

Analisis Pola Transaksi Pembelian Pelanggan Menggunakan K-Means Time Series Untuk Rekomendasi Strategi Pengelolaan Menu Rumah Makan Warras

1st Sindy Rahmawati

Teknik Industri

Universitas Telkom Purwokerto

Purwokerto, Indonesia

sindyr@student.telkomuniversity.ac.id

12nd Ridho Ananda, S.Pd., M.Si

Teknik Industri

Universitas Telkom Purwokerto

Purwokerto, Indonesia

ridhoa@telkomuniversity.ac.id

3rd Halim Qista Karima, S.T., M.Sc

Teknik Industri

Universitas Telkom Purwokerto

Purwokerto, Indonesia

halimk@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penelitian ini membahas permasalahan pengelolaan menu pada Warung Makan WARRAS yang masih belum berbasis data, sehingga mengakibatkan pengelolaan menu kurang efektif dan tidak tersedianya beberapa menu yang memiliki tingkat permintaan tinggi dari pelanggan. Selama ini, data transaksi hanya diarsipkan tanpa dilakukan analisis lebih lanjut. Analisis data transaksi penjualan memiliki peranan penting dalam mengungkap pola pembelian pelanggan yang bersifat dinamis. Melalui identifikasi tren penjualan, rumah makan dapat meningkatkan efisiensi operasional serta merancang menu berdasarkan permintaan aktual. Penelitian ini menerapkan metode *K-Means Time Series* dengan pengukuran jarak *Dynamic Time Warping* (DTW) serta visualisasi menggunakan *Multidimensional Scaling* (MDS). Proses analisis dilakukan terhadap data transaksi selama 13

bulan menggunakan perangkat lunak MATLAB. Validasi hasil klasterisasi dengan nilai koefisien *Silhouette* sebesar 0,8716 menunjukkan bahwa metode pengelompokan yang digunakan mampu menghasilkan struktur klaster yang sangat kuat dan optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode ini berhasil mengelompokkan menu menjadi tiga klaster, yaitu performa tinggi, sedang, dan rendah. Pengelompokan berbasis pola penjualan terbukti dapat meminimalkan risiko *overstock* melalui pengaturan persediaan yang selaras dengan tren permintaan. Informasi yang dihasilkan dari klasterisasi ini memberikan dasar strategis bagi pengelolaan menu yang lebih efektif dan efisien.

Kata kunci—k-means, time series, DTW, clustering, data transaksi

merupakan pengetahuan fundamental dalam dunia bisnis yang umum dikenal dengan istilah *stock management*. Apabila ketersediaan barang tidak mencukupi, pelaku usaha tidak dapat memenuhi permintaan konsumen karena persediaan tidak terkelola secara optimal (Wardani dkk., 2023). Sebaliknya, apabila jumlah persediaan berlebihan, kualitas bahan baku berpotensi menurun akibat tidak segera digunakan, khususnya pada produk makanan dan minuman yang rentan mengalami kerusakan. Kondisi tersebut dapat menimbulkan pemborosan, berujung pada *food waste*, serta mengakibatkan terjadinya *overstock* (Zafira dkk., 2024). Salah satu tantangan utama yang dihadapi pengelola restoran atau usaha kuliner adalah kesulitan dalam mengidentifikasi item menu yang memiliki tingkat permintaan tinggi dari pelanggan (Ananda dkk., 2024).

Restoran atau rumah makan merupakan fasilitas yang dikunjungi masyarakat untuk memperoleh berbagai jenis makanan dan minuman. Tempat makan umumnya memiliki daya tarik tersendiri, baik melalui variasi menu, hiburan yang ditawarkan, maupun desain dan tampilan fisik bangunannya (Maulani & Najibullah, 2022). WARRAS

I. PENDAHULUAN

Data merupakan salah satu aset yang memiliki nilai strategis pada era globalisasi dan kemajuan teknologi informasi. Proses pengumpulan serta analisis data berperan penting dalam mendukung pengambilan keputusan pada berbagai sektor industri, termasuk sektor makanan dan minuman (Panggabean dkk., 2023). Pelaku usaha di bidang makanan dan minuman, seperti restoran, kafe, warung makan, maupun bentuk usaha serupa, dihadapkan pada tantangan untuk menyesuaikan menu dan meningkatkan tingkat penjualan (Padli dkk., 2023). Industri makanan dan minuman saat ini mengalami perkembangan pesat dan termasuk salah satu sektor yang memiliki tingkat persaingan paling tinggi. Keberhasilan dalam lingkungan bisnis yang dinamis sangat dipengaruhi oleh efektivitas pengelolaan operasional. Salah satu komponen krusial dalam pengelolaan tersebut adalah pengaturan persediaan serta perencanaan menu (Frissi dkk., 2024). Pengelolaan persediaan bahan baku

(Warung Rasa) merupakan suatu warung makan yang berlokasi di dalam taman Balaikumambang, Kecamatan Purwokerto Utara, Kabupaten Banyumas, warung makan ini berkonsep bangunan rumah Joglo Bali yang menyediakan menu makanan seperti ayam goreng, ayam bakar, ikan mujair goreng maupun bakar, aneka mie dan spaghetti, serta berbagai minuman dan camilan.

Berdasarkan hasil wawancara dengan manajer Warung Makan WARRAS, diketahui bahwa permasalahan utama yang dihadapi adalah ketiadaan sistem manajemen persediaan berbasis data. Kondisi tersebut mengakibatkan tidak adanya informasi yang jelas terkait potensi pemborosan bahan baku yang dapat memicu terjadinya *overstock* dan berujung pada *food waste*. Tanpa penerapan analisis data,

keputusan terkait pengelolaan persediaan bahan baku cenderung dibuat berdasarkan perkiraan atau intuisi, bukan pada dasar fakta yang terukur. Hal ini berdampak pada proses penyediaan bahan baku, perencanaan menu, serta pengendalian persediaan yang dilakukan tanpa mempertimbangkan hasil analisis data penjualan. Keputusan yang tidak berbasis data bersifat subjektif dan spekulatif (Roy dkk., 2022). Selain itu, terdapat kesulitan dalam mengidentifikasi menu yang memiliki tingkat permintaan tinggi dari pelanggan, sehingga sering terjadi penumpukan pada menu-menu yang kurang diminati, yang pada akhirnya memengaruhi efektivitas pengelolaan persediaan bahan baku.

Penelitian ini bertujuan untuk membantu dan mempermudah Warung Makan WARRAS (*Warung Rasa*) dalam merumuskan strategi pengelolaan menu serta mengidentifikasi tingkat pemborosan makanan (*food waste*), sehingga dapat diketahui tingkat penjualan setiap menu berdasarkan kategori tinggi, sedang, dan rendah, sekaligus

mendukung pengendalian persediaan bahan baku. Hasil analisis yang diperoleh dapat dimanfaatkan untuk merancang strategi pengelolaan menu yang lebih efektif, meningkatkan penjualan, serta menjadi dasar evaluasi terhadap data transaksi yang telah dikelompokkan. Selain itu, hasil pengelompokan menu berdasarkan tingkat penjualan dapat dijadikan acuan dalam menentukan prioritas menu yang perlu dipertahankan, dihapus, maupun dikembangkan. Dengan demikian, pemilihan bahan baku dapat dilakukan secara lebih terstruktur dan proporsional sesuai kebutuhan aktual, sehingga mampu meminimalkan risiko *overstock*. Penelitian ini diharapkan berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi pengelolaan persediaan sekaligus mengurangi potensi pemborosan bahan baku.

II. KAJIAN TEORI

A. Data Mining

Data *mining* merupakan cabang ilmu yang mengintegrasikan teknik pembelajaran mesin, pengenalan pola, statistik, basis data, dan visualisasi guna mengatasi permasalahan ekstraksi informasi dari *database* berukuran besar. Proses data *mining* memanfaatkan metode statistik, matematika, kecerdasan buatan, serta pembelajaran mesin untuk mengekstraksi dan mengidentifikasi informasi serta pengetahuan yang bernilai dari berbagai *database* (Sianturi & Mahyuni, 2020). Hasil pengolahan data melalui teknik ini dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan di masa depan serta untuk keperluan prediksi. Selain itu, data mining juga memungkinkan pengelompokan data

(*clustering*) dengan tujuan memperoleh pemahaman terhadap pola-pola umum yang terdapat dalam data. (Pradana & Adiguna, 2024).

B. Clustering

Clustering merupakan metode pembelajaran mesin yang digunakan untuk mengelompokkan data ke dalam beberapa kelompok atau klaster yang sesuai. Tujuan utama *clustering* adalah untuk menemukan struktur tersembunyi dalam data yang sebelumnya belum diketahui (Nahjan dkk., 2023). Secara umum, terdapat dua pendekatan utama dalam *clustering*, yaitu pendekatan partisi dan pendekatan hirarki. Pendekatan partisi melakukan pengelompokan data dengan membagi satu kelompok besar menjadi beberapa kelompok yang lebih kecil; salah satu metode yang menggunakan pendekatan ini adalah *K-Means Clustering*. Sementara itu, *clustering* dengan pendekatan hirarki, yang dikenal sebagai *Hierarchical Clustering*, mengelompokkan data dengan cara menggabungkan setiap *record* atau individu menjadi *cluster-cluster* tertentu (Hakim dkk., 2024).

C. Time Series

Data *time series* merupakan representasi data historis yang digunakan untuk meramalkan kondisi di masa depan. Prediksi dilakukan dengan asumsi bahwa kondisi masa depan merupakan fungsi dari data masa lalu, yaitu dengan memanfaatkan data yang terjadi dalam rentang waktu tertentu untuk melakukan peramalan. *Time series* didasarkan pada urutan titik data yang diambil pada interval waktu yang konsisten. Metode ini menghasilkan prediksi masa depan dengan memanfaatkan data historis dan memberikan bobot yang berbeda sesuai dengan metode yang diterapkan (Handini dkk., 2024).

D. K-Means

K-Means merupakan salah satu algoritma clustering yang umum digunakan dalam proses data *mining*. Algoritma ini melakukan pengelompokan data secara partisi dengan tujuan meminimalkan rata-rata jarak antara setiap data dengan *centroid* klasternya (Triyandana dkk., 2022). Proses *K-Means* diawali dengan penentuan jumlah klaster (*k*) yang diinginkan serta pemilihan titik awal sebagai *centroid* dari masing-masing klaster. Selanjutnya, setiap data akan diklasifikasikan ke dalam klaster yang memiliki *centroid* terdekat. Setelah seluruh data terkласifikasi, *centroid* dari masing-masing klaster diperbarui berdasarkan rata-rata nilai data dalam klaster tersebut. Proses iteratif ini berlanjut hingga tidak terjadi perubahan klasifikasi data pada iterasi berikutnya (Nahjan dkk., 2023).

E. Matrix Laboratory (MATLAB)

Matrix Laboratory merupakan lingkungan komputasi numerik sekaligus bahasa pemrograman generasi keempat yang digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan komputasi di berbagai bidang. MATLAB adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang berbasis matriks, digunakan untuk analisis dan perhitungan numerik. MATLAB mampu mengimplementasikan algoritma, membangun antarmuka pengguna, memanipulasi matriks, memvisualisasikan data dan fungsi, serta berintegrasi dengan program yang ditulis dalam bahasa pemrograman lain (Ginting dkk., 2024). Penggunaan MATLAB dalam pengelolaan data *mining* sangat bermanfaat karena kemampuannya dalam menyelesaikan permasalahan pengolahan numerik yang kompleks, analisis numerik, pengelolaan data penelitian, serta simulasi pemodelan dan

algoritma untuk penyelesaian masalah tertentu (Indah & Rini, 2022).

III. METODE

Penelitian ini diawali dengan observasi langsung pada Warung Rasa (WARRAS) yang berlokasi di Taman Balaikumambang, Kecamatan Purwokerto, Kabupaten Banyumas. Setelah observasi, dilanjutkan dengan studi literatur terkait permasalahan atau topik pembahasan yang relevan. Tahap berikutnya adalah identifikasi masalah dan perumusannya. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data transaksi penjualan Warung Rasa selama kurun waktu satu tahun. Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan metode *K-Means Time Series* dan dilakukan uji validitas klaster.

Langkah-langkah pengolahan data dengan metode K-Means Time Series meliputi yaitu pertama, penyusunan dataset menggunakan bahasa pemrograman Python dan perangkat lunak MATLAB; kedua, perhitungan matriks kedekatan (*proximity matrix*) dengan metode *Dynamic Time Warping* (DTW), ketiga, penentuan konfigurasi objek menggunakan teknik *Multidimensional Scaling* (MDS), keempat, pelaksanaan proses *clustering*, dan kelima, pengujian validitas *cluster* dengan menggunakan koefisien *Silhouette*. Apabila nilai koefisien *Silhouette* kurang dari 0,5, proses pengolahan data diulang kembali. Namun, jika nilai tersebut lebih dari 0,5, maka dilanjutkan dengan analisis hasil pengolahan data, interpretasi hasil analisis, serta diakhiri dengan penyusunan kesimpulan dan saran.

Langkah-langkah analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penentuan nilai k (jumlah *cluster*) pada *dataset*
 2. Pelaksanaan *clustering* dengan menggunakan ukuran jarak *Dynamic Time Warping* (DTW)

Jarak DTW merupakan salah satu pengukuran ketidaksamaan yang termasuk dalam pendekatan tanpa model khusus (Adnyani & Sihombing, 2021). DTW didefinisikan sebagai jarak minimum antara dua pasangan titik yang memperhitungkan kemungkinan pergeseran posisi titik, yang dirumuskan sebagai berikut: (1)

Keterangan:

$$S = S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_n$$

$T = t_1, t_2, \dots, t_j, \dots, t_m$ merupakan suatu deret waktu, $W = w_1, w_2, \dots, w_k$ merupakan kemungkinan lintasan lengkung yang memetakan atau menyelaraskan kembali elemen-elemen S dan T sehingga jarak antara keduanya menjadi minimum.

Adapun jarak δ dapat dinyatakan sebagai $\delta(i, j) = s_i - t_j$, dimana w_k merepresentasikan titik (i, j) ke- k pada lintasan lengkungan tersebut.

Selanjutnya, perhitungan jarak antara setiap titik *centroid* dengan titik objek dilakukan menggunakan rumus jarak *Euclidean (Euclidean Distance)*. *Euclidean Distance* merupakan ukuran jarak garis lurus antara dua titik dalam ruang Euclidean, yang dirumuskan sebagai berikut: (2)

$$De = \sqrt{(X_i - S_i)^2 + (y_i - t_i)} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

D_e = Euclidean Distance

i = Banyaknya objek

(x,y) = Koordinat objek

(s,t) = Koordinat *centroid*

- ### 3. Perhitungan *Muldimensional Scalling*

Multidimensional Scaling (MDS) merupakan teknik analisis multivariat yang memetakan hubungan antar sejumlah objek dalam ruang multidimensi berdasarkan tingkat kemiripan atau kedekatan antar objek tersebut. MDS digunakan untuk mengidentifikasi hubungan interdependensi atau ketergantungan antar variabel atau data. Pengukuran kedekatan antar objek dalam analisis ini dilakukan dengan menggunakan jarak *Dynamic Time Warping* (DTW).

- #### 4. Mengukur ketepatan banyaknya *cluster*

Menurut Aria dkk. (2023), untuk menilai kualitas hasil pengelompokan berdasarkan masing-masing perhitungan jarak, perlu dilakukan uji homogenitas. Pengujian ini dilakukan setelah mencapai kondisi konvergensi 0, yaitu ketika hasil pengelompokan pada iterasi terakhir sama dengan iterasi sebelumnya, yang menunjukkan tidak adanya perpindahan data antar klaster. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan persamaan koefisien *Silhouette* sebagaimana ditunjukkan pada persamaan (3)

Nilai $s(i)$ berkisar antara -1 dan 1, dengan interpretasi sebagai berikut:

1. $s(i) = 1$ = menunjukkan bahwa data ke-i tergolong dalam klaster dengan baik (dalam A)
 2. $s(i) = 0$ = menunjukkan bahwa data ke-i berada pada posisi tengah antara dua klaster (A dan B)
 3. $s(i) = -1$ = menunjukkan bahwa data ke-i tergolong dengan lemah, dimana data tersebut lebih dekat dengan klaster B dibandingkan klaster A. Penafsiran *silhouette coefficient* ditunjukkan seperti pada tabel dibawah:

TABEL 1
PENAFSIRAN SILHOUETTE COEFFICIENT

<i>Silhouette Coefficient</i>	Interpretasi
0.71 – 1.00	Struktur yang terbentuk kuat
0.51 – 0.70	Struktur yang terbentuk baik
0.26 – 0.50	Struktur yang terbentuk lemah
≤ 0.25	Tidak terstruktur

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder diperoleh melalui metode dokumentasi, yaitu pengumpulan data transaksi pembelian pelanggan yang tercatat secara otomatis melalui sistem komputer kasir di Warung Makan WARRAS.

Data yang dikumpulkan meliputi informasi harian terkait kategori makanan dan minuman, nama produk, jumlah produk terjual, persediaan bahan baku serta total nilai penjualan. Selanjutnya, dilakukan studi literatur untuk memperoleh data pendukung yang meliputi metode *K-Means Clustering Time Series*, data *mining*, dan data transaksi penjualan Warung Rasa (Warras) di Kecamatan Purwokerto Utara. Selain itu, data sekunder juga berupa studi literatur yang mencakup teori-teori dari karya ilmiah seperti buku elektronik, modul, jurnal, dan makalah yang digunakan untuk memperkuat landasan teori dalam penelitian ini.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses klasterisasi menggunakan algoritma *K-Means*, data transaksi penjualan menu di Warung Makan WARRAS berhasil dikelompokkan menjadi tiga klaster yang menggambarkan pola penjualan yang berbeda. Pengelompokan tersebut diperoleh melalui tahapan *Knowledge Discovery in Database* (KDD).

A. Selection

Tahapan *Knowledge Discovery in Database* (KDD) dalam penelitian ini diawali dengan proses seleksi, yaitu pengambilan data transaksi penjualan menu di Warung Makan WARRAS selama periode 13 bulan, mulai dari November 2023 hingga November 2024. Data yang dikumpulkan meliputi jumlah penjualan per item menu setiap bulannya, sehingga memberikan gambaran komprehensif mengenai pola konsumsi pelanggan.

B. Pre-processing

Tahap selanjutnya adalah *preprocessing*, yang meliputi pembersihan data dari nilai kosong maupun duplikasi, serta penyesuaian *format* data agar dapat dianalisis secara konsisten. Menu yang tidak memiliki nilai transaksi sepanjang periode pengamatan dihapus untuk mengurangi gangguan (*noise*) pada hasil klasterisasi.

C. Transformation/Coding

Pada tahap *transformation*, data penjualan per menu diubah ke dalam format numerik terstruktur yang sesuai untuk proses penambangan data (*data mining*). Normalisasi data dilakukan untuk menyamakan skala antar variabel sehingga algoritma *K-Means* dapat mengelompokkan data secara optimal berdasarkan kesamaan pola penjualan.

D. Data Mining

TABEL 2
HASIL CLUSTERING PADA MENU WARRAS

Menu	Hasil Cluster
Nasi Ayam Bakar	1
Es Teh Manis	1
Nasi Ayam Goreng	3
Nasi Ikan Mujair Bakar	3
Nasi Ikan Mujair Goreng	2
Teh Manis Hangat	3
Kopi Hitam	2
Es Jeruk	3
Nasi Lele Goreng	2
Bakmie Warras Spesial	3
Mendoan Banyumas	3

Menu	Hasil Cluster
Pisang Keju	2
Es Teh Tawar	2
Air Putih	2
Intel Goreng	2
Lumpia	2
Aqua 600ml	3
Pisang Goreng Original	2
Pisang Cokelat	2
Pisang Cokelat keju	2
Wedang Jahe	2
Jeruk Hangat	3
Teh Tawar Hangat	3
Bakmie Original	2
Bakmie Telor	2
Garang Asam Original	2
Cireng Ayam	2
Intel Rebus	2
Soto Ayam	3
Tongseng Ayam	2
Cah Kangkung	2
Nasi Lele Bakar	2
Nasi Bakar	2
Singkong Meledak	2
Bakso Warras	2
Kentang	3
Nasi Goreng	3
Cah Tauge	2
Takoyaki	2
Seblak	2
Samosa	2
Sayur capcai	2
Sambal Bawang	2
Sambal Terasi	2
Bakwan warras	2
Steak ayam warras	2
Bakpao	2
Roti bakar	2
Ayam Goreng	2
Telor dadar/ceplok	2
Burger Cheese Beef	2
Ikan mujair bakar	2
Lele bakar	2
Sayur asem	2
Lele goreng	2
Martabak isi 3	2
Nasi ayam bakar jumbo	2
Nasi ayam goreng jumbo	2
Ayam geprek	2

Menu	Hasil Cluster
Paket ayam kampung	2
Tempe	2
Tahu isi ayam spasi	2
Ayam bakar	2
Nuget jos warras	2
Ikan gurame	2
Juice buah	2
Kopi tubruk warras	2
Orange squash	2
Blue ocean squash	2
Matcha milky	2
Red velvet milky	2
Capucino milky cincau	2
Soda gembira	2
Wedang uwuh	2
Teh tarik	2
Milo dino	2
Ice chocotime	2
Lemon tea	2

Berdasarkan Tabel 4.1 yang memuat hasil pengelompokan menggunakan metode K-Means Clustering, E. Cluster 1 (*High Performer Menu*)

Klaster 1 terdiri dari menu dengan performa penjualan tertinggi, yang ditandai oleh konsistensi penjualan melebihi 300 unit setiap bulannya. Dua menu yang termasuk dalam kategori ini adalah Nasi Ayam Bakar dan Es Teh Manis. Oleh karena itu, strategi pengelolaan yang direkomendasikan adalah menjaga kualitas dan ketersediaan menu secara konsisten serta meningkatkan visibilitas melalui upaya promosi yang lebih optimal. Selain itu, menu dalam klaster ini memiliki potensi besar untuk diintegrasikan dalam strategi pemasaran, seperti pembuatan paket unggulan (*flagship bundling*) atau dijadikan bagian dari program *upselling* untuk mendorong peningkatan nilai transaksi per pelanggan.

F. Cluster 2 (*Low Performer / Niche Items*)

Klaster 2 terdiri dari kelompok menu dengan kinerja penjualan yang rendah, dengan rata-rata penjualan kurang dari 50 unit per bulan. Beberapa contoh menu dalam kategori ini antara lain Ayam Geprek, Samosa, Matcha Milky, Sambal Terasi, Cireng Ayam, Garang Asam Original, serta lebih dari 70 menu lainnya. Menu-menu tersebut umumnya memiliki tingkat permintaan yang sangat terbatas dan penjualannya bersifat musiman atau tergantung pada kondisi khusus, seperti tren sesaat atau preferensi segmen pasar yang sangat spesifik (*niche*). Mengingat kontribusi omzet yang relatif kecil dan potensi tingginya beban operasional akibat

seluruh menu di WARRAS terbagi ke dalam tiga klaster. Klaster 1 terdiri atas menu dengan frekuensi penjualan yang sangat tinggi, seperti Nasi Ayam Bakar dan Es Teh Manis. Klaster 3 mencakup menu dengan tingkat penjualan yang cukup tinggi namun bersifat fluktuatif, antara lain Nasi Ayam Goreng, Bakmie Warras Spesial, dan Soto Ayam. Sedangkan mayoritas menu lainnya tergolong dalam klaster 2, yang menunjukkan tingkat penjualan dari rendah hingga sedang, sehingga memiliki potensi untuk evaluasi lebih lanjut dalam hal pengendalian stok bahan baku.

Hasil klasterisasi ini menyediakan kerangka kerja yang objektif dan berbasis data untuk merumuskan strategi rasionalisasi menu, optimalisasi persediaan bahan baku, pengelolaan promosi, serta alokasi sumber daya secara lebih efisien. Menu yang termasuk dalam Klaster 1 terbukti menjadi kontributor utama terhadap pendapatan warung makan WARRAS sehingga dalam penerapannya dapat difokuskan sebagai produk inti (*core product*) yang layak dikembangkan melalui strategi *bundling*, *upselling*, maupun prioritas promosi. Sebaliknya, menu dalam Klaster 2, yang memiliki kontribusi rendah serta bersifat musiman atau tidak stabil, perlu dievaluasi secara kritis untuk kemungkinan penghapusan atau reposisi sebagai menu terbatas (*limited-time offer*), guna menekan kompleksitas operasional tanpa mengurangi potensi inovasi..

Banyaknya variasi menu, strategi yang direkomendasikan untuk klaster ini adalah melakukan evaluasi menyeluruh terhadap nilai strategis masing-masing item. Menu dengan tingkat penjualan yang sangat rendah secara konsisten sebaiknya dihapus, kecuali apabila menu tersebut memiliki peran khusus, seperti memberikan margin keuntungan yang tinggi atau mendukung citra merek tertentu. musiman bagi menu yang memiliki karakteristik permintaan tertentu. Keberhasilan implementasi strategi ini memerlukan program pelatihan bagi tim internal, yang mencakup manajer operasional, pemilik usaha, dan tim dapur, dengan tujuan meningkatkan pemahaman terhadap karakteristik setiap klaster serta kemampuan dalam mengaplikasikannya untuk pengembangan menu, strategi bundling, dan peningkatan kategori performa penjualan. Penguatan infrastruktur data melalui digitalisasi sistem pencatatan penjualan dan penerapan perangkat *Point-of-Sale* (POS) modern yang terintegrasi dengan *dashboard* analitik *real-time* menjadi langkah krusial untuk memastikan data penjualan dapat diolah dan dimanfaatkan secara optimal. Penerapan metode K-Means Time Series memungkinkan identifikasi pola permintaan produk secara lebih akurat, sehingga jumlah persediaan dapat disesuaikan dengan kebutuhan aktual, meminimalkan risiko kelebihan stok, serta mengurangi tingkat pemborosan.

serta kategori performa rendah yang jarang dipesan dan berpotensi menambah beban operasional. Proses validasi hasil klasterisasi menggunakan koefisien *Silhouette* sebesar 0,8716 mengindikasikan bahwa struktur klaster yang terbentuk memiliki tingkat kekuatan dan keoptimalan yang sangat tinggi, sehingga layak dijadikan dasar dalam

V. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa performa penjualan menu dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu kategori performa tinggi yang ditandai dengan konsistensi dan volume penjualan yang besar, kategori performa sedang yang bersifat fluktuatif namun relatif stabil,

perumusan strategi operasional dan pemasaran pada warung makan WARRAS.

Hasil analisis distribusi klaster melalui Komponen Utama 1 sebesar 80,15% dan Komponen Utama 2 sebesar 8,35% memperlihatkan bahwa kedua komponen tersebut mampu merepresentasikan sebagian besar variasi data secara signifikan, dengan persebaran titik data yang membedakan karakteristik masing-masing klaster secara jelas. Selain itu, hasil evaluasi terhadap pemborosan bahan baku menunjukkan bahwa total nilai *food waste* selama periode satu bulan mencapai Rp 597.550, dengan kontribusi terbesar berasal dari kangkung, sawi, pisang, tahu, kecambah hijau, dan tauge. Temuan ini menegaskan adanya indikasi ineffisiensi dalam pengelolaan persediaan bahan baku yang memerlukan optimalisasi pada tahap perencanaan pembelian dan proses pengolahan menu

REFERENSI

- [1] Adnyani, L. P. W., & Sihombing, P. R. (2021). Analisis *Cluster Time Series* Dalam Pengelompokan Provinsi Di Indonesia Berdasarkan Nilai Pdrb. *Jurnal Bayesian : Jurnal Ilmiah Statistika Dan Ekonometrika*, 1(1), 47–54. <https://doi.org/10.46306/bay.v1i1.5>
- [2] Afriyani, I., & Ali, I. (2023). Implementasi Data Mining Terhadap Data Penjualan Pada Industri Kuliner Menggunakan Algoritma Fp-Growth. *E-Link: Jurnal Teknik Elektro Dan Informatika*, 18(1), 40. <https://doi.org/10.30587/e-link.v18i1.5340>
- [3] Agustiar, fajar dwi, Sari, B. N., & Maulana, I. (2025). Penerapan Data Mining Untuk Pengelompokan Produk Penjualan Menggunakan Algoritma K-Means. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 9(1), 59–67.
- [4] Alfianzah, R., Handayani, R. I., & Murniyati, M. (2020). Implementation of Apriori Algorithm Data Mining for Increase Sales. *Sinkron*, 5(1), 17. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v5i1.10587>
- [5] Arinal, V., Rusmarhadi, I., Tinggi, S., Komputer, I., & Karya, C. (2024). *Implementasi Data Mining Untuk Menentukan Strategi Penjualan Produk Ukm Raja Geprek Pada Pola Pembelian Konsumen Menggunakan Algoritma Apriori*. 7.
- [6] Asy Aria, T., Julkarnain, M., & Hamdani, F. (2023). Penerapan Algoritma K-Means Clustering Untuk Data Obat. *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika Dan Komputer*, 4(1), 649–657.
- [7] Budijati, S. M., & Setiyawan, P. D. (2023). Initial Finding of Material Flow Analysis of Food Waste of Particular Restaurants in Yogyakarta, Indonesia. *Engineering Science Letter*, 2(03), 92–98. <https://doi.org/10.56741/esl.v2i03.415>
- [8] Dewi, S. P., Nurwati, N., & Rahayu, E. (2022). Penerapan Data Mining Untuk Prediksi Penjualan Produk Terlaris Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, 3(4), 639–648. <https://doi.org/10.47065/bits.v3i4.1408>
- [9] Dongga, J., Sarungallo, A. , Koru, N., & Lante, G. (2023). Implementasi Data Mining Menggunakan Algoritma Apriori Dalam Menentukan Persediaan Barang (Studi Kasus: Toko Swapen Jaya Manokwari).
- [10] Fathur Rezki Junaedi, M., Martanto, M., & Hayati, U. (2024). Analisis Pola Transaksi Pembelian Makanan Dan Minuman Menggunakan Algoritma Fp-Growth. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(1), 360–367. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i1.8429>
- [11] Frissi, V. J., Virgian, D., & Yudha, S. (2024). *Association Rule Pada Data Penjualan Kedai The Application Of The Apriori Algorithm Using The Association Rule Method On Kedai Kacasaka 'S Sales Data*. 3(September), 789–796.
- [12] Ghiffary, G. G., Alifviansyah, K., Fitrianto, A., Erfiani, & Jumansyah, L. M. R. D. (2024). *Perbandingan Algoritma HdbSCAN Dan Agglomerative Hierarchical Clustering Dalam Klasterisasi Pada Data Yang Mengandung*. 08(02), 122–135.
- [13] Ginting, M. E., Sri, E., Hasibuan, H., & Dani, D. R. (2024). *Penyelesaian Masalah Limit Fungsi dengan Menggunakan Software MATLAB (Matrix Laboratory)*. 2(6).
- [14] Guimaraes, N. S., Reis, M. G., Fontes, L. de A., Zandonadi, R. P., Botelho, R. B. A., Alturki, H. A., Saraiva, A., & Raposo, A. (2024). Plate Food Waste in Food Services: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, 16(10), 1–19. <https://doi.org/10.3390/nu16101429>
- [15] Handayani, P., Susanto, T., Djamaris, A., & Novianti, M. D. (2022). Penerapan Data Mining untuk Menganalisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Terhadap Kenaikan Harga Minyak Goreng. *Management, and Industry (JEMI)*, 05(04), 251–268.
- [16] Handini, Y., Wahyudi, J., & Fredricka, J. (2024). Prediksi Jumlah Pendaftaran Siswa Baru Dengan Metode Time Series. *Journal of Science and Social Research*, 4307(1), 251–258. <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- [17] Hasan, F. N., Aziz, A. S., & Nofendri, Y. (2023). Utilization of Data Mining on MSMEs using FP-Growth Algorithm for Menu Recommendations. *MATRIX : Jurnal Manajemen, Teknik Informatika Dan Rekayasa Komputer*, 22(2), 261–270. <https://doi.org/10.30812/matrik.v22i2.2166>
- [18] Hasmira, Wahidah Alwi, & Khalilah Nurfadilah. (2023). Penentuan Cluster Hirarki Optimum dalam Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan dengan Indikator Kemiskinan. *Jurnal MSA (Matematika Dan Statistika Serta Aplikasinya)*, 11(1), 93–102. <https://doi.org/10.24252/msa.v11i1.33910>
- [19] Huo, Z., & Zhan, X. (2024). *Revolutionizing Inventory Management : The Role of Data Mining in Industry 4.0*. 0, 67–72. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/109/2024BJ0121>
- [20] Luqmanul Hakim, M., Rambe, S., Azmi, S., & Kurniasi Alu, A. (2024). *Analisis Dan Desain Pemetaan Umkm Agroindustri Jawa Tengah Dengan Metode K-Means Cluster Untuk Peningkatan Ekspor Analysis and Design of Mapping SMEs-Based Agroindustry in Central Java using the K-Means Cluster Method for Export Enhancement*. 01(02). <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/U4CJF>
- [21] Maulani, F. N., & Najibullah, N. (2022). Analisis *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(1), 119–126. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i1.1938>

- Strategi Pemasaran Restoran Simpang Raya Cempaka Putih. *Jurnal Tadbir Peradaban*, 2(3), 170–184. <https://doi.org/10.55182/jtp.v2i3.188>
- [22] Melky. (2021). Analisis Pengelolaan Restoran The Kopitiam Pada Kondisi Pandemi Covid-19. *Agora*, 9(1). <http://publication.petra.ac.id/index.php/manajemen-bisnis/article/view/10978>
- [23] Munthe, K., Syahputra, T., & Mahyuni, R. (2024). *Analisa Algoritma FP-Growth Pada Pola Pemesanan Makanan Dan Minuman Konsumen*. 3(September), 677–684.
- [24] Ndruru, R., & Hasugian, P. M. (2020). Determination of Data Mining Application Design Patterns Booking Raw Food In Restaurant Fountain With Apriori Algorithm. *Journal Of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*, 2(2), 275–285. <https://doi.org/10.47709/cnacp.v2i2.415>
- [25] Nurcahyawati, V., Riyondha Aprilian Brahmantyo, & Januar Wibowo. (2023). Manajemen Persediaan Menggunakan Metode Safety Stock dan Reorder Point. *Jurnal Sains Dan Informatika*, 9(April), 89–99. <https://doi.org/10.34128/jsi.v9i1.431>
- [26] Padli, M., Yasir, A., & Hasugian, B. S. (2023). Penerapan Data Mining Pada Menu Makanan Dan Minuman Kelompok Berdasarkan Tingkat Penjualan Menggunakan K-Means. *Device : Journal of Information System, Computer Science and Information Technology*, 4(2), 182–191. <https://doi.org/10.46576/device.v4i2.4063>
- [27] Panggabean, E. F., Yunas, H. A., Taufiqurrahman, & Nurbaiti. (2023). Perkembangan Teknologi E-Business Terhadap Globalisasi Modern Pada Saat Ini. *Jurnal Manajemen Dan Ekonomi Kreatif*, 2(1), 132–139. <https://ukitoraja.id/index.php/jumek/article/view/284>
- [28] Pasaribu, J. S. (2020). Application of K-Means algorithm to predict consumer interest according to the season on place reservation and food online software. *Journal of Physics: Conference Series*, 1477(3), 032004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1477/3/032004>
- [29] Rafi Nahjan, M., Nono Heryana, & Apriade Voutama. (2023). Implementasi Rapidminer Dengan Metode Clustering K-Means Untuk Analisa Penjualan Pada Toko Oj Cell. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(1), 101–104. <https://doi.org/10.36040/jati.v7i1.6094>
- [30] Ranggi Praharaningtyas Aji, Widiyana Mustofiyah, Sofi Alfiona Rizki, Y. A. (2024). Penerapan Data Mining Menggunakan Algoritma C45 Untuk Prediksi Penjualan Carica Di Dieng. *Journal of Mathematics and Technology (MATECH)*, 3(2), 407–417.
- [31] Risqi Ananda, M., Sandra, N., Fadhila, E., Rahma, A., & Nurbaiti, N. (2023). Data Mining dalam Perusahaan PT Indofood Lubuk Pakam. *Comit: Communication, Information and Technology Journal*, 2(1), 108–119. <https://doi.org/10.47467/comit.v2i1.124>
- [32] Roy, D., Spiliotopoulou, E., & de Vries, J. (2022). Restaurant analytics: Emerging practice and research opportunities. *Production and Operations Management*, 31(10), 3687–3709.
- [33] Santoso, H. R., & Yulina, S. (2023). Rancang Bangun Aplikasi Food Waste Management pada Usaha Food and Beverages. *Jurnal Komputer Terapan*, 9(1), 101–110. <https://doi.org/10.35143/jkt.v9i1.5840>
- [34] Santoso, M. H. (2021). Application of Association Rule Method Using Apriori Algorithm to Find Sales Patterns Case Study of Indomaret Tanjung Anom. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 1(2), 54–66. <https://doi.org/10.47709/brilliance.v1i2.1228>
- [35] Sianturi, P., & Mahyuni, R. (2020). Analisis Data Mining Menggunakan Algoritma K-Means Dalam Mengklasterkan Menu Makan Potensial Di Cafe Minum Kopi STMIK Triguna Dharma *Program Studi Sistem Informasi, STMIK Triguna Dharma *Program Studi Manajemen Informatika, STMIK Triguna Dharma. *Jurnal CyberTech*, 3(8), 1412–1419. <https://ojs.trigunadharma.ac.id/>
- [36] Siregar, H. A., Azlan, A., & Lumban Gaol, N. Y. (2023). Penerapan Data Mining Pada Penjualan Rumah Makan Kasih Ibu Menggunakan Metode K-Means Clustering. *Jurnal Sistem Informasi Triguna Dharma (JURSI TGD)*, 2(5), 750. <https://doi.org/10.53513/jursi.v2i5.8955>
- [37] Syahputra, H., Mayola, L., & Guswandi, D. (2022). Clustering Tingkat Penjualan Menu (Food and Beverage) Menggunakan Algoritma K-Means. *Jurnal KomtekInfo*, 9, 29–33. <https://doi.org/10.35134/komtekinfo.v9i1.274>
- [38] Triyandana, G., Putri, L. A., & Umaidah, Y. (2022). Penerapan Data Mining Pengelompokan Menu Makanan dan Minuman Berdasarkan Tingkat Penjualan Menggunakan Metode K-Means. *Journal of Applied Informatics and Computing*, 6(1), 40–46. <https://doi.org/10.30871/jaic.v6i1.3824>
- [39] Wahyuningtyas, F. D., Arafat, A., Stiawan, A., & Rolliawati, D. (2023). Komparasi Algoritma Hierarchical, K-Means, dan DBSCAN pada Analisis Data Penjualan Melalui Facebook. *Explore: Jurnal Sistem Informasi Dan Telematika*, 14(1), 7. <https://doi.org/10.36448/jsit.v14i1.2931>
- [40] Wardani, R. D., Toni, H., Zuhro, D., & Wasesa, T. (2023). Analisis Sistem Informasi Akuntansi Persediaan Barang Dagang Untuk Meningkatkan Efektivitas Pengendalian Internal Pada PT. Lotte Mart Surabaya. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Global*, 2(4), 155–176. <https://doi.org/10.30640/cakrawala.v2i4.1714>
- [41] Zafira, F., Irawan, B., & Bahtiar, A. (2024). Penerapan Data Mining Untuk Estimasi Stok Barang Dengan Metode K-Means Clustering. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(1), 156–161. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i1.8319>