

Analisis *Churn* Menggunakan Metode *K-Means Clustering* Berdasarkan Model LRFM Untuk Meningkatkan *Retensi* Pada Mahes Printing

Bagus Joko Winarso ^{1*}, Diana Laily Fithri ², Soni Adiyono ³

^{1 2 3} Sistem Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus, Kudus, Indonesia

^{1*}202153153@std.umk.ac.id, ²diana.laily@umk.ac.id, ³soni.adiyono@umk.ac.id

ABSTRACT – In the competitive digital era, customer retention has become a critical factor for business sustainability, particularly in the digital printing industry which faces intense competition. Mahes Printing, despite recording a high transaction volume, continues to experience low repurchase rates due to fragmented and manual management of customer data and transaction history. This study aims to implement churn analysis within a Sales Management Information System using a Customer Relationship Management (CRM) approach supported by the LRFM (Length, Recency, Frequency, Monetary) model and the K-Means clustering algorithm. The results indicate that customers can be effectively grouped into three main clusters representing low, medium, and high churn risk levels. This segmentation facilitates the identification of customers with high churn potential, characterized by low Recency and Frequency values, thereby providing strategic insights to support data-driven decision-making and the development of more targeted and effective customer retention strategies.

Keywords: Churn analysis; customer retention; customer segmentation; LRFM; K-Means clustering; Customer Relationship Management (CRM).

ABSTRAK – Dalam era digital yang kompetitif, retensi pelanggan menjadi faktor penting bagi keberlanjutan bisnis, khususnya pada industri digital printing yang memiliki tingkat persaingan tinggi. Mahes Printing, meskipun mencatat volume transaksi yang tinggi, masih menghadapi permasalahan rendahnya pembelian ulang akibat pengelolaan data pelanggan dan histori transaksi yang belum terintegrasi. Penelitian ini bertujuan menerapkan analisis *churn* dalam Sistem Informasi Manajemen Penjualan dengan pendekatan Customer Relationship Management (CRM) yang didukung oleh model LRFM (Length, Recency, Frequency, Monetary) dan algoritma K-Means Clustering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelanggan berhasil dikelompokkan ke dalam tiga cluster utama yang merepresentasikan tingkat risiko *churn* rendah, sedang, dan tinggi. Segmentasi ini mempermudah identifikasi pelanggan dengan potensi *churn* tinggi yang ditandai oleh nilai *Recency* dan *Frequency* yang rendah, sehingga sistem mampu memberikan informasi strategis bagi perusahaan dalam menentukan prioritas pelanggan dan menyusun strategi retensi yang lebih efektif dan berbasis data.

Kata Kunci: Retensi Pelanggan; Analisis *Churn*; LRFM; K-Means Clustering; Customer Relationship Management (CRM); Digital Printing.

1. PENDAHULUAN

Dalam era digital yang kompetitif, mempertahankan pelanggan yang sudah ada merupakan sesuatu yang sederhana namun krusial. Strategi retensi pelanggan menjadi aspek vital sebagai landasan bisnis yang sedang berjalan. Kondisi ini berlaku di berbagai industri, termasuk digital printing, yang menghadapi persaingan ketat.

Mahes Printing, berdiri sejak 2018, merupakan salah satu pelaku usaha di bidang digital printing yang telah melalui berbagai dinamika bisnis, termasuk masa pandemi COVID-19. Menariknya, pada masa tersebut justru terjadi peningkatan penjualan yang signifikan. Saat ini, Mahes Printing mencatat rata-rata 1.800 transaksi online per bulan melalui platform Shopee sebagai kanal utama penjualan, didukung oleh promosi dan jangkauan pasar luas. Untuk penjualan offline, Pelanggan dibagi menjadi dua kelompok utama: anggota (member) dan non-anggota (non-member). Tercatat sekitar 150 member aktif dengan rata-rata 200 transaksi per bulan, didominasi produk decal stiker kendaraan. Mayoritas member

merupakan pelaku usaha modifikasi kendaraan yang membeli produk sebagai reseller.

Berdasarkan data transaksi internal Mahes Printing, meskipun pelanggan dengan status member telah melakukan transaksi lebih dari satu kali, tingkat keberlanjutan aktivitas transaksi belum sepenuhnya stabil. Terdapat sejumlah pelanggan member yang tidak lagi melakukan transaksi dalam rentang waktu tertentu, ditunjukkan oleh nilai *Recency* yang tinggi dan penurunan frekuensi transaksi pada periode pengamatan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa status member tidak selalu mencerminkan loyalitas jangka panjang, melainkan tetap memiliki risiko *churn* laten apabila tidak dikelola secara tepat. Oleh karena itu, diperlukan analisis *churn* berbasis model LRFM untuk mengidentifikasi pelanggan member yang mulai tidak aktif dan berpotensi berhenti bertransaksi, sehingga strategi retensi dapat disusun secara lebih terukur dan berbasis data.

Masalah tersebut mencerminkan hambatan umum dalam transformasi digital, di mana proses konvensional membatasi efisiensi dan akses informasi. Solusi yang dibutuhkan adalah penerapan Sistem Informasi

Manajemen (SIM) yang terstruktur. SIM terbukti efektif dalam pengarsipan data dan mendukung strategi pemasaran berbasis data [1]. Lebih jauh, data yang terfragmentasi seperti di Mahes Printing merupakan inti dari permasalahan yang dapat diatasi melalui sistem terintegrasi. Teknologi informasi berperan penting dalam menghasilkan informasi yang menunjang kinerja perusahaan [2]. Tanpa sistem terpusat, perusahaan berisiko kehilangan efisiensi dan menghadapi kesulitan dalam pengambilan keputusan strategis.

Penerapan Sistem Informasi Manajemen (SIM) Penjualan tidak hanya berfungsi sebagai sarana pencatatan transaksi dan pengelolaan data operasional, tetapi juga sebagai sumber data strategis yang dapat dimanfaatkan untuk analisis lebih lanjut. SIM penjualan berbasis website mampu menyajikan data transaksi secara terstruktur, real-time, dan akurat, sehingga mendukung pengambilan keputusan berbasis data oleh manajemen. Data historis yang tersimpan dalam SIM, seperti waktu transaksi, frekuensi pembelian, dan nilai transaksi pelanggan, dapat dianalisis untuk memahami pola perilaku pelanggan secara lebih mendalam [3].

Namun, keberhasilan transformasi digital tidak hanya terletak pada penerapan sistem, melainkan juga pada pemanfaatan data untuk pengambilan keputusan. Transformasi digital berperan besar dalam meningkatkan efisiensi dan daya saing [4]. Meski demikian, masih terdapat kesenjangan antara potensi volume penjualan Mahes Printing yang tinggi dengan retensi pelanggan yang rendah. Rendahnya *Retensi* ini menjadi indikator tingginya tingkat *customer churn*, yang berdampak langsung terhadap pertumbuhan dan pendapatan perusahaan [5].

Untuk mengantisipasi hal tersebut, diperlukan analisis *Churn* guna mengidentifikasi pelanggan yang berpotensi berhenti menggunakan layanan. Dalam konteks ini, penerapan Customer Relationship Management (CRM) menjadi sangat relevan. Selain pengelolaan data pelanggan CRM juga dapat digunakan sebagai media membangun hubungan jangka panjang melalui komunikasi efektif dan personalisasi layanan. Penerapan CRM yang tepat terbukti meningkatkan efisiensi operasional dan kepuasan pelanggan [6], sementara integrasi CRM dengan strategi digital marketing mampu meningkatkan retensi melalui layanan yang dipersonalisasi [7].

Beberapa penelitian sebelumnya telah menerapkan model LRFM (*Length, Recency, Frequency, Monetary*) yang dikombinasikan dengan algoritma K-Means Clustering untuk melakukan segmentasi pelanggan berdasarkan perilaku transaksi. Wahyudi dkk. menunjukkan bahwa penerapan LRFM dengan K-Means Dinamis mampu mengelompokkan pelanggan ke dalam kategori loyal, lost, dan new customer secara efektif untuk mendukung strategi pemasaran [8]. Namun, penelitian tersebut masih berfokus pada proses segmentasi data pelanggan, tanpa mengintegrasikan hasil klusterisasi ke dalam Sistem Informasi Manajemen (SIM) Penjualan yang digunakan secara operasional oleh perusahaan.

Selain itu, sebagian besar penelitian terdahulu menempatkan LRFM dan K-Means hanya sebagai alat

segmentasi pelanggan, dan belum secara eksplisit digunakan untuk identifikasi risiko *churn* serta belum dikaitkan dengan implementasi Customer Relationship Management (CRM) yang mendukung pengambilan keputusan retensi pelanggan secara langsung. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian sebelumnya, yaitu dengan mengintegrasikan analisis *churn* berbasis LRFM dan K-Means Clustering ke dalam Sistem Informasi Manajemen Penjualan, sehingga hasil analisis tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga digunakan sebagai dasar penyusunan strategi retensi pelanggan berbasis data pada Mahes Printing.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengelompokkan pelanggan Mahes Printing berdasarkan tingkat risiko *churn* menggunakan model LRFM (*Length, Recency, Frequency, Monetary*) dan algoritma K-Means Clustering yang diintegrasikan ke dalam Sistem Informasi Manajemen Penjualan. Hasil analisis berupa segmentasi pelanggan ke dalam beberapa cluster *churn* (berisiko tinggi, sedang, dan rendah) diharapkan mampu mengidentifikasi karakteristik tiap segmen pelanggan secara terukur, sehingga dapat digunakan sebagai dasar penyusunan strategi retensi pelanggan yang lebih tepat sasaran dan berbasis data bagi Mahes Printing.

2. DASAR TEORI

a) Sistem Informasi

Sistem Informasi diposisikan sebagai infrastruktur vital yang cakupannya luas. Infrastruktur ini tidak hanya memproses semua throughput transaksi rutin untuk mendukung operasional dasar, tetapi juga menjembatani kebutuhan strategi bisnis tingkat tinggi dan keputusan manajemen. Lebih lanjut, SI berperan sebagai penyedia resmi data kepada entitas eksternal yang memiliki kepentingan sah. [9].

b) Sistem Informasi Penjualan

Rangkaian kegiatan terstruktur yang meliputi pencatatan pelaksanaan transaksi, penghitungan nilai, pembuatan seluruh berkas yang diperlukan, dan pengiriman informasi terkait penjualan dikenal sebagai Sistem Informasi Penjualan. Sistem ini bertujuan untuk memastikan terpenuhinya kebutuhan informasi bagi manajemen dan divisi fungsional lainnya di area penjualan, mencakup keseluruhan tahapan dari permintaan awal hingga finalisasi pembayaran [10].

c) Customer churn

Customer churn merupakan kondisi ketika pelanggan menghentikan penggunaan produk atau layanan perusahaan dalam periode tertentu, yang berdampak langsung pada penurunan pendapatan dan keberlanjutan bisnis [11]. Fenomena ini sering menjadi indikator ketidaksesuaian layanan terhadap kebutuhan pelanggan. *Churn* dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti rendahnya tingkat keterlibatan pelanggan, karakteristik penggunaan

layanan, serta pengalaman dan kepuasan yang dirasakan. Pelanggan yang kurang aktif cenderung memiliki risiko *churn* lebih tinggi, terlebih ketika tersedia alternatif layanan yang dianggap lebih menguntungkan. Oleh karena itu, identifikasi faktor-faktor penyebab *churn* menjadi dasar penting dalam penyusunan strategi retensi pelanggan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

d) CRM

Customer Relationship Management (CRM) merupakan pendekatan strategis yang menggabungkan aspek manusia, proses, dan teknologi untuk mengelola informasi pelanggan secara terintegrasi guna menciptakan hubungan jangka panjang yang saling menguntungkan. Melalui pemahaman yang lebih baik terhadap kebutuhan dan preferensi pelanggan, CRM membantu perusahaan meningkatkan kualitas layanan dan efektivitas operasional sehingga tercapai tingkat kepuasan yang lebih tinggi[12].

Dalam konteks Retensi pelanggan, CRM berfungsi sebagai strategi utama untuk menjaga loyalitas dan mendorong pembelian berulang. Penelitian yang dilakukan oleh Febrianti dkk, menunjukkan bahwa penerapan CRM yang efektif mampu meningkatkan kualitas interaksi, penanganan keluhan, personalisasi layanan, serta kemudahan transaksi melalui dukungan teknologi. Dengan demikian, CRM tidak hanya mempertahankan pelanggan yang ada, tetapi juga secara langsung berkontribusi pada peningkatan penjualan dan daya saing perusahaan[13].

e) Metode LRFM

Model LRFM (*Length, Recency, Frequency, Monetary*) merupakan pengembangan dari model RFM dengan penambahan variabel *Length* yang digunakan untuk mengukur lamanya hubungan antara pelanggan dan perusahaan berdasarkan data historis transaksi. Model ini memungkinkan perusahaan merepresentasikan perilaku pelanggan secara kuantitatif melalui empat atribut utama yang mencerminkan durasi hubungan, tingkat keaktifan, intensitas transaksi, serta nilai kontribusi pelanggan. Dalam implementasinya, nilai LRFM diekstraksi dari data transaksi yang tersimpan dalam sistem penjualan dan kemudian dinormalisasi agar dapat digunakan dalam proses pengelompokan pelanggan [14]. LRFM Analysis terdiri dari empat komponen utama yang masing-masing memberikan wawasan unik tentang perilaku pelanggan:

1. *Length* (L), Lamanya hubungan pelanggan dengan perusahaan.
2. *Recency* (R), Waktu yang telah berlalu sejak transaksi terakhir dilakukan pelanggan.
3. *Frequency* (F), jumlah pembelian pelanggan dalam periode perhitungan.
4. *Monetary* (M), jumlah uang yang digelontorkan untuk membeli produk pada periode perhitungan.

Integrasi model LRFM dengan algoritma K-Means Clustering dilakukan dengan menjadikan nilai LRFM

sebagai variabel input dalam proses clustering, sehingga pelanggan dengan karakteristik transaksi yang serupa dapat dikelompokkan ke dalam satu kluster yang sama. Jannah dkk. menunjukkan bahwa kombinasi LRFM dan K-Means mampu menghasilkan segmentasi pelanggan yang merepresentasikan perbedaan tingkat loyalitas dan potensi nilai pelanggan secara objektif[15].

f) K – Means Clustering

Fungsi fundamental dari algoritma ini adalah membagi serangkaian titik data menjadi K unit yang terpisah (cluster), di mana nilai K sudah ditetapkan di awal. Pembagian ini diatur sedemikian rupa agar setiap kelompok yang terbentuk memiliki anggota dengan properti yang sangat mirip [16]. Metrik yang umum digunakan untuk mengukur kualitas partisi adalah Sum of Squared Errors (SSE), berikut rumus dari SSE.

$$SSE = \sum_{i=1}^K \sum_{x \in C_i} dist(x, c_i)^2$$

K adalah jumlah cluster.

C_i adalah cluster ke-i.

x adalah titik data dalam cluster C_i.

c_i adalah Centroid dari cluster C_i.

dist(x,c_i) adalah jarak (biasanya Euclidean) antara titik data x dan Centroid c_i.

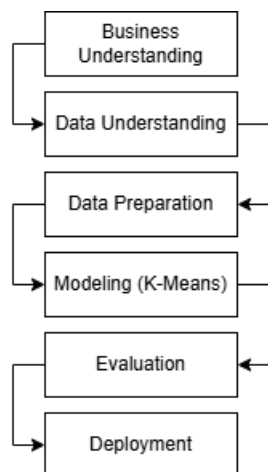
Berikut merupakan tahapan dalam *K-Means Clustering* :

1. Tetapkan jumlah target kluster (K) yang akan dibentuk. Penentuan K dapat dilakukan menggunakan pengetahuan domain atau metode statistik menggunakan metode yang sering dipakai, salah satunya adalah *Elbow*.
2. Pilih K pusat kluster (*Centroid*) awal secara arbitrar dari dataset.
3. Ukur tingkat kedekatan (jarak) antara setiap titik data terhadap semua *Centroid*..
4. Pasca-pengelompokan, posisi *Centroid* dihitung ulang dengan cara mengambil nilai mean dari seluruh titik data yang saat ini menjadi anggota kluster terkait. Nilai rata-rata inilah yang menjadi koordinat baru bagi *Centroid* tersebut.
5. Ulangi langkah 3 dan 4 sampai kondisi konvergensi tercapai.

3. METODOLOGI

a) Metode Analisis

penelitian ini menggunakan pendekatan Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM) sebagai metodologi utama dalam proses analisis *churn* dan segmentasi pelanggan. CRISP-DM dipilih karena menyediakan tahapan sistematis yang mencakup pemahaman masalah bisnis, pengolahan data, pemodelan, hingga evaluasi hasil analisis[17]. Alur dari CRIPS-DM dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Alur CRIPS-DM

Business Understanding

Tahap ini bertujuan untuk memahami permasalahan bisnis yang dihadapi Mahes Printing, yaitu rendahnya tingkat pembelian ulang pelanggan meskipun volume transaksi relatif tinggi. Permasalahan ini mengindikasikan adanya risiko *customer churn* yang perlu diidentifikasi secara dini untuk mendukung strategi retensi pelanggan.

Data Understanding

Pada tahap ini dilakukan pemahaman terhadap data transaksi pelanggan yang diperoleh dari Sistem Informasi Manajemen Penjualan Mahes Printing. Data meliputi informasi identitas pelanggan, tanggal transaksi, frekuensi transaksi, dan nilai transaksi dalam periode pengamatan tertentu.

Data Preparation

Pada tahap ini dilakukan beberapa proses pembersihan dan persiapan data menggunakan model LRFM, meliputi:

1. Data Cleaning: Menghapus data duplikat, data kosong, atau tidak valid.
2. Transformasi Data Menjadi Model LRFM
3. Data LRFM dari masing-masing pelanggan kemudian dinormalisasi menggunakan metode min-max. Berikut rumus normalisasi:

$$x_{New} = \frac{X_{old} - X_{min}}{X_{Max} - X_{Min}}$$

Dimana : X_{old} merupakan nilai asli, X_{Min} merupakan nilai terkecil dalam atribut, dan X_{Max} merupakan nilai terbesar dalam atribut. Hasil dari tahap ini adalah data pelanggan dengan nilai LRFM dalam rentang [0, 1]. Tujuannya adalah menyamakan skala antar atribut sehingga proses Clustering menjadi lebih seimbang.

Modeling

Pada tahap ini merupakan Proses pengelompokan pelanggan dengan algoritma K-Means Clustering menggunakan data hasil normalisasi. Langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Input Data: dataset berbentuk LRFM ternormalisasi.
2. Menentukan Jumlah Cluster (k): menggunakan metode *Elbow* untuk mencari nilai optimal.
3. Inisialisasi *Centroid* Awal secara acak.
4. Menghitung Jarak *Euclidean* yang menggunakan Rumus:

$$d(x_i + v_c) = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_i + v_c)^2}$$

5. Mengalokasikan setiap data ke Cluster yang mempunyai jarak terdekat.
6. Memperbaiki pusat Cluster dengan menggunakan Rumus:

$$v_{cj} = \frac{\sum_{xi \in Clust_c} x_j}{|Clust_c|}$$

7. Menghitung selisih pusat Cluster baru dengan pusat Cluster lama. Jika selisih lebih dari error yang diharapkan, maka proses diulang ke Langkah 3, sebaliknya proses selesai.

Evaluasi

Evaluasi dan Validasi Cluster untuk mengukur seberapa mirip sebuah objek dengan clusternya sendiri dibandingkan dengan cluster lainnya menggunakan Silhouette Score. Rentang nilai metode ini adalah -1 hingga 1, di mana nilai yang mendekati 1 menunjukkan bahwa data terkelompok dengan sangat baik dan terpisah secara jelas dari cluster lain[18].

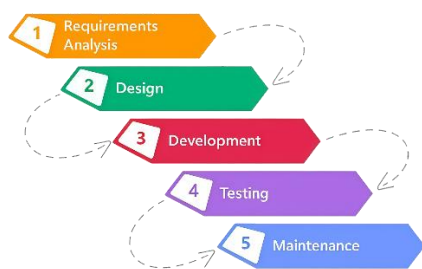
Deployment

Tahap Deployment merupakan proses penerapan hasil analisis *churn* ke dalam sistem yang digunakan oleh Mahes Printing. Hasil kluster pelanggan dimanfaatkan sebagai dasar segmentasi dalam sistem CRM untuk mendukung pengambilan keputusan dan penyusunan strategi retensi pelanggan.

b) Pengembangan Sistem

Pada tahap Deployment dalam CRISP-DM, dilakukan pengembangan Sistem Informasi Manajemen Penjualan berbasis web yang mengintegrasikan hasil analisis *churn*. Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah Waterfall, karena memiliki tahapan yang terstruktur dan mudah dikontrol. Metode *Waterfall* merupakan sebuah metode yang sangat menekankan proses berurutan, terdapat 5 tahapan yang ada dalam

metode ini [19]. Tahapan penelitian menggunakan metode *Waterfall* dapat dilihat pada gambar 1 .



Gambar 2. Tahapan model *Waterfall*

Metode *Waterfall* diawali dengan proses *Requirement Analysis and Definition* yang dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan klien sebagai spesifikasi sistem. Selanjutnya, pada tahap *Design*, merupakan tahapan dimana sistem didesain. *Tabap Implementation and Unit Testing* melibatkan konversi desain menjadi kode program dan pengujian pada setiap unitnya. Setelah itu, *Integration and System Testing* memastikan sistem bebas error dan layak digunakan melalui pengujian yang melibatkan pengguna. Terakhir, *Operation and Maintenance* adalah tahap instalasi, perbaikan system error yang mungkin muncul, dan pengembangan sistem lebih lanjut untuk menambah fitur atau memenuhi permintaan klien [20]. Berikut merupakan design sistem dalam pembuatan website anaisis *Churn* menggunakan metode *K-Means Clustering* berdasarkan mode LRFM.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Deskripsi Data dan Perhitungan LRFM

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data dummy (data simulasi) yang disusun berdasarkan struktur dan karakteristik data transaksi pelanggan Mahes Printing. Penggunaan data dummy dilakukan untuk menjaga kerahasiaan data perusahaan, namun tetap merepresentasikan pola transaksi pelanggan secara realistis.

Penelitian ini menggunakan 71 sampel data pelanggan fiktif (dummy data) yang difungsikan untuk keperluan proses seleksi data. Setiap pelanggan dihitung nilai *Length* (L), *Recency* (R), *Frequency* (F), dan *Monetary* (M) berdasarkan histori transaksi, kemudian digunakan sebagai dasar analisis perilaku pelanggan. Data sample perhitungan LRFM dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan LRFM

user_id	L	R	F	M
3	20	17	12	5606000
4	26	21	11	8440500
5	41	36	9	7389000
6	50	46	7	6176000

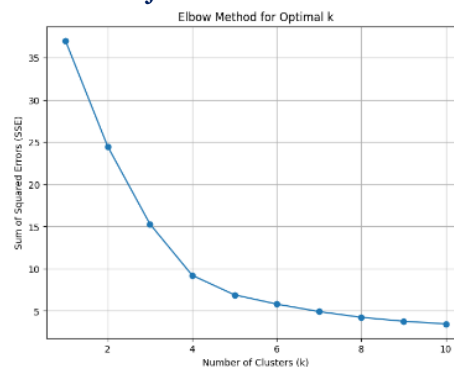
b) Normalisasi Data LRFM

Nilai LRFM memiliki rentang yang berbeda-beda, sehingga dilakukan normalisasi data menggunakan metode Min–Max agar setiap atribut berada pada rentang [0,1]. Proses ini bertujuan untuk mencegah dominasi atribut tertentu dalam perhitungan jarak pada algoritma K-Means. Hasil Normalisasi nilai LRFM dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Normaisasi LRFM

user_id	N_L	N_R	N_F	N_M
3	0,00680 2721	0,01973 6842	0,78571 4286	0,44482 927
4	0,04761 9048	0,04605 2632	0,71428 5714	0,69654 9887
5	0,14965 9864	0,14473 6842	0,57142 8571	0,60317 0374
6	0,21088 4354	0,21052 6316	0,42857 1429	0,49544 8692
7	0,24489 7959	0,24342 1053	0,28571 4286	0,33071 3556

c) Penentuan Jumlah Cluster



Gambar 3. Grafik *Elbow*

Penentuan jumlah cluster dilakukan menggunakan metode *Elbow* dengan mengamati perubahan nilai Sum of Squared Error (SSE) terhadap beberapa nilai K. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada K = 3 terjadi titik siku (*Elbow*), di mana penurunan SSE mulai melambat secara signifikan yang dapat dilihat pada gambar 3.

Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan tiga cluster, yang selanjutnya diinterpretasikan sebagai kelompok pelanggan dengan risiko *churn* rendah, sedang, dan tinggi.

d) Segmentasi Menggunakan K-Means

Proses pengelompokan pelanggan dilakukan menggunakan algoritma K-Means Clustering terhadap data LRFM yang telah dinormalisasi. Hasil clustering menunjukkan bahwa pelanggan dapat terdistribusi ke dalam tiga kelompok yang berbeda

berdasarkan karakteristik transaksi. Jumlah pelanggan setiap cluster dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Segmentasi Pelanggan

Segmentasi Pelanggan	
Low_Churn	22
Medium_Churn	40
High_Churn	7

e) Evaluasi Clustering

Evaluasi kualitas hasil clustering dilakukan menggunakan Silhouette Score. Berdasarkan nilai rata-rata Silhouette per cluster, cluster 1 dan cluster 2 memiliki kualitas pemisahan yang baik dengan nilai di atas 0,5 dan dapat dikategorikan sebagai reasonable structure[21]. Sementara itu, cluster 0 memiliki nilai Silhouette sebesar 0,36, yang menunjukkan struktur cluster moderat dengan adanya kedekatan karakteristik antar cluster.

Nilai tersebut dipengaruhi oleh pembatasan jumlah cluster menjadi K = 3, di mana algoritma K-Means tetap mengelompokkan data sesuai tujuan penelitian. Meskipun demikian, hasil clustering secara keseluruhan masih layak digunakan sebagai dasar segmentasi churn pelanggan berdasarkan model LRFM. Silhouette Score setiap cluster dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Average Silhouette Score

Cluster	Silhouette Score	Kategori Struktur
1	0,36065	Moderat
2	0,51406	Reasonable Structure
3	0,51707	Reasonable Structure

Hal ini menunjukkan bahwa model LRFM dan algoritma K-Means mampu membentuk segmentasi pelanggan yang relevan untuk tujuan analisis churn. Meskipun demikian, masih terdapat kedekatan karakteristik antar cluster, khususnya pada cluster dengan nilai Silhouette moderat, yang menunjukkan adanya tumpang tindih karakteristik pelanggan akibat pembatasan jumlah cluster dalam proses pengelompokan.

f) Interpretasi Cluster

Dari hasil Clustering, masing-masing Cluster mempunyai karakteristik yang berbeda, berikut merupakan Interpretasi hasil cluster:

1. Cluster 1 (Low Churn)

Karakteristik LRFM: *Length* tinggi, *Recency* rendah, *Frequency* tinggi, *Monetary* tinggi.

Interpretasi: Pelanggan memiliki hubungan jangka panjang, masih aktif bertransaksi, serta

memberikan kontribusi nilai transaksi yang tinggi. Pelanggan pada cluster ini tergolong loyal dan memiliki risiko *churn* yang rendah.

2. Cluster 2 (Medium Churn)

Karakteristik LRFM: *Length* sedang, *Recency* sedang, *Frequency* sedang, *Monetary* sedang.

Interpretasi: Pelanggan masih melakukan transaksi namun dengan intensitas dan nilai yang tidak konsisten. Cluster ini berada pada posisi transisi dan berpotensi menjadi pelanggan loyal atau berisiko *churn* apabila tidak dikelola dengan baik.

3. Cluster 3 (High Churn)

Karakteristik LRFM: *Length* rendah, *Recency* tinggi, *Frequency* rendah, *Monetary* rendah.

Interpretasi: Pelanggan jarang melakukan transaksi dan telah lama tidak berinteraksi dengan perusahaan. Cluster ini menunjukkan risiko *churn* yang tinggi dan memerlukan strategi retensi lanjutan.

g) Implikasi Manajerial

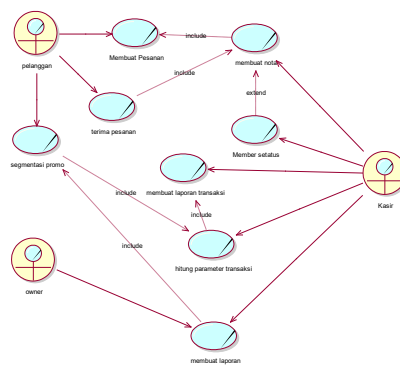
Hasil analisis *churn* memberikan insight penting bagi manajemen Mahes Printing dalam menyusun strategi retensi pelanggan. Pelanggan dengan risiko *churn* tinggi dapat diprioritaskan untuk program reaktivasi, sementara pelanggan dengan risiko *churn* rendah dapat dipertahankan melalui program loyalitas.

Implementasi hasil clustering ke dalam sistem CRM memungkinkan perusahaan melakukan segmentasi pelanggan secara otomatis dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data.

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

a) Bussines Use case

Secara umum, business use case digunakan untuk memetakan kebutuhan dan fungsi utama dari proses bisnis, sehingga mempermudah analisis, perancangan sistem, serta identifikasi area yang perlu perbaikan atau otomasi. Ilustrasi Business Use case dapat dilihat pada diagram business Use case pada Gambar 2.

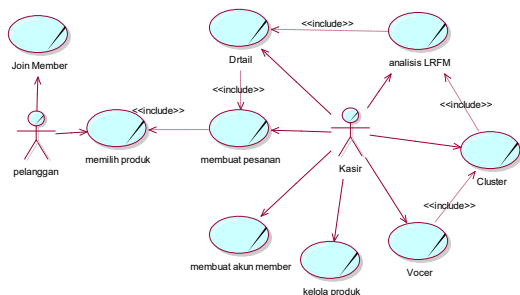


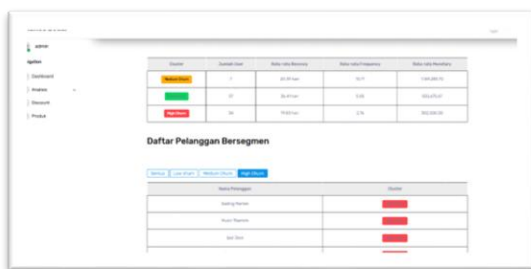
Gambar 4. Bussines Use case

Sistem dimulai dari proses registrasi akun, di mana pelanggan memasukkan data diri untuk terdaftar sebagai pengguna. Setelah itu, pelanggan maupun kasir dapat login menggunakan akun masing-masing sesuai hak akses. Pelanggan kemudian dapat melihat daftar produk yang tersedia dan melakukan pemesanan dengan memilih produk dan jumlah yang diinginkan. Pesanan yang dikirim pelanggan akan diterima oleh kasir untuk dikonfirmasi, guna memastikan ketersediaan produk dan keakuratan pesanan. Setelah pesanan disetujui, pelanggan melakukan pembayaran sesuai metode yang tersedia. Setelah pembayaran berhasil, kasir mencetak nota sebagai bukti transaksi. Selain itu, kasir juga memiliki akses untuk mengelola data produk, seperti menambah, mengubah, atau menghapus data produk. Untuk keperluan evaluasi dan rekap penjualan, kasir dapat menghasilkan laporan transaksi harian atau periodik sebagai bahan analisis dan pengambilan keputusan operasional.

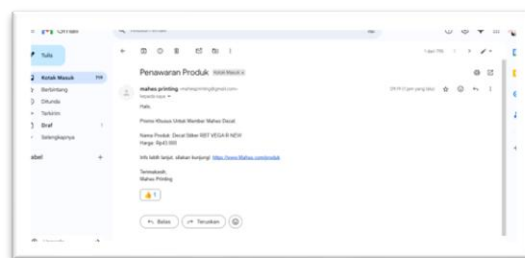
b) System Use Case

System Use case menjelaskan bagaimana terjadinya interaksi antara satu atau beberapa aktor dengan sistem yang dibangun. Pada Gambar 5 ditunjukkan representasi dari sistem Use case tersebut.





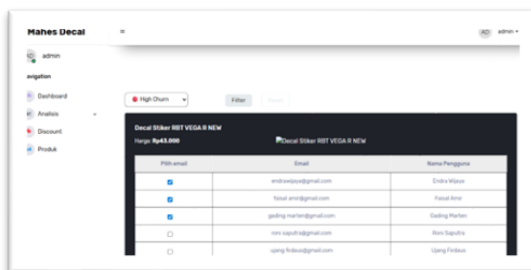
Gambar 8. Halaman Analisis Cluster



Gambar 10. Tampilan Notifikasi Email

Tampilan Mengirim Penawaran

Disini admin memilih target pelanggan yang ingin dikirim penawaran produk melalui pesan email. Gambar 7 menunjukkan tampilan halaman yang digunakan untuk mengirim penawaran kepada pelanggan.



Gambar 9. Tampilan Halaman Notifikasi Email

Tampilan Notifikasi Email

Target pelanggan yang dipilih akan menerima pesan email berupa penawaran produk dengan isi pesan dibuat langsung oleh sistem, jadi admin tidak perlu mengetik pesan penawarannya. Gambar 8 memperlihatkan tampilan pesan penawaran yang dikirimkan kepada pelanggan.

d) Hasil Pengujian Black Box

Black Box Testing merupakan teknik pengujian yang menilai apakah suatu aplikasi bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan berdasarkan input dan outputnya. Pada metode ini, penguji tidak perlu memahami bagaimana proses logika atau kode program dibangun di dalam sistem, melainkan hanya memastikan bahwa hasil yang diterima sudah sesuai dengan yang seharusnya. Pendekatan ini digunakan untuk memastikan bahwa setiap fitur pada sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna dengan cara memberikan berbagai masukan lalu melihat keluaran yang muncul. Dengan metode ini, penguji dapat menemukan beragam kesalahan, seperti fungsi yang tidak berjalan sebagaimana mestinya, masalah pada tampilan antarmuka, penurunan kinerja sistem, hingga kekeliruan saat proses awal maupun akhir program dijalankan [22].

Proses registrasi, login, penelusuran produk, pemesanan, hingga transaksi dan pelaporan berjalan dengan baik tanpa adanya kesalahan fungsional. Setiap halaman mampu memproses input pengguna secara tepat, menampilkan data sesuai dengan informasi pada database, serta memberikan umpan balik yang benar. Dengan demikian, sistem dinyatakan valid dan layak digunakan karena seluruh skenario pengujian menghasilkan keluaran yang bagus.

Tabel 5. Tabel Pengujian Black Box

No	Page	Hasil yang Diharapkan	Hasil yang Terjadi	Hasil Akhir
1	Registrasi Akun	Sistem menampilkan form registrasi dan menyimpan data pengguna baru setelah validasi selesai.	Sistem dapat menyimpan data pengguna tanpa ada kendala "Registrasi Berhasil".	Valid
2	Login Sistem	Sistem memperoleh username dan password yang benar lalu melanjutkan ke halaman utama.	Sistem menolak login jika data salah dan menerima jika benar.	Valid
3	Melihat Produk	Sistem menampilkan daftar produk secara lengkap dengan detail dan harga.	Produk tampil sesuai data pada database.	Valid

No	Page	Hasil yang Diharapkan	Hasil yang Terjadi	Hasil Akhir
4	Melakukan Pemesanan	Sistem memproses pemilihan produk, jumlah, dan konfirmasi pesanan pengguna.	Pesanan berhasil tersimpan dan muncul di riwayat pesanan.	Valid
5	Konfirmasi Pesanan	Kasir dapat melihat dan menyetujui pesanan pelanggan.	Sistem menampilkan detail pesanan dan memperbarui status menjadi "Dikonfirmasi".	Valid
6	Proses Pembayaran	Sistem menerima metode pembayaran (tunai/non-tunai) dan memperbarui status transaksi.	Pembayaran berhasil dan status berubah menjadi "Lunas".	Valid
7	Cetak Nota	Sistem menghasilkan nota transaksi berdasarkan data pembayaran.	Nota tercetak dengan data lengkap dan format benar.	Valid
8	Kelola Data Produk	Kasir dapat menambah, mengedit, dan menghapus produk.	Semua fungsi CRUD produk berjalan sesuai perintah.	Valid
9	Laporan Transaksi	Sistem menampilkan laporan transaksi berdasarkan periode tertentu.	Laporan tampil sesuai data transaksi aktual.	Valid
10	Hitung LRFM	Sistem menghitung nilai LRFM pelanggan berdasarkan history transaksi.	Nilai LRFM sesuai berdasarkan history transaksi pelanggan	Valid
11	Segmentasi Pelanggan	Sistem melakukan segmentasi menggunakan K-Means	Sistem berhasil melakukan segmentasi ke dalam 3 cluster utama.	Valid

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan analisis *churn* menggunakan model LRFM (*Length, Recency, Frequency, Monetary*) dengan algoritma K-Means Clustering berhasil membentuk segmentasi pelanggan Mahes Printing ke dalam tiga cluster ($K = 3$) yang merepresentasikan perbedaan perilaku transaksi pelanggan. Evaluasi kualitas clustering menggunakan Silhouette Score menunjukkan nilai overall sebesar 0,4766, yang berada pada kategori cukup baik, dengan dua cluster memiliki kualitas pemisahan yang baik (nilai $> 0,5$) dan satu cluster berada pada kategori moderat.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode LRFM-K-Means mampu mengelompokkan pelanggan berdasarkan kemiripan karakteristik transaksi, sehingga dapat digunakan sebagai dasar analisis *churn* dalam sistem CRM berbasis web. Implementasi sistem juga berhasil menampilkan hasil segmentasi pelanggan serta mendukung proses analisis *churn* secara terintegrasi. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk membangun sistem analisis

churn berbasis LRFM dan K-Means serta mengevaluasi kualitas hasil clustering telah tercapai.

Selain itu Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yaitu:

1. Evaluasi performa algoritma hanya menggunakan metrik internal clustering, yaitu Silhouette Score, tanpa adanya data label aktual (ground truth) pelanggan *churn*.
2. Jumlah cluster dibatasi pada $K = 3$ untuk kebutuhan interpretasi bisnis, yang berpotensi memengaruhi kualitas pemisahan antar cluster.
3. Penelitian ini belum mengukur dampak implementasi sistem terhadap peningkatan retensi pelanggan secara kuantitatif, karena sistem belum diterapkan dalam jangka waktu operasional yang panjang.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan perbandingan dengan algoritma clustering lain seperti DBSCAN atau Hierarchical Clustering, serta menguji variasi jumlah cluster untuk memperoleh struktur yang lebih optimal. Selain itu, penelitian lanjutan dapat mengombinasikan hasil clustering dengan model prediksi *churn* berbasis supervised learning apabila data label *churn* tersedia.

Implementasi sistem dalam jangka waktu yang lebih panjang juga disarankan agar dampak terhadap retensi pelanggan dan kinerja bisnis dapat diukur secara kuantitatif.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang tulus disampaikan kepada Ibu Diana Laily Fithri, S.Kom, M.Kom., selaku Ketua Program Studi Sistem Informasi Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus dan Dosen Pembimbing Utama. Dengan ketulusan dan kesabaran, Ibu Diana telah mencurahkan waktu, pikiran, dan tenaga dalam memberikan arahan, bimbingan, serta koreksi yang sangat konstruktif. Berkat bimbingan yang tak kenal lelah ini, penulis

berhasil menyelesaikan laporan skripsi dengan baik. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Bapak Soni Adiyono, S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing Pendamping, atas segala dukungan, motivasi, dan masukan teknis yang sangat berharga dalam membantu penulis menghadapi berbagai kendala selama proses penyusunan skripsi.

Apresiasi yang mendalam juga disampaikan kepada Bapak Syaiful Muzid, S.T., M.Cs. Curahan waktu, energi, pikiran, dan bimbingan dari Bapak merupakan dukungan yang sangat berharga. Bantuan, arahan, dan motivasi dari Bapak Syaiful Muzid diakui sebagai "keberuntungan" utama yang datang dari ketulusan Bapak dalam membimbing penulis hingga laporan skripsi ini dapat tersusun dengan baik.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Susanti, S. Adiyono, and Z. Romadhon, "Transformasi Digital: Aplikasi Manajemen Pemasaran Berbasis Web untuk PT. Arto Podomoro Mulyo," *J. Ilm. Komputasi*, vol. 23, no. 1, pp. 93–104, 2024.
- [2] S. Adiyono, R. Aziz Risaldi, A. Puji Widodo, E. Sedyono, and K. Satya Wacana, "Framework Management To Minimize Risk in Protecting Enterprise Systems: Systematic Literature Review Pengelolaan Framework Untuk Meminimalisir Resiko Dalam Melindungi Sistem Enterprise: Tinjauan Pustaka Sistematis," *J. Inform. dan Teknol. Inf.*, vol. 19, no. 2, pp. 159–172, 2022, doi: 10.31515/telematika.v19i2.6534.
- [3] S. M. Jibrán, N. Jannah, and D. I. P. Rahmani, "Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Penjualan Berbasis Website untuk Meningkatkan Efisiensi Operasional pada Toko Win Glowing dengan Metode Waterfall," *J. Hum. Educ.*, vol. 5, no. 1, pp. 576–588, 2025.
- [4] S. Adiyono, D. L. Fithri, and M. Arifin, "Smart Aquaculture under Digital Transformation: AHP Approach for Optimizing Vannamei Shrimp Farming in Central Java," vol. 10, no. 3, pp. 1015–1022, 2025.
- [5] M. A. Iskandar and U. Latifa, "Website Prediksi Customer churn Untuk Mempertahankan Pelanggan Pada Perusahaan Telekomunikasi," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 7, no. 2, pp. 1308–1316, 2023, doi: 10.36040/jati.v7i2.6639.
- [6] A. V. Alfiansah, A. Pusvitasari, and A. D. Kusumastuti, "Pengaruh Customer Relationship Management Terhadap Loyalitas Pelanggan (Studi Kasus Perusahaan Shopee Indonesia)," *Bus. UHO J. Adm. Bisnis*, vol. 9, no. 1, pp. 426–431, 2024.
- [7] C. A. Samosir, "Strategi Customer Relationship Management untuk Meningkatkan Retensi Pelanggan di Era Digital," *Repeater Publ. Tek. Inform. dan Jar.*, vol. 3, no. 1, pp. 160–173, 2025.
- [8] R. Wahyudi and A. Solihin, "Segmentasi Pelanggan Berdasarkan Model LRFM Menggunakan Algoritma K-Means dan Optimasi Klaster Dinamis," *J. Inform. J. Pengemb. IT*, vol. 10, no. 3, pp. 640–650, 2025.
- [9] F. Soufitri, *Konsep sistem informasi*. PT Inovasi Pratama Internasional, 2023.
- [10] A. Selay *et al.*, "Sistem Informasi Penjualan," *Karimah Taubid*, vol. 2, no. 1, pp. 232–237, 2023.
- [11] P. P. Singh, F. I. Anik, R. Senapati, A. Sinha, N. Sakib, and E. Hossain, "Investigating customer churn in banking: A machine learning approach and visualization app for data science and management," *Data Sci. Manag.*, vol. 7, no. 1, pp. 7–16, 2024.
- [12] M. D. Setyawan *et al.*, "Implementasi Customer Relationship Management (CRM) Berbasis Web dalam Meningkatkan Penjualan pada Perusahaan Almazone," *J. SITECH Sist. Inf. dan Teknol.*, no. Vol 7, No 2 (2024): JURNAL SITECH VOLUME 7 NO 2 TAHUN 2024, pp. 103–112, 2024, [Online]. Available: <https://jurnal.umk.ac.id/index.php/sitech/article/view/13692/5180>
- [13] T. N. Febrianti and P. Supriyoso, "Strategi Customer Relationship Management (CRM) Untuk Meningkatkan Customer Retention Pada PD. Putra PS," *Pros. FRIMA (Festival Ris. Ilm. Manaj. Dan Akuntansi)*, vol. 1, no. 7, pp. 804–814, 2024.
- [14] F. Marisa, S. S. S. Ahmad, Z. I. M. Yusof, Fachrudin, and T. M. A. Aziz, "Segmentation model of customer lifetime value in Small and Medium Enterprise (SMEs) using K-Means Clustering and LRFM model," *Int. J. Integr. Eng.*, vol. 11, no. 3, pp. 169–180, 2019, doi: 10.30880/ijie.2019.11.03.018.
- [15] N. U. Jannah, N. Y. Setiawan, and W. Purnomo, "Segmentasi Pelanggan B2B dengan Model LRFM Menggunakan Algoritma K-Means," *J.*

- Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 8, 2024.
- [16] A. Sulistiyawati and E. Supriyanto, "Implementasi Algoritma K-means Clustering dalam Penentuan Siswa Kelas Unggulan," *J. Tekno Kompak*, vol. 15, no. 2, p. 25, 2021.
- [17] B. Sutara, F. Vulture, and R. Novianti, "Application of K-Means algorithm with CRISP-DM method in student data analysis as a support for promotion strategy," *Side Sci. Dev. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2024.
- [18] G. Vardakas, I. Papakostas, and A. Likas, "Deep clustering using the soft silhouette score: Towards compact and well-separated clusters," *arXiv Prepr. arXiv2402.00608*, 2024.
- [19] D. T. Haniva, J. A. Ramadhan, and A. Suharso, "Systematic Literature Review Penggunaan Metodologi Pengembangan Sistem Informasi Waterfall, Agile, dan Hybrid," *JIEET (Journal Inf. Eng. Educ. Technol.*, vol. 7, no. 1, pp. 36–42, 2023.
- [20] A. Gupta, "Comparative Study of Different SDLC Models," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 11, pp. 73–80, 2021, doi: 10.22214/ijraset.2021.38736.
- [21] S. Khamis and M. Ahmad, "Visualising E-Commerce Customer Segmentation Through Clustering Methods," in *Knowledge Management International Conference*, Springer, 2024, pp. 92–103.
- [22] Y. D. Wijaya and M. W. Astuti, "Pengujian blackbox sistem informasi penilaian kinerja karyawan PT Inka (persero) berbasis equivalence partitions," *J. Digit. Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 22–26, 2021.