



Implementasi Recommender System Menggunakan Algoritma K-Means pada Aplikasi Inventory untuk Manajemen Pengeluaran Barang

Khalisha Dwi Fadiah*, Tri Widodo

Fakultas Sains dan Teknologi, Prgram Studi Informatika, Universitas Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

Email: ^{1,*}khalisadwifadiaah@gmail.com, ²triwidodo@uty.ac.id

Email Penulis Korespondensi: khalisadwifadiaah@gmail.com

Abstrak—Manajemen *inventory* pada usaha retail belum dapat mengoptimalkan pengeluaran barang. Permasalahan utama dalam manajemen pengeluaran barang adalah risiko kerugian akibat produk yang mendekati tanggal kadaluwarsa. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem rekomendasi pengeluaran barang. Aplikasi ini dibangun dengan mengimplementasikan algoritma K-Means untuk menganalisis data barang. Adapun dilakukan proses pengeluaran barang secara manual maupun berdasarkan rekomendasi yang dihasilkan berdasarkan *clustering*. Sistem rekomendasi akan diintegrasikan ke dalam aplikasi *inventory* berbasis web. Metode penelitian mencakup pengumpulan data, *preprocessing* data dengan teknik agregasi, *one-hot encoding* pada fitur kategorikal (jenis dan sifat barang), dan *feature engineering* pada tanggal kadaluwarsa. Algoritma K-Means diterapkan untuk mengelompokkan barang berdasarkan kemiripan. Jumlah kluster (K) ditentukan secara dinamis berdasarkan jumlah data yang tersedia. Sistem secara otomatis mengidentifikasi kluster dengan rata-rata tanggal kadaluwarsa terdekat sebagai target rekomendasi. Hasil *clustering* divisualisasikan menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA). Sistem ini menyediakan fungsionalitas *end-to-end*, yaitu *dashboard*, analisis K-Means, hingga eksekusi barang keluar. Hasil penelitian menyimpulkan sistem efektif dalam memberikan keputusan yang dapat ditindaklanjuti. Sistem ini memprioritaskan pengeluaran barang berisiko tinggi, sehingga mendukung efisiensi operasional dan meminimalisir kerugian akibat barang kadaluwarsa.

Kata Kunci: *Clustering; Inventory; K-Means; Recommender System; Tanggal kadaluwarsa*

Abstract—Inventory management in retail businesses has not yet fully optimized the process of goods issuance. The primary problem in managing goods issuance is the risk of loss due to products approaching their expiration dates. This research aims to design and implement a goods issuance recommendation system. The application is developed by implementing the K-Means algorithm to analyze product data. The goods issuance process can be carried out manually or based on recommendations generated through clustering. The recommendation system is integrated into a web-based inventory application. The research methodology encompasses data collection, data preprocessing using aggregation techniques, one-hot encoding for categorical features (type and nature of goods), and feature engineering on expiration dates. The K-Means algorithm is applied to group goods based on similarity. The number of clusters (K) is determined dynamically based on the amount of available data. The system automatically identifies the cluster with the nearest average expiration date as the recommendation target. Clustering results are visualized using Principal Component Analysis (PCA). This system provides end-to-end functionality, ranging from a dashboard and K-Means analysis to the execution of goods issuance. The research results conclude that the system is effective in providing actionable decisions. By prioritizing the issuance of high-risk goods, the system supports operational efficiency and minimizes losses due to expired products.

Keywords: *Clustering; Inventory; K-Means; Recommender System; Expiration Date*

1. PENDAHULUAN

Manajemen persediaan (*inventory*) adalah fungsi operasional utama, khususnya pada usaha retail yang mengelola banyak jenis barang. Pengelolaan yang efektif sangat penting untuk memastikan ketersediaan barang, namun banyak perusahaan mengalami kesulitan dalam mengelola stok dan mengidentifikasi pola penggunaan barang secara efisien (Gunawan Zain dkk., 2025). Aplikasi *inventory* modern mencatat data transaksi pengeluaran barang secara digital, menghasilkan data historis yang bernilai untuk diolah agar menghasilkan pola pengeluaran barang (V. E. Putri & Purnomo, 2025). Teknik *data mining* khususnya *clustering* digunakan untuk menggali informasi dari data historis (Rusvinasari & Annisa, 2025). *Clustering* bertujuan mengelompokkan suatu objek ke dalam kelompok (kluster) berdasarkan kesamaan karakteristiknya, tanpa memerlukan label sebelumnya (*unsupervised learning*) (Hakim dkk., 2025).

Algoritma K-Means menjadi salah satu metode *clustering* paling populer dan sering digunakan (Ramadhan dkk., 2024) (Y. Putri dkk., 2024). Algoritma K-Means dikenal karena kesederhanaan, mudah diimplementasikan, efisiensi komputasi pada data besar, dan kemampuannya dalam mengelompokkan data berdasar kedekatan jarak ke pusat kluster (*centroid*) (Sarmini dkk., 2024) (Andriyani & Puspitarani, 2022). K-Means telah banyak digunakan pada beberapa konteks, seperti mengelompokkan material *inventory* berdasarkan tingkat penggunaan atau untuk segmentasi pelanggan dalam pemasaran. Penggunaan K-Means dalam analisis data pada perusahaan ritel dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya pemasaran (Y. Putri dkk., 2024). Namun, K-Means memiliki kelemahan dalam menentukan jumlah *cluster*, dimana tidak semua *cluster* yang dihasilkan sesuai dengan yang dibutuhkan dalam analisis (Irawan dkk., 2025).

Masalah utama dalam manajemen *inventory* bisnis retail adalah tantangan dalam mengoptimalkan pengeluaran barang. Terdapat risiko kerugian akibat produk yang mendekati tanggal kadaluwarsa. Kesulitan dalam mengidentifikasi pola penggunaan barang secara efisien dapat mengakibatkan ketidakseimbangan stok dan peningkatan biaya operasional (Gunawan Zain dkk., 2025). Dengan merancang dan mengimplemtasikan fungsionalitas sistem rekomendasi pada aplikasi *inventory* berbasis web. Sistem rekomendasi dibangun dengan menerapkan algoritma K-



Means untuk manajemen pengeluaran barang. Dengan adanya sistem ini, pengelola dapat mengoptimalkan strategi pengeluaran barang dan mengurangi risiko kerugian akibat barang kadaluwarsa. Fokus pada barang yang memiliki risiko besar (mendekati kadaluwarsa) dengan memprioritaskan pengeluaran barang-barang tersebut.

Solusi yang ditawarkan adalah implementasi sistem rekomendasi pengeluaran barang yang terintegrasi dalam aplikasi *inventory*. Sistem memanfaatkan algoritma K-Means untuk menganalisis dan mengelompokkan data barang. Dengan proses, K-Means akan mengelompokkan barang dalam berbagai atribut termasuk fitur kategorikal (jenis barang dan sifat barang), serta fitur kuantitatif (jumlah, harga, dan tanggal kadaluwarsa). Kemudian, sistem secara otomatis mengidentifikasi *cluster* dengan rata-rata tanggal kadaluwarsa terdekat sebagai target rekomendasi.

Penerapan algoritma K-Means untuk optimalisasi *inventory* telah menjadi fokus dalam beberapa penelitian, namun mayoritas penelitian memiliki keterbatasan yang cukup signifikan. Beberapa penelitian yang relevan dalam konteks *inventory*, berfokus pada penerapan K-Means untuk manajemen stok barang. Namun, fokus utama dari kedua penelitian tersebut ada pada analisis persediaan (*stock-in*) dan analisis data penjualan. Tujuan utamanya untuk mengidentifikasi produk-produk yang paling diminati atau laris, sehingga hasilnya dapat digunakan manajemen untuk merencanakan strategi pengelolaan stok masuk dan menghindari penumpukan atau kekurangan barang (Alifa dkk., 2024) (Indriani dkk., 2024).

Serta, pada penelitian lain juga menggunakan K-Means dalam konteks yang berbeda. Penelitian ini menerapkan K-Means untuk mengelompokkan menu favorit di sebuah kafe. Fokus utama pada penelitian tersebut murni pada identifikasi pola popularitas menu berdasarkan data transaksi (Prasetiani & Rochmawati, 2022). Demikian pula, terdapat pada salah satu penelitian yang menerapkan K-Means untuk mengelompokkan musik berdasarkan fitur-fitur audio seperti tempo dan energi. Meskipun hasil klusterisasi pada penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk membangun sistem rekomendasi musik, tetapi konteks dan tujuannya sangat berbeda dengan konteks manajemen *inventory* (Hakim dkk., 2025).

Meskipun K-Means telah umum digunakan dalam konteks *inventory* atau analisis keranjang belanja, penelitian yang secara spesifik mengimplementasikan sistem rekomendasi berbasis K-Means pada aplikasi *inventory* untuk proses pengeluaran barang masih terbatas. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu terletak pada fokus dan tujuannya. Pada penelitian terdahulu algoritma K-Means digunakan untuk menganalisis data penjualan atau stok sebagai *output* akhir yang bersifat informatif, sedangkan fokus penelitian ini ada pada manajemen pengeluaran barang. Permasalahan manajemen pengeluaran barang adalah terjadinya risiko kerugian karena barang yang telah kadaluwarsa. Adapun, penelitian ini membangun sebuah sistem rekomendasi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Sistem rekomendasi pada aplikasi *inventory* untuk manajemen pengeluaran barang tersebut memanfaatkan algoritma K-Means. Sistem rekomendasi tersebut dihasilkan berdasarkan jenis, sifat, jumlah, harga, dan tanggal kadaluwarsa yang diidentifikasi melalui *clustering*.

Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pembaruan fundamental dengan mengisi celah tersebut. Alih-alih hanya menganalisis data penjualan untuk strategi penjualan, penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem rekomendasi fungsional di dalam aplikasi *inventory*. Tujuan utamanya adalah memberikan rekomendasi terkait manajemen pengeluaran barang. Dari yang sebelumnya pasif-analitis menjadi aktif-operasional yang secara spesifik menangani proses pengeluaran barang dari gudang.

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem fungsional *end-to-end* untuk manajemen *inventory*. Dari hasil penelitian, menunjukkan bahwa K-Means efektif untuk mengelompokkan barang berdasarkan kombinasi atribut, seperti jenis, sifat, jumlah, harga, dan tanggal kadaluwarsa. Menyediakan alat bantu bagi pengelola *inventory*, dengan memanfaatkan hasil *clustering* K-Means untuk memberikan rekomendasi pengeluaran barang yang diprioritaskan berdasarkan tanggal kadaluwarsa. Sistem ini berpotensi dalam mendukung pengambilan keputusan operasional secara lebih efisien dan mengurangi kerugian akibat barang kadaluwarsa.

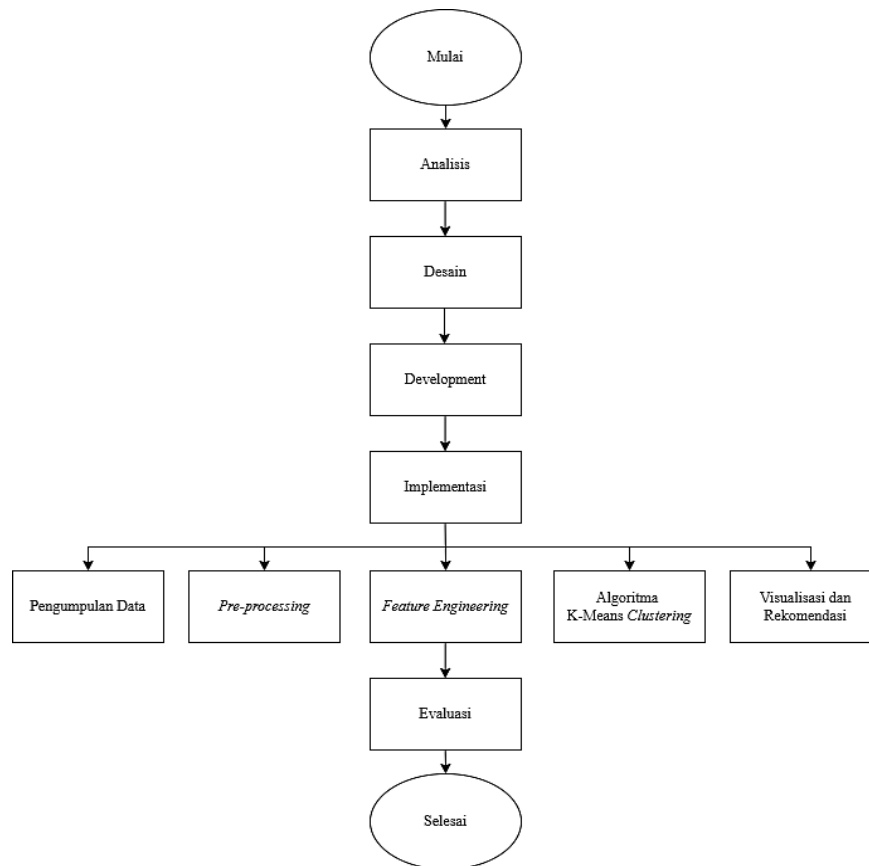
2. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan metodologi yang digunakan dalam penyelesaian masalah penelitian dengan hasil yang sistematis dan terstruktur. Penjelasan meliputi tahapan penelitian, metode pengumpulan data, serta tahapan implementasi algoritma yang diterapkan dalam sistem rekomendasi barang keluar.

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode algoritma K-Means untuk memberikan rekomendasi barang keluar pada Gudang Toko Jihan. Penelitian ini melalui beberapa tahapan yang dimulai dengan analisis, desain, *development*, implementasi (pengumpulan data, *preprocessing*, *feature engineering*, algoritma K-Means *clustering*, visualisasi dan rekomendasi), dan evaluasi. Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah dengan menganalisis masalah pada manajemen *inventory* dalam mengoptimalkan pengeluaran barang dan risiko kerugian akibat produk yang mendekati tanggal kadaluwarsa. Selanjutnya, pada tahap desain akan dilakukan perancangan struktur aplikasi *inventory* berbasis web yang mencakup tujuh menu utama, yaitu *Dashboard*, *Input Barang*, *Tabel Data Barang Masuk*, *Analisis K-Means*, *Laporan Barang Masuk* dan *Laporan Barang Keluar*. Tahap *development* membangun struktur penyimpanan data untuk menampung data barang masuk dan keluar, serta mencakup pembuatan mekanisme penyimpanan otomatis ke *Laporan Barang Masuk*. Sementara itu, pada tahap implementasi terdapat beberapa proses K-Means, yaitu input data, *preprocessing*, *feature*

engineering, algoritma K-Means *clustering*, visualisasi dan rekomendasi. Inti dari penelitian ini adalah penerapan K-Means untuk mengelompokkan data *iventory* ke dalam beberapa klaster berdasarkan karakteristiknya. Akhirnya, hasil dari *clustering* akan digunakan untuk visualisasi dan rekomendasi, dimana pola dari hasil *clustering* akan diterjemahkan menjadi rekomendasi untuk manajemen pengeluaran barang. Tahapan penelitian ini terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.2 Tahapan Implementasi K-Means

2.2.1 Pengumpulan Data

Data didapatkan melalui interaksi langsung dengan pemilik toko. Data yang digunakan adalah data barang masuk dan data barang keluar Gudang Toko Jihan selama periode dua bulan dari Februari sampai Maret 2025.

2.2.2 Pre-processing

Pre-processing merupakan salah satu proses data *mining* sebelum masuk ke dalam tahap pengolahan (Salsabiela dkk., 2024). *Pre-processing* data dilakukan secara sistematis untuk menyiapkan data mentah sebelum dianalisis menggunakan algoritma K-Means (Imanuel & Alfian, 2025). Data mentah akan diproses dengan cara menghapus beberapa data yang tidak diperlukan. Selanjutnya, data diubah agar menjadi lebih mudah dipahami oleh sistem sehingga dapat dibaca dengan baik (Salsabiela dkk., 2024). Berikut merupakan tahapan-tahapan dalam *preprocessing* diantaranya:

- Agregasi Data: Proses ini dilakukan untuk menggabungkan dan meringkas data menjadi satu baris unik untuk setiap item, seperti tanggal kadaluwarsa.
- Imputasi Data: Proses ini dilakukan untuk menangani nilai yang hilang (*missing values*) dalam dataset dengan mengisi nilai rata-rata dari kolomnya masing-masing.

2.2.3 Feature Engineering

Agar data dapat diproses algoritma K-Means yang berbasis perhitungan matematis, data atribut diubah ke dalam format numerik melalui proses berikut:

- One-Hot Encoding: Proses ini mengubah data kategorikal (teks) seperti 'jenis_brg' dan 'sifat_brg' menjadi format numerik dengan nilai 1 atau 0, sehingga dapat diproses oleh algoritma K-Means.
- Konversi Tanggal: Proses ini mengubah kolom 'tgl_kadaluwarsa' dari format tanggal menjadi format angka (ordinal) agar dapat diproses.
- Penanganan Fitur Numerik: Fitur kuantitatif jumlah dan harga digunakan secara langsung tanpa melalui proses standarisasi. Hal ini dilakukan agar fitur harga memiliki bobot implisit dalam perhitungan jarak.

2.2.4 Algoritma K-Means Clustering

K-Means adalah algoritma yang mempartisi data ke dalam sebuah *cluster*, setiap data termasuk ke dalam *cluster* dengan *centroid* (pusat *cluster*) terdekat (Sarmini dkk., 2024). *Cluster* adalah sekelompok data yang memiliki kemiripan satu sama lain dalam kumpulan yang sama dan tidak mirip dengan kumpulan berbeda (Ferdy Pangestu dkk., 2023). Algoritma K-Means mampu menangani permasalahan pengolahan data seperti tipe atribut yang berbeda, data *noise*, dan dapat diterjemahkan dengan mudah (V. E. Putri & Purnomo, 2025). Tahapan algoritma K-Means yang diterapkan, sebagai berikut:

- Jika Menentukan jumlah kluster (K): Menentukan berapa banyak kluster secara dinamis berdasarkan jumlah data (Istianto & Korespondensi, 2021).
- Inisialisasi centroid: Setelah jumlah kluster (K) ditentukan algoritma akan memilih K titik data secara acak dari dataset sebagai pusat kluster (centroid).
- Proses Iterasi: Setiap data dalam dataset akan dihitung jaraknya dengan centroid menggunakan *Euclidean Distance* seperti pada persamaan (1).

$$D(x_i, \mu_j) = \sqrt{\sum_{m=1}^d (x_{im} - \mu_{jm})^2} \quad (1)$$

Kemudian data dimasukkan ke dalam kluster dengan centroid terdekat, lalu posisi centroid diperbarui berdasarkan rata-rata anggota cluster, proses ini diulang hingga centroid stabil. Output hasil dari algoritma K-Means adalah label cluster yang ditetapkan untuk setiap barang dalam data agregat.

2.2.5 Visualisasi dan Rekomendasi

Hasil clustering divisualisasikan dalam 2 dimensi menggunakan Principal Component Analysis (PCA) yang diterapkan pada data fitur numerik (Saputra, 2024). Dua komponen utama hasil Principal Component Analysis (PCA) diplot dalam scatter plot dengan warna titik mempresentasikan cluster yang ditetapkan oleh K-Means. Setelah itu, setiap cluster akan menghitung rata-rata tanggal kadaluwarsa dalam format ordinal. Cluster dengan rata-rata tanggal kadaluwarsa paling dekat akan diidentifikasi sebagai target, lalu cluster target akan direkomendasikan untuk dikeluarkan (Sinaga dkk., 2025).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun bagian ini menyajikan hasil dari implementasi sistem yang telah dirancang. Penelitian ini telah berhasil merancang sistem fungsional *end-to-end* untuk aplikasi *inventory* pada manajemen pengeluaran barang dengan menggunakan algoritma K-Means. Hasil implementasi sistem ini disajikan melalui antarmuka pengguna (UI) yang dikembangkan secara interaktif, sementara fungsionalitas utama dari analisis *clustering* dan sistem rekomendasi didemonstrasikan secara terpisah. Berikut merupakan pembahasan implikasi dari hasil, terutama pemecahan masalah yang diidentifikasi, yaitu risiko kerugian akibat produk yang mendekati tanggal kadaluwarsa.

3.1 Input Data

Data yang ditampilkan pada Gambar 2 merupakan data mentah yang belum diolah sehingga belum siap digunakan. Karena algoritma K-Means berbasis perhitungan jarak (*distance*), maka data yang bersifat kategorikal atau format tanggal perlu dikonversi terlebih dahulu dalam bentuk numerik. Sebelum melakukan tahapan algoritma K-Means *clustering* perlu menginput data terlebih dahulu dengan total data mentah adalah 102 data produk. Dengan memiliki delapan kolom yaitu *barang_id*, *nama_brg*, *jenis_brg*, *sifat_brg*, *harga*, *jumlah*, *tgl_kadaluwarsa*, dan *tgl_barangm*. Nantinya, atribut kolom tersebut dipilih pada kebutuhan algoritma untuk mengelompokkan barang secara akurat. Representasi visual awal dari dataset disajikan pada Gambar 2.

barang_id	nama_brg	jenis_brg	sifat_brg	harga	jumlah	tgl_kadaluwarsa	tgl_barangm
A001	Rapika Pink	Sabun	Tahan Lama	Rp4,500	20	14/05/2026	28/10/2024
A002	Rapika Lavender	Sabun	Tahan Lama	Rp4,500	20	14/05/2026	28/10/2024
A003	Rapika Blue	Sabun	Tahan Lama	Rp4,500	20	14/05/2026	28/10/2024
A004	Rapika Hijau	Sabun	Tahan Lama	Rp4,500	20	14/05/2026	28/10/2024
A005	Gentlegen PR	Sabun	Tahan Lama	Rp9,500	20	02/09/2025	28/10/2024
A006	Gentlegen FR	Sabun	Tahan Lama	Rp9,500	20	02/09/2025	28/10/2024
A007	Gentlegen MR	Sabun	Tahan Lama	Rp9,500	20	02/09/2025	28/10/2024
A008	Sayang Liquid OF	Sabun	Tahan Lama	Rp10,000	20	18/02/2026	28/10/2024
A009	Sayang Liquid LV	Sabun	Tahan Lama	Rp10,000	20	18/02/2026	28/10/2024
A010	Nuvo Merah	Sabun	Tahan Lama	Rp23,900	10	03/06/2026	28/10/2024
A011	Nuvo Putih	Sabun	Tahan Lama	Rp23,900	10	03/06/2026	28/10/2024
B001	Sasa Santan Bubuk 20gr	Sembako	Tahan Lama	Rp2,500	15	18/08/2026	28/10/2024
B002	Sasa Santan Cair 200ml	Sembako	Tahan Lama	Rp13,000	20	14/08/2026	28/10/2024
B003	Kecap Indofood 275ml	Sembako	Tahan Lama	Rp14,500	15	15/05/2026	28/10/2024
B004	Garam Kapal 250gr	Sembako	Tahan Lama	Rp2,000	30	08/10/2025	28/10/2024
B005	Minyak Sania 1L	Sembako	Tahan Lama	Rp16,500	24	20/06/2025	07/11/2024
B006	Terigu Tulip	Sembako	Tahan Lama	Rp8,300	20	17/04/2026	07/11/2024
B007	Masako Ayam 10gr	Sembako	Tahan Lama	Rp500	48	06/11/2025	07/11/2024
B008	Masako Sapi 10 gr	Sembako	Tahan Lama	Rp500	48	06/11/2025	07/11/2024

Gambar 2. Input Data

3.2 Implementasi Antarmuka Sistem

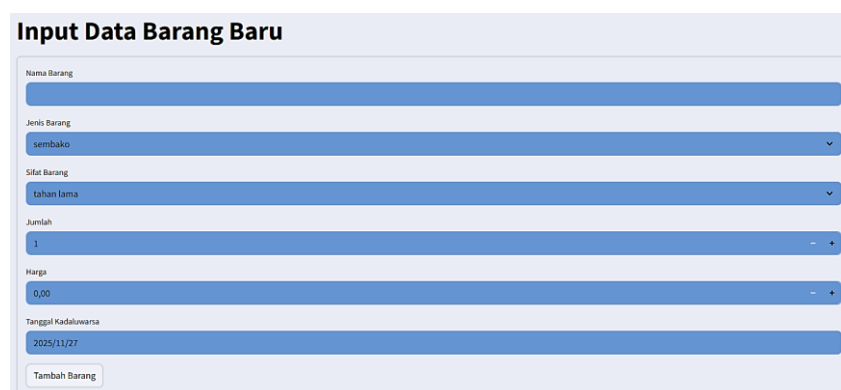
Antarmuka sistem ini dirancang sebagai aplikasi *inventory* berbasis web untuk digunakan oleh pemilik dan karyawan Gudang Toko Jihan. Desain berfokus pada alur kerja operasional, mulai dari pencatatan data hingga eksekusi rekomendasi. Sistem rekomendasi dengan menggunakan algoritma K-Means pada aplikasi *inventory* untuk manajemen pengeluaran barang memiliki tujuh menu utama, yaitu *Dashboard*, *Input Barang*, *Tabel Data Barang Masuk*, *Analisis K-Means*, *Proses Barang Keluar*, *Laporan Barang Masuk*, dan *Laporan Barang Keluar*. Antarmuka utama pada aplikasi adalah menyediakan navigasi *sidebar* yang membagi fungsionalitas utama seperti pada Gambar 3.



	nama_barang	jumlah_masuk	jumlah_keluar	sisa	tgl_masuk	tgl_keluar
1	Rapika Pink	20	0	20	2025-10-07 00:00:00	Belum keluar
2	Tertiga Tulip	17	3	14	2025-10-07 00:00:00	2025-10-07 00:00:00
3	Minyak Santia 1L	20	4	16	2025-10-07 00:00:00	2025-10-07 00:00:00
4	Garam Kapas 250gr	30	0	30	2025-10-07 00:00:00	Belum keluar
5	Kecap Indulfood 275ml	13	2	11	2025-10-07 00:00:00	2025-10-07 00:00:00
6	Sasa Santan Caci 200ml	20	0	20	2025-10-07 00:00:00	Belum keluar
7	Sasa Santan Bubuk 20gr	15	0	15	2025-10-07 00:00:00	Belum keluar
8	Peppermint 180gr	36	0	36	2025-10-07 00:00:00	Belum keluar
9	Sayang Liquid LV	13	5	8	2025-10-07 00:00:00	2025-10-07 00:00:00
10	Gentlegen MR	18	2	16	2025-10-07 00:00:00	2025-10-07 00:00:00

Gambar 3. Halaman *Dashboard*

Pada Gambar 3 menampilkan halaman utama terdapat *Dashboard* menampilkan data barang, jumlah barang, dan tabel agregat ('jumlah_masuk', 'jumlah_keluar', dan 'sisa') dari barang masuk dan barang keluar untuk menunjukkan sisa stok barang. Halaman ini berfungsi sebagai pusat kendali dengan menyajikan ringkasan status *inventory* secara *real-time*, termasuk total barang yang terdaftar. Tampilan ini memiliki fungsi esensial dari manajemen persediaan untuk memantau stok secara cepat atas ketersediaan barang.



Gambar 4. Halaman *Input Data Barang*



	id	nama_barang	jenis_brg	sifat_brg	jumlah	harga	tgl_kadaluarsa	tgl_masuk
1	A001	Rapika Pink	sabun	tahan lama	20	4500	2026-03-11	2025-10-07
2	A002	Rapika Lavender	sabun	tahan lama	20	4500	2026-01-15	2025-10-07
3	A003	Rapika Blue	sabun	tahan lama	20	4500	2025-12-26	2025-10-07
4	A004	Rapika Hijau	sabun	tahan lama	18	4500	2025-11-20	2025-10-07
5	A005	Gentlegen PR	sabun	tahan lama	16	9500	2025-11-29	2025-10-07
6	A006	Gentlegen FR	sabun	tahan lama	18	9500	2025-12-31	2025-10-07
7	A007	Gentlegen MR	sabun	tahan lama	18	9500	2026-02-18	2025-10-07
8	A008	Sayang Liquid OF	sabun	tahan lama	16	10000	2026-02-04	2025-10-07
9	A009	Sayang Liquid LV	sabun	tahan lama	13	10000	2026-01-31	2025-10-07
10	B001	Sasa Santan Bubuk 20gr	sembako	tahan lama	15	3000	2026-04-15	2025-10-07

Gambar 5. Halaman *Tabel Data Barang Masuk*

Selanjutnya, halaman *Input Barang* adalah formulir yang digunakan oleh karyawan untuk menginputkan produk baru ke dalam sistem. Setelah data berhasil diinputkan, nantinya akan muncul notifikasi data berhasil diinputkan. Secara khusus, Gambar 4 dan Gambar 5 mengumpulkan atribut-atribut vital yang akan digunakan dalam analisis K-Means,



yaitu nama barang, jenis barang, sifat barang, jumlah, harga, dan tanggal kadaluwarsa. Sistem dirancang untuk secara otomatis menghasilkan ‘barang_id’ berdasarkan jenis barang, seperti ‘A’ untuk sabun, ‘B’ untuk sembako, dan ‘C’ untuk kesehatan’ yang membantu dalam standarisasi dan integritas data. Pada Gambar 5, menampilkan data mentah yang telah berhasil diinputkan pada form input barang.

Analisis K-Means

Data Barang Input

Data ini adalah hasil agregasi dari barang masuk, yang akan digunakan sebagai input clustering.

nama_barang	id	jenis_brg	sifat_brg	jumlah	harga	tgl_kadaluwarsa	tgl_masuk
Garam Kapal 250gr	B004	sembako	tahan lama	30	3000	2026-05-27	2025-10-07
Gentlegen FR	A006	sabun	tahan lama	18	9500	2025-12-31	2025-10-07
Gentlegen MR	A007	sabun	tahan lama	18	9500	2026-02-18	2025-10-07
Gentlegen PR	A005	sabun	tahan lama	16	9500	2025-11-29	2025-10-07
Kecap Indofood 275ml	B003	sembako	tahan lama	13	16000	2026-03-20	2025-10-07
Minyak Santia 1L	B005	sembako	tahan lama	20	17500	2026-06-17	2025-10-07
Pepsodent 150gr	C001	kesehatan	tahan lama	36	16500	2026-05-14	2025-10-07
Rapika Blue	A003	sabun	tahan lama	20	4500	2025-12-26	2025-10-07
Rapika Hijau	A004	sabun	tahan lama	18	4500	2025-11-20	2025-10-07
Rapika Lavender	A002	sabun	tahan lama	20	4500	2026-01-15	2025-10-07

[Klik untuk melihat Hasil Preprocessing \(Fitur Numerik untuk K-Means\)](#)

Hasil Clustering K-Means & Visualisasi PCA

[Proses Analisis K-Means](#)

Gambar 6. Halaman Analisis K-Means

Gambar 6 menampilkan halaman Analisis K-Means untuk menjalankan proses algoritma K-Means *clustering* yang merupakan inti dari fungsionalitas sistem ini. Data mentah pada tabel data barang masuk akan dilakukan proses *preprocessing* terlebih dahulu, sebelum diterapkan algoritma K-Means. Ketika tombol Proses Analisis K-Means ditekan, sistem akan menerapkan K-Means pada data yang telah di *preprocessing*. Tujuannya untuk mengelompokkan barang yang secara otomatis mengidentifikasi *cluster*, yang akan menghasilkan rekomendasi barang keluar berdasarkan tanggal kadaluwarsa terdekat.

Proses Barang Keluar

Data Barang Masuk

id	nama_barang	jenis_brg	sifat_brg	jumlah	harga	tgl_kadaluwarsa	tgl_masuk
A001	Rapika Pink	sabun	tahan lama	20	4500	2026-03-11	2025-10-07
A002	Rapika Lavender	sabun	tahan lama	20	4500	2026-01-15	2025-10-07
A003	Rapika Blue	sabun	tahan lama	20	4500	2025-12-26	2025-10-07
A004	Rapika Hijau	sabun	tahan lama	18	4500	2025-11-20	2025-10-07
A005	Gentlegen PR	sabun	tahan lama	16	9500	2025-11-29	2025-10-07
A006	Gentlegen FR	sabun	tahan lama	18	9500	2025-12-31	2025-10-07
A007	Gentlegen MR	sabun	tahan lama	18	9500	2026-02-18	2025-10-07
A008	Sayang Liquid OF	sabun	tahan lama	16	10000	2026-02-04	2025-10-07
A009	Sayang Liquid LV	sabun	tahan lama	13	10000	2026-01-31	2025-10-07
B001	Sasa Santan Bubuk 20gr	sembako	tahan lama	15	3000	2026-04-15	2025-10-07

[Hasil Rekomendasi Analisis K-Means](#)

Pemilihan Manual Berdasarkan ID

Pilih ID barang untuk dikeluarkan:

[Choose an option](#)

[Proses Barang Manual](#)

Gambar 7. Halaman Proses Barang Keluar

Pada Gambar 7 merupakan antarmuka proses pengeluaran barang secara manual berdasarkan ‘barang_id’, serta proses pengeluaran barang berdasarkan rekomendasi hasil *clustering*. Hasil rekomendasi barang keluar dari analisis K-Means akan ditampilkan di halaman Proses Barang Keluar, dengan cara mengklik tombol Hasil Rekomendasi Analisis K-Means. Sementara itu, barang yang berhasil dikeluarkan datanya akan tersimpan pada Laporan Barang Keluar.

Laporan Barang Masuk

Detail Barang Masuk

Pilih Tahun:

2025

Pilih Bulan:

January

id	nama_barang	jenis_brg	sifat_brg	jumlah	harga	tgl_kadaluwarsa	tgl_masuk
empty							

[Download Laporan Barang Masuk \(PDF\)](#)

Laporan Barang Keluar

Detail Barang Keluar

Pilih Tahun:

2025

Pilih Bulan:

January

id	nama_barang	jenis_brg	sifat_brg	jumlah_masuk	jumlah_keluar	sis	harga	tgl_kadaluwarsa	tgl_masuk	tgl_keluar
empty										

[Download Laporan Barang Keluar \(PDF\)](#)

(a)

(b)

Gambar 8. Halaman Laporan: (a) Barang Masuk dan (b) Barang Keluar

Data barang mentah yang telah diinputkan akan tersimpan secara otomatis pada Laporan Barang Masuk, seperti pada Gambar 8. Sedangkan, Gambar 9 merupakan Laporan Barang Keluar yang akan menyimpan semua data barang yang telah berhasil dikeluarkan secara manual dan berdasarkan rekomendasi hasil *clustering*.

3.3 Fungsionalitas Analisis dan Rekomendasi

Fungsi utama pada sistem ini terdapat pada halaman Analisis K-Means, di mana hasilnya diterjemahkan menjadi rekomendasi barang keluar yang dapat ditindaklanjuti melalui halaman Proses Barang Keluar.

Hasil Clustering K-Means & Visualisasi PCA

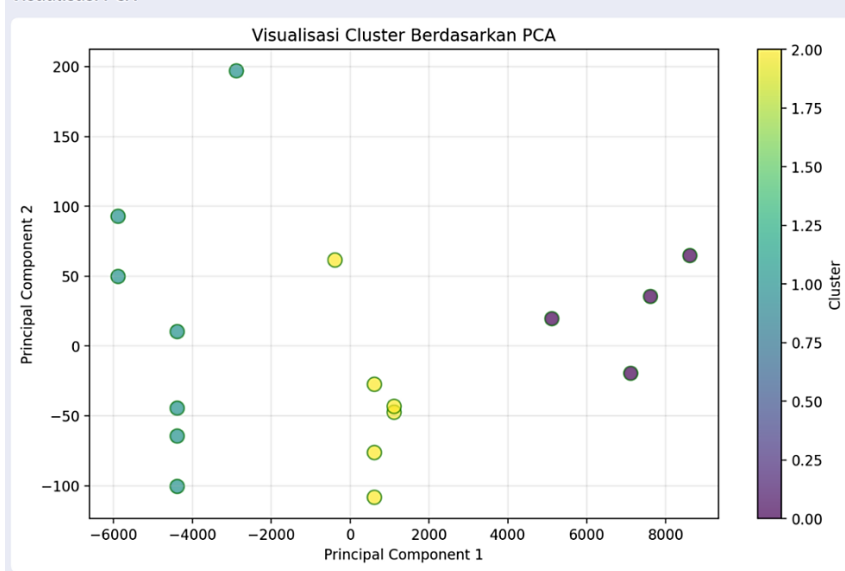
Proses Analisis K-Means

Tabel Hasil Clustering

	id	nama_barang	jenis_brg	sifat_brg	jumlah	harga	tgl_kadaluwarsa	cluster
1	B004	Garam Kapal 250gr	sembako	tahan lama	30	3000	2026-05-27 00:00:00	1
2	A006	Gentlegen FR	sabun	tahan lama	18	9500	2025-12-31 00:00:00	2
3	A007	Gentlegen MR	sabun	tahan lama	18	9500	2026-02-18 00:00:00	2
4	A005	Gentlegen PR	sabun	tahan lama	16	9500	2025-11-29 00:00:00	2
5	B003	Kecap Indofood 275ml	sembako	tahan lama	13	16000	2026-03-20 00:00:00	0
6	B005	Minyak Sania 1L	sembako	tahan lama	20	17500	2026-06-17 00:00:00	0
7	C001	Pepsodent 190gr	kesehatan	tahan lama	36	16500	2026-05-14 00:00:00	0
8	A003	Rapika Blue	sabun	tahan lama	20	4500	2025-12-26 00:00:00	1
9	A004	Rapika Hijau	sabun	tahan lama	18	4500	2025-11-20 00:00:00	1
10	A002	Rapika Lavender	sabun	tahan lama	20	4500	2026-01-15 00:00:00	1

(a)

Visualisasi PCA



(b)

Gambar 10. Hasil Proses Analisis K-Means (a dan b)

Pada Gambar 10 mendemonstrasikan data barang agregat yang akan diproses menggunakan K-Means untuk menghasilkan tabel hasil *clustering* dan memvisualisasikan *cluster* dalam dua dimensi dengan *scatter plot*. Plot *scatter* 2D dihasilkan menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA). Plot ini berfungsi sebagai visualisasi *cluster* yang terbentuk dari data berdimensi tinggi (jenis, sifat, jumlah, harga, dan tanggal kadaluwarsa). Setiap titik pada plot mewakili satu item barang, dan warnanya (misal, ungu, hijau, kuning) menunjukkan *cluster* (misal, 0, 1, 2) tempat item yang ditetapkan oleh K-Means. Visualisasi *cluster* guna untuk membantu pengguna secara intuitif memahami seberapa baik data terkelompok. Pada Tabel Hasil *Clustering* menampilkan data barang agregat dengan tambahan satu kolom krusial di sebelah kanan, yaitu *cluster*. Kolom ini secara eksplisit menetapkan setiap barang (misal, 'Garam Kapal 250gr' ke '*cluster* 1'). Tabel inilah yang menjadi dasar logika pada sistem rekomendasi.

Rekomendasi Barang Keluar						
Berdasarkan analisis, barang dari Cluster 2 direkomendasikan keluar karena mendekati tanggal kadaluwarsa.						
	id	nama_barang	jumlah	harga	tgl_kadaluwarsa	cluster
1	A006	Gentlegen FR	18	9500	2025-12-31 00:00:00	2
2	A007	Gentlegen MR	18	9500	2026-02-18 00:00:00	2
3	A005	Gentlegen PR	16	9500	2025-11-29 00:00:00	2
4	A009	Sayang Liquid LV	13	10000	2026-01-31 00:00:00	2
5	A008	Sayang Liquid OF	16	10000	2026-02-04 00:00:00	2
6	B006	Terigu Tulip	17	8500	2026-05-15 00:00:00	2

Gambar 11. Tampilan Rekomendasi Barang Keluar

Setelah K-Means menetapkan *cluster*, berikutnya sistem akan menghitung rata-rata tanggal kadaluwarsa (dalam format ordinal) per *cluster*. *Cluster* yang memiliki nilai rata-rata rendah diidentifikasi sebagai *cluster* target. Gambar 11 adalah antarmuka yang menampilkan hasil dari proses sistem ini. Sistem menyatakan bahwa berdasarkan analisis, barang dari *cluster* 2 direkomendasikan keluar karena mendekati tanggal kadaluwarsa. Kemudian, sistem juga menyajikan daftar barang-barang yang termasuk ke dalam '*cluster* 2' (misal, 'Gentlegen FR', 'Sayang Liquid LV', 'Terigu Tulip', dll.). Ini merupakan salah satu transisi dari analisis data mentah (hasil *clustering*) menjadi wawasan yang dapat ditindaklanjuti (*actionable insight*).

Rekomendasi Barang Keluar Berdasarkan Analisis K-Means

Barang dari Cluster 2 direkomendasikan keluar karena mendekati kadaluwarsa.

Gentlegen FR (ID: A006)

- Stok tersedia: 18
- Rekomendasi sistem keluar: 1
- Masukkan jumlah yang akan dikeluarkan (maks 18)

1

Gentlegen MR (ID: A007)

- Stok tersedia: 18
- Rekomendasi sistem keluar: 1
- Masukkan jumlah yang akan dikeluarkan (maks 18)

1

Gambar 12. Rekomendasi Barang Keluar Berdasarkan Analisis K-Means

Jika memilih untuk memproses barang keluar berdasarkan analisis K-Means, maka sistem akan menampilkan form khusus. Seperti pada Gambar 12, untuk setiap item yang direkomendasikan (misal, 'Gentlegen FR (ID: A006)') akan ditampilkan stok yang tersedia (misal, 'Stok tersedia: 18') dan menyediakan *input field* untuk memasukkan jumlah barang yang ingin dikeluarkan.

Pemilihan Manual Berdasarkan ID

Pilih ID barang untuk dikeluarkan:

ID A005 - Gentle...

Jumlah untuk ID A005 - Gentlegen PR (maks 16)

6

Proses Barang Manual

ID A001 - Rapika Pink (Stok: 20)

ID A002 - Rapika Lavender (Stok: 20)

ID A003 - Rapika Blue (Stok: 20)

ID A004 - Rapika Hijau (Stok: 18)

ID A006 - Gentlegen FR (Stok: 18)

ID A007 - Gentlegen MR (Stok: 18)

ID A008 - Sayang Liquid OF (Stok: 16)

ID A009 - Sayang Liquid LV (Stok: 13)

ID A005 - Gentle...

Jumlah untuk ID A005 - Gentlegen PR (maks 16)

6

Proses Barang Manual

Gambar 13. Pemilihan Manual Berdasarkan ID



Sistem ini juga menyediakan pemilihan manual berdasarkan 'barang_id' sebagai alternatif mengeluarkan barang diluar rekomendasi, seperti pada Gambar 13. Disini admin dapat memilih 'barang_id' apa pun dari *dropdown* (misal, 'ID A005-Gentlegen PR') dan memasukkan jumlah barang yang akan dikeluarkan, meskipun barang tersebut mungkin tidak masuk ke dalam daftar barang yang direkomendasikan.

Setelah kedua tindakan ini dieksekusi, maka sistem akan melakukan pembaruan dengan mengurangi jumlah barang pada file data barang masuk dan menambahkan catatan transaksi ke file data barang keluar. Kemudian, akan terlihat di Laporan Barang Masuk dan Laporan Barang Keluar.

3.4 Pembahasan

Integrasi algoritma K-Means dalam aplikasi *inventory* menunjukkan potensi data mining untuk mendukung keputusan operasional (Nikmah dkk., 2023). Perbedaan utama dari penelitian-penelitian sebelumnya terletak pada fokusnya, jika penelitian sebelumnya menggunakan K-Means untuk analisis *stock-in* atau identifikasi produk laris, maka penelitian ini fokus pada manajemen pengeluaran barang.

Clustering memungkinkan pengelompokan barang tidak hanya berdasarkan jenis atau sifat saja, tetapi bisa juga berdasarkan kombinasi beberapa atribut kuantitatif dan temporal, seperti jumlah, harga, dan tanggal kadaluwarsa. Keberhasilan analisis sistem ini sangat bergantung pada teknis implementasi pada tahap *preprocessing* data. Sistem menggunakan teknik *one-hot encoding* untuk mengubah atribut kategorikal seperti 'jenis_brg' (misal: sabun, sembako, kesehatan) dan 'sifat_brg' (misal: tahan lama dan cepat kadaluwarsa) menjadi representasi numerik biner. Selain itu, 'tgl_kadaluwarsa' dikonversi menjadi format ordinal yang memungkinkan algoritma untuk memproses data waktu sebagai nilai kontinu dalam ruang vektor *euclidean*. Hal ini meyakinkan bahwa K-Means berhasil mengidentifikasi struktur atau pola yang ada di dalam data, serta mengungkap kesamaan antar barang yang mungkin tidak terlihat secara langsung. Apabila semakin besar kemiripan antar kelompok data maka semakin baik, sedangkan kemiripan antar kelompok lainnya akan semakin kecil (Hamim Annisa dkk., 2024).

Dalam penentuan kelompok, sistem menerapkan logika penentuan jumlah kluster (K) yang dinamis dan adaptif berbeda dengan pendekatan statis. Di dalam kode program saya menetapkan formula yang memastikan sistem tetap baik pada tahap awal pengisian data maupun saat data sudah melimpah.

Visualisasi pada Gambar 10 memvisualisasikan proses ini dengan memanfaatkan *Principal Component Analysis* (PCA), pada plot tersebut menunjukkan tiga *cluster* yang memiliki tingkat pemisah. Pemanfaatan *Principal Component Analysis* (PCA) untuk visualisasi memberikan pandangan intuitif untuk memahami hasil *clustering*. Plot *Principal Component Analysis* (PCA) menampilkan sebaran data dalam 2 dimensi utama, dimana setiap titik mewakili satu item barang dengan warna berbeda untuk menunjukkan cluster tersebut berada. Jika *cluster* visual plot *Principal Component Analysis* (PCA) terlihat terpisah dengan baik, ini memberikan keyakinan bahwa pengelompokan berhasil mengidentifikasi struktur dalam data. Sebaliknya, jika *cluster* tampak tumpang tindih, mungkin mengindikasikan bahwa fitur atau jumlah *cluster* yang dipilih belum optimal, atau memang data tersebut tidak memiliki struktur *cluster* yang jelas (Saputra, 2024).

Tujuan utama penelitian ini adalah mengurangi risiko kerugian akibat barang kadaluwarsa yang secara langsung telah diatasi oleh fitur rekomendasi. Penelitian ini menggunakan beberapa variabel untuk proses *clustering*. Fitur kategorikal 'jenis_brg' (misal, sabun, sembako, kesehatan) dan 'sifat_brg' (misal, tahan lama dan cepat kadaluwarsa) diproses menggunakan *one-hot encoding*. Sementara itu, fitur kuantitatif 'jumlah', 'harga', dan 'tgl_kadaluwarsa' yang diubah menjadi format ordinal digunakan untuk mengukur kesamaan. Kombinasi inilah yang mengungkap kesamaan antar barang, misalnya mengelompokkan barang yang harganya sedang, jumlahnya sedikit, dan akan segera kadaluwarsa. Fitur rekomendasi yang berfokus pada *cluster* berdasarkan tanggal kadaluwarsa terdekat adalah aplikasi praktis dari hasil *clustering*. Hal ini secara tidak langsung telah mengatasi permasalahan potensi kerugian akibat barang *expired*. Dengan berfokus pada barang yang memiliki risiko besar, sistem membantu untuk memprioritaskan pengeluaran barang-barang tersebut (Nikmah dkk., 2023).

Selain validasi teknis melalui visualisasi *Principal Component Analysis* (PCA), keberhasilan sistem ini dapat dilihat dari kemampuan algoritma dalam menangkap pola karakteristik barang secara multidimensi. Barang-barang yang terkelompok dalam *cluster* target rekomendasi memiliki risiko yang serupa, tidak hanya berdasarkan tanggal kadaluwarsa terdekat, tetapi juga dipengaruhi oleh atribut 'sifat_brg'. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem mampu membedakan urgensi penanganan antara barang yang bersifat 'cepat kadaluwarsa' dengan barang 'tahan lama' secara otomatis tanpa aturan yang kaku.

Adapun integrasi hasil analisis ke dalam fitur Laporan Barang Masuk dan Laporan Barang Keluar menciptakan siklus akuntabilitas data yang lengkap. Setiap barang yang dikeluarkan berdasarkan rekomendasi *cluster* target akan tercatat secara otomatis, serta memungkinkan evaluasi pasca-tindakan untuk melihat efektivitas prediksi algoritma dalam menekan angka kerugian. Hal ini membuktikan bahwa sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat prediksi semata, tetapi juga sebagai instrumen audit operasional yang memantau pergerakan stok berisiko tinggi secara transparan dan akurat.

Dari pandangan operasional, implementasi ini mengubah alur kerja manajemen pengeluaran barang dari yang sebelumnya bersifat reaktif-manual menjadi proaktif-otomatis. Karyawan tidak perlu melakukan pemeriksaan fisik satu per satu yang rentan terhadap *human error*. Keberadaan mekanisme ganda pada menu Proses Barang Keluar memfasilitasi eksekusi berdasarkan rekomendasi algoritma sekaligus menyediakan opsi intervensi manual, serta menciptakan sistem *human-in-the-loop* yang cukup kuat. Algoritma K-Means berfungsi sebagai sistem peringatan dini



(*early warning system*) yang presisi, sementara fitur manual mengakomodasi anomali di lapangan yang tidak terekam di dalam data, seperti kerusakan fisik kemasan. Sinergi ini memastikan strategi pengurangan kerugian berjalan efektif namun tetap adaptif.

Penelitian ini menggunakan fitur jumlah dan harga secara langsung tanpa standarisasi eksplisit sebelum *clustering*. Dalam penelitian lain, seringkali disarankan untuk melakukan standarisasi pada fitur numerik untuk memastikan bahwa fitur dengan rentang nilai yang lebih besar tidak proporsional mempengaruhi perhitungan jarak dan hasil *clustering* (Gunawan Zain dkk., 2025). Namun, ketiadaan standarisasi merupakan pilihan yang dapat dipertahankan (*defensible*). Fitur harga dengan rentang nilai yang jauh lebih besar dari jumlah dibiarkan mendominasi perhitungan jarak. Hal ini bertujuan agar algoritma K-Means mengelompokkan barang berdasarkan nilai finansial (harga) terlebih dahulu untuk mengelola barang.

Oleh karena itu, ketiadaan standarisasi merupakan sebuah penyesuaian pragmatis yang mencerminkan prioritas bisnis. Pendekatan ini secara efektif menciptakan pembobotan implisit pada fitur harga, memastikan bahwa model K-Means mengelompokkan barang berdasarkan nilai finansialnya. Hal ini membuat rekomendasi pengeluaran barang berdasarkan tanggal kadaluwarsa menjadi lebih relevan secara operasional. Fitur kategorikal pada sistem ini diproses melalui *one-hot encoding*. Secara keseluruhan, implementasi sistem ini mendemonstrasikan bagaimana *clustering* K-Means diintegrasikan ke dalam alur kerja manajemen *inventory* untuk memberikan wawasan berbasis data khususnya dalam memprioritaskan pengeluaran barang berdasarkan tanggal kadaluwarsa.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang mengimplementasikan sistem rekomendasi menggunakan algoritma K-Means pada aplikasi *inventory* untuk manajemen pengeluaran barang. Aplikasi yang dibangun menyediakan fungsionalitas *end-to-end* yang dibutuhkan oleh pemilik dan karyawan Gudang Toko Jihan mulai dari input data barang, *preprocessing* fitur, hingga eksekusi *clustering* K-Means. Sistem menunjukkan bahwa K-Means sangat efektif dalam mengelompokkan barang berdasarkan atribut seperti jenis, sifat, jumlah, harga, dan tanggal kadaluwarsa yang divisualisasikan menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA). Pemanfaatan hasil *clustering* untuk memberikan rekomendasi pengeluaran barang berdasarkan tanggal kadaluwarsa secara langsung telah menjawab permasalahan utama pada penelitian ini, yaitu menyediakan sistem untuk mengoptimalkan strategi pengeluaran barang dan mengurangi risiko kerugian akibat barang kadaluwarsa. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan terutama pada penentuan jumlah kluster (K) yang dilakukan secara dinamis dan pragmatis, tidak menggunakan metode analitis seperti *Elbow Method* atau *Silhouette Score*. Selain itu, fitur kuantitatif ‘jumlah’ dan ‘harga’ sengaja tidak distandarisasi untuk memberikan bobot implisit pada harga, penelitian ini masih bisa dieksplorasi lebih lanjut dampaknya. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan melakukan perbaikan dengan mengimplementasikan metode evaluasi untuk menemukan jumlah *cluster* secara optimal. Hasil *clustering* dimanfaatkan untuk memberikan rekomendasi prioritas pengeluaran barang berdasarkan jenis, sifat, jumlah, harga, dan tanggal kadaluwarsa, sehingga berpotensi mengurangi pemborosan dan mendukung pengambilan keputusan operasional dalam manajemen *inventory* secara lebih efisien.

REFERENCES

- Alifa, T. T., Astuti, R., & Muhammad Basysyar, F. (2024). Implementasi Data Mining Menggunakan Algoritma K-Means Clustering Dalam Analisis Penjualan Produk. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 8(1), 602–607. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i1.8340>
- Andriyani, F., & Puspitarani, Y. (2022). Performance Comparison of K-Means and DBScan Algorithms for Text Clustering Product Reviews. *Sinkron*, 7(3), 944–949. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v7i3.11569>
- Ferdy Pangestu, F. P., Nur Yasin, N. Y., Ronald Chistover Hasugian, R. C., & Yunita, Y. (2023). Penerapan Algoritma K-Means Untuk Mengklasifikasi Data Obat. *Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi dan Komputer)*, 12(1), 53–62. <https://doi.org/10.32736/sisfokom.v12i1.1461>
- Gunawan Zain, S., Amalia Tahir, R., Akram Nur Risal, A., & Korespondensi, P. (2025). *Clustering Stok Material Di Pdam Kota Makassar Wilayah Pelayanan Vi Menggunakan Algoritma K-Means*. 12(4), 2355–7699. <https://doi.org/10.25126/jtiik.124>
- Hakim, B., Joanda Kaunang, F., Susanto, C., Salim, J., & Indradjaja, R. (2025). Implementasi Machine Learning Dalam Pegelompokan Musik Menggunakan Algoritma K-Means Clustering . *Idealis: Indonesia Journal Information System*, 8(1), 74–83. <https://doi.org/10.36080/idealis.v8i1.3357>
- Hamim Annisa, L., Rusvinasari, D., & Annisa, L. H. (2024). Segmentasi Pembelian Produk Menggunakan Algoritma K-Means Berdasarkan Clusterisasi pada pemilihan menu yang ada diUMKM Kuliner . *Jurnal Informatika: Jurnal pengembangan IT* , 9(3), 203–212. <https://doi.org/10.30591/jpit.v9ix.xxx>
- Imanuel, D. A., & Alfian, G. (2025). Visualisasi Segmentasi Pelanggan Berdasarkan Atribut RFM Menggunakan Algoritma K-Means Untuk Memahami Karakteristik Pelanggan pada Toko Retail Online. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 12(2), 283–292. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2025128619>
- Indriani, D., Irawan, B., & Bahtiar, A. (2024). Penerapan Algoritma K-Means Clustering Untuk Menentukan Persediaan Stok Barang . *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 8(1), 182–187. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i1.8322>



- Irawan, H., Fawzi, M. I., & Hidayat, S. (2025). Integration of K-Means Clustering and Elbow Method for Mapping *Baccaurea* spp. Distribution to Support Agroindustrial Development in West Sulawesi. *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, 6(2), 1057–1068. <https://doi.org/10.52436/1.jutif.6.2.4671>
- Istianto, Y., & Korespondensi, P. (2021). Klasifikasi Kebutuhan Jumlah Produk Makanan Customer Menggunakan K-Means Clustering Dengan Optimasi Pusat Awal Cluster Algoritma Genetika. 8(5), 861–870. <https://doi.org/10.25126/jtiik.202182990>
- Nikmah, T. L., Harahap, N. H. S., Utami, G. C., & Razzaq, M. M. (2023). Customer Segmentation Based on Loyalty Level Using K-Means and LRFM Feature Selection in Retail Online Store. *Jurnal ELTIKOM*, 7(1), 21–28. <https://doi.org/10.31961/eltikom.v7i1.648>
- Prasetiani, S. D., & Rochmawati, N. (2022). Penerapan Data Mining Untuk Clustering Menu Favorit Menggunakan Algoritma K-Means (Studi Kasus Kedai Expo). *Journal of Informatics and Computer Science*, 3(03), 278–286. <https://doi.org/10.26740/jinacs.v3n03.p278-286>
- Putri, V. E., & Purnomo, H. D. (2025). Integrasi Algoritma Apriori Dan K-Means Dalam Analisis Pola Pembelian Untuk Meningkatkan Strategi Pemasaran. *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, 10(1), 409–423. <https://doi.org/10.29100/jupi.v10i1.5768>
- Putri, Y., Aldo, D., & Ilham, W. (2024). Retail Marketing Strategy Optimization: Customer Segmentation with Artificial Intelligence Integration and K-Means Clustering. *sinkron*, 8(4), 2155–2163. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i4.14000>
- Ramadhan, G., Analisis Algoritma K-means, P., & Astuti, Y. (2024). Perbandingan Kinerja Algoritma K-means dan Agglomerative Clustering Untuk Segmentasi Penjualan Online Pada Customer Retail. 9(1), 92–96. <https://doi.org/10.30591/jpit.v9i1.5735>
- Rusvinasari, D., & Annisa, L. H. (2025). Klasterisasi Pola Penjualan Menu Makanan pada Rumah Makan menggunakan Metode K-Means Clustering. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, 10(2), 398–409. <https://doi.org/10.30591/jpit.v10i2.8511>
- Salsabiela, A., Kuncoro, A. P., Subarkah, P., & Arsi, P. (2024). Rekomendasi Restock Barang di Toko Pojok UMKM Menggunakan Algoritma K-Means Clustering. *Journal of Technology and Informatics (JoTI)*, 5(2), 87–92. <https://doi.org/10.37802/joti.v5i2.554>
- Saputra, C. H. (2024). Integrasi Audit dan Teknik Clustering untuk Segmentasi dan Kategorisasi Aktivitas Log. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 11(1), 209–214. <https://doi.org/10.25126/jtiik.20241118071>
- Sarmini, S., Ma'arifah, W., & Tahyudin, I. (2024). Sistem Pendukung Keputusan Berbasis K-Means untuk Evaluasi Keberhasilan Bisnis dan Nilai Perusahaan. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 14(4), 363–374. <https://doi.org/10.21456/vol14iss4pp363-374>
- Sinaga, S., Ananda, R., Karima, H. Q., & Tazuddin, A. M. (2025). Marketing Analysis of Shoe Products Using Principal Coordinates Analysis and K-Means Clustering Based on the Marketing Mix at Bintang Sepatu Purwokerto MSME. *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, 6(3), 2723–3863. <https://doi.org/10.52436/1.jutif.6.3.4687>