

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong transformasi digital pada berbagai sektor pelayanan publik. Pemanfaatan teknologi digital dalam pelayanan publik dapat meningkatkan aksesibilitas, efisiensi, ketersediaan informasi, serta kualitas interaksi antara penyelenggara layanan dan masyarakat. Transformasi digital juga mendorong organisasi publik untuk mengintegrasikan teknologi informasi ke dalam proses operasional sehingga pelayanan tidak hanya berorientasi pada administrasi, tetapi juga pada peningkatan efektivitas dan kualitas layanan (Indar et al., 2024; Latupeirissa et al., 2024).

Salah satu sektor pelayanan publik yang membutuhkan dukungan sistem informasi adalah pengelolaan layanan penyediaan air bersih. Sistem informasi dapat dimanfaatkan untuk mengelola data pelanggan, menyimpan transaksi pembayaran, menyampaikan informasi, serta mendukung proses pelayanan kepada pelanggan. Penelitian mengenai sistem informasi pelayanan pelanggan pada Unit Pelaksana Teknis Daerah Penyediaan Air Bersih menunjukkan bahwa pemanfaatan sistem berbasis web dapat membantu pengelolaan data pelanggan dan penyampaian informasi secara lebih efektif dibandingkan proses pelayanan yang masih mengharuskan pelanggan datang secara langsung ke kantor pelayanan (Hamid & Hadiwandra, 2023).

Pertumbuhan jumlah pelanggan yang diikuti dengan peningkatan transaksi pembayaran menyebabkan metode pengelolaan data secara konvensional semakin menghadapi berbagai keterbatasan. Pemeriksaan dan pemrosesan informasi yang masih dilakukan secara manual cenderung memerlukan waktu lebih lama serta berpotensi menyulitkan petugas dalam memantau perkembangan status pembayaran pelanggan. Kondisi tersebut menjadi semakin kompleks ketika data yang harus dikelola terus bertambah, sementara kebutuhan terhadap informasi yang akurat dan tersedia secara cepat semakin tinggi untuk menunjang kelancaran kegiatan operasional.

Salah satu tantangan dalam pengelolaan layanan penyediaan air bersih adalah munculnya keterlambatan pembayaran serta akumulasi tunggakan dari pelanggan. Akbar et al. (2025) mengungkapkan bahwa permasalahan tunggakan pada perusahaan utilitas air di Indonesia dapat berkaitan dengan berbagai faktor, termasuk karakteristik pelanggan, kondisi wilayah

geografis, serta keterbatasan dalam melakukan analisis terhadap data pelanggan. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa pengelompokan pelanggan berdasarkan pola atau perilaku pembayaran dapat menjadi salah satu pendekatan untuk mengidentifikasi potensi risiko tunggakan sekaligus membantu penyedia layanan dalam merancang strategi penanganan pelanggan yang lebih tepat sasaran.

Permasalahan serupa juga ditemukan pada penelitian Akbar, Defit, dan Hendrik (2025) yang melakukan segmentasi tunggakan pelanggan pada perusahaan air minum daerah menggunakan algoritma K-Means. Penelitian tersebut dilatarbelakangi oleh tingginya tunggakan pelanggan yang berdampak terhadap pendapatan perusahaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa data tunggakan pelanggan dapat dikelompokkan menggunakan K-Means untuk menghasilkan segmentasi yang dapat digunakan sebagai dasar dalam memahami karakteristik pelanggan berdasarkan tingkat tunggakannya.

Selain permasalahan tunggakan, data historis pembayaran pelanggan yang tersimpan dalam basis data juga memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber informasi dalam mendukung pengambilan keputusan. Data transaksi dapat mengandung pola perilaku yang tidak mudah diketahui apabila hanya dilakukan melalui pemeriksaan data secara individual. Oleh karena itu, diperlukan metode analisis yang mampu mengolah data dalam jumlah besar dan mengidentifikasi kelompok pelanggan berdasarkan karakteristik transaksi yang dimiliki.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk menggali informasi dari kumpulan data pelanggan adalah data mining. Salah satu metode data mining yang banyak digunakan untuk proses segmentasi pelanggan adalah algoritma K-Means Clustering. Metode tersebut mengelompokkan objek berdasarkan kemiripan karakteristik sehingga objek yang memiliki karakteristik relatif serupa dapat ditempatkan dalam kelompok yang sama. Penelitian Awaliyah et al. (2024), misalnya, menggunakan K-Means untuk melakukan segmentasi pelanggan berdasarkan data transaksi dan pendekatan RFM (Recency, Frequency, Monetary). Hasil pengelompokan menghasilkan kelompok pelanggan dengan karakteristik yang berbeda sehingga dapat digunakan untuk memahami perilaku pelanggan dan mendukung pemberian layanan yang lebih sesuai.

Penerapan K-Means juga telah digunakan dalam berbagai penelitian segmentasi pelanggan dengan memanfaatkan data historis transaksi. Martiansah et al. (2025) menggunakan model RFM-D dan K-Means untuk mengelompokkan pelanggan berdasarkan perilaku transaksi,

sedangkan Passolving et al. (2024) menerapkan K-Means dan metrik RFM untuk memperoleh segmentasi pelanggan yang dapat digunakan sebagai dasar penyusunan strategi pengelolaan pelanggan. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa data historis transaksi dapat diolah menjadi informasi mengenai karakteristik dan perilaku kelompok pelanggan.

Dalam konteks layanan air bersih, atribut seperti jumlah keterlambatan pembayaran, frekuensi pembayaran, jumlah tunggakan, nilai tagihan, serta riwayat pembayaran dapat digunakan sebagai dasar pembentukan karakteristik pelanggan. Penelitian Akbar et al. (2025) bahkan mengembangkan beberapa fitur khusus untuk menggambarkan perilaku pembayaran pelanggan utilitas air, seperti Debt Efficiency, Payment Behavior Score, Category Risk Score, Geographic Risk Score, Consumption Intensity, dan Financial Risk Score. Hasilnya menunjukkan bahwa K-Means dapat membentuk kelompok pelanggan berdasarkan tingkat risiko pembayaran sehingga hasil segmentasi dapat diarahkan untuk mendukung strategi penanganan tunggakan.

Berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi, penelitian ini merancang dan mengembangkan sistem informasi berbasis web yang menggabungkan penerapan algoritma K-Means Clustering dengan fitur pengingat pembayaran tagihan air secara otomatis. Proses pengelompokan pelanggan dilakukan dengan menganalisis sejumlah atribut yang merepresentasikan pola pembayaran, sehingga diperoleh beberapa kelompok berdasarkan karakteristik serta tingkat kepatuhan pelanggan dalam memenuhi kewajiban pembayaran. Selanjutnya, hasil klasterisasi tersebut dimanfaatkan sebagai dasar untuk menetapkan pola dan mekanisme pengingat pembayaran yang disesuaikan dengan karakteristik pada setiap kelompok pelanggan.

Integrasi antara analisis perilaku pembayaran dan mekanisme pengingat otomatis diharapkan dapat membantu pengelola dalam melakukan pemantauan pelanggan secara lebih efektif, mengurangi ketergantungan terhadap pemeriksaan data secara manual, serta meningkatkan ketepatan dalam menentukan pelanggan yang perlu mendapatkan perhatian atau pengingat pembayaran. Pendekatan ini juga sejalan dengan penelitian mengenai segmentasi pelanggan yang menunjukkan bahwa hasil pengelompokan berdasarkan perilaku transaksi dapat digunakan untuk mendukung strategi pelayanan atau pengelolaan pelanggan yang lebih terarah (Awaliyah et al., 2024; Martiansah et al., 2025).

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menghasilkan aplikasi pengelolaan data pelanggan, tetapi juga menghadirkan integrasi antara sistem informasi, analisis perilaku pembayaran menggunakan K-Means Clustering, segmentasi pelanggan, dan mekanisme pengingat pembayaran otomatis. Integrasi tersebut diharapkan dapat memberikan nilai tambah bagi pengelola layanan air dalam meningkatkan efisiensi operasional, membantu proses monitoring pembayaran, serta mendukung peningkatan kualitas pelayanan kepada pelanggan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam pengembangan sistem ini adalah sebagai berikut:

- a) Bagaimana merancang dan membangun sistem informasi berbasis web yang mampu mengelola data pelanggan dan data pembayaran tagihan air secara terintegrasi sehingga mempermudah proses administrasi layanan?
- b) Bagaimana mengimplementasikan algoritma K-Means Clustering untuk mengelompokkan pelanggan berdasarkan karakteristik perilaku pembayaran sehingga diperoleh kategori pelanggan yang memiliki tingkat kedisiplinan pembayaran yang berbeda?
- c) Bagaimana mengintegrasikan hasil proses klasterisasi pelanggan ke dalam mekanisme pengingat pembayaran tagihan air secara otomatis sehingga proses penagihan dapat dilakukan secara lebih efektif dan tepat sasaran?
- d) Bagaimana mengimplementasikan sistem yang mampu menyajikan informasi hasil pengelompokan pelanggan dalam bentuk laporan dan visualisasi sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan oleh pengelola layanan air?
- e) Bagaimana menguji fungsionalitas sistem dan implementasi algoritma K-Means sehingga sistem yang dikembangkan dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna serta menghasilkan pengelompokan pelanggan yang mendukung proses administrasi dan penagihan?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari pengembangan sistem ini adalah sebagai berikut:

- a) Merancang dan membangun sistem informasi berbasis web yang mampu mengelola data pelanggan dan data pembayaran tagihan air secara terintegrasi untuk meningkatkan efektivitas proses administrasi.
- b) Mengimplementasikan algoritma K-Means Clustering sebagai metode pengelompokan pelanggan berdasarkan karakteristik perilaku pembayaran sehingga diperoleh kategori pelanggan yang memiliki tingkat kedisiplinan pembayaran yang berbeda.
- c) Mengembangkan mekanisme pengingat pembayaran tagihan air secara otomatis yang memanfaatkan hasil proses klasterisasi sebagai dasar dalam menentukan strategi penyampaian pengingat kepada pelanggan.
- d) Menyediakan dashboard dan laporan hasil klasterisasi yang informatif sehingga dapat membantu pengelola layanan air dalam melakukan analisis data serta mendukung proses pengambilan keputusan secara lebih cepat dan akurat.
- e) Melakukan implementasi dan pengujian terhadap sistem yang dikembangkan untuk memastikan seluruh fitur aplikasi dan algoritma K-Means dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

1.4 Manfaat

Pengembangan program komputer ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- a) Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang Data Mining, khususnya penerapan algoritma K-Means Clustering pada proses segmentasi pelanggan berdasarkan perilaku pembayaran.
- b) Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengembangan sistem informasi berbasis web, analisis perilaku pelanggan, serta implementasi teknik klasterisasi dalam mendukung pengambilan keputusan.
- c) Menambah kajian mengenai integrasi algoritma klasterisasi dengan sistem pengingat otomatis sebagai bagian dari penerapan data-driven decision making dalam pengembangan perangkat lunak.

BAB 2

PERANCANGAN SISTEM

2.1 Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan sistem merupakan tahapan awal dalam proses pengembangan perangkat lunak yang bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan pengguna serta menentukan fungsi-fungsi yang harus dimiliki oleh sistem agar mampu menyelesaikan permasalahan yang dihadapi. Tahap ini menjadi dasar dalam proses perancangan, implementasi, dan pengujian sistem sehingga seluruh komponen yang dikembangkan dapat memenuhi kebutuhan pengguna secara optimal.

2.1.1 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional merupakan sekumpulan fungsi utama yang harus dimiliki oleh sistem agar seluruh proses bisnis dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Analisis kebutuhan fungsional dilakukan dengan mengidentifikasi aktivitas yang dilakukan oleh administrator sebagai pengguna utama sistem. Berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan, sistem yang dikembangkan memiliki beberapa fungsi utama sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Table 2.1 Kebutuhan Fungsional

Kode	Kebutuhan Fungsional	Deskripsi
KF-01	Login Sistem	Sistem menyediakan autentikasi pengguna menggunakan email dan kata sandi.
KF-02	Kelola Data Pelanggan	Administrator dapat menambah, mengubah, menghapus, dan melihat data pelanggan.

Kode	Kebutuhan Fungsional	Deskripsi
KF-03	Kelola Data Tagihan	Sistem mampu mengelola data tagihan pelanggan berdasarkan periode pembayaran.
KF-04	Pengelolaan Data Pembayaran	Administrator dapat memasukkan, memperbarui, dan mengelola data transaksi pembayaran pelanggan sebagai dasar pengolahan informasi pembayaran.
KF-05	Proses Clustering	Sistem menganalisis data historis pembayaran pelanggan dan melakukan proses pengelompokan menggunakan algoritma K-Means Clustering berdasarkan karakteristik pola pembayaran.
KF-06	Klasifikasi Kelompok Pelanggan	Berdasarkan hasil proses clustering, pelanggan ditempatkan ke dalam kelompok sesuai dengan tingkat kedisiplinan pembayaran, yaitu Tepat Waktu, Terlambat, dan Sering Terlambat.
KF-07	Pengingat Pembayaran	Sistem mengirimkan atau menampilkan pengingat pembayaran kepada pelanggan dengan mempertimbangkan kelompok yang diperoleh dari hasil clustering.
KF-08	Dashboard	Sistem menyediakan halaman dashboard yang menyajikan ringkasan informasi pelanggan, transaksi

Kode	Kebutuhan Fungsional	Deskripsi
		pembayaran, serta hasil pengelompokan dalam bentuk statistik, grafik, dan informasi pendukung lainnya.
KF-09	Laporan	Sistem menyediakan fasilitas untuk menghasilkan laporan yang berkaitan dengan data pelanggan, transaksi pembayaran, dan hasil clustering, yang selanjutnya dapat dicetak atau disimpan sebagai dokumentasi.
KF-10	Logout	Sistem menyediakan fasilitas untuk mengakhiri sesi pengguna sehingga akses terhadap aplikasi dapat ditutup dengan aman setelah aktivitas selesai.

2.1.2 Kebutuhan Non Fungsional

Selain memenuhi kebutuhan fungsional, sistem juga harus memenuhi kebutuhan non-fungsional yang berkaitan dengan kualitas perangkat lunak. Kebutuhan non-fungsional menjelaskan karakteristik sistem agar mampu memberikan kinerja yang baik, mudah digunakan, aman, serta dapat dioperasikan pada lingkungan yang telah ditentukan.

Analisis kebutuhan non-fungsional pada penelitian ini meliputi kebutuhan perangkat keras, perangkat lunak, keamanan sistem, performa, serta kemudahan penggunaan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Table 2.2 Kebutuhan Non Fungsional

Aspek	Kebutuhan
Perangkat Keras	Komputer atau laptop dengan prosesor minimal Intel Core i3 atau setara, RAM minimal 4 GB, dan ruang penyimpanan minimal 20 GB.
Sistem Operasi	Windows 10/11 atau Linux.
Web Server	Apache yang terintegrasi dalam XAMPP/Laragon.
Database	MySQL atau MariaDB.
Bahasa Pemrograman	PHP.
Framework	Laravel.
Web Browser	Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge, atau browser modern lainnya.
Keamanan	Sistem menggunakan autentikasi login untuk membatasi akses pengguna yang berwenang.
Kinerja	Sistem mampu memproses data pelanggan, pembayaran, dan proses clustering secara responsif tanpa mengurangi akurasi hasil pengelompokan.
Usability	Antarmuka dirancang sederhana, responsif, dan mudah dipahami oleh administrator.
Reliability	Sistem mampu menyimpan data secara konsisten dan meminimalkan kehilangan data selama proses pengolahan.
Maintainability	Struktur program disusun secara modular sehingga memudahkan proses pengembangan dan pemeliharaan sistem di masa mendatang.
Compatibility	Sistem dapat diakses melalui berbagai browser modern tanpa memerlukan instalasi aplikasi tambahan.

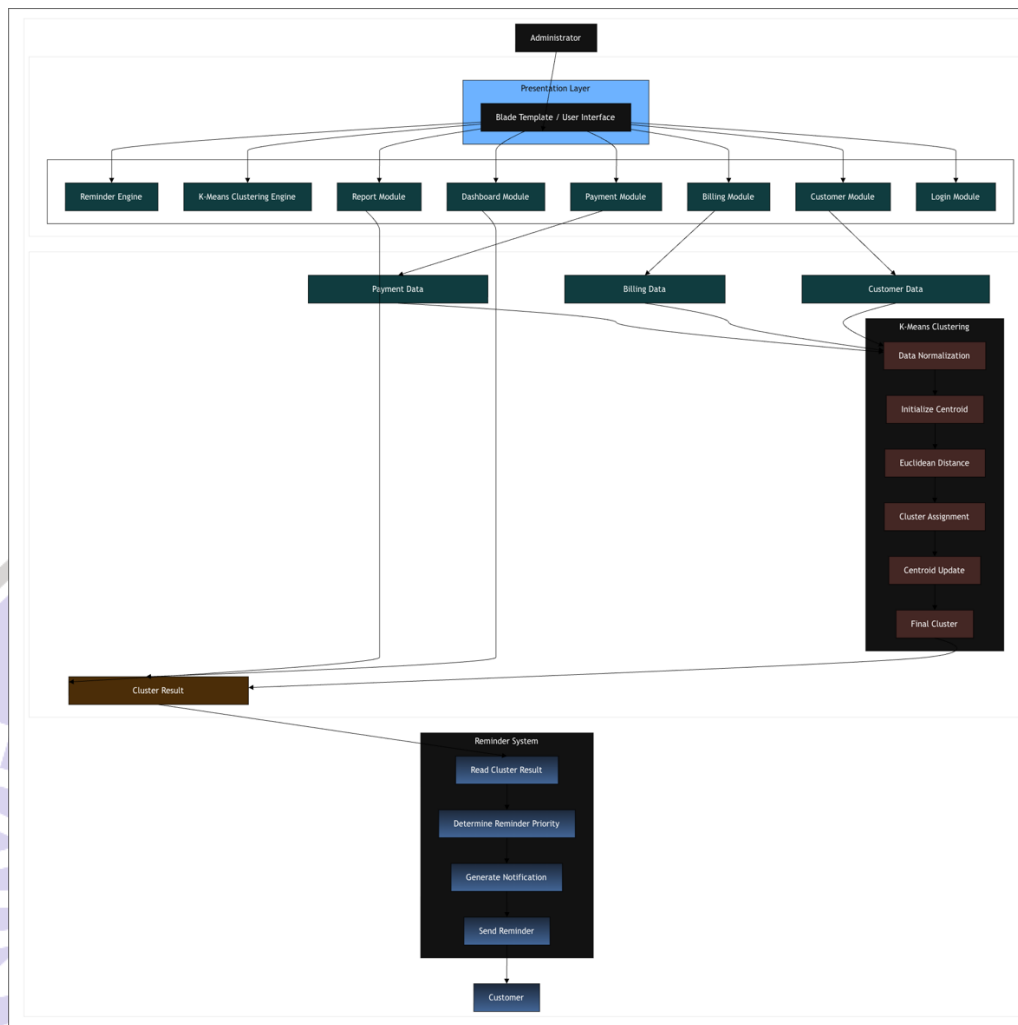
2.2 Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem merupakan gambaran menyeluruh mengenai struktur perangkat lunak yang dikembangkan, meliputi hubungan antar komponen, aliran data, serta interaksi antara pengguna dengan sistem. Perancangan arsitektur bertujuan untuk memastikan bahwa setiap komponen aplikasi dapat saling berintegrasi dalam menjalankan proses bisnis pengelolaan data pelanggan, pengolahan data pembayaran, proses klasterisasi menggunakan algoritma K-Means Clustering, serta mekanisme pengingat pembayaran secara otomatis.

Sistem dikembangkan menggunakan arsitektur three-tier architecture yang terdiri atas lapisan presentasi (presentation layer), lapisan logika aplikasi (application layer), dan lapisan basis data (data layer). Pemisahan setiap lapisan bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitas pengembangan, kemudahan pemeliharaan, keamanan data, serta mempermudah pengembangan fitur pada masa mendatang.

2.2.1 Arsitektur Perangkat Lunak

Secara umum, sistem terdiri atas lima komponen utama, yaitu Administrator, Web Application, Database Server, Modul Clustering K-Means, dan Modul Pengingat Pembayaran. Hubungan antar komponen tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Arsitektur Sistem

2.2.2 Arsitektur Proses Bisnis

Arsitektur proses bisnis menggambarkan alur kerja sistem dalam mendukung proses pengelolaan data pelanggan dan pembayaran tagihan air. Proses bisnis yang dirancang bertujuan untuk mengintegrasikan aktivitas administrasi, analisis data menggunakan algoritma K-Means Clustering, serta mekanisme pengingat pembayaran sehingga seluruh proses dapat berjalan secara otomatis dan terstruktur.

Dalam sistem yang dirancang, administrator menjadi aktor utama yang memiliki kewenangan untuk mengelola berbagai informasi, meliputi data pelanggan, tagihan, serta transaksi pembayaran. Seluruh data yang telah tersimpan dalam basis data selanjutnya diteruskan ke modul clustering untuk dianalisis dan dikelompokkan berdasarkan pola serta karakteristik perilaku pembayaran pelanggan. Hasil pengelompokan tersebut kemudian

dimanfaatkan oleh modul pengingat pembayaran sebagai landasan dalam menentukan tingkat prioritas dan waktu pemberian notifikasi kepada pelanggan sesuai dengan kelompok yang terbentuk.

Secara umum, alur proses bisnis sistem terdiri atas enam tahapan utama, yaitu proses autentikasi pengguna, pengelolaan data pelanggan, pengelolaan data pembayaran, proses klasterisasi menggunakan algoritma K-Means, pengiriman pengingat pembayaran, dan penyajian laporan hasil analisis. Hubungan antarproses tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Arsitektur proses bisnis

Berdasarkan Gambar 2.2, proses bisnis diawali ketika administrator melakukan proses autentikasi melalui halaman login menggunakan akun yang telah terdaftar. Setelah autentikasi berhasil, administrator memperoleh hak akses untuk mengelola seluruh data yang terdapat pada sistem, termasuk data pelanggan, data tagihan, dan data pembayaran.

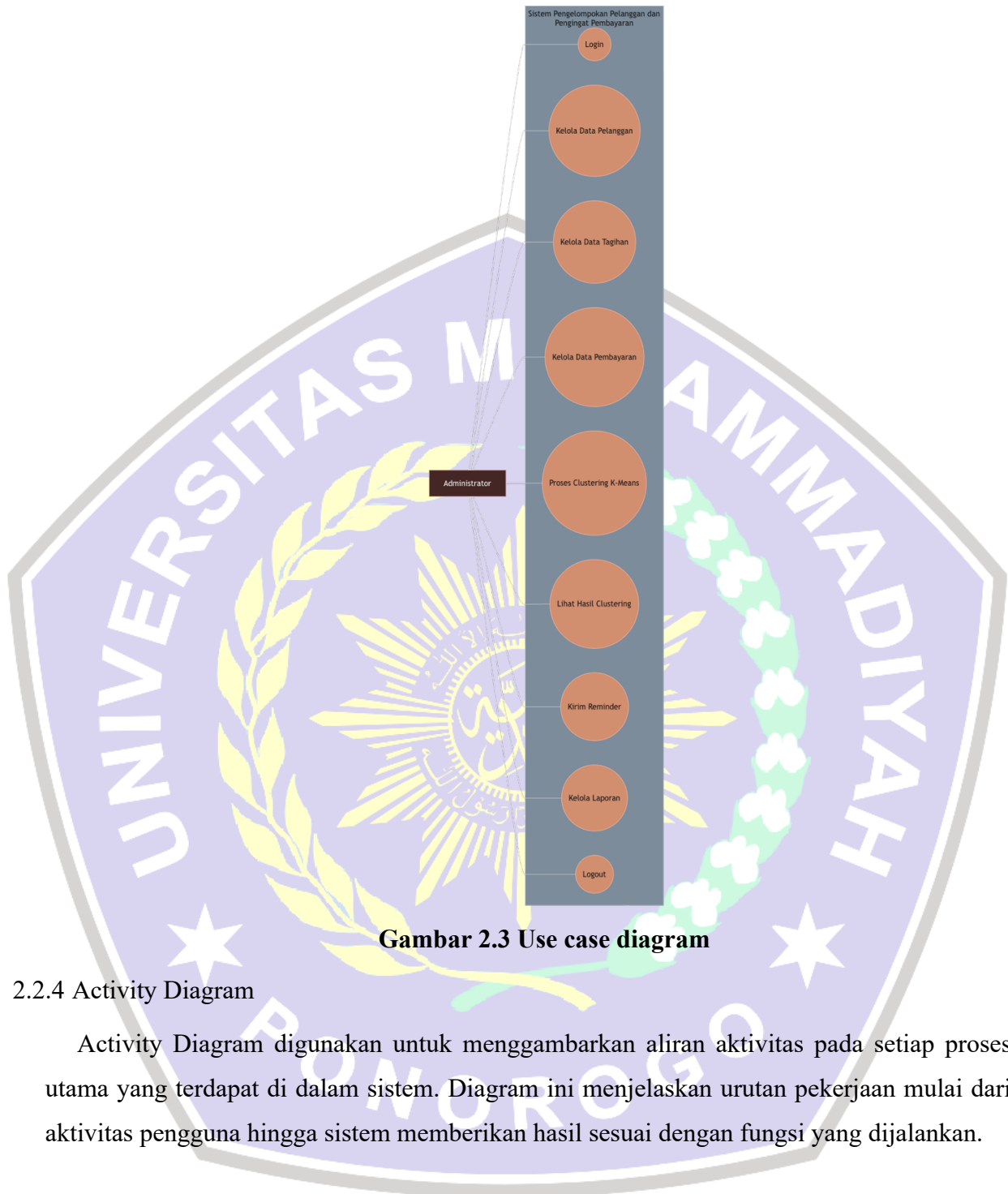
Tahap berikutnya adalah proses pengelolaan data pelanggan. Administrator dapat menambahkan pelanggan baru, memperbarui informasi pelanggan, maupun menghapus data yang sudah tidak digunakan. Selanjutnya administrator melakukan pengelolaan data tagihan dan pencatatan pembayaran pelanggan sesuai periode pembayaran. Seluruh data tersebut disimpan ke dalam basis data sebagai sumber informasi utama bagi proses analisis.

2.2.3 Use Case Diagram

Use Case Diagram digunakan untuk menggambarkan hubungan antara pengguna (actor) dengan fungsi-fungsi yang tersedia di dalam sistem. Diagram ini menunjukkan aktivitas yang dapat dilakukan oleh administrator sebagai pengguna utama dalam mengoperasikan aplikasi pengelompokan pelanggan dan pengingat pembayaran tagihan air.

Pada sistem yang dikembangkan hanya terdapat satu aktor utama, yaitu Administrator. Administrator memiliki hak akses penuh terhadap seluruh fitur aplikasi, mulai dari proses autentikasi, pengelolaan data pelanggan, pengelolaan tagihan, pengelolaan pembayaran, proses klasterisasi menggunakan algoritma K-Means, hingga pencetakan laporan dan pengiriman pengingat pembayaran kepada pelanggan.

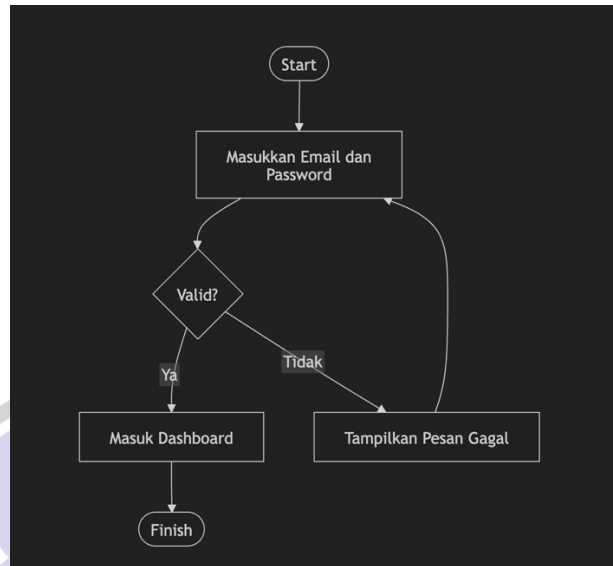
Hubungan antara aktor dengan fungsi sistem ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Use case diagram

2.2.4 Activity Diagram

Activity Diagram digunakan untuk menggambarkan aliran aktivitas pada setiap proses utama yang terdapat di dalam sistem. Diagram ini menjelaskan urutan pekerjaan mulai dari aktivitas pengguna hingga sistem memberikan hasil sesuai dengan fungsi yang dijalankan.



Gambar 2.4 Activity Diagram Login

2.3 Perancangan Algoritma K-Means

Algoritma K-Means Clustering merupakan salah satu metode unsupervised learning yang digunakan untuk mengelompokkan sekumpulan data berdasarkan tingkat kemiripan karakteristik antarobjek. Metode ini bekerja dengan cara membagi data ke dalam sejumlah kelompok (cluster) sehingga objek yang berada pada kelompok yang sama memiliki karakteristik yang lebih mirip dibandingkan objek pada kelompok lainnya.

Pada sistem yang dirancang, algoritma K-Means Clustering diterapkan untuk membentuk kelompok pelanggan berdasarkan pola pembayaran tagihan air. Analisis klaster menggunakan tiga parameter utama yang merepresentasikan karakteristik transaksi pelanggan, yaitu frekuensi pembayaran, akumulasi nilai pembayaran, dan jumlah kejadian keterlambatan. Data dari ketiga parameter tersebut diproses untuk menghasilkan kelompok pelanggan dengan karakteristik perilaku pembayaran yang serupa. Hasil pengelompokan kemudian dijadikan acuan dalam menentukan pola serta prioritas pengingat pembayaran secara otomatis, sehingga kegiatan pemantauan dan penagihan dapat dilakukan secara lebih terarah dan efisien.

Berdasarkan Gambar 2.10, proses diawali dengan pengambilan data pelanggan dari basis data. Data tersebut kemudian melalui proses *preprocessing* dan normalisasi agar seluruh atribut memiliki skala yang sebanding. Setelah jumlah cluster ditentukan, sistem melakukan inisialisasi centroid awal dan menghitung jarak setiap data terhadap centroid menggunakan metode Euclidean Distance. Selanjutnya sistem memperbarui posisi centroid berdasarkan

rata-rata anggota pada setiap cluster. Proses iterasi dilakukan secara berulang hingga posisi centroid tidak mengalami perubahan, kemudian hasil klasterisasi disimpan ke dalam basis data.



Gambar 2.5 Flowchart Algoritma

2.4 Perancangan Antarmuka Sistem

Perancangan antarmuka (User Interface Design) merupakan tahap yang bertujuan untuk merancang tampilan sistem agar mudah digunakan (user friendly), responsif, serta mampu mendukung seluruh kebutuhan pengguna dalam mengelola data pelanggan dan pembayaran tagihan air. Antarmuka dirancang dengan memperhatikan prinsip usability, yaitu kemudahan penggunaan, konsistensi navigasi, kejelasan informasi, serta efisiensi interaksi antara pengguna dengan sistem.

Sistem dikembangkan dalam bentuk aplikasi berbasis web sehingga seluruh fitur dapat diakses melalui peramban (web browser) tanpa memerlukan instalasi perangkat lunak tambahan. Antarmuka terdiri atas beberapa halaman utama yang saling terintegrasi, meliputi halaman login, dashboard, data pelanggan, data tagihan, data pembayaran, hasil klasterisasi, pengingat pembayaran, dan laporan.

- a. Halaman login
- b. Dashboard
- c. Data pelanggan
- d. Data Tagihan
- e. Pembayaran
- f. Halaman Clustering

Perancangan antarmuka pada sistem ini mengutamakan kemudahan penggunaan, konsistensi navigasi, dan efisiensi interaksi pengguna dengan aplikasi. Setiap halaman dirancang untuk mendukung proses bisnis pengelolaan pelanggan, pembayaran, klasterisasi menggunakan algoritma K-Means, serta pengiriman pengingat pembayaran secara terintegrasi. Dengan desain antarmuka yang sederhana dan informatif, sistem diharapkan mampu membantu administrator dalam mengelola data secara lebih efektif, mempercepat proses analisis pelanggan, serta meningkatkan kualitas pelayanan administrasi.

BAB 3

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

3.1 Implementasi Sistem

Implementasi sistem diawali dengan menyiapkan lingkungan pengembangan (development environment) yang digunakan untuk membangun aplikasi. Lingkungan pengembangan terdiri atas perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) yang mendukung proses pembangunan aplikasi hingga implementasi algoritma K-Means.

Pengembangan aplikasi dilakukan menggunakan sistem operasi Windows dengan web server Apache yang terintegrasi dalam paket XAMPP. Framework Laravel digunakan sebagai kerangka kerja utama karena menyediakan struktur pengembangan berbasis MVC sehingga proses pengelolaan kode menjadi lebih terorganisasi. Basis data MySQL digunakan sebagai media penyimpanan seluruh data pelanggan, data pembayaran, hasil klasterisasi, serta riwayat pengiriman pengingat pembayaran.

Table 3.1 Spesifikasi Perangkat Keras

Komponen	Spesifikasi
Processor	Intel Core i5 atau setara
RAM	8 GB
Storage	SSD 256 GB
Monitor	Resolusi 1366 × 768 atau lebih

Table 3.2 Spesifikasi Perangkat Lunak

Perangkat Lunak	Versi
Windows	10/11
PHP	8.x
Laravel	10.x
MySQL	8.x
XAMPP	Terbaru
Visual Studio Code	Terbaru
Google Chrome	Terbaru

3.2 Implementasi Algoritma

Implementasi algoritma K-Means Clustering merupakan inti dari sistem yang dikembangkan karena berfungsi untuk mengelompokkan pelanggan berdasarkan karakteristik perilaku pembayaran tagihan air. Algoritma ini diimplementasikan ke dalam aplikasi berbasis web menggunakan bahasa pemrograman PHP pada framework Laravel. Seluruh proses perhitungan dilakukan secara otomatis oleh sistem sehingga administrator hanya perlu menjalankan proses klasterisasi melalui antarmuka aplikasi tanpa melakukan perhitungan secara manual.

Pada implementasinya, algoritma K-Means memanfaatkan data pembayaran pelanggan yang tersimpan pada basis data sebagai data masukan (input dataset). Setiap data pelanggan direpresentasikan menggunakan tiga atribut utama, yaitu jumlah pembayaran, total pembayaran, dan jumlah keterlambatan pembayaran. Ketiga atribut tersebut menjadi dasar dalam menghitung tingkat kemiripan antar pelanggan menggunakan metode Euclidean Distance.

Proses implementasi algoritma terdiri atas beberapa tahapan, yaitu pengambilan data pelanggan, normalisasi data, penentuan jumlah cluster, inisialisasi centroid awal, perhitungan jarak, proses iterasi, pembaruan centroid, hingga penyimpanan hasil klasterisasi ke dalam basis data. Seluruh tahapan tersebut dijalankan secara berurutan sehingga menghasilkan kelompok pelanggan yang memiliki karakteristik pembayaran yang relatif homogen.

3.2.1 Pengambilan Data

Tahap pertama dalam implementasi algoritma adalah mengambil data pelanggan beserta riwayat pembayaran dari basis data MySQL. Data tersebut diperoleh melalui modul Model pada framework Laravel sehingga proses akses data dilakukan menggunakan mekanisme Object Relational Mapping (ORM).

Data yang diambil meliputi:

1. Data pelanggan
2. Total pembayaran
3. Jumlah transaksi pembayaran
4. Jumlah keterlambatan pembayaran

Selanjutnya data dikirim ke modul clustering untuk diproses lebih lanjut.

3.2.2 Normalisasi Data

Setelah data berhasil diperoleh, sistem melakukan normalisasi terhadap setiap atribut agar seluruh variabel memiliki rentang nilai yang seimbang. Proses normalisasi dilakukan menggunakan metode Min-Max Normalization sehingga atribut dengan skala nilai yang besar tidak mendominasi proses pengelompokan.

Implementasi normalisasi dilakukan secara otomatis sebelum proses perhitungan jarak dilakukan.

3.2.3 Inisialisasi Centroid

Tahap berikutnya adalah menentukan centroid awal sebagai pusat cluster. Pada implementasi sistem ini jumlah cluster ditetapkan sebanyak tiga kelompok ($k = 3$) sesuai kebutuhan analisis pelanggan.

Ketiga centroid tersebut digunakan sebagai representasi awal kategori:

1. Cluster 1 → Tepat Waktu
2. Cluster 2 → Terlambat
3. Cluster 3 → Sering Terlambat

Nilai centroid awal dipilih dari data pelanggan yang telah dinormalisasi.

3.2.4 Perhitungan Jarak Euclidean

Setelah centroid berhasil ditentukan, sistem menghitung jarak setiap data pelanggan terhadap seluruh centroid menggunakan metode Euclidean Distance.

Perhitungan dilakukan terhadap seluruh atribut yang digunakan dalam proses clustering sehingga diperoleh nilai kedekatan masing-masing pelanggan terhadap setiap cluster.

Implementasi algoritma dilakukan menggunakan struktur perulangan (looping) sehingga setiap data pelanggan dibandingkan dengan seluruh centroid yang tersedia.

3.3 Pengujian Blackbox

Black Box Testing dilakukan dengan memberikan berbagai masukan pada setiap fitur aplikasi kemudian mengamati keluaran yang dihasilkan oleh sistem. Suatu

fungsi dinyatakan berhasil apabila keluaran yang dihasilkan sesuai dengan hasil yang diharapkan berdasarkan spesifikasi kebutuhan sistem.

Pengujian dilakukan pada sembilan fungsi utama aplikasi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.5.

Table 3.3 Hasil pengujian black box

No	Modul	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Login	Memasukkan email dan password yang benar	Sistem menampilkan dashboard	Berhasil masuk ke dashboard	Valid
2	Login	Memasukkan password yang salah	Sistem menampilkan pesan kesalahan	Pesan "Email atau Password Salah" muncul	Valid
3	Data Pelanggan	Menambahkan data pelanggan baru	Data tersimpan pada database	Data berhasil tersimpan	Valid
4	Data Pelanggan	Mengubah data pelanggan	Data berubah sesuai input	Data berhasil diperbarui	Valid
5	Data Pelanggan	Menghapus data pelanggan	Data terhapus dari database	Data berhasil dihapus	Valid
6	Data Tagihan	Menambahkan data tagihan	Tagihan tersimpan	Data berhasil tersimpan	Valid
7	Data Pembayaran	Menambahkan transaksi pembayaran	Status pembayaran berubah	Status berhasil diperbarui	Valid
8	Clustering	Menjalankan proses K-Means	Sistem menghasilkan kategori pelanggan	Hasil clustering tampil	Valid
9	Reminder	Menjalankan pengiriman reminder	Notifikasi berhasil dikirim	Reminder berhasil diproses	Valid
10	Dashboard	Membuka dashboard	Statistik tampil	Dashboard berhasil ditampilkan	Valid
11	Laporan	Mencetak laporan	File laporan berhasil dibuat	Laporan berhasil dicetak	Valid
12	Logout	Keluar dari sistem	Kembali ke halaman login	Logout berhasil	Valid

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fungsi pada aplikasi dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna serta menghasilkan keluaran (output) yang sesuai dengan tujuan pengembangan sistem. Pengujian sistem dalam penelitian ini menerapkan metode Black Box Testing. Pemilihan metode tersebut didasarkan pada kemampuannya dalam menguji kesesuaian fungsi aplikasi

melalui pemberian berbagai masukan dan pengamatan terhadap keluaran yang dihasilkan. Pengujian dilakukan tanpa menganalisis struktur internal maupun kode sumber program, sehingga fokus evaluasi diarahkan pada apakah setiap fitur sistem telah berjalan sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi yang telah ditetapkan.

Pengujian dilakukan terhadap seluruh modul utama sistem, meliputi proses autentikasi pengguna, pengelolaan data pelanggan, pengelolaan tagihan, pengelolaan pembayaran, proses klasterisasi menggunakan algoritma K-Means, pengiriman pengingat pembayaran, serta pembuatan laporan. Hasil pengujian digunakan sebagai dasar untuk mengetahui apakah seluruh fungsi telah berjalan sesuai dengan kebutuhan pengguna (user requirements).

3.4 Analisa Hasil

Implementasi algoritma K-Means Clustering berhasil mengelompokkan pelanggan berdasarkan karakteristik pembayaran menggunakan tiga atribut utama, yaitu jumlah pembayaran, total pembayaran, dan jumlah keterlambatan. Proses klasterisasi menghasilkan tiga kelompok pelanggan yang mewakili tingkat kedisiplinan pembayaran, yaitu Tepat Waktu, Terlambat, dan Sering Terlambat.

Pengelompokan tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mengidentifikasi pola perilaku pembayaran pelanggan secara otomatis. Pelanggan yang memiliki karakteristik serupa ditempatkan pada kelompok yang sama sehingga administrator tidak lagi melakukan analisis secara manual terhadap data transaksi. Dengan demikian, proses pengambilan keputusan menjadi lebih cepat, konsisten, dan berbasis data.

Selain itu, implementasi algoritma dilakukan secara terintegrasi dengan basis data sehingga setiap perubahan data pembayaran dapat diproses kembali melalui mekanisme klasterisasi tanpa memerlukan perhitungan ulang secara manual. Pendekatan ini meningkatkan efisiensi pengelolaan data dan memberikan fleksibilitas dalam melakukan pembaruan informasi pelanggan.

BAB 4

KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem informasi pengelompokan data pelanggan dan pengingat pembayaran tagihan air berhasil dirancang dan diimplementasikan dalam bentuk aplikasi berbasis web menggunakan framework Laravel dan basis data MySQL. Sistem mampu mengintegrasikan proses pengelolaan data pelanggan, data tagihan, data pembayaran, proses klasterisasi, serta pengingat pembayaran dalam satu platform yang terpusat sehingga mempermudah proses administrasi layanan.
2. Algoritma K-Means Clustering berhasil diimplementasikan untuk mengelompokkan pelanggan berdasarkan karakteristik pembayaran menggunakan tiga atribut utama, yaitu jumlah pembayaran, total pembayaran, dan jumlah keterlambatan pembayaran. Hasil proses klasterisasi menghasilkan tiga kategori pelanggan, yaitu Tepat Waktu, Terlambat, dan Sering Terlambat, sehingga memudahkan pengelola dalam mengidentifikasi perilaku pembayaran pelanggan secara otomatis.
3. Hasil klasterisasi berhasil diintegrasikan dengan modul pengingat pembayaran sehingga sistem mampu menentukan prioritas pengiriman pengingat berdasarkan kategori pelanggan. Pendekatan ini menjadikan proses penagihan lebih terarah dibandingkan mekanisme pengingat yang diterapkan secara seragam kepada seluruh pelanggan.
4. Berdasarkan hasil pengujian menggunakan metode Black Box Testing, seluruh fungsi utama sistem, meliputi autentikasi pengguna, pengelolaan data pelanggan, pengelolaan tagihan, pencatatan pembayaran, proses klasterisasi, pengiriman pengingat pembayaran, serta pembuatan laporan, telah berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah ditentukan pada tahap analisis dan perancangan.

5. Sistem yang dikembangkan mampu mendukung proses pengambilan keputusan berbasis data (data-driven decision making) melalui penyajian informasi hasil klasterisasi dalam bentuk dashboard dan laporan. Informasi tersebut dapat dimanfaatkan oleh pengelola layanan air sebagai dasar dalam menyusun strategi penagihan, meningkatkan efektivitas pelayanan administrasi, serta mendukung transformasi digital pada pengelolaan layanan air bersih.

4.2 Saran

Meskipun sistem yang dikembangkan telah mampu memenuhi kebutuhan utama dalam pengelolaan pelanggan dan pembayaran tagihan air, masih terdapat beberapa aspek yang dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya.

1. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan metode evaluasi kualitas kluster, seperti Silhouette Coefficient, Davies–Bouldin Index, atau Calinski–Harabasz Index, sehingga kualitas hasil pengelompokan dapat diukur secara kuantitatif.
2. Implementasi algoritma dapat diperluas dengan membandingkan performa K-Means Clustering terhadap algoritma klasterisasi lainnya, seperti K-Medoids, DBSCAN, Hierarchical Clustering, atau Fuzzy C-Means, untuk mengetahui metode yang paling sesuai dengan karakteristik data pelanggan.
3. Modul pengingat pembayaran dapat dikembangkan dengan mengintegrasikan layanan notifikasi secara otomatis melalui WhatsApp Gateway, Telegram Bot, SMS Gateway, atau Email Notification, sehingga penyampaian informasi kepada pelanggan menjadi lebih efektif dan real-time.
4. Sistem dapat dilengkapi dengan fitur analisis prediktif menggunakan teknik Machine Learning untuk memprediksi potensi keterlambatan pembayaran pelanggan berdasarkan riwayat transaksi dan pola pembayaran sebelumnya.

5. Pengembangan selanjutnya juga dapat diarahkan pada implementasi aplikasi berbasis mobile (Android atau iOS) agar administrator maupun pelanggan dapat mengakses informasi pembayaran dan pengingat kapan saja melalui perangkat bergerak.
6. Untuk meningkatkan keamanan data, sistem dapat dilengkapi dengan mekanisme Role-Based Access Control (RBAC), pencatatan aktivitas pengguna (audit trail), serta enkripsi data sensitif sehingga keamanan dan integritas informasi pelanggan dapat lebih terjamin.
7. Dari sisi implementasi operasional, sistem perlu diuji pada jumlah data pelanggan yang lebih besar dan pada lebih dari satu unit penyedia layanan air. Pengujian tersebut akan memberikan gambaran mengenai skalabilitas sistem, performa algoritma, serta kemampuan aplikasi dalam mendukung kebutuhan organisasi dengan karakteristik data yang beragam.



DAFTAR PUSTAKA

- [1.] J. J. P. Latupeirissa, N. L. Y. Dewi, I. K. R. Prayana, M. B. Srikandi, S. A. Ramadiansyah, and I. B. G. A. Y. Pramana, "Transforming public service delivery: A comprehensive review of digitization initiatives," *Sustainability*, vol. 16, no. 7, p. 2818, Mar. 2024, doi: 10.3390/su16072818.
- [2.] H. Hamid and T. Y. Hadiwandra, "Web-based customer service information system at the Taluk Kuantan PAB UPTD," *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 21, no. 1, 2023.
- [3.] A. H. Akbar, H. Wijayanto, I. W. A. Arimbawa, and V. A. Permadi, "K-Means-based customer segmentation with domain-specific feature engineering for water payment arrears management," *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, vol. 25, no. 1, pp. 39–52, Nov. 2025, doi: 10.30812/matrik.v25i1.5186.
- [4.] S. C. D. Akbar, S. Defit, and B. Hendrik, "Segmentasi tunggakan pelanggan menggunakan algoritma K-Means Cluster pada perusahaan air minum daerah," *Jurnal Pustaka AI (Pusat Akses Kajian Teknologi Artificial Intelligence)*, vol. 5, no. 2, pp. 349–355, Aug. 2025, doi: 10.55382/jurnalpustakaai.v5i2.1215.
- [5.] D. A. Awaliyah, B. Prasetyo, R. Muzayanah, and A. D. Lestari, "Optimizing customer segmentation in online retail transactions through the implementation of the K-Means clustering algorithm," *Scientific Journal of Informatics*, vol. 11, no. 2, pp. 539–548, Jun. 2024, doi: 10.15294/sji.v11i2.6137.
- [6.] R. Martiansah, S. Monalisa, F. Muttakin, and M. Fronita, "Customer segmentation analysis through RFM-D model and K-Means algorithm," *Jurnal Sistem Cerdas*, vol. 8, no. 1, 2025, doi: 10.37396/jsc.v8i1.504.
- [7.] I. Y. Passolving, P. R. Ali, M. A. Kartawidjaja, and R. Sukwadi, "Segmentasi pelanggan menggunakan K-Means clustering: Menganalisis metrik RFM untuk strategi pemasaran," *Jurnal Media Teknik dan Sistem Industri*, vol. 9, no. 1, 2024, doi: 10.35194/jmtsi.v9i1.4452.
- [8.] Y. Syahra, A. Fadlil, and H. Yuliansyah, "Customer segmentation using RFM and K-Means clustering to support CRM in retail industry," *Sinkron: Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika*, vol. 9, no. 3, 2024, doi: 10.33395/sinkron.v9i3.14907.
- [9.] V. V. D. Oktavian, R. Ramadhan, and D. R. Fadhillah, "Segmentasi pelanggan berbasis RFM dengan algoritma K-Means pada data transaksi online retail," *Jurnal Riset Informatika dan Teknologi Informasi*, vol. 2, no. 3, 2025, doi: 10.58776/jriti.v2i3.156.
- [10.] D. F. Suntoro, N. Fitriani, and A. Wibowo, "Revenue segmentation from payment aggregator using K-Means classterization method," *J-Icon: Jurnal Komputer dan Informatika*, vol. 13, no. 1, 2025, doi: 10.35508/jicon.v13i1.12691.
- [11.] A. Sundari, I. S. Putra, and N. Sibuea, "Application of the RFM model and K-Means clustering for customer segmentation in e-wallet top-up services," *Infomatek*, vol. 28, no. 1, 2026, doi: 10.23969/infomatek.v28i1.42246.
- [12.] A. Ranjan and S. Srivastava, "Customer segmentation using machine learning: A literature review," in *Proc. AIP Conf.*, vol. 2481, no. 1, p. 020036, 2022, doi: 10.1063/5.0103946.
- [13.] Y. Li, X. Chu, D. Tian, J. Feng, and W. Mu, "Customer segmentation using K-means clustering and the adaptive particle swarm optimization algorithm," *Applied Soft Computing*, vol. 113, p. 107924, 2021, doi: 10.1016/j.asoc.2021.107924.

- [14.] K. Tabianan, S. Velu, and V. Ravi, “K-Means clustering approach for intelligent customer segmentation using customer purchase behavior data,” *Sustainability*, vol. 14, no. 12, p. 7243, 2022, doi: 10.3390/su14127243.
- [15.] J. Salminen, M. Mustak, M. Sufyan, and B. J. Jansen, “How can algorithms help in segmenting users and customers? A systematic review and research agenda for algorithmic customer segmentation,” *Journal of Interactive Marketing*, vol. 11, no. 4, pp. 677–692, 2023, doi: 10.1057/s41270-023-00235-5.

