Analisis Kinerja kurir Pada Layanan Pengiriman E-Commerce Menggunakan Metode K-Means Clustering

Paulina Bota Kolin[1)*], Noviana Riza[2)], Kiki Mustaqim[3)]
[1,2,3)] Universitas Logistik dan Bisnis Internasional, Sekolah Teknologi Informasi, Program Studi Sains Data

Received: 05 June 2026 Accepted: 24 June 2026 Published: 30 June 2026

*olinkolin09@gmail.com

Kata Kunci: K-Means Clustering, Kinerja Kurir, Logistik, E-Commerce, Dahboard Analisis

DSI: Jurnal Data Science Indonesia is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).

Abstrak : Pertumbuhan pesat e-commerce di Indonesia menciptakan kebutuhan tinggi akan layanan pengiriman yang efisien dan berkualitas. Perusahaan agregator logistik menghadapi tantangan dalam mengevaluasi kinerja mitra kurir secara objektif karena setiap kurir memiliki karakteristik yang berbeda. Penelitian ini bertujuan menerapkan metode K-Means Clustering untuk pengelompokan mitra kurir berdasarkan performa, mengidentifikasi karakteristik setiap kelompok, dan merancang dashboard interaktif sederhana sebagai alat bantu visualisasi pengambilan keputusan. Data yang dianalisis berasal dari histori pengiriman sebuah perusahaan agregator logistik di Indonesia PT. X, dengan parameter utama yang dievaluasi meliputi durasi pengiriman, biaya pengiriman, tingkat keberhasilan, dan jumlah komplain. Hasil analisis berhasil mengelompokkan enam kurir dan tiga klaster kinerja. Jumlah klaster yang dipilih K=3 ditetapkan berdasarkan skor silhouette tertinggi (0,331), meskipun nilai ini (di bawah ambang 0,5) tergolong lemah dan menandakan struktur klaster yang belum sepenuhnya terpisah secara statistik. Klaster 0 (Performa Tinggi) yang dicirikan oleh kecepatan dan biaya ekonomis, Klaster 1 (Performa Standar) dengan kinerja menengah, dan Klaster 2 (Performa rendah) yang cenderung mahal dan lambat. Seluruh temuan diimplementasikan ke dalam dashboard interaktif menggunakan Streamlit. Metode K-Means Clustering terbukti efektif menyediakan segmentasi kinerja kurir yang jelas dan berbasis data, sehingga dashboard yang dihasilkan dapat menjadi alat bantu strategis untuk mengoptimalkan alokasi kurir dan meningkatkan efisiensi layanan.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang cepat telah mendorong pertumbuhan industri e-commerce di Indonesia secara signifikan. Pertumbuhan ini telah menciptakan kebutuhan yang tinggi akan layanan pengiriman yang efisien dan berkualitas. Dalam ekosistem e-commerce, kurir memainkan peran krusial sebagai ujung tombak dalam rantai distribusi yang menjadi penghubung penjual dan pembeli, dimana kualitas layanan kurir dapat secara langsung mempengaruhi kepuasan kepuasan pelanggan dan keberlanjutan bisnis [1].

Meningkatnya volume transaksi e-commerce menimbulkan berbagai tantangan dalam sistem layanan pengiriman. Indonesia sendiri merupakan negara maritim yang terdiri atas sekitar 70% wilayah perairan dan dan hanya 30 % wilayah daratan, mencakup lebih dari 17.000 pulau serta garis pantai yang membentang lebih dari 99.000 kilometer [2]. Kompleksitas geografis ini menjadi salah satu tantangan utama dalam proses distribusi barang, terutama pengiriman antar pulau. Tantangan lain yang dihadapi adalah ketidakkonsistenan waktu pengiriman, variasi biaya, pengiriman yang tidak optimal, serta tingginya tingkat keluhan konsumen yang berkaitan dengan keterlambatan dan kualitas layanan [3].

Permasalahan ini semakin bertambah ketika perusahan e-commerce harus mengelola ribuan

transaksi setiap hari. Kompleksitas tantangan pengiriman ini terutama dirasakan oleh perusahaan agregator logistik. Sebagai entitas yang mengintegrasikan berbagai jasa pengiriman pihak ketiga (3PL), perusahaan agregator menghadapi tantangan dalam pemilihan mita kurir yang paling efisien dan andal. Tanpa evaluasi kinerja yang objektif dan berbasis data, keputusan pemilihan kurir berisiko menjadi subjektif dan tidak optimal [4][5].

Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah penerapan metode K-Means clustering. Metode ini telah terbukti efektif dalam beberapa penelitian di bidang logistik, memungkinkan pengelompokan kurir berdasarkan berbagai indikator kinerja secara objektif dan terstruktur[6][7]. Febrian dkk. (2022) membuktikan bahwa algoritma K-Means efektif dalam mengelompokkan data pengiriman paket ekspedisi berdasarkan karakteristik tertentu, menghasilkan klaster yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan operasional logistik [8]. Selain itu, Nugraha dkk. (2024) menunjukan kemampuan K-Means dalam menganalisis pola data untuk mendukung pengambilan keputusan [9]. Meskipun metode K-Means telah banyak dilakukan dalam penelitian untuk evaluasi kinerja, mayoritas penelitian sebelumnya berhenti pada analisis dan pelaporan hasil. Namun pada penelitian ini akan dibuat dashboard web interaktif yang memudahkan perusahaan untuk mengolah data kinerja mitra kurir dengan cepat dan efisien serta mudah dipahami serta mendukung pengambilan keputusan.

Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan mitra kurir berdasarkan performa kinerjanya menggunakan metode K-Means clustering. Hasil Analisis akan dituangkan dalam bentuk dashboard web interaktif menggunakan streamlit untuk membantu tim operasional dalam memantau kinerja kurir serta menjadi dasar pengambilan keputusan strategis bagi perusahaan agregator logistik PT. X.

TINJAUAN LITERATUR

Penelitian terkait K-Means clustering dalam evaluasi kinerja telah banyak dilakukan. Mauludin dkk. (2025) menerapkan algoritma K-Means untuk menganalisis kinerja pengiriman paket di Shopee Express dan berhasil membentuk klaster performa yang membantu pengambilan keputusan operasional [10]. Clarissa dkk. (2025) menggunakan K-Means untuk mengelompokkan kualitas kinerja pegawai dan menghasilkan klaster yang dapat digunakan sebagai dasar strategi peningkatan SDM [11]. Afra dkk. (2025) melakukan klasterisasi supplier berdasarkan kinerja dan berhasil membentuk tiga klaster berdasarkan harga, jumlah pesanan, dan ketepatan waktu pengiriman [12].

Dalam konteks evaluasi logistik, Irhamah (2021) Febrian dkk. (2022) menerapkan algoritma K-Means untuk mengelompokkan data pengiriman paket di Kantor Pos Cirebon dan berhasil memperoleh 3 klaster optimal dengan nilai Davies-Bouldin Index (DBI) terbaik sebesar 0,104, membuktikan bahwa K-Means efektif dalam menganalisis dan mengelompokkan data operasional jasa pengiriman [8]. Firdhausa dkk. (2021) mengevaluasi kualitas layanan last-mile logistik pada JNE express menggunakan metode Logistic Service Quality (LSQ) dan menentukan aspek-aspek penting yang memengaruhi kepuasan pelanggan seperti ketepatan waktu kurir, kualitas komunikasi, dan penanganan keluhan [13].

Terkait implementasi dashboard web interaktif, Pratiwi & Hartono (2025) berhasil memvisualisasikan data secara real-time menggunakan Streamlit dalam konteks prediksi polutan [14], sementara Santoso & Pradnyaningsih (2024) mengembangkan aplikasi web berbasis Streamlit untuk deteksi dini financial distress dengan akurasi tinggi [15]. Dari tinjauan studi ini, penelitian ini menawarkan kebaharan dengan mengintegrasikan hasil analisis K-Means ke dalam dashboard web interaktif menggunakan Streamlit secara khusus untuk memudahkan evaluasi data kinerja kurir pada perusahaan agregator logistik.

METODE PENELITIAN

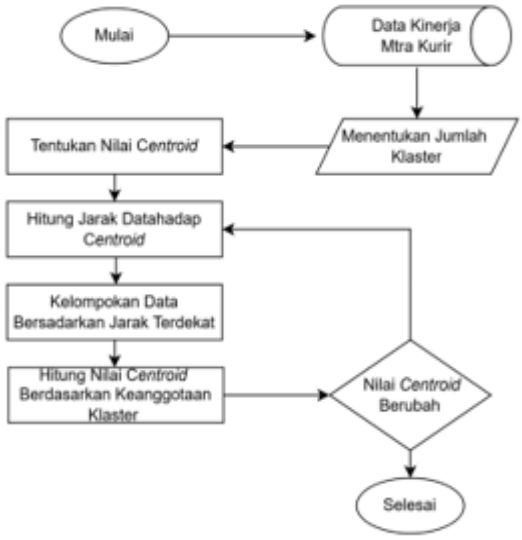
Penelitian dilaksanakan selama periode magang di PT. X, sebuah perusahaan agregator logistik berbasis startup di Bandung, Indonesia, yang bergerak di bidang e-commerce. Identitas perusahaan disamarkan sesuai permintaan pihak perusahaan. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sampel yang diberikan langsung oleh perusahaan dengan izin penggunaan untuk keperluan penelitian akademis. Perusahaan telah memberikan persetujuan penggunaan data dengan ketentuan identitas

perusahaan tidak disebutkan secara eksplisit dalam publikasi. Alur penelitian terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alur Metode Penelitian

1. Perencanaan dan Identifikasi Masalah
   Perencanaan penelitian adalah proses menyeluruh dari kegiatan penelitian yang dilakukan. Identifikasi masalah dilakukan dengan cara memahami situasi atau fenomena yang ada, kemudian tentukan cara penyelesaiannya. Masalah yang diidentifikasi meliputi: (1) bagaimana implementasi K-Means Clustering dalam pengelompokan kurir berdasarkan parameter kinerja kunci; (2) bagaimana pola dan karakteristik kelompok kurir yang terbentuk; dan (3) bagaimana dashboard web interaktif untuk memudahkan pengolahan serta mendukung keputusan.
2. Pengumpulan Data
   Data penelitian ini dikumpulkan dari data histori logistik PT. X, sebuah perusahaan agregator logistik di Indonesia. Data histori yang didapatkan mencakup beberapa variabel pengiriman barang tanggal, biaya, status pengiriman dan jumlah keluhan pelanggan. Data mentah terdiri dari 10 kolom dan 30.000 baris, yang kemudian digunakan untuk proses analisis lanjutan.
3. Preprocessing Data
   Preprocessing data dilakukan untuk memastikan kualitas data sebelum proses analisis clustering dilakukan. Proses preprocessing meliputi membersihkan data dari data duplikat dan *missing value,* konversi tipe data, *feature engineering* untuk menghitung durasi pengiriman, serta normalisasi data menggunakan StandardScaler. Metode StandardScaler dipilih karena efektif menangani fitur dengan skala yang berbeda sehingga setiap fitur memiliki bobot yang setara dalam menghitung jarak Euclidean pada metode K-Means. Perlu dicatat bahwa pada bagian hasil, penyebutan rentang nilai 0 hingga 1 merujuk pada pola visual data setelah normalisasi StandardScaler, bukan MinMaxScaler. Proses ini dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman Python di Google collab.
4. Penerapan Metode K-Means Clustering
   K-Means Clustering merupakan salah satu metode data mining yang digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan tingkat kemiripan karakteristik antar data. Metode ini bekerja dengan membagi data kedalam beberapa klaster, dimana setiap data akan masuk ke kelompok yang memiliki jarak paling dekat dengan pusat klaster (centroid). Dalam penelitian ini, metode K-Means digunakan untuk mengelompokkan performa mitra kurir berdasarkan variabel operasional seperti durasi pengiriman, biaya pengiriman, tingkat sukses dan jumlah komplain pelanggan.



Gambar 2. Diagram Alur K-Means Clustering

Dalam perhitungan Metode K-Means Clustering, terdapat rumus-rumus yang akan digunakan, yaitu sebagai berikut.

a. Euclidean Distance

Digunakan untuk menghitung jarak antara setiap data dengan *centroid*. Rumus yang digunakan sebagai berikut.

$$d_{(X,Y)} = \sqrt{\sum_{j=1}^{p}(x_j - y_j)^2}$$

Dimana $d_{(X,Y)}$ adalah jarak Euclidean antara data X dan *centroid* Y. p adalah jumlah fitur yang digunakan. j adalah fitur ke-j. x_j adalah nilai fitur ke-j dari data X. y_j adalah nilai fitur ke-j dari *centroid* Y.

b. Pembaruan Centroid

Setelah pengelompokan, posisi centroid diperbaharui dengan menghitung rata-rata dari seluruh data dalam satu klaster. Rumus yang digunakan sebagai berikut.

$$C_{kj} = \frac{x_{1j} + x_{2j} + \cdots + x_{aj}}{a}$$

Dimana C_{kj} adalah nilai *centroid* klaster ke-k pada fitur ke-j. $x_{1j\ldots}x_{aj}$ adalah nilai fitur ke-j dari setiap data dalam klaste. a adalah jumlah data dalam satu klaster.

Untuk menentukan jumlah klaster (K) yang optimal, digunakanlah tiga metode penentuan: Elbow method untuk melihat titik 'siku' dari grafis variasi dalam klaster, Silhouette Score untuk melihat seberapa baik data bergabung dalam klaster, dimana semakin tinggi nilainya akan semakin baik, serta davies-Bouldin index (DBI) yang mengukur kemiripan antar klaster dimana semakin rendah nilainya maka semakin baik [16].

5. Implementasi ke Dashboard

Hasil dari implementasi metode K-Means dimuat dalam bentuk dashboard menggunakan framework Streamlit berbasis Python. Dashboard ini memungkinkan manajemen perusahaan untuk memantau

kinerja operasional, mengidentifikasi proses pengiriman, dan pengambilan keputusan strategis. Dashboard yang dibuat bersifat dinamis, namun tidak real-time. Dimana hasilnya bisa berubah ketika data baru dalam bentuk .csv diunggah ke dalam web.

6. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini akan disimpulkan semua hasil analisis yang telh dilakukan, serta akan diberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

HASIL PENELITIAN

1. Persiapan Data (Preprocessing dan feature engineering)
   Proses analisis diawali dengan persiapan data dari dataset histori operasional PT.X dalam format .csv. Dataset terdiri dari 30.000 baris dan 10 kolom. Setelah dilakukan penanganan terhadap missing value, dan pembersihan data duplikat, tersisa 29.908 baris data.

	ship_cost	total_complain	delivery_duration
count	29908.000000	29908.000000	29908.000000
mean	29303.050889	0.437241	170.305930
std	23236.497611	0.498273	134.191046
min	5500.000000	0.000000	0.000000
25%	12000.000000	0.000000	48.751250
50%	20000.000000	0.000000	145.013472
75%	41800.000000	1.000000	270.867569
max	378000.000000	3.000000	1219.294444

Gambar 3. Statistika Deskriptif Dataset

Dari statistika deskriptif diketahui bahwa variabel ship_cost memiliki rentang nilai yang sangat besar (5.500 hingga 378.000), sedangkan total_complain memiliki rentang yang sangat kecil (0 hingga 3). Perbedaan skala yang drastis ini menunjukan perlunya normalisasi agar analisis tidak menjadi bias. Data transaksi kemudian diagregasi untuk membentuk profil kinerja bagi enam mitra kurir yang dianalisis. Metrik kinerja yang dihitung meliputi rata-rata durasi pengiriman, rata-rata tingkat keberhasilan, rata-rata jumlah komplain dan juga rata-rata biaya pengiriman. Seluruh variabel tersebut kemudian dinormalisasikan menggunakan StandardScaler.

	avg_delivery_duration	success_rate	avg_complain	avg_ship_cost
0	216.841479	0.503666	0.657434	36043.910387
1	179.430766	0.500200	0.436375	36839.135654
2	139.126696	0.500000	0.412200	14524.600000
3	203.960500	0.500000	0.475800	28254.600000
4	155.545950	0.500000	0.391200	34979.209400
5	127.771480	0.500000	0.254400	25301.199800

Gambar 4. Data Sebelum Normalisasi

avg_delivery_duration_normalized	success_rate_normalized	avg_complain_normalized	avg_ship_cost_normalized
1.422729	2.232807	1.832116	0.855802
0.275516	-0.328284	-0.012742	0.957074
-0.960422	-0.476131	-0.214492	-1.884660
1.027729	-0.476131	0.316284	-0.136158
-0.456920	-0.476131	-0.389748	0.720214
-1.308633	-0.476131	-1.531418	-0.512271

Gambar 5. Data Setelah Normalisasi

2. Dengan dinormalisasikan menggunakan StandardScaler, data ini tidak ada lagi memiliki rentang nilai yang terlalu jauh. Setiap fitur memiliki rata-rata mendekati 0 dan standar deviasi 1, sehingga bobot setiap variabel menjadi setara dalam proses clustering.
3. Penentuan Jumlah Klaster (K) yang Optimal

Pada tahap ini dilakukan perbandingan untuk menentukan k terbaik menggunakan Elbow method, Silhouette Score, dan Davies-Bouldin Index (DBI). Hasil perbandingan disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Perbandingan Metrik Penentuan K Optimal

Jumlah Klaster (K)	Elbow (Inertia)	Silhouette Score	Davies-Bouldin Index
3	3,897	0,331	0,567
4	2,028	0,209	0,291
5	0,378	0,150	0,203

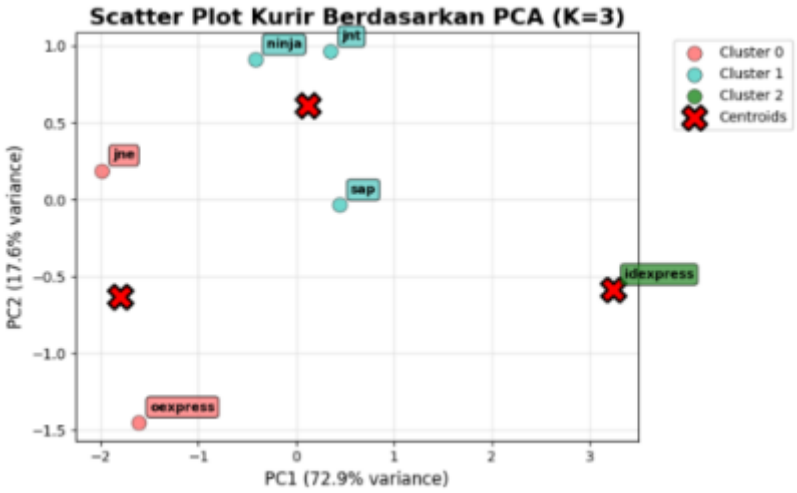


Gambar 6. Grafik Perbandingan Metrik penentuan K Optimal

Hasil pada gambar gambar 6 menunjukan bahwa metode Elbow tidak menampilkan titik siku yang jelas. Pata tabel 1 Silhouette Score tertinggi adalah 0,331 pada k=3, dan DBI menyarankan K=5 dengan nilai terendah 0,203. Meskipun metrik DBI menyarankan K=5, pemilihan K=3 dianggap lebih optimal dari perspektif bisnis karena memungkinkan segmentasi kurir menjadi tiga tingkat yang mudah ditindaklanjuti: Kriteria tinggi (High Performers), Kinerja Standar (Standard Performers), dan Kinerja Rendah (Low Performers).

4. Analisis dan Interpretasi Klaster Kinerja Kurir

Setelah menerapkan K=3 sebagai jumlah klaster optimal, keenam mitra kurir berhasil dikelompokan kedalam tiga segmen kinerja yang berbeda. Visualisasi menggunakan Principal Component Analysis (PCA) digunakan untuk memperoleh gambaran visualisasi mengenai bagaimana klaster ini terbentuk dan terpisah satu sama yang lain.



Gambar 7. Scatter Plot Kurir Berdasarkan PCA (K3)

Plot PCA memetakan keenam mitra kurir kedalam tiga kelompok yang berbeda. Kurir Klaster 2 langsung terlihat sebagai anomali karena posisinya yang sangat terisolasi, menandakan profil

kinerjanya yang secara fundamental beda dari yang lain. Rincian statistik untuk masing-masing klaster disajikan pada Tabel 2 berikut.

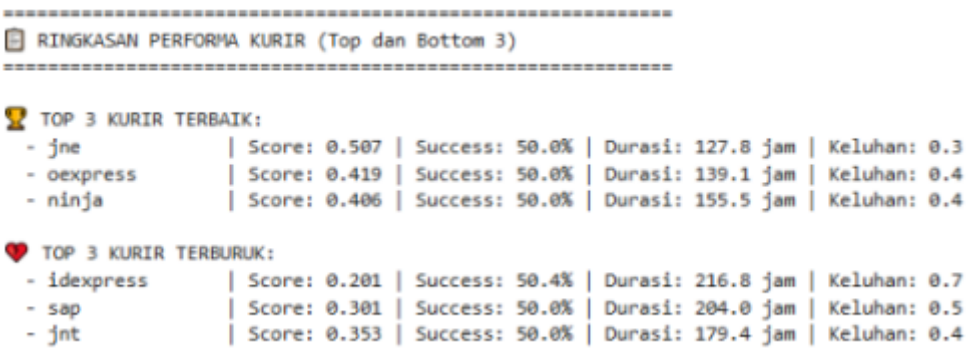
Tabel 2. Statistika Masing-Masing Klaster

Klaster	0	1	2
Rata-rata Durasi (Jam)	133.45	179.65	216.84
Rata-rata Success Rate	50.00%	50.01%	50.37%
Rata-rata Komplain	0.33	0.43	0.66
Rata-rata Biaya (Rp)	Rp 19.913	Rp 33.358	Rp 36.044
Anggota Klaster	oexpress, jne	jnt, sap, ninja	idexpress

Berdasarkan Tabel 2, tiga klaster memiliki profil kinerja yang berbeda secara signifikan. Klaster 0 (Performa Tinggi) terdiri dari dua kurir dengan durasi pengiriman tercepat (rata-rata 133,45 jam) dan biaya terendah (Rp 19.913). Klaster 1 (Performa Standar) beranggotakan tiga kurir dengan performa menengah. Klaster 2 (Performa Rendah) hanya beranggotakan satu kurir dengan durasi terlama (rata-rata 216,84 jam) dan biaya tertinggi (Rp 36.044). Tingkat keberhasilan (success rate) tidak menjadi faktor pembeda yang signifikan antar klaster karena nilainya relatif sama (~50%) di semua klaster, yang mengindikasikan adanya keterbatasan pada representasi data (sampling bias).

5. Validasi Melalui Perangkingan Kinerja

Untuk memvalidasi hasil clustering, dihitung skor performa tunggal untuk setiap kurir menggunakan formula pembobotan yang mempertimbangkan success rate (bobot 40%), kecepatan pengiriman (bobot 30%), dan tingkat komplain (bobot 30%). Penentuan bobot ini merupakan keputusan peneliti dan persetujuan Perusahaan berdasarkan pertimbangan bahwa success rate merupakan indikator utama keberhasilan pengiriman sehingga mendapat bobot tertinggi, sementara kecepatan dan tingkat komplain dianggap setara sebagai indikator pelayanan. Penetapan bobot ini bersifat asumsi peneliti dan bukan berasal dari ketentuan manajemen perusahaan atau literatur tertentu, sehingga merupakan salah satu keterbatasan penelitian ini.

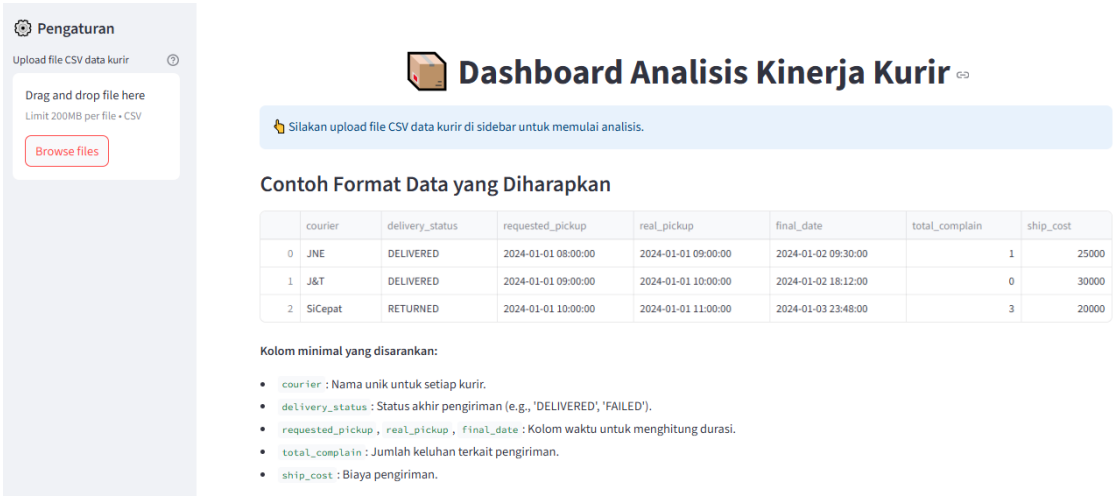


Gambar 8. Perangkingan Performa Kurir

Hasil perangkingan menunjukan bahwa kurir dengan skor tertinggi (0,507) dan skor tertinggi kedua (0,419) menempati posisi teratas dan keduanya termasuk dalam klaster 0 (Performa Tinggi). Sementara itu, kurir dengan skor terendah (0,201) juga konsisten dengan posisinya sebagai satu-satunya anggota Klaster 2 (Performa Rendah). Kesesuaian antara hasil Clustering dan skor peringkat ini menunjukan bahwa analisis yang dilakukan konsisten dan dapat diandalkan.

6. Hasil Dashboard Interaktif

Hasil implementasi metode K-Means divisualisasikan dalam dashboard interaktif menggunakan Streamlit yang terdiri dari beberapa halaman analisis.



Gambar 9. Tampilan Awal Dashboard Analisis Kinerja

Gambar 9 adalah tampilan awal dari dashboard web. Ketika dilakukan unggah data dalam bentuk .csv maka halamannya akan langsung masuk ke halaman detail data dan keterangan hasil analsis yang dilakukan.

.



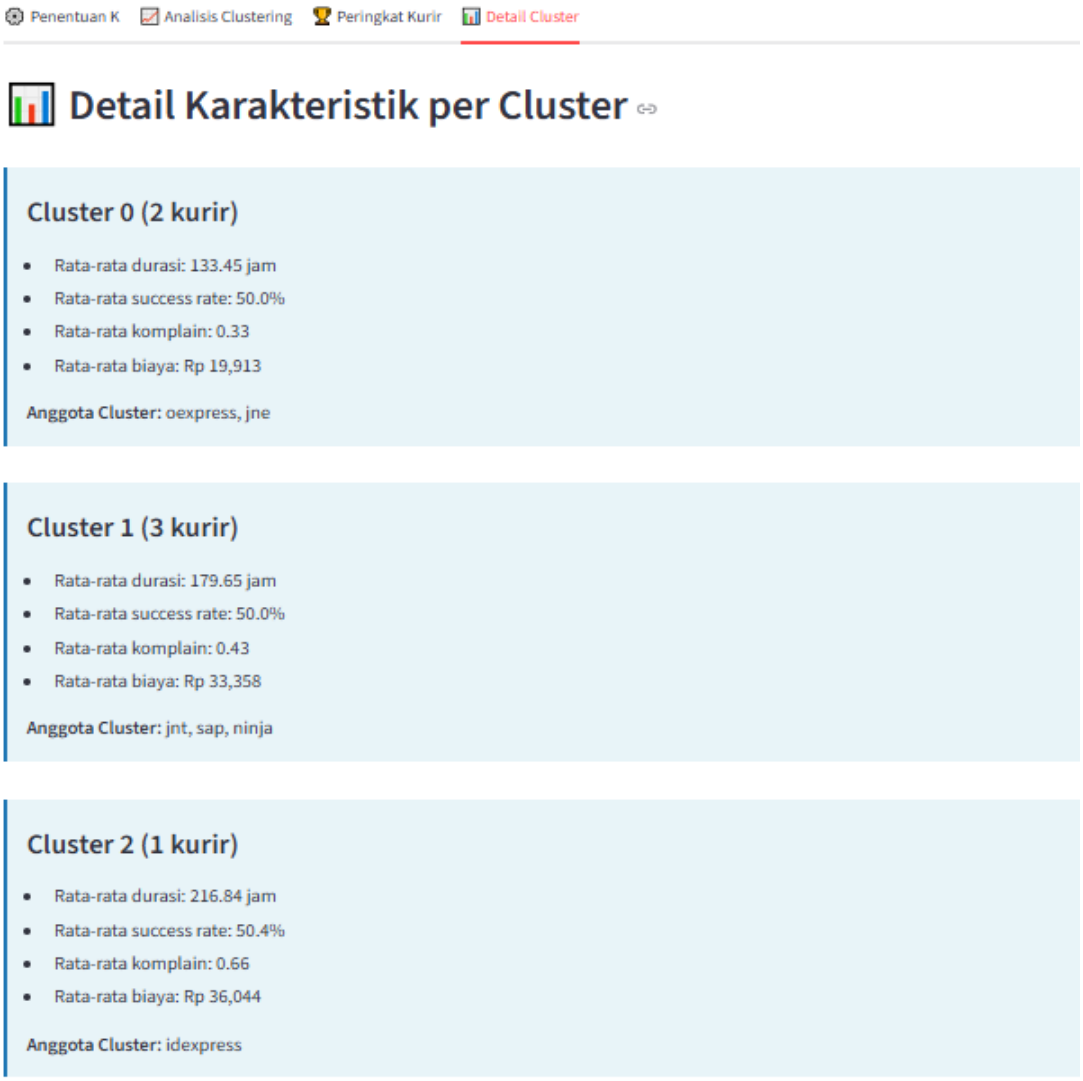
Gambar 10. Tampilan Halaman Penentuan K Optimal

Tampilan Gambar 10 ini menjelaskan bagaimana perhitungan ketiga metrik secara grafik dan juga ada tabel statistiknya juga. Jadi ketika ragu dengan tampilan grafik yang dihasilkan maka ada perhitungan statistik yang tersedia.



Gambar 11.Tampilan Halaman Peringkat Kinerja Kurir

Tampilan Gambar 11 ini memperlihatkan perangkingan kinerja dari mitra kurir. Halaman ini juga berperan sebagai perbandingan hasil untuk memvalidasi kelompok klaster yang dihasilkan dengan metode K-Means dalam pengolahan data.



Gambar 12. Tampilan Halaman Hasil Analisis Clustering

Tampilan Gambar 12 menyajikan informasi detail dari masing-masing klaster yang terbentuk dari proses analisis yang dilakukan. Dengan ini tim operasional Perusahaan akan lebih mudah membaca dan memahami hasil dari perhitungan ini dan menjadi dasar pertimbangan dalam pengambilan Keputusan.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukan bahwa metode K-Means Clustering berhasil memberikan segmentasi kinerja mitra kurir yang jelas dan berbasis data. Klaster 0 (Performa Tinggi) yang beranggotakan dua mitra kurir menunjukan keunggulan dalam aspek kecepatan pengiriman dan efisiensi biaya. Kurir-kurir ini cocok diprioritaskan untuk pengiriman yang memerlukan kecepatan tinggi dan biaya yang kompetitif. Klaster 1 (Performa Standar) yang beranggotakan tiga mitra kurir menunjukkan kinerja menengah dan dapat diandalkan untuk pengiriman reguler. Klaster 2 (Performa Rendah) hanya beranggotakan satu mitra kurir, yang menunjukan kinerja buruk dan biaya tertinggi, sehingga memerlukan evaluasi menyeluruh. Hal ini sejalan dengan penelitian Mauludin & Nurdiawan (2025) yang membuktikan bahwa K-Means dapat menghasilkan klaster performa yang bermakna untuk mendukung pengambilan keputusan operasional [10]. Perlu diakui bahwa pemilihan K=3 merupakan keputusan pragmatis yang mengutamakan kemudahan interpretasi bisnis di atas optimasi statistik, mengingat DBI justru menyarankan K=5 dan nilai Silhouette Score 0,331 tergolong lemah (di bawah ambang 0,5). Kondisi ini merupakan keterbatasan metodologis yang perlu dipertimbangkan dalam menafsirkan hasil penelitian. Selain itu, Klaster 2 yang hanya beranggotakan satu kurir (idexpress) secara statistik tidak memiliki variansi internal dan tidak dapat digeneralisasikan layaknya sebuah klaster yang bermakna. Kurir tersebut kemungkinan merupakan outlier ekstrem, sebagaimana terlihat dari posisinya yang sangat terisolasi dalam visualisasi PCA. Kondisi ini harus diakui sebagai keterbatasan metodologis yang signifikan.

Temuan menarik dalam penelitian ini adalah bahwa tingkat keberhasilan pengiriman tidak menjadi faktor pembeda yang signifikan (~50% di semua klaster). Kondisi ini mengindikasikan adanya sampling bias pada dataset, dimana data yang digunakan kemungkinan bukan cerminan operasional harian yang sebenarnya, melainkan sampel yang memiliki distribusi seimbang antara status “delivered” dan “returned”. Implikasi dari temuan ini cukup serius: jika success rate seragam di semua klaster, maka variabel ini tidak memberikan informasi diskriminatif dan segmentasi yang dihasilkan sepenuhnya bergantung pada variabel durasi, biaya, dan komplain saja. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa (a) data tidak representatif terhadap operasional nyata, (b) variabel success rate tidak relevan untuk membedakan performa dalam konteks dataset ini, atau (c) proses pengambilan sampel menghasilkan distribusi yang tidak proporsional. Keterbatasan ini memengaruhi validitas kesimpulan secara keseluruhan dan perlu menjadi prioritas perbaikan pada penelitian lanjutan.

Implementasi dashboard Streamlit berhasil menyajikan seluruh hasil analisis secara interaktif dan dapat diakses oleh tim operasional tanpa keahlian teknis pemrograman yang mendalam. Hal ini sejalan dengan penelitian Pratiwi & Hartono (2025) yang menunjukan kemampuan Streamlit dalam menyajikan data secara interaktif [14]. Dashboard yang dihasilkan menjadi alat bantu strategis bagi perusahaan agregator logistik dalam menganalisis data dan evaluasi kinerja mitra kurir. Selain itu, perlu diakui bahwa metode K-Means memiliki beberapa keterbatasan inheren, yaitu sensitivitas terhadap inisialisasi centroid awal, asumsi bahwa klaster berbentuk bulat (spherical), serta ketidakmampuan mendeteksi noise atau outlier secara eksplisit. Mengingat Klaster 2 terlihat sebagai outlier ekstrem dalam visualisasi PCA, keterbatasan ini sangat relevan dan seharusnya dipertimbangkan dalam interpretasi hasil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan dalam tiga hal utama. Pertama, metode K-Means Clustering berhasil diterapkan dalam mengelompokan keenam mitra kurir ke dalam tiga klaster kinerja yang berbeda. Jumlah klaster K=3 ditetapkan berdasarkan skor Silhouette

tertinggi (0,331) serta relevansinya untuk segmentasi bisnis. Perlu dicatat bahwa pemilihan ini merupakan keputusan pragmatis karena nilai Silhouette 0,331 tergolong lemah secara statistik, dan keterbatasan ini membatasi validitas kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini. Kedua, setiap klaster memiliki profil kinerja yang berbeda: klaster 0 (dua kurir) diidentifikasikan sebagai kelompok performa tinggi dengan durasi tercepat (133,45 jam) dan biaya terendah (Rp 19.913); klaster 1 (tiga kurir) mempresentasikan performa standar; dan klaster 2 (satu kurir) adalah kelompok performa rendah dengan durasi terlama (216,84 jam) dan biaya pengiriman tertinggi (Rp 36.044). Klaster 2 yang hanya beranggotakan satu kurir merupakan keterbatasan metodologis yang perlu diakui. Ketiga, hasil analisis berhasil diimplementasikan ke dalam dashboard interaktif menggunakan Streamlit sebagai alat bantu pengambilan keputusan. Sebagai batasan validitas temuan, penelitian ini menghadapi sampling bias pada dataset yang menyebabkan success rate seragam (~50%) di semua klaster, sehingga temuan yang dihasilkan perlu diinterpretasikan dengan hati-hati dan diverifikasi menggunakan dataset yang lebih representatif.

Saran untuk penelitian selanjutnya: (1) Menggunakan dataset yang lebih representatif dengan kontribusi status pengiriman yang lebih variatif untuk menghindari sampling bias; (2) Mempertimbangkan penambahan fitur/ variabel kinerja kurir yang lebih beragam; (3) menggunakan dashboard langsung ke database operasional untuk analisis real-time; (4) Membandingkan hasil k-means dengan metode lain untuk mendapatkan perspektif yang lebih komprehensif.

REFERENCES

[1] A. Fazizah, "Customer Satisfaction and Repurchase Intention in Terms of E-Commerce Logistics Service Quality and Recovery Service," *J. Sketsa Bisnis*, vol. 11, no. 1, pp. 1–23, 2024, doi: 10.35891/jsb.v11i1.4150.

[2] S. Suheriyatmono, "Peningkatan Pemahaman Dunia Kemaritiman Melalui Sosialisasi Kepada Siswa-Siswi SMA/SMK di Pesisir Barat, Lampung," *J. Sosioteknologi Kreat.*, vol. 7, pp. 758–763, 2023.

[3] P. D. Annisa and W. Kurniawan, "Analisis kelayakan fulfilment center e-commerce dari perspektif penyedia layanan logistik," *Metod. J. Tek. Ind.*, vol. 8, no. 1, pp. 103–117, 2024.

[4] S. Sahara and F. Adelina, "Analisis kualitas pelayanan dan ketepatan waktu pengiriman terhadap loyalitas pelanggan di ekspedisi JNE Kota Tangerang," *J. Ind. Eng. Oper. Manag.*, vol. 5, no. 1, pp. 15–24, 2024.

[5] G. Istanto, "Evaluasi Kelayakan Kemitraan Logistik pada Industri E-Commerce :," vol. 8, no. 6, pp. 694–704, 2025.

[6] C. P. Hematang and R. Somya, "Clustering Kualitas Kinerja Pegawai Pada Naruna Cafe & Resto Menggunakan Algoritma K-Means," *J. Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 2, pp. 188–197, 2023, doi: 10.37792/jukanti.v6i2.960.

[7] H. J. Zega, P. E. Halawa, and T. Zebua, "Pengelompokan Minat Konsumen Pengguna Jasa Pengiriman pada CV . Lima Benua Nusa Indonesia Berdasarkan Algoritma K-Means," *KETIK J. Inform.*, vol. 01, no. 06, pp. 42–50, 2024.

[8] A. Febrian, N. Suarna, and G. Dwilestari, "Penerapan Algoritma K-Means untuk Mengelompokkan Data Pengiriman Paket di Kantor Pos Cirebon," *J. Teknol. Technoscientia*, vol. 15, no. 1, 2022, doi: 10.34151/technoscientia.v15i1.3858.

[9] M. F. Nugraha, M. Martano, and U. Hayati, "Clustering data Indonesian food delivery menggunakan metode K-Means pada Gofood product list," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 9, no. 1, pp. 45–56, 2024.

[10] M. R. Mauludin, O. Nurdiawan, and F. M. Basysyar, "Penerapan Algoritma K-Means Clustering Untuk Analisis Kinerja Pengiriman Paket Shopee Express Di Hub Transit Kedawung," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 1, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5870.

[11] N. Clarissa, A. Suhartanto, S. Hadi Wijoyo, and W. Purnomo, "Strategi Peningkatan SDM Berdasarkan Pengelompokan Kualitas Kinerja Pegawai CV Mediatama Perkasa Bogor Menggunakan K-Means Clustering," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 5, pp. 2548–964, 2025, [Online]. Available: http://j-ptiik.ub.ac.id

[12] A. F. Afra, A. L. Hananto, A. Hananto, and B. Priyatna, "Klasterisasi Supplier Berdasarkan Kinerja Menggunakan Algoritma K-Means," *J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 7, no. 2, pp. 334–341, 2025, doi: 10.47233/jteksis.v7i2.1935.
[13] R. M. Firdhausa, I. Baihaqi, and D. S. Ardiantono, "Evaluasi Kualitas Pelayanan Last-Mile Logistic pada JNE Express," *J. Tek. ITS*, vol. 10, no. 2, pp. 145–152, 2021.
[14] U. Pratiwi and H. Hartono, "Prediksi Polutan Karbon Monoksida Menggunakan Algoritma Machine Learning Regresi Linier Berbasis Sensor MQ-135 dan IoT," *J. Tek. Fis.*, vol. 6, no. 1, pp. 22–35, 2025.
[15] N. Santoso and N. L. E. Pradnyaningsih, "Deteksi Dini Financial Distress Pada Perusahaan Sektor Teknologi di Bursa Efek Indonesia Menggunakan ANN dan SVM," *IJAI (Indonesian J. Appl. Informatics)*, vol. 4, no. 2, pp. 31–41, 2024.
[16] G. Gustientiedina, M. H. Adiya, and Y. Desnelita, "Penerapan Algoritma K-Means Untuk Clustering Data Obat-Obatan," *J. Nas. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 5, no. 1, pp. 17–24, 2019.