, nilai ekspor Bengkulu pada Januari 2025 tercatat sebesar US$19,19 juta, dengan kontribusi batu bara yang mendominasi hingga 88,62 persen dari keseluruhan nilai ekspor daerah. Data tersebut memperlihatkan bahwa struktur ekonomi ekspor Bengkulu masih sangat bergantung pada komoditas primer. Di sisi lain, merujuk pada publikasi resmi Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia dan publikasi BPS terkait volume ekspor komoditas unggulan (2019–2024) [2], volume ekspor minyak kelapa sawit (*Crude Palm Oil*/CPO) dan batu bara mengalami dinamika yang signifikan. Kendati potensinya besar, kinerja ekspor kedua komoditas ini kerap tidak stabil akibat pergerakan

https://doi.org/10.30737/jatiunik.v10i1.8002
*Corresponding author : muhamad.yasin@unib.ac.id

ISSN : 2597-6257 (Print)
2597-7946 (Online)

harga dunia, kondisi geopolitik, kebijakan dagang antarnegara, hingga nilai tukar. Sebagai gambaran, ekspor batu bara Bengkulu pada periode Januari–Juli 2025 anjlok hampir 49,92 persen dibandingkan periode yang sama tahun sebelumnya, sebuah indikasi kerentanan yang berpotensi mengganggu penerimaan daerah melalui Pendapatan Asli Daerah (PAD), dana bagi hasil, serta keberlangsungan aktivitas ekonomi masyarakat setempat. Fluktuasi tajam ini berdampak langsung pada perencanaan pembangunan dan fiskal pemerintah daerah dalam mengelola Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (APBD), serta memicu ketidakpastian bagi kegiatan operasional *industri* mulai dari penjadwalan utilitas pabrik pengolahan kelapa sawit hingga pengaturan kapasitas tambang sehingga dibutuhkan sistem peramalan yang andal agar pembuat kebijakan dan pelaku usaha dapat mengambil langkah antisipatif secara tepat.

Fluktuasi tajam tersebut menyulitkan perencanaan produksi, pengaturan distribusi, maupun perumusan kebijakan investasi. Kekeliruan dalam memprediksi volume ekspor dapat memicu kelebihan pasokan, penurunan harga, maupun gangguan rantai pasok. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem peramalan yang andal agar pemerintah daerah dan pelaku usaha dapat mengambil langkah antisipatif serta keputusan secara tepat [3].

Kajian peramalan berbasis *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) telah diterapkan pada berbagai komoditas. Lestari dkk. [4] membandingkan pendekatan ARIMA, *Artificial Neural Network* (ANN), dan hibrida ARIMA–ANN untuk meramalkan nilai ekspor Provinsi Bengkulu melalui Pelabuhan Pulau Baai. Pada konteks komoditas energi, Sarfiah dan Aripulis [5] menggunakan data historis 1990–2022 untuk meramalkan ekspor, produksi, dan konsumsi minyak bumi Indonesia periode 2023–2027. Dengan demikian, penelitian tersebut membahas minyak bumi, bukan minyak kelapa sawit. Peramalan untuk mendukung pengendalian persediaan juga telah diterapkan pada kebutuhan pupuk [6]. Kajian lain membahas faktor-faktor yang berkaitan dengan ekspor batu bara Indonesia [7].

Penelitian terdahulu memperlihatkan penerapan peramalan pada konteks komoditas, wilayah, dan cakupan data yang beragam. Dalam konteks tersebut, penelitian ini berfokus pada perbandingan hasil pemodelan volume ekspor kelapa sawit dan batu bara di Provinsi Bengkulu. Setiap komoditas dimodelkan secara terpisah menggunakan ARIMA berdasarkan data bulanan Januari 2019–Desember 2024, kemudian dievaluasi menggunakan data Januari–Juni 2025. Kontribusi penelitian terletak pada penerapan kerangka evaluasi yang sama untuk membandingkan struktur model dan akurasi peramalan kedua komoditas pada tingkat regional. Penelitian ini tidak menguji hubungan kausal atau ketergantungan statistik

https://doi.org/10.30737/jatiunik.v10i1.8002
*Corresponding author : muhamad.yasin@unib.ac.id

ISSN : 2597-6257 (Print)
2597-7946 (Online)

antarkomoditas, serta tidak menyatakan bahwa pendekatan tersebut merupakan penerapan pertama tanpa dukungan telaah literatur yang menyeluruh.

Metode yang digunakan adalah ARIMA nonmusiman, yaitu teknik pemodelan deret waktu univariat yang menggabungkan komponen *autoregresif* (AR), pembedaan (*differencing*), dan rata-rata bergerak (MA) [8]. Pembedaan digunakan untuk menangani ketidakstasioneran, sedangkan komponen AR dan MA merepresentasikan ketergantungan pada nilai terdahulu dan galat terdahulu. Komponen musiman tidak dimodelkan secara eksplisit dalam ARIMA nonmusiman; apabila pola musiman teridentifikasi, diperlukan spesifikasi musiman yang sesuai [9].

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: (1) bagaimana pola historis dan karakteristik data deret waktu volume ekspor sawit dan batu bara Provinsi Bengkulu; (2) bagaimana hasil uji stasioneritas data ekspor tersebut serta perlakuan yang diperlukan apabila data belum stasioner; (3) bagaimana model ARIMA terbaik yang dapat dibangun untuk masing-masing komoditas berdasarkan kriteria AIC, RMSE, dan MAPE; dan (4) bagaimana hasil peramalan volume ekspor sawit dan batu bara Bengkulu untuk periode mendatang serta implikasinya terhadap perencanaan ekonomi regional.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola deret waktu volume ekspor sawit dan batu bara Provinsi Bengkulu, mengidentifikasi model ARIMA terbaik melalui tahapan identifikasi, estimasi, dan uji diagnostik, serta menghasilkan estimasi volume ekspor pada periode mendatang yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan berbasis data bagi pemerintah daerah, pelaku industri, dan eksportir.

Secara teoretis, penelitian ini menambah bukti empiris mengenai penerapan ARIMA secara terpisah pada dua komoditas ekspor regional dengan pola historis berbeda. Perbedaan model terpilih menunjukkan pentingnya menyesuaikan spesifikasi dengan karakteristik setiap deret waktu. Penelitian ini tidak membandingkan akurasi model regional dengan model nasional secara langsung. Secara praktis, hasil peramalan dapat menjadi informasi pendukung bagi pemerintah daerah, pelaku industri, dan eksportir dalam merencanakan kapasitas penyimpanan, penjadwalan logistik, serta pengapalan di Pelabuhan Pulau Baai, dengan tetap mempertimbangkan ketidakpastian pasar.

Secara operasional, hasil peramalan enam bulan untuk Januari–Juni 2025 digunakan sebagai evaluasi historis di luar sampel. Penerapan hasil tersebut dalam perencanaan mencakup tiga kebutuhan: penjadwalan sandar kapal dan alokasi alat bongkar muat; pengaturan kapasitas

https://doi.org/10.30737/jatiunik.v10i1.8002
*Corresponding author : muhamad.yasin@unib.ac.id

ISSN : 2597-6257 (Print)
2597-7946 (Online)

tangki penyimpanan CPO *serta* area penumpukan batu bara; dan penyesuaian produksi serta armada angkutan menuju pelabuhan. Untuk perencanaan setelah periode validasi, model perlu diperbarui menggunakan data terbaru dan dievaluasi kembali. Penelitian ini tidak menyajikan proyeksi numerik untuk periode setelah Juni 2025.

2. Metode Penelitian

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain studi komparatif peramalan deret waktu (*comparative time-series forecasting study*). Objek penelitian adalah volume ekspor bulanan kelapa sawit dan batu bara di Provinsi Bengkulu. Pemodelan dilakukan secara terpisah menggunakan metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), yaitu satu model untuk deret waktu ekspor kelapa sawit dan satu model untuk deret waktu ekspor batu bara. Setiap model dibangun berdasarkan karakteristik historis masing-masing komoditas tanpa memasukkan volume ekspor komoditas lainnya sebagai variabel penjelas. Selanjutnya, hasil pemodelan dibandingkan berdasarkan struktur model terpilih dan ukuran akurasi peramalan untuk mengidentifikasi perbedaan karakteristik deret waktu kedua komoditas. Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada perbandingan hasil peramalan, bukan pada pengujian hubungan statistik atau kausalitas antara ekspor kelapa sawit dan batu bara.

2.2 Sumber dan Jenis Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder kuantitatif berupa deret waktu bulanan *(monthly time series)* volume ekspor kelapa sawit (Kode HS 1511) dan batu bara (Kode HS 2701) dalam satuan ton untuk periode Januari 2019 hingga Desember 2024 ($n = 72$ observasi bulanan) sebagai data pembentukan model *(in-sample),* serta data periode Januari hingga Juni 2025 yang digunakan secara khusus sebagai data realisasi aktual untuk evaluasi historis *(out-of-sample validation).* Data tahunan tidak dicampur dalam pemodelan ARIMA dan hanya digunakan sebagai pembanding pada analisis deskriptif. Sumber data diperoleh dari publikasi resmi Bengkulu dalam Angka (edisi 2020–2025) dan Statistik Perdagangan Luar Negeri Provinsi Bengkulu yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Bengkulu serta Laporan Kinerja Dinas Perdagangan dan Perindustrian Provinsi Bengkulu. Data mencakup volume ekspor riil berdasarkan pelabuhan muat (port of loading) Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu. Dari total 72 titik observasi potensial, tidak ditemukan data hilang

https://doi.org/10.30737/jatiunik.v10i1.8002
*Corresponding author : muhamad.yasin@unib.ac.id

ISSN : 2597-6257 (Print)
2597-7946 (Online)

(missing value) maupun data ganda *(duplicate)* (n_{aktual} = 72). Statistik deskriptif data pembentukan m*odel* disajikan pada Tabel 1.

2.3 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data ditempuh melalui tiga cara, yaitu observasi langsung ke instansi terkait, dokumentasi berupa publikasi statistik resmi pemerintah, dan studi literatur dari jurnal, buku, serta penelitian terdahulu yang relevan dengan peramalan dan ARIMA.

2.4 Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan secara independen terhadap dua deret waktu, yaitu volume ekspor kelapa sawit dan volume ekspor batu bara. Prosedur *Box–Jenkins* diterapkan secara terpisah pada masing-masing deret waktu, sehingga diperoleh model ARIMA terbaik untuk setiap komoditas. Tahapan analisis mencakup pemeriksaan pola historis, pengujian stasioneritas, identifikasi orde model, estimasi parameter, pengujian diagnostik residual, serta evaluasi akurasi peramalan menggunakan data di luar sampel. Setelah model masing-masing komoditas diperoleh, hasilnya dibandingkan berdasarkan struktur ARIMA, nilai AIC dan BIC, serta ukuran kesalahan peramalan MAE, RMSE, dan MAPE. Perbandingan tersebut digunakan untuk mengevaluasi perbedaan karakteristik dan kinerja model, bukan untuk menyimpulkan adanya hubungan statistik antara kedua komoditas.

Analisis data dilakukan mengikuti prosedur Box–Jenkins (Box, Jenkins, Reinsel, dan Ljung [8]) melalui delapan tahapan sistematis: (1) prapemrosesan data mencakup verifikasi kelengkapan n = 72 observasi bulanan dan visualisasi deret waktu; (2) analisis deskriptif untuk mengidentifikasi kecenderungan tren dan fluktuasi; (3) uji stasioneritas menggunakan *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) serta penentuan orde diferensiasi (d); (4) identifikasi calon model ARIMA(p,d,q) melalui pembacaan plot *Autocorrelation Function* (ACF) dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF); (5) estimasi parameter model tentatif menggunakan *Maximum Likelihood Estimation* (MLE); (6) seleksi model optimal secara transparan dengan membandingkan seluruh kandidat model berdasarkan kriteria *Akaike Information Criterion* (AIC) dan *Bayesian Information Criterion* (BIC) terendah, signifikansi parameter (nilai $p < 0,05$), serta pemenuhan kondisi stasioneritas/invertibilitas akar polinomial; (7) uji diagnostik residual meliputi uji acak/deret bebas autokorelasi *(white noise)* melalui uji *Ljung-Box*, uji normalitas, serta visualisasi plot ACF residual; dan (8) *forecasting* volume ekspor periode mendatang beserta evaluasi akurasi menggunakan MAE, RMSE, dan MAPE. Perbandingan model yang dilaporkan beserta *nilai* AIC, BIC, dan ukuran akurasi disajikan

https://doi.org/10.30737/jatiunik.v10i1.8002
*Corresponding author : muhamad.yasin@unib.ac.id

ISSN : 2597-6257 (Print)
2597-7946 (Online)

pada Tabel 3. Pentingnya perbandingan berbagai metode peramalan juga ditunjukkan dalam kompetisi M4 [10]. Persamaan dasar mengacu pada Box dkk. [8]:

$$\left(1 - \sum_{i=1}^{p} \phi_i \, B^i\right)(1-B)^d Y_t = c + \left(1 + \sum_{j=1}^{q} \theta_j \, B^j\right) \varepsilon_t$$

dengan Y_t adalah nilai volume ekspor pada waktu ke-t, c konstanta, φ_i parameter *autoregressive*, θ_j parameter *moving average*, dan e_t residual. Akurasi model diukur menggunakan tiga indikator berikut [9]:

$$\text{MAE} = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|Y_t - \hat{Y}_t\right|$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(Y_t - \hat{Y}_t)^2}$$

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t}\right| \times 100\%$$

Model dengan nilai *galat* terkecil dianggap memiliki performa peramalan terbaik. Seluruh tahapan analisis diolah menggunakan perangkat lunak pendukung, yaitu *RStudio (R versi 4.3.2)*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

3.1.1 Pola Historis dan Karakteristik Data

Data deret waktu bulanan (n = 72 observasi) volume ekspor kelapa sawit dan batu bara Provinsi Bengkulu periode Januari 2019 hingga Desember 2024 menunjukkan karakteristik pergerakan dan dinamika struktural yang berbeda signifikan antarkomoditas. Komoditas kelapa sawit memperlihatkan kecenderungan tren meningkat yang relatif konstan, tumbuh bertahap dari 7.238,4 ton pada Januari 2019 menjadi 12.431,9 ton pada Desember 2024, dengan variabilitas musiman yang cenderung minim. Sebaliknya, ekspor batu bara didominasi oleh fluktuasi jangka pendek bernisbah tinggi tanpa arah tren linier yang tegas, berfluktuasi pada rentang 142.916,8 ton hingga 170.828,9 ton, serta mengindikasikan pola

https://doi.org/10.30737/jatiunik.v10i1.8002
*Corresponding author : muhamad.yasin@unib.ac.id

ISSN : 2597-6257 (Print)
2597-7946 (Online)

konvergensi/pelandaian pada dua tahun terakhir periode pengamatan. Gambaran umum sebaran nilai kedua komoditas disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Volume Ekspor (2019–2024)

Komoditas	Rata-rata (ton)	Simpangan baku (ton)	Minimum (ton)	Maksimum (ton)	Puncak Periodogram (S = 12)	Kesimpulan Musiman
sawit (ton)	9.879,8	1.337,2	7.238,4	12.431,9	Tidak Signifikan (p = 0,412)	Non-Musiman
batu bara (ton)	157.438,4	5.786,8	142.916,8	170.828,9	Tidak Signifikan (p = 0,683)	Non-Musiman

(Sumber: Data sekunder BPS Provinsi Bengkulu dan Dinas Perdagangan dan Perindustrian Provinsi Bengkulu, diolah (2026))

Catatan: Seluruh observasi periode 2019–2024 yang diringkas pada Tabel 1 bernilai positif, dengan nilai minimum sebesar 7.238,4 ton untuk kelapa sawit dan 142.916,8 ton untuk batu bara.

3.1.2 Hasil Uji Stasioneritas

Pengujian *stasioneritas* dengan *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) dilakukan pada data tingkat (*level*) sebelum tahap identifikasi model. Hasilnya memperlihatkan bahwa kedua deret data belum stasioner, sehingga proses *differencing* orde pertama (d=1) diperlukan agar data layak dimodelkan.

Tabel 2. Hasil Uji ADF pada Data Level dan Diferensiasi Pertama

Komoditas	Kondisi	Spesifikasi Uji	Lag (AIC)	Statistik ADF	*nilai p*	Nilai Kritis 5%	Keterangan
sawit	Level	*With Intercept*	1	0,623	0,988	-2,903	Tidak stasioner
sawit	Diferensiasi 1	*With Intercept*	0	-5,556	< 0,001	-2,903	Stasioner
batu bara	Level	*With Intercept*	1	-0,040	0,955	-2,903	Tidak stasioner
batu bara	Diferensiasi 1	*With Intercept*	0	-6,785	< 0,001	-2,903	Stasioner

(Catatan Nilai Kritis ADF (*n*=72): 1% = -3,526; 5% = -2,903; 10% = -2,589)

(Sumber: Hasil pengolahan data RStudio versi 4.3.2 (tseries::adf.test), diolah (2026))

3.1.3 Identifikasi dan Pemilihan Model Terbaik

Berdasarkan pembacaan pola *autocorrelation* dan *partial autocorrelation*, dilanjutkan pencarian kombinasi parameter melalui kriteria AIC dan BIC terkecil, diperoleh model *ARIMA*(2,1,3) sebagai representasi optimal untuk sawit, sementara batu bara paling sesuai

https://doi.org/10.30737/jatiunik.v10i1.8002
*Corresponding author : muhamad.yasin@unib.ac.id

ISSN : 2597-6257 (Print)
2597-7946 (Online)

direpresentasikan oleh *ARIMA*(0,1,1) karena memberikan nilai BIC terendah sekaligus struktur paling sederhana.

Tabel 3. Perbandingan Model Terpilih dan Ukuran Akurasi

Komoditas	**Model**	**AIC**	**BIC**	**MAE *(Out-of-Sample)***	**RMSE *(Out-of-Sample)***	**MAPE *(Out-of-Sample)***	**Status / Keterangan**
sawit	ARIMA(2,1,3)	973,71	987,29	185,42	211,57	1,79%	Terpilih (Galat Terendah)
sawit	ARIMA(1,1,1)	981,45	992,10	210,15	245,80	2,12%	Alternatif
batu bara	ARIMA(0,1,1)	1.385,99	1.390,51	3.642,10	4.077,97	2,13%	Terpilih (Parsimonis)
batu bara	ARIMA(1,1,1)	1.387,80	1.394,12	3.715,60	4.190,25	2,45%	Alternatif

(Sumber: Hasil pengolahan, pemodelan, dan validasi *out-of-sample RStudio versi 4.3.2*, diolah (2026))

Nilai MAPE kedua model berada di bawah 10%, sehingga menurut kaidah umum akurasi peramalan, model tersebut tergolong sangat baik dan layak digunakan pada tahap proyeksi berikutnya.

3.1.4 Hasil Peramalan dan Implikasinya

Evaluasi di luar sampel dilakukan dengan membandingkan hasil peramalan ARIMA(2,1,3) untuk kelapa sawit dan ARIMA(0,1,1) untuk batu bara dengan realisasi Januari–Juni 2025. Nilai MAPE yang dilaporkan masing-masing sebesar 1,79% dan 2,13%. Pada periode validasi tersebut, hasil per*am*alan kelapa sawit meningkat dari 11.362,1 ton menjadi 12.383,0 ton, sedangkan hasil peramalan batu bara tetap sebesar 151.119,0 ton per bulan (Tabel 4). Ramalan datar pada ARIMA(0,1,1) konsisten dengan spesifikasi tanpa drift: setelah kontribusi galat terdahulu diperhitungkan, nilai harapan perubahan untuk langkah berikutnya menjadi nol. Level ramalan tersebut tidak sama dengan rerata diferensiasi historis. Interpretasi ini perlu disesuaikan dengan spesifikasi drift yang benar-benar digunakan [9]. Interval prediksi yang melebar *menunjukkan meningkat*nya ketidakpastian seiring bertambahnya *horizon*.

https://doi.org/10.30737/jatiunik.v10i1.8002
*Corresponding author : muhamad.yasin@unib.ac.id

ISSN : 2597-6257 (Print)
2597-7946 (Online)

Tabel 4. Hasil Peramalan Volume Ekspor Januari–Juni 2025

Bulan (2025)	**Komoditas**	**Proyeksi Titik *(Point Forecast)***	**Interval Prediksi 80% (Batas Bawah – Atas)**	**Interval Prediksi 95% (Batas Bawah – Atas)**
Januari	sawit	11.362,1 ton	[10.845,2–11.879,0]	[10.571,4–12.152,8]
	batu bara	151.119,0 ton	[144.120,5–158.117,5]	[140.412,0–161.826,0]
Februari	sawit	11.519,5 ton	[10.792,0–12.247,0]	[10.410,2 –12.628,8]
	batu bara	151.119,0 ton	[142.250,0 – 159.988,0]	[137.620,1 – 164.617,9]
Maret	sawit	11.768,0 ton	[10.890,5–12.645,5]	[10.428,1–13.107,9]
	batu bara	151.119,0 ton	[140.850,2 – 161.387,8]	[135.510,0 – 166.728,0]
April	sawit	12.041,3 ton	[11.020,1 – 13.062,5]	[10.485,0 – 13.597,6]
	batu bara	151.119,0 ton	[139.620,0 – 162.618,0]	[133.720,2 – 168.517,8]
Mei	sawit	12.266,3 ton	[11.140,2–13.392,4]	[10.551,0–13.981,6]
	batu bara	151.119,0 ton	[138.520,1–163.717,9]	[132.120,0–170.118,0]
Juni	sawit	12.383,0 ton	[11.195,0–13.571,0]	[10.575,2–14.190,8]
	batu bara	151.119,0 ton	[137.520,0–164.718,0]	[130.710,1–171.527,9]

(Sumber: Hasil forecasting menggunakan model ARIMA terpilih dan validasi RStudio versi 4.3.2, diolah (2026))

Perbedaan hasil peramalan pada periode validasi Januari–Juni 2025 menunjukkan perlunya perencanaan kapasitas penyimpanan dan pengapalan yang mempertimbangkan karakteristik setiap komoditas. Kenaikan proyeksi kelapa sawit dapat menjadi informasi pendukung untuk meninjau kapasitas layanan, sedangkan ramalan batu bara yang datar tidak berarti risiko pasarnya hilang. Hasil ini merupakan evaluasi historis; penggunaan model untuk periode perencanaan baru memerlukan pembaruan data dan peramalan ulang.

3.2 Pembahasan

3.2.1 Pola Historis dan Karakteristik Data Ekspor

Karakteristik pola historis volume ekspor sawit dan batu bara Bengkulu yang ditemukan dalam penelitian ini sejalan dengan kondisi umum data ekspor daerah di Indonesia, yang dapat berbeda antarwilayah maupun antarkomoditas. Perbedaan pola pertumbuhan tersebut memperkuat temuan pengelompokan provinsi berdasarkan nilai ekspor nonmigas, di mana tidak semua daerah memiliki kapasitas ekspor yang setara sehingga membentuk klaster nilai ekspor tinggi, sedang, dan rendah dengan pola pergerakan yang berbeda-beda antarkelompok [11]. Fluktuasi batu bara yang tidak menunjukkan *tren* naik konsisten juga selaras dengan hasil kajian determinan ekspor batu bara nasional, yang melaporkan bahwa volume ekspor komoditas ini dipengaruhi secara signifikan oleh variabel makroekonomi seperti produk domestik bruto dan nilai tukar, sementara peralihan menuju

https://doi.org/10.30737/jatiunik.v10i1.8002
*Corresponding author : muhamad.yasin@unib.ac.id

ISSN : 2597-6257 (Print)
2597-7946 (Online)

energi terbarukan turut menekan permintaan secara negatif [12]. Kondisi berbeda tampak pada data ekspor nasional secara umum yang justru memperlihatkan pola *tren dan pola musiman sekaligus*, sebagaimana diungkapkan bahwa "data historis nilai ekspor Indonesia menunjukkan adanya pola tren dan pola musiman sekaligus" [13], sebuah karakteristik yang relevan dibandingkan dengan pola sawit Bengkulu yang tumbuh stabil tanpa musiman tegas.

Pola historis volume ekspor kelapa sawit dan batu bara Bengkulu menunjukkan karakteristik yang berbeda. Kelapa sawit memperlihatkan tren meningkat, sedangkan batu bara berfluktuasi tanpa *arah tren* yang tegas pada periode pengamatan. Perbedaan tersebut menjadi dasar untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi model secara terpisah. Pola visual dan orde ARIMA saja tidak cukup untuk menyimpulkan adanya memori jangka panjang atau ketahanan suatu sektor terhadap guncangan eksternal.

3.2.2 Uji Stasioneritas dan Pendekatan Metodologis

Kebutuhan melakukan *differencing* pada kedua deret data ekspor Bengkulu memperkuat prinsip metodologis yang lazim ditemukan pada berbagai kajian peramalan berbasis *Box–Jenkins*. Tahapan pengujian *stasioneritas*, identifikasi pola melalui *ACF* dan *PACF*, hingga uji diagnostik residual terbukti menjadi prosedur baku yang menghasilkan performa prediksi memadai, sebagaimana ditunjukkan pada pemodelan nilai ekspor bulanan Indonesia yang melalui tahapan serupa sebelum akhirnya diperoleh model optimal dengan akurasi tinggi [14]. Perlakuan *differencing* satu kali sebagaimana diterapkan pada data sawit dan batu bara juga konsisten dengan temuan bahwa tidak semua data ekspor komoditas memerlukan pembedaan; pada kasus nilai ekspor kakao misalnya, model terbaik justru diperoleh tanpa proses pembedaan karena data telah stasioner pada tingkat *level* [15]. Pemilihan metode alternatif turut menjadi pertimbangan penting ketika asumsi stasioneritas maupun pola data tidak sepenuhnya terpenuhi, sebagaimana kajian ekspor nonmigas yang justru mengandalkan pendekatan pemulusan eksponensial ketimbang *ARIMA* karena karakter data yang memuat *tren dan pola musiman sekaligus* [16].

3.2.3 Identifikasi Model ARIMA Terbaik

Model ARIMA(2,1,3) terpilih untuk volume ekspor kelapa sawit. Model ini menggunakan pembedaan pertama (d = 1), dua lag autoregresif (p = 2), dan tiga lag galat pada komponen rata-rata bergerak (q = 3). Struktur tersebut merepresentasikan ketergantungan jangka pendek pada deret yang telah dibedakan. Penafsiran pengaruh masing-masing parameter memerlukan koefisien estimasi, ketidakpastian estimasi, dan hasil uji diagnostik.

https://doi.org/10.30737/jatiunik.v10i1.8002
*Corresponding author : muhamad.yasin@unib.ac.id

ISSN : 2597-6257 (Print)
2597-7946 (Online)

Model ARIMA(0,1,1) terpilih untuk volume ekspor batu bara. Setelah pembedaan pertama, model tidak memasukkan komponen autoregresif dan menggunakan satu lag galat pada komponen rata-rata bergerak. Struktur ini menggambarkan spesifikasi yang lebih sederhana daripada model kelapa sawit, tetapi tidak dengan *sendir*inya membuktikan bahwa sektor batu bara hanya dipengaruhi guncangan sesaat atau tidak memiliki ketergantungan historis.

Berdasarkan ukuran evaluasi di l*uar sampel yang dilaporkan*, kedua model menghasilkan MAPE di bawah 10%, yaitu 1,79% untuk kelapa sawit dan 2,13% untuk batu bara. Kesimpulan mengenai akurasi dibatasi pada periode uji Januari–Juni 2025; hasil tersebut belum menunjukkan kestabilan kinerja pada periode lain. Perbedaan pola ramalan juga dipengaruhi spesifikasi model, termasuk keberadaan konstanta atau drift [9]. Pengembangan berikutnya dapat mempertimbangkan variabel eksogen seperti nilai tukar sebagaimana pendekatan ARIMAX pada penelitian ekspor nonmigas [17], serta membandingkan pendekatan hibrida yang telah diterapkan pada ekspor Bengkulu [4]. Perbedaan orde model dengan penelitian harga *tandan buah segar* [18] tidak cukup untuk menyimpulkan bahwa seluruh data harga memerlukan orde lebih tinggi daripada data volume.

3.2.4 Hasil Peramalan dan Implikasi Kebijakan

Hasil peramalan kelapa sawit untuk Januari–Juni 2025 menunjukkan kecenderungan meningkat. Rahayu dkk. [19] juga melaporkan proyeksi peningkatan produksi dan ekspor minyak kelapa sawit Indonesia, tetapi menggunakan cakupan nasional, data tahunan, dan horizon berbeda. Karena itu, perbandingan tersebut hanya memberikan konteks, bukan validasi langsung model Bengkulu. Kajian peramalan ekspor batu bara Indonesia [20] juga memiliki cakupan dan metode yang berbeda; ramalan stagnan pada penelitian ini tidak dapat disamakan dengan proyeksi penurunan. Diversifikasi ekonomi dan penguatan hilirisasi dapat dipertimbangkan sebagai pilihan kebijakan, tetapi efektivitasnya tidak diuji melalui model ARIMA univariat ini.

3.2.5 Pelajaran Empiris terhadap Kestabilan Model, Kemampuan Meramal, dan Ketidakpastian Ekspor

- **Kestabilan Model dan Perbedaan Struktur (*Model Stability & Structural Divergence*):**

  Dua komoditas yang berasal dari wilayah administratif yang sama menghasilkan struktur ARIMA terpilih yang berbeda, yaitu ARIMA(2,1,3) untuk kelapa sawit dan

https://doi.org/10.30737/jatiunik.v10i1.8002
*Corresponding author : muhamad.yasin@unib.ac.id

ISSN : 2597-6257 (Print)
2597-7946 (Online)

ARIMA(0,1,1) untuk batu bara. Perbedaan ini menunjukkan perlunya pemilihan model berdasarkan setiap deret waktu. Kestabilan parameter, memori jangka panjang, dan perubahan struktur belum dapat disimpulkan dari orde model saja; pengujiannya memerlukan analisis tambahan, misalnya evaluasi bergulir atau pemeriksaan perubahan struktural.

- **Kemampuan Meramal (*Forecasting Performance*):**

  Evaluasi di luar sampel menunjukkan galat persentase *y*ang rendah pada Januari–Juni 2025. Namun, periode uji yang hanya mencakup enam observasi membatasi penilaian kemampuan generalisasi. Ramalan datar pada batu bara merupakan konsekuensi spesifikasi model dan tidak membuktikan bahwa volume ekspor aktual akan tetap konstan. Penggunaan operasional memerlukan pemantauan galat, pembaruan data, dan evaluasi berkala.

- **Ketidakpastian Ekspor Komoditas (*Export Uncertainty Dynamics*):**

  ARIMA univariat menggunakan informasi historis volume ekspor dan tidak mengestimasi pengaruh langsung geopolitik, kebijakan energi, harga dunia, atau nilai tukar. Faktor tersebut dapat dipertimbangkan sebagai konteks risiko, tetapi tidak dapat dinyatakan sebagai penyebab perbedaan hasil model berdasarkan penelitian ini. Perencanaan daerah perlu memadukan hasil peramalan, interval prediksi, dan informasi pasar; pengujian pengaruh faktor eksternal menjadi agenda penelitian berikutnya.

4. Kesimpulan

Volume ekspor kelapa sawit Bengkulu pada periode 2019–2024 menunjukkan kecenderungan meningkat, sedangkan batu bara berfluktuasi tanpa arah tren yang tegas. Berdasarkan hasil uji ADF yang dilaporkan, kedua deret waktu dibedakan satu kali ($d = 1$). Model ARIMA(2,1,3) terpilih untuk kelapa sawit dan ARIMA(0,1,1) untuk batu bara, dengan MAPE masing-masing sebesar 1,79% dan 2,13% pada periode uji Januari–Juni 2025. Hasil tersebut dapat menjadi informasi pendukung bagi perencanaan penyimpanan dan pengapalan, tetapi tidak membuktikan hubungan kausal, keunggulan terhadap model nasional, atau kestabilan kinerja pada periode lain. Untuk penggunaan pada periode berikutnya, diperlukan pembaruan data dan evaluasi ulang. Pengembangan penelitian dapat mencakup variabel eksogen, pembandingan model, serta evaluasi bergulir untuk menilai ketahanan hasil peramalan. Kajian lanjutan dapat membandingkan model pembelajaran mesin untuk data perdagangan [21], memeriksa perubahan struktural [22], menerapkan peramalan hierarkis [23], serta menganalisis volatilitas harga komoditas ekspor [24].

https://doi.org/10.30737/jatiunik.v10i1.8002
*Corresponding author : muhamad.yasin@unib.ac.id

ISSN : 2597-6257 (Print)
2597-7946 (Online)

Daftar Pustaka

[1] D. J. A. Sianturi, "Fluctuating commodity prices' effect on Indonesian coal and palm oil," *EKUITAS (Jurnal Ekonomi dan Keuangan)*, vol. 8, no. 1, pp. 67–84, 2024, doi: 10.24034/j25485024.y2024.v8.i1.5916.

[2] BPS Provinsi Bengkulu, *Provinsi Bengkulu dalam Angka 2025*. Bengkulu: Badan Pusat Statistik Provinsi Bengkulu, 2025.

[3] D. N. Gujarati and D. C. Porter, *Basic Econometrics*. McGraw-Hill Irwin, 2009. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?id=6l1CPgAACAAJ.

[4] W. A. Lestari, S. Nugroho, and F. H. W. Widodo, "Forecasting export value of Bengkulu Province through Pulau Baai Harbour with ARIMA, ANN, and hybrid ARIMA–ANN approach," *J. Stat. Data Sci.*, vol. 3, no. 1, pp. 36–41, 2024, doi: 10.33369/jsds.v3i1.41289.

[5] S. Sarfiah and A. Aripulis, "The implementation of ARIMA method in forecasting Indonesian crude oil export, production, and consumption," *J. REP (Riset Ekonomi Pembangunan)*, vol. 8, no. 1, pp. 122–141, Apr. 2023, doi: 10.31002/rep.v8i1.1389.

[6] N. A. Foci, A. J. Muluk, R. M. Nur, Y. Y. M. Zai, S. Salsabila, and R. Riyantori, "Strategi peramalan permintaan pupuk NPK untuk optimalisasi stok di PT. XYZ," *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 5, no. 2, pp. 154–159, 2024, doi: 10.47398/justme.v5i02.75.

[7] R. Rosita, A. Asrini, and D. Veronica, "Determinan ekspor batu bara Indonesia serta kontribusinya terhadap ekspor pertambangan dan pendapatan negara," *Ebisma (Economics, Business, Management and Accounting Journal)*, vol. 3, no. 2, pp. 119–126, 2023, doi: 10.61083/ebisma.v3i2.36.

[8] G. E. P. Box, G. M. Jenkins, G. C. Reinsel, and G. M. Ljung, *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Wiley Series in Probability and Statistics. Wiley, 2015. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?id=rNt5CgAAQBAJ.

[9] R. J. Hyndman and G. Athanasopoulos, *Forecasting: Principles and Practice*, 3rd ed. Melbourne, Australia: OTexts, 2021. [Online]. Available: https://otexts.robjhyndman.com/fpp3/.

[10] S. Makridakis, E. Spiliotis, and V. Assimakopoulos, "The M4 competition: Results, findings, conclusion and way forward," *Int. J. Forecast.*, vol. 34, no. 4, pp. 802–808, 2018, doi: 10.1016/j.ijforecast.2018.06.001.

[11] H. A. Soleha, W. P. Nurmayanti, U. Hidayaturrohman, R. H. Hirzi, and A. Septiani, "Penerapan clustering time series pada pengelompokan provinsi di Indonesia (studi kasus: nilai ekspor nonmigas di Indonesia tahun 2016–2020)," *J. Stat. J. Ilm. Teor. dan Apl. Stat.*, vol. 15, no. 2, pp. 286–291, 2022, doi: 10.36456/jstat.vol15.no2.a5550.

[12] A. A. Rahma and Desmintari, "Analisis determinan volume ekspor batu bara Indonesia ke lima negara tujuan ekspor," *J. Dev. Econ. Digit.*, vol. 2, no. 2, pp. 90–104, 2023, doi: 10.59664/jded.v2i2.6570.

[13] R. N. Puspita, "Perbandingan metode double exponential smoothing dan triple exponential smoothing pada peramalan nilai ekspor di Indonesia," *Jambura J. Probab. Stat.*, vol. 3, no. 2, pp. 97–109, 2022, doi: 10.34312/jjps.v3i2.15590.

[14] T. W. Septiarini, A. Rofiqo, E. Pariyanti, and S. Abdulmana, "Forecast evaluation of ARIMA and ANFIS for Indonesia's monthly export (2009–2024)," *Media Stat.*, vol. 18, no. 1, pp. 93–104, 2025, doi: 10.14710/medstat.18.1.93-104.

https://doi.org/10.30737/jatiunik.v10i1.8002
*Corresponding author : muhamad.yasin@unib.ac.id

ISSN : 2597-6257 (Print)
2597-7946 (Online)

[15] M. Fahmuddin, Ruliana, and S. S. Mustika, "Perbandingan metode ARIMA dan single exponential smoothing dalam peramalan nilai ekspor kakao Indonesia," *VARIANSI: J. Stat. Its Appl. Teach. Res.*, vol. 5, no. 3, pp. 163–176, 2023, doi: 10.35580/variansiunm193.

[16] Bustami, A. M. Yolanda, and N. Thahira, "Forecasting non-oil and gas exports in Indonesia using double and triple exponential smoothing methods," *Int. J. Ind. Eng. Eng. Manag.*, vol. 5, no. 1, pp. 45–49, 2023, doi: 10.24002/ijieem.v5i1.6211.

[17] M. Ihwal, L. Laome, A. Salsabilah, and R. A. Ningtyas, "Peramalan ekspor nonmigas Indonesia menggunakan variabel eksogen nilai kurs dengan model ARIMAX," *Diophantine J. Math. Its Appl.*, vol. 4, no. 1, pp. 42–51, 2025, doi: 10.33369/diophantine.v4i1.413498.

[18] Y. Herdiyanti and K. Sukiyono, "Forecasting of palm oil fresh fruit bunch (FFB) prices in national and Bengkulu Province: ARIMA model application," *Agrisocionomics: J. Sos. Ekon. Pertan.*, vol. 7, no. 1, pp. 194–202, 2023, doi: 10.14710/agrisocionomics.v7i1.14730.

[19] T. Rahayu et al., "Forecasting produksi, volume ekspor, dan nilai devisa ekspor minyak kelapa sawit di Indonesia menggunakan metode peramalan ARIMA," *J. IKRAITH-EKONOMIKA*, vol. 8, no. 3, pp. 1358–1372, 2025. Available: https://journals.upi-yai.ac.id/index.php/IKRAITH-EKONOMIKA/article/view/5933.

[20] A. P. A. Masa, A. Prafanto, and H. J. Setyadi, "Peramalan ekspor batu bara Indonesia menggunakan metode double exponential smoothing Brown," *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 4, no. 3, pp. 1139–1147, 2024, doi: 10.57152/malcom.v4i3.1552.

[21] M.-L. Shen, C.-F. Lee, H.-H. Liu, P.-Y. Chang, and C.-H. Yang, "Effective multinational trade forecasting using LSTM recurrent neural network," *Expert Syst. Appl.*, vol. 182, Art. no. 115199, 2021, doi: 10.1016/j.eswa.2021.115199.

[22] Y. Sasmita, H. Kuswanto, and D. D. Prastyo, "State-dependent model based on singular spectrum analysis vector for modeling structural breaks: Forecasting Indonesian export," *Forecasting*, vol. 6, no. 1, pp. 152–169, 2024, doi: 10.3390/forecast6010009.

[23] I. Rafidah and M. D. Kartikasari, "Forecasting of export value in Indonesia using top-down hierarchical time series based on historical proportion," *EKSAKTA: J. Sci. Data Anal.*, vol. 5, no. 1, pp. 8–16, 2024, doi: 10.20885/EKSAKTA.vol5.iss1.art2.

[24] A. P. A. Arisanti, Sugito, R. Dapa, and H. Yasin, "ARIMA–EGARCH model approach in measuring non-oil and gas commodity export price fluctuations in Indonesia," *AIP Conf. Proc.*, vol. 3504, no. 1, Art. no. 030005, 2026, doi: 10.1063/12.0044741.

https://doi.org/10.30737/jatiunik.v10i1.8002
*Corresponding author : muhamad.yasin@unib.ac.id