

PENGEMBANGAN APLIKASI PREDIKSI HARGA MOTOR BEKAS BERBASIS REGRESI LINEAR BERGANDA DENGAN MEMPERTIMBANGKAN FAKTOR PENENTU HARGA

Muhammad Riko Ardiansyah^{1*}, Yudo Bismo Utomo², Moh. Syaiful Anam³

¹²³Program Studi Teknik Komputer, Universitas Islam Kadiri , Kediri 64128, Indonesia

rikodecoder1@gmail.com, yudobismo@uniska-kediri.ac.id, anam@uniska-kediri.ac.id

Abstrak

Dalam industri perdagangan motor bekas, penentuan harga jual seringkali bergantung pada intuisi pemilik showroom, yang dapat menimbulkan ketidakakuratan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi prediksi harga motor bekas menggunakan metode Regresi Linear Berganda. Data dikumpulkan melalui web scraping dari OLX dan catatan harga showroom. Model dikembangkan menggunakan algoritma multiple linear regression dan diimplementasikan dalam aplikasi web berbasis Flask. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model memiliki tingkat akurasi tinggi dengan skor rata-rata 91,2%. Selain itu, hasil kuesioner user testing memperoleh rata-rata skor 4,5 dari 5, menunjukkan penerimaan yang baik dari pengguna showroom. Kesimpulannya, aplikasi ini mampu membantu showroom menetapkan harga motor bekas secara lebih objektif, cepat, dan efisien, serta mengurangi ketergantungan pada penilaian subjektif.

Kata kunci: prediksi harga, regresi linear berganda, motor bekas, machine learning, showroom.

Abstract

In the used motorcycle trade industry, pricing decisions often rely on the intuition of showroom owners, which can lead to inaccuracies. This study aims to develop a used motorcycle price prediction application using the Multiple Linear Regression method. Data were collected through web scraping from OLX and showroom price records. The model was developed using the Multiple Linear Regression algorithm and implemented in a web application based on Flask. Testing results showed that the model achieved a high level of accuracy with average score 91,2%. Additionally, user testing through questionnaires yielded an average score of 4.5 out of 5, indicating a strong acceptance from showroom users. In conclusion, this application effectively assists showrooms in setting used motorcycle prices more objectively, quickly, and efficiently, while reducing dependence on subjective judgment.

Keywords: *price prediction, multiple linear regression, used motorcycles, machine learning, showroom.*

1. PENDAHULUAN

Pasar motor bekas di Indonesia mengalami perkembangan pesat, dengan peningkatan jumlah transaksi yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor utama, seperti harga motor baru yang semakin mahal, inflasi ekonomi, dan meningkatnya permintaan kendaraan untuk transportasi pribadi.

Menurut laporan Balai Lelang JBA Indonesia, jumlah transaksi motor bekas mencapai 145.000 unit pada tahun 2023, meningkat sebesar 22% dibandingkan tahun sebelumnya. Honda BeAT, Yamaha Gear, dan Honda Scoopy menjadi model yang paling banyak dicari, menunjukkan bahwa segmen skuter matic masih mendominasi pasar motor bekas[1].

Meskipun pasar motor bekas berkembang, proses penentuan harga jual motor bekas masih menjadi tantangan bagi banyak showroom. Saat ini, banyak showroom masih menggunakan metode manual dalam menentukan harga, dengan mempertimbangkan pengalaman pribadi pemilik dan perbandingan harga di pasar. Cara ini memiliki beberapa kelemahan:

1. Kurangnya standar harga – Harga motor yang sama bisa berbeda di tiap showroom, tergantung pada intuisi masing-masing pemilik.
2. Proses yang lambat – Karyawan showroom perlu berkonsultasi dengan pemilik sebelum menentukan harga, sehingga memperlambat transaksi.

Dalam era digital, teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence) dan Machine Learning semakin berkembang dan dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan ini[2]. Salah satu metode yang efektif untuk prediksi harga adalah Linear Regression, yang dapat mengidentifikasi pola dari data historis dan menghasilkan prediksi harga yang lebih akurat dan objektif.

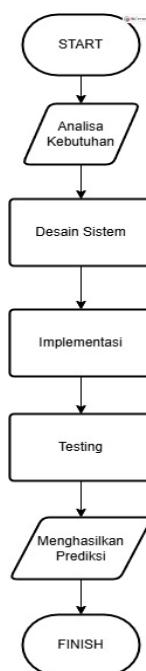
Dengan adanya sistem berbasis Machine Learning, showroom dapat menetapkan harga motor bekas dengan lebih cepat, konsisten, dan transparan. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan aplikasi berbasis web yang menggunakan metode Linear Regression untuk memprediksi harga motor bekas berdasarkan faktor-faktor utama seperti perusahaan, model, tahun produksi, kilometer tempuh, dan jenis bahan bakar.

2. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan pendekatan ilmiah yang digunakan untuk menyelidiki dan menelusuri suatu permasalahan dengan cara kerja yang sistematis, cermat, dan teliti, mencakup pengumpulan, pengolahan, analisis data, serta penarikan kesimpulan secara objektif guna memecahkan masalah atau menguji hipotesis untuk memperoleh pengetahuan yang bermanfaat.

Dalam penelitian ini, penulis mengadopsi model Waterfall sebagai metode

pengembangan perangkat lunak, di mana proses pengembangannya dilakukan secara berurutan melalui tahapan analisis kebutuhan (requirement), perancangan (design), implementasi (implementation), pengujian (testing), hingga pemeliharaan (maintenance). Setiap tahapan harus diselesaikan sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya, sehingga memastikan hasil yang lebih terstruktur dan terkontrol dalam pengembangan sistem[3], [4].



Gambar 1 Flowchart System

2.1 Prediksi Harga Motor

Prediksi merupakan proses peramalan suatu nilai berdasarkan pola yang ditemukan dalam data historis [5]. Dalam konteks penelitian ini, prediksi digunakan untuk memperkirakan harga motor bekas berdasarkan berbagai variabel yang berpengaruh, seperti Perusahaan, Model, Tahun Produksi, Kilometer Tempuh, dan Jenis Bahan Bakar. Dengan menganalisis hubungan antara variabel-variabel ini, model prediksi dapat mengidentifikasi pola yang digunakan untuk menentukan harga kendaraan secara lebih objektif dan akurat. Metode Regresi Linier Berganda diterapkan dalam penelitian ini untuk memprediksi harga motor berdasarkan data historis yang telah dikumpulkan dan dibersihkan.

Teknik ini memungkinkan model untuk menghitung hubungan antara variabel independen dan harga motor sebagai variabel dependen, sehingga estimasi harga yang dihasilkan lebih mendekati nilai pasar sebenarnya.

2.2 Regresi Linear Berganda

Regresi Linear Berganda adalah metode statistik yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara satu variabel dependen dengan dua atau lebih variabel independen [6]. Metode ini memungkinkan kita untuk memahami bagaimana faktor-faktor yang berbeda secara simultan mempengaruhi variabel yang ingin diprediksi. Dalam penelitian ini, regresi linear berganda digunakan untuk memprediksi harga motor bekas berdasarkan variabel independen yang meliputi perusahaan, model motor, tahun produksi, kilometer tempuh, dan jenis bahan bakar. Persamaan regresi yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned} Y = & \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 \\ & + \beta_5 X_5 + \epsilon \end{aligned}$$

Dalam Di mana Y adalah harga motor bekas, β_0 adalah intercept yang menunjukkan nilai harga ketika semua variabel independen bernilai nol, dan β_1 hingga β_5 adalah koefisien regresi yang menggambarkan pengaruh masing-masing variabel terhadap harga. Error term (ϵ) merepresentasikan variasi harga yang tidak dapat dijelaskan oleh variabel yang ada dalam model. Dengan menggunakan model ini, showroom dapat menetapkan harga motor bekas secara lebih objektif dan akurat berdasarkan faktor-faktor yang telah diidentifikasi sebagai penentu harga.

Penerapan regresi linear berganda ini memerlukan analisis untuk memastikan bahwa model memenuhi asumsi klasik seperti normalitas residual, tidak ada multikolinearitas, serta homoskedastisitas. Evaluasi model dilakukan dengan menggunakan koefisien determinasi (R^2), yang menunjukkan seberapa besar variabilitas harga motor dapat dijelaskan oleh model. Nilai R^2 yang tinggi menunjukkan bahwa model mampu memprediksi harga

dengan baik, sementara nilai yang rendah menunjukkan bahwa masih ada faktor lain yang berpengaruh. Secara keseluruhan, regresi linear berganda memberikan alat yang efektif untuk memprediksi harga motor bekas.

2.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua sumber utama, yaitu web scraping dari OLX untuk memperoleh data harga motor bekas secara otomatis dari situs jual beli online serta catatan showroom di Kediri yang digunakan sebagai pembanding data untuk validasi model prediksi [7]. Variabel yang digunakan dalam model meliputi perusahaan motor (Yamaha, Honda, Suzuki, dll.), model motor (Beat, Scoopy, Vega R, dll.), tahun produksi (2005–2024), kilometer perjalanan (1.000–100.000 km), jenis bahan bakar (bensin, listrik), serta harga motor bekas (Y) sebagai variabel dependen.

Tabel 1.1 Data Motor Vega R

(X1) YAMAHA	(X2) VEGA R	(X3) TAHUN	(X4) KILOMETER	(X5) BAHAN BAKAR	(Y) HARGA
2	24	2005	30000	1	3500000
2	24	2011	10000	1	5500000
2	24	2010	10000	1	4800000
2	24	2007	10000	1	4200000
2	24	2004	5000	1	4000000
2	24	2008	90000	1	4600000

2.4 Pembuatan Model Machine Learning

Pembelajaran dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa Proses pengembangan model machine learning dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap utama. Tahap pertama adalah persiapan data model, di mana data yang dikumpulkan melalui web scraping dan catatan showroom dibersihkan Dari duplikasi, outlier, serta data yang tidak valid untuk memastikan kualitas data yang optimal.

Setelah data siap, tahap berikutnya adalah pelatihan model, di mana algoritma Regresi Linier Berganda diterapkan menggunakan pustaka Scikit-Learn dalam Python[8]. Model ini dibor dengan memasukkan variabel bebas seperti perusahaan, model motor, tahun produksi,

kilometer perjalanan, dan jenis bahan bakar untuk memprediksi harga motor bekas.

```
D:\Code Jadi\Motor_Price_Prediction_System2-main>D:/Python312/python.exe
rJadi2.py"
Model Trained: 1, 2, 1
->R² Score: 0.9920, Intercept: -2712944319.71
->Model Saved: file_pk1\MotorPriceModel_Honda_Vario_bensin.pk1
Model Trained: 1, 3, 1
->R² Score: 0.9948, Intercept: -1666447472.88
->Model Saved: file_pk1\MotorPriceModel_Honda_Beat_bensin.pk1
Model Trained: 1, 4, 1
```

Gambar 2 Train Model Prediksi

Proses ini bertujuan untuk menghasilkan model yang akurat dan dapat diandalkan dalam memprediksi harga berdasarkan karakteristik motor yang diberikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Model Multiple Linear Regresion

Setelah data dikumpulkan dan diproses, model *Multiple Linear Regression* diterapkan. Untuk menguji keakuratan model yang dikembangkan, dilakukan prediksi terhadap beberapa motor bekas dengan spesifikasi yang berbeda, kemudian hasilnya dibandingkan dengan harga aktual di showroom.

Salah satu contoh kasus adalah Yamaha Vega R tahun 2009 dengan spesifikasi: perusahaan *Yamaha*, model *Vega R*, tahun produksi 2009, jarak tempuh 10.000 km, dan bahan bakar *bensin*. Ternyata data dari variabel bebas ada yang konstan atau sama maka bisa kita hapus saja dalam regresi linear, variabel yang tidak berubah tidak memberikan informasi tambahan untuk memprediksi Y, sehingga secara matematis tidak berkontribusi dalam model bahkan bisa menyebabkan sistem tidak dapat diselesaikan.

1. Transpose X dan Hitung $X^T X$:

$$X^T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2005 & 2011 & 2010 & 2007 & 2004 & 2008 \\ 30000 & 10000 & 10000 & 10000 & 5000 & 90000 \end{bmatrix}$$

$$X^T X = \begin{bmatrix} 6 & 12045 & 155000 \\ 12045 & 24181255 & 431700000 \\ 155000 & 431700000 & 7202500000 \end{bmatrix}$$

2. Hitung $X^T Y$

$$X^T Y = \begin{bmatrix} \sum Y \\ \sum(x_3 \cdot Y) \\ \sum(x_4 \cdot Y) \end{bmatrix}$$

$$X^T Y = \begin{bmatrix} 26600000 \\ 53658660000 \\ 892750000000 \end{bmatrix}$$

3. Hitung $(X^T X)^{-1}$

$$\begin{aligned} X^T X &= 6 \times (24181255 \times 7202500000) \\ &\quad - 431700000 \times 431700000 \\ &\quad - 12045 \times (12045 \times 7202500000) \\ &\quad - 431700000 \times 155000) \\ &\quad + 155000 \times (12045 \times 431700000) \\ &\quad - 24181255 \times 155000) \end{aligned}$$

$$|X^T X| = 1.73 \times 10^{19}$$

4. Menghitung Invers dengan Rumus

$$(X^T X)^{-1} = \frac{1}{X^T X} x \text{ adj}(X^T X)$$

$$\begin{bmatrix} 7.182 & -0.003487 & -0.0000898 \\ -0.003487 & 0.000001806 & 0.00000000105 \\ -0.0000898 & 0.0000000105 & 0.000000000273 \end{bmatrix}$$

5. Langkah Terakhir hitung β

$$\beta = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

$$\begin{aligned} b0 &= (7.182 \times 26600000) \\ &\quad + (-0.003487 \\ &\quad \times 53658660000) (-0.0000898 \\ &\quad \times 892750000000) \\ &= -461653190 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b3 &= (-0.003487 \times 26600000) \\ &\quad + (0.000001806 \times 53658660000) \\ &\quad + (0.0000000105 \\ &\quad \times 892750000000) = 232184.4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b4 &= (-0.0000898 \times 26600000) \\ &\quad + (0.0000000105 \\ &\quad \times 53658660000) \\ &\quad + (0.00000000273 \\ &\quad \times 892750000000) = -0.9224 \end{aligned}$$

Prediksi harga menggunakan model regresi diperoleh melalui perhitungan:

$$\begin{aligned} Y &= -461653190.48 + (232184.48 \cdot 2009) \\ &\quad - (0.92 \cdot 10000) \\ Y &\approx 4,796,215.06(Rp) \end{aligned}$$

Hasil prediksi ini kemudian dihitung R^2 untuk menentukan ke akuratan model regresi yang kita miliki dengan rumus

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST}$$

$$R^2 = 1 - \frac{4,732,597,813,709.2}{2,399,555,555,555.5}$$

$$R^2 = 1 - 1,97 = 0,8382$$

Yang menandakan bahwa 83% data kita dari variasi harga dapat kita jelaskan dengan model regresi berganda.

3.2 Implementasi Website Prediksi

Untuk meningkatkan kemudahan akses dan penggunaan hasil prediksi, sistem dikembangkan dalam bentuk aplikasi berbasis web. Dengan adanya platform ini, karyawan showroom dapat dengan mudah memperkirakan harga motor bekas berdasarkan variabel yang tertera di atas. Sistem ini dirancang agar interaktif dan mudah digunakan, memungkinkan pengguna untuk melakukan prediksi harga tanpa memerlukan keahlian teknis dalam analisis data.

3.2.1 Arsitektur Website

Aplikasi prediksi harga motor berbasis website ini dikembangkan dengan memanfaatkan teknologi *frontend* dan *backend*, serta didukung oleh model *machine learning* yang telah dilatih menggunakan data historis [9]. Arsitektur sistem terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

Frontend: Menggunakan kombinasi *HTML*, *CSS*, dan *JavaScript* untuk membangun tampilan antarmuka pengguna yang responsif dan mudah diakses. Pengguna dapat memasukkan spesifikasi motor dan melihat hasil prediksi dengan tampilan yang intuitif.

Backend: Dikembangkan menggunakan *Python* dengan framework *Flask*, yang berfungsi untuk menangani permintaan pengguna, memproses data, serta menjalankan model prediksi. Selain itu, sistem ini menggunakan *SQLite*[10] sebagai database untuk menyimpan informasi terkait motor bekas.

Machine Learning Model: Model *Multiple Linear Regression* dibangun menggunakan

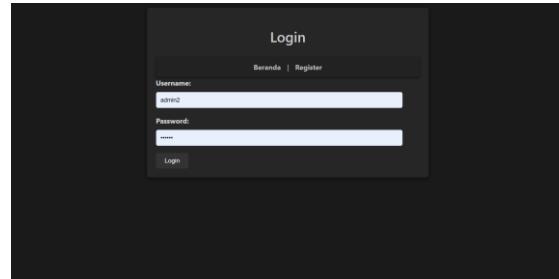
pustaka *Scikit-Learn* untuk menganalisis hubungan antara variabel independen dan harga motor bekas. Model ini dikembangkan berdasarkan data historis yang telah dibersihkan dan diuji untuk menghasilkan prediksi harga yang lebih akurat.

3.2.2 Fitur Website

Untuk memberikan pengalaman pengguna yang optimal, website ini dilengkapi dengan berbagai fitur yang mempermudah karyawan showroom dalam mengakses informasi harga motor bekas. Fitur utama dalam sistem ini meliputi:

1.1 Login/Register

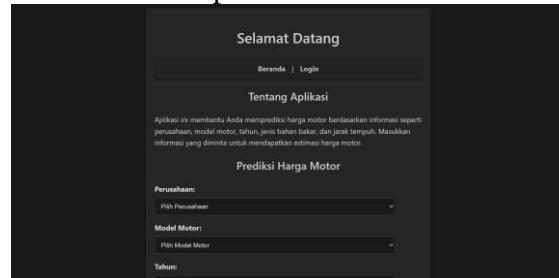
Admin showroom memiliki akses ke fitur pengelolaan data, seperti menambah atau memperbarui informasi motor bekas yang tersedia.



Gambar 3 Halaman Login/Register

1.2 Dashboard Prediksi

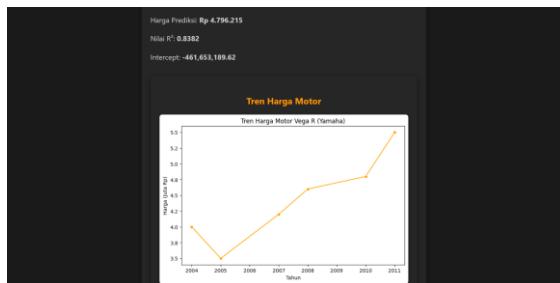
Pengguna dapat memasukkan spesifikasi motor, seperti perusahaan, model, tahun produksi, dan jarak tempuh, kemudian menekan tombol prediksi, sistem akan secara otomatis menampilkan hasil.



Gambar 4 Halaman Prediksi

1.3 Grafik Harga Motor

Fitur ini menyediakan visualisasi tren harga motor berdasarkan tahun produksi, sehingga pengguna dapat memahami bagaimana harga motor bekas berubah seiring waktu.

**Gambar 5** Grafik Motor

1.4 Manajemen Data Motor

Admin showroom dapat menambah, menghapus, atau memperbarui data motor dalam database, memastikan informasi yang tersedia selalu akurat dan terbaru.

Daftar Motor						
ID	Pengrajin	Nama Motor	Tahun	Kilometer	Harga	Bahan Bakar
0	Honda	Vario	2011	5000 kms	7.500.000	bensin
1	Honda	BeAT	2016	45000 kms	15.300.000	bensin
2	Yamaha	Mio	2022	5000 kms	13.300.000	bensin
3	Honda	Scoopy	2015	25000 kms	12.400.000	bensin
4	Honda	Scoopy	2015	25000 kms	12.400.000	bensin
5	Honda	BeAT	2021	25000 kms	15.000.000	bensin
6	Honda	Vario	2020	50000 kms	18.500.000	bensin
7	Honda	BeAT	2021	20000 kms	15.500.000	bensin
8	Honda	BeAT	2021	25000 kms	16.700.000	bensin

Gambar 6 Manajemen Data

3.3 User Testing

Pengujian sistem prediksi harga motor dilakukan untuk mengevaluasi tingkat keberhasilan dalam memberikan hasil yang akurat serta kemudahan penggunaannya. Pengujian ini menggunakan metode kuisioner yang diberikan kepada dua narasumber dengan latar belakang showroom motor, yaitu Nova Motor dan Ngadirejo Motor. Responden menilai berbagai aspek sistem dengan skala: Sangat Setuju (5), Setuju (4), Netral (3), Tidak Setuju (2), dan Sangat Tidak Setuju (1).

Hasil pengujian dihitung menggunakan rumus rata-rata: $R = \frac{\sum S}{N}$ dengan R sebagai rata-rata dan $\sum S$ sebagai Jumlah keseluruhan skor Perhitungan rata-rata skor:

$$(4.5 + 3.5 + 4.5 + 5.0 + 5.0 + 5.0 + 4.0 + 4.5 + 4.5 + 4.5) / 10 = 4.5$$

Dari hasil pengujian, sistem mendapatkan rata-rata skor 4.5 dari 5, yang menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi kriteria fungsional dengan baik.

3.4 Analisis Akurasi System

Akurasi sistem diuji menggunakan nilai koefisien determinasi (R^2) yang menunjukkan seberapa baik model menjelaskan variasi harga motor. Lima sampel motor diuji dengan jarak tempuh yang disamakan (10.000 km), dan diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 3.1 Daftar Nilai R^2

No	Nama Motor	Tahun	Prediksi Harga (Rp)	Nilai R^2
1	Yamaha Vega R	2009	4.796.215	0.8382
2	Yamaha Xeon	2010	10.654.476	0.9403
3	Suzuki GSX	2018	19.366.667	1.0000
4	Honda Beat	2015	10.807.903	0.9048
5	Honda CB 150 R	2017	14.795.956	0.8786

Untuk memberikan gambaran umum performa model secara keseluruhan, dilakukan perhitungan rata-rata nilai R^2 dari seluruh data:

$$R^2 = \frac{0.8382 + 0.9403 + 1.0 + 0.9048 + 0.8786}{5} = 0.91238$$

Sehingga, rata-rata nilai R^2 adalah 0.912, yang berarti secara umum model mampu menjelaskan sekitar 91,2% variasi harga motor berdasarkan input yang diberikan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan aplikasi prediksi harga motor bekas menggunakan regresi linear berganda yang mampu memperkirakan harga secara objektif berdasarkan data historis. Model dikembangkan melalui metode Waterfall dengan input dari web scraping OLX dan catatan showroom, serta diolah menggunakan Scikit-Learn. Hasil pengujian menunjukkan nilai rata-rata R^2 sebesar 0,912, yang berarti model dapat menjelaskan 91% variasi harga dengan akurasi tinggi. Sistem ini juga diimplementasikan dalam bentuk website yang responsif dan mudah digunakan, serta mendapatkan skor kepuasan pengguna 4,5 dari 5 pada uji coba di dua showroom. Sehingga, sistem ini terbukti efektif membantu showroom dalam menentukan harga motor bekas secara cepat, akurat, dan konsisten.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Insan Akbar, "jual beli motor," <https://www.mobil123.com/berita/naik-lagi-sebanyak-6-2-juta-motor-laku-terjual-di-indonesia-sepanjang-2023-134702/134702>.
- [2] J. Homepage, A. Roihan, P. Abas Sunarya, and A. S. Rafika, "IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology) Pemanfaatan Machine Learning dalam Berbagai Bidang: Review paper," 2019.
- [3] A. Nurkholis and Y. B. Utomo, "RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI FAFA (FACTORY FIREWALL ADMINISTRATIVE) BERBASIS WEBSITE (Studi Kasus : PT Lotus Indah Textile Industries)," *Jurnal Teknik Informatika Kaputama (JTIK)*, vol. 6, no. 2, 2022.
- [4] A. Prawiro, Y. Bismo Utomo, D. Arie, and W. Kusumastutie, "Perancangan Sistem Informasi Perpustakaan di SMAN 1 Kedungwaru Tulungagung," 2018.
- [5] A. Sajad, "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Harga Mobil Bekas Menggunakan Metode Regresi Linier." [Online]. Available: www.mobil123.com, Ana Komaria, "Implementasi Data Mining Memprediksi Penjualan Crude Palm Oil Berdasarkan Kapasitas Tangki Menggunakan Multiple Linear Regression," 2023.
- [6] H. Ullah, Z. Ullah, S. Maqsood, and A. Hafeez, "Web Scraper Revealing Trends of Target Products and New Insights in Online Shopping Websites," 2018. [Online]. Available: www.ijacs.org
- [7] Coding Studio Team, "python," codingstudio.id. Accessed: Sep. 20, 2024. [Online]. Available: <https://codingstudio.id/blog/apa itu python/>
- [8] I. Alamsyach, A. Y. Rafliyanti, and H. Mukminna, "Perancangan Sistem Informasi Pembayaran Di Kantin Uniska Berbasis Website," 2024.
- [9] D. Kioroglou, "Omlayers: a Python package for efficient data management to support multi-omic analysis," *BMC Bioinformatics*, vol. 26, no. 1, p. 40, Dec. 2025, doi: 10.1186/s12859-025-06067-7.