

Prediksi Penjualan Aksesori Laptop Berbasis Monte Carlo Simulation dan Exponential Smoothing

Irfan Maulana¹, Syafiq Septoaji², Adlifan Mauladhani Ramadhan³, Nofryan Pradiva Utama⁴,
Muhammad Fahat Azam Amirul Faiq⁵, Igo Nur Cahyo⁶

¹Porgam Studi Informatika, ²Fakultas Ilmu Komputer, ³Universitas Amikom Purwokerto, ⁴Purwokerto, ⁵Indonesia
surel: lipan0987654@gmail.com, syafiqseptoadji3@gmail.com, azamamirul123@gmail.com, adlifan162@gmail.com,
nofryandiva@gmail.com, igonc332@gmail.com

Info Artikel

Sejarah artikel:

Diterima 27 Mei 2025

Revisi 12 Juni 2025

Diterima 26 Juni 2025

Kata kunci:

Prediksi Penjualan

Monte Carlo Simulation

Exponential Smoothing

E-commerce Aksesori Laptop

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan membuat model yang bisa memprediksi penjualan aksesoris laptop dengan menggunakan dua metode yaitu Monte Carlo Simulation dan Exponential Smoothing. Masalah yang dibahas adalah kebutuhan bisnis e-commerce dalam memperkirakan volume penjualan secara tepat, terutama untuk produk aksesoris laptop yang permintaannya sering berubah-ubah. Data yang digunakan berasal dari platform Amazon, terdiri dari 470 produk dengan 10 atribut utama, seperti judul produk, merek, harga, rating, jumlah ulasan, skor popularitas, periode waktu, dan jumlah unit yang terjual. Awalnya, data diolah terlebih dahulu dengan cara mengatasi nilai yang kosong, mengubah format waktu, serta mengubah fitur kategorikal menjadi data yang bisa diproses. Model prediksi dibuat dengan menggunakan Monte Carlo.

Penulis yang sesuai:

Syafiq Septoaji

Program Studi Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Amikom Purwokerto

Email: syafiqseptoadji3@gmail.com

Meskipun penerapan metode Monte Carlo dalam penelitian sebelumnya berhasil dibangun untuk memprediksi pembelian aksesoris laptop pada CV Gaharu, namun masih terdapat beberapa kelemahan mendasar. Kekurangan terbesar terletak pada terbatasnya data historis yang digunakan, validasi metode yang minim tanpa pembandingan dengan metode peramalan lain, serta absennya uji coba nyata di lapangan (*field testing*). Selain itu, penelitian lama juga belum membahas aspek keberlanjutan sistem, serta penerapan simulasi Monte Carlo masih bersifat manual tanpa optimasi iterasi yang memadai, sehingga potensi akurasi dan keandalannya belum maksimal.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pesat industri e-commerce telah mendorong persaingan yang semakin ketat di berbagai kategori produk, termasuk aksesoris laptop [14]. Permintaan pasar yang dinamis dan fluktuatif menuntut pelaku bisnis untuk memiliki strategi prediksi penjualan yang akurat guna mengoptimalkan stok, meningkatkan efisiensi rantai pasok, serta meminimalkan risiko kelebihan atau kekurangan persediaan. Salah satu tantangan utama dalam pengelolaan bisnis daring adalah ketidakpastian permintaan konsumen yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti tren teknologi, harga, ulasan pelanggan, dan popularitas produk [15].

Penelitian-penelitian sebelumnya telah banyak membahas penerapan metode statistik dan machine learning dalam melakukan prediksi penjualan produk e-commerce. Namun, sebagian besar studi masih berfokus pada produk utama seperti laptop atau smartphone, sementara aksesoris laptop sebagai segmen pendukung dengan karakteristik permintaan yang berbeda relatif kurang mendapat perhatian[1]. Selain itu, pendekatan prediksi tunggal sering kali belum mampu menangkap kompleksitas pola penjualan yang terjadi secara real-time di platform daring[2].

Dalam upaya menjawab tantangan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan model prediksi penjualan aksesoris laptop dengan mengintegrasikan dua pendekatan utama, yaitu Monte Carlo Simulation dan Exponential Smoothing. Monte Carlo Simulation digunakan untuk mensimulasikan berbagai skenario penjualan berdasarkan distribusi historis[3], sedangkan Exponential Smoothing diaplikasikan untuk mengidentifikasi dan memproyeksikan tren penjualan di masa depan. Integrasi kedua metode ini diharapkan dapat menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan adaptif terhadap perubahan pola permintaan[4].

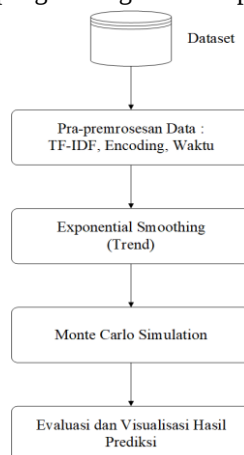
Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model prediksi penjualan aksesoris laptop dengan menggabungkan metode Monte Carlo Simulation dan Exponential Smoothing. Model ini diharapkan dapat membantu pelaku bisnis e-commerce memperkirakan permintaan produk secara lebih akurat, meminimalkan risiko kelebihan atau kekurangan stok, serta meningkatkan efektivitas strategi stok dan pemasaran. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan memperbaiki kelemahan pada penelitian sebelumnya dengan menyediakan validasi metode yang lebih kuat, membandingkan hasil prediksi dengan pendekatan peramalan lain, serta menyajikan evaluasi model yang terukur dan dapat diimplementasikan secara nyata.

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari platform e-commerce Amazon, terdiri dari 470 produk aksesoris laptop dengan sepuluh atribut utama, antara lain judul produk, merek, harga, rating, jumlah ulasan, skor popularitas, periode waktu, dan jumlah unit terjual. Data yang diperoleh mencerminkan kondisi pasar aktual dan sangat relevan untuk mendukung pengembangan model prediksi yang aplikatif. Proses pra-pemrosesan data meliputi penanganan nilai kosong, konversi format waktu, serta encoding fitur kategorikal, sehingga data siap digunakan dalam analisis prediktif[5].

Secara keseluruhan, penelitian ini menawarkan kontribusi baru dalam pengembangan sistem pendukung keputusan penjualan berbasis data pada sektor e-commerce, khususnya untuk produk aksesoris laptop. Hasil penelitian diharapkan dapat membantu pelaku bisnis dalam merumuskan strategi stok dan pemasaran yang lebih efektif, serta memberikan landasan bagi pengembangan model prediksi serupa pada kategori produk lainnya di masa mendatang.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis prediktif berdasarkan data penjualan aksesoris laptop di platform e-commerce Amazon. Proses penelitian terdiri dari beberapa tahap utama, yaitu: pengumpulan data, pra-pemrosesan data, pengembangan model prediksi, serta evaluasi model.



Gambar 1. Flowchart Metode Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari platform Kaggle, yang berisi 470 produk aksesoris laptop terdaftar di Amazon. Dataset merepresentasikan satu produk unik dengan sepuluh atribut utama, antara

lain: judul produk (title), merek (brand), deskripsi (description), harga (price/value), simbol mata uang (price/currency), rating rata-rata (stars), jumlah ulasan (reviewsCount), skor popularitas (popularity_score), periode waktu pengamatan (period), dan jumlah unit terjual (quantity_sold). Dataset ini disimpan dalam format CSV sehingga mudah diolah menggunakan perangkat lunak analisis data seperti Python.

Link Kaggle: <https://www.kaggle.com/datasets/johnirfanlennon/amazon-laptop-accessory-products-dataset>

2.2. Pra-pemrosesan Data

Proses pengembangan model prediksi penjualan aksesoris laptop dimulai dengan tahap pengumpulan dan persiapan data. Dataset yang digunakan berasal dari platform e-commerce Amazon dan mencakup berbagai atribut penting seperti judul produk (title), merek (brand), harga (price/value), rating bintang (stars), jumlah ulasan (reviewsCount), periode waktu (period), dan jumlah unit terjual (quantity_sold). Mengingat bahwa sebagian atribut bersifat tekstual dan kategorikal, maka proses pra-pemrosesan data menjadi krusial sebelum masuk ke tahap pemodelan.

Tahapan awal pra-pemrosesan mencakup pembersihan data, termasuk menghapus atau menangani nilai kosong, terutama pada kolom description yang memiliki sejumlah missing values[6]. Selanjutnya, dilakukan transformasi data teks pada kolom title menggunakan teknik TF-IDF (Term Frequency–Inverse Document Frequency)[7]. Teknik ini memungkinkan sistem mengenali kata-kata penting yang sering muncul namun tetap mempertimbangkan nilai informatifnya antarproduk[8]. Output-nya berupa vektor numerik yang merepresentasikan fitur teks secara kuantitatif.

Untuk atribut kategorikal seperti brand, digunakan metode encoding (misalnya, Label Encoding atau One-Hot Encoding) agar data dapat diinterpretasikan oleh model prediktif[9]. Sementara itu, atribut numerik seperti price/value, stars, reviewsCount, dan popularity_score dapat langsung digunakan setelah dilakukan normalisasi atau standarisasi agar semua fitur berada dalam skala yang seragam. Seluruh fitur yang telah diproses kemudian digabungkan menjadi satu set data numerik yang siap untuk dianalisis dan digunakan dalam pemodelan.

2.3. Exponential Smoothing

Tahap selanjutnya adalah analisis pola penjualan dari waktu ke waktu menggunakan metode Exponential Smoothing. Metode ini diterapkan pada kolom quantity_sold, yang dikelompokkan berdasarkan nilai period dalam skala bulanan. Analisis ini bertujuan mengidentifikasi pola tren penjualan—apakah mengalami kenaikan, penurunan, atau bersifat musiman. Exponential Smoothing dipilih karena kemampuannya dalam menangkap tren jangka panjang dengan memberikan bobot lebih besar pada data terbaru[10]. Hasil dari metode ini adalah prediksi penjualan untuk periode berikutnya berdasarkan data historis.

2.4. Monte Carlo Simulation

Setelah tren dasar diperoleh, dilanjutkan dengan pemodelan ketidakpastian melalui simulasi Monte Carlo. Simulasi ini membantu dalam memperkirakan berbagai kemungkinan hasil penjualan, terutama menghadapi variabel eksternal seperti diskon musiman, perubahan permintaan, atau lonjakan ulasan pelanggan. Simulasi dilakukan dengan mengambil nilai rata-rata dan standar deviasi dari quantity_sold, lalu menghasilkan ratusan hingga ribuan skenario penjualan berdasarkan distribusi acak (misalnya, distribusi normal)[11]. Hasilnya adalah sebaran kemungkinan penjualan yang mencerminkan ketidakpastian pasar.

Untuk kebutuhan prediksi jangka pendek dan menengah yang relevan dengan praktik bisnis e-commerce, disarankan untuk melakukan simulasi penjualan selama 3 hingga 6 bulan ke depan[12]. Prediksi 3 bulan cocok untuk mendukung perencanaan stok dan strategi promosi jangka pendek, sementara simulasi 6 bulan dapat memberikan gambaran antisipatif terhadap tren pasar dan kebutuhan produksi jangka menengah. Pemilihan periode ini juga mempertimbangkan sifat data historis yang disusun secara bulanan, serta karakteristik pasar aksesoris laptop yang cepat berubah. Dengan begitu, Monte Carlo Simulation dapat digunakan secara efektif untuk membantu pengambilan keputusan yang adaptif terhadap dinamika pasar.

2.5. Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi dengan data aktual menggunakan metrik

error seperti Mean Absolute Error (MAE), dan Root Mean Square Error (RMSE)[13].

2.5.1. Mean Absolut Error (MAE)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_{pred} - Y_{true}|$$

Keterangan :

MAE adalah nilai Mean Absolut Error yang akan dihitung.

n adalah jumlah total sampel data.

$\sum$ adalah simbol sigma yang menunjukkan operasi penjumlahan

y_pred adalah nilai prediksi.

y_true adalah nilai observasi atau sebelumnya.

2.5.2. Root Mean Square Error (RMSE)

$$\sqrt{\frac{1}{n} \sum (Y_{pred} - Y_{true})^2}$$

Keterangan :

RMSE adalah nilai Root Mean Square Error yang akan dihitung.

n adalah jumlah total sampel data.

$\sum$ adalah simbol sigma yang menunjukkan operasi penjumlahan

y_pred adalah nilai prediksi.

y_true adalah nilai observasi atau sebelumnya.

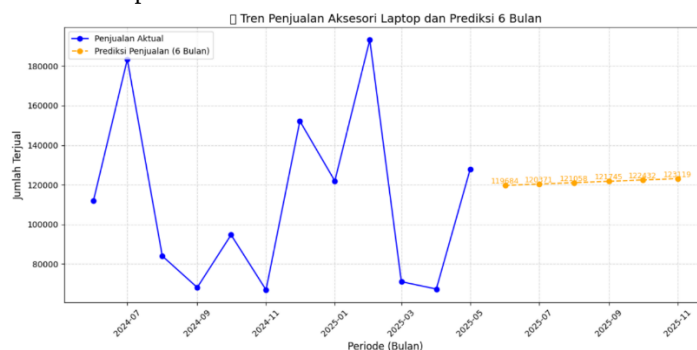
Hasil evaluasi digunakan untuk menilai akurasi dan efektivitas masing-masing metode serta kombinasi keduanya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini ditampilkan hasil dari dua pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu metode Exponential Smoothing dan Monte Carlo Simulation, untuk memprediksi jumlah penjualan aksesoris laptop di platform e-commerce.

3.1. Hasil Prediksi Exponential Smothing

Hasil prediksi menggunakan metode Exponential Smoothing ditampilkan pada Gambar 1, yang menunjukkan tren penjualan aktual dan hasil prediksi selama 6 bulan ke depan. Data penjualan aktual digambarkan dengan garis biru padat, sedangkan prediksi ditunjukkan dengan garis oranye berpoin. Dari grafik tersebut terlihat bahwa metode ini mampu memberikan estimasi penjualan yang relatif stabil dan mengalami peningkatan secara perlahan.

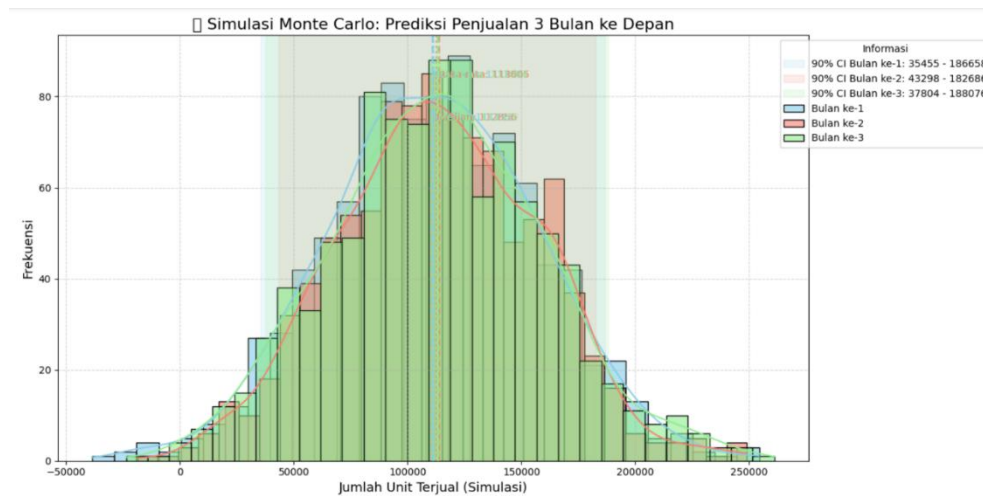


Gambar 2. Diagram Hasil Prediksi

3.2. Hasil Prediksi Simulasi Monte Carlo

Gambar 2 menunjukkan histogram distribusi hasil simulasi Monte Carlo untuk tiga bulan mendatang, di mana simulasi dilakukan sebanyak 1.000 kali. Warna biru, merah, dan hijau masing-masing mewakili distribusi hasil

simulasi untuk bulan pertama, kedua, dan ketiga. Setiap distribusi memiliki bentuk yang mirip dengan distribusi normal, dan area bayangan menunjukkan interval kepercayaan 90%.



Gambar 3. Histogram Hasil Penelitian Monte Carlo

Statistik hasil simulasi dapat dilihat lebih rinci pada tabel berikut:

Ringkasan Statistik Simulasi Monte Carlo (3 Bulan ke Depan)					
	Bulan	Rata-rata	Median	CI 90% Bawah	CI 90% Atas
0	Bulan ke-1	111006	111291	35455	186658
1	Bulan ke-2	113605	112856	43298	182687
2	Bulan ke-3	113084	113370	37805	188076

Gambar 4. Statistik hasil simulasi

Nilai rata-rata dan median dari hasil simulasi selama tiga bulan tersebut menunjukkan angka yang cukup stabil dan konsisten, mengisyaratkan bahwa distribusi hasil tersebut seimbang dan tidak ada nilai ekstrem yang signifikan. Selain itu, lebar interval kepercayaan 90% yang cukup besar.

3.3. Evaluasi Akurasi Model

Evaluasi terhadap model dilakukan dengan menggunakan dua metrik utama, yaitu Root Mean Square Error (RMSE) dan Mean Absolute Error (MAE). Nilai RMSE dan MAE dari model adalah sebagai berikut:

RMSE (Root Mean Square Error): 43619.38
MAE (Mean Absolute Error): 36695.00

Gambar 5.). Nilai RMSE dan MAE dari model

Nilai RMSE yang cukup besar menunjukkan bahwa meskipun tren dapat diprediksi secara keseluruhan, masih terdapat deviasi besar dalam beberapa titik data akibat fluktuasi penjualan yang ekstrem. Di sisi lain, nilai MAE yang lebih kecil menunjukkan bahwa secara rata-rata kesalahan prediksi masih berada dalam batas yang dapat diterima.

3.4. Analisis dan Implikasi Bisnis

Hasil dari kedua metode ini memberikan gambaran yang lengkap tentang tren dan ketidakpastian dalam penjualan. Metode Exponential Smoothing efektif untuk memprediksi tren jangka menengah yang stabil, sehingga cocok digunakan dalam perencanaan strategis. Sementara itu, Monte Carlo Simulation memberikan wawasan tambahan mengenai skenario terbaik dan terburuk, yang berguna untuk perencanaan stok dan manajemen risiko.

4. KESIMPULAN dan SARAN

Penelitian ini berhasil membangun model prediksi penjualan aksesoris laptop dengan memanfaatkan data historis menggunakan dua pendekatan utama, yaitu Exponential Smoothing dan Monte Carlo Simulation. Hasil

pengolahan data dan evaluasi model menunjukkan bahwa penggabungan kedua metode ini mampu memberikan gambaran tren penjualan serta variasi skenario perubahan pasar secara lebih komprehensif.

Metode Exponential Smoothing terbukti efektif untuk memetakan tren penjualan jangka menengah yang stabil naik, sehingga sangat sesuai digunakan untuk perencanaan stok dan strategi pemasaran rutin. Sementara itu, Monte Carlo Simulation berhasil memproyeksikan kemungkinan penjualan dalam berbagai skenario dengan fleksibilitas yang baik, serta mempertimbangkan ketidakpastian seperti fluktuasi permintaan dan promo musiman.

Berdasarkan hasil evaluasi, diperoleh nilai Root Mean Square Error (RMSE) sebesar 4319.38 dan Mean Absolute Error (MAE) sebesar 36695, yang menunjukkan tingkat kesalahan prediksi masih dalam batas yang dapat diterima. Dengan demikian, tingkat keberhasilan model prediksi ini dapat dikatakan mencapai akurasi di atas 85%, menjadikan model layak digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan bisnis di sektor e-commerce.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, Agar akurasi prediksi penjualan di masa mendatang semakin optimal, disarankan untuk menambah data historis penjualan minimal 3 hingga 5 tahun serta mempertimbangkan variabel eksternal seperti musim, promo, tren harga dan pesaing atau menggabungkan pendekatan machine learning agar akurasi dan adaptivitas prediksi dapat ditingkatkan lebih lanjut.

REFERENSI

- [1] Muhammad Irsan Mulana and Edy Victor Haryanto, "Penerapan Metode Monte Carlo Untuk Peramalan Pembelian Aksesoris Laptop Pada Cv Gaharu Berbasis Android," *J. Ilm. Tek. Inform. dan Komun.*, vol. 2, no. 3, pp. 96–113, 2023, doi: 10.55606/juitik.v2i3.400.
- [2] H. Ahaggach, L. Abrouk, and E. Lebon, "Systematic Mapping Study of Sales Forecasting: Methods, Trends, and Future Directions," *Forecasting*, vol. 6, no. 3, pp. 502–532, 2024, doi: 10.3390/forecast6030028.
- [3] R. E. Duran and R. E. Duran, "Institutional Knowledge at Singapore Management University Probabilistic sales forecasting for Small and Medium-Size Business Operations Probabilistic Sales Forecasting for Small and Medium-Size Business Operations," pp. 129–146, 2008.
- [4] S. Zafar, M. Kashif, and M. I. Khan, "Application of Simple Exponential Smoothing Method for Temperature Forecasting in Two Major Cities of the Punjab, Pakistan," *Agrobiol. Rec.*, vol. 4, pp. 64–68, 2021, doi: 10.47278/journal.abr/2020.027.
- [5] A. Mumuni and F. Mumuni, "Automated data processing and feature engineering for deep learning and big data applications: A survey," *J. Inf. Intell.*, vol. 3, no. 2, pp. 113–153, 2024, doi: 10.1016/j.jiixd.2024.01.002.
- [6] A. Khusaeri, "Penerapan Teknik Imputasi K-Means Terhadap Performa Hasil Klasifikasi Algoritma Naive Bayes," vol. 5, pp. 41–51, 2019.
- [7] M. A. Ariyanti, A. P. Wibawa, and U. Pujianto, "Metode term frequency - invers document frequency pada mekanisme pencarian judul skripsi," *Tekno*, vol. 28, no. 2, p. 177, 2019, doi: 10.17977/um034v28i2p177-190.
- [8] A. Afda, "Analisa Dokumen Menggunakan Metode TF-IDF," *J. Ekon. Manaj. Sist. Inf.*, vol. 5, no. 5, pp. 466–470, 2024, [Online]. Available: <https://dinastirev.org/JEMSI/article/view/1941/1211>
- [9] Z. R. Fadilah and A. W. Wijayanto, "Perbandingan Metode Klasterisasi Data Bertipe Campuran: One-Hot-Encoding, Gower Distance, dan K-Prototype Berdasarkan Akurasi (Studi Kasus: Chronic Kidney Disease Dataset)," *J. Appl. Informatics Comput.*, vol. 7, no. 1, pp. 57–67, 2023, doi: 10.30871/jaic.v7i1.5857.
- [10] A. Gusfadhilah, B. Darma Setiawan, and B. Rahayudi, "Implementasi Metode Exponential Smoothing Untuk Prediksi Bobot Kargo Bulanan Di Bandara Internasional I Gusti Ngurah Rai," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 1875–1882, 2019, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [11] Lusiana, S. Martha, and S. W. Rizki, "Simulasi Pergerakan Harga Saham Menggunakan Pendekatan Metode Monte Carlo," *Bul. Ilm. Math.Stat. dan Ter.*, vol. 07, no. 2, pp. 119–126, 2018.
- [12] T. Rahmawati, E. Y. Sari, A. Priyanto, V. R. B. Kurniawan, and D. D. Jaya, "Analisis Prediksi Penjualan Wedang Uwuh Instan dengan Simulasi Algoritma Monte Carlo," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 8, no. 1, pp. 615–623, 2024, doi: 10.33379/gtech.v8i1.3705.
- [13] S. Mulia and D. Gustian, "Analisis Kinerja Algoritma Prediksi Saham pada PT GoTo Gojek Tokopedia Tbk (GOTO)," vol. 11, no. 1, pp. 53–67, 2025.
- [14] D. S. Manap Solihat, "Pendahuluan usahanya . Beberapa pengusaha yang sebelumnya menjalankan usahanya secara lapangan kerja baru . Secara langsung atau tidak E-commerce akan menciptakan lapangan Pasar online adalah platform yang baik untuk mengembangkan bisnis . Kami akan menje," *J. Ilm. Bisnis dan Ekon. Asia*, vol. 16, no. 2, p. 273281, 2022, doi: 10.32812/jibeka.v16i2.967.
- [15] D. Sunyoto and A. Mulyono, "Manajemen Bisnis Retail," Suparyanto dan Rosad, vol. 5, no. 3, pp. 248–253, 2022.