

Integrasi Model Sarima dengan Optimasi Algoritma Genetika dalam Peramalan Penjualan Sepeda Motor di Indonesia

¹Yohanes Anton Nugroho, ²Hotma Antoni Hutahaean

^{1,2}Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi dan Inovasi,
Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta

E-mail: ¹yohanesanton@uty.ac.id , ²hotma.hutahean@atmajaya.ac.id

ABSTRAK

Penjualan suatu produk akan dipengaruhi oleh berbagai macam faktor, sehingga perlu untuk dianalisis guna mengantisipasi perubahan dalam lingkungan bisnis. Penelitian ini mencoba melakukan analisis terkait Ketepatan dalam peramalan dapat membantu perusahaan membuat kebijakan dan menentukan strategi yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk menguji performa metode Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) dan Algoritma Genetika (GA) dalam meramalkan penjualan sepeda motor di Indonesia. Model SARIMA digunakan untuk meramalkan pola musiman yang terbentuk dari data penjualan, sementara GA diimplementasikan untuk mengoptimalkan parameter model guna meningkatkan akurasi prediksi. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari laporan penjualan sepeda motor di Indonesia mulai tahun 2021 hingga 2024. Kinerja dari peramalan dengan model GA-SARIMA diuji dan dievaluasi menggunakan parameter AIC, MAD, MSE, MAPE, dan MAE. Kinerja semua parameter menunjukkan model GA-SARIMA memiliki nilai terendah, sehingga memiliki kinerja yang lebih baik jika dari SARIMA tradisional. Hasil validasi menggunakan penjualan aktual menunjukkan model GA-SARIMA menunjukkan adanya error pada bulan Januari 2025 sebesar 2.698, sementara pada bulan Februari 2025 sebesar 71.924 . Meskipun masih terdapat error, namun peramalannya masih didalam batas atas dan batas bawah peramalan, sehingga model yang dihasilkan masih mampu meramalkan penjualan sepeda motor di Indonesia.

Kata kunci : Peramalan, SARIMA, Optimasi, Algoritma Genetika, Penjualan Sepeda Motor

ABSTRACT

A variety of factors will influence the sales of a product, so it is necessary to analyze it to anticipate changes in the business environment. This research explores how accuracy in forecasting can help companies make policies and determine the right strategy. This research aims to test the performance of the Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) and Genetic Algorithm (GA) methods in forecasting motorcycle sales in Indonesia. The SARIMA model forecasts seasonal patterns formed from sales data, while GA is implemented to optimize model parameters to improve prediction accuracy. The data used in this research comes from motorcycle sales reports in Indonesia from 2021 to 2024. Forecasting performance with the GA-SARIMA model is tested and evaluated using the AIC, MAD, MSE, MAPE, and MAE parameters. The performance of all parameters shows that the GA-SARIMA model has the lowest value, so it performs better than the traditional SARIMA. The validation results using actual sales show that the GA-SARIMA model shows an error in January 2025 of 2,698, while in February 2025, it is 71,924. Despite the error, the forecasting is still within the upper and lower limits, so the resulting model can still forecast motorcycle sales in Indonesia.

Keyword : Forecasting, SARIMA, Optimization, Genetic Algorithm, Motorcycle sales

1. PENDAHULUAN

Peramalan permintaan menghasilkan suatu prediksi yang dapat digunakan untuk mengatasi ketidakpastian dan membuat keputusan yang tepat. Keakuratan hasil peramalan memiliki peran signifikan dalam pengambilan keputusan strategis serta pengalokasian sumber daya perusahaan (Ahaggach et al., 2024). Perusahaan dapat meminimalkan risiko kelebihan atau kekurangan stok, yang dapat berdampak negatif pada biaya operasional dan kepuasan pelanggan (Husein et al., 2021).

Berbagai metode telah digunakan oleh sejumlah peneliti untuk melakukan peramalan, mulai dari statistik tradisional hingga penggunaan machine learning (Taparia et al., 2023). Pemanfaatan berbagai metode dalam peramalan diharapkan dapat meminimalkan risiko dan mengambil keputusan yang lebih tepat dalam mengelola fluktuasi permintaan dan perubahan pasar, yang berkontribusi pada keberlanjutan dan profitabilitas jangka panjang perusahaan (Dalimunthe et al., 2023).

Penelitian ini mencoba untuk mengembangkan model peramalan berbasis Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA), dimana metode ini adalah merupakan pendekatan statistik populer yang digunakan untuk peramalan deret waktu. ARIMA menggabungkan tiga komponen: autoregresi (AR), differencing (I), dan moving average (MA) (Braun et al., 2014). Peramalan dengan ARIMA sangat sesuai untuk digunakan meramalkan data memiliki pola bukan musiman (Bhardwaj & Duhoon, 2020). Sementara pola deret waktu yang musiman dapat menggunakan model Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA), dimana model ini memperluas ARIMA dengan

menambahkan komponen musiman untuk menangani pola musiman pada data (Adi Soetrisno et al., 2019). Beberapa model SARIMA tidak saja digunakan dalam berbagai peramalan bisnis, seperti pembelian tiket kereta api namun juga dalam peramalan temperatur udara (G. Li & Yang, 2023), cuaca (Puspita et al., 2022), aliran sungai (Tadesse et al., 2017), kualitas udara (Sun & Tian, 2024), dan berbagai objek lain yang memiliki pola data musiman.

Algoritma Genetika atau Genetic Algorithms (GA) merupakan suatu teknik optimasi yang terinspirasi oleh seleksi alam. GA digunakan untuk menemukan solusi optimal dengan secara iteratif meningkatkan satu set kandidat solusi. Dalam pemanfaatannya, sejumlah peneliti menggunakan GA untuk mengidentifikasi dan mengestimasi parameter SARIMA secara paralel, meningkatkan ketahanan dan mengurangi waktu komputasi dibandingkan dengan metode sekuensial (Farsi et al., 2021). Model peramalan deret waktu SARIMA yang dioptimalkan dengan Algoritma Genetika memberikan pendekatan yang kuat dan efisien dalam peramalan dengan pola musiman, menawarkan peningkatan yang signifikan dalam hal akurasi dan efisiensi komputasi dibandingkan metode tradisional. Hanya saja menurut (K. Li et al., 2024) perlu untuk merampingkan fungsi objektif dapat meningkatkan efisiensi model dan mempercepat proses komputasi.

Artikel ini menggunakan data penjualan sepeda motor domestik yang merupakan data penjualan bersama merk kendaraan yang tergabung Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia (AISI), pada periode penjualan tahun 2021 hingga 2024. Sementara peramalan dilakukan untuk durasi waktu tiga bulan, yaitu pada periode penjualan bulan Januari 2025 hingga Maret 2025.

Hasil peramalan dengan metode SARIMA-GA, selanjutnya dibandingkan kinerjanya dengan model-model yang dihasilkan dari peramalan SARIMA tradisional. Adapun hasil perbandingan nilai deviasi dan error dalam peramalan penjualan selanjutnya dapat digunakan untuk mengembangkan model peramalan yang tepat.

2. LANDASAN TEORI

SARIMA merupakan model pengembangan dari ARIMA yang secara spesifik memiliki kemampuan untuk menangkap pola musiman karena siklus musiman yang terlihat pada data, sehingga dapat digunakan pada permintaan di industri ritel, energi, atau sektor lain (Zhao, 2024). Model SARIMA menguntungkan untuk data dengan periodisitas musiman dan tren jangka panjang, karena model ini menyempurnakan parameter untuk memilih model yang optimal untuk prediksi yang akurat (Gao et al., 2020). Metode SARIMA cocok digunakan untuk untuk data yang memiliki variasi yang berulang, baik dengan pengulangan pada interval waktu harian hingga tahunan (Buntara et al., 2023)

Optimasi model SARIMA menggunakan GA dilakukan untuk meningkatkan akurasi dalam peramalan, dimana GA digunakan dalam penentuan parameter model SARIMA. Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Md Maarof et al. (2014) menunjukkan pengoptimalan model SARIMA, sehingga hasil peramalan lebih presisi. Hal yang sama juga didapatkan oleh Tadesse et al. (2017), yang menunjukkan peningkatan akurasi model dalam peramalan, bahkan apabila dibandingkan dengan model lain seperti jaringan saraf buatan.

Evaluasi dan perbandingan model-model SARIMA dilakukan menggunakan nilai P value dan Akaike Information

Criterion (AIC). Nilai P didapatkan dari uji statistik yang digunakan untuk memvalidasi parameter model dan kesesuaian secara keseluruhan. Dimana nilai P yang rendah (biasanya $< 0,05$) menunjukkan bahwa parameter tersebut memiliki kontribusi yang berarti terhadap model (Sil et al., 2019). Sementara AIC merupakan ukuran statistik penting yang digunakan dalam evaluasi dan pemilihan model SARIMA, dimana AIC membantu mengidentifikasi model yang paling tepat dengan menyeimbangkan kesesuaian dan kompleksitas model. Model dengan nilai AIC terendah biasanya dipilih karena menunjukkan keseimbangan terbaik antara kompleksitas model dan kesesuaian (Marzuki & Yen, 2021).

Dalam upaya mengukur kinerja model peramalan, dilakukan analisis terhadap Nilai Mean Absolute Deviation (MAD), Mean Absolute Error (MAE), Mean Square Error (MSE), dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) seperti ditunjukkan dengan metode seperti ditunjukkan pada persamaan 1 hingga 4.

$$MAD = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N |y_t - x_t| \quad (1)$$

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (y_t - x_t)^2 \quad (2)$$

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left| \frac{y_t - x_t}{y_t} \right| \cdot 100\% \quad (3)$$

$$MAE = \frac{\sum_{t=1}^N |y_t - x_t|}{N} \quad (4)$$

Dimana nilai y_t adalah nilai aktual yang terjadi pada waktu t , sementara x_t adalah hasil peramalan waktu t . N menunjukkan jumlah deret waktu yang dianalisis.

3. METODOLOGI

Dalam penelitian ini, model yang digunakan adalah berbasis pada model SARIMA, karena data memiliki pola

musiman. Beberapa peneliti sebelumnya telah Metode SARIMA dirancang untuk meramalkan pola data musiman yang kompleks, sehingga lebih tepat dibandingkan model peramalan non-musiman (Ibrahim & Kurniati, 2023). Hal ini relevan dengan hasil temuan G. Li et al. (2006) yang menunjukkan bahwa metode SARIMA lebih efektif dibandingkan metode lainnya.

Proses peramalan metode GA yang diintegrasikan dalam peramalan dengan model SARIMA dilakukan dalam sejumlah langkah. Adapun langkah dalam penelitian ini mengadopsi langkah optimasi GA-SARIMA yang dikembangkan oleh Md Maarof et al. (2014), dengan demikian langkahnya:

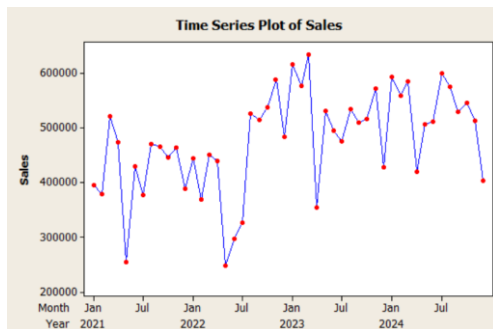
1. Inisialisasi total parameter maksimum model SARIMA (p, d, q) (P, D, Q).
2. Merepresentasikan kromosom dalam empat gen dalam rentang orde maksimum dengan nilai bilangan bulat dimana total dari semua parameter = $(p+q+P+Q)$ dan rentang orde sedemikian rupa sehingga: $0 < p < p_{\max}$, $0 < q < q_{\max}$, $0 < P < P_{\max}$, dan $0 < Q < Q_{\max}$.
3. Membangkitkan jumlah parameter secara acak dan mengurutkan berdasarkan nilai fitness.
4. Menentukan ukuran total populasi dan generasi kromosom yang diinginkan untuk digunakan.
5. Melakukan inisialisasi terhadap generasi yang telah terbentuk.
6. Menghitung nilai fungsi fitness dari setiap kromosom.
7. Memilih kromosom terbaik berdasarkan nilai fitness. Kromosom terbaik akan membentuk populasi baru.
8. Melakukan proses crossover atau proses menggabungkan dua induk untuk menciptakan anak baru.
9. Melakukan proses mutasi, dengan merubah beberapa gen dalam kromosom secara acak
10. Melakukan proses elitisme untuk setiap populasi, kemudian melakukan perhitungan ulang fitness hingga terbentuk kromosom baru.
11. Menghentikan proses, jika generasi maksimum tercapai.
12. Menentukan model terbaik berdasarkan nilai fungsi fitness yang paling tinggi.
13. Menentukan efektivitas dan efisiensi operator genetika gabungan berdasarkan konvergensi tercepat.
14. Melakukan perbaikan parameter pada langkah 3, berdasarkan hasil parameter GA.

Hasil optimasi dengan GA diharapkan dapat digunakan untuk menyempurnakan parameter model SARIMA, sehingga diharapkan dapat diperoleh model GA-SARIMA yang memiliki kinerja yang signifikan dibandingkan model yang didapatkan dari pendekatan SARIMA tradisional. Dengan demikian diharapkan kemampuan prediksi dapat meningkat.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

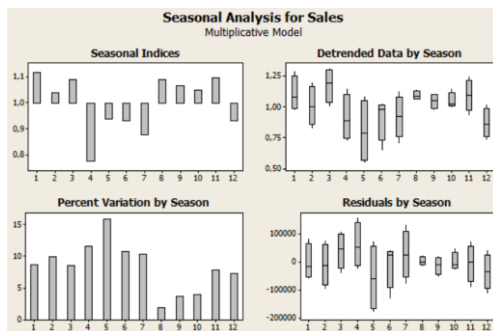
Pengujian program ini dilakukan menggunakan data penjualan yang dipublikasikan oleh AISI bulan Januari 2021 hingga Desember 2024 yang diakses <https://www.aisi.or.id/statistic>. Adapun batasan dalam penelitian yang dilakukan hanyalah menganalisis data penjualan sepeda motor domestik di Indonesia, untuk merk yang terdaftar dalam AISI, yaitu perusahaan Honda, Kawasaki, Suzuki, TVS, dan Yamaha.

Data historis yang didapatkan dalam penelitian ini adalah sebanyak 48 bulan, dimana pengolahannya dilakukan menggunakan Minitab 16 dan Jupyter Notebook. Adapun hasil plot data ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. Time series plot

Berdasarkan hasil dekomposisi dapat dihasilkan persamaan trend yang sesuai adalah $Y_t = 400169 + 3137 \cdot t$. Hal ini menunjukkan bahwa 400169 merupakan estimasi nilai Y saat $t = 0$, sementara 3137 adalah koefisien tren (slope), yang menunjukkan kenaikan yang terjadi pada setiap unit waktu. Untuk melihat apakah data memiliki pola musiman maka dilakukan seasonal analysis pada data penjualan dengan hasil ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Seasonal analysis

Hasil analisis seasonal menunjukkan bahwa seasonal indices menunjukkan nilai antara 0,8 hingga 1,1. Kondisi ini menunjukkan bahwa nilai tertinggi terjadi di periode bulan Januari dan September, memiliki indeks musiman di atas 1,1, sehingga menunjukkan bahwa nilai aktual lebih tinggi dibanding, rata-rata penjualan. Sementara bulan April merupakan data dengan penjualan terendah. Hal ini sehingga menunjukkan bahwa data menunjukkan pola musiman,

sehingga dalam peramalan digunakan pendekatan SARIMA.

Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan bahwa data ditransformasikan 1 kali untuk dapat menghasilkan rounded value 1. Sementara hasil diferensi dilakukan sebanyak 1 kali. Selanjutnya dalam dapat ditentukan nilai d dalam model model (p, d, q) adalah 1. Hasil pengujian dengan grafik ACF menunjukkan bahwa Partial Autocorrelation Function (PACF) menunjukkan lag keluar terjadi pada bulan 1 atau 2, sehingga mengindikasikan nilai p dapat bernilai 1 atau 2. Sementara dari grafik Autocorrelation Function (ACF) dapat ditunjukkan bahwa terdapat 2 lag yang keluar, sehingga nilai q dapat dimungkinkan bernilai 1 atau 2. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka dapat dilakukan percobaan beberapa model. Dimana untuk model SARIMA dilakukan dengan perulangan waktu (s) 12 bulan.

Hasil percobaan dari 12 variasi model yang dapat dibangun dengan ketentuan di atas, menunjukkan hanya terdapat 2 model yang memiliki nilai P Value di bawah batasan sehingga dinyatakan bahwa model yang signifikan adalah model yang ditunjukkan Tabel 1.

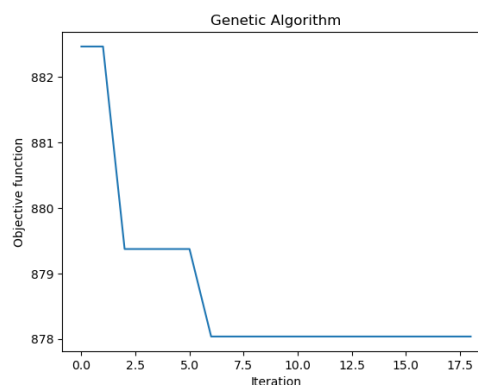
Tabel 1. Perbandingan P value dan AIC

Model	P value	AIC
SARIMA(1,1,0) (0,1,0,12)	0.0013	905.407
SARIMA(1,1,0) (0,1,1,12)	0.06	900.147

Hasil analisis selanjutnya dioptimalkan dengan menggunakan GA. Dimana urutan langkah dalam optimasi dengan metode GA dilakukan dengan menggunakan sejumlah langkah, dimulai dari langkah ke-3, dimana langkahnya:

1. Inisialisasi total parameter maksimum model SARIMA dengan menggunakan

- model (p,d,q) (P,D,Q), dimana nilai D maksimal 1, nilai d, P, Q maksimal 2, dan nilai p, q maksimal 3.
2. Merepresentasikan kromosom dalam empat gen dalam rentang orde maksimum dengan nilai bilangan bulat, yaitu rentang 0-1 untuk nilai D, rentang 0-2 untuk nilai d, P, Q, dan rentang 0-3 untuk nilai p, q.
 3. Membangkitkan jumlah parameter secara acak dan mengurutkan berdasarkan nilai fitness. Dimana jumlah individu awal adalah 10, maksimal iterasi adalah 50, sehingga didapatkan 510 parameter acak. Selanjutnya GA akan mencoba 510 kombinasi parameter acak dan memilih yang menghasilkan AIC terendah.
 4. Menentukan ukuran total populasi dan generasi kromosom yang diinginkan untuk digunakan. Dalam setiap generasi, GA akan memiliki 10 individu/kromosom (kombinasi parameter), dimana setiap individu berisi 6 gen.
 5. Melakukan inisialisasi terhadap generasi yang telah terbentuk. Dimana GA akan menjalankan 50 generasi, namun jika tidak ada perbaikan dalam 10 generasi berturut-turut maka pencarian dihentikan.
 6. Mendapatkan nilai fungsi fitness dari setiap kromosom. Setiap kromosom memiliki fitness berdasarkan AIC, jika nilainya semakin kecil, maka semakin makin baik kromosomnya.
 7. Memilih kromosom terbaik berdasarkan nilai fitness, dimana kromosom terpilih adalah Kromosom terbaik: [2, 1, 2, 1, 1, 2]. Nilai AIC (Fitness Terbaik): 915.34
 8. Melakukan proses crossover dengan menggunakan metode uniform crossover, dimana setiap gen dari anak bisa berasal dari salah satu induknya dengan probabilitas tertentu.
 9. Melakukan proses mutasi dengan menentukan mutation probability sebesar 0.2 atau 20%.
 10. Melakukan proses elitisme dengan menentukan 1% dari kromosom terbaik akan membentuk populasi baru.
 11. Selanjutnya pada setiap populasi, kemudian melakukan perhitungan ulang fitness hingga terbentuk kromosom baru. Dimana hasilnya
 12. Menghentikan proses, jika generasi maksimum tercapai.
 13. Menentukan model terbaik berdasarkan nilai fungsi fitness yang paling tinggi. Hasil [0, 2, 2, 0, 1, 1] dengan nilai AIC adalah 878.04
 14. Menentukan efektivitas dan efisiensi operator genetika gabungan berdasarkan konvergensi tercepat. Dimana hasil perhitungan menunjukkan bahwa Two-Point Crossover lebih cepat dari uniform, mutasi adaptif 10%-20%. Sementara elitisme dibutuhkan sebesar 5-10%. Dengan kombinasi ini, GA bisa konvergen dalam 10-20 generasi
 15. Melakukan perbaikan parameter pada langkah 3, berdasarkan hasil parameter GA.
- Hasil running program GA menghasilkan grafik hasil optimasi, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

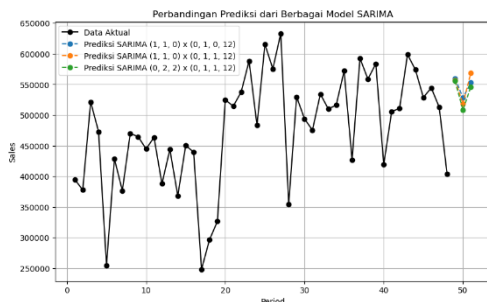


Gambar 3. Hasil optimasi GA

Dari Gambar 3 terlihat bahwa pada awalnya nilai fungsi objektif tinggi (sekitar 882), namun pada iterasi selanjutnya menurun secara bertahap hingga mencapai nilai 878 setelah iterasi ke-7. Hal ini menunjukkan bahwa

algoritma telah menemukan solusi yang optimal atau mengalami konvergensi.

Hasil optimasi algoritma genetika menghasilkan nilai optimasi dengan minimal nilai AIC sebesar sebesar 878.037, sementara model terbaik yang didapatkan adalah GA-SARIMA(0,2,2)(0,1,1,12).



Gambar 4. Perbandingan hasil peramalan

Perbandingan hasil peramalan antara ketiga model ditunjukkan pada Gambar 4. Terlihat bahwa ketiga model menunjukkan pola hasil peramalan yang hampir sama, Untuk mengukur bagaimana kinerja model dilakukan menggunakan parameter yang digunakan pada peramalan, yaitu nilai MAD, MSE, MAPE, MAE. Hasil perbandingan dari ketiga metode menunjukkan hasil seperti Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan kinerja peramalan

Model	SARIMA (1,1,0) (0,1,0,12)	SARIMA (1,1,0) (0,1,1,12)	GA-SARIMA (0,2,2) (0,1,1,12)
MAD	156395.35	153648.94	152243.1
MSE	75847932 42.35	9182518835 .67	6840077214.5 3
MAPE	38.76	38.08	37.73
MAE	60034.87	61198.02	52888.08

Hasil perbandingan nilai MAD, MSE, MAPE, dan MAE pada Tabel 2 menunjukkan bahwa model hasil optimasi GA memiliki nilai deviasi ataupun error yang lebih rendah jika dibandingkan kedua model lainnya. Dengan demikian model GA-SARIMA memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan kedua model, sehingga model ini layak untuk

digunakan dalam peramalan penjualan sepeda motor.

Hasil peramalan penjualan sepeda motor berdasarkan model hasil optimasi GA, yaitu GA-SARIMA (0,2,2)(0,1,1,12) didapatkan hasil seperti ditunjukkan Gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan model terpilih dengan data penjualan aktual

Pengujian hasil peramalan dilakukan dengan melakukan uji validitas prediksi yang membandingkan hasil peramalan dengan jumlah penjualan aktual. Berdasarkan hasil penjualan, didapatkan penjualan aktual sepeda motor domestik aktual bulan Januari 2025 sebesar 560.301 unit, sementara hasil peramalannya 557.603 unit. Sementara pada bulan Februari 2025 jumlah penjualan aktual sebesar 581.277 unit, sementara hasil peramalannya 509.353 unit. Dengan demikian terdapat error sebesar 2.698 pada bulan Januari 2025 dan 71.924 pada bulan Februari 2025. Penjualan riil bulan Maret 2025 belum didapatkan saat penelitian ini dilakukan. Berdasarkan hasil evaluasi dari model tersebut, menunjukkan masih adanya error atau selisih hasil peramalan, namun selisihnya masih terletak di dalam batasan penyimpangan hasil peramalan. Kondisi ini mungkin terjadi, karena pada waktu tertentu, metode peramalan dapat memiliki kinerja yang kurang memadai dalam kasus di mana data memiliki perubahan tren yang tidak terduga atau pola musiman yang rumit (Kwarteng & Andreevich, 2024)

5. KESIMPULAN

Makalah ini mencoba untuk mengembangkan model optimasi GA yang digunakan untuk mengoptimalkan model peramalan berbasis SARIMA. Model yang ada diimplementasikan untuk meramalkan data penjualan sepeda motor anggota AISI pada bulan Januari hingga Maret tahun 2025, dengan data historis penjualan sepeda motor domestik tahun 2021 hingga 2024. Hasil peramalan dengan metode SARIMA tradisional dapat dioptimalkan dengan menggunakan optimasi GA. Sehingga didapatkan model optimal yaitu GA-SARIMA (0,2,2)(0,1,1,12). Kinerja peramalan model GA-SARIMA menunjukkan hasil yang baik, dimana nilai AIC, MAD, MSE, MAPE, dan MAE menunjukkan hasil yang lebih rendah dibanding model tradisional. Hasil prediksi menunjukkan masih terdapat gap antara prediksi dengan jumlah penjualan secara aktual, namun gap yang terjadi masih terletak dalam batas atas dan batas bawah error dalam peramalan.

Secara keseluruhan, integrasi SARIMA dengan GA terbukti memiliki kinerja yang lebih baik dalam meramalkan data penjualan sepeda motor di Indonesia. Penelitian ini berpeluang untuk dikembangkan lebih lanjut dengan menggabungkan teknik optimasi lainnya hasil keakuratan peramalan dapat lebih teruji.

Pengembangan model yang dilakukan dalam penelitian sejalan dengan implementasi praktik keinsinyuran dalam penelitian ini mencakup aspek pengolahan data, pemodelan matematis, dan optimasi. Dengan pendekatan ini, peramalan penjualan sepeda motor di Indonesia dapat dilakukan lebih akurat dan efisien, memberikan manfaat besar bagi keberlangsungan industri otomotif.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Soetrisno, Y. A., Handoyo, E., Ilyasa, M. H., Denis, & Sinuraya, E. W. (2019). T-series analysis for predicting apple prices in Indonesian market using the SARIMA method. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3373477.3373496>
- Ahaggach, H., Abrouk, L., & Lebon, E. (2024). Systematic Mapping Study of Sales Forecasting: Methods, Trends, and Future Directions. *Forecasting*, 6(3), 502–532. <https://doi.org/10.3390/forecast6030028>
- Bhardwaj, R., & Duhoon, V. (2020). Autoregressive integrated moving-averages model for daily rainfall forecasting. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 9(2).
- Braun, M., Bernard, T., Piller, O., & Sedehizade, F. (2014). 24-hours demand forecasting based on SARIMA and support vector machines. *Procedia Engineering*, 89. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.526>
- Buntara, M. S., Napitupulu, H., & Gusriani, N. (2023). Pemrograman Python Untuk Peramalan Data Deret Waktu Menggunakan Metode Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (Sarima). *In Search*, 22(2). <https://doi.org/10.37278/insearch.v22i2.774>
- Dalimunthe, S. B., Ginting, R., & Sinulingga, S. (2023). The Implementation Of Machine Learning In Demand Forecasting: A Review Of Method Used In Demand Forecasting With Machine Learning. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 25(1). <https://doi.org/10.32734/jsti.v25i1.9290>
- Farsi, M., Hosahalli, D., Manjunatha, B. R., Gad, I., Atlam, E.-S., Ahmed, A., Elmarhomy, G., Elmarhoumy, M., & Ghoneim, O. A. (2021). Parallel genetic algorithms for optimizing the SARIMA model for better forecasting of the NCDC weather data. *Alexandria Engineering Journal*, 60(1), 1299–1316.

- <https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.10.052>
- Gao, J., Li, J., & Wang, M. (2020). Time series analysis of cumulative incidences of typhoid and paratyphoid fevers in China using both Grey and SARIMA models. *PLoS ONE*, 15(10 October). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241217>
- Husein, A. M., Lubis, F. R., & Harahap, M. K. (2021). Analisis Prediktif untuk Keputusan Bisnis : Peramalan Penjualan. *Data Sciences Indonesia (DSI)*, 1(1). <https://doi.org/10.47709/dsi.v1i1.1196>
- Ibrahim, L. L., & Kurniati, E. (2023). Peramalan Jumlah Penumpang Kereta Api Eksekutif di Pulau Jawa Menggunakan Model SARIMA. *Jurnal Riset Matematika*. <https://doi.org/10.29313/jrm.v3i1.1747>
- Kwarteng, S. B., & Andreevich, P. A. (2024). Comparative Analysis of ARIMA, SARIMA and Prophet Model in Forecasting. 5(4), 110–120.
- Li, G., Song, H., & Witt, S. F. (2006). Time varying parameter and fixed parameter linear AIDS: An application to tourism demand forecasting. *International Journal of Forecasting*, 22(1). <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2005.03.006>
- Li, G., & Yang, N. (2023). A Hybrid SARIMA-LSTM Model for Air Temperature Forecasting. *Advanced Theory and Simulations*, 6(2). <https://doi.org/10.1002/adts.202200502>
- Li, K., Bao, J., & Yang, M. (2024). Marketing Strategy Optimization: A Case Study Based on SARIMA And Genetic Algorithm. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 101, 172–181. <https://doi.org/10.54097/21zgzn15>
- Marzuki, W. N. A. binti W., & Yen, P. S. (2021). Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average Model for Forecasting Tourist Arrivals in Malaysia. *Review of International Geographical Education Online*, 11(4). <https://doi.org/10.33403/rigeo.8006793>
- Md Maarof, M. Z., Ismail, Z., & Fadzli, M. (2014). Optimization of SARIMA model using genetic algorithm method in forecasting Singapore tourist arrivals to Malaysia. *Applied Mathematical Sciences*, 8(169–172), 8481–8491. <https://doi.org/10.12988/ams.2014.410847>
- Puspita, N., Afendi, F. M., & Sartono, B. (2022). COMPARISON OF SARIMA, SVR, AND GA-SVR METHODS FOR FORECASTING THE NUMBER OF RAINY DAYS IN BENGKULU CITY. *Barekeng*, 16(1), 355–362. <https://doi.org/10.30598/barekengvol16iss1pp353-360>
- Sil, A., Betkerur, J., & Das, N. K. (2019). P-Value demystified. *Indian Dermatology Online Journal*, 10(6). https://doi.org/10.4103/idoj.IDOJ_368_19
- Sun, X., & Tian, Z. (2024). A novel air quality index prediction model based on variational mode decomposition and SARIMA-GA-TCN. *Process Safety and Environmental Protection*, 184, 961–992. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2024.02.010>
- Tadesse, K. B., Dinka, M. O., Alamirew, T., & Moges, S. A. (2017). Evaluation of Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average Models for River Flow Forecasting. *American Journal of Environmental Sciences*, 13(5). <https://doi.org/10.3844/ajessp.2017.378.387>
- Taparia, V., Mishra, P., Gupta, N., & Kumar, D. (2023). Improved Demand Forecasting of a Retail Store Using a Hybrid Machine Learning Model. *Journal of Graphic Era University*. <https://doi.org/10.13052/jgeu0975-1416.1212>
- Zhao, Y. (2024). E-Commerce Demand Forecasting Using SARIMA Model and K-means Clustering Analysis. *Journal of Innovation and Development*, 7(1), 1–6. <https://doi.org/10.54097/ctfb0379>