

Peramalan Penjualan Produk Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) Menggunakan Metode *SARIMAX*

SUSY SUSANTY, ATIK WINTARTI*, ULFA SITI NURAINI

Program Studi Sarjana Sains Data, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

Abstrak

PT Segar Murni Utama merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) dengan permintaan yang berfluktuasi pada setiap kategori produk. Fluktuasi tersebut dipengaruhi oleh pola historis penjualan, pola musiman, serta faktor eksternal seperti hari libur dan promosi. Oleh karena itu, diperlukan metode peramalan yang mampu mempertimbangkan komponen musiman dan variabel eksogen. Penelitian ini bertujuan untuk membangun model peramalan penjualan produk AMDK menggunakan metode *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables* (SARIMAX) serta mengevaluasi tingkat akurasi model. Data yang digunakan merupakan data penjualan harian PT Segar Murni Utama periode Januari 2024 hingga Agustus 2025 yang terdiri atas kategori Galon, Botol, Cup, dan Fitpack, dengan variabel eksogen Hari Libur dan Promosi. Tahapan penelitian meliputi analisis deskriptif, uji stasioneritas (*Augmented Dickey-Fuller/ADF*), identifikasi model melalui *Autocorrelation Function* (ACF) dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF), pemodelan SARIMAX, pemilihan model berdasarkan *Akaike Information Criterion* (AIC), uji diagnostik residual Ljung–Box, evaluasi menggunakan *Mean Absolute Error* (MAE), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), serta peramalan periode September 2025. Model terbaik yang diperoleh adalah (SARIMAX(1,0,2)(1,1,2)¹⁵) untuk Galon dengan nilai AIC sebesar 1508,898; (SARIMAX(2,0,2)(1,1,2)¹⁵) untuk Botol dengan nilai AIC sebesar 1518,718; (SARIMAX(1,0,2)(1,1,2)¹⁵) untuk Cup dengan nilai AIC sebesar 1503,639; dan (SARIMAX(1,0,1)(1,1,2)¹⁵) untuk Fitpack dengan nilai AIC sebesar 1488,104. Nilai MAPE masing-masing sebesar 17,39%, 10,57%, 11,07%, dan 16,69%, yang seluruhnya berada di bawah 20% sehingga termasuk dalam kategori baik. Hasil peramalan menunjukkan bahwa metode SARIMAX dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan produksi, pengelolaan persediaan, dan distribusi produk.

Kata Kunci *SARIMAX; peramalan penjualan; Air Minum Dalam Kemasan (AMDK); data runtun waktu; variabel eksogen; promosi*

Abstract

PT Segar Murni Utama is a company engaged in the production of bottled drinking water (AMDK), where demand fluctuates across product categories. These fluctuations are influenced by historical sales patterns, seasonal patterns, and external factors such as holidays and promotions. Therefore, a forecasting method capable of incorporating seasonal components and exogenous variables is required. This study aims to develop a sales forecasting model using the *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables* (SARIMAX)

*Corresponding author. Email: atikwintarti@unesa.ac.id or ulfanuraini@unesa.ac.id.

method and evaluate its forecasting accuracy. The data consist of daily sales records from January 2024 to August 2025 for four product categories, namely Gallon, Bottle, Cup, and Fitpack, with Holidays and Promotions as exogenous variables. The research stages include descriptive analysis, the *Augmented Dickey–Fuller* (ADF) stationarity test, model identification using the *Autocorrelation Function* (ACF) and *Partial Autocorrelation Function* (PACF), SARIMAX modeling, model selection based on the *Akaike Information Criterion* (AIC), Ljung–Box residual diagnostic testing, evaluation using the *Mean Absolute Error* (MAE), *Root Mean Square Error* (RMSE), and *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), and forecasting for September 2025. The best models obtained are (SARIMAX(1,0,2)(1,1,2)¹⁵) for Gallon with an AIC of 1508.898; (SARIMAX(2,0,2)(1,1,2)¹⁵) for Bottle with an AIC of 1518.718; (SARIMAX(1,0,2)(1,1,2)¹⁵) for Cup with an AIC of 1503.639; and (SARIMAX(1,0,1)(1,1,2)¹⁵) for Fitpack with an AIC of 1488.104. The corresponding MAPE values are 17.39%, 10.57%, 11.07%, and 16.69%, respectively, all below 20%, indicating good forecasting accuracy. The forecasting results demonstrate that the SARIMAX method can support production planning, inventory management, and product distribution.

Keywords *SARIMAX; sales forecasting; bottled drinking water; time series; exogenous variables; promotion*

1 Pendahuluan

Air minum merupakan kebutuhan utama manusia yang penting dalam mempertahankan fungsi organ dan keseimbangan cairan tubuh. Air membentuk 70–80% tubuh manusia, terutama pada organ vital seperti otak dan sistem peredaran darah (Supriyo and Noviana, 2023). Kementerian Kesehatan RI merekomendasikan konsumsi air minum sebanyak 2,5–3 liter per hari untuk orang dewasa (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2023). Kekurangan asupan air dapat menyebabkan dehidrasi, gangguan fungsi ginjal, dan penurunan fungsi kognitif (World Health Organization, 2023).

Industri Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) di Indonesia berkembang pesat dengan lebih dari 900 perusahaan aktif. Dari banyak merek yang tersedia, hanya sekitar sepuluh perusahaan yang mendominasi pangsa pasar, sementara 28% lainnya diperebutkan merek lokal. PT Segar Murni Utama adalah salah satu perusahaan AMDK yang didirikan pada tahun 2004 di Mojokerto, Jawa Timur, dengan merek Mojo TRAS yang menggunakan sistem Reverse Osmosis (RO) untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi (PT Segar Murni Utama, 2019).

Perencanaan produksi menjadi hal yang sangat krusial bagi PT Segar Murni Utama. Permintaan produk AMDK bersifat fluktuatif dan tidak hanya dipengaruhi faktor internal, tetapi juga faktor eksternal seperti hari libur dan promosi. Perusahaan selama ini lebih mengandalkan data historis tanpa mempertimbangkan variabel eksternal, sehingga tingkat kesalahan peramalan cenderung lebih tinggi dan model kurang responsif terhadap perubahan kondisi pasar (Khrisna et al., 2024).

Metode ARIMA banyak digunakan dalam peramalan runtun waktu (*time series*) karena kemampuannya memanfaatkan pola historis, namun memiliki keterbatasan karena tidak memasukkan pengaruh variabel eksternal. ARIMAX merupakan pengembangannya yang memungkinkan masuknya variabel eksogen. Untuk data dengan pola berulang, SARIMAX sebagai perluasan ARIMAX mampu memodelkan tiga komponen sekaligus, yaitu pola historis, komponen musiman (*seasonal*), dan variabel eksogen (Putri et al., 2018).

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas metode berbasis ARIMA

dan pengembangannya pada berbagai domain data. (Amiri and Wardati, 2025) menerapkan ARIMA pada peramalan permintaan produk berbasis *data mining*. (Hassyyddiqy and Hasdiana, 2023) menganalisis peramalan penjualan menggunakan ARIMA pada Huebee Indonesia. (An-nolu and Setiafindari, 2025) menerapkan metode *time series* pada peramalan penjualan AMDK di CV Tirta Shahadah. (Putri et al., 2018) menunjukkan bahwa ARIMAX mampu meningkatkan akurasi dibandingkan ARIMA pada data penjualan pakaian dengan faktor eksternal. (Nurjanah et al., 2018) menerapkan ARIMA untuk meramalkan jumlah penumpang kereta api di Pulau Sumatera, sementara (Meliana et al., 2020) membandingkan metode Single Moving Average dan Exponential Smoothing pada penjualan AMDK 240 ml di PT Trijaya Tirta Darma. Pada domain dengan komponen musiman yang lebih eksplisit, (Latief et al., 2022) menerapkan SARIMAX untuk peramalan curah hujan di Kota Makassar, (Nasirudin and Dzikrullah, 2023) memodelkan harga cabai Indonesia dengan SARIMAX dan menunjukkan akurasi yang lebih baik dibandingkan SARIMA, (Juliarto et al., 2024) mengembangkan model hybrid SARIMAX–Neural Network untuk peredaran uang kartal, dan (Khaw et al., 2025) merancang dashboard prediksi penjualan dengan membandingkan metode Prophet dan SARIMAX. Namun, penelitian-penelitian tersebut umumnya belum mempertimbangkan komponen musiman dan variabel eksogen secara bersamaan pada data penjualan AMDK harian dengan beberapa kategori produk sekaligus.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada penggunaan metode SARIMAX yang mempertimbangkan komponen musiman dan variabel eksogen secara bersamaan pada empat kategori produk AMDK (Galon, Botol, Cup, dan Fitpack). Penggunaan variabel eksogen Hari Libur dan Promosi juga membedakan penelitian ini dari pendekatan univariat yang umum digunakan (Iskandar and Suarsih, 2022).

Tujuan penelitian ini adalah: (1) menganalisis karakteristik dan pola data penjualan produk AMDK, (2) mengidentifikasi variabel eksogen yang signifikan, (3) membangun model SARIMAX untuk masing-masing kategori produk, dan (4) mengevaluasi tingkat akurasi hasil peramalan menggunakan MAE, RMSE, dan MAPE. Hasil penelitian diharapkan dapat membantu PT Segar Murni Utama dalam perencanaan produksi, pengelolaan persediaan, dan distribusi produk secara lebih efisien.

2 Metode

2.1 Data dan Variabel Penelitian

Data yang digunakan adalah data penjualan harian PT Segar Murni Utama periode 1 Januari 2024–31 Agustus 2025. *Dataset* awal terdiri atas 12.789 observasi dengan 10 variabel. Setelah diagregasi berdasarkan tanggal dan kategori, diperoleh 609 observasi harian untuk masing-masing kategori (Galon, Botol, Cup, dan Fitpack). Pemeriksaan data menunjukkan tidak terdapat *missing value* maupun duplikasi pada seluruh variabel.

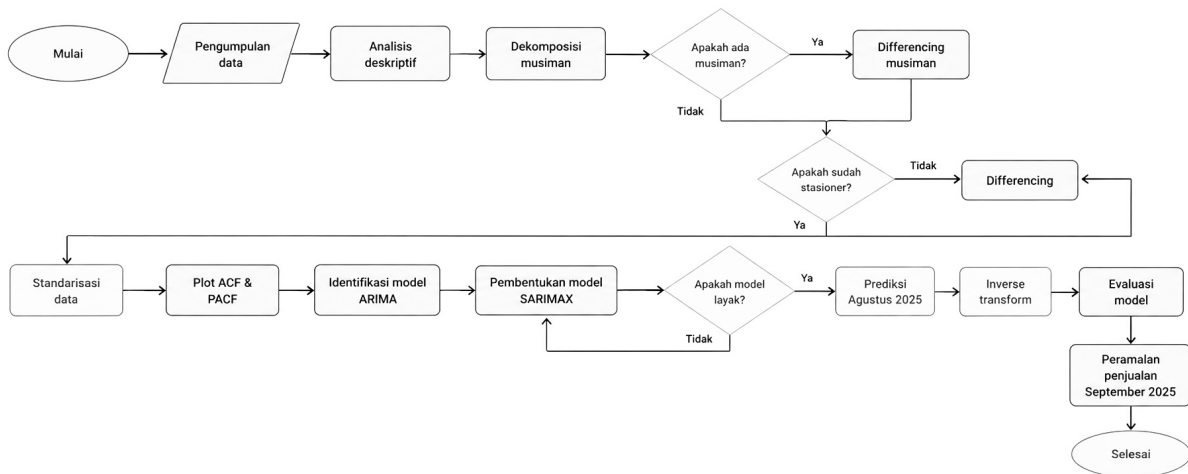
Data dibagi secara kronologis menjadi 578 observasi (Januari 2024–Juli 2025) sebagai data pelatihan dan 31 observasi (Agustus 2025) sebagai data pengujian. Setelah evaluasi, model digunakan untuk meramalkan penjualan September 2025. Pembagian kronologis dilakukan untuk mencegah kebocoran informasi dari masa depan ke proses pelatihan.

Variabel dependen adalah jumlah penjualan harian per kategori. Variabel eksogen berupa Hari Libur dan Promosi, keduanya dalam bentuk variabel *dummy* (1 = ada, 0 = tidak ada). Seluruh data distandardisasi sebelum pemodelan dan dikembalikan ke skala asli (*inverse transform*) setelah prediksi. Seluruh tahapan analisis dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python beserta pustaka *statsmodels* untuk pemodelan SARIMAX.

2.2 Tahapan Analisis

Tahapan analisis dalam penelitian ini disajikan secara ringkas pada diagram alir Gambar 1. Secara umum, tahapan meliputi: (1) pengumpulan data dan analisis deskriptif, (2) dekomposisi musiman untuk mengidentifikasi ada tidaknya pola musiman pada data, (3) *differencing* musiman apabila pola musiman terdeteksi, (4) uji kestasioneran ADF dengan hipotesis nol (H_0): data tidak stasioner (($\alpha = 5\%$)) dan *differencing* non-musiman apabila data belum stasioner, (5) standarisasi data, (6) identifikasi parameter model melalui grafik ACF dan PACF, (7) pembentukan model SARIMAX, (8) pengujian kelayakan model, yang apabila belum layak akan mengulang pembentukan model dengan kandidat parameter lain, (9) peramalan periode Agustus 2025 dan *inverse transform* ke skala asli, (10) evaluasi model, serta (11) peramalan penjualan September 2025.

Perlu dicatat bahwa meskipun hasil uji ADF pada Tabel 2 menunjukkan seluruh kategori sudah stasioner pada level awal (sehingga orde *differencing* non-musiman ditetapkan ($d = 0$)), proses *seasonal differencing* ($(D = 1)$) tetap dilakukan karena hasil dekomposisi musiman pada tahap awal mengindikasikan adanya pola berulang dengan periode ($s = 15$) pada seluruh kategori, sebagaimana ditunjukkan pada percabangan “Apakah ada musiman?” di Gambar 1.



Gambar 1: Diagram alir tahapan penelitian peramalan penjualan produk AMDK menggunakan metode *SARIMAX*

2.3 Model *SARIMAX*

Model $SARIMAX(p, d, q)(P, D, Q, s)^s$ menggabungkan komponen non-musiman (p : orde AR; d : *differencing*; q : orde MA), komponen musiman (P, D, Q, s), dan variabel eksogen.

Pemilihan model terbaik didasarkan pada nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) terkecil yang dirumuskan sebagai:

$$AIC = -2 \ln(L) + 2k \quad (1)$$

dengan (L) adalah nilai *maximum likelihood* dan (k) adalah jumlah parameter yang diestimasi (Hyndman and Athanasopoulos, 2018)

Uji diagnostik residual menggunakan Ljung–Box dengan hipotesis nol (H_0) bahwa residual bersifat *white noise*. Model dinyatakan layak apabila nilai Prob(Q) ($> 0,05$), yang berarti residual tidak mengandung autokorelasi dan model mampu menangkap pola data dengan baik.

2.4 Evaluasi Model

Evaluasi dilakukan menggunakan tiga metrik, yaitu *Mean Absolute Error* (MAE), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), yang dirumuskan sebagai berikut.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t| \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2} \quad (3)$$

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \quad (4)$$

Kriteria interpretasi MAPE adalah kurang dari 10% (sangat baik), 10–20% (baik), 20–50% (layak), dan lebih dari 50% (buruk). MAE menunjukkan rata-rata kesalahan absolut dalam satuan unit, RMSE memberikan penalti yang lebih besar terhadap kesalahan ekstrem, sedangkan MAPE memudahkan perbandingan akurasi antar kategori produk yang memiliki skala penjualan berbeda.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Deskriptif Data

Data penjualan harian PT Segar Murni Utama menunjukkan karakteristik yang berbeda pada setiap kategori produk. Tabel 1 menyajikan statistik deskriptif keempat kategori selama periode pengamatan Januari 2024–Agustus 2025.

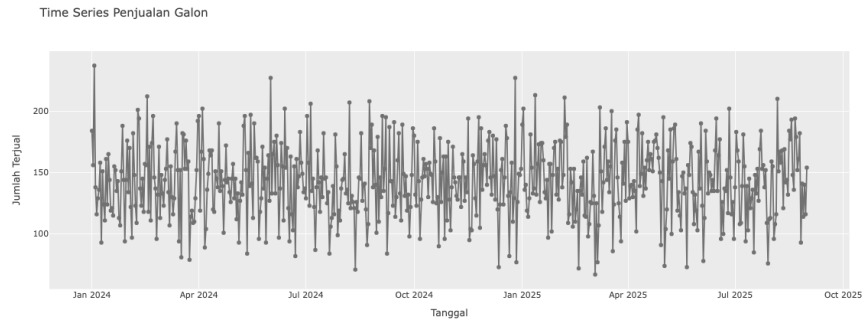
Tabel 1: Statistik Deskriptif Penjualan Produk AMDK ($n = 609$ per kategori)

Kategori	Rata-rata (unit/hari)	Min (unit)	Maks (unit)	Std. Deviasi
Galon	~143	67	237	29,52
Botol	~4.630,59	2.741	6.514	584,52
Cup	~6.264,72	3.602	10.066	1.003,21
Fitpack	~2.194,51	1.119	3.851	452,67

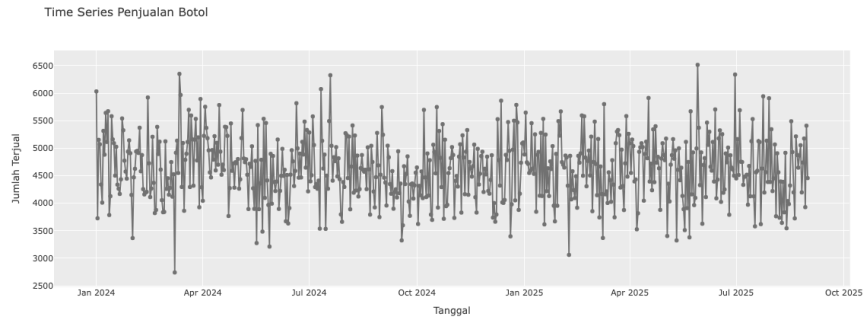
Kategori Cup memiliki rata-rata penjualan tertinggi (6.264,72 unit/hari) dan standar deviasi terbesar (1.003,21), menunjukkan tingkat fluktuasi paling tinggi. Kategori Galon memiliki rata-rata terendah (143 unit/hari) dengan standar deviasi terkecil (29,52), sehingga pola penjualannya paling stabil. Botol dan Fitpack berada pada posisi menengah. Perbedaan karakteristik ini menjadi dasar dilakukannya pemodelan secara terpisah per kategori.

Kategori Cup memiliki rata-rata penjualan tertinggi (6.264,72 unit/hari) dan standar deviasi terbesar (1.003,21), menunjukkan tingkat fluktuasi paling tinggi. Kategori Galon memiliki rata-rata terendah (143 unit/hari) dengan standar deviasi terkecil (29,52), sehingga pola penjualannya paling stabil. Botol dan Fitpack berada pada posisi menengah. Perbedaan karakteristik ini menjadi dasar dilakukannya pemodelan secara terpisah per kategori.

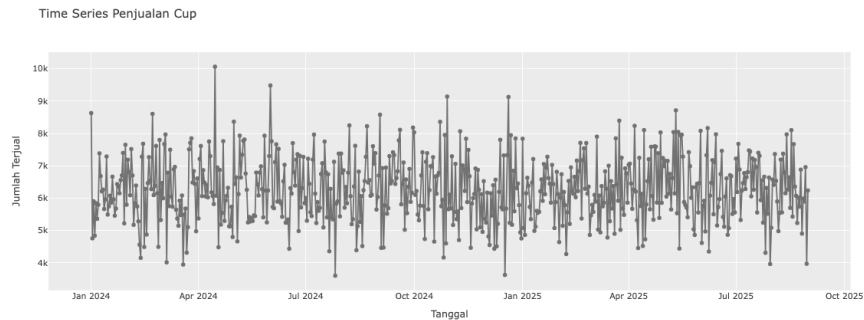
Visualisasi *time series* pada Gambar 2–5 menunjukkan bahwa seluruh kategori tidak memiliki tren kenaikan maupun penurunan jangka panjang yang dominan. Fluktuasi harian terjadi pada semua kategori, dengan Cup dan Botol menunjukkan perubahan yang lebih dinamis dibandingkan Galon dan Fitpack.



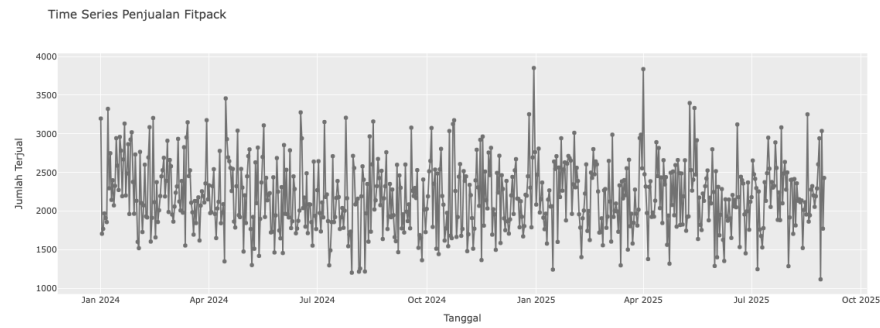
Gambar 2: *Time series penjualan harian kategori Galon, Januari 2024–Agustus 2025*



Gambar 3: *Time series penjualan harian kategori Botol, Januari 2024–Agustus 2025*



Gambar 4: *Time series penjualan harian kategori Cup, Januari 2024–Agustus 2025*



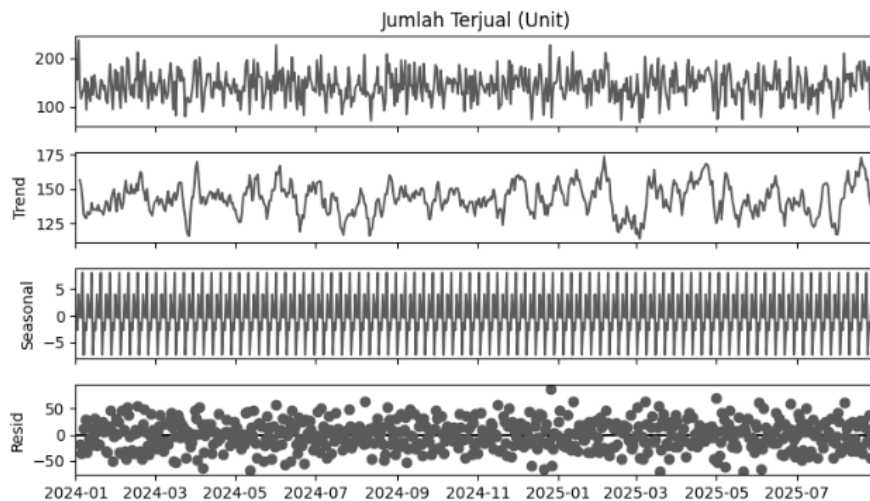
Gambar 5: *Time series* penjualan harian kategori Fitpack, Januari 2024–Agustus 2025

Analisis *seasonal decomposition* (Gambar 6–9) mengonfirmasi adanya indikasi pola berulang (musiman) pada seluruh kategori, yang ditunjukkan oleh komponen *seasonal* yang berulang secara periodik. Komponen *trend* pada keempat kategori berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata tanpa arah kenaikan atau penurunan jangka panjang yang konsisten, sedangkan komponen *residual* tersebar acak di sekitar nol tanpa pola sistematis yang tersisa. Temuan ini menjadi dasar penggunaan komponen musiman (*seasonal*) dalam pemodelan SARIMAX pada tahap berikutnya.

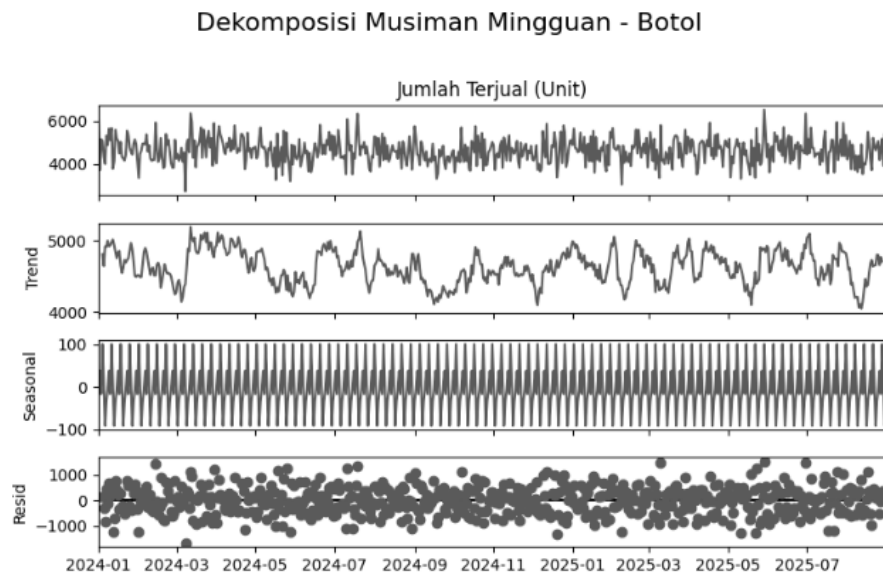
Berdasarkan hasil dekomposisi musiman pada Gambar 6, kategori Galon menunjukkan tren yang relatif stabil dengan pola musiman mingguan yang tidak terlalu kuat. Komponen residual masih menunjukkan beberapa fluktuasi yang tidak dijelaskan oleh tren dan musiman.

Pada Gambar 7, kategori Botol menunjukkan fluktuasi penjualan yang lebih besar dibandingkan Galon. Komponen musiman memperlihatkan pola berulang mingguan, sementara residual menunjukkan adanya variasi lain di luar pola tren dan musiman.

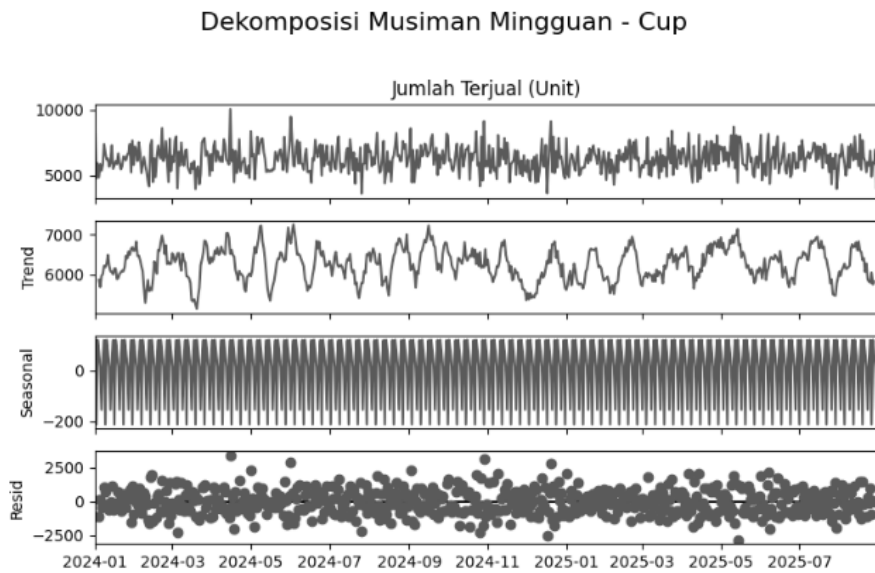
Dekomposisi Musiman Mingguan - Galon



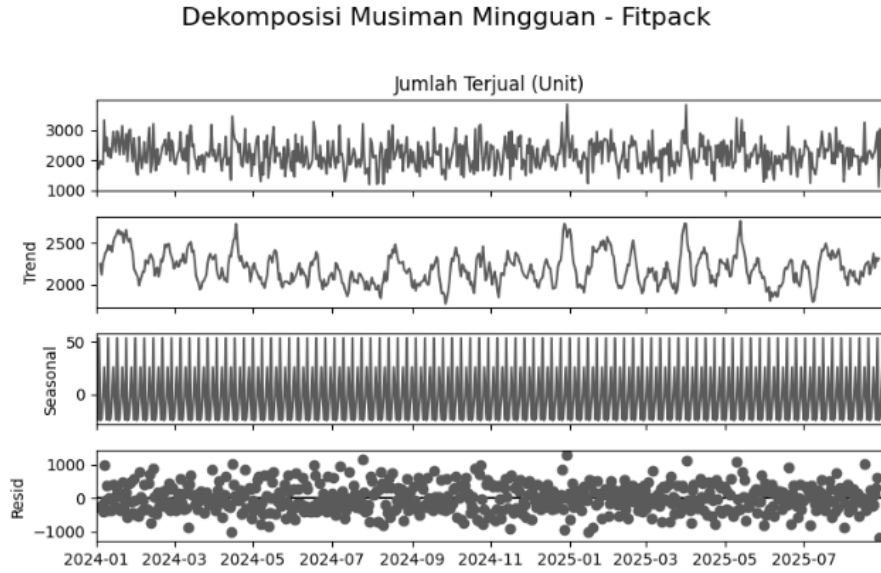
Gambar 6: Dekomposisi musiman mingguan penjualan Galon



Gambar 7: Dekomposisi musiman mingguan penjualan Galon



Gambar 8: Dekomposisi musiman mingguan penjualan Galon



Gambar 9: Dekomposisi musiman mingguan penjualan Galon

Kategori Cup pada Gambar 8 menunjukkan fluktuasi penjualan yang relatif tinggi dengan pola musiman yang cukup terlihat. Sementara itu, kategori Fitpack pada Gambar 9 memiliki tren yang relatif stabil dengan pola musiman yang lebih kecil. Hasil tersebut menunjukkan bahwa keempat kategori memiliki indikasi pola musiman dengan tingkat kekuatan yang berbeda, sehingga komponen musiman perlu dipertimbangkan dalam pemodelan SARIMAX.

3.2 Uji Kestasioneran Data

Uji ADF dilakukan pada seluruh kategori produk untuk memverifikasi asumsi stasioneritas sebelum pemodelan. Tabel 2 menyajikan hasil uji ADF.

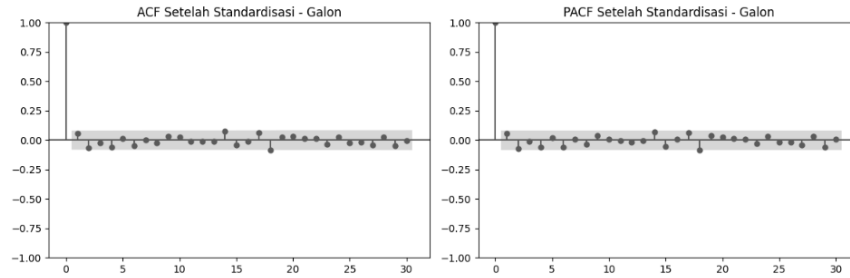
Tabel 2: Hasil Uji *Augmented Dickey-Fuller* (ADF)

Kategori	ADF Statistik	$p\text{-value}$	Keterangan
Galon	-17,9267	$2,89 \times 10^{-19}$	Stasioner
Botol	-6,7790	$2,53 \times 10^{-9}$	Stasioner
Cup	-11,1341	$3,22 \times 10^{-21}$	Stasioner
Fitpack	-23,4157	$< 0,0001$	Stasioner

Seluruh kategori memiliki $p\text{-value}$ jauh di bawah 0,05, sehingga H_0 ditolak dan data dinyatakan stasioner pada level awal. Parameter *differencing* non-musiman ditetapkan $d = 0$. Meskipun demikian, komponen musiman dengan *seasonal differencing* $D = 1$ dan periode $s = 15$ tetap diuji karena hasil analisis *seasonal decomposition* mengindikasikan adanya pola berulang. Grafik ACF dan PACF digunakan sebagai panduan awal penentuan kandidat parameter AR dan MA.

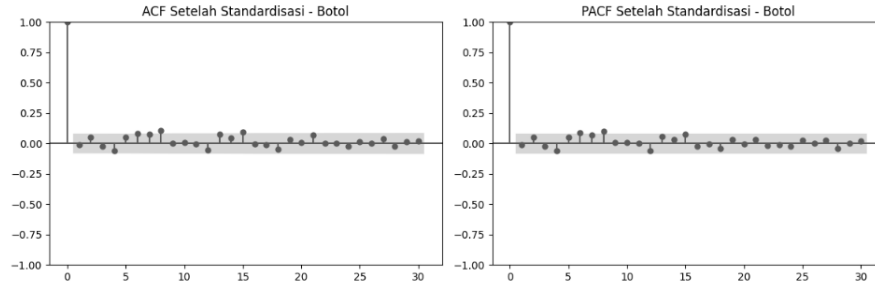
Grafik ACF dan PACF pada Gambar 10–13 menunjukkan bahwa sebagian besar *lag* berada dalam batas *confidence interval* pada kategori Galon dan Fitpack (pola autokorelasi sederhana), sedangkan kategori Cup menunjukkan pola autokorelasi lebih aktif dengan beberapa *lag*

mendekati batas. Hal ini mengindikasikan bahwa penjualan Cup memiliki hubungan antarperiode lebih kompleks yang perlu ditangkap oleh model.



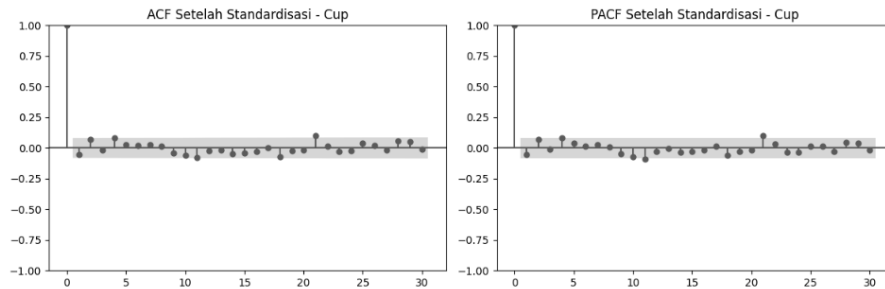
Gambar 10: Plot ACF dan PACF setelah standarisasi data — Galon

Berdasarkan Gambar 10, sebagian besar nilai ACF dan PACF kategori Galon berada di dalam batas *confidence interval*, sehingga autokorelasi antarperiode relatif lemah. Tidak terlihat pola *cut-off* atau *decay* yang dominan, sehingga beberapa kombinasi parameter tetap diuji untuk memperoleh model SARIMAX terbaik.



Gambar 11: Plot ACF dan PACF setelah standarisasi data — Botol

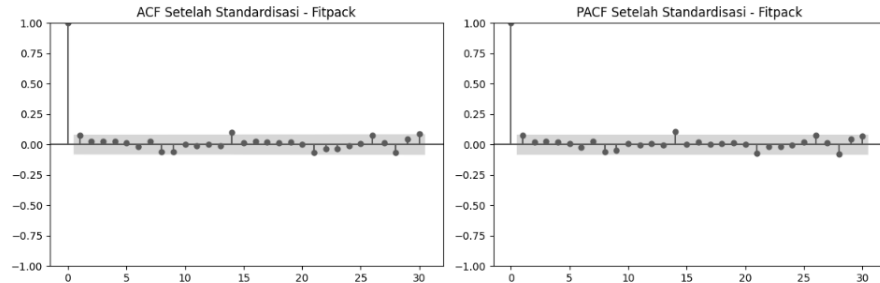
Gambar 11 menunjukkan adanya autokorelasi ringan pada beberapa *lag* awal kategori Botol, sementara sebagian besar *lag* masih berada dalam batas *confidence interval*. Kondisi ini menunjukkan hubungan antarperiode yang relatif sederhana sehingga beberapa kombinasi parameter model diuji dan dibandingkan berdasarkan nilai AIC.



Gambar 12: Plot ACF dan PACF setelah standarisasi data — Cup

Berdasarkan Gambar 12, kategori Cup menunjukkan pola autokorelasi yang lebih aktif

dibandingkan kategori lainnya, dengan beberapa *lag* yang mendekati atau melewati batas *confidence interval*. Hal ini menunjukkan hubungan antarperiode yang lebih kompleks sehingga diperlukan pengujian beberapa kombinasi parameter untuk memperoleh model yang sesuai.



Gambar 13: Plot ACF dan PACF setelah standarisasi data — Fitpack

Gambar 13 menunjukkan bahwa sebagian besar *lag* pada kategori Fitpack berada dalam batas *confidence interval*, sehingga autokorelasi relatif lemah. Meskipun demikian, beberapa kombinasi parameter tetap diuji karena pemilihan model tidak hanya didasarkan pada ACF dan PACF, tetapi juga mempertimbangkan AIC, diagnostik residual, dan akurasi peramalan.

3.3 Pemilihan Model *SARIMAX* Terbaik

Pemodelan dilakukan dengan menguji kandidat model ARIMAX (non-musiman) terlebih dahulu, kemudian dikembangkan dengan menambahkan komponen musiman periode $s = 15$ untuk membentuk model *SARIMAX*. Tabel 3 merangkum kandidat model ARIMAX dan *SARIMAX* terbaik beserta nilai AIC untuk masing-masing kategori produk.

Tabel 3: Perbandingan AIC Model ARIMAX dan *SARIMAX* Terbaik per Kategori

Kategori	ARIMAX Terbaik	AIC ARIMAX	<i>SARIMAX</i> Terbaik	AIC { <i>SARIMAX</i>
Galon	ARIMAX(0,0,2)	1581,41	<i>SARIMAX</i> (1,0,2)(1,1,2) ¹⁵	1508,90
Botol	ARIMAX(2,0,2)	1599,87	<i>SARIMAX</i> (2,0,2)(1,1,2) ¹⁵	1518,72
Cup	ARIMAX(2,0,2)	1576,39	<i>SARIMAX</i> (1,0,2)(1,1,2) ¹⁵	1503,64
Fitpack	ARIMAX(0,0,2)	1590,63	<i>SARIMAX</i> (1,0,1)(1,1,2) ¹⁵	1488,10

Penambahan komponen musiman dengan periode $s = 15$ secara konsisten menurunkan nilai AIC dibandingkan model ARIMAX non-musiman pada seluruh kategori produk. Penurunan AIC terbesar terjadi pada kategori Fitpack (102,53 poin), diikuti Cup (72,76 poin), Botol (81,15 poin), dan Galon (72,51 poin). Penurunan ini menunjukkan bahwa komponen musiman mampu meningkatkan kemampuan model dalam menjelaskan variasi data penjualan secara signifikan.

Tabel 4 menyajikan estimasi parameter model *SARIMAX* terbaik beserta signifikansinya. Variabel eksogen Hari Libur dan Promosi terbukti signifikan ($p\text{-value} < 0,05$) pada seluruh kategori produk, yang mengindikasikan bahwa kedua faktor eksternal memiliki kontribusi nyata terhadap perubahan penjualan AMDK.

Hasil uji diagnostik residual Ljung–Box menunjukkan bahwa seluruh model memenuhi asumsi *white noise*. Nilai Prob(Q) Ljung–Box: Galon = 0,99; Botol = 0,53; Cup = 0,98; dan Fitpack = 0,22. Keempat nilai tersebut jauh di atas 0,05, sehingga H_0 tidak ditolak dan residual dinyatakan

Tabel 4: Estimasi Parameter Model *SARIMAX* Terbaik (Variabel Eksogen)

Kategori	Parameter	Koefisien	Std. Error	z-stat	<i>p-value</i>
Galon	Hari Libur	0,1927	0,039	4,905	0,000
	Promosi	0,2109	0,042	5,040	0,000
Botol	Hari Libur	0,1675	0,036	4,705	0,000
	Promosi	0,1552	0,043	3,610	0,000
Cup	Hari Libur	0,1927	0,036	5,426	0,000
	Promosi	0,2386	0,043	5,535	0,000
Fitpack	Hari Libur	0,1766	0,031	5,662	0,000
	Promosi	0,2407	0,039	6,115	0,000

tidak mengandung autokorelasi. Dengan demikian, seluruh model *SARIMAX* dinyatakan layak digunakan untuk peramalan.

Koefisien Hari Libur dan Promosi bernilai positif pada seluruh kategori produk. Hal ini menunjukkan bahwa hari libur dan aktivitas promosi cenderung meningkatkan penjualan setelah mempertimbangkan pola historis dan komponen musiman dalam model. Koefisien Promosi pada kategori Fitpack (0,2407) dan Cup (0,2386) lebih tinggi dibandingkan Galon (0,2109) dan Botol (0,1552), mengindikasikan bahwa dua kategori tersebut lebih responsif terhadap kegiatan promosi.

3.4 Evaluasi Model pada Data Uji

Evaluasi dilakukan pada data pengujian Agustus 2025 (31 observasi per kategori) menggunakan MAE, RMSE, dan MAPE. Tabel 5 menyajikan hasil lengkap evaluasi model *SARIMAX*.

Tabel 5: Hasil Evaluasi Model *SARIMAX* pada Data Uji (Agustus 2025)

Kategori	MAE (unit)	RMSE (unit)	MAPE (%)	Interpretasi
Galon	25,84	31,39	17,39	Baik
Botol	448,10	541,26	10,57	Baik
Cup	648,48	814,66	11,07	Baik
Fitpack	321,71	422,29	16,69	Baik

Seluruh model menghasilkan MAPE di bawah 20% sehingga termasuk kategori baik. Kategori Botol memiliki performa terbaik (MAPE 10,57%), diikuti Cup (11,07%), Fitpack (16,69%), dan Galon (17,39%). Meskipun MAE dan RMSE Botol dan Cup lebih besar secara nominal dibanding Galon, hal ini wajar mengingat volume penjualan keduanya jauh lebih tinggi. MAPE sebagai ukuran persentase menjadi metrik perbandingan yang lebih relevan antar kategori.

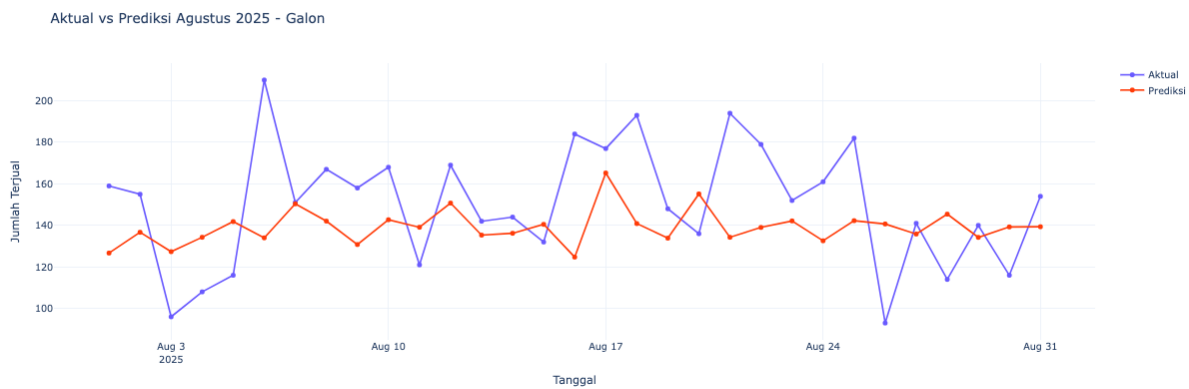
Perbedaan nilai MAPE antar kategori dipengaruhi oleh karakteristik data masing-masing. Kategori Galon (MAPE 17,39%) memiliki fluktuasi harian yang sulit diprediksi meskipun pola umumnya stabil. Penjualan Galon pada beberapa tanggal mengalami lonjakan seperti tanggal 6 Agustus 2025 (210 unit aktual vs 134 prediksi), yang kemungkinan disebabkan pesanan mendadak atau faktor distribusi yang tidak tercakup dalam model.

Kategori Fitpack (MAPE 16,69%) menghadapi tantangan serupa, dengan selisih terbesar pada tanggal 28 Agustus 2025 (1.119 aktual vs 2.116 prediksi) dan 17 Agustus 2025, Hari Ke-

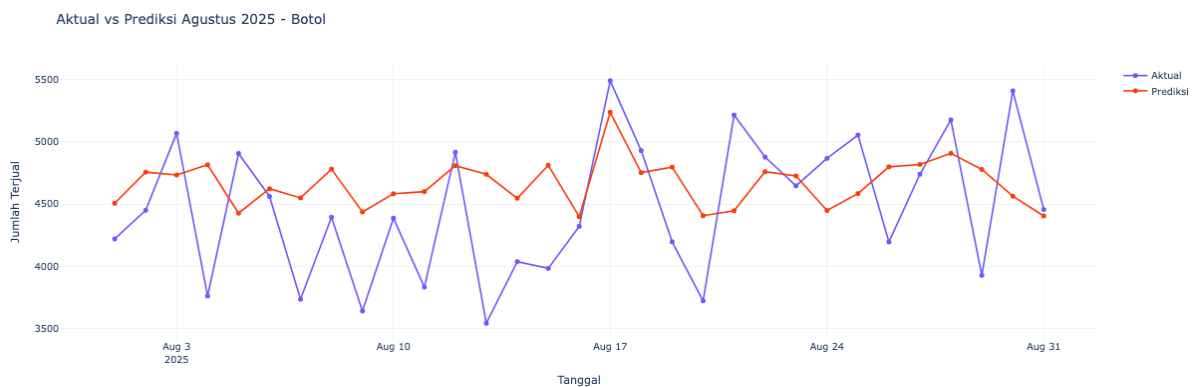
merdekaan (3.252 aktual vs 2.431 prediksi). Model belum sepenuhnya menangkap lonjakan penjualan pada hari besar nasional.

Pada kategori Botol, model mampu memberikan prediksi mendekati nilai aktual pada beberapa tanggal, contohnya tanggal 23 Agustus 2025 (aktual 4.646 vs prediksi 4.622, selisih hanya 24 unit) dan 27 Agustus 2025 (aktual 4.739 vs prediksi 4.768, selisih 29 unit). Secara keseluruhan, kombinasi komponen historis, musiman, dan variabel eksogen dalam *SARIMAX* terbukti efektif dalam menangkap pola sistematis penjualan.

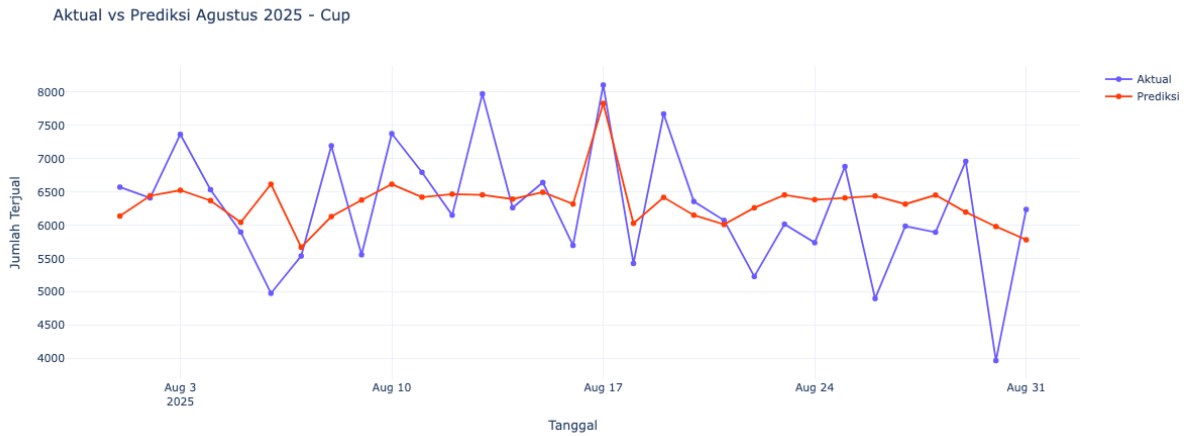
Perbandingan visual antara nilai aktual dan hasil prediksi pada data uji Agustus 2025 untuk setiap kategori disajikan pada Gambar 14–17. Secara umum, garis prediksi bergerak lebih halus mengikuti pola rata-rata dan musiman, sedangkan garis aktual menunjukkan fluktuasi harian yang lebih tajam, terutama pada kategori Galon dan Fitpack.



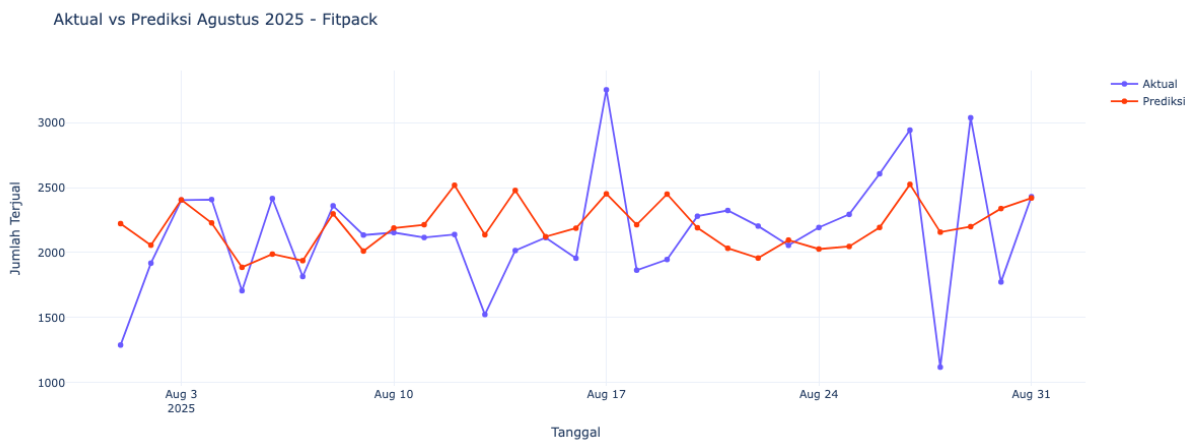
Gambar 14: Aktual vs prediksi Agustus 2025 — Galon



Gambar 15: Aktual vs prediksi Agustus 2025 — Botol



Gambar 16: Aktual vs prediksi Agustus 2025 — Cup



Gambar 17: Aktual vs prediksi Agustus 2025 — Fitpack

3.5 Hasil Peramalan September 2025

Peramalan dilakukan untuk seluruh kategori produk pada periode 1–30 September 2025. Variabel Hari Libur disesuaikan dengan kalender September 2025, sedangkan variabel Promosi diasumsikan bernilai 0 karena tidak tersedia informasi promosi yang direncanakan. Tabel 6 menyajikan ringkasan hasil peramalan.

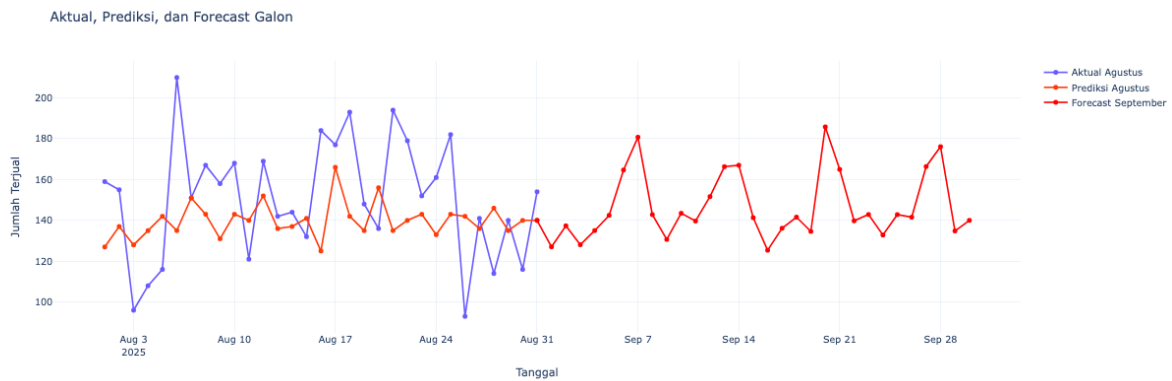
Gambar 18–21 menyajikan hasil peramalan September 2025 yang disambungkan dengan data aktual dan prediksi Agustus 2025, sehingga terlihat kesinambungan pola antara periode pengujian dan periode peramalan pada setiap kategori.

Tabel 6: Ringkasan Hasil Peramalan Penjualan September 2025

Kategori	Rentang Prediksi (unit/hari)	Rata-rata Prediksi (unit/hari)	Tanggal Puncak	Nilai Puncak
Galon	125–186	~146	20 Sep (Minggu)	186 unit
Botol	4.375–5.344	~4.738	28 Sep (Minggu)	5.344 unit
Cup	5.965–7.539	~6.570	6 Sep (Sabtu)	7.539 unit
Fitpack	1.837–2.903	~2.249	27 Sep (Sabtu)	2.903 unit

Tabel 7: Hasil Peramalan Penjualan Produk Galon Periode September 2025

No.	Tanggal	Prediksi	No.	Tanggal	Prediksi
1	01-09-2025	127	16	16-09-2025	125
2	02-09-2025	137	17	17-09-2025	136
3	03-09-2025	128	18	18-09-2025	142
4	04-09-2025	135	19	19-09-2025	135
5	05-09-2025	142	20	20-09-2025	186
6	06-09-2025	165	21	21-09-2025	165
7	07-09-2025	181	22	22-09-2025	140
8	08-09-2025	143	23	23-09-2025	143
9	09-09-2025	131	24	24-09-2025	133
10	10-09-2025	143	25	25-09-2025	143
11	11-09-2025	140	26	26-09-2025	142
12	12-09-2025	152	27	27-09-2025	166
13	13-09-2025	166	28	28-09-2025	176
14	14-09-2025	167	29	29-09-2025	135
15	15-09-2025	141	30	30-09-2025	140



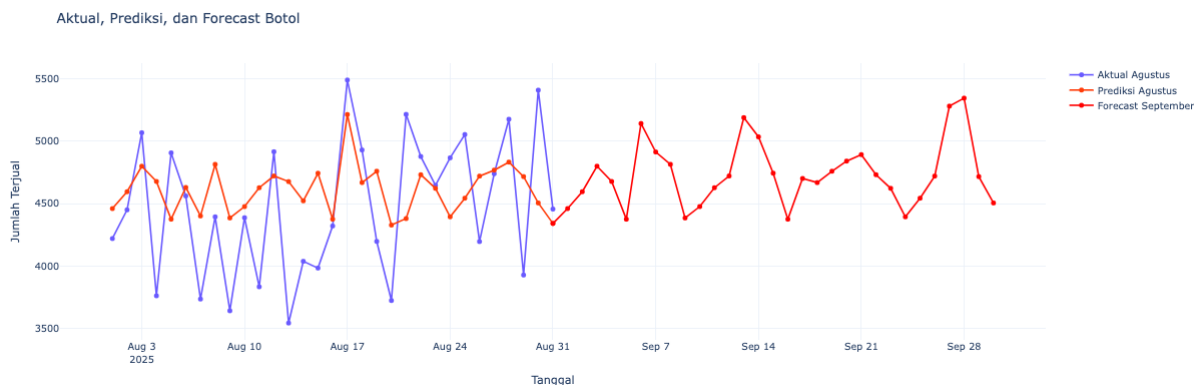
Gambar 18: Aktual, prediksi, dan forecast — Galon

Berdasarkan Tabel 7, hasil peramalan penjualan kategori Galon selama September 2025 menunjukkan nilai prediksi berkisar antara 125 hingga 186 unit per hari. Prediksi tertinggi terjadi pada 20 September 2025 sebesar 186 unit, sedangkan prediksi terendah terjadi pada 16

September 2025 sebesar 125 unit. Secara umum, hasil peramalan menunjukkan bahwa penjualan Galon cenderung berfluktuasi pada kisaran tersebut selama periode peramalan.

Tabel 8: Hasil Peramalan Penjualan Produk Botol Periode September 2025

No.	Tanggal	Prediksi	No.	Tanggal	Prediksi
1	01-09-2025	4460	16	16-09-2025	4375
2	02-09-2025	4595	17	17-09-2025	4701
3	03-09-2025	4799	18	18-09-2025	4668
4	04-09-2025	4677	19	19-09-2025	4759
5	05-09-2025	4375	20	20-09-2025	4840
6	06-09-2025	5141	21	21-09-2025	4892
7	07-09-2025	4913	22	22-09-2025	4731
8	08-09-2025	4914	23	23-09-2025	4622
9	09-09-2025	4385	24	24-09-2025	4394
10	10-09-2025	4476	25	25-09-2025	4543
11	11-09-2025	4627	26	26-09-2025	4720
12	12-09-2025	4721	27	27-09-2025	5280
13	13-09-2025	5188	28	28-09-2025	5344
14	14-09-2025	5034	29	29-09-2025	4716
15	15-09-2025	4743	30	30-09-2025	4505

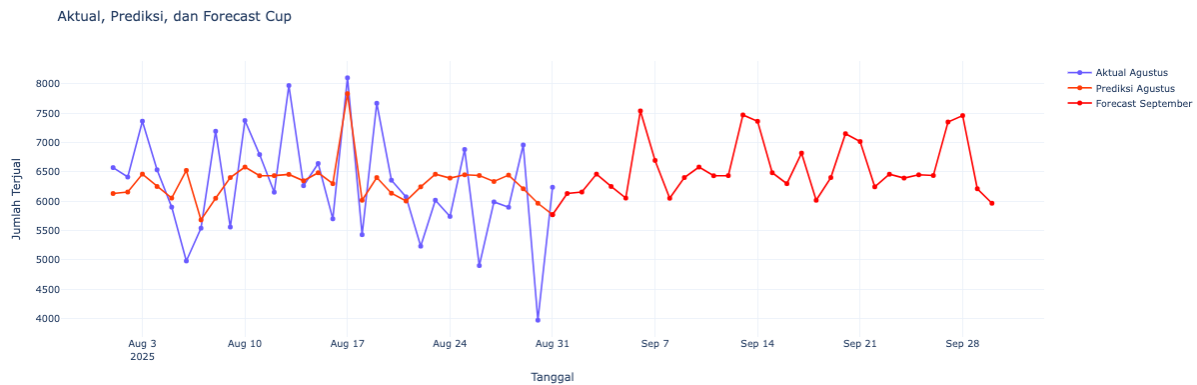


Gambar 19: Aktual, prediksi, dan forecast — Botol

Berdasarkan Tabel 8, hasil peramalan penjualan kategori Botol selama September 2025 menunjukkan nilai prediksi berkisar antara 4.375 hingga 5.344 unit per hari. Prediksi tertinggi terjadi pada 28 September 2025 sebesar 5.344 unit, sedangkan prediksi terendah sebesar 4.375 unit terjadi pada 5 dan 16 September 2025. Secara umum, penjualan Botol diperkirakan mengalami fluktuasi harian selama periode peramalan.

Tabel 9: Hasil Peramalan Penjualan Produk Cup Periode September 2025

No.	Tanggal	Prediksi	No.	Tanggal	Prediksi
1	01-09-2025	6131	16	16-09-2025	6299
2	02-09-2025	6156	17	17-09-2025	6820
3	03-09-2025	6462	18	18-09-2025	6016
4	04-09-2025	6251	19	19-09-2025	6403
5	05-09-2025	6053	20	20-09-2025	7151
6	06-09-2025	7539	21	21-09-2025	7017
7	07-09-2025	6695	22	22-09-2025	6245
8	08-09-2025	6050	23	23-09-2025	6460
9	09-09-2025	6403	24	24-09-2025	6394
10	10-09-2025	6582	25	25-09-2025	6450
11	11-09-2025	6434	26	26-09-2025	6438
12	12-09-2025	6436	27	27-09-2025	7350
13	13-09-2025	7471	28	28-09-2025	7460
14	14-09-2025	7362	29	29-09-2025	6112
15	15-09-2025	6485	30	30-09-2025	5965

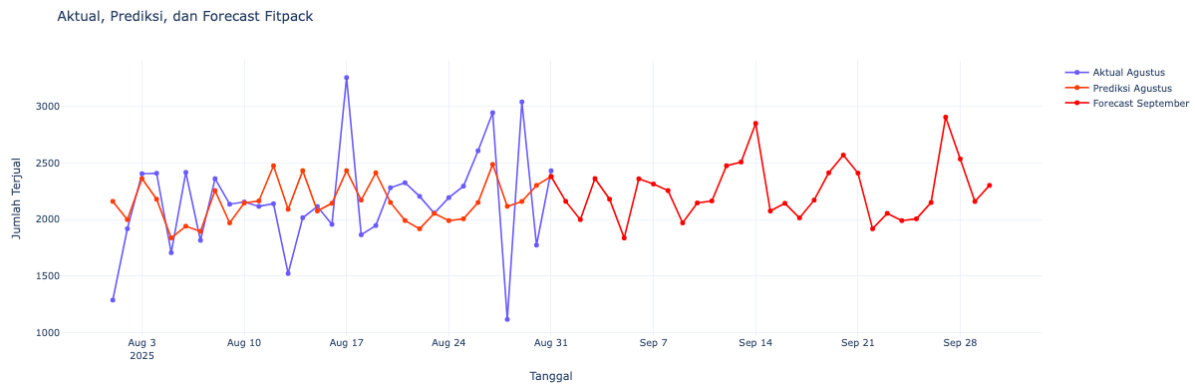


Gambar 20: Aktual, prediksi, dan forecast — Cup

Berdasarkan Tabel 9, hasil peramalan penjualan kategori Cup selama September 2025 menunjukkan nilai prediksi berkisar antara 5.965 hingga 7.539 unit per hari. Prediksi tertinggi terjadi pada 6 September 2025 sebesar 7.539 unit, sedangkan prediksi terendah terjadi pada 30 September 2025 sebesar 5.965 unit. Secara umum, penjualan Cup diperkirakan tetap menunjukkan fluktuasi harian dengan volume penjualan yang relatif tinggi selama periode peramalan.

Tabel 10: Hasil Peramalan Penjualan Produk Fitpack Periode September 2025

No.	Tanggal	Prediksi	No.	Tanggal	Prediksi
1	01-09-2025	2160	16	16-09-2025	2143
2	02-09-2025	1999	17	17-09-2025	2014
3	03-09-2025	2361	18	18-09-2025	2171
4	04-09-2025	2179	19	19-09-2025	2412
5	05-09-2025	1837	20	20-09-2025	2568
6	06-09-2025	2359	21	21-09-2025	2409
7	07-09-2025	2313	22	22-09-2025	1918
8	08-09-2025	2255	23	23-09-2025	2054
9	09-09-2025	1970	24	24-09-2025	1990
10	10-09-2025	2146	25	25-09-2025	2006
11	11-09-2025	2264	26	26-09-2025	2150
12	12-09-2025	2474	27	27-09-2025	2903
13	13-09-2025	2507	28	28-09-2025	2534
14	14-09-2025	2848	29	29-09-2025	2159
15	15-09-2025	2075	30	30-09-2025	2301



Gambar 21: Aktual, prediksi, dan forecast — Fitpack

Berdasarkan Tabel 10, hasil peramalan penjualan kategori Fitpack selama September 2025 menunjukkan nilai prediksi berkisar antara 1.837 hingga 2.903 unit per hari. Prediksi tertinggi terjadi pada 27 September 2025 sebesar 2.903 unit, sedangkan prediksi terendah terjadi pada 5 September 2025 sebesar 1.837 unit. Secara umum, penjualan Fitpack diperkirakan mengalami fluktuasi harian selama periode peramalan dengan volume penjualan yang berada pada kisaran tersebut.

Hasil peramalan menunjukkan kondisi penjualan yang relatif stabil pada seluruh kategori. Pola yang konsisten terlihat pada keempat kategori, yaitu terjadi kecenderungan peningkatan penjualan pada akhir pekan (Sabtu–Minggu), terutama pada tanggal 6–7, 13–14, 20–21, dan 27–28 September 2025. Hal ini sejalan dengan signifikansi variabel Hari Libur dalam model, yang menunjukkan bahwa pola permintaan dipengaruhi oleh kalender.

Kategori Cup tetap menjadi kategori dengan volume penjualan tertinggi (rata-rata ~6.570

unit/hari), diikuti Botol (~ 4.738 unit/hari), Fitpack (~ 2.249 unit/hari), dan Galon (~ 146 unit/hari). Prediksi lebih stabil dibandingkan data aktual Agustus 2025 karena model berbasis pola historis dan komponen musiman, serta variabel Promosi diasumsikan bernilai 0 sehingga tidak ada dorongan tambahan dari aktivitas promosi.

Dari sisi operasional bisnis, perusahaan perlu memberikan perhatian khusus pada periode akhir pekan untuk masing-masing kategori. Untuk Cup, tanggal 6 September (7.539 unit), 13 September (7.471 unit), dan 28 September (7.460 unit) memerlukan persiapan kapasitas produksi dan stok yang lebih tinggi. Untuk Botol, puncak permintaan diperkirakan pada 27–28 September (5.280–5.344 unit/hari).

Dengan nilai MAPE di bawah 20% pada seluruh kategori, hasil peramalan ini memberikan dasar yang cukup andal untuk perencanaan produksi PT Segar Murni Utama. Manajemen disarankan memperbarui model secara berkala dengan data penjualan terbaru agar model tetap mampu mengikuti perubahan pola permintaan di pasar.

4 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil membangun model peramalan penjualan produk AMDK menggunakan metode *SARIMAX* untuk empat kategori produk PT Segar Murni Utama. Model terbaik yang diperoleh adalah *SARIMAX*(1,0,2)(1,1,2)¹⁵ untuk Galon (AIC 1508,90), *SARIMAX*(2,0,2)(1,1,2)¹⁵ untuk Botol (AIC 1518,72), *SARIMAX*(1,0,2)(1,1,2)¹⁵ untuk Cup (AIC 1503,64), dan *SARIMAX*(1,0,1)(1,1,2)¹⁵ untuk Fitpack (AIC 1488,10). Penggunaan komponen musiman dengan periode $s = 15$ secara konsisten menurunkan nilai AIC dibandingkan model *ARIMAX* non-musiman.

Variabel eksogen Hari Libur dan Promosi terbukti signifikan ($p\text{-value} < 0,05$) pada seluruh kategori produk, menunjukkan bahwa kedua faktor eksternal berkontribusi nyata dalam menjelaskan perubahan penjualan. Hasil uji diagnostik residual Ljung–Box mengkonfirmasi bahwa seluruh model memiliki residual bersifat *white noise* ($\text{Prob}(Q) > 0,05$), sehingga dinyatakan layak untuk peramalan.

Evaluasi model menggunakan data uji Agustus 2025 menghasilkan MAPE sebesar 17,39% (Galon), 10,57% (Botol), 11,07% (Cup), dan 16,69% (Fitpack), seluruhnya di bawah 20% sehingga dikategorikan sebagai model dengan akurasi baik. Kategori Botol menghasilkan akurasi terbaik, diikuti Cup, Fitpack, dan Galon.

Peramalan September 2025 menunjukkan kondisi penjualan yang relatif stabil dengan kecenderungan peningkatan pada akhir pekan di seluruh kategori. Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan variabel eksogen lain, seperti cuaca dan harga pesaing, menggunakan *dataset* dengan periode yang lebih panjang, membandingkan metode *SARIMAX* dengan metode lain seperti *Long Short-Term Memory* (LSTM) atau *Prophet*, serta melakukan peramalan untuk jangka waktu yang lebih panjang.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Sarjana Sains Data Universitas Negeri Surabaya serta seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan masukan selama pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Amiri, Y. I. A. and Wardati, N. K. (2025). Peramalan permintaan produk menggunakan arima berbasis data mining. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, 10(3):821–831.
- Annolu, D. A. and Setiafindari, W. (2025). Penerapan time series dalam peramalan penjualan air minum dalam kemasan di cv tirta shahadah. *Jurnal Ilmiah Research Student*, 2(2):824–831.
- Hassyddiqy, H. and Hasdiana, H. (2023). Analisis peramalan (prediksi) penjualan dengan metode arima (autoregressive integrated moving average) pada huebee indonesia. *Data Sciences Indonesia (DSI)*, 2(2):92–100.
- Hyndman, R. J. and Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: Principles and Practice*. OTexts, 2 edition.
- Iskandar, R. and Suarsih, E. (2022). Pengaruh promosi terhadap peningkatan penjualan. *Jurnal Manajemen, Bisnis dan Kewirausahaan*, 2(1):1–8.
- Juliarto, H. K., Purnamasari, I., and Prangga, S. (2024). Peramalan peredaran uang kartal di indonesia menggunakan model hybrid sarimax-neural network. *Jurnal Gaussian*, 12(4):465–476.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2023). Isi piringku: Pedoman makan gizi seimbang.
- Khaw, B., Irwanto, R., Yunis, R., and Elly, E. (2025). Analisis time series dan perancangan dashboard untuk memprediksi penjualan dengan metode prophet dan sarimax. *Jurnal Sifo Mikroskil*, 26(2).
- Khrisna, M., Prabawa, G., and Eunike, A. (2024). Autoregressive integrated moving average dan faktor eksternal (arimax): Sales prediksi. *Jurnal Rekayasa Sistem dan Manajemen*, 1:964–975.
- Latief, N. H., Nur’eni, and Setiawan, I. (2022). Peramalan curah hujan di kota makassar dengan menggunakan metode sarimax. *Statistika*, 22(1):55–63.
- Meliana, D., Suharto, and Endah Suwarni, P. (2020). Analisis peramalan penjualan air minum dalam kemasan 240ml pada pt trijaya tirta darma (great) dengan metode single moving average dan exponential smoothing. *Industri: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 4(2):114–120.
- Nasirudin, F. and Dzikrullah, A. A. (2023). Pemodelan harga cabai indonesia dengan metode seasonal arimax. *Jurnal Statistika dan Aplikasinya*, 7(1):105–115.
- Nurjanah, I. S., Ruhiat, D., and Andiani, D. (2018). Implementasi model autoregressive integrated moving average (arima) untuk peramalan jumlah penumpang kereta api di pulau sumatera. *Jurnal Teorema: Teori dan Riset Matematika*, 3(2).
- PT Segar Murni Utama (2019). Air minum tras. Indonetwork, 20 Desember.
- Putri, A., Laga, B., Wahyuningsih, S., Memi, D., and Hayati, N. (2018). Peramalan penjualan pakaian dengan autoregressive integrated moving average with exogeneous input (arimax) (studi kasus: Penjualan pakaian di toko m al samarinda tahun 2012 s.d. 2016). *Jurnal Eksponensial*, 9(2).
- Supriyo, E. and Noviana, S. N. (2023). Kandungan mikroplastik pada air minum dalam kemasan (amdk) yang beredar di semarang, jawa tengah. *METANA*, 19(2):69–78.
- World Health Organization (2023). Drinking-water.