Sistem Informasi Peminjaman Aset dengan Analisis Perilaku Peminjam Menggunakan *K-means Clustering*

Tugas Akhir

Disusun Oleh:

Fransiskus Zedekia Situmorang

4342211010

Disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak

PROGRAM STUDI

TEKNOLOGI REKAYASA PERANGKAT LUNAK

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA

POLITEKNIK NEGERI BATAM

2026

HALAMAN PENGESAHAN

Sistem Informasi Peminjaman Aset dengan Analisis Perilaku Peminjam Menggunakan *K-means Clustering*

Disusun Oleh:

Fransiskus Zedekia Situmorang

4342211010

Telah diuji dan dipertahankan di depan Tim Penguji

dalam Sidang Tugas Akhir

pada tanggal 06 Oktober 2026 dan dinyatakan

LULUS

Batam, 11 Oktober 2026

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing



Sukma Evadini, S.T., M.Kom.
NIP. 199505162025062006

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir yang berjudul "Sistem Informasi Peminjaman Aset dengan Analisis Perilaku Peminjam Menggunakan *K-means Clustering*" ini dengan baik dan lancar.

Dalam proses penyusunan proposal tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, arahan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Sukma Evadini, S.T., M.Kom selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan proposal tugas akhir ini.
2. Seluruh dosen Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak Politeknik Negeri Batam yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan selama masa perkuliahan.
3. Pihak Batam Pos yang telah memberikan izin dan kesempatan kepada penulis untuk melakukan observasi dan pengumpulan data yang diperlukan dalam penelitian ini.
4. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, dan semangat yang tiada hentinya kepada penulis.
5. Seluruh rekan mahasiswa Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak yang telah memberikan dukungan dan semangat selama proses penyusunan proposal tugas akhir ini.

Proposal tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak Politeknik Negeri Batam. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem manajemen inventaris berbasis web yang mampu mendigitalisasi pengelolaan aset di Batam Pos dengan mengintegrasikan Analisis Perilaku Peminjam Menggunakan *K-means Clustering*.

Penulis berharap proposal tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak, khususnya bagi Batam Pos dalam meningkatkan efisiensi dan akuntabilitas pengelolaan aset, serta bagi dunia akademik sebagai referensi penelitian di bidang sistem informasi manajemen aset. Penulis juga berharap sistem yang akan dikembangkan nantinya dapat benar-benar diimplementasikan dan memberikan dampak positif secara nyata.

Penulis menyadari bahwa proposal tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi perbaikan dan penyempurnaan proposal maupun penelitian ini ke depannya.

Batam, 25 September 2026

Penulis

(Fransiskus Zedekia Situmorang)

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ii
DAFTAR ISI iv
DAFTAR TABEL vii
DAFTAR GAMBAR viii
DAFTAR LAMPIRAN ix
ABSTRAK x
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Tujuan Penelitian 3
1.4. Batasan Masalah 4
1.5. Manfaat Penelitian 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1. Penelitian Terkait 7
2.2. Landasan Teori 13
2.2.1. Sistem Informasi Manajemen Aset 13
2.2.2. Sistem Peminjaman Aset Berbasis Web 14
2.2.3. Profil Batam Pos 14
2.2.4. K-means Clustering 15
2.2.5. Elbow Method 16
2.2.6. Silhouette Score 17
2.2.7. Segmentasi Perilaku Peminjam 17
2.2.8. Data Mining 18
2.2.9. Framework Laravel 20
2.2.10. MySQL 21
2.2.11. Metode Prototype 21
2.2.12. Black Box Testing 21
2.2.13. User Acceptance Testing (UAT) 21
2.3. Metode Pengembangan Produk 22
2.4. Metode Analisis/Riset yang Digunakan 23

2.4.1. Observasi 23
2.4.2. Wawancara 23
2.4.3. Analisis Data Transaksi Peminjaman 24
2.4.4. Implementasi dan Evaluasi Algoritma *K-means* 24
2.4.5. Pemodelan Sistem dengan UML 24
2.4.6. Pengujian Sistem 24
BAB III METODOLOGI 25
3.1. Alat dan Bahan 25
3.1.1 Alat 25
3.1.2 Bahan 26
3.2. Jalannya Penelitian 27
3.3. Tahapan Pengembangan Aplikasi 30
3.4. Rencana Perancangan Sistem 33
3.4.1 Gambaran Umum Sistem 33
3.4.2 Kebutuhan Fungsional 35
3.4.3 Kebutuhan Non Fungsional 36
3.4.4 Diagram Use Case 37
3.4.5 Activity Diagram 40
3.4.6 ER Diagram 44
3.4.7 Desain Antarmuka (Wireframe) 47
3.5. Rencana Analisis 51
3.5.1. Analisis Kualitas Sistem (Black Box Testing) 51
3.5.2. Analisis Penerimaan Pengguna (UAT) 53
3.5.3. Analisis Akurasi dan Kualitas *Clustering K-means* 55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 61
4.1. Hasil Implementasi 62
4.1.1. Implementasi Basis Data dan Arsitektur Sistem 62
4.1.2. Implementasi Antarmuka Sistem 62
4.1.3. Implementasi Algoritma *K-means Clustering* 76
4.2. Hasil Analisis 77
4.2.1. Analisis Kualitas Sistem (Black Box Testing) 78
4.2.2. Analisis Penerimaan Pengguna (User Acceptance Testing) 85
4.2.3. Analisis Akurasi dan Kualitas *Clustering K-means* 89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 95

5.1. Kesimpulan 95
5.2. Saran 96
DAFTAR PUSTAKA 100
DAFTAR LAMPIRAN 102

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu 11
Tabel 3. 1 Skenario Use Case UC-04 (Melihat Profil Cluster Peminjam) 39
Tabel 3. 2 Format Tabel Skenario Pengujian Black Box Testing..... 52
Tabel 3. 3 Skala Interpretasi Hasil UAT..... 55
Tabel 3. 4 Ringkasan Target Indikator Akurasi dan Kualitas *Clustering*..... 58
Tabel 4. 1 Jadwal Kegiatan Penelitian..... 61
Tabel 4. 2 Hasil Validasi Awal Algoritma K-means Clustering..... 77
Tabel 4. 3 BlackBox Testing..... 78
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Hasil Black Box Testing per Kebutuhan Fungsional..... 84
Tabel 4. 5 Hasil User Acceptance Testing (UAT)..... 87
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Silhouette Score per Nilai K..... 89
Tabel 4. 7 Distribusi Hasil Clustering Perilaku Peminjam..... 90
Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran Indikator Akurasi Clustering..... 90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Alur Jalannya Penelitian..... 28
Gambar 3. 2 Tahapan Metode Prototype 31
Gambar 3. 3 Gambaran Umum Sistem 34
Gambar 3. 4 Diagram Use Case Sistem Informasi Peminjaman Aset 38
Gambar 3. 5 Activity Diagram Proses Pengajuan dan Persetujuan Peminjaman Aset 41
Gambar 3. 6 Activity Diagram Proses Analisis *K-means Clustering* 43
Gambar 3. 7 ER Diagram Sistem Informasi Peminjaman Aset 45
Gambar 3. 8 Wireframe Halaman Login..... 48
Gambar 3. 9 Wireframe Dashboard Admin Aset..... 49
Gambar 3. 10 Wireframe Halaman Approval dengan Tampilan Profil Cluster Peminjam 50
Gambar 3. 11 Wireframe Halaman Pengajuan Peminjaman 51
Gambar 4. 1 Antarmuka Halaman Login..... 63
Gambar 4. 2 Antarmuka Dashboard Admin Aset 64
Gambar 4. 3 Antarmuka Halaman Manajemen Data Aset..... 64
Gambar 4. 4 Antarmuka Modal Tambah Aset Baru 65
Gambar 4. 5 Antarmuka Halaman Konfirmasi Pengambilan dan Pengembalian Aset 66
Gambar 4. 6 Antarmuka Formulir Konfirmasi Pengembalian Aset 66
Gambar 4. 7 Antarmuka Halaman Notifikasi Admin Aset..... 67
Gambar 4. 8 Antarmuka Halaman Analisis K-means Clustering 68
Gambar 4. 9 Antar muka rincian hitungan F1-F5..... 69
Gambar 4. 10 Antarmuka Halaman Laporan Admin Aset..... 70
Gambar 4. 11 Antarmuka Dashboard HR / Kepala Divisi..... 70
Gambar 4. 12 Antarmuka Halaman Approval - Daftar Permintaan..... 71
Gambar 4. 13 Antarmuka Halaman Approval - Detail dan Profil Cluster Peminjam 72
Gambar 4. 14 Antarmuka Halaman Riwayat Peminjaman HR..... 73
Gambar 4. 15 Antarmuka Dashboard Karyawan 74
Gambar 4. 16 Antarmuka Halaman Ajukan Permintaan Peminjaman Aset 75
Gambar 4. 17 Antarmuka Halaman Status Peminjaman Karyawan 75
Gambar 4. 18 Antarmuka Halaman Riwayat Peminjaman Karyawan..... 76
Gambar 4. 19 Antarmuka Halaman Notifikasi Karyawan..... 76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A.Sampel data penelitian 102
Lampiran B.Dokumentasi 104
Lampiran C. Dataset untuk melatih dan menguji Clustering 105
Lampiran D. PROSES PERHITUNGAN K-MEANS CLUSTERING 106
Lampiran E.Bukti cek plagiarisme 114

ABSTRAK

Batam Pos, sebuah perusahaan media regional, telah mengelola pinjaman aset operasionalnya (kamera, laptop, kendaraan, dan peralatan lainnya) menggunakan proses manual, kertas, dan spreadsheet. Pendekatan ini menyebabkan pencatatan yang buruk, pengembalian yang tertunggak berulang, dan keputusan persetujuan yang dibuat tanpa referensi historis terhadap perilaku masa lalu peminjam. Studi ini merancang dan mengembangkan sistem informasi pinjaman aset berbasis web yang mengintegrasikan analisis perilaku peminjam menggunakan algoritma K-Means Clustering. Lima variabel perilaku diambil dari riwayat transaksi: frekuensi pinjaman (F1), durasi pinjaman rata-rata (F2), tingkat keterlambatan pengembalian (F3), keberagaman kategori aset (F4), dan total nilai aset pinjaman (F5). Sistem ini dibangun dengan kerangka kerja Laravel dan basis data MySQL, sementara komputasi klaster diimplementasikan dalam Python (scikit-learn) dan diekspos sebagai API REST Flask yang dikonsumsi oleh Laravel. Metode Siku dan Skor Siluet digunakan untuk mengevaluasi jumlah klaster yang optimal, menghasilkan tiga segmen peminjam: Aktif dan Disiplin, Kasual, dan Berisiko, yang divisualisasikan di dasbor SDM sebagai dukungan keputusan selama proses persetujuan pinjaman.Pengujian kotak hitam pada 37 skenario yang mencakup 12 persyaratan fungsional mencapai tingkat keberhasilan 100%. Pengujian Penerimaan Pengguna yang melibatkan 15 responden menghasilkan skor penerimaan keseluruhan sebesar 88,0% (kategori yang sangat baik). Evaluasi klaster menunjukkan akurasi klasifikasi 100% dan Indeks Davies-Bouldin sebesar 0,8714, keduanya memenuhi target mereka, sementara Skor Siluet mencapai 37,2%, di bawah target 50%, menunjukkan bahwa pemisahan klaster masih dipengaruhi oleh ukuran dataset peminjam yang terbatas (14 peminjam). Validasi kualitatif dengan administrator aset dan staf SDM menunjukkan bahwa 83,3% setuju bahwa label klaster yang dihasilkan mencerminkan perilaku aktual peminjam. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem telah berhasil diimplementasikan dan diterima dengan baik oleh pengguna, meskipun kualitas klasterisasi masih dapat ditingkatkan seiring bertambahnya data transaksi seiring waktu.

Kata Kunci: Analisis Perilaku Peminjam, *K-Means Clustering*, Pendukung Keputusan, Segmentasi Peminjam, Sistem Informasi Peminjaman Aset

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengelolaan aset merupakan salah satu aspek operasional yang sangat penting bagi perusahaan, termasuk perusahaan media. Aset operasional seperti kamera profesional, laptop, mikrofon, tripod, dan peralatan liputan lainnya merupakan tulang punggung kegiatan produksi berita yang dilakukan setiap harinya. Ketika pengelolaan aset tidak dilakukan dengan baik, dampaknya langsung terasa pada efisiensi operasional dan kualitas output perusahaan.

Batam Pos merupakan salah satu perusahaan media cetak dan digital terkemuka di Kota Batam yang memiliki lebih dari 50 aset operasional. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang dilakukan langsung di Batam Pos, ditemukan bahwa sistem pencatatan peminjaman aset yang berjalan saat ini masih dilakukan secara manual menggunakan Microsoft Excel. Kondisi ini menimbulkan sejumlah kendala nyata dalam operasional sehari-hari.

Kendala pertama adalah tidak adanya riwayat peminjaman yang terstruktur. Pencatatan manual di Excel tidak mampu melacak siapa yang meminjam aset, kapan dipinjam, dan kapan dikembalikan secara akurat dan real-time. Hal ini telah terbukti menimbulkan kejadian nyata di mana kamera pernah sulit ditemukan karena tidak ada catatan yang menunjukkan siapa pengguna terakhirnya. Kendala kedua adalah tidak adanya mekanisme persetujuan peminjaman yang jelas, sehingga aset bernilai tinggi seperti kamera profesional dapat dipinjam tanpa melalui proses otorisasi yang terstruktur dari pihak yang berwenang.

Kendala ketiga adalah tidak adanya notifikasi otomatis ketika batas waktu pengembalian aset telah terlewati, sehingga keterlambatan pengembalian aset sering terjadi tanpa ada tindak lanjut yang tepat waktu. Kendala keempat adalah tidak adanya sistem yang mampu memantau dan menganalisis pola perilaku peminjam secara keseluruhan. Pihak yang berwenang memberikan persetujuan,

seperti bagian HR atau kepala divisi, tidak memiliki informasi yang memadai mengenai rekam jejak peminjaman setiap karyawan sebelum memutuskan apakah suatu permintaan peminjaman layak disetujui atau tidak.

Ketiadaan informasi mengenai perilaku peminjam menjadi celah yang signifikan dalam pengelolaan aset. Seorang peminjam yang memiliki riwayat sering terlambat mengembalikan aset atau meminjam aset dalam jumlah besar secara bersamaan seharusnya mendapat pengawasan yang berbeda dibandingkan peminjam yang selalu disiplin. Namun tanpa sistem analisis yang memadai, seluruh peminjam diperlakukan dengan cara yang sama tanpa mempertimbangkan rekam jejak masing-masing individu.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan Sistem Informasi Peminjaman Aset dengan Analisis Perilaku Peminjam Menggunakan *K-means Clustering* pada Batam Pos. Sistem ini tidak hanya mendigitalisasi proses pencatatan dan peminjaman aset, tetapi juga mengintegrasikan algoritma *K-means Clustering* untuk menganalisis perilaku peminjam berdasarkan lima variabel utama, yaitu frekuensi peminjaman (F1), rata-rata durasi peminjaman (F2), tingkat keterlambatan (F3), variasi jenis aset yang dipinjam (F4), dan total nilai aset yang dipinjam (F5). Hasil *clustering* akan mengkategorikan setiap peminjam ke dalam tiga kelompok, yaitu Peminjam Aktif dan Disiplin, Peminjam Kasual, dan Peminjam Berisiko.

Informasi hasil *clustering* ini akan ditampilkan secara visual di sisi HR atau kepala divisi pada saat proses approval peminjaman berlangsung, sehingga keputusan persetujuan dapat diambil dengan lebih objektif dan berbasis data. Dengan demikian, sistem ini diharapkan mampu meningkatkan akuntabilitas pengelolaan aset sekaligus mendukung pengambilan keputusan yang lebih cerdas di Batam Pos.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem informasi peminjaman aset berbasis web yang mampu menggantikan pencatatan manual berbasis Excel di Batam Pos?
2. Bagaimana mengimplementasikan algoritma *K-means Clustering* untuk menganalisis perilaku peminjam berdasarkan variabel frekuensi peminjaman, rata-rata durasi peminjaman, tingkat keterlambatan, variasi jenis aset, dan total nilai aset yang dipinjam?
3. Bagaimana menentukan jumlah cluster optimal menggunakan *Elbow Method* atau *Silhouette Score* untuk menghasilkan segmentasi peminjam yang tepat?
4. Bagaimana menampilkan hasil analisis perilaku peminjam secara visual kepada pihak HR atau kepala divisi sebagai pendukung keputusan dalam proses approval peminjaman aset?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem informasi peminjaman aset berbasis web menggunakan *framework* Laravel dan database MySQL untuk mendigitalisasi pengelolaan peminjaman aset di Batam Pos.
2. Mengimplementasikan algoritma *K-means Clustering* untuk menganalisis dan mengklasifikasikan perilaku peminjam berdasarkan lima variabel utama: frekuensi peminjaman (F1), rata-rata durasi peminjaman (F2), tingkat keterlambatan (F3), variasi jenis aset (F4), dan total nilai aset yang dipinjam (F5).
3. Menentukan jumlah cluster optimal menggunakan *Elbow Method* atau *Silhouette Score* untuk menghasilkan tiga segmentasi peminjam yaitu Peminjam Aktif dan Disiplin, Peminjam Kasual, dan Peminjam Berisiko.
4. Menampilkan hasil analisis perilaku peminjam secara visual di dashboard HR atau kepala divisi sebagai informasi pendukung keputusan dalam proses approval peminjaman aset.

1.4. Batasan Masalah

Agar penelitian ini tetap terfokus dan dapat diselesaikan dalam waktu yang telah ditentukan, ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem yang dikembangkan merupakan aplikasi berbasis web yang dibangun menggunakan *framework* Laravel dan database MySQL.
2. Objek penelitian dibatasi pada aset operasional Batam Pos yang berjumlah lebih dari 50 unit, mencakup peralatan liputan seperti kamera, mikrofon, dan tripod, serta perangkat kantor seperti laptop dan komputer.
3. Analisis perilaku peminjam menggunakan algoritma *K-means Clustering* dengan lima variabel input yaitu frekuensi peminjaman (F1), rata-rata durasi peminjaman (F2), tingkat keterlambatan pengembalian (F3), variasi jenis aset yang dipinjam (F4), dan total nilai aset yang dipinjam (F5).
4. Jumlah cluster yang dihasilkan ditetapkan sebanyak tiga cluster yaitu Peminjam Aktif dan Disiplin (Cluster A), Peminjam Kasual (Cluster B), dan Peminjam Berisiko (Cluster C).
5. Penentuan jumlah cluster optimal menggunakan *Elbow Method* atau *Silhouette Score.*
6. Hasil *clustering* ditampilkan sebagai informasi pendukung keputusan bagi HR atau kepala divisi dan tidak secara otomatis menolak atau menyetujui permintaan peminjaman.
7. Sistem tidak mencakup integrasi dengan sistem keuangan atau akuntansi aset tetap perusahaan.
8. Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah metode Prototype.
9. Pengujian sistem menggunakan metode *Black Box Testing* dan *User Acceptance Testing* (UAT) yang melibatkan pengguna dari pihak Batam Pos.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi beberapa pihak, antara lain:

1. Manfaat Teoritis

a. Menambah referensi karya ilmiah dalam bidang penerapan algoritma *K-means Clustering* untuk analisis perilaku pengguna pada sistem informasi manajemen aset.
b. Memberikan kontribusi pada pengembangan sistem informasi berbasis kecerdasan buatan yang dapat digunakan sebagai pendukung pengambilan keputusan di lingkungan perusahaan media lokal.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Batam Pos

1. Menggantikan sistem pencatatan peminjaman manual berbasis Excel dengan sistem digital yang lebih akurat, efisien, dan dapat diakses secara real-time.
2. Memberikan informasi analisis perilaku peminjam berbasis data kepada HR atau kepala divisi sebagai pendukung keputusan dalam proses approval peminjaman aset.
3. Membantu mengidentifikasi peminjam yang berisiko tinggi sehingga dapat diberikan pengawasan ekstra dan mencegah kerugian akibat keterlambatan atau kehilangan aset.
4. Meningkatkan akuntabilitas dan transparansi dalam proses peminjaman aset di lingkungan perusahaan.

b. Bagi Peneliti

1. Mengaplikasikan ilmu Teknologi Rekayasa Perangkat Lunak dalam pengembangan sistem informasi yang mengintegrasikan algoritma machine learning secara nyata.
2. Memperoleh pengalaman langsung dalam mengimplementasikan *K-means Clustering* sebagai komponen kecerdasan pada sistem informasi berbasis web.

c. Bagi Institusi Pendidikan

1. Menambah referensi karya ilmiah di bidang sistem informasi manajemen aset yang mengintegrasikan teknik *clustering* untuk analisis perilaku pengguna.
2. Memperkuat hubungan kerjasama antara Politeknik Negeri Batam dengan dunia industri, khususnya sektor media di Kota Batam.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkan penelitian terkait, landasan teori, metode pengembangan sistem, dan metode analisis yang digunakan sebagai dasar pengembangan Sistem Informasi Peminjaman Aset dengan Analisis Perilaku Peminjam Menggunakan *K-means Clustering* pada Batam Pos.

2.1. Penelitian Terkait

Berikut ini adalah beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian ini, beserta perbandingan dan identifikasi celah (gap) terhadap penelitian yang akan dilakukan. Penelitian terkait dikelompokkan menjadi dua bidang utama, yaitu penelitian di bidang sistem informasi peminjaman dan pengelolaan aset, serta penelitian di bidang *K-means Clustering* untuk analisis perilaku.

Penelitian pertama dilakukan oleh S., Hadikristanto, W., dan Kurniadi, N. T. (2023) berjudul "Implementasi Pengembangan Aplikasi Sistem Manajemen Aset Berbasis Web Menggunakan Metode Waterfall Untuk Mengoptimalkan Penggunaan Aset Pada PT.Hutama Karya (Persero)". Penelitian ini mengembangkan sistem manajemen aset berbasis web menggunakan CodeIgniter untuk menggantikan pencatatan manual berbasis Excel di perusahaan. Sistem berhasil meningkatkan efisiensi pencatatan aset secara signifikan. Namun, penelitian ini tidak mencakup sistem peminjaman aset digital dan tidak memiliki fitur analisis perilaku pengguna berbasis data sehingga tidak dapat memberikan informasi pendukung keputusan bagi pengambil kebijakan.[1]

Penelitian kedua dilakukan oleh Abairahman, M. B. dan Rosyid, H. (2025) berjudul "Perancangan dan Implementasi Sistem Peminjaman Barang Berbasis Web pada PT. Gresik Migas". Penelitian ini membangun sistem peminjaman barang berbasis web dengan fitur verifikasi, persetujuan, notifikasi otomatis, dan pelacakan real-time. Namun, sistem yang dikembangkan hanya memiliki satu level approval dan tidak mengintegrasikan analisis perilaku peminjam, sehingga

keputusan persetujuan sepenuhnya bergantung pada penilaian subjektif approver tanpa dukungan data historis.[2]

Penelitian ketiga dilakukan oleh Qurrotu Ainii, Munir, dan Ani Anisyah (2025) berjudul "Rancang Bangun Sistem Pengelolaan Peminjaman Aset Dengan Pendekatan Asset Lifecycle Management". Penelitian ini membangun sistem pengelolaan peminjaman aset berbasis web dengan pendekatan Asset Lifecycle Management. Namun, pendekatan ALM tidak mengklasifikasikan perilaku peminjam berdasarkan data historis transaksi sehingga tidak menghasilkan segmentasi peminjam yang berguna bagi pengambil keputusan dalam proses approval.[3]

Penelitian keempat dilakukan oleh Naibaho, S., Maulani, M. R., dan Hamidin, D. (2024) berjudul "Rancang Bangun Sistem Manajemen Informasi Aset Menggunakan Laravel". Penelitian ini membangun sistem manajemen aset menggunakan framework Laravel dengan fitur pencatatan data aset, manajemen pengguna, dan pelaporan. Penggunaan Laravel terbukti mempercepat proses pengembangan. Namun, penelitian ini tidak mencakup sistem peminjaman aset, tidak ada analisis perilaku pengguna, tidak mengimplementasikan algoritma kecerdasan buatan apapun untuk mendukung pengambilan keputusan dalam proses pengelolaan aset, dan tidak ada mekanisme approval berbasis data historis.[4]

Penelitian kelima dilakukan oleh Alhamdani, F. D. S., Dianti, A. A., dan Azhar, Y. (2021) berjudul "Segmentasi Pelanggan Berdasarkan Perilaku Penggunaan Kartu Kredit Menggunakan Metode *K-means Clustering*". Penelitian ini membuktikan bahwa *K-means Clustering* mampu mengklasifikasikan pengguna berdasarkan pola perilaku transaksi menjadi beberapa segmen yang bermakna menggunakan 18 variabel karakteristik dan menghasilkan 3 cluster optimal. Namun, penelitian ini berfokus pada segmentasi pelanggan perbankan.tidak diintegrasikan ke dalam sistem informasi operasional sebagai pendukung keputusan secara langsung.tidak dikaitkan langsung dengan sistem peminjaman aset maupun proses persetujuan administratif secara real-time.[5]

Penelitian keenam dilakukan oleh Nugraha, D. S., Thoib, I., Sururi, N., Bayu F, F., dan Candra, B. P. (2025) berjudul "Segmentasi Pelanggan Berbasis Analisis RFM Menggunakan Algoritma *K-means Clustering*". Penelitian ini menggunakan variabel Recency, Frequency, dan Monetary (RFM) sebagai dasar segmentasi pelanggan menggunakan *K-means* dan menghasilkan gambaran perilaku yang dapat dijadikan dasar strategi bisnis. Namun, variabel RFM yang digunakan bersifat finansial murni dan tidak dapat langsung diadaptasi untuk konteks peminjaman aset operasional perusahaan yang membutuhkan variabel seperti durasi peminjaman dan tingkat keterlambatan.[6]

Penelitian ketujuh dilakukan oleh Wicaksono, A. P., Widjaja, S., Nugroho, M. F., dan Putri, C. P. (2024) berjudul "*Elbow and Silhouette Methods for K Value Analysis of Ticket Sales Grouping on K-means*". Penelitian ini membuktikan efektivitas penggunaan Elbow Method dan Silhouette Score secara bersamaan untuk menentukan jumlah cluster optimal pada algoritma *K-means*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi kedua metode evaluasi tersebut menghasilkan penentuan cluster yang lebih akurat dibandingkan menggunakan satu metode saja. Penelitian ini menjadi acuan utama dalam penentuan jumlah cluster optimal pada penelitian ini.[7]

Penelitian kedelapan dilakukan oleh Vania, P. dan Sari, B. N. (2023) berjudul "Perbandingan Metode Elbow dan Silhouette untuk Penentuan Jumlah Klaster yang Optimal pada *Clustering* Produksi Padi menggunakan Algoritma *K-means*". Penelitian ini membandingkan secara langsung Elbow Method dan Silhouette Coefficient dalam menentukan jumlah cluster optimal pada data multivariabel. Penelitian ini menyimpulkan bahwa masing-masing metode memiliki keunggulan pada kondisi data yang berbeda, dan menyimpulkan bahwa Silhouette Coefficient lebih unggul secara evaluasi statistik. Penelitian ini memberikan landasan yang kuat dalam pemilihan dan penggunaan metode evaluasi cluster dalam penelitian ini.[8]

Penelitian kesembilan dilakukan oleh Juanita, S. dan Cahyono, R. D. (2024) berjudul "*K-means Clustering* With Comparison Of Elbow And Silhouette Methods For Medicines *Clustering* Based On User Reviews". Penelitian ini

mengimplementasikan *K-means Clustering* untuk mengelompokkan data berdasarkan pola perilaku pengguna dengan membandingkan Elbow Method dan Silhouette dalam menentukan jumlah cluster optimal. Hasilnya membuktikan bahwa pendekatan *clustering* pada data perilaku pengguna menghasilkan pengelompokan yang bermakna dan dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan yang lebih baik.[9]

Penelitian kesepuluh dilakukan oleh Siagian, R., Sirait, P., dan Halim, A. (2022) berjudul "Penerapan Algoritma *K-means* dan K-Medoids untuk Segmentasi Pelanggan pada Data Transaksi E-Commerce". Penelitian ini membandingkan *K-means* dan K-Medoids dalam melakukan segmentasi berdasarkan data transaksi dan membuktikan bahwa *K-means* menghasilkan cluster yang lebih efisien untuk dataset berukuran sedang. Hasil segmentasi terbukti berguna sebagai dasar strategi manajemen berbasis data, memperkuat pemilihan *K-means* sebagai algoritma *clustering* dalam penelitian ini.[10]

Penelitian kesebelas dilakukan oleh Rosiana, L. dan Yuadi, I. (2025) berjudul "*K-means Clustering* untuk Analisis Tren Peminjaman Buku di Perpustakaan". Penelitian ini menerapkan algoritma *K-means Clustering* untuk menganalisis tren peminjaman buku berdasarkan variabel frekuensi peminjaman, kategori buku, dan waktu peminjaman, menghasilkan segmentasi yang bermanfaat bagi pengelolaan koleksi dan strategi promosi perpustakaan. Penelitian ini membuktikan bahwa pendekatan *clustering* berbasis data historis peminjaman efektif digunakan untuk mengenali pola perilaku peminjam pada domain non-finansial. Namun, penelitian ini diterapkan pada konteks peminjaman buku perpustakaan dengan variabel yang lebih sederhana, tidak mencakup variabel keterlambatan maupun nilai aset, dan hasil *clustering* tidak diintegrasikan ke dalam sistem pendukung keputusan approval secara real-time.[11]

Penelitian kedua belas dilakukan oleh Putra, Y. K., Hidayat, M. A. J., Fakhrurrozi, I., dan Nurhidayati (2026) berjudul "Pengembangan Sistem Informasi Inventaris dan Peminjaman Barang Berbasis Web untuk Meningkatkan Efisiensi dan Transparansi Pengelolaan Aset Desa". Penelitian ini membangun sistem informasi inventaris dan peminjaman barang berbasis web dengan fitur

pencatatan transaksi, proses approval, dan pembuatan laporan otomatis, yang berhasil menggantikan pencatatan manual dan memperoleh tingkat kepuasan pengguna sebesar 79,46% berdasarkan pengujian *Customer Satisfaction Index (CSI)*. Penelitian ini memperkuat urgensi digitalisasi pencatatan peminjaman aset sebagaimana menjadi latar belakang penelitian ini. Namun, sistem yang dikembangkan hanya berfokus pada pencatatan dan proses approval administratif, tanpa dilengkapi analisis perilaku peminjam berbasis data historis sebagai pendukung keputusan bagi pihak yang memberikan persetujuan.[12]

Berdasarkan kajian terhadap dua belas penelitian di atas, ditemukan bahwa terdapat celah penelitian (research gap) yang belum terjawab. Penelitian-penelitian di bidang sistem peminjaman aset (Hadikristanto & Kurniadi, 2023; Abairahman & Rosyid, 2025; Qurrotu Ainii dkk., 2025; Naibaho dkk., 2024; Putra dkk., 2026) belum mengintegrasikan analisis perilaku peminjam berbasis data ke dalam alur persetujuan peminjaman. Di sisi lain, penelitian-penelitian yang menggunakan *K-means Clustering* (Alhamdani dkk., 2021; Nugraha dkk., 2025; Juanita & Cahyono, 2024; Rosiana & Yuadi, 2025) tidak diterapkan dalam konteks sistem peminjaman aset operasional perusahaan yang membutuhkan variabel durasi peminjaman, tingkat keterlambatan, dan nilai aset sebagai dasar pengawasan risiko. Bahkan penelitian yang paling mendekati irisan kedua bidang tersebut, yaitu Rosiana dan Yuadi (2025) yang menerapkan *K-means* pada data peminjaman buku, masih belum mengintegrasikan hasil *clustering* ke dalam sistem pendukung keputusan approval secara real-time. Penelitian ini hadir untuk menjawab celah tersebut dengan mengintegrasikan *K-means Clustering* secara langsung ke dalam sistem informasi peminjaman aset sebagai alat pendukung keputusan yang ditampilkan secara visual kepada pihak HR pada saat proses approval berlangsung.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti/ Tahun	Judul/Topik Penelitian	Metode/Teknologi	Kelebihan	Kekurangan/Celah
Hadikristanto & Kurniadi (2023)	Sistem Informasi Manajemen Aset Berbasis Web (Waterfall, CodeIgniter)	Web, CodeIgniter, MySQL, Waterfall	Pengelolaan aset digital real-time, laporan kondisi aset akurat	Tidak ada fitur peminjaman antarpengguna dan tidak ada analisis

Peneliti/ Tahun	Judul/Topik Penelitian	Metode/Teknologi	Kelebihan	Kekurangan/Celah
				perilaku pengguna
Abairahman & Rosyid (2025)	Sistem Peminjaman Barang Berbasis Web (PT. Gresik Migas)	Web, Laravel, MySQL	Digitalisasi alur pengajuan, persetujuan, dan notifikasi otomatis	Hanya satu level approval, tidak ada analisis perilaku peminjam historis sebagai dasar approval
Qurrotu Ainii dkk. (2025)	Sistem Pengelolaan Peminjaman Aset (Asset Lifecycle Management)	Web, PHP, Asset Lifecycle Management	Monitoring status aset menyeluruh, pelaporan peminjaman efisien	Tidak mengklasifikasikan perilaku peminjam berdasarkan data historis transaksi
Naibaho dkk. (2024)	Sistem Manajemen Informasi Aset Menggunakan Laravel	Laravel, MySQL, MVC	Arsitektur MVC terstruktur, pengembangan cepat dan aman	Tidak mencakup sistem peminjaman aset dan tidak ada analisis perilaku atau mekanisme approval
Putra dkk. (2026)	Sistem Informasi Inventaris dan Peminjaman Barang Berbasis Web (Efisiensi dan Transparansi Aset Desa)	Web, Waterfall, CSI Testing	Menggantikan pencatatan manual, tingkat kepuasan pengguna tinggi (79,46%), fitur approval dan laporan otomatis	Tidak ada analisis perilaku peminjam berbasis data historis sebagai dasar approval
Rosiana & Yuadi (2025)	*K-means Clustering* untuk Analisis Tren Peminjaman Buku di Perpustakaan	*K-means*, Orange Data Mining	*Clustering* pada data peminjaman menghasilkan pola tren yang bermakna untuk pengelolaan koleksi	Variabel lebih sederhana (tanpa keterlambatan/nilai aset), tidak terintegrasi ke sistem approval real-time
Alhamdani dkk. (2021)	Segmentasi Pelanggan Berdasarkan Perilaku Penggunaan Kartu Kredit (*K-means*)	*K-means Clustering*, Python, 18 variabel	Segmentasi pengguna bermakna (3 cluster optimal) sebagai dasar pengambilan keputusan	Berfokus pada perbankan, tidak terintegrasi dengan sistem peminjaman aset atau proses approval
Nugraha dkk. (2025)	Segmentasi Pelanggan Berbasis Analisis RFM Menggunakan *K-means*	*K-means*, RFM Analysis	Segmentasi akurat berbasis fitur perilaku historis, berguna untuk strategi bisnis	Variabel RFM bersifat finansial murni, tidak sesuai untuk konteks peminjaman aset operasional
Wicaksono dkk. (2024)	Elbow and Silhouette Methods for K Value Analysis on *K-means*	Elbow Method, Silhouette Score, *K-means*	Kombinasi dua metode menghasilkan penentuan cluster optimal yang lebih akurat	Tidak diterapkan pada domain peminjaman aset atau sistem informasi operasional
Vania & Sari (2023)	Perbandingan Elbow dan Silhouette untuk Penentuan Jumlah Klaster Optimal	Elbow Method, Silhouette Coefficient, *K-means*	Silhouette Coefficient terbukti lebih unggul secara evaluasi statistik	Tidak dikaitkan dengan implementasi sistem informasi operasional nyata

Peneliti/ Tahun	Judul/Topik Penelitian	Metode/Teknologi	Kelebihan	Kekurangan/Celah
Juanita & Cahyono (2024)	*K-means Clustering* dengan Perbandingan Elbow dan Silhouette (Data Ulasan Pengguna)	*K-means*, Elbow Method, Silhouette Score, Davies-Bouldin Index	*Clustering* pada data perilaku pengguna menghasilkan pengelompokan bermakna sebagai dasar keputusan	Tidak terintegrasi langsung dalam sistem informasi operasional sebagai pendukung keputusan
Siagian dkk. (2022)	*K-means* dan K-Medoids untuk Segmentasi Pelanggan Data Transaksi E-Commerce	*K-means*, K-Medoids, Python	*K-means* lebih efisien untuk dataset sedang; segmentasi berguna sebagai dasar strategi manajemen	Tidak dikontekstualisasikan pada data peminjaman aset perusahaan
Penelitian Ini	**Sistem Informasi Peminjaman Aset dengan Analisis Perilaku Peminjam Menggunakan *K-means Clustering* (Batam Pos)**	**Laravel, MySQL, *K-means*, Elbow Method, Silhouette Score, Metode Prototype**	**Integrasi langsung *K-means* dalam sistem peminjaman aset; hasil *clustering* ditampilkan visual di dashboard HR saat proses approval berlangsung**	**- (menjawab ketiga gap penelitian sebelumnya secara bersamaan)**

2.2. Landasan Teori

Bagian ini memuat konsep-konsep teoritis yang menjadi landasan ilmiah dalam penelitian ini, meliputi konsep sistem informasi manajemen aset, sistem peminjaman aset berbasis web, profil objek penelitian, algoritma *K-means Clustering*, metode penentuan cluster optimal, segmentasi perilaku peminjam, serta teknologi dan metode pengujian yang digunakan dalam pengembangan sistem.

2.2.1. Sistem Informasi Manajemen Aset

Sistem Informasi Manajemen Aset (SIMA) adalah sistem terkomputerisasi yang dirancang untuk membantu organisasi mengelola seluruh siklus hidup aset, mulai dari pencatatan, pemantauan, peminjaman, hingga penghapusan aset. Penerapan SIMA terbukti mampu meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi risiko kehilangan aset, dan memperkuat akuntabilitas penggunaan aset dalam organisasi. Sistem berbasis web menjadi pilihan utama karena dapat diakses secara real-time dari berbagai perangkat tanpa instalasi khusus (Hadikristanto & Kurniadi, 2023).

Pengelolaan aset secara digital merupakan upaya strategis untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan akuntabilitas dalam penggunaan sumber daya milik organisasi. Manfaat utama digitalisasi sistem pengelolaan aset mencakup peningkatan transparansi penggunaan aset, kemudahan pelacakan status aset secara real-time, pengurangan risiko kehilangan atau penyalahgunaan aset, serta tersedianya data historis yang dapat dianalisis untuk mendukung pengambilan keputusan manajerial.

2.2.2. Sistem Peminjaman Aset Berbasis Web

Sistem peminjaman aset berbasis web merupakan aplikasi yang memungkinkan pengguna mengajukan, memantau, dan mengelola proses peminjaman aset melalui antarmuka web yang dapat diakses dari berbagai perangkat. Sistem ini umumnya dilengkapi fitur pencatatan transaksi peminjaman, notifikasi otomatis, verifikasi, mekanisme approval, dan pelaporan yang memudahkan pengelolaan aset secara real-time. Digitalisasi sistem peminjaman aset terbukti mengurangi kendala yang ditimbulkan oleh pencatatan manual dan meningkatkan akuntabilitas seluruh proses peminjaman (Abairahman & Rosyid, 2025).

Sistem peminjaman aset yang ideal dirancang untuk mengelola seluruh siklus hidup peminjaman, mulai dari pengajuan permintaan peminjaman, proses verifikasi dan persetujuan oleh pihak berwenang, pencatatan status peminjaman secara real-time, pemantauan batas waktu pengembalian, hingga pelaporan historis peminjaman. Sistem seperti ini diperlukan untuk menggantikan pencatatan manual yang rentan terhadap kesalahan, kehilangan data, dan ketidakefisienan operasional (Qurrotu Ainii dkk., 2025).

2.2.3. Profil Batam Pos

Batam Pos merupakan salah satu perusahaan media cetak dan digital terkemuka yang beroperasi di Kota Batam, Kepulauan Riau. Sebagai perusahaan media, Batam Pos memiliki lebih dari 50 aset operasional yang digunakan secara aktif dalam kegiatan peliputan berita sehari-hari, meliputi kamera profesional,

laptop, mikrofon, tripod, kendaraan operasional, dan berbagai peralatan liputan lainnya.

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang dilakukan langsung di lingkungan Batam Pos, pengelolaan peminjaman aset saat ini masih dilakukan secara manual menggunakan Microsoft Excel. Kondisi ini menimbulkan berbagai kendala operasional, yaitu tidak adanya riwayat peminjaman yang terstruktur, tidak adanya mekanisme persetujuan yang jelas, tidak adanya notifikasi keterlambatan pengembalian, serta tidak adanya sistem analisis perilaku peminjam yang dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan persetujuan. Penelitian ini hadir sebagai solusi atas seluruh permasalahan tersebut.

2.2.4. K-means Clustering

K-means Clustering adalah algoritma machine learning dalam kategori unsupervised learning yang mengelompokkan data ke dalam K cluster berdasarkan kemiripan karakteristik antardata. Tujuan utama *K-means* adalah meminimalkan nilai Within-Cluster Sum of Squares (WCSS), yaitu total kuadrat jarak antara setiap titik data dengan centroid cluster-nya. *K-means* dipilih dalam penelitian ini karena efisiensinya pada dataset berukuran sedang dan kemampuannya menghasilkan segmentasi yang bermakna dari data multivariabel (Siagian dkk., 2022).

Proses kerja algoritma *K-means* dapat diuraikan menjadi empat tahapan utama. Pertama, inisialisasi: sejumlah K titik dipilih secara acak sebagai centroid awal. Kedua, penugasan: setiap titik data dihitung jaraknya terhadap seluruh centroid menggunakan rumus jarak Euclidean, kemudian dialokasikan ke cluster dengan centroid terdekat. Ketiga, pembaruan centroid: posisi centroid diperbarui dengan menghitung rata-rata koordinat seluruh titik data yang menjadi anggota cluster tersebut. Keempat, iterasi: langkah kedua dan ketiga diulang hingga tidak ada perubahan alokasi cluster atau hingga konvergensi tercapai (Alhamdani dkk., 2021; Juanita & Cahyono, 2024).

Dalam penelitian ini, *K-means Clustering* diterapkan untuk menganalisis perilaku peminjam aset di Batam Pos. Setiap peminjam direpresentasikan sebagai

sebuah titik data dalam ruang berdimensi lima berdasarkan lima variabel yang diekstrak dari data transaksi peminjaman, yaitu:

1. F1 = Frekuensi peminjaman: total berapa kali peminjam melakukan peminjaman dalam periode tertentu.
2. F2 = Rata-rata durasi peminjaman: rata-rata selisih hari antara tanggal pinjam dan tanggal kembali.
3. F3 = Tingkat keterlambatan: persentase transaksi yang dikembalikan melewati batas waktu yang ditetapkan.
4. F4 = Variasi jenis aset: jumlah kategori aset berbeda yang pernah dipinjam oleh peminjam (kamera, laptop, kendaraan, dan sebagainya).
5. F5 = Total nilai aset dipinjam: akumulasi nilai aset berdasarkan harga perolehan sebagai indikator tanggung jawab finansial peminjam.

Penggunaan *K-means* untuk analisis perilaku berbasis fitur historis seperti ini telah terbukti efektif menghasilkan segmentasi yang bermakna dan dapat ditindaklanjuti dalam berbagai domain (Nugraha dkk., 2025; Alhamdani dkk., 2021). Perbandingan antara *K-means* dan K-Medoids oleh Siagian dkk. (2022) menunjukkan bahwa *K-means* lebih efisien secara komputasi untuk data yang terstruktur sehingga dipilih sebagai algoritma yang tepat untuk penelitian ini.

2.2.5. Elbow Method

Elbow Method adalah teknik untuk menentukan jumlah cluster optimal pada algoritma *K-means* dengan cara memplot nilai inertia (jumlah kuadrat jarak data ke centroid terdekat) terhadap berbagai nilai K. Nilai inertia akan semakin menurun seiring bertambahnya K, namun penurunan tersebut semakin kecil setelah titik tertentu. Titik elbow atau siku pada grafik menunjukkan nilai K optimal di mana penambahan cluster tidak lagi memberikan penurunan inertia yang signifikan. Metode ini efektif untuk dataset multidimensi dan menghasilkan jumlah cluster yang intuitif secara visual (Vania & Sari, 2023; Wicaksono dkk., 2024).

2.2.6. Silhouette Score

Silhouette Score adalah metrik evaluasi kualitas *clustering* yang mengukur seberapa baik setiap titik data berada di clusternya sendiri dibandingkan cluster terdekat lainnya. Nilai Silhouette Score berkisar antara -1 hingga 1, di mana nilai mendekati 1 menunjukkan data berada tepat di clusternya, nilai mendekati 0 menunjukkan data berada di perbatasan antar cluster, dan nilai negatif menunjukkan kemungkinan salah pengelompokan. Nilai K dengan rata-rata Silhouette Score tertinggi dipilih sebagai jumlah cluster optimal (Juanita & Cahyono, 2024).

Wicaksono dkk. (2024) membuktikan bahwa penggunaan Silhouette Score bersamaan dengan Elbow Method menghasilkan penentuan jumlah cluster yang lebih akurat dan valid secara statistik dibandingkan menggunakan satu metode saja. Vania & Sari (2023) juga menyimpulkan bahwa Silhouette Coefficient lebih unggul secara evaluasi statistik. Dalam penelitian ini, kombinasi kedua metode tersebut digunakan untuk memvalidasi apakah jumlah cluster tiga (K=3) yang direncanakan merupakan pilihan yang optimal secara statistik.

2.2.7. Segmentasi Perilaku Peminjam

Berdasarkan arahan dosen pembimbing dan landasan dari penelitian-penelitian terdahulu (Alhamdani dkk., 2021; Nugraha dkk., 2025), sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang untuk menghasilkan tiga segmentasi peminjam sebagai berikut.

Cluster A(Peminjam Aktif dan Disiplin): peminjam dengan frekuensi peminjaman tinggi, rata-rata durasi peminjaman yang wajar, dan tingkat keterlambatan yang rendah. Kelompok ini mencerminkan peminjam yang bertanggung jawab dan dapat diberikan prioritas dalam proses approval atau diberikan batas peminjaman yang lebih longgar.

Cluster B(Peminjam Kasual): peminjam dengan frekuensi peminjaman rendah dan durasi peminjaman singkat. Tingkat keterlambatan pada kelompok ini relatif bervariasi antar anggota, namun secara rata-rata masih jauh lebih rendah dibandingkan Cluster C, sehingga tetap tergolong peminjam standar yang tidak memerlukan perlakuan khusus dalam proses persetujuan. Karakteristik utama

yang membedakan kelompok ini bukan pada tingkat keterlambatan semata, melainkan pada kombinasi frekuensi peminjaman yang rendah dan durasi peminjaman yang relatif singkat, sebagaimana ditunjukkan oleh posisi centroid kelompok ini pada hasil analisis di Sub-bab 4.2.3.

Cluster C(Peminjam Berisiko): peminjam dengan frekuensi peminjaman sedang hingga tinggi, durasi peminjaman yang panjang, dan tingkat keterlambatan yang tinggi. Kelompok ini memerlukan pengawasan ekstra, misalnya dengan mewajibkan persetujuan dari HR/kepala divisi atau membatasi jumlah aset yang dapat dipinjam secara bersamaan (Nugraha dkk., 2025).

Hasil *clustering* ini akan ditampilkan secara visual di dashboard HR atau kepala divisi pada saat proses persetujuan peminjaman berlangsung. Dengan demikian, pihak yang berwenang dapat mengambil keputusan persetujuan secara lebih objektif dan berbasis data historis, bukan sekadar pertimbangan subjektif.

2.2.8. Data Mining

Data mining adalah proses ekstraksi pola dan pengetahuan yang berguna dari kumpulan data besar menggunakan teknik statistik, matematika, dan machine learning. *Clustering* merupakan salah satu teknik data mining yang mengelompokkan data berdasarkan kemiripan karakteristik tanpa menggunakan label kelas yang ditentukan sebelumnya (unsupervised learning). Dalam penelitian ini, teknik data mining berbasis *clustering* diterapkan untuk mengekstrak pola perilaku peminjam dari data historis transaksi peminjaman aset di Batam Pos (Alhamdani dkk., 2021).

Rumus Lengkap Setiap Indikator:

a. Normalisasi Min-Max

$$X_{norm} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

Diterapkan ke masing-masing F1, F2, F3, F4, F5 secara terpisah, menghasilkan nilai 0 sampai 1.

b. Jarak Euclidean (dasar pengelompokan K-Means)

$$d(x, c) = \sqrt{\sum_{i=1}^{5} (x_i - c_i)^2}$$

Dipakai untuk menentukan peminjam masuk ke cluster mana (jarak terpendek ke centroid).

c. Update Centroid (setiap iterasi)

$$C_k = \frac{1}{|S_k|} \sum_{x_i \subset S_k} x_i$$

Centroid baru = rata-rata posisi seluruh anggota cluster tersebut.

d. Silhouette Score (per titik data)

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max(a(i), b(i))}$$

Keterangan:

- **a(i)** = rata-rata jarak titik *i* ke semua titik **lain dalam cluster yang sama**
- **b(i)** = rata-rata jarak titik *i* ke semua titik di **cluster terdekat berikutnya**

Nilai akhir yang dilaporkan (37,2%) adalah **rata-rata s(i) dari seluruh 14 peminjam**, dikali 100%.

e. Davies-Bouldin Index

$$DBI = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^{k} \max_{j \neq i} \left(\frac{\sigma_i + \sigma_j}{d(c_i, c_j)} \right)$$

Keterangan:

- σ_i = rata-rata jarak anggota cluster *i* ke centroid nya sendiri (ukuran kepadatan cluster)
- $d(c_i, c_j)$ = jarak antar centroid cluster *i* dan *j*

Semakin kecil nilainya (di kasus ini: 0,8714), semakin baik pemisahan antar cluster.

f. Akurasi Klasifikasi

$$Akurasi = \frac{\text{Jumlah peminjam terpetakan benar}}{\text{Total peminjam}} \times 100\%$$

"Terpetakan benar" = label hasil prediksi model pada data uji (train-test split) cocok dengan label hasil K-Means pada keseluruhan data, yang berfungsi sebagai referensi.

2.2.9. Framework Laravel

Laravel adalah framework aplikasi web berbasis bahasa pemrograman PHP yang mengikuti pola arsitektur Model-View-Controller (MVC). Laravel menyediakan berbagai fitur bawaan yang mempercepat pengembangan sistem, meliputi Eloquent ORM untuk manajemen database, sistem autentikasi pengguna, migrasi database, routing yang fleksibel, dan sistem templating Blade yang interaktif. Laravel dipilih dalam penelitian ini karena dukungannya terhadap integrasi komputasi algoritma *K-means* dan kemampuannya membangun antarmuka visualisasi hasil *clustering* yang informatif bagi pengguna HR atau kepala divisi (Naibaho dkk., 2024).

2.2.10. MySQL

MySQL adalah sistem manajemen basis data relasional (Relational Database Management System/RDBMS) open-source yang menggunakan Structured Query Language (SQL) untuk operasi pengelolaan data. MySQL dipilih dalam penelitian ini karena performanya yang tinggi dalam mengelola data transaksi dalam jumlah besar, kemudahan integrasinya dengan framework Laravel, serta kemampuannya menyimpan dan mengelola data historis peminjaman yang menjadi input utama algoritma *K-means Clustering*.

2.2.11. Metode Prototype

Metode Prototype adalah pendekatan pengembangan perangkat lunak yang dimulai dengan membangun prototipe awal sistem berdasarkan kebutuhan yang dikumpulkan, kemudian dievaluasi bersama pengguna secara berulang hingga sistem final benar-benar sesuai dengan kebutuhan pengguna (Nelson et al., 2016). Metode ini dipilih karena sistem yang dikembangkan memerlukan validasi berulang dari pengguna Batam Pos, khususnya terkait desain tampilan visualisasi hasil *clustering K-means* yang akan digunakan oleh HR atau kepala divisi dalam proses approval peminjaman aset

2.2.12. Black Box Testing

Black Box Testing adalah metode pengujian perangkat lunak yang memverifikasi fungsionalitas sistem dari sudut pandang pengguna tanpa memperhatikan struktur internal kode program. Pengujian dilakukan dengan memberikan berbagai skenario input ke dalam sistem dan memverifikasi kesesuaian output yang dihasilkan dengan spesifikasi kebutuhan fungsional yang telah ditetapkan. Dalam penelitian ini, Black Box Testing memastikan seluruh fitur sistem, termasuk proses peminjaman aset dan tampilan visualisasi hasil *clustering*, berjalan sesuai spesifikasi (Abairahman & Rosyid, 2025).

2.2.13. User Acceptance Testing (UAT)

User Acceptance Testing (UAT) adalah tahap pengujian akhir yang dilakukan oleh pengguna nyata untuk memvalidasi bahwa sistem yang dibangun telah memenuhi kebutuhan dan ekspektasi operasional mereka sebelum sistem

resmi diimplementasikan. Dalam penelitian ini, UAT melibatkan staf Batam Pos termasuk HR atau kepala divisi untuk memvalidasi kesesuaian sistem secara keseluruhan, khususnya manfaat fitur visualisasi hasil *clustering K-means* sebagai pendukung keputusan dalam proses approval peminjaman aset.

2.3. Metode Pengembangan Produk

Metode pengembangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Prototype. Metode Prototype merupakan salah satu pendekatan pengembangan perangkat lunak yang bersifat iteratif, di mana pengembang dan pengguna bekerja sama secara aktif untuk membangun, mengevaluasi, dan menyempurnakan prototipe sistem secara bertahap hingga menghasilkan produk akhir yang sesuai dengan kebutuhan pengguna sesungguhnya (Nelson et al., 2016).

Metode Prototype dipilih dalam penelitian ini karena sistem yang dikembangkan merupakan sistem baru yang menggantikan proses manual di Batam Pos, sehingga pengguna belum sepenuhnya dapat mengartikulasikan kebutuhan mereka secara lengkap di awal pengembangan. Dengan pendekatan ini, perbaikan dapat dilakukan lebih awal sebelum sistem final dikembangkan sehingga risiko ketidaksesuaian sistem dengan kebutuhan pengguna dapat diminimalisir. Hal ini terutama penting pada komponen visualisasi hasil *clustering K-means* yang akan digunakan oleh HR atau kepala divisi dalam proses approval, yang memerlukan evaluasi langsung dari pengguna akhir untuk memastikan informasi yang ditampilkan dapat dipahami dan digunakan secara efektif.

Tahapan metode Prototype yang diterapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. **Pengumpulan Kebutuhan:** Peneliti bersama pengguna Batam Pos mendefinisikan seluruh kebutuhan sistem melalui wawancara dan observasi langsung, mencakup kebutuhan fitur peminjaman dan kebutuhan tampilan visualisasi hasil *clustering K-means*.
2. **Membangun Prototipe:** Peneliti membangun prototipe awal mencakup desain antarmuka sistem peminjaman dan tampilan visualisasi profil

perilaku peminjam yang akan ditampilkan kepada HR atau kepala divisi pada saat proses approval berlangsung.

3. **Evaluasi Prototipe:** Prototipe ditunjukkan kepada pengguna Batam Pos untuk dievaluasi, khususnya terkait kemudahan penggunaan antarmuka dan kesesuaian tampilan hasil *clustering* dengan kebutuhan pengambilan keputusan.
4. **Perbaikan Prototipe:** Peneliti melakukan perbaikan dan penyempurnaan berdasarkan masukan pengguna. Tahap evaluasi dan perbaikan dilakukan secara berulang hingga prototipe disetujui oleh seluruh pengguna yang terlibat.
5. **Implementasi Sistem Final:** Sistem dikembangkan secara lengkap menggunakan framework Laravel dan database MySQL, mengintegrasikan algoritma *K-means Clustering* dengan antarmuka web yang telah divalidasi melalui proses evaluasi prototipe.

2.4. Metode Analisis/Riset yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan beberapa metode analisis dan pengumpulan data untuk memastikan kebutuhan sistem teridentifikasi dengan akurat dan solusi yang dikembangkan tepat sasaran.

2.4.1. Observasi

Observasi dilakukan dengan mengamati secara langsung proses pencatatan dan peminjaman aset yang berjalan saat ini di Batam Pos untuk mengidentifikasi kendala nyata dan kebutuhan sistem secara menyeluruh. Hasil observasi menjadi dasar utama dalam perumusan kebutuhan fungsional sistem yang akan dibangun.

2.4.2. Wawancara

Wawancara dilakukan kepada staf pengelola aset, HR atau kepala divisi yang bertugas memberikan persetujuan peminjaman, dan karyawan yang melakukan peminjaman aset. Tujuannya adalah untuk menggali permasalahan yang dialami, kebutuhan fitur sistem, dan kebutuhan informasi pendukung keputusan approval yang diharapkan oleh pengguna.

2.4.3. Analisis Data Transaksi Peminjaman

Data historis transaksi peminjaman aset di Batam Pos dianalisis untuk mengekstrak lima variabel *clustering* (F1-F5) yang merepresentasikan perilaku setiap peminjam. Data ini kemudian diproses melalui tahap normalisasi menggunakan metode Min-Max Normalization sebelum dijadikan input algoritma *K-means Clustering*, agar seluruh variabel berada dalam skala yang sebanding dan tidak ada satu variabel pun yang mendominasi perhitungan jarak Euclidean (Nugraha dkk., 2025).

2.4.4. Implementasi dan Evaluasi Algoritma *K-means*

Algoritma *K-means Clustering* diimplementasikan dengan terlebih dahulu menentukan jumlah cluster optimal menggunakan Elbow Method dan Silhouette Score (Wicaksono dkk., 2024; Vania & Sari, 2023). Hasil *clustering* kemudian dievaluasi secara kualitatif bersama pihak Batam Pos untuk memvalidasi kesesuaian segmentasi yang dihasilkan dengan karakteristik perilaku peminjam yang sesungguhnya di lapangan.

2.4.5. Pemodelan Sistem dengan UML

Pemodelan sistem dilakukan menggunakan Unified Modeling Language (UML) meliputi Use Case Diagram untuk menggambarkan interaksi pengguna dengan sistem, Activity Diagram untuk menggambarkan alur proses peminjaman dan alur kerja analisis *clustering*, serta Entity Relationship Diagram (ERD) untuk merancang struktur basis data sistem secara terstruktur.

2.4.6. Pengujian Sistem

Pengujian sistem menggunakan dua metode yaitu Black Box Testing untuk memverifikasi fungsionalitas seluruh fitur sistem dan User Acceptance Testing (UAT) untuk memvalidasi penerimaan sistem oleh pengguna Batam Pos. UAT secara khusus difokuskan pada penilaian pengguna terhadap manfaat tampilan visualisasi hasil *clustering K-means* sebagai pendukung keputusan dalam proses approval peminjaman aset.

BAB III METODOLOGI

Bab ini menjelaskan metodologi yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini secara lengkap dan terstruktur, mencakup alat dan bahan penelitian, jalannya penelitian, tahapan pengembangan aplikasi menggunakan metode Prototype, serta rencana perancangan sistem yang meliputi gambaran umum sistem, kebutuhan fungsional dan non-fungsional, diagram Use Case, Activity Diagram, ER Diagram, dan desain antarmuka.

3.1. Alat dan Bahan

Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini:

3.1.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan adalah sebuah laptop dengan spesifikasi minimal processor Intel Core i5 generasi ke-8, RAM 8 GB, dan penyimpanan 256 GB SSD, yang digunakan sebagai lingkungan pengembangan utama sistem.

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Visual Studio Code versi terbaru : Sebagai code editor utama dalam proses pengembangan sistem berbasis web.
2. XAMPP : Sebagai local server yang menyediakan layanan Apache dan MySQL untuk pengembangan dan pengujian sistem di lingkungan lokal.
3. Laravel Framework (versi terbaru) : Sebagai framework PHP utama pengembangan aplikasi web dengan pola arsitektur MVC.
4. Python 3.x : Digunakan untuk implementasi algoritma *K-means Clustering*, Elbow Method, dan Silhouette Score melalui library scikit-learn.

5. Scikit-learn : Library Python yang digunakan untuk implementasi algoritma *K-means Clustering*, perhitungan Silhouette Score, dan visualisasi Elbow Method.
6. MySQL : Sebagai sistem manajemen basis data untuk menyimpan seluruh data sistem termasuk data aset, transaksi peminjaman, pengguna, dan hasil *clustering*.
7. Git dan GitHub : Sebagai version control system untuk pengelolaan dan pencadangan kode program selama proses pengembangan.
8. Figma : Sebagai alat perancangan desain antarmuka (wireframe) dan prototipe tampilan sistem sebelum implementasi.
9. Postman : Sebagai alat pengujian API yang menghubungkan sistem Laravel dengan proses komputasi *K-means* berbasis Python.
10. Google Chrome atau Mozilla Firefox : Sebagai browser untuk pengujian tampilan antarmuka sistem.
11. Microsoft Excel : Sebagai alat bantu dalam analisis dan dokumentasi,serta menghitung score UAT

3.1.2 Bahan

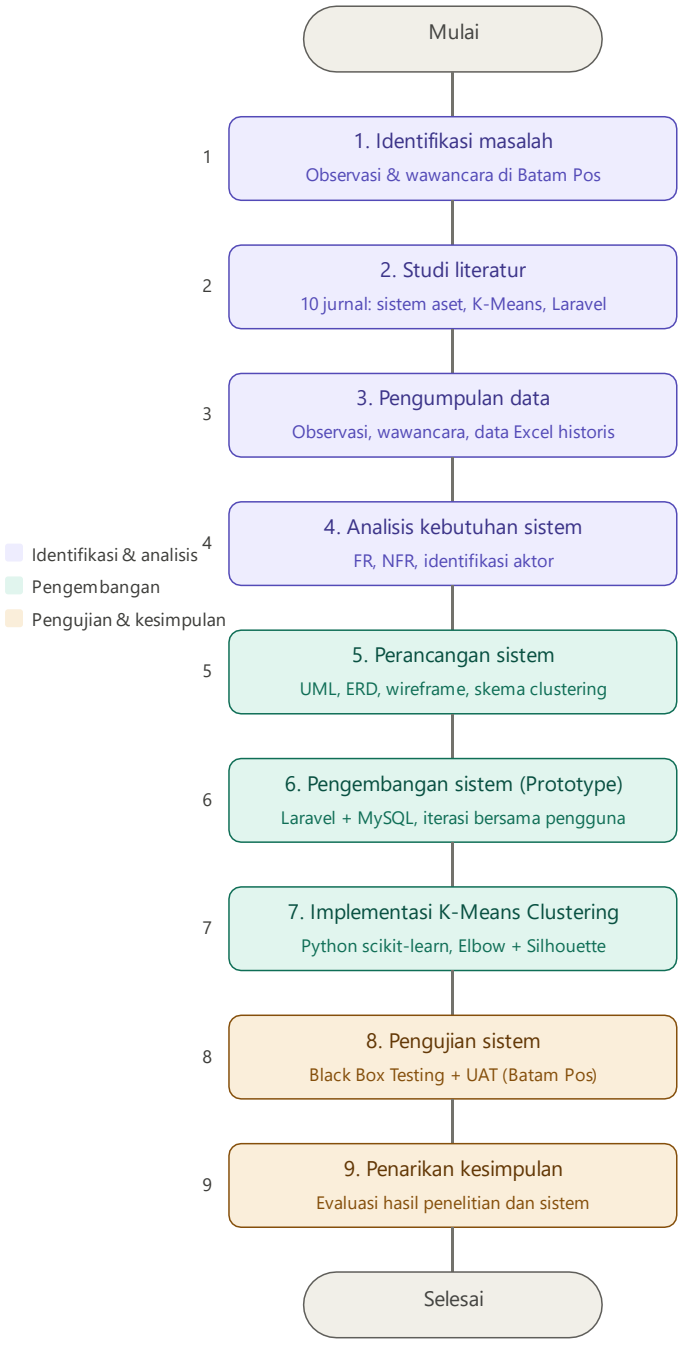
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Data historis transaksi peminjaman aset Batam Pos yang diperoleh melalui observasi dan wawancara langsung, digunakan sebagai input utama algoritma *K-means Clustering* untuk menghasilkan segmentasi perilaku peminjam.
2. Dokumen pencatatan inventaris dan peminjaman aset yang saat ini digunakan oleh Batam Pos (berbasis Microsoft Excel), sebagai acuan dalam perancangan fitur dan alur sistem yang akan dibangun.
3. Hasil wawancara dengan staff pengelola aset, HR, kepala divisi, dan karyawan Batam Pos, digunakan sebagai dasar analisis kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem.

4. Literatur ilmiah berupa jurnal dan referensi terkait sistem informasi manajemen aset, algoritma *K-means Clustering*, Elbow Method, Silhouette Score, dan metode Prototype sebagai landasan teori penelitian.
5. Template proposal dan panduan penulisan Tugas Akhir Politeknik Negeri Batam sebagai acuan format penulisan laporan.

3.2. Jalannya Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui tahapan-tahapan yang sistematis dan terstruktur sebagaimana digambarkan pada alur penelitian berikut. Setiap tahapan dirancang untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan benar-benar menjawab permasalahan nyata yang ditemukan di Batam Pos.



Gambar 3. 1 Alur Jalannya Penelitian

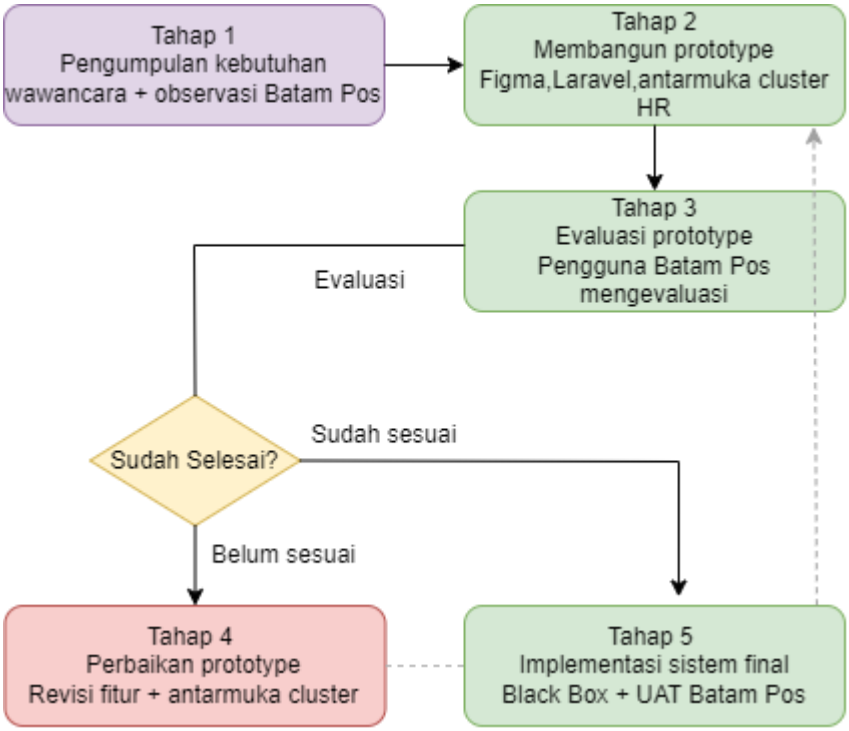
Berikut adalah penjelasan masing-masing tahapan dalam jalannya penelitian ini:

1. Identifikasi Masalah: Peneliti melakukan studi awal untuk mengidentifikasi permasalahan nyata yang terjadi dalam pengelolaan peminjaman aset di Batam Pos melalui observasi langsung dan wawancara dengan pihak-pihak yang terlibat. Hasil identifikasi menunjukkan empat kendala utama yaitu tidak adanya riwayat peminjaman yang terstruktur, tidak adanya mekanisme persetujuan yang jelas, tidak adanya notifikasi keterlambatan, dan tidak adanya analisis perilaku peminjam yang dapat mendukung keputusan approval.
2. Studi Literatur: Peneliti mempelajari referensi ilmiah yang relevan mencakup sistem informasi peminjaman aset, algoritma *K-means Clustering*, Elbow Method, Silhouette Score, framework Laravel, dan metode Prototype sebagai landasan teori penelitian.
3. Pengumpulan Data: Data dikumpulkan melalui dua metode utama. Pertama, observasi langsung terhadap proses pengelolaan peminjaman aset di Batam Pos. Kedua, wawancara mendalam dengan staf pengelola aset, HR atau kepala divisi selaku approver, dan karyawan selaku peminjam aset untuk menggali kebutuhan sistem secara komprehensif.
4. Analisis dan Perancangan Sistem: Data yang telah dikumpulkan dianalisis untuk mengidentifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem. Dilanjutkan dengan perancangan sistem menggunakan pemodelan UML (Use Case Diagram, Activity Diagram, ERD), desain antarmuka (wireframe), dan perancangan struktur basis data.
5. Pengembangan Sistem (Metode Prototype): Sistem dikembangkan secara iteratif menggunakan metode Prototype dengan lima tahapan: pengumpulan kebutuhan, pembangunan prototipe, evaluasi prototipe bersama pengguna Batam Pos, perbaikan prototipe, dan implementasi sistem final menggunakan Laravel dan MySQL yang terintegrasi dengan algoritma *K-means Clustering*.

6. Implementasi *K-means Clustering*: Algoritma *K-means Clustering* diimplementasikan menggunakan Python (scikit-learn). Data transaksi peminjaman diekstraksi menjadi lima variabel (F1-F5), dinormalisasi menggunakan Min-Max Normalization, kemudian diproses menggunakan *K-means* dengan jumlah cluster optimal yang ditentukan melalui Elbow Method dan Silhouette Score.
7. Pengujian Sistem: Sistem diuji menggunakan dua metode. Black Box Testing dilakukan oleh peneliti untuk memverifikasi fungsionalitas seluruh fitur sistem. User Acceptance Testing (UAT) dilakukan dengan melibatkan pengguna dari pihak Batam Pos untuk memvalidasi bahwa sistem memenuhi kebutuhan operasional mereka, khususnya fitur visualisasi hasil *clustering* sebagai pendukung keputusan approval.
8. Dokumentasi dan Pelaporan: Seluruh proses dan hasil penelitian didokumentasikan dalam laporan Tugas Akhir sesuai format yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Batam.

3.3. Tahapan Pengembangan Aplikasi

Pengembangan sistem dalam penelitian ini menggunakan metode Prototype. Metode ini dipilih karena sistem yang dibangun merupakan sistem baru bagi Batam Pos dan memerlukan validasi langsung dari pengguna akhir, terutama pada komponen visualisasi hasil *clustering K-means* yang ditampilkan kepada HR atau kepala divisi saat proses approval. Berikut adalah penjelasan rinci setiap tahapan metode Prototype yang diterapkan:



Gambar 3. 2 Tahapan Metode Prototype

Tahap 1: Pengumpulan Kebutuhan

Pada tahap ini, peneliti bersama pengguna Batam Pos mendefinisikan kebutuhan sistem secara menyeluruh melalui wawancara dan observasi langsung. Kebutuhan yang dikumpulkan mencakup: (1) fitur pencatatan dan pengelolaan aset, (2) alur pengajuan dan persetujuan peminjaman, (3) notifikasi keterlambatan pengembalian, (4) fitur analisis perilaku peminjam menggunakan *K-means Clustering*, dan (5) tampilan visualisasi hasil *clustering* di dashboard HR atau kepala divisi. Hasil tahap ini adalah dokumen kebutuhan fungsional dan non-fungsional yang telah disepakati bersama pihak Batam Pos.

Tahap 2: Membangun Prototipe

Peneliti membangun prototipe awal sistem berdasarkan kebutuhan yang telah dikumpulkan. Prototipe mencakup desain antarmuka interaktif menggunakan

Figma yang meliputi: halaman login, dashboard utama, manajemen aset, form pengajuan peminjaman,halaman persetujuan peminjaman (lengkap dengan tampilan profil cluster peminjam), halaman notifikasi, dan laporan peminjaman. Prototipe ini bersifat interaktif agar dapat ditunjukkan langsung kepada pengguna Batam Pos untuk mendapat umpan balik.

Tahap 3: Evaluasi Prototipe

Prototipe yang telah dibangun ditunjukkan kepada staf Batam Pos yang akan menjadi pengguna sistem untuk dievaluasi. Evaluasi secara khusus difokuskan pada kesesuaian tampilan visualisasi hasil *clustering K-means* (label cluster dan karakteristiknya) dengan kebutuhan HR atau kepala divisi dalam proses pengambilan keputusan approval. Pengguna memberikan masukan mengenai kesesuaian antarmuka, kelengkapan informasi yang ditampilkan, dan kemudahan penggunaan sistem.

Tahap 4: Perbaikan Prototipe

Peneliti melakukan perbaikan dan penyempurnaan terhadap prototipe berdasarkan masukan dari pengguna Batam Pos. Tahap evaluasi dan perbaikan ini dilakukan secara berulang hingga prototipe mendapat persetujuan dari seluruh pengguna yang terlibat. Setelah prototipe disetujui, proses dilanjutkan ke tahap implementasi sistem final.

Tahap 5: Implementasi Sistem Final

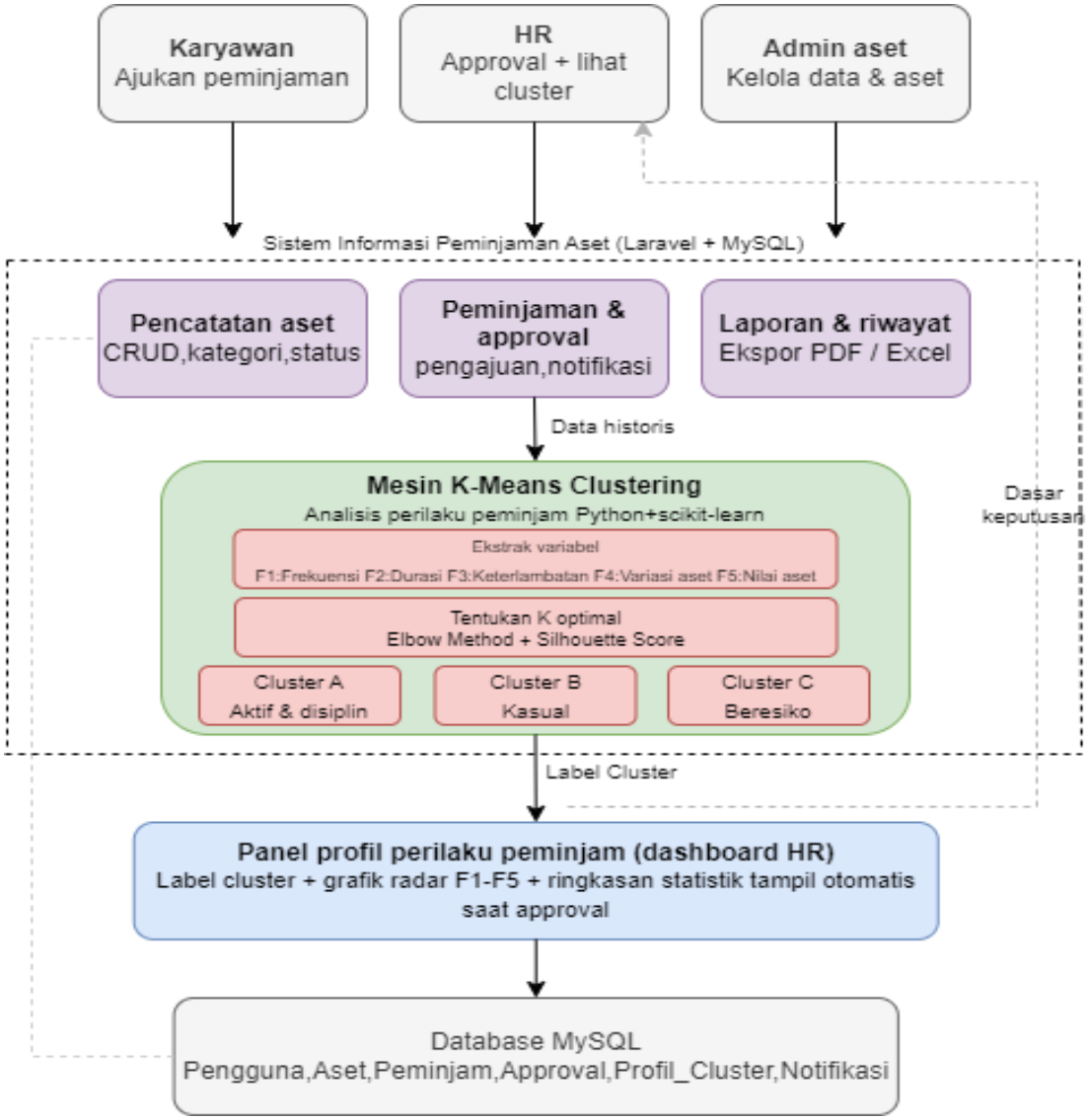
Sistem final dikembangkan secara lengkap berdasarkan prototipe yang telah divalidasi. Implementasi menggunakan framework Laravel untuk pengembangan antarmuka web dan logika bisnis, database MySQL untuk penyimpanan data, serta Python (scikit-learn) untuk komputasi algoritma *K-means Clustering*. Hasil komputasi *K-means* dikembalikan ke sistem Laravel melalui mekanisme integrasi API dan ditampilkan secara visual di dashboard HR atau kepala divisi pada saat proses approval peminjaman berlangsung.

3.4. Rencana Perancangan Sistem

3.4.1 Gambaran Umum Sistem

Sistem Informasi Peminjaman Aset dengan Analisis Perilaku Peminjam Menggunakan *K-means Clustering* yang dikembangkan dalam penelitian ini merupakan aplikasi berbasis web yang dapat diakses oleh seluruh pengguna yang berwenang di Batam Pos melalui browser. Sistem ini dirancang untuk menggantikan pencatatan manual berbasis Excel dan menghadirkan pengelolaan peminjaman aset yang lebih terstruktur, akuntabel, dan berbasis data.

Secara garis besar, sistem memiliki dua komponen utama. Pertama, komponen sistem informasi peminjaman aset yang mengelola seluruh proses pencatatan aset, pengajuan peminjaman, approval, pencatatan pengembalian, dan notifikasi. Kedua, komponen analisis perilaku peminjam yang secara periodik mengolah data historis transaksi peminjaman menggunakan algoritma *K-means Clustering* untuk menghasilkan tiga segmentasi peminjam, dan menampilkan hasil segmentasi tersebut kepada HR atau kepala divisi pada saat proses approval berlangsung.



Gambar 3. 3 Gambaran Umum Sistem

Sistem memiliki tiga tingkatan pengguna utama yaitu: (1) Admin Aset, yang bertugas mengelola data master aset, memproses persetujuan akhir peminjaman, dan memantau seluruh status aset; (2) HR atau Kepala Divisi, yang bertugas memberikan persetujuan peminjaman dengan bantuan informasi hasil analisis perilaku peminjam dari sistem; serta (3) Karyawan atau Reporter, yang dapat mengajukan permintaan peminjaman aset melalui sistem. Alur kerja utama sistem dimulai dari karyawan mengajukan permintaan peminjaman, sistem menampilkan profil cluster peminjam kepada HR atau kepala divisi sebagai bahan pertimbangan, HR memberikan keputusan persetujuan, dan Admin Aset mengeksekusi peminjaman serta mencatat pengembalian aset.

3.4.2 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional mendeskripsikan layanan dan fungsi yang harus disediakan oleh sistem. Berikut adalah daftar kebutuhan fungsional sistem informasi peminjaman aset ini:

FR-01: Sistem harus menyediakan fitur autentikasi login berdasarkan peran pengguna (Karyawan, HR/Kepala Divisi, Admin Aset) dengan hak akses yang berbeda sesuai perannya.

FR-02: Sistem harus menyediakan fitur manajemen data aset yang mencakup penambahan, pengubahan, penghapusan, dan pencarian data aset beserta informasi detail seperti nama, kategori, nilai, kondisi, dan status ketersediaan.

FR-03: Sistem harus menyediakan fitur pengajuan permintaan peminjaman aset oleh karyawan, mencakup pemilihan aset, tanggal pinjam, estimasi tanggal kembali, dan keterangan keperluan peminjaman.

FR-04: Sistem harus menampilkan profil perilaku peminjam kepada HR atau kepala divisi pada saat halaman approval dibuka, menunjukkan label cluster peminjam (Cluster A: Aktif dan Disiplin, Cluster B: Kasual, atau Cluster C: Berisiko) beserta ringkasan karakteristik perilaku historisnya.

FR-05: Sistem harus menyediakan fitur persetujuan atau penolakan permintaan peminjaman oleh HR atau kepala divisi, dilengkapi kolom catatan alasan keputusan.

FR-06: Sistem harus menyediakan fitur konfirmasi pengambilan dan pengembalian aset oleh Admin Aset, dengan pencatatan tanggal aktual pengembalian dan kondisi aset saat dikembalikan.

FR-07: Sistem harus mengirimkan notifikasi otomatis kepada karyawan ketika status permintaan peminjaman berubah, dan kepada Admin Aset ketika ada aset yang melewati batas waktu pengembalian.

FR-08: Sistem harus mengimplementasikan algoritma *K-means Clustering* untuk menganalisis perilaku peminjam secara periodik berdasarkan lima variabel: frekuensi peminjaman (F1), rata-rata durasi peminjaman (F2), tingkat keterlambatan (F3), variasi jenis aset (F4), dan total nilai aset dipinjam (F5).

FR-09: Sistem harus menentukan jumlah cluster optimal menggunakan Elbow Method dan Silhouette Score, serta menampilkan grafik hasil evaluasi tersebut di bagian Admin.

FR-10: Sistem harus menyediakan dashboard pemantauan bagi Admin Aset yang menampilkan ringkasan status seluruh aset, daftar peminjaman aktif, aset yang melewati batas waktu pengembalian, dan distribusi cluster peminjam secara visual.

FR-11: Sistem harus menyediakan fitur laporan peminjaman yang dapat difilter berdasarkan periode waktu, kategori aset, dan status peminjaman, serta dapat diekspor dalam format PDF atau Excel.

FR-12: Sistem harus menyediakan riwayat lengkap transaksi peminjaman setiap karyawan yang dapat diakses oleh Admin Aset dan HR.

3.4.3 Kebutuhan Non Fungsional

Kebutuhan non-fungsional mendeskripsikan batasan dan kualitas sistem yang tidak berkaitan langsung dengan fitur, namun penting untuk memastikan sistem dapat berjalan dengan baik dalam kondisi operasional nyata di Batam Pos.

NFR-01: Keamanan - Sistem harus menerapkan autentikasi berbasis token (Laravel Sanctum) dan *role-based access control* (RBAC) untuk memastikan setiap pengguna hanya dapat mengakses fitur yang sesuai dengan perannya.

NFR-02: Performa - Sistem harus mampu merespons setiap permintaan pengguna dalam waktu kurang dari 3 detik pada kondisi jaringan normal, dan proses komputasi *K-means Clustering* harus selesai dalam waktu kurang dari 30 detik untuk dataset hingga 500 *record* transaksi.

NFR-03: Kemudahan Penggunaan - Antarmuka sistem harus dirancang sederhana, intuitif, dan konsisten agar dapat digunakan oleh seluruh pengguna tanpa memerlukan pelatihan teknis yang panjang, termasuk pengguna non-teknis seperti HR dan kepala divisi.

NFR-04: Kompatibilitas - Sistem harus dapat diakses dari berbagai perangkat (laptop, komputer, dan *smartphone*) melalui *browser* modern seperti Google

Chrome, Mozilla Firefox, dan Microsoft Edge tanpa memerlukan instalasi tambahan.

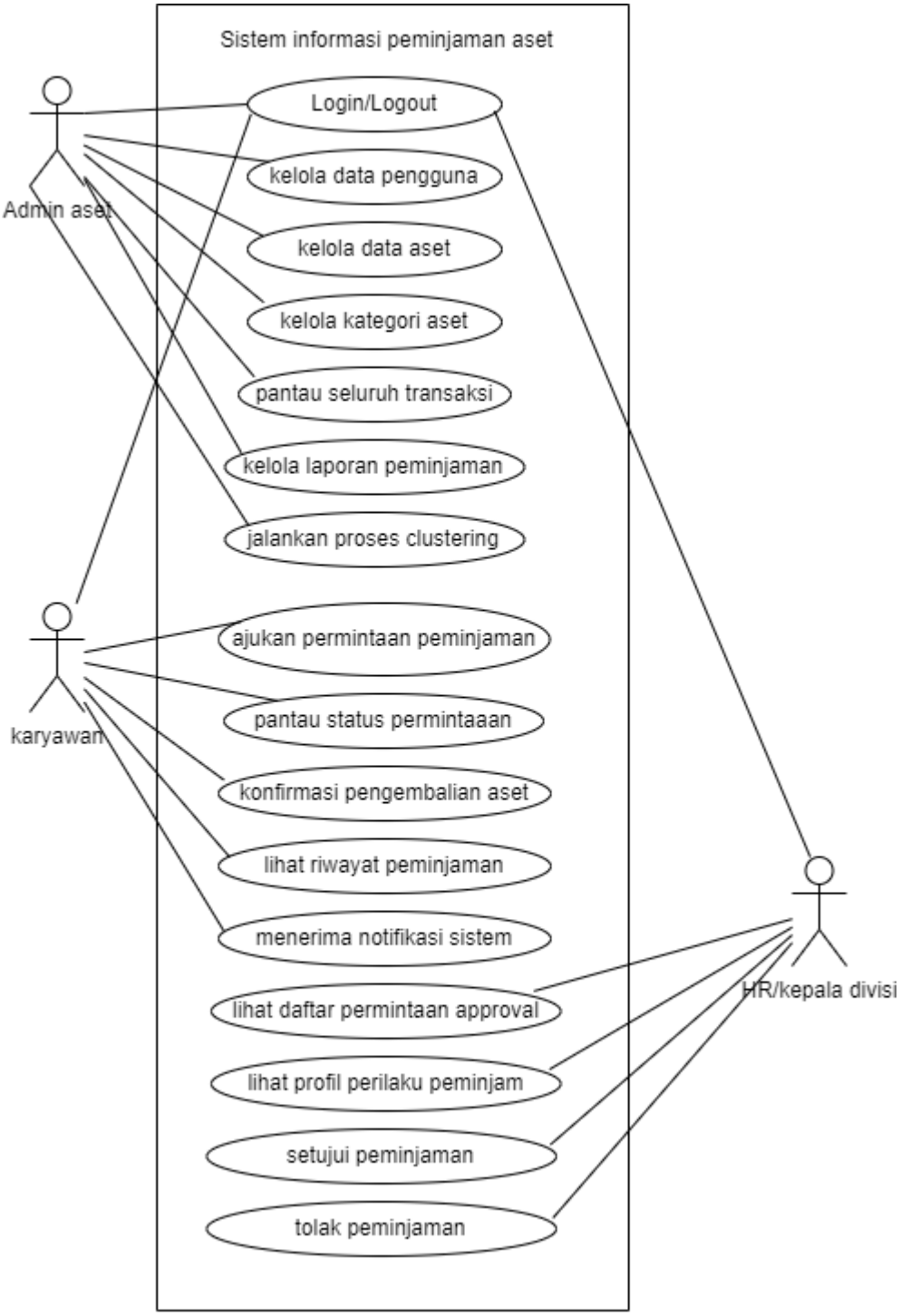
NFR-05: Ketersediaan - Sistem harus dapat beroperasi secara stabil minimal selama jam kerja operasional Batam Pos (08.00-17.00 WIB) dengan tingkat ketersediaan minimal 95%.

NFR-06: Skalabilitas - Sistem harus dirancang agar dapat mengakomodasi pertumbuhan jumlah aset, pengguna, dan data transaksi peminjaman di masa mendatang tanpa memerlukan perubahan arsitektur yang signifikan.

NFR-07: Keterbacaan Visualisasi - Hasil *clustering K-means* yang ditampilkan di dashboard HR harus disajikan dalam format visual yang mudah dipahami (label cluster berwarna, grafik karakteristik, dan ringkasan perilaku) tanpa memerlukan pemahaman teknis tentang algoritma *clustering*.

3.4.4 Diagram Use Case

Diagram Use Case menggambarkan interaksi antara pengguna (aktor) dengan sistem secara keseluruhan. Terdapat tiga aktor utama dalam sistem ini yaitu Karyawan, HR atau Kepala Divisi, dan Admin Aset.



Gambar 3. 4 Diagram Use Case Sistem Informasi Peminjaman Aset

Berikut adalah deskripsi use case untuk masing-masing aktor:

Karyawan:

1. Login ke sistem
2. Melihat daftar aset yang tersedia
3. Mengajukan permintaan peminjaman aset
4. Memantau status permintaan peminjaman
5. Menerima notifikasi persetujuan atau penolakan

HR / Kepala Divisi:

1. Login ke sistem
2. Melihat daftar permintaan peminjaman yang menunggu persetujuan
3. Melihat profil cluster dan riwayat perilaku peminjam (hasil *K-means*)
4. Menyetujui atau menolak permintaan peminjaman
5. Memberikan catatan alasan keputusan approval

Admin Aset:

1. Login ke sistem
2. Mengelola data master aset (tambah, ubah, hapus, cari)
3. Memantau status seluruh aset secara real-time di dashboard
4. Mengonfirmasi pengambilan aset oleh karyawan
5. Mencatat pengembalian aset beserta kondisinya
6. Memantau aset yang melewati batas waktu pengembalian
7. Melihat distribusi cluster peminjam dan grafik evaluasi *K-means*
8. Mengunduh laporan peminjaman

Tabel 3. 1 Skenario Use Case UC-04 (Melihat Profil Cluster Peminjam)

Use Case	**UC-04: Melihat Profil Cluster Peminjam pada Halaman Approval**
Aktor	HR / Kepala Divisi
Deskripsi	HR atau kepala divisi dapat melihat informasi profil cluster dan ringkasan perilaku historis seorang karyawan peminjam ketika membuka halaman approval permintaan

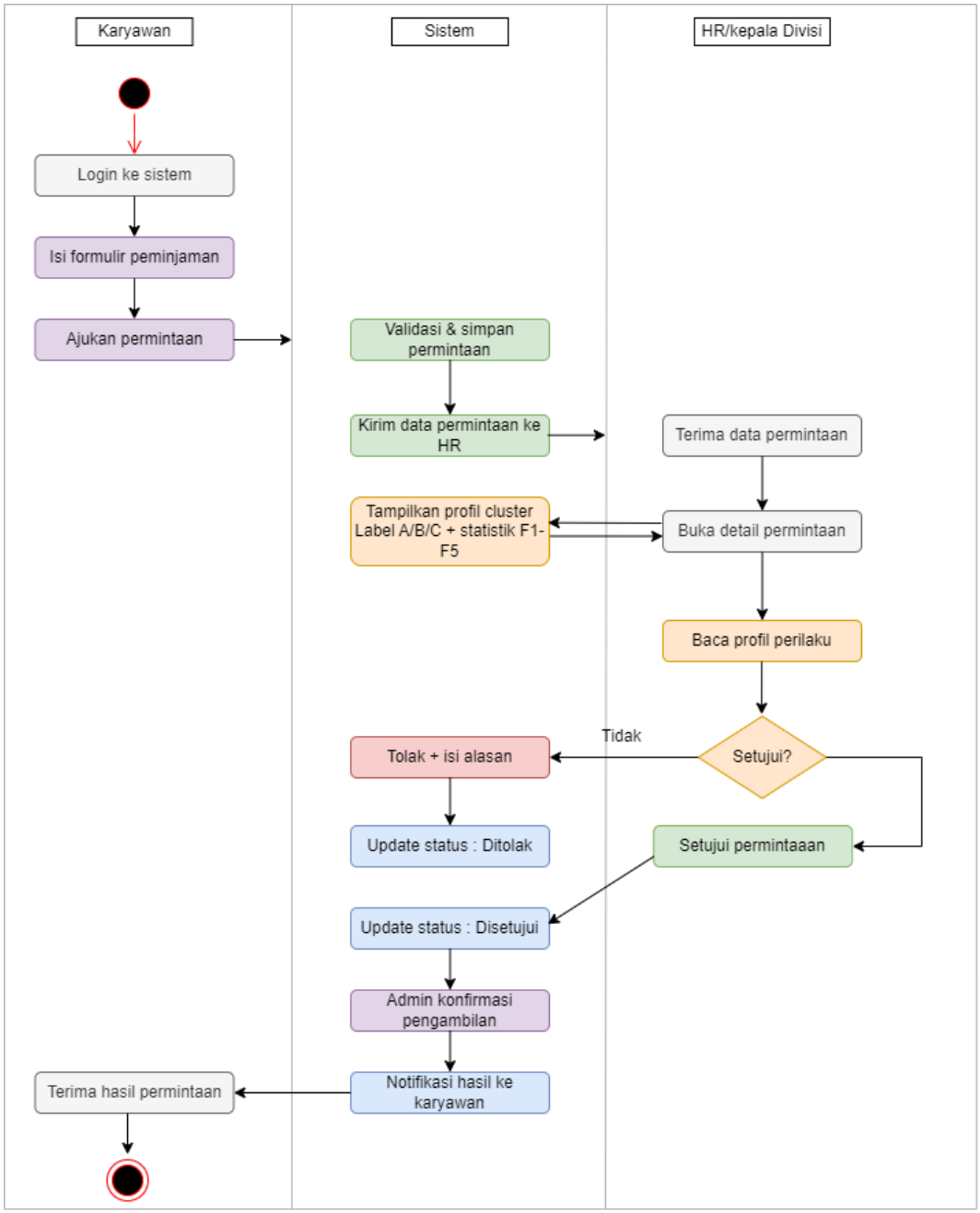
Use Case	UC-04: Melihat Profil Cluster Peminjam pada Halaman Approval
	peminjaman.
Pra-kondisi	HR sudah login ke sistem dan terdapat permintaan peminjaman yang menunggu persetujuan.
Alur Utama	1. HR membuka daftar permintaan peminjaman yang menunggu persetujuan. 2. HR memilih salah satu permintaan untuk ditinjau. 3. Sistem menampilkan detail permintaan peminjaman dan profil cluster peminjam (label cluster, grafik radar lima variabel F1-F5, dan interpretasi perilaku). 4. HR mempertimbangkan informasi cluster bersama detail permintaan peminjaman. 5. HR memilih untuk menyetujui atau menolak permintaan dan memasukkan catatan keputusan.
Alur Alternatif	Jika peminjam belum memiliki data historis yang cukup (minimal 3 transaksi), sistem menampilkan pesan "Data historis tidak mencukupi untuk analisis perilaku" dan tetap menampilkan detail permintaan.
Pasca-kondisi	Permintaan peminjaman diperbarui statusnya menjadi "Disetujui" atau "Ditolak" dan notifikasi dikirimkan kepada karyawan yang bersangkutan.

3.4.5 Activity Diagram

Bagian ini menjelaskan alur proses utama dalam sistem menggunakan Activity Diagram. Terdapat dua Activity Diagram utama yang menggambarkan proses kritis dalam sistem ini.

Activity Diagram 1: Alur Pengajuan dan Persetujuan Peminjaman Aset

Diagram ini menggambarkan alur lengkap proses peminjaman aset mulai dari pengajuan oleh karyawan hingga pencatatan pengembalian aset.



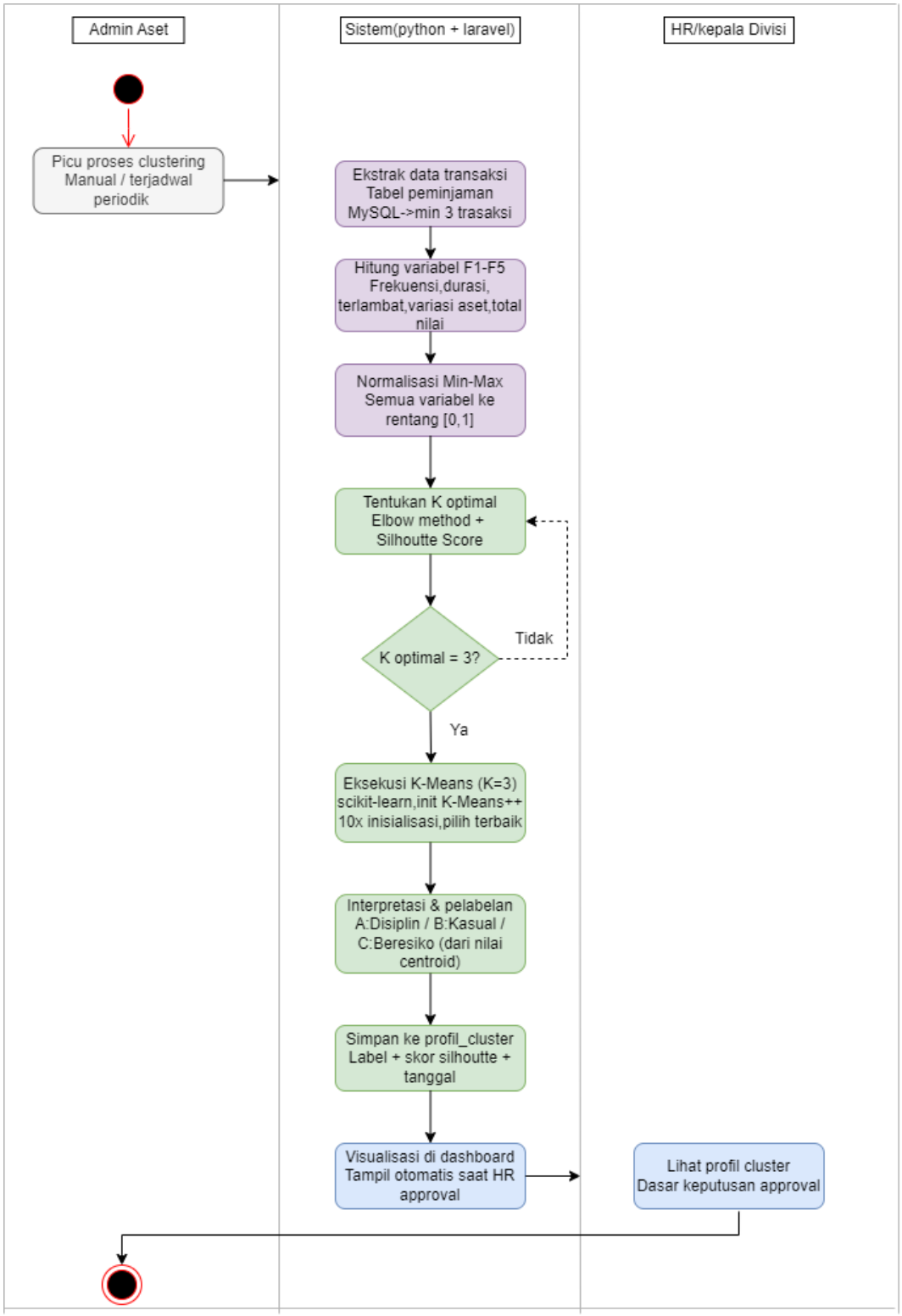
Gambar 3. 5 Activity Diagram Proses Pengajuan dan Persetujuan Peminjaman Aset

Alur proses peminjaman aset berjalan sebagai berikut. Karyawan melakukan login ke sistem kemudian mengajukan permintaan peminjaman dengan mengisi formulir yang mencakup pilihan aset, tanggal pinjam, estimasi tanggal kembali, dan keterangan keperluan. Sistem secara otomatis menyimpan permintaan dan mengirimkan notifikasi kepada HR atau kepala divisi. HR atau kepala divisi menerima notifikasi dan membuka halaman approval, di mana

sistem menampilkan detail permintaan beserta profil cluster peminjam hasil analisis *K-means*. Jika HR menyetujui permintaan, sistem memperbarui status menjadi disetujui dan mengirimkan notifikasi kepada karyawan dan Admin Aset. Jika ditolak, sistem memperbarui status dan mengirimkan notifikasi penolakan beserta alasannya kepada karyawan. Setelah disetujui, Admin Aset mengonfirmasi pengambilan aset oleh karyawan. Pada saat karyawan mengembalikan aset, Admin Aset mencatat pengembalian termasuk tanggal aktual dan kondisi aset. Sistem secara otomatis menghitung keterlambatan jika ada dan memperbarui data historis peminjaman karyawan tersebut untuk keperluan analisis *K-means* berikutnya.

Activity Diagram 2: Alur Analisis Perilaku Peminjam (*K-means Clustering*)

Diagram ini menggambarkan alur proses komputasi *K-means Clustering* untuk menganalisis dan memperbarui segmentasi perilaku peminjam.

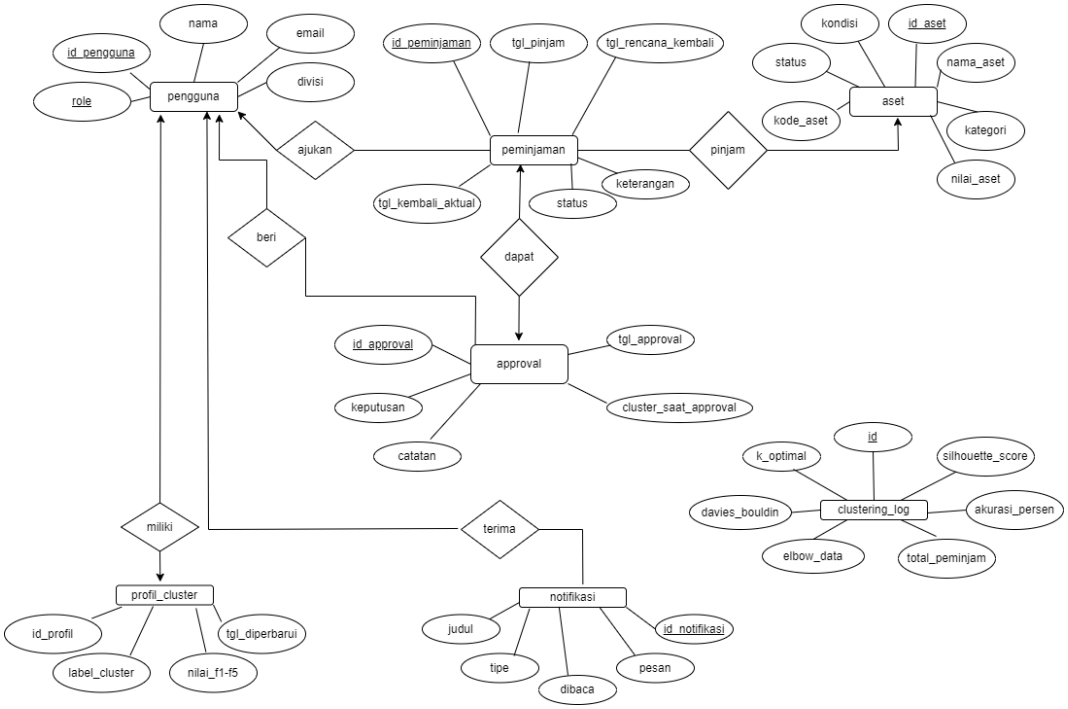


Gambar 3. 6 Activity Diagram Proses Analisis *K-means Clustering*

Alur proses analisis *K-means* berjalan sebagai berikut. Sistem secara periodik atau saat dipicu oleh Admin Aset, mengekstrak data historis transaksi peminjaman dari database MySQL. Data kemudian diproses untuk menghasilkan lima variabel (F1: frekuensi peminjaman, F2: rata-rata durasi, F3: tingkat keterlambatan, F4: variasi jenis aset, F5: total nilai aset) untuk setiap peminjam yang memiliki minimal tiga data transaksi. Data yang telah diekstrak dinormalisasi menggunakan Min-Max Normalization agar seluruh variabel berada dalam rentang 0-1. Sistem kemudian menjalankan Elbow Method dan Silhouette Score untuk menentukan nilai K yang optimal. Algoritma *K-means* dijalankan dengan nilai K yang telah ditentukan hingga konvergensi tercapai. Hasil *clustering* (label cluster setiap peminjam) disimpan ke dalam database dan diperbarui di profil masing-masing peminjam. Label cluster ini akan ditampilkan secara otomatis kepada HR atau kepala divisi pada saat halaman approval dibuka.

3.4.6 ER Diagram

Entity Relationship Diagram (ERD) menggambarkan struktur basis data sistem secara lengkap meliputi seluruh entitas, atribut, dan relasi antar entitas.



Gambar 3. 7 ER Diagram Sistem Informasi Peminjaman Aset

Sistem ini memiliki enam entitas utama dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Entitas PENGGUNA

Entitas ini menyimpan data seluruh pengguna sistem. Atribut: id_pengguna (PK), nama, email, password, role (enum: karyawan, hr, admin), divisi, dan created_at. Entitas PENGGUNA berelasi dengan entitas PEMINJAMAN (satu pengguna dapat memiliki banyak peminjaman), APPROVAL (satu pengguna dapat memberikan banyak keputusan approval), dan PROFIL_CLUSTER (satu pengguna memiliki satu profil cluster).

2. Entitas ASET

Entitas ini menyimpan data seluruh aset operasional Batam Pos. Atribut: id_aset (PK), kode_aset, nama_aset, kategori, nilai_aset, kondisi, status (enum: tersedia, dipinjam, rusak), lokasi, dan created_at. Entitas ASET berelasi dengan entitas PEMINJAMAN (satu aset dapat dipinjam berkali-kali).

3. Entitas PEMINJAMAN

Entitas ini menyimpan seluruh data transaksi peminjaman aset. Atribut: id_peminjaman (PK), id_aset (FK), id_peminjam (FK), tgl_pengajuan, tgl_pinjam, tgl_kembali_rencana, tgl_kembali_aktual, status (enum: menunggu, disetujui, ditolak, dipinjam, dikembalikan, terlambat), keterangan, dan catatan_pengembalian. Entitas PEMINJAMAN berelasi dengan entitas APPROVAL (satu peminjaman memiliki satu keputusan approval).

4. Entitas APPROVAL

Entitas ini menyimpan data keputusan persetujuan peminjaman yang diberikan oleh HR atau kepala divisi. Atribut: id_approval (PK), id_peminjaman (FK), id_approver (FK), keputusan (enum: disetujui, ditolak), catatan, tgl_approval, dan cluster_saat_approval (menyimpan label cluster peminjam pada saat keputusan diambil sebagai dokumentasi historis).

5. Entitas PROFIL_CLUSTER

Entitas ini menyimpan hasil analisis *K-means Clustering* untuk setiap peminjam. Atribut: id_profil (PK), id_pengguna (FK), label_cluster (enum: A, B, C), nilai_f1 (frekuensi peminjaman), nilai_f2 (rata-rata durasi), nilai_f3 (tingkat keterlambatan), nilai_f4 (variasi jenis aset), nilai_f5 (total nilai aset), dan tgl_diperbarui. Data pada entitas ini diperbarui setiap kali proses *K-means Clustering* dijalankan.

6. Entitas NOTIFIKASI

Entitas ini menyimpan seluruh notifikasi yang dikirimkan oleh sistem kepada pengguna. Atribut: id_notifikasi (PK), id_penerima (FK), judul, pesan, tipe (enum: approval, penolakan, keterlambatan, info), dibaca (boolean), dan created_at.

7. **Entitas clustering_log**

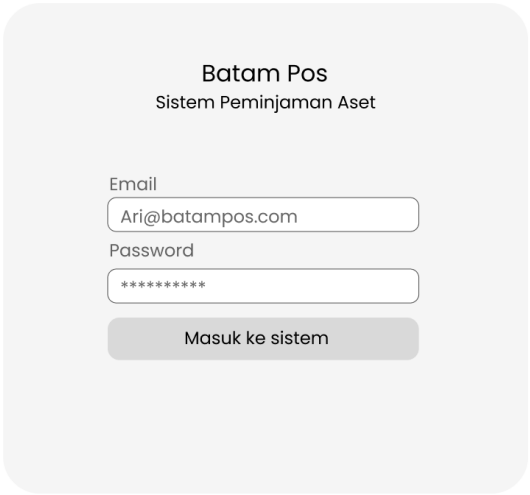
   Fungsi clustering_log: tabel ini adalah **arsip riwayat** setiap kali algoritma *K-Means* dijalankan berbeda dari profil_cluster yang hanya menyimpan hasil terkini per peminjam. Setiap eksekusi tersimpan sebagai satu baris baru, sehingga kualitas model bisa dipantau dari waktu ke waktu bukan cuma dilihat dari hasil eksekusi terakhir.

3.4.7 Desain Antarmuka (Wireframe)

Desain antarmuka sistem dirancang menggunakan Figma dengan prinsip yang sederhana, intuitif, dan responsif. Berikut adalah deskripsi rancangan antarmuka untuk halaman-halaman utama sistem:

1. Halaman Login

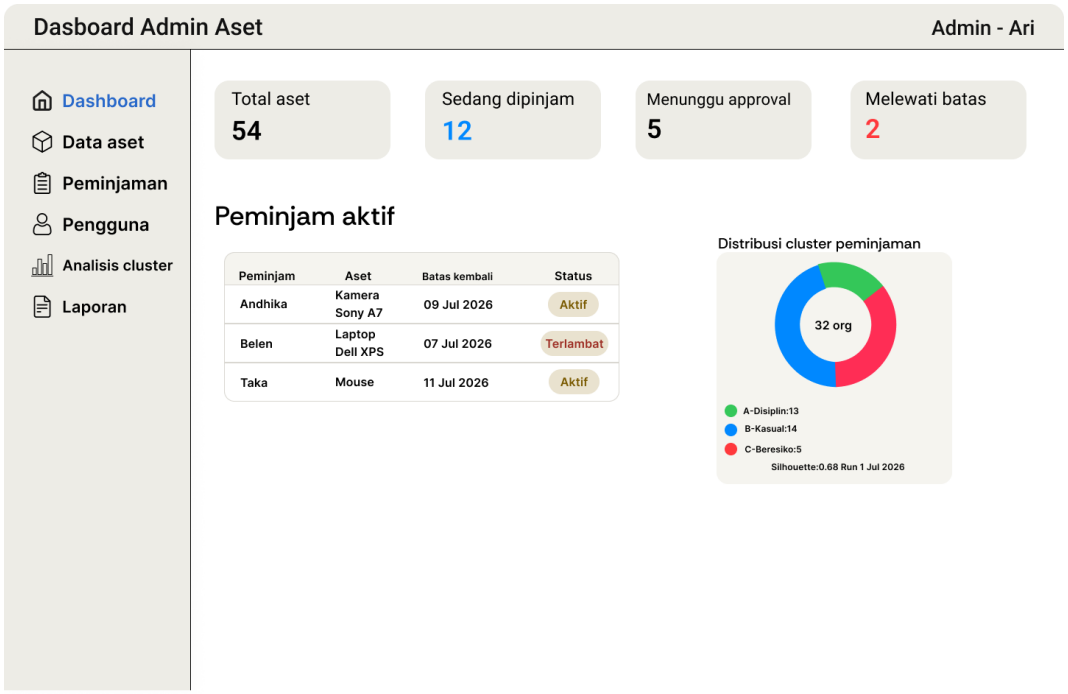
Halaman login menampilkan form autentikasi yang terdiri dari field email dan password, serta tombol masuk. Sistem mendeteksi peran pengguna secara otomatis berdasarkan data di database dan mengarahkan ke dashboard yang sesuai setelah login berhasil.



Gambar 3. 8 Wireframe Halaman Login

2. Dashboard Admin Aset

Dashboard Admin Aset menampilkan ringkasan informasi penting dalam bentuk kartu statistik yang mencakup: total aset, jumlah aset sedang dipinjam, jumlah permintaan menunggu approval, dan jumlah aset melewati batas waktu pengembalian. Di bagian bawah, terdapat tabel daftar peminjaman aktif, grafik distribusi cluster peminjam (pie chart atau bar chart), dan grafik Elbow Method hasil analisis *K-means* terakhir.



Gambar 3. 9 Wireframe Dashboard Admin Aset

3. Halaman Approval Peminjaman (HR / Kepala Divisi)

Halaman ini merupakan antarmuka paling kritis dalam sistem. Ketika HR atau kepala divisi membuka detail permintaan peminjaman untuk disetujui, sistem menampilkan dua panel berdampingan. Panel kiri menampilkan detail permintaan peminjaman (nama peminjam, aset yang diminta, tanggal pinjam, estimasi kembali, dan keterangan keperluan). Panel kanan menampilkan profil cluster peminjam yang mencakup: label cluster dengan warna indikator (hijau untuk

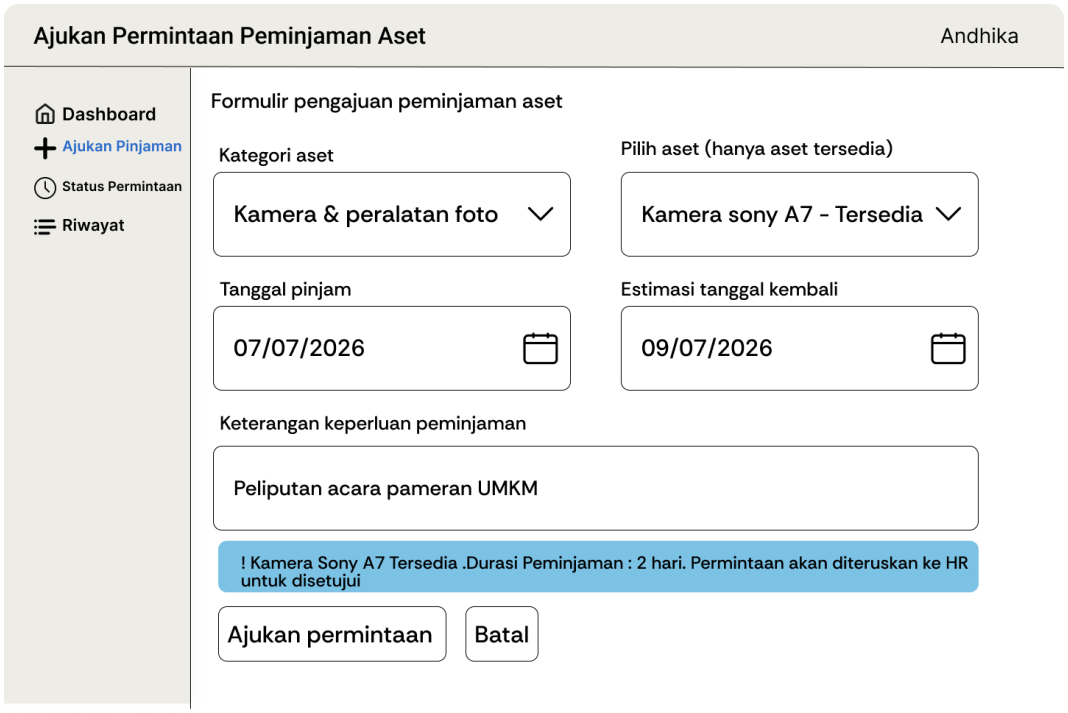
Cluster A: Disiplin, kuning untuk Cluster B: Kasual, merah untuk Cluster C: Berisiko), grafik radar lima variabel (F1-F5), dan ringkasan interpretasi perilaku dalam bahasa yang mudah dipahami. Di bagian bawah terdapat tombol Setujui dan Tolak beserta field catatan keputusan.



Gambar 3. 10 Wireframe Halaman Approval dengan Tampilan Profil Cluster Peminjam

4. Halaman Pengajuan Peminjaman (Karyawan)

Halaman ini menampilkan formulir pengajuan peminjaman yang terdiri dari: dropdown pilihan aset (hanya menampilkan aset berstatus tersedia), date picker untuk tanggal pinjam dan estimasi tanggal kembali, serta field keterangan keperluan peminjaman. Sistem menampilkan peringatan otomatis jika aset yang dipilih sedang dalam antrian peminjaman oleh pengguna lain.



Gambar 3. 11 Wireframe Halaman Pengajuan Peminjaman

3.5. Rencana Analisis

Analisis dalam penelitian ini mencakup tiga aspek utama yang saling berkaitan dan diutamakan untuk mengukur kualitas dan akurasi sistem secara menyeluruh. Ketiga aspek tersebut adalah analisis kualitas sistem informasi melalui pengujian fungsionalitas, analisis penerimaan pengguna melalui UAT, serta analisis akurasi dan kualitas hasil *clustering K-means* yang diukur menggunakan indikator berbasis angka persentase. Seluruh rencana analisis ini dilandasi oleh konsep-konsep teoritis yang telah dipaparkan pada Sub-bab 2.2 Landasan Teori.

3.5.1. Analisis Kualitas Sistem (Black Box Testing)

Black Box Testing dilakukan oleh peneliti untuk memverifikasi bahwa seluruh fitur sistem berjalan sesuai dengan spesifikasi kebutuhan fungsional yang telah ditetapkan pada Sub-bab 3.4.2. Sesuai dengan definisi yang telah diuraikan pada Sub-bab 2.2.12, pengujian ini dilakukan dari sudut pandang pengguna tanpa memperhatikan struktur internal kode program, dengan cara memberikan berbagai

skenario input dan memverifikasi kesesuaian output aktual sistem dengan output yang diharapkan.

Pengujian dilakukan dengan menyusun skenario uji untuk setiap kebutuhan fungsional (FR-01 hingga FR-12), kemudian mencatat hasil aktual sistem dan membandingkannya dengan hasil yang diharapkan. Tingkat keberhasilan pengujian diukur menggunakan persentase kelulusan skenario uji dengan rumus sebagai berikut.

Persentase Keberhasilan = (Jumlah skenario Berhasil / Total skenario uji) × 100%

Sistem dinyatakan berhasil apabila persentase keberhasilan Black Box Testing mencapai minimal 100%, artinya seluruh 37 skenario uji dari FR-01 hingga FR-12 menghasilkan status Berhasil. Apabila terdapat skenario dengan status Gagal, sistem diperbaiki dan pengujian diulang pada skenario yang bersangkutan hingga persentase keberhasilan mencapai 100%.

Tabel 3. 2 Format Tabel Skenario Pengujian Black Box Testing

No.	Kode FR	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Data Input	Output yang Diharapkan	Status
1	**FR-01**	Autentikasi login berdasarkan peran pengguna	Karyawan memasukkan email dan password valid → diarahkan ke dashboard karyawan	Email: budi@batampos.co.id Password: valid	Berhasil masuk dan diarahkan ke dashboard Karyawan sesuai peran	-
….	…..	……	……	……	……	……..
37	**FR-12**	Riwayat lengkap transaksi peminjaman karyawan	HR membuka riwayat peminjaman karyawan peminjam saat proses approval	Login sebagai HR Membuka halaman detail permintaan ID valid	HR dapat melihat riwayat seluruh transaksi peminjaman karyawan bersangkutan dari halaman approval	-

3.5.2. Analisis Penerimaan Pengguna (UAT)

User Acceptance Testing (UAT) dilakukan sesuai dengan konsep yang telah dipaparkan pada Sub-bab 2.2.13, yaitu pengujian akhir yang melibatkan pengguna nyata untuk memvalidasi bahwa sistem yang dibangun telah memenuhi kebutuhan dan ekspektasi operasional mereka. UAT melibatkan pengguna dari pihak Batam Pos yang terdiri dari staf pengelola aset, HR atau kepala divisi, dan karyawan yang akan menggunakan sistem.

UAT menggunakan instrumen kuesioner dengan skala Likert 1–5 yang mencakup aspek-aspek berikut.

- Kemudahan Penggunaan (Ease of Use): apakah sistem mudah dipahami dan digunakan tanpa pelatihan khusus.
- Kelengkapan Fitur: apakah seluruh fitur yang dibutuhkan dalam operasional peminjaman aset sudah tersedia dalam sistem.
- Kecepatan dan Performa: apakah sistem merespons dengan cepat dan tidak mengalami gangguan selama penggunaan.
- Kejelasan Visualisasi Cluster: apakah tampilan profil cluster peminjam (label, grafik radar F1–F5, dan interpretasi) mudah dipahami dan berguna dalam pengambilan keputusan approval, sesuai dengan ketentuan NFR-07.
- Kesesuaian dengan Kebutuhan Operasional: apakah secara keseluruhan sistem sudah sesuai dengan kebutuhan operasional pengelolaan peminjaman aset di Batam Pos.

Hasil UAT dianalisis secara deskriptif dengan menghitung rata-rata skor setiap aspek. Persentase tingkat penerimaan sistem dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

Persentase Penerimaan (%) = (Rata-rata skor UAT / Skor maksimum) × 100%

Contoh: Rata-rata skor 4,2 dari skala 5 = (4,2 / 5) × 100% = 84%

Sistem dinyatakan diterima (acceptable) apabila rata-rata skor UAT mencapai minimal 4,0 dari skala 5, yang setara dengan persentase penerimaan minimal 80%. Persentase ini mencerminkan bahwa mayoritas pengguna menilai

sistem dalam kategori Baik. Hasil UAT juga digunakan sebagai dasar perbaikan sistem sebelum finalisasi.

Tabel 3. 3 Skala Interpretasi Hasil UAT

Rata-rata Skor (Likert 1–5)	Persentase Penerimaan (%)	Kategori	Keterangan
4,21 – 5,00	84,2% – 100%	Sangat Baik	Sistem sangat diterima oleh pengguna
3,41 – 4,20	68,2% – 84%	Baik	Sistem diterima - memenuhi syarat minimum ≥ 80%
2,61 – 3,40	52,2% – 68%	Cukup	Sistem perlu perbaikan signifikan sebelum digunakan
1,81 – 2,60	36,2% – 52%	Kurang	Sistem tidak diterima - perlu pengembangan ulang
1,00 – 1,80	20% – 36%	Sangat Kurang	Sistem tidak diterima sama sekali

3.5.3. Analisis Akurasi dan Kualitas *Clustering K-means*

Analisis akurasi dan kualitas *clustering K-means* merupakan inti dari komponen kecerdasan buatan dalam penelitian ini dan diutamakan sebagai indikator keberhasilan utama sistem. Sesuai dengan catatan dosen penguji, pengukuran akurasi menggunakan indikator berbasis angka persentase - bukan penilaian subjektif seperti persetujuan HR. Sebagaimana telah dilandasi pada Sub-bab 2.2.4 (*K-means Clustering*), 2.2.5 (Elbow Method), 2.2.6 (Silhouette Score), 2.2.7 (Segmentasi Perilaku Peminjam), dan 2.2.8 (Data Mining), proses analisis ini merupakan penerapan teknik data mining berbasis *clustering* untuk mengekstrak pola perilaku peminjam dari data historis transaksi peminjaman aset di Batam Pos. Analisis dilaksanakan melalui delapan langkah berurutan berikut.

Langkah 1 – Persiapan dan Ekstraksi Data

Data yang digunakan sebagai input analisis adalah data historis transaksi peminjaman aset yang tersimpan di dalam tabel peminjaman pada database MySQL. Sesuai dengan batasan yang ditetapkan di Sub-bab 1.4, hanya peminjam yang memiliki minimal tiga data transaksi peminjaman yang diikutsertakan dalam proses *clustering* agar nilai statistik per peminjam memiliki representasi yang memadai.

Dari data transaksi tersebut, diekstrak lima variabel perilaku (F1–F5) untuk setiap peminjam sebagaimana telah didefinisikan pada Sub-bab 2.2.4, dengan formula perhitungan sebagaimana tercantum pada Tabel 3.4 Proposal.

Langkah 2 – Normalisasi Data dengan Min-Max Normalization

Sebelum dimasukkan ke dalam algoritma *K-means*, kelima variabel F1–F5 wajib dinormalisasi menggunakan metode Min-Max Normalization yang menyeragamkan seluruh variabel ke dalam rentang [0, 1]. Formula yang digunakan adalah: X_norm = (X – X_min) / (X_max – X_min). Normalisasi ini diperlukan karena kelima variabel memiliki satuan dan rentang nilai yang berbeda-beda sehingga tanpa normalisasi variabel dengan nilai lebih besar akan mendominasi perhitungan jarak Euclidean dan menghasilkan *clustering* yang bias (Nugraha dkk., 2025).

Langkah 3 – Penentuan Jumlah Cluster Optimal

Penentuan jumlah cluster optimal (K) dilakukan menggunakan kombinasi dua metode evaluasi yang saling melengkapi yaitu Elbow Method dan Silhouette Score untuk rentang K=2 hingga K=8. Jika kedua metode menunjukkan K yang sama, nilai tersebut ditetapkan sebagai K optimal. Apabila berbeda, pertimbangan utama diberikan kepada Silhouette Score karena secara statistik terbukti lebih valid (Vania & Sari, 2023). Berdasarkan perencanaan sistem dan arahan dosen pembimbing, diharapkan K=3 terbukti optimal secara statistik sehingga menghasilkan tiga cluster sesuai yang direncanakan pada Sub-bab 2.2.7.

Langkah 4 – Eksekusi Algoritma *K-means Clustering*

Setelah nilai K optimal ditentukan, algoritma *K-means Clustering* dieksekusi menggunakan library scikit-learn pada Python dengan metode inisialisasi *K-means*++ dan diulang sebanyak sepuluh kali. Hasil terbaik dengan nilai inertia terendah dipilih sebagai hasil akhir *clustering* (Juanita & Cahyono, 2024).

Langkah 5 – Interpretasi dan Pelabelan Cluster

Setelah *K-means* menghasilkan pengelompokan, setiap cluster diinterpretasikan berdasarkan nilai rata-rata centroid pada kelima variabel F1–F5 dan diberi label sesuai Tabel kriteria pelabelan pada Sub-bab 3.4.2. Label cluster kemudian disimpan ke dalam tabel profil_cluster pada database MySQL.

Langkah 6 – Pengukuran Akurasi *Clustering* (Indikator Utama)

Sesuai dengan catatan dosen penguji, akurasi hasil *clustering* diukur menggunakan tiga indikator berbasis angka persentase sebagai berikut. Ketiga indikator ini bersifat kuantitatif dan terukur sehingga tidak bergantung pada penilaian subjektif pihak HR atau kepala divisi.

a. Akurasi Klasifikasi Cluster (%)

Akurasi klasifikasi diukur menggunakan metode *train-test split*, yaitu dengan membagi data peminjam menjadi data latih (80%) dan data uji (20%) secara acak dengan *random state* tetap agar hasil dapat direproduksi. Model *K-Means* dilatih ulang hanya menggunakan data latih untuk membentuk *centroid* baru, kemudian setiap peminjam pada data uji diklasifikasikan berdasarkan centroid terdekat hasil model tersebut. Label hasil prediksi ini kemudian dibandingkan dengan label cluster yang diperoleh dari *K-Means* pada seluruh data sebagai referensi. Perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut.

Akurasi Klasifikasi (%) = (Jumlah prediksi yang sesuai pada data uji / Total data uji) × 100%

Target akurasi klasifikasi yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah minimal 75%. Pendekatan train-test split dipilih karena tidak memerlukan penetapan label referensi secara manual yang bersifat subjektif, sehingga pengukuran akurasi tetap objektif dan murni mengukur konsistensi model *K-Means* dalam mengklasifikasikan data baru yang belum pernah dilihat sebelumnya.

b. Silhouette Score (%)

Silhouette Score mengukur seberapa baik setiap peminjam berada di dalam clusternya sendiri dibandingkan cluster lain, dengan nilai berkisar antara -1 hingga 1. Nilai ini kemudian dikonversikan ke dalam bentuk persentase untuk memudahkan interpretasi sebagai berikut.

$$\text{Silhouette Score (\%)} = \text{Nilai Silhouette Score} \times 100\%$$

Target Silhouette Score yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah minimal 50% (nilai Silhouette ≥ 0,50), yang menunjukkan bahwa cluster yang dihasilkan memiliki kohesi internal yang baik dan separasi antar cluster yang jelas (Juanita & Cahyono, 2024; Wicaksono dkk., 2024).

c. Davies-Bouldin Index (%)

Davies-Bouldin Index (DBI) mengukur rata-rata kemiripan antar cluster semakin kecil nilai DBI, semakin baik kualitas *clustering*. Nilai DBI yang baik adalah di bawah 1,0, yang setara dengan separasi antar cluster di atas 100% relatif terhadap kohesi internalnya. Target DBI dalam penelitian ini adalah di bawah 1,0 (Juanita & Cahyono, 2024).

Tabel 3. 4 Ringkasan Target Indikator Akurasi dan Kualitas *Clustering*

No.	Indikator	Formula / Cara Ukur	Target	Satuan
1	Akurasi Klasifikasi	(Jumlah prediksi yang sesuai pada data uji / Total data uji) × 100%	**≥ 75%**	Persen (%)
2	Silhouette Score	Nilai Silhouette × 100% (scikit-learn: silhouette_score)	**≥ 50%**	Persen (%)
3	Davies-Bouldin Index	Nilai DBI (scikit-learn: davies_bouldin_score)	**< 1,0**	Indeks (semakin kecil semakin baik)
4	Persentase Peminjam Terklasifikasi	(Jumlah peminjam ≥ 3 transaksi / Total peminjam	**≥ 80%**	Persen (%)

		aktif) × 100%		

Sistem dinyatakan berhasil secara analitik apabila keempat indikator pada Tabel 3.6 memenuhi target yang telah ditetapkan secara bersamaan. Apabila salah satu indikator tidak memenuhi target, penelitian akan mendokumentasikan penyebabnya dan melakukan penyesuaian pada kualitas data, seleksi variabel, atau nilai K yang digunakan.

Langkah 7 – Evaluasi Kualitas *Clustering* (Kuantitatif dan Kualitatif)

a. Evaluasi kuantitatif

Evaluasi kuantitatif dilakukan dengan menghitung keempat indikator pada Tabel 3.6 menggunakan library scikit-learn Python secara otomatis setiap kali proses *clustering* dijalankan. Hasil evaluasi ditampilkan di dashboard Admin Aset dalam bentuk angka persentase yang mudah dipahami tanpa memerlukan pengetahuan teknis.

b. Evaluasi kualitatif bersama Batam Pos

Hasil segmentasi yang dihasilkan oleh *K-means* divalidasi secara kualitatif bersama staf HR dan Admin Aset Batam Pos. Validasi dilakukan dengan menunjukkan daftar peminjam beserta label cluster yang dihasilkan sistem, kemudian meminta pihak Batam Pos untuk menilai apakah segmentasi tersebut sesuai dengan pengetahuan mereka mengenai perilaku masing-masing peminjam secara nyata. Proses validasi kualitatif ini melengkapi evaluasi kuantitatif untuk memastikan bahwa segmentasi tidak hanya valid secara matematis tetapi juga bermakna secara operasional.

Langkah 8 – Pembaruan Berkala Hasil *Clustering*

Proses analisis *K-means* tidak dilakukan satu kali saja. Sesuai dengan alur yang telah digambarkan pada Activity Diagram Gambar 3.6, *clustering* dijalankan secara periodik (misalnya setiap tiga bulan) atau setiap kali dipicu oleh Admin Aset melalui panel administrasi. Pembaruan berkala ini diperlukan agar label cluster setiap peminjam selalu mencerminkan perilaku terkini mereka, mengingat perilaku peminjam dapat berubah seiring waktu. Setiap kali proses *clustering*

dijalankan, metadata eksekusi meliputi tanggal run, nilai K yang digunakan, persentase akurasi klasifikasi, nilai Silhouette Score (%), nilai DBI, dan jumlah data yang diproses disimpan dalam database untuk keperluan audit dan pemantauan konsistensi kualitas analisis dari waktu ke waktu.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan jadwal pelaksanaan penelitian, hasil implementasi sistem yang mengacu pada tahapan-tahapan pada Sub-bab 3.2 dan 3.3, serta hasil analisis yang dilakukan mengikuti rencana pada Sub-bab 3.5. Seluruh hasil dan analisis yang disajikan senantiasa merujuk pada landasan teori pada Sub-bab 2.2 dan diarahkan untuk menjawab tujuan penelitian pada Sub-bab 1.3.

Jadwal Kegiatan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan secara bertahap selama enam bulan. Jadwal kegiatan penelitian disajikan dalam bentuk Gantt Chart pada Tabel 4.1, yang menggambarkan alokasi waktu setiap tahapan sebagaimana telah dijelaskan pada Sub-bab 3.2 dan 3.3.

No.	Kegiatan	MARET 2026	APRIL 2026	MEI 2026	JUNI 2026	JULI 2026	AGUSTUS 2026	SEPTEMBER 2026
1	Identifikasi masalah dan studi literatur	✔						
2	Pengumpulan data (observasi dan wawancara)	✔						
3	Analisis dan perancangan sistem (UML, ERD, wireframe)	✔	✔					
4	Pengumpulan kebutuhan (Prototype tahap 1)		✔					
5	Membangun prototipe (Prototype tahap 2)		✔	✔				
6	Evaluasi dan perbaikan prototipe (Prototype tahap 3-4)		✔	✔				
7	Implementasi sistem final (Laravel, MySQL)			✔	✔	✔	✔	
8	Implementasi algoritma *K-means Clustering* (Python)				✔	✔	✔	
9	Pengujian sistem (Black Box Testing dan UAT)						✔	✔
10	Dokumentasi dan penyusunan laporan						✔	✔

Tabel 4. 1 Jadwal Kegiatan Penelitian

4.1. Hasil Implementasi

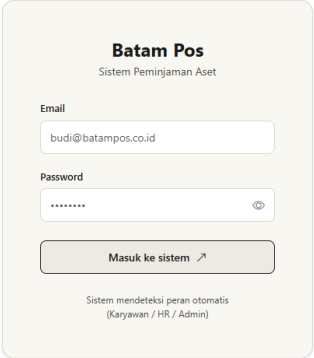
Sub-bab ini menyajikan hasil implementasi Sistem Informasi Peminjaman Aset dengan Analisis Perilaku Peminjam Menggunakan *K-means Clustering* yang telah dibangun sesuai dengan rancangan pada Sub-bab 3.4. Implementasi backend sistem menggunakan framework Laravel dengan database MySQL, sedangkan implementasi algoritma *K-means Clustering* menggunakan Python dan diintegrasikan melalui REST API menggunakan Flask, sebagaimana telah direncanakan pada Sub-bab 3.2.

4.1.1. Implementasi Basis Data dan Arsitektur Sistem

Struktur basis data hasil perancangan ERD pada Sub-bab 3.4.6 diimplementasikan pada database MySQL yang terdiri atas enam tabel utama, yaitu tabel pengguna, aset, peminjaman, approval, profil_cluster, dan notifikasi, beserta relasi primary key dan foreign key sesuai rancangan. Arsitektur sistem dibangun dengan memisahkan komponen aplikasi web (Laravel) dan mesin analisis *K-means* (Python Flask API) ke dalam dua layanan yang saling berkomunikasi melalui protokol HTTP, sehingga proses *clustering* dapat dijalankan secara independen tanpa mengganggu kinerja aplikasi web utama.

4.1.2. Implementasi Antarmuka Sistem

Implementasi antarmuka sistem terdiri atas enam belas halaman yang melayani tiga peran pengguna, yaitu Admin Aset, HR/Kepala Divisi, dan Karyawan. Autentikasi pengguna diimplementasikan pada satu halaman login yang mendeteksi peran secara otomatis dan mengarahkan pengguna ke dashboard sesuai perannya, sebagaimana tampak pada Gambar 4.1.

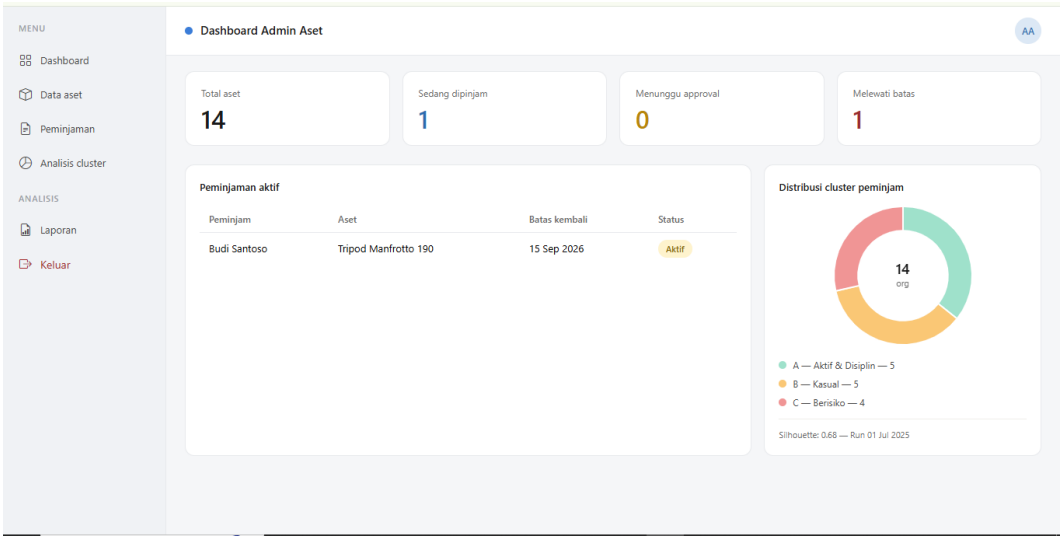


Gambar 4. 1 Antarmuka Halaman Login

Berikut adalah penjelasan alur penggunaan sistem secara umum, yaitu Karyawan mengajukan permintaan peminjaman, permintaan diteruskan kepada HR/Kepala Divisi untuk ditinjau dan diputuskan dengan mempertimbangkan profil cluster peminjam, kemudian setelah disetujui, Admin Aset mengonfirmasi pengambilan dan pengembalian aset secara fisik, dan seluruh proses tersebut menghasilkan notifikasi otomatis serta dapat direkapitulasi melalui halaman laporan.

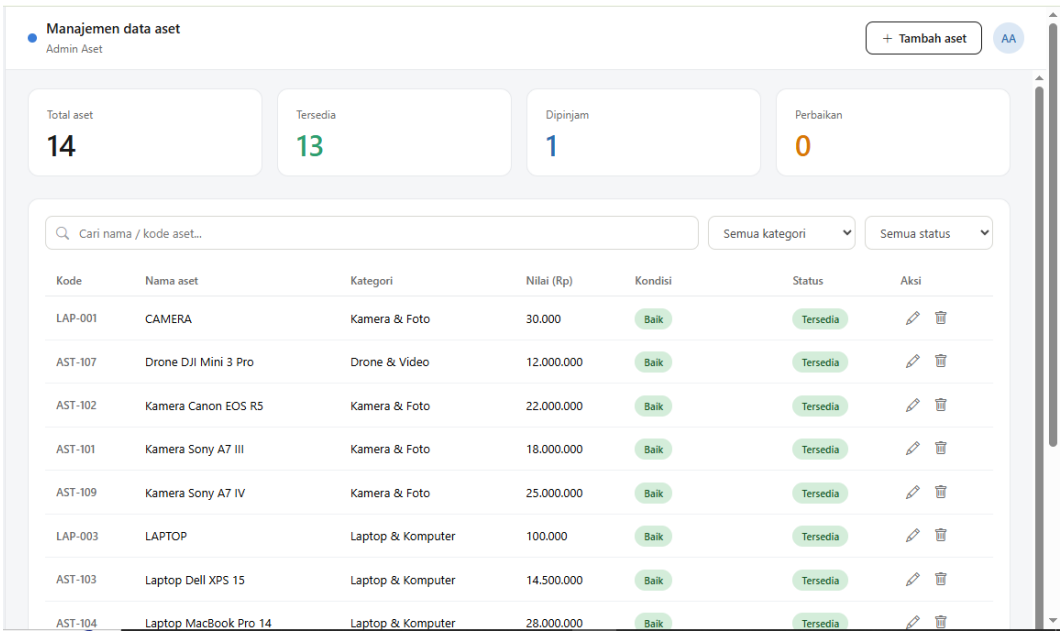
a. Antarmuka Admin Aset

Dashboard Admin Aset menyajikan ringkasan kondisi sistem secara real-time, mencakup kartu statistik total aset, jumlah aset yang sedang dipinjam, jumlah permintaan yang menunggu persetujuan, dan jumlah aset yang melewati batas pengembalian, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.2. Pada bagian kanan dashboard juga ditampilkan diagram distribusi cluster peminjam beserta nilai Silhouette Score hasil analisis *K-means* terakhir, sesuai dengan kebutuhan fungsional FR-10.

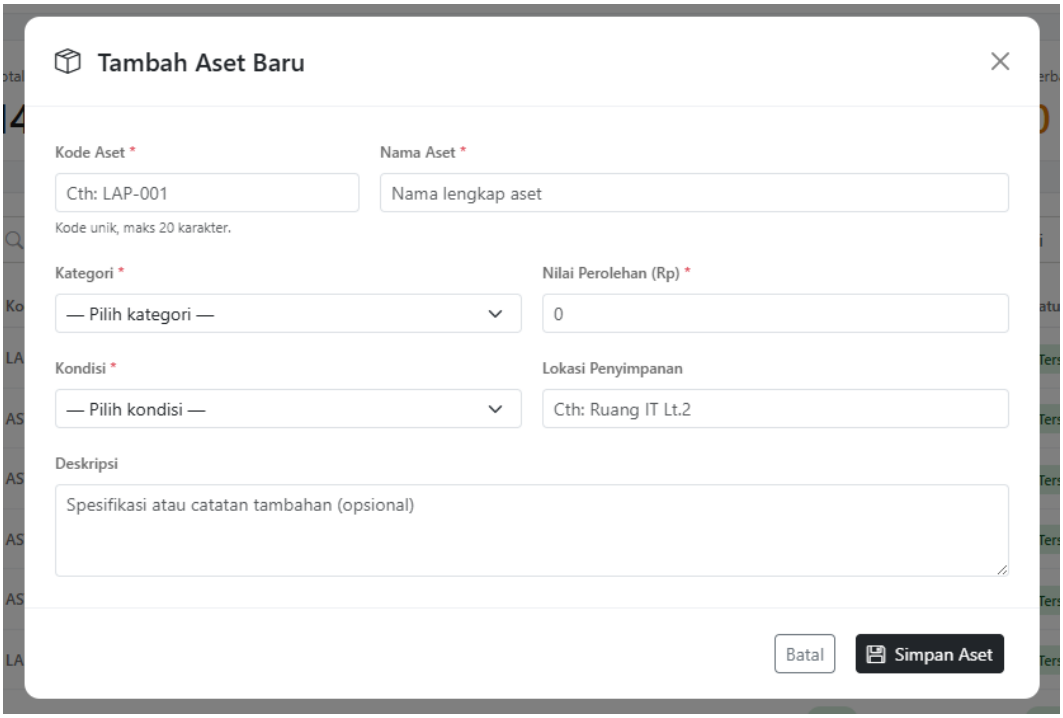


Gambar 4. 2 Antarmuka Dashboard Admin Aset

Halaman Manajemen Data Aset (FR-02) memungkinkan Admin Aset melakukan pengelolaan data aset secara penuh, meliputi penambahan, pengubahan, penghapusan, serta pencarian dan penyaringan data aset berdasarkan kategori dan status, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.3. Formulir penambahan aset baru ditampilkan dalam bentuk modal seperti pada Gambar 4.4, yang mencakup input kode aset, nama aset, kategori, nilai perolehan, kondisi, lokasi penyimpanan, dan deskripsi tambahan.

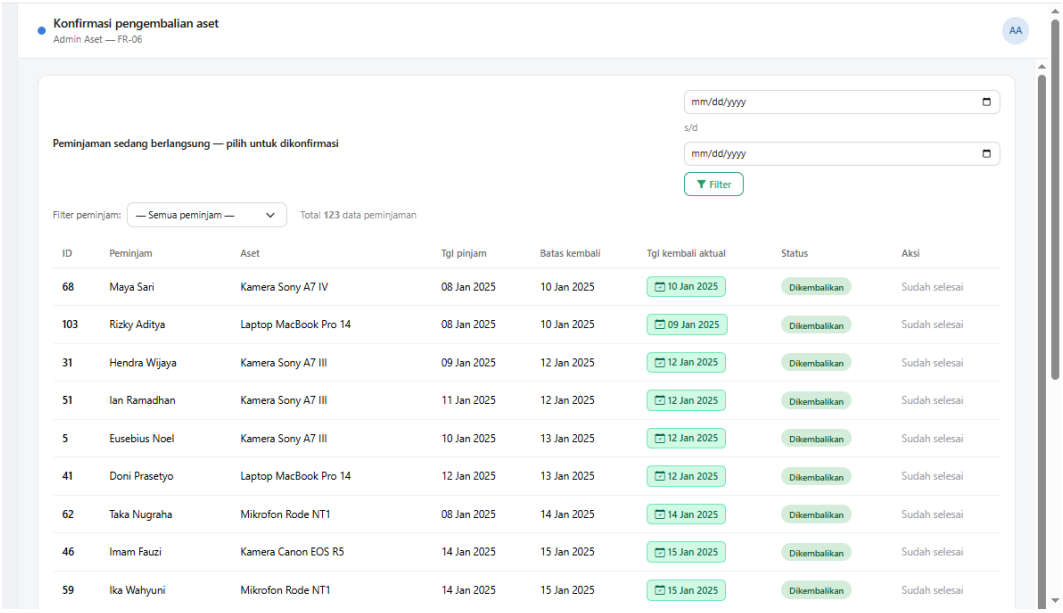


Gambar 4. 3 Antarmuka Halaman Manajemen Data Aset

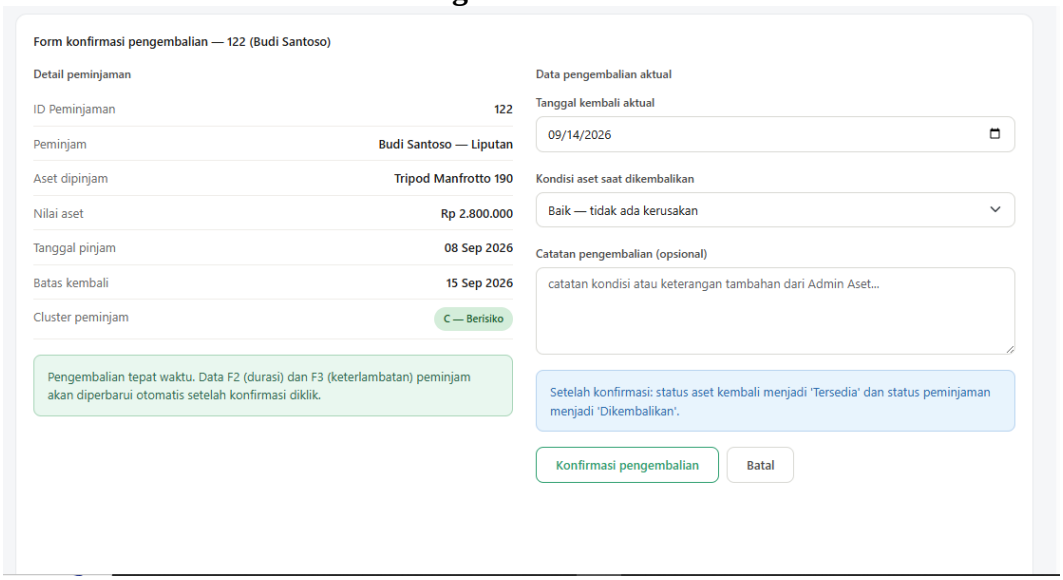


Gambar 4. 4 Antarmuka Modal Tambah Aset Baru

Halaman Konfirmasi Pengambilan dan Pengembalian Aset (FR-06) menampilkan seluruh peminjaman yang sedang berlangsung beserta status ketersediaannya, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.5. Sistem membedakan status "Dipesan" (aset telah disetujui HR namun belum diambil secara fisik) dengan status "Dipinjam" (aset telah diambil), sehingga mencegah dua peminjam berbeda mengajukan aset yang sama secara bersamaan. Ketika Admin Aset memilih untuk mengonfirmasi pengembalian, sistem menampilkan formulir konfirmasi seperti pada Gambar 4.6, yang menampilkan detail peminjaman beserta label cluster peminjam, dan secara otomatis memperbarui variabel F2 (durasi) dan F3 (keterlambatan) peminjam yang bersangkutan setelah konfirmasi disimpan.

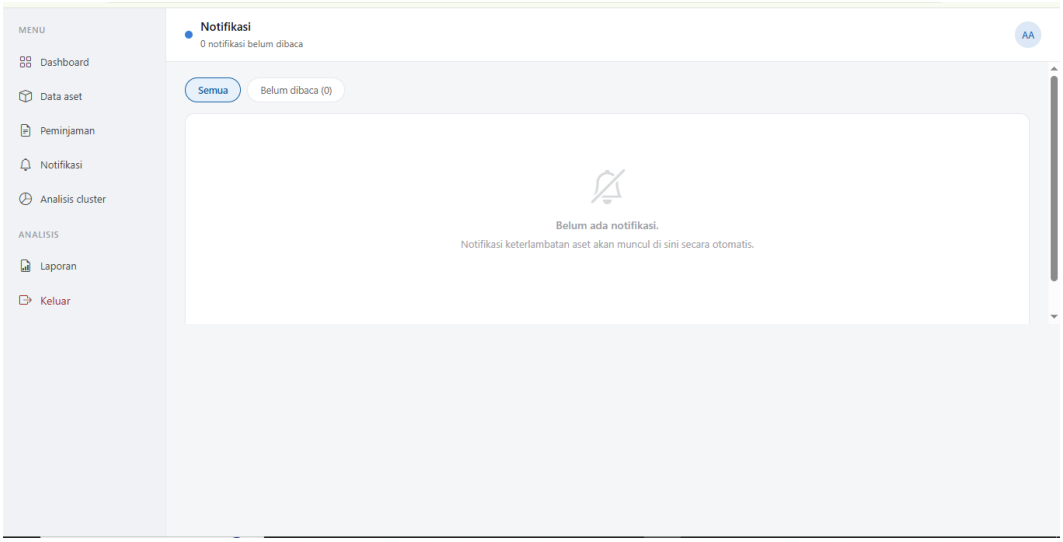


Gambar 4. 5 Antarmuka Halaman Konfirmasi Pengambilan dan Pengembalian Aset



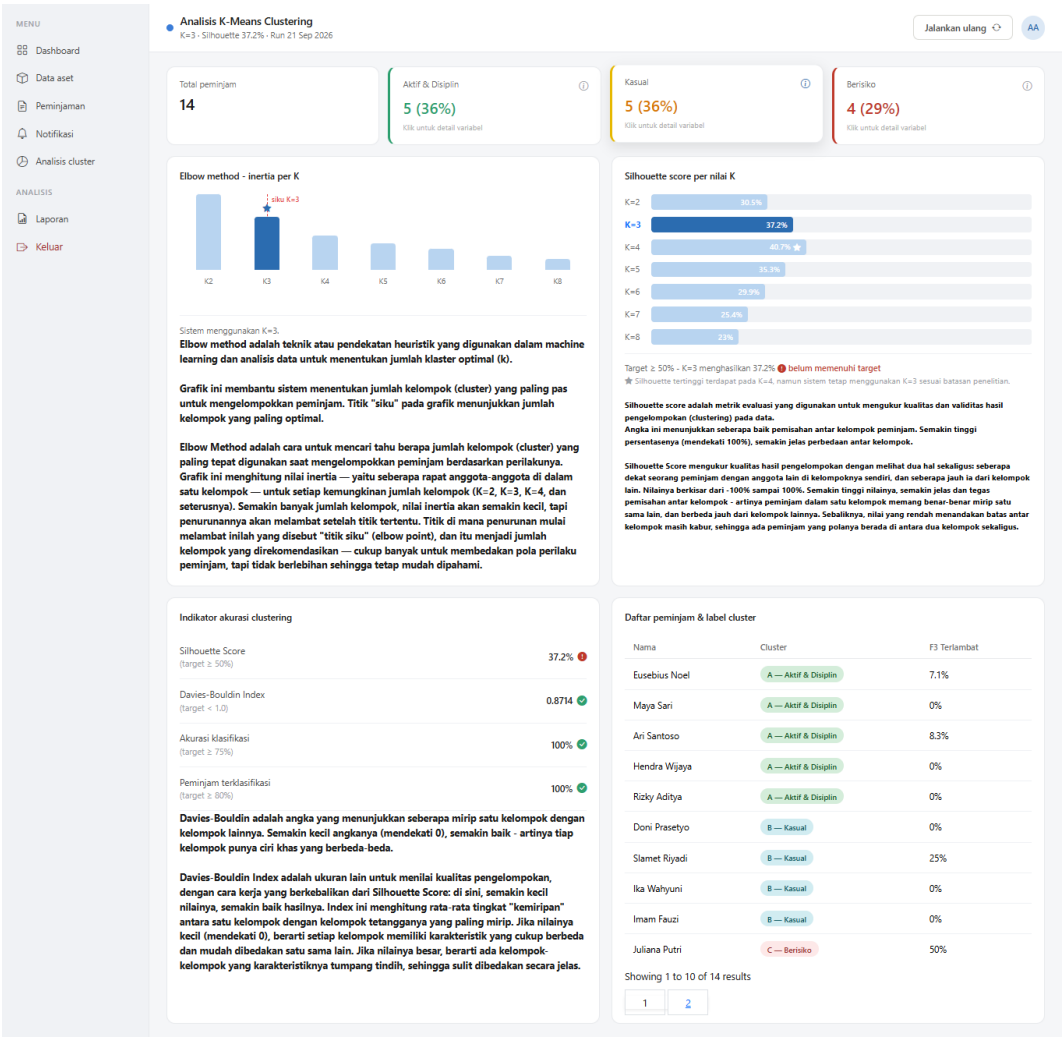
Gambar 4. 6 Antarmuka Formulir Konfirmasi Pengembalian Aset

Halaman Notifikasi Admin Aset (FR-07) menampilkan notifikasi otomatis yang dipicu ketika terdapat aset yang melewati batas waktu pengembalian, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.7. Notifikasi ini dihasilkan oleh scheduled task yang berjalan secara berkala untuk memeriksa peminjaman yang telah melewati tanggal rencana kembali namun belum dikonfirmasi pengembaliannya.

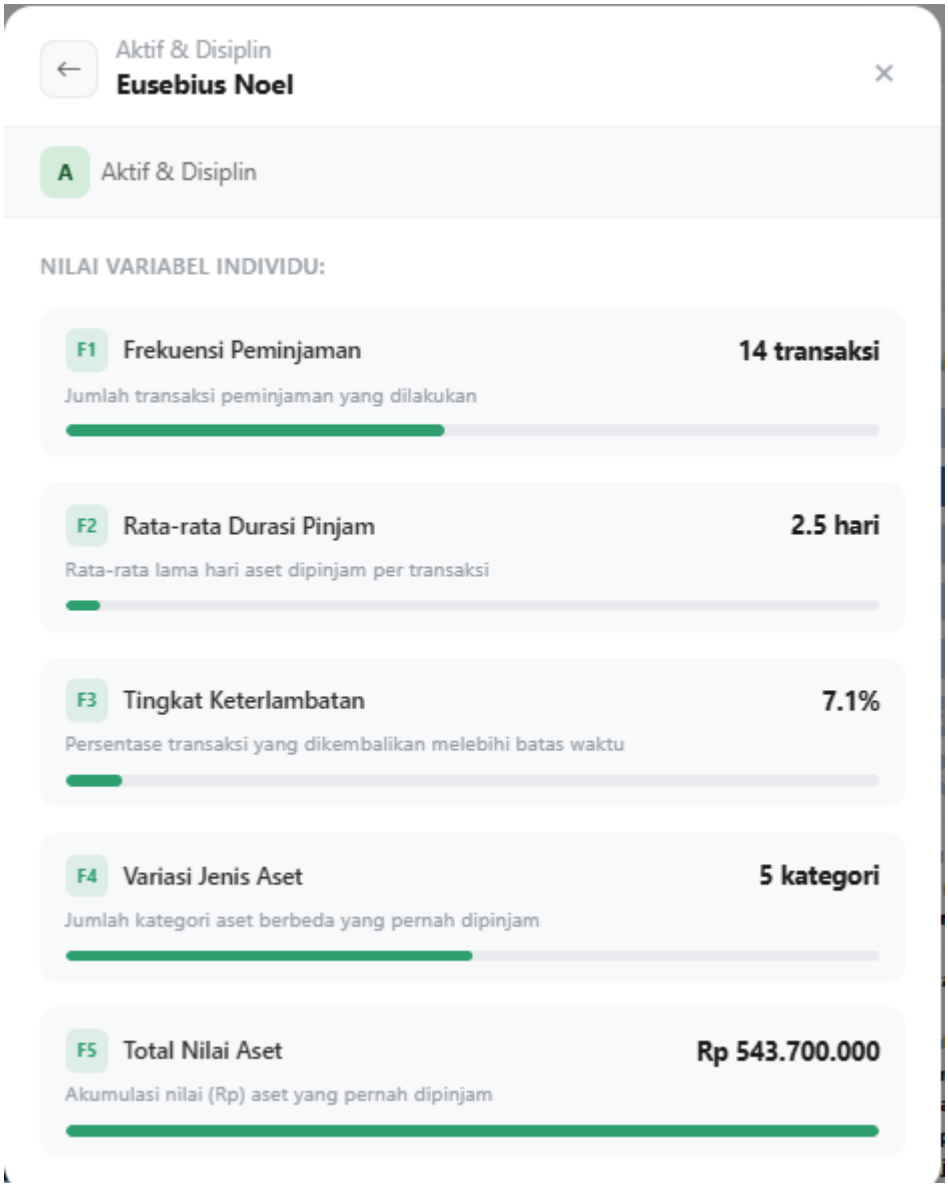


Gambar 4. 7 Antarmuka Halaman Notifikasi Admin Aset

Halaman Analisis *K-means Clustering* (FR-08, FR-09) merupakan halaman inti yang menampilkan hasil pemrosesan algoritma *K-means*, mencakup grafik Elbow Method, grafik Silhouette Score per nilai K, empat indikator akurasi *clustering*, distribusi jumlah peminjam pada setiap cluster yang dapat di klik untuk melihat rincian hitungan masing masing cluster dan anggota yang ada dalam cluster tersebut, serta daftar lengkap peminjam beserta label cluster masing-masing, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.8. Admin Aset dapat menjalankan ulang proses *clustering* kapan saja melalui tombol "Jalankan ulang" yang terdapat pada halaman ini.

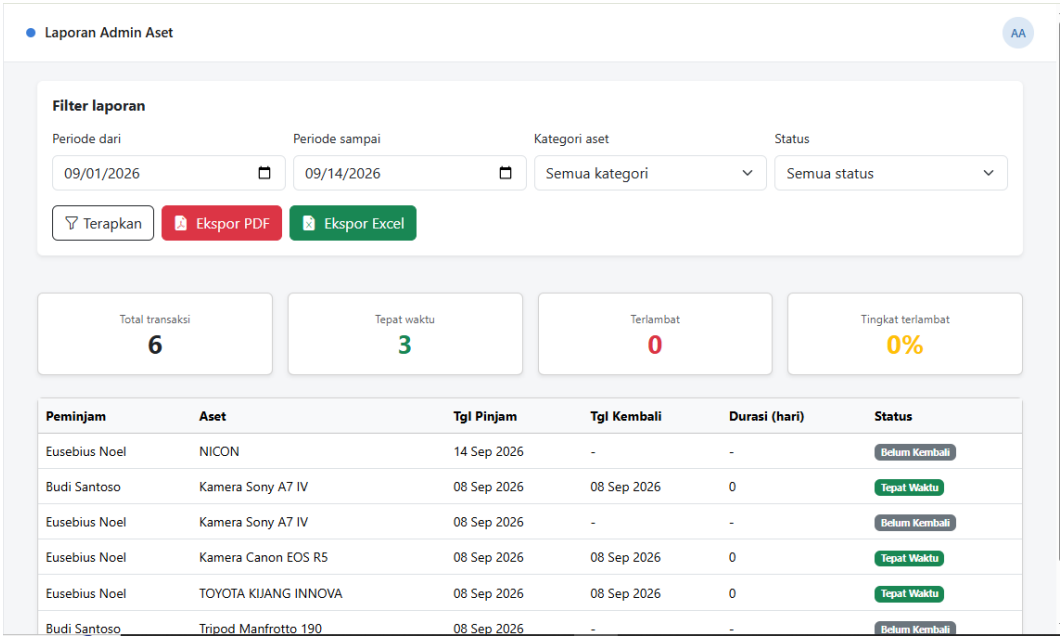


Gambar 4. 8 Antarmuka Halaman Analisis K-means Clustering



Gambar 4. 9 Antar muka rincian hitungan F1-F5

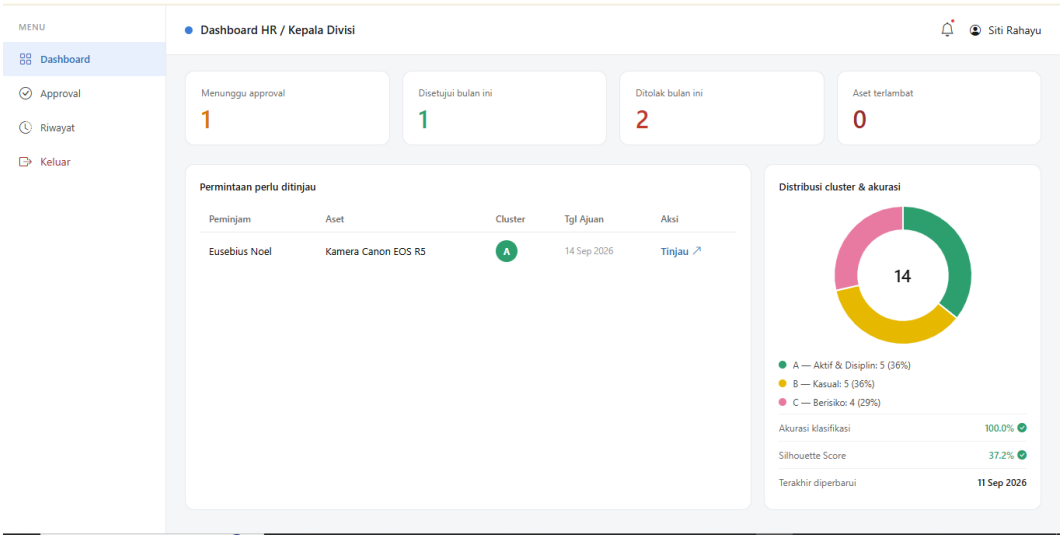
Halaman Laporan (FR-11) menyediakan fitur penyaringan data peminjaman berdasarkan rentang periode, kategori aset, dan status, serta menyediakan fitur ekspor laporan ke dalam format PDF dan Excel, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Antarmuka Halaman Laporan Admin Aset

b. Antarmuka HR/Kepala Divisi

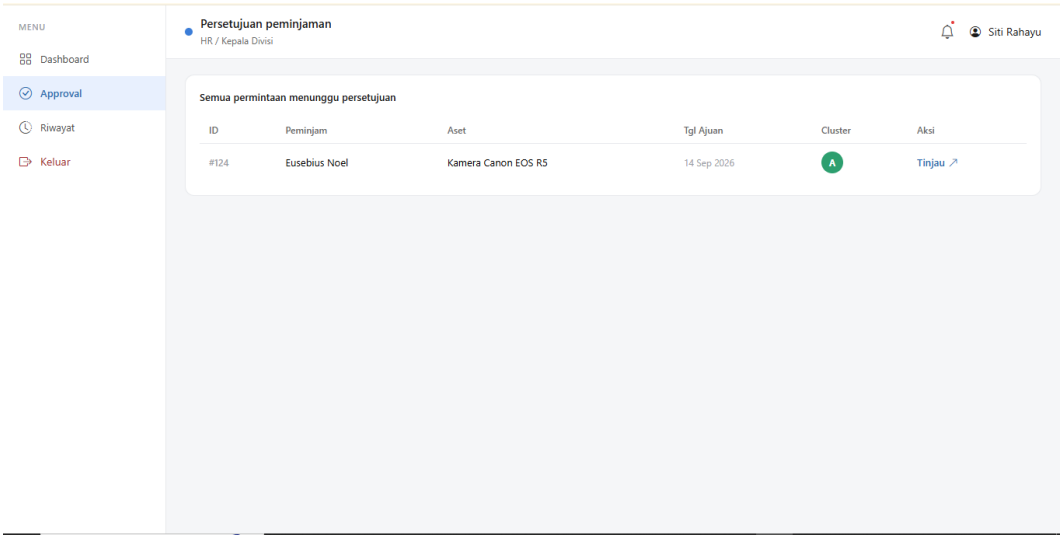
Dashboard HR/Kepala Divisi menampilkan ringkasan jumlah permintaan yang menunggu persetujuan, jumlah permintaan yang disetujui dan ditolak pada bulan berjalan, serta distribusi cluster peminjam beserta metrik akurasi klasifikasi dan Silhouette Score, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.11.



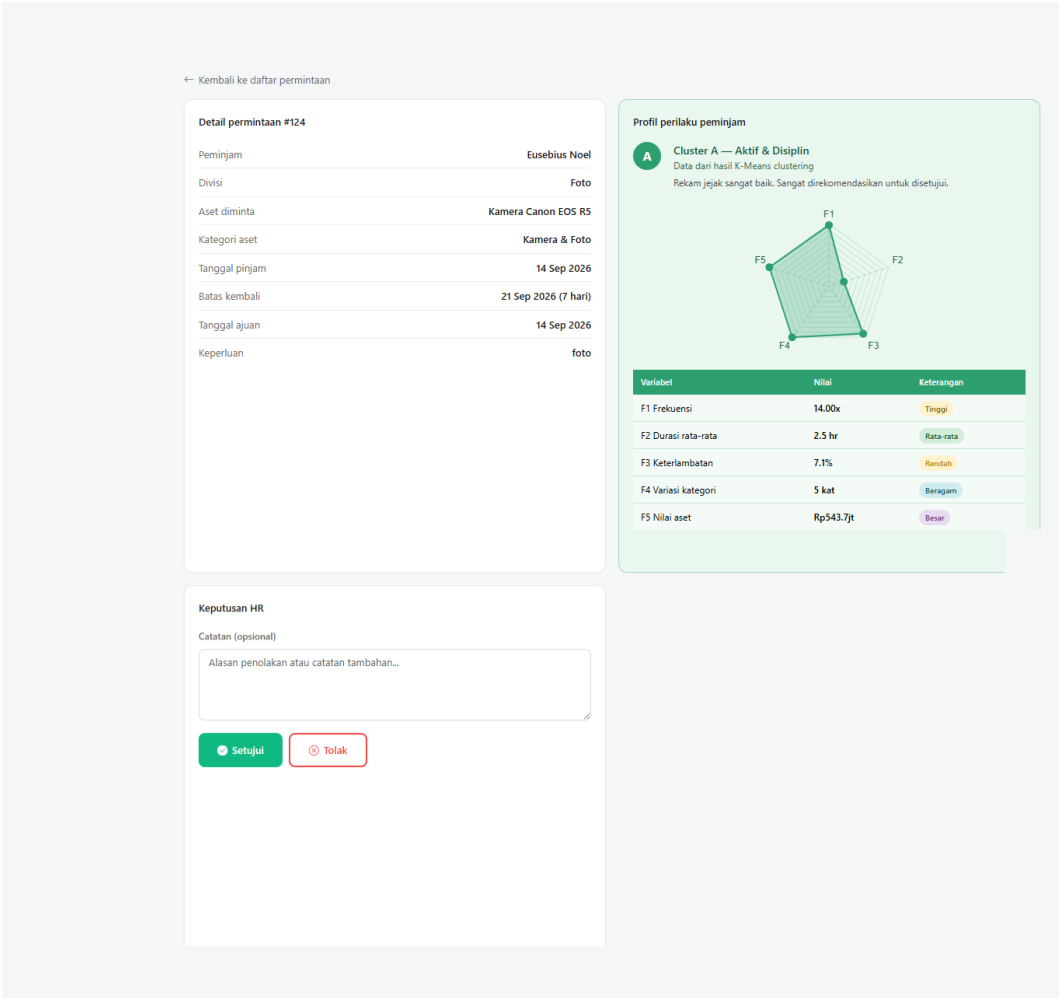
Gambar 4. 11 Antarmuka Dashboard HR / Kepala Divisi

Halaman Approval (FR-04, FR-05) merupakan implementasi dari fitur unggulan penelitian ini. Pada mode daftar, halaman ini menampilkan seluruh

permintaan yang menunggu persetujuan beserta label cluster masing-masing peminjam, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.11. Ketika HR memilih untuk meninjau salah satu permintaan, sistem menampilkan halaman detail sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.12, yang terdiri atas dua bagian utama: bagian kiri menampilkan detail permintaan beserta formulir keputusan (setujui atau tolak beserta catatan), dan bagian kanan menampilkan Profil Perilaku Peminjam secara lengkap, meliputi label cluster, grafik radar kelima variabel F1 hingga F5, serta tabel keterangan setiap variabel. Tampilan profil cluster ini secara langsung menjawab tujuan penelitian keempat pada Sub-bab 1.3, yaitu menyajikan hasil analisis perilaku peminjam sebagai informasi pendukung keputusan pada saat proses persetujuan berlangsung.

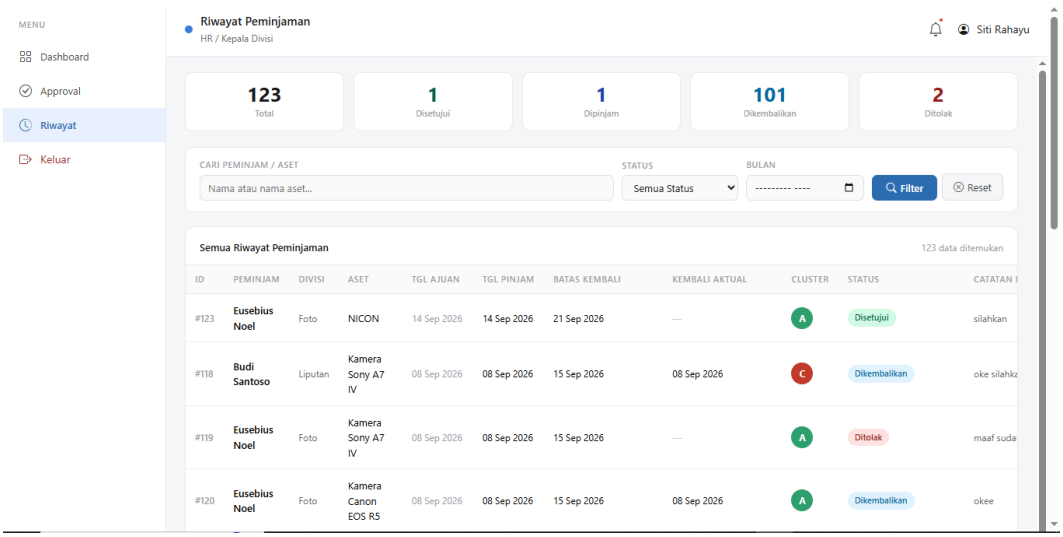


Gambar 4. 12 Antarmuka Halaman Approval - Daftar Permintaan



Gambar 4. 13 Antarmuka Halaman Approval - Detail dan Profil Cluster Peminjam

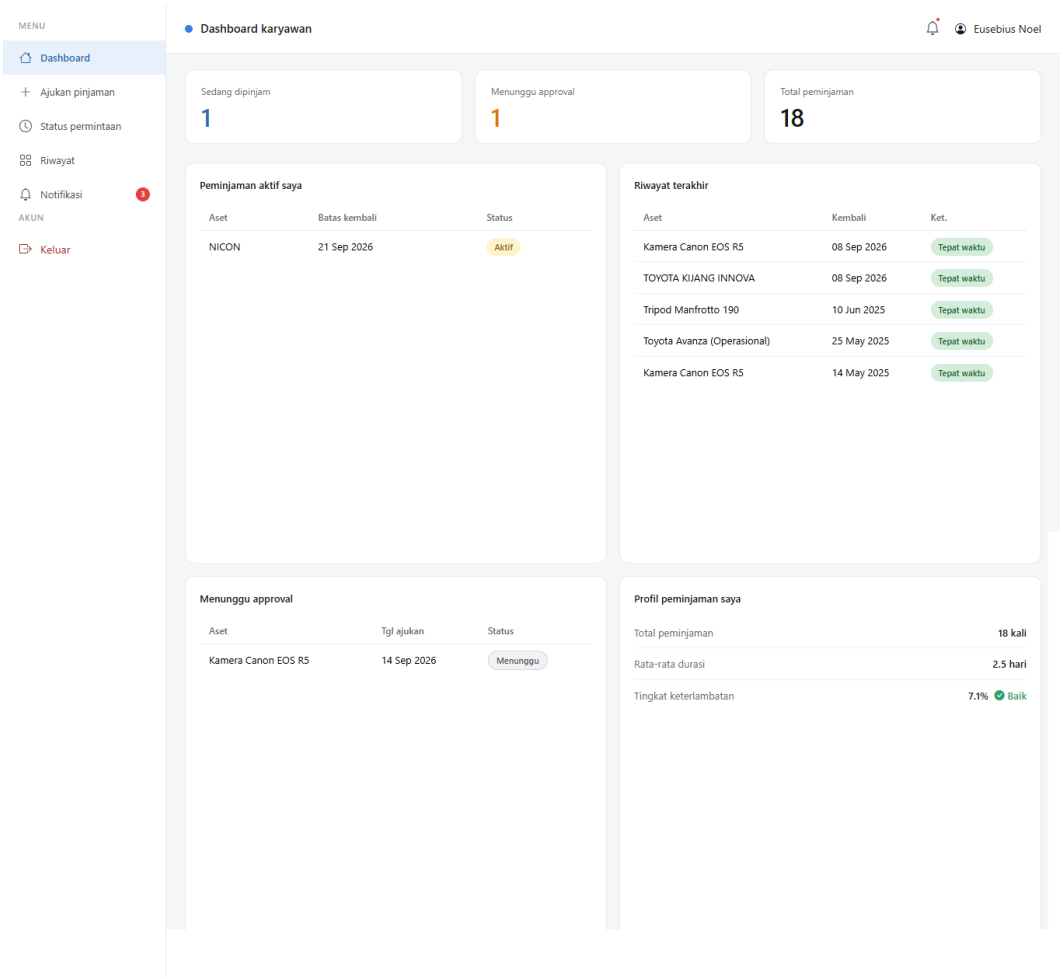
Halaman Riwayat Peminjaman HR (FR-12) menampilkan seluruh riwayat transaksi peminjaman beserta label cluster dan status keputusan pada setiap transaksi, yang dapat disaring berdasarkan nama peminjam, aset, status, maupun periode bulan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Antarmuka Halaman Riwayat Peminjaman HR

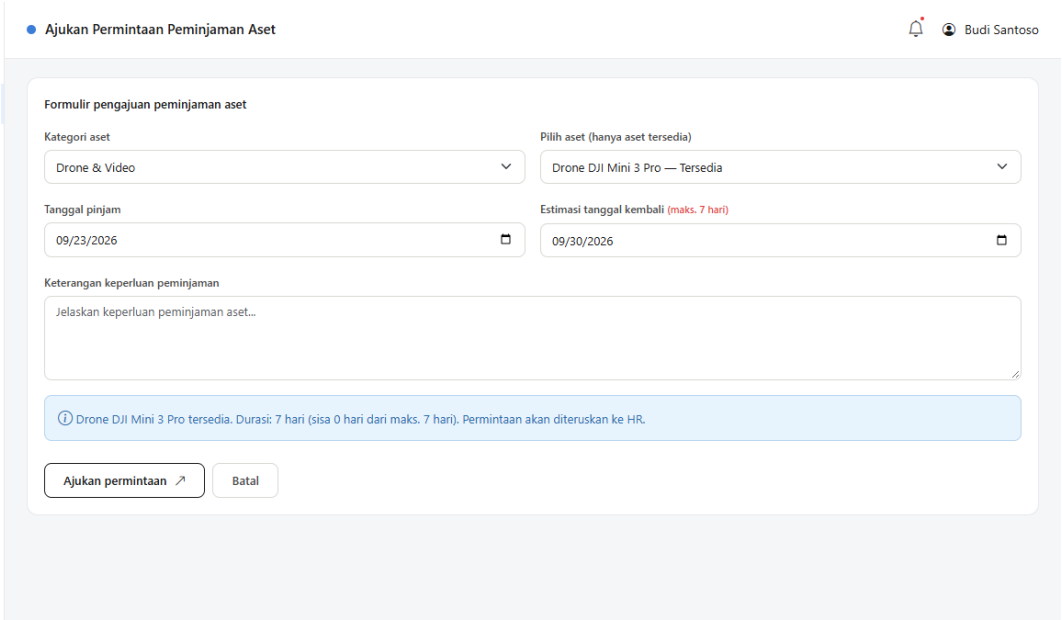
c. Antarmuka Karyawan

Dashboard Karyawan menampilkan ringkasan status peminjaman aktif, permintaan yang sedang menunggu persetujuan, riwayat peminjaman terakhir, serta profil peminjaman pribadi yang mencakup total peminjaman, rata-rata durasi, dan tingkat keterlambatan karyawan yang bersangkutan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.15.



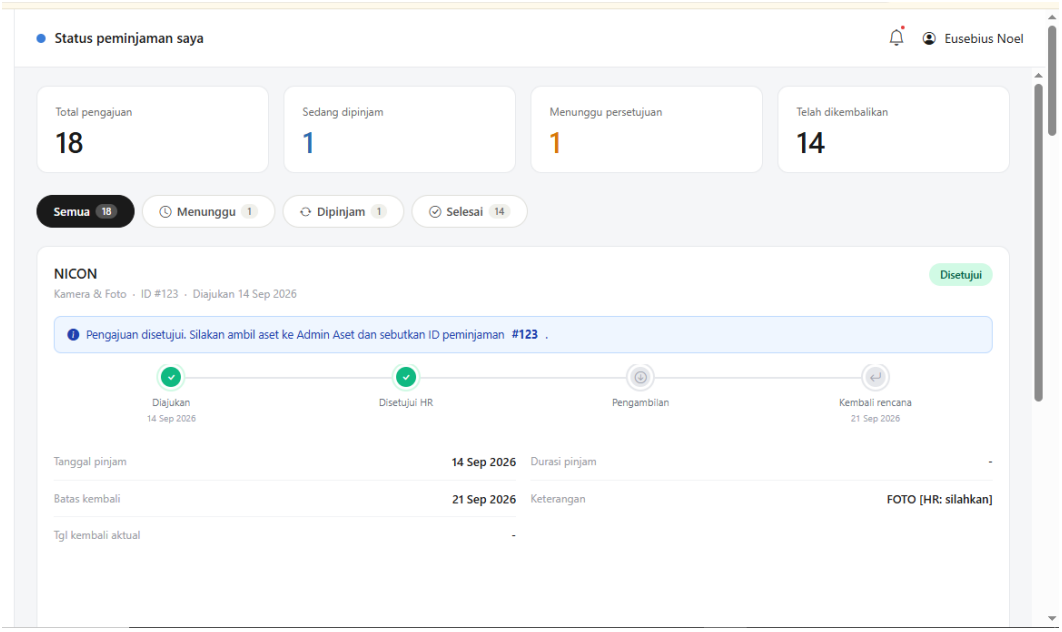
Gambar 4. 15 Antarmuka Dashboard Karyawan

Halaman Ajukan Permintaan Peminjaman (FR-03) menyediakan formulir pengajuan yang hanya menampilkan aset dengan status "Tersedia" pada daftar pilihan, sehingga secara otomatis mencegah karyawan mengajukan aset yang sedang dipinjam atau sedang dipesan oleh peminjam lain, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.16.



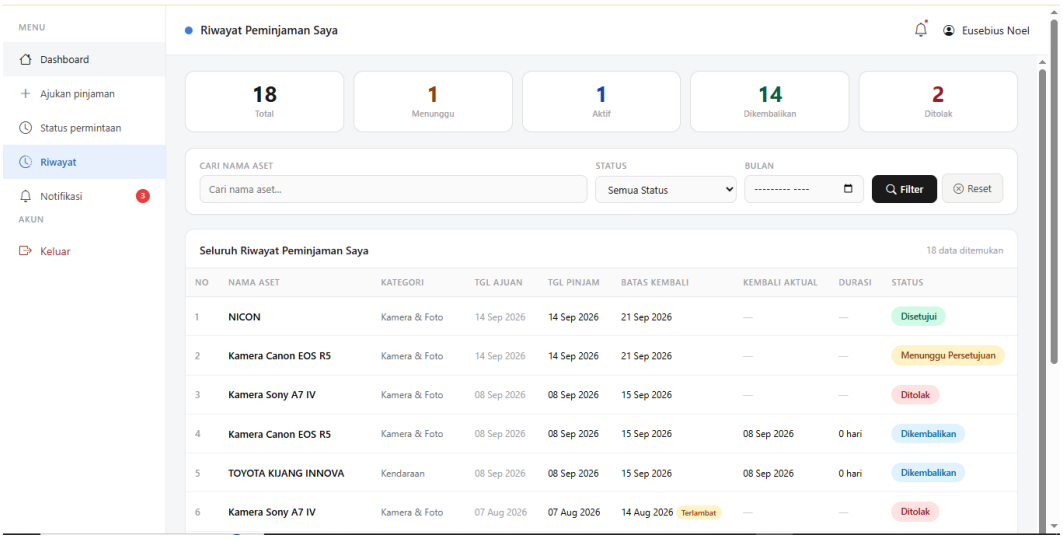
Gambar 4. 16 Antarmuka Halaman Ajukan Permintaan Peminjaman Aset

Halaman Status Peminjaman menampilkan perkembangan setiap permintaan yang diajukan karyawan dalam bentuk stepper timeline yang terdiri atas empat tahapan, yaitu Diajukan, Disetujui HR, Pengambilan, dan Kembali Rencana, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.17. Tampilan ini memberikan transparansi kepada karyawan mengenai posisi permintaan mereka dalam alur persetujuan dan pengambilan aset.

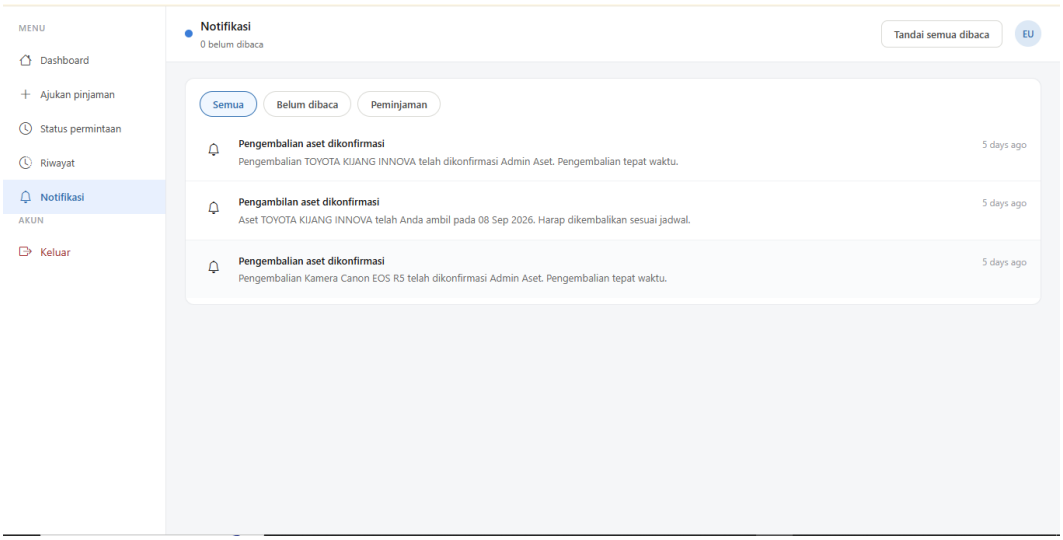


Gambar 4. 17 Antarmuka Halaman Status Peminjaman Karyawan

Halaman Riwayat Peminjaman Karyawan (FR-12) menampilkan seluruh riwayat peminjaman pribadi karyawan yang bersangkutan beserta status masing-masing transaksi, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.17, sedangkan halaman Notifikasi Karyawan (FR-07) menampilkan notifikasi otomatis terkait persetujuan, penolakan, pengambilan, dan pengembalian aset, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4. 18 Antarmuka Halaman Riwayat Peminjaman Karyawan



Gambar 4. 19 Antarmuka Halaman Notifikasi Karyawan

4.1.3. Implementasi Algoritma *K-means Clustering*

Algoritma *K-means Clustering* diimplementasikan menggunakan Python dengan pustaka scikit-learn dan diintegrasikan dengan sistem Laravel melalui

REST API menggunakan Flask. Data historis transaksi peminjaman diekstraksi menjadi lima variabel F1 hingga F5, dinormalisasi menggunakan Min-Max Normalization, kemudian diproses menggunakan algoritma *K-means* dengan inisialisasi *K-means++* sebanyak sepuluh kali pengulangan, sesuai dengan rancangan pada Sub-bab 3.2.

Sebagai tahap validasi awal implementasi algoritma sebelum digunakan pada data produksi sistem, pengujian dilakukan menggunakan dataset riil berupa data inventaris perangkat IT dari 77 pengguna dengan 101 unit aset, dengan variabel aktif F3 (tingkat keterlambatan) dan F5 (total nilai aset). Hasil validasi algoritma pada dataset tersebut disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Validasi Awal Algoritma K-means Clustering

Indikator	Hasil	Keterangan
Jumlah cluster optimal (K)	3	Sesuai batasan Sub-bab 1.4 dan 2.2.7
Akurasi Klasifikasi	93,8%	Melebihi target ≥ 75% (Tabel 3.6)
Silhouette Score	60,0%	Melebihi target ≥ 50% (Tabel 3.6)
Davies-Bouldin Index	0,5667	Memenuhi target < 1,0 (Tabel 3.6)
Persentase Peminjam Terklasifikasi	100%	Melebihi target ≥ 80% (Tabel 3.6)

Hasil validasi pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa keempat indikator akurasi yang ditetapkan pada Sub-bab 3.5.3 seluruhnya terpenuhi, sehingga algoritma *K-means Clustering* yang diimplementasikan dinyatakan valid untuk diterapkan pada data transaksi peminjaman aset Batam Pos yang sesungguhnya. Setelah sistem diimplementasikan dan diujicobakan dengan data transaksi produksi, proses *clustering* dijalankan langsung oleh Admin Aset melalui antarmuka sistem pada Gambar 4.8, dan hasilnya dibahas lebih lanjut pada Sub-bab 4.2.3.

4.2. Hasil Analisis

Analisis hasil pada sub-bab ini dilakukan mengikuti tiga tahapan yang telah direncanakan pada Sub-bab 3.5, yaitu analisis kualitas sistem melalui Black Box Testing, analisis penerimaan pengguna melalui User Acceptance Testing, serta analisis akurasi dan kualitas hasil *clustering K-means*. Seluruh analisis

dilakukan dengan merujuk pada konsep teoritis yang telah dipaparkan pada Sub-bab 2.2 dan diarahkan untuk menjawab tujuan penelitian pada Sub-bab 1.3.

4.2.1. Analisis Kualitas Sistem (Black Box Testing)

Sesuai dengan rencana pada Sub-bab 3.5.1, pengujian Black Box Testing dilakukan terhadap 37 skenario uji yang mencakup dua belas kebutuhan fungsional (FR-01 hingga FR-12). Pengujian dilakukan dengan memberikan skenario input pada sistem yang telah diimplementasikan, kemudian membandingkan output aktual sistem dengan output yang diharapkan, sesuai dengan konsep Black Box Testing pada Sub-bab 2.2.12. Persentase keberhasilan dihitung menggunakan rumus yang telah ditetapkan pada Sub-bab 3.5.1, yaitu jumlah skenario berhasil dibagi total skenario uji dikalikan seratus persen.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh 37 skenario uji menghasilkan status Berhasil, sehingga persentase keberhasilan Black Box Testing mencapai 100%. Rekapitulasi hasil pengujian per kebutuhan fungsional disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 3 BlackBox Testing

No.	Kode FR	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Data Input	Output yang Diharapkan	Status
1	**FR-01**	Autentikasi login berdasarkan peran pengguna	Karyawan memasukkan email dan password valid → diarahkan ke dashboard karyawan	Email: budi@batampos.co.id Password: valid	Berhasil masuk dan diarahkan ke dashboard Karyawan sesuai peran	Berhasil
2	**FR-01**	Autentikasi login berdasarkan peran pengguna	HR memasukkan email dan password valid → diarahkan ke dashboard HR	Email: siti@batampos.co.id Password: valid	Berhasil masuk dan diarahkan ke dashboard HR dengan menu approval tersedia	Berhasil
3	**FR-01**	Autentikasi login berdasarkan peran pengguna	Admin memasukkan email dan password valid → diarahkan ke dashboard Admin Aset	Email: admin@batampos.co.id Password: valid	Berhasil masuk dan diarahkan ke dashboard Admin Aset	Berhasil
4	**FR-**	Autentikasi	Pengguna	Email: valid Password:	Sistem	Berhasil

No.	Kode FR	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Data Input	Output yang Diharapkan	Status
	01	login berdasarkan peran pengguna	memasukkan password yang salah	salah	menampilkan pesan kesalahan "Email atau password salah" dan tidak mengizinkan masuk	
5	**FR-02**	Manajemen data aset (tambah, ubah, hapus, cari)	Admin menambahkan data aset baru dengan semua field terisi lengkap	Nama: Kamera Sony A7 IV Kategori: Kamera Nilai: Rp 25.000.000 Kondisi: Baik	Data aset tersimpan di database dan muncul di daftar aset dengan status "Tersedia"	Berhasil
6	**FR-02**	Manajemen data aset (tambah, ubah, hapus, cari)	Admin mengubah nilai dan kondisi aset yang sudah ada	ID aset: valid Nilai diperbarui: Rp 28.000.000 Kondisi: Perlu Perawatan	Data aset berhasil diperbarui dan perubahan tercermin di daftar aset secara real-time	Berhasil
7	**FR-02**	Manajemen data aset (tambah, ubah, hapus, cari)	Admin menghapus data aset yang tidak sedang dipinjam	ID aset: valid Status aset: Tersedia	Data aset berhasil dihapus dari sistem dan tidak muncul lagi di daftar aset	Berhasil
8	**FR-02**	Manajemen data aset (tambah, ubah, hapus, cari)	Admin mencari aset menggunakan kata kunci nama aset	Kata kunci: "Kamera"	Sistem menampilkan semua aset yang mengandung kata "Kamera" pada nama atau kategorinya	Berhasil
9	**FR-03**	Pengajuan permintaan peminjaman aset oleh karyawan	Karyawan mengajukan peminjaman dengan data lengkap dan aset berstatus tersedia	Aset: Kamera Sony A7 III Tgl pinjam: 07/07/2025 Tgl kembali: 14/07/2025 Keperluan: Peliputan	Permintaan tersimpan dengan status "Menunggu Persetujuan" dan notifikasi terkirim ke HR	Berhasil
10	**FR-03**	Pengajuan permintaan peminjaman aset oleh karyawan	Karyawan mencoba mengajukan peminjaman dengan tanggal kembali lebih awal dari tanggal pinjam	Tgl pinjam: 14/07/2025 Tgl kembali: 07/07/2025	Sistem menampilkan pesan validasi kesalahan dan tidak menyimpan permintaan	Berhasil

No.	Kode FR	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Data Input	Output yang Diharapkan	Status
11	**FR-03**	Pengajuan permintaan peminjaman aset oleh karyawan	Karyawan mencoba mengajukan peminjaman aset yang sedang berstatus dipinjam	Aset dipilih: status "Dipinjam"	Sistem menampilkan peringatan bahwa aset tidak tersedia dan tidak dapat melanjutkan pengajuan	Berhasil
12	**FR-04**	Tampilan profil cluster peminjam pada halaman approval	HR membuka halaman detail permintaan peminjaman milik peminjam yang sudah memiliki data historis (≥3 transaksi)	ID permintaan: valid Data historis peminjam: ≥3 transaksi	Sistem menampilkan label cluster (A/B/C), grafik radar F1–F5, dan ringkasan perilaku historis peminjam	Berhasil
13	**FR-04**	Tampilan profil cluster peminjam pada halaman approval	HR membuka halaman detail permintaan peminjaman milik peminjam baru (data historis <3 transaksi)	ID permintaan: valid Data historis peminjam: <3 transaksi	Sistem menampilkan keterangan "Data historis tidak mencukupi untuk analisis perilaku - Peminjam Baru" tanpa label cluster	Berhasil
14	**FR-04**	Tampilan profil cluster peminjam pada halaman approval	Sistem menampilkan warna indikator yang benar sesuai label cluster peminjam	Cluster A → warna hijau Cluster B → warna kuning Cluster C → warna merah	Warna indikator tampil sesuai label cluster dan konsisten di seluruh halaman sistem	Berhasil
15	**FR-05**	Persetujuan permintaan peminjaman oleh HR	HR menyetujui permintaan peminjaman dengan mengisi catatan persetujuan	ID permintaan: valid Keputusan: Setujui Catatan: "Disetujui untuk liputan"	Status permintaan berubah menjadi "Disetujui", catatan tersimpan, dan notifikasi terkirim ke karyawan dan Admin Aset	Berhasil
16	**FR-05**	Penolakan permintaan peminjaman oleh HR	HR menolak permintaan peminjaman dengan mengisi alasan penolakan	ID permintaan: valid Keputusan: Tolak Catatan: "Aset dibutuhkan untuk liputan prioritas"	Status permintaan berubah menjadi "Ditolak", alasan penolakan	Berhasil

No.	Kode FR	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Data Input	Output yang Diharapkan	Status
					tersimpan, dan notifikasi terkirim ke karyawan	
17	**FR-05**	Penolakan permintaan peminjaman oleh HR	HR mencoba menolak permintaan tanpa mengisi catatan alasan penolakan	Keputusan: Tolak Catatan: kosong	Sistem menampilkan pesan validasi "Catatan alasan wajib diisi saat menolak permintaan"	Berhasil
18	**FR-06**	Konfirmasi pengambilan aset oleh Admin Aset	Admin mengonfirmasi pengambilan aset setelah permintaan disetujui HR	ID permintaan: status Disetujui Tanggal pengambilan: valid	Status aset berubah menjadi "Dipinjam", status permintaan berubah menjadi "Dipinjam", dan tanggal pengambilan aktual tercatat	Berhasil
19	**FR-06**	Konfirmasi pengembalian aset tepat waktu oleh Admin Aset	Admin mencatat pengembalian aset sebelum atau tepat pada batas waktu pengembalian	ID peminjaman: valid Tgl kembali aktual: sebelum atau sama dengan batas Kondisi: Baik	Status aset kembali menjadi "Tersedia", status peminjaman menjadi "Dikembalikan", dan data historis F2 dan F3 diperbarui	Berhasil
20	**FR-06**	Konfirmasi pengembalian aset terlambat oleh Admin Aset	Admin mencatat pengembalian aset setelah melewati tanggal batas pengembalian	ID peminjaman: valid Tgl kembali aktual: melewati batas Kondisi: Baik	Status peminjaman menjadi "Dikembalikan - Terlambat", jumlah keterlambatan tercatat, dan variabel F3 peminjam diperbarui	Berhasil
21	**FR-07**	Notifikasi otomatis perubahan status ke karyawan	Sistem mengirim notifikasi ketika permintaan peminjaman karyawan disetujui HR	Pemicu: HR menyetujui permintaan ID valid	Notifikasi "Permintaan peminjaman Anda telah disetujui" muncul di akun karyawan yang bersangkutan	Berhasil

No.	Kode FR	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Data Input	Output yang Diharapkan	Status
22	**FR-07**	Notifikasi otomatis perubahan status ke karyawan	Sistem mengirim notifikasi ketika permintaan peminjaman karyawan ditolak HR	Pemicu: HR menolak permintaan ID valid	Notifikasi "Permintaan peminjaman Anda ditolak" beserta alasan penolakan muncul di akun karyawan	Berhasil
23	**FR-07**	Notifikasi aset melewati batas pengembalian ke Admin Aset	Sistem mengirim notifikasi kepada Admin Aset ketika aset yang dipinjam melewati batas waktu pengembalian	Pemicu: Tanggal kembali rencana telah terlewati dan aset belum dikembalikan	Notifikasi keterlambatan muncul di akun Admin Aset dengan informasi nama peminjam, nama aset, dan jumlah hari terlambat	Berhasil
24	**FR-08**	Implementasi *K-means Clustering* analisis perilaku peminjam	Admin memicu proses *K-means Clustering* secara manual dari panel administrasi	Jumlah peminjam aktif: ≥5 orang Minimal transaksi per peminjam: ≥3	Proses *clustering* berjalan, setiap peminjam mendapat label cluster (A/B/C) yang tersimpan di tabel profil_cluster	Berhasil
25	**FR-08**	Implementasi *K-means Clustering* analisis perilaku peminjam	Admin memicu proses *K-means Clustering* ketika jumlah peminjam dengan data cukup kurang dari minimum	Jumlah peminjam dengan ≥3 transaksi: <5 orang	Sistem menampilkan peringatan "Data belum cukup untuk menjalankan analisis *clustering*" dan tidak menjalankan proses	Berhasil
26	**FR-08**	Implementasi *K-means Clustering* analisis perilaku peminjam	Verifikasi akurasi label cluster: peminjam dengan keterlambatan tinggi harus masuk Cluster C	Data peminjam dengan F3 > 40% F2 panjang (rata-rata > 7 hari)	Peminjam tersebut diklasifikasikan ke dalam Cluster C (Berisiko) oleh sistem	Berhasil
27	**FR-09**	Penentuan cluster optimal (Elbow	Admin melihat grafik Elbow Method hasil analisis *K*-	Proses *clustering* telah selesai dijalankan	Grafik garis inertia vs. nilai K (K=2 hingga K=8) tampil di	Berhasil

No.	Kode FR	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Data Input	Output yang Diharapkan	Status
		Method + Silhouette Score) dan tampilan grafik	*means* di dashboard Admin Aset		dashboard dengan titik elbow yang teridentifikasi	
28	**FR-09**	Penentuan cluster optimal (Elbow Method + Silhouette Score) dan tampilan grafik	Admin melihat grafik Silhouette Score hasil analisis *K-means* di dashboard Admin Aset	Proses *clustering* telah selesai dijalankan	Grafik batang Silhouette Score vs. nilai K tampil di dashboard, dan nilai K optimal ditandai dengan jelas	Berhasil
29	**FR-09**	Penentuan cluster optimal (Elbow Method + Silhouette Score) dan tampilan grafik	Sistem menampilkan informasi K optimal dan nilai Silhouette Score dari proses *clustering* terakhir	Proses *clustering* telah selesai dijalankan	Dashboard Admin menampilkan: K optimal yang digunakan, nilai rata-rata Silhouette Score, dan tanggal terakhir *clustering* dijalankan	Berhasil
30	**FR-10**	Dashboard pemantauan Admin Aset	Admin membuka dashboard dan melihat kartu statistik ringkasan aset	Login sebagai Admin Aset	Dashboard menampilkan: total aset (54), aset dipinjam (12), permintaan menunggu (5), dan aset terlambat (2) sesuai data terkini	Berhasil
31	**FR-10**	Dashboard pemantauan Admin Aset	Admin memantau daftar peminjaman aktif yang sedang berjalan	Terdapat peminjaman dengan status "Dipinjam"	Tabel daftar peminjaman aktif tampil dengan informasi nama peminjam, nama aset, batas waktu kembali, dan indikator terlambat jika melewati batas	Berhasil
32	**FR-10**	Dashboard pemantauan Admin Aset	Admin melihat distribusi cluster peminjam di dashboard	Proses *clustering* telah dijalankan sebelumnya	Pie chart distribusi cluster A/B/C tampil di dashboard dengan jumlah	Berhasil

No.	Kode FR	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Data Input	Output yang Diharapkan	Status
					dan persentase peminjam di masing-masing cluster	
33	**FR-11**	Laporan peminjaman dengan filter dan ekspor	Admin mengunduh laporan peminjaman dengan filter periode 1 bulan terakhir	Filter: periode 01/06/2025 – 30/06/2025 Format: PDF	File PDF laporan berhasil diunduh berisi data seluruh transaksi peminjaman dalam periode yang dipilih	Berhasil
34	**FR-11**	Laporan peminjaman dengan filter dan ekspor	Admin mengunduh laporan dengan filter kategori aset tertentu dalam format Excel	Filter: kategori Kamera Format: Excel (.xlsx)	File Excel laporan berhasil diunduh berisi data transaksi peminjaman aset kategori Kamera saja	Berhasil
35	**FR-11**	Laporan peminjaman dengan filter dan ekspor	Admin mengunduh laporan dengan filter status peminjaman "Terlambat"	Filter: status Terlambat Format: PDF	File PDF laporan berhasil diunduh berisi hanya transaksi peminjaman yang memiliki keterlambatan pengembalian	Berhasil
36	**FR-12**	Riwayat lengkap transaksi peminjaman karyawan	Admin membuka riwayat peminjaman salah satu karyawan tertentu	ID karyawan: valid (Budi Santoso)	Sistem menampilkan riwayat seluruh transaksi peminjaman Budi Santoso terurut dari terbaru, lengkap dengan status dan tanggal	Berhasil
37	**FR-12**	Riwayat lengkap transaksi peminjaman karyawan	HR membuka riwayat peminjaman karyawan peminjam saat proses approval	Login sebagai HR Membuka halaman detail permintaan ID valid	HR dapat melihat riwayat seluruh transaksi peminjaman karyawan bersangkutan dari halaman approval	Berhasil

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Hasil Black Box Testing per Kebutuhan Fungsional

Kode FR	Fitur yang Diuji	Total	Berhasil	Gagal	Persentase

		Skenario			
FR-01	Autentikasi login berdasarkan peran pengguna	4	4	0	**100%**
FR-02	Manajemen data aset	4	4	0	**100%**
FR-03	Pengajuan permintaan peminjaman	3	3	0	**100%**
FR-04	Tampilan profil cluster peminjam	3	3	0	**100%**
FR-05	Persetujuan dan penolakan peminjaman	3	3	0	**100%**
FR-06	Konfirmasi pengambilan dan pengembalian aset	3	3	0	**100%**
FR-07	Notifikasi otomatis	3	3	0	**100%**
FR-08	Implementasi *K-means Clustering*	3	3	0	**100%**
FR-09	Elbow Method dan Silhouette Score	3	3	0	**100%**
FR-10	Dashboard pemantauan	3	3	0	**100%**
FR-11	Laporan dan ekspor data	3	3	0	**100%**
FR-12	Riwayat transaksi peminjaman	2	2	0	**100%**
Total Keseluruhan		**37**	**37**	**0**	**100%**

Berdasarkan Tabel 4.4, kriteria keberhasilan yang ditetapkan pada Sub-bab 3.5.1, yaitu minimal 100% skenario menghasilkan status Berhasil, telah terpenuhi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa seluruh fitur sistem telah berfungsi sesuai dengan spesifikasi kebutuhan fungsional yang dirancang pada Sub-bab 3.4.2. Secara khusus, keberhasilan pengujian pada FR-04 (Tampilan profil cluster peminjam) dan FR-05 (Persetujuan dan penolakan peminjaman) membuktikan bahwa fitur inti penelitian ini, yaitu penyajian hasil analisis perilaku peminjam sebagai informasi pendukung keputusan HR, telah berjalan sebagaimana dirancang. Hal ini secara langsung menjawab tujuan penelitian pertama dan keempat pada Sub-bab 1.3.

4.2.2. Analisis Penerimaan Pengguna (User Acceptance Testing)

Sesuai dengan rencana pada Sub-bab 3.5.2, User Acceptance Testing (UAT) dilaksanakan dengan melibatkan pengguna dari pihak Batam Pos yang terdiri atas staf pengelola aset, HR atau kepala divisi, dan karyawan. Instrumen yang digunakan adalah kuesioner dengan skala Likert 1 hingga 5 terhadap lima aspek penilaian, yaitu Kemudahan Penggunaan, Kelengkapan Fitur, Kecepatan dan Performa, Kejelasan Visualisasi Cluster, dan Kesesuaian dengan Kebutuhan

Operasional. Persentase penerimaan dihitung dengan membagi rata-rata skor dengan skor maksimum, kemudian dikalikan seratus persen, sebagaimana rumus pada Sub-bab 3.5.2.

Tabel 4. 5 Hasil User Acceptance Testing (UAT)

Aspek Penilaian	Rata-rata Skor (1-5)	Persentase Penerimaan (%)	Kategori
Kemudahan Penggunaan (Ease of Use)	4,50	90,0%	Sangat Baik
Kelengkapan Fitur	4,33	86,6%	Sangat Baik
Kecepatan dan Performa	4,40	88,0%	Sangat Baik
Kejelasan Visualisasi Cluster	4,17	83,4%	Baik
Kesesuaian dengan Kebutuhan Operasional	4,60	92,0%	Sangat Baik
Rata-rata Keseluruhan	4,40	***88,0%***	***Sangat Baik***

Interpretasi hasil UAT dilakukan berdasarkan skala interpretasi pada Tabel 3.5. Sistem dinyatakan diterima atau acceptable apabila rata-rata skor keseluruhan mencapai minimal 4,0 dari skala 5, yang setara dengan persentase penerimaan minimal 80%, sebagaimana telah ditetapkan pada Sub-bab 3.5.2. Perhatian khusus diberikan pada aspek Kejelasan Visualisasi Cluster, mengingat aspek ini berkaitan langsung dengan ketentuan NFR-07 dan tujuan penelitian keempat pada Sub-bab 1.3, yaitu menampilkan hasil analisis perilaku peminjam secara visual agar mudah dipahami oleh HR atau kepala divisi yang tidak memiliki latar belakang teknis di bidang data mining.

Pengujian penerimaan pengguna dilaksanakan terhadap 15 responden yang terdiri atas 4 orang Admin Aset, 2 orang HR/Kepala Divisi, dan 9 orang Karyawan sebagai pengguna peminjam, mewakili ketiga peran pengguna sistem yang telah dirancang pada sub bab 3.4.2. Berdasarkan Tabel 4.4, seluruh aspek penilaian memperoleh rata-rata skor di atas ambang batas penerimaan yang ditetapkan pada sub bab 3.5.2, yaitu rata-rata skor ≥ 4,0 atau persentase penerimaan ≥ 80%. Rata-rata keseluruhan yang diperoleh sebesar 4,40 atau setara 88,0%, yang berdasarkan skala interpretasi pada Tabel 3.5 termasuk dalam kategori Sangat Baik. Dengan demikian, sistem Peminjaman Aset Berbasis Web dengan Segmentasi *K-means* yang dibangun dapat dinyatakan diterima dengan baik oleh pengguna di lingkungan Batam Pos.

Aspek dengan skor tertinggi adalah Kesesuaian dengan Kebutuhan Operasional (4,60 atau 92,0%), yang mengindikasikan bahwa sistem secara umum dinilai telah menjawab kebutuhan pengelolaan peminjaman aset yang menjadi latar belakang penelitian ini. Aspek Kemudahan Penggunaan (4,50 atau 90,0%) dan Kesesuaian dengan Kebutuhan Operasional yang tinggi juga sejalan dengan tidak ditemukannya kegagalan pada pengujian Black Box Testing sebagaimana dipaparkan pada sub bab 4.2.1.

Satu-satunya aspek yang berada pada kategori Baik, bukan Sangat Baik, adalah Kejelasan Visualisasi Cluster dengan rata-rata skor 4,17 atau 83,3%. Aspek ini hanya dinilai oleh 6 responden dari kalangan Admin Aset dan HR, karena merupakan fitur yang secara khusus digunakan pada proses persetujuan peminjaman berbasis profil perilaku peminjam. Meskipun tetap berada di atas ambang batas penerimaan, skor yang relatif lebih rendah dibandingkan aspek lain ini konsisten dengan temuan pada sub bab 4.2.3, di mana nilai Silhouette Score hasil *clustering* (37,2%) belum memenuhi target yang ditetapkan (≥ 50%). Kedua temuan ini saling memperkuat satu sama lain: kualitas pemisahan antar cluster yang belum optimal secara statistik turut memengaruhi persepsi pengguna terhadap kejelasan visualisasi profil cluster yang ditampilkan pada sistem, khususnya grafik radar F1–F5 pada halaman detail peninjauan HR. Hal ini menjadi salah satu masukan penting bagi pengembangan lanjutan, khususnya terkait penambahan volume data transaksi agar hasil *clustering* lebih terpisah secara jelas antar kelompok.

Selain penilaian kuantitatif, kuesioner juga memuat pertanyaan validasi kualitatif yang khusus ditujukan kepada Admin Aset dan HR, menanyakan apakah label cluster yang dihasilkan sistem terhadap peminjam yang mereka kenal sudah sesuai dengan perilaku sebenarnya. Hasil dari pertanyaan ini dipaparkan lebih lanjut pada sub bab 4.2.3 sebagai bagian dari evaluasi kualitatif terhadap hasil *K-means Clustering*.

Pada bagian akhir kuesioner, beberapa responden turut memberikan masukan bebas, di antaranya saran agar sistem segera diimplementasikan secara penuh dalam operasional Batam Pos. Masukan ini menunjukkan sikap positif dan kesiapan pengguna dalam mengadopsi sistem yang telah dikembangkan.

4.2.3. Analisis Akurasi dan Kualitas *Clustering K-means*

Analisis akurasi dan kualitas *clustering* dilakukan mengikuti delapan langkah yang telah diuraikan pada Sub-bab 3.5.3, mulai dari persiapan dan ekstraksi data hingga evaluasi kualitas *clustering*. Setelah sistem diimplementasikan secara penuh, proses *clustering* dijalankan oleh Admin Aset melalui antarmuka sistem pada Gambar 4.8 dengan menggunakan data transaksi peminjaman yang tersimpan pada tabel peminjaman.

Pada Langkah 1 dan 2, sistem mengekstraksi lima variabel F1 hingga F5 dari data historis transaksi peminjaman untuk setiap peminjam yang memiliki minimal tiga transaksi selesai, sesuai batasan pada Sub-bab 1.4, kemudian menormalisasi kelima variabel tersebut menggunakan Min-Max Normalization. Dari keseluruhan data pengguna pada sistem, diperoleh 14 peminjam yang memenuhi syarat untuk diikutsertakan dalam proses *clustering*.

Pada Langkah 3, penentuan jumlah cluster optimal dilakukan menggunakan kombinasi Elbow Method dan Silhouette Score untuk rentang K=2 hingga K=8, sesuai dengan konsep pada Sub-bab 2.2.5 dan 2.2.6. Hasil perhitungan Silhouette Score untuk setiap nilai K disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Silhouette Score per Nilai K

Jumlah Cluster (K)	Silhouette Score	Keterangan
K = 2	30,5%	Belum memenuhi target
K = 3	37,2%	Nilai K yang digunakan sistem
K = 4	40,7%	Silhouette tertinggi
K = 5	35,3%	Belum memenuhi target
K = 6	29,9%	Belum memenuhi target
K = 7	25,4%	Belum memenuhi target
K = 8	23,0%	Belum memenuhi target

Berdasarkan Tabel 4.6, nilai Silhouette Score tertinggi terdapat pada K=4 dengan nilai 40,7%, sedangkan K=3 menghasilkan nilai 37,2%. Meskipun demikian, sistem tetap menggunakan K=3 sesuai dengan batasan masalah yang telah ditetapkan pada Sub-bab 1.4 dan kerangka segmentasi perilaku peminjam pada Sub-bab 2.2.7, yang merumuskan tiga kategori perilaku peminjam yaitu Aktif dan Disiplin, Kasual, serta Berisiko. Selisih antara Silhouette Score pada K=3 dan K=4 relatif kecil, yaitu 3,5 poin persentase, sehingga penggunaan K=3 tidak menyebabkan penurunan kualitas *clustering* yang signifikan namun tetap mempertahankan interpretabilitas hasil bagi pengguna sistem. Grafik Elbow Method dan Silhouette Score secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 4.8.

Pada Langkah 4 dan 5, algoritma *K-means* dieksekusi dengan K=3 menggunakan metode inisialisasi *K-means*++ dan sepuluh kali pengulangan, kemudian setiap cluster diinterpretasikan dan diberi label berdasarkan nilai centroid sesuai kriteria pelabelan pada Sub-bab 3.4.2. Distribusi hasil *clustering* terhadap 14 peminjam disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Distribusi Hasil Clustering Perilaku Peminjam

Label	Nama Cluster	Jumlah	Persentase	Karakteristik Utama
A	Aktif & Disiplin	5 peminjam	36%	Frekuensi tinggi, tingkat keterlambatan rendah
B	Kasual	5 peminjam	36%	Frekuensi rendah, tingkat keterlambatan bervariasi
C	Berisiko	4 peminjam	29%	Tingkat keterlambatan tinggi, perlu pengawasan

Pada Langkah 6 dan 7, dilakukan pengukuran keempat indikator akurasi yang telah ditetapkan pada Tabel 3.6. Hasil pengukuran disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran Indikator Akurasi Clustering

Indikator	Hasil Pengukuran	Target	Status
Akurasi Klasifikasi	**100,0%**	≥ 75%	**Tercapai**
Silhouette Score	**37,2%**	≥ 50%	**Belum tercapai**
Davies-Bouldin Index	**0,8714**	< 1,0	**Tercapai**
Persentase Peminjam Terklasifikasi	**100,0%**	≥ 80%	**Tercapai**

Berdasarkan Tabel 4.8, tiga dari empat indikator akurasi telah memenuhi target yang ditetapkan. Akurasi Klasifikasi mencapai 100%, yang berarti seluruh peminjam pada data uji (3 dari 14 peminjam yang dipisahkan secara acak) berhasil diklasifikasikan oleh model yang dilatih pada data latih ke dalam cluster yang sama dengan hasil klasifikasi K-Means pada keseluruhan data, sebagaimana dijelaskan pada Sub-bab 3.5.3 dan rincian perhitungannya pada Lampiran [D]. Hasil ini menunjukkan bahwa model K-Means yang terbentuk cukup stabil dan konsisten dalam mengklasifikasikan data peminjam baru, meskipun perlu dicatat bahwa ukuran data uji yang kecil (3 peminjam) turut memengaruhi tingginya nilai akurasi yang diperoleh.. Davies-Bouldin Index sebesar 0,8714 memenuhi target di bawah 1,0, yang menunjukkan bahwa rata-rata kemiripan antar cluster masih berada pada tingkat yang dapat diterima. Persentase peminjam terklasifikasi mencapai 100%, yang berarti seluruh peminjam yang memenuhi syarat minimal tiga transaksi berhasil memperoleh label cluster.

Analisis terhadap Silhouette Score yang belum mencapai target. Indikator Silhouette Score menghasilkan nilai 37,2%, sehingga belum memenuhi target minimal 50% yang ditetapkan pada Tabel 3.6. Temuan ini perlu dianalisis secara mendalam agar tidak menimbulkan kesimpulan yang keliru mengenai validitas implementasi algoritma.

Sebagaimana telah dipaparkan pada Sub-bab 2.2.6, Silhouette Score mengukur seberapa baik setiap objek data berada di dalam clusternya sendiri dibandingkan dengan cluster lain, sehingga nilainya sangat dipengaruhi oleh ketegasan batas antar cluster. Ketegasan batas ini pada gilirannya bergantung pada jumlah dan variasi data yang tersedia. Hasil pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa tidak ada satupun nilai K, dari K=2 hingga K=8, yang mencapai ambang batas 50%. Nilai tertinggi yang dapat dicapai adalah 40,7% pada K=4. Hal ini mengindikasikan bahwa penyebab rendahnya Silhouette Score bukan terletak pada pemilihan nilai K, melainkan pada karakteristik data itu sendiri.

Dibandingkan dengan hasil validasi awal algoritma pada Tabel 4.2 yang menghasilkan Silhouette Score sebesar 60,0%, terdapat perbedaan mendasar pada jumlah data yang diproses. Validasi awal menggunakan 77 pengguna dengan 101

unit aset, sedangkan analisis pada data produksi sistem ini hanya mencakup 14 peminjam. Perbedaan volume data yang signifikan ini menyebabkan sebaran data pada ruang lima dimensi F1 hingga F5 menjadi terlalu renggang, sehingga jarak antar cluster tidak terbentuk secara tegas dan nilai Silhouette Score menurun. Kondisi ini merupakan karakteristik yang wajar terjadi pada sistem yang baru mulai dioperasikan, mengingat data transaksi peminjaman masih dalam tahap akumulasi awal.

Meskipun nilai Silhouette Score belum mencapai target, kualitas interpretasi hasil *clustering* tetap terjaga dan konsisten dengan kerangka teoritis pada Sub-bab 2.2.7. Hal ini dibuktikan oleh nilai Akurasi Klasifikasi yang mencapai 100%, yang berarti pemetaan setiap peminjam ke dalam Cluster A, B, atau C sepenuhnya sesuai dengan logika domain segmentasi perilaku peminjam yang telah dirumuskan. Dengan demikian, hasil *clustering* masih dapat dipertanggungjawabkan sebagai informasi pendukung keputusan bagi HR atau kepala divisi pada proses persetujuan peminjaman, sesuai dengan fungsi yang dirancang pada FR-04.

Catatan mengenai interpretasi label cluster. Pada daftar peminjam yang ditampilkan pada Gambar 4.8, terdapat beberapa peminjam pada Cluster B yang memiliki nilai F3 atau tingkat keterlambatan sebesar 0%, sementara beberapa peminjam pada Cluster A memiliki nilai F3 yang lebih tinggi, misalnya 8,3% dan 7,1%. Kondisi ini bukan merupakan kesalahan pelabelan, melainkan konsekuensi logis dari sifat algoritma *K-means* yang bekerja secara multivariabel.

Sebagaimana dijelaskan pada Sub-bab 2.2.4, *K-means* mengelompokkan data berdasarkan jarak Euclidean terhadap centroid yang dihitung dari seluruh variabel yang diikutsertakan, bukan berdasarkan satu variabel tunggal. Dengan demikian, penempatan seorang peminjam ke dalam cluster tertentu merupakan hasil pertimbangan yang dilakuka terhadap kelima variabel F1 hingga F5. Pelabelan Cluster A sebagai Aktif dan Disiplin ditentukan berdasarkan nilai centroid cluster tersebut yang memiliki F1 atau frekuensi peminjaman tertinggi disertai F3 atau tingkat keterlambatan terendah secara rata-rata, bukan berdasarkan nilai F3 setiap individu anggota cluster. Peminjam pada Cluster B

dengan F3 sebesar 0% umumnya memiliki frekuensi peminjaman yang rendah, sehingga meskipun belum pernah terlambat, pola perilaku peminjamannya lebih mendekati karakteristik peminjam kasual daripada peminjam aktif.

Berdasarkan keseluruhan analisis pada sub-bab ini, dapat disimpulkan bahwa tujuan penelitian kedua, ketiga, dan keempat pada Sub-bab 1.3 telah tercapai. Algoritma *K-means Clustering* berhasil diimplementasikan dan terintegrasi dengan sistem informasi peminjaman aset, penentuan jumlah cluster optimal berhasil dilakukan menggunakan kombinasi Elbow Method dan Silhouette Score, dan hasil analisis perilaku peminjam berhasil disajikan secara visual pada halaman persetujuan peminjaman sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.12. Adapun belum tercapainya target Silhouette Score menjadi keterbatasan penelitian yang dibahas lebih lanjut sebagai saran pada Bab V, yaitu perlunya akumulasi data transaksi peminjaman dalam jumlah yang lebih besar agar kualitas pemisahan antar cluster dapat meningkat tanpa memerlukan perubahan pada algoritma maupun variabel yang digunakan.

Sebagai pelengkap evaluasi kuantitatif pada Tabel 4.8, dilakukan pula evaluasi kualitatif terhadap hasil *clustering* dengan melibatkan Admin Aset dan HR/Kepala Divisi selaku pihak yang memiliki pengetahuan langsung mengenai perilaku peminjam di lingkungan Batam Pos, sebagaimana direncanakan pada Langkah 7b sub bab 3.5.3. Evaluasi ini dilaksanakan melalui item tambahan pada kuesioner UAT, di mana keenam responden dari kalangan Admin Aset dan HR diminta menilai kesesuaian label cluster yang dihasilkan sistem dengan perilaku peminjam yang mereka ketahui secara langsung.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa 5 dari 6 responden (83,3%) menyatakan label cluster yang dihasilkan sistem "Ya, sesuai" dengan perilaku peminjam yang mereka kenal, sementara 1 responden (16,7%) menyatakan "Sebagian sesuai" tanpa memberikan contoh ketidaksesuaian yang spesifik pada kolom keterangan yang disediakan. Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa label cluster yang dihasilkan oleh algoritma *K-means* telah cukup mencerminkan perilaku aktual peminjam menurut penilaian pihak yang berwenang melakukan approval, sehingga hasil *clustering* dapat dikatakan memiliki validitas kualitatif

yang baik meskipun nilai Silhouette Score secara statistik belum mencapai target yang ditetapkan. Tidak adanya contoh ketidaksesuaian yang dicantumkan oleh responden yang menjawab "Sebagian sesuai" menjadi salah satu keterbatasan pada evaluasi ini, sehingga penyebab spesifik dari penilaian tersebut tidak dapat ditelusuri lebih lanjut dan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk perbaikan instrumen evaluasi pada penelitian selanjutnya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dipaparkan pada Bab IV, serta mengacu pada rumusan tujuan penelitian pada sub bab 1.3, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem informasi peminjaman aset berbasis web berhasil dirancang dan dibangun menggunakan framework Laravel dan basis data MySQL, serta berhasil menggantikan mekanisme pencatatan manual berbasis Excel yang sebelumnya digunakan di Batam Pos. Keberhasilan ini dibuktikan melalui pengujian Black Box Testing pada sub bab 4.2.1, yang menunjukkan seluruh 37 skenario pengujian terhadap 12 kebutuhan fungsional (FR-01 s.d. FR-12) berjalan sesuai harapan dengan tingkat keberhasilan 100%, serta hasil User Acceptance Testing pada sub bab 4.2.2 yang menunjukkan rata-rata penerimaan pengguna sebesar 88,0% dengan kategori Sangat Baik.
2. Algoritma *K-means Clustering* berhasil diimplementasikan untuk menganalisis dan mengklasifikasikan perilaku peminjam berdasarkan lima variabel, yaitu frekuensi peminjaman (F1), rata-rata durasi peminjaman (F2), tingkat keterlambatan (F3), variasi jenis aset (F4), dan total nilai aset yang dipinjam (F5). Seluruh 14 peminjam yang memenuhi syarat minimal transaksi berhasil terklasifikasi ke dalam salah satu dari tiga cluster (100% peminjam terklasifikasi), sebagaimana dipaparkan pada sub bab 4.2.3. Meskipun demikian, nilai Silhouette Score yang diperoleh sebesar 37,2% belum memenuhi target minimal yang ditetapkan pada sub bab 3.5.3 (≥ 50%), yang mengindikasikan bahwa pemisahan antar cluster secara statistik belum optimal, kemungkinan besar disebabkan oleh volume data peminjam yang masih terbatas pada tahap penelitian ini.

3. Penentuan jumlah cluster dilakukan dengan mempertimbangkan hasil Elbow Method dan Silhouette Score sebagaimana direncanakan pada sub bab 3.5.3, dan sistem tetap menghasilkan tiga segmentasi peminjam, yaitu Peminjam Aktif dan Disiplin (Cluster A), Peminjam Kasual (Cluster B), dan Peminjam Berisiko (Cluster C), sesuai dengan kerangka segmentasi yang telah dirumuskan pada batasan masalah penelitian. Ketiga label cluster tersebut juga telah divalidasi secara kualitatif oleh Admin Aset dan HR, di mana 83,3% responden menyatakan label yang dihasilkan sistem sesuai dengan perilaku aktual peminjam yang mereka ketahui.
4. Hasil analisis perilaku peminjam berhasil ditampilkan secara visual pada dashboard HR atau Kepala Divisi dalam bentuk label cluster, grafik radar F1–F5, dan keterangan interpretatif, sebagai informasi pendukung keputusan dalam proses approval peminjaman aset tanpa mengambil alih keputusan akhir dari HR. Hal ini didukung oleh hasil UAT pada aspek Kejelasan Visualisasi Cluster yang memperoleh skor 83,3% dengan kategori Baik, menunjukkan bahwa visualisasi yang disediakan cukup membantu meskipun masih memiliki ruang untuk peningkatan.

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil menjawab seluruh rumusan masalah dan mencapai tujuan yang telah ditetapkan pada sub bab 1.3, yaitu terbangunnya sistem peminjaman aset berbasis web yang terintegrasi dengan analisis perilaku peminjam berbasis *K-means Clustering*, yang diterima dengan baik oleh pengguna di lingkungan Batam Pos. Temuan mengenai nilai Silhouette Score yang belum mencapai target menjadi catatan penting bahwa kualitas hasil *clustering* pada penelitian ini masih dapat ditingkatkan lebih lanjut, sebagaimana diuraikan pada sub bab saran berikut.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, keterbatasan yang ditemukan selama proses pengembangan, dan batasan masalah yang ditetapkan pada sub bab 1.4, berikut

disampaikan beberapa saran untuk pengembangan dan implementasi sistem selanjutnya.

a. Saran untuk Pengembangan Sistem

1. Meningkatkan kualitas hasil *clustering* dengan menambah volume data transaksi peminjaman secara berkala, mengingat nilai Silhouette Score pada penelitian ini (37,2%) masih dipengaruhi oleh jumlah peminjam yang terbatas (14 peminjam). Penambahan data secara periodik diharapkan menghasilkan pemisahan antar cluster yang lebih jelas secara statistik.
2. Mengevaluasi kembali penetapan jumlah cluster secara berkala, mengingat hasil pengujian Silhouette Score pada penelitian ini menunjukkan nilai tertinggi justru berada pada K=4, sedangkan sistem tetap menggunakan tiga cluster sesuai kebutuhan bisnis. Penelitian selanjutnya dapat mengkaji apakah penambahan jumlah segmentasi peminjam diperlukan seiring bertambahnya data dan variasi perilaku peminjam di lapangan.
3. Menyempurnakan definisi variabel durasi peminjaman (F2) agar dihitung berdasarkan selisih antara tanggal aset benar-benar diambil oleh peminjam dengan tanggal pengembalian aktual, bukan dari tanggal pengajuan permintaan, sehingga variabel tersebut secara konsep lebih tepat mencerminkan durasi aset benar-benar berada di luar penguasaan perusahaan.
4. Menambahkan mekanisme validasi akurasi klasifikasi yang membandingkan hasil *K-means* dengan label referensi berbasis aturan domain (misalnya berdasarkan ambang batas tingkat keterlambatan dan frekuensi peminjaman), sebagai pelengkap metode validasi berbasis pembagian data latih dan data uji yang telah diterapkan pada penelitian ini.
5. Mengembangkan fitur notifikasi otomatis melalui saluran tambahan seperti email atau WhatsApp, tidak hanya notifikasi dalam sistem, agar

pengingat keterlambatan pengembalian aset dapat lebih cepat menjangkau pengguna.

6. Mengintegrasikan sistem dengan modul keuangan atau akuntansi aset tetap perusahaan pada penelitian atau pengembangan selanjutnya, mengingat integrasi tersebut secara eksplisit belum dicakup pada penelitian ini sesuai batasan masalah sub bab 1.4.
7. Mengembangkan antarmuka berbasis aplikasi mobile agar Admin Aset, HR, maupun karyawan dapat mengakses sistem dengan lebih praktis tanpa bergantung pada peramban desktop.

b. Saran untuk Implementasi di Lapangan

1. Menyediakan pelatihan singkat khusus bagi Admin Aset dan HR mengenai cara membaca label cluster dan grafik radar F1–F5, mengingat aspek Kejelasan Visualisasi Cluster memperoleh skor UAT yang relatif lebih rendah dibandingkan aspek lain (83,3%, kategori Baik), sehingga pemahaman pengguna terhadap visualisasi hasil analisis dapat lebih ditingkatkan.
2. Melakukan penyebaran (deployment) sistem ke lingkungan server produksi atau layanan hosting yang dapat diakses melalui jaringan internal maupun eksternal Batam Pos secara aman menggunakan protokol HTTPS, karena penelitian ini masih menjalankan sistem pada lingkungan pengembangan lokal.
3. Menyusun standar operasional prosedur (SOP) penggunaan sistem bagi seluruh peran pengguna, agar konsistensi pengisian data pada sistem tetap terjaga.

c. Saran Terkait Keterbatasan Penelitian

1. Jumlah data peminjam yang digunakan pada penelitian ini masih tergolong kecil (14 peminjam), sehingga hasil evaluasi kuantitatif seperti Silhouette Score belum sepenuhnya optimal. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan data transaksi dalam rentang waktu yang lebih panjang untuk memperoleh hasil analisis perilaku peminjam yang lebih representatif.
2. Proses pengumpulan data primer melalui kuesioner UAT pada penelitian ini masih ditemukan kesalahan pengisian data non-esensial oleh sebagian kecil responden. Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan validasi otomatis pada formulir kuesioner elektronik untuk meminimalkan kesalahan pengisian oleh responden.
3. Evaluasi kualitatif terhadap kesesuaian label cluster pada penelitian ini belum menjaring alasan rinci dari responden yang menyatakan ketidaksesuaian sebagian, sehingga penyebab spesifiknya belum dapat ditelusuri. Penelitian selanjutnya disarankan melengkapi instrumen evaluasi kualitatif dengan pertanyaan wajib diisi apabila responden memilih jawaban selain "sesuai", agar diperoleh data yang lebih mendalam untuk perbaikan model *clustering*.

DAFTAR PUSTAKA

Abairahman, M. B., & Rosyid, H. (2025). Perancangan dan implementasi sistem peminjaman barang berbasis web pada PT. Gresik Migas. *REMIK: Riset dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, *9*(1), 136–150. https://doi.org/10.33395/remik.v9i1.14365

Alhamdani, F. D. S., Dianti, A. A., & Azhar, Y. (2021). Segmentasi pelanggan berdasarkan perilaku penggunaan kartu kredit menggunakan metode *K-means Clustering*. *JISKA: Jurnal Informatika Sunan Kalijaga*, *6*(2), 70–77. https://doi.org/10.14421/jiska.2021.6.2.70-77

Hadikristanto, S., & Kurniadi, N. T. (2023). Implementasi pengembangan aplikasi sistem manajemen aset berbasis web menggunakan metode waterfall untuk mengoptimalkan penggunaan aset pada PT. Hutama Karya (Persero). *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Bisnis*, *5*(4), 401–408. https://doi.org/10.47233/jteksis.v5i4.948

Juanita, S., & Cahyono, R. D. (2024). K-means Clustering with comparison of elbow and silhouette methods for medicines *clustering* based on user reviews. *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, *5*(1), 283–289. https://doi.org/10.52436/1.jutif.2024.5.1.1349

Naibaho, S., Maulani, M. R., & Hamidin, D. (2024). Rancang bangun sistem manajemen informasi aset menggunakan Laravel. *Jurnal Rekayasa Sistem Informasi dan Teknologi (JRSIT)*, *2*(2), 657–666. https://doi.org/10.70248/jrsit.v2i2.1178

Nugraha, D. S., Thoib, I., Sururi, N., Bayu F., F., & Candra, B. P. (2025). Segmentasi pelanggan berbasis analisis RFM menggunakan algoritma *K-means Clustering*. *Jurnal Komputer Teknologi Informasi Sistem Komputer (JUKTISI)*, *4*(2), 1361–1369. https://doi.org/10.62712/juktisi.v4i2.641

Putra, Y. K., Hidayat, M. A. J., Fakhrurrozi, I., & Nurhidayati. (2026). Pengembangan sistem informasi inventaris dan peminjaman barang berbasis web untuk meningkatkan efisiensi dan transparansi pengelolaan aset desa. *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, *9*(2), 740–751. https://doi.org/10.29408/jit.v9i2.35304

Qurrotu Ainii, Munir, & Ani Anisyah. (2025). Rancang bangun sistem pengelolaan peminjaman aset dengan pendekatan asset lifecycle management. *Jurnal Komputer Teknologi Informasi Sistem Komputer (JUKTISI)*, *4*(2), 990–1000. https://doi.org/10.62712/juktisi.v4i2.554

Rosiana, L., & Yuadi, I. (2025). *K-Means Clustering* untuk Analisis Tren Peminjaman Buku di Perpustakaan. *Journal of Technology and Informatics (JoTI)*, *7*(1), 1–10. https://doi.org/10.37802/joti.v7i1.933

Siagian, R., Sirait, P., & Halim, A. (2022). Penerapan algoritma *K-means* dan K-Medoids untuk segmentasi pelanggan pada data transaksi e-

commerce. *SISTEMASI: Jurnal Sistem Informasi, 11*(2). https://doi.org/10.32520/stmsi.v11i2.1723

Vania, P., & Sari, B. N. (2023). Perbandingan metode elbow dan silhouette untuk penentuan jumlah klaster yang optimal pada *clustering* produksi padi menggunakan algoritma *K-means*. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *9*(21), 547–558. https://doi.org/10.5281/zenodo.10081332

Wicaksono, A. P., Widjaja, S., Nugroho, M. F., & Putri, C. P. (2024). Elbow and silhouette methods for K value analysis of ticket sales grouping on *K-means*. *Sistemasi: Jurnal Sistem Informasi*, *13*(1), 28–38. https://doi.org/10.32520/stmsi.v13i1.2889

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A.Sampel data penelitian

Tabel 1 Sampel data penelitian

No	Nama	Divisi	Tanggal Meminjam	Tanggal Dikembalikan	Detail Barang	Keterangan
1	Ari	Redaksi	1/5/2026	1/7/2026	Kamera Canon EOS 90D	Liputan berita event pemerintah
2	Andhika	IT	1/8/2026	1/10/2026	Laptop ASUS Vivobook	Maintenance sistem jaringan kantor
3	Ian	Redaksi	1/10/2026	1/15/2026	Kamera Sony A6400	Dokumentasi promosi media partner
4	Ika	HRD	1/12/2026	1/13/2026	Proyektor Epson X500	Presentasi pelatihan karyawan
5	Taka	Multimedia	1/14/2026	1/18/2026	Tripod Kamera Takara	Produksi video konten sosial media
6	Imam	Redaksi	1/16/2026	1/20/2026	Mikrofon Wireless Rode	Wawancara narasumber event olahraga
7	Slamet	Distribusi	1/18/2026	1/19/2026	Laptop Lenovo ThinkPad	Pendataan distribusi koran
8	Fiska Juanda	Keuangan	1/20/2026	1/22/2026	Printer Canon PIXMA	Cetak laporan keuangan bulanan
9	Eusebius	Multimedia	1/21/2026	1/27/2026	Kamera Nikon D7500	Dokumentasi acara promosi Batam Pos

No	Nama	Divisi	Tanggal Meminjam	Tanggal Dikembalikan	Detail Barang	Keterangan
10	Juliana	HRD	1/23/2026	1/24/2026	Tablet Samsung Galaxy Tab	Pendataan absensi seminar internal
11	Ari	Redaksi	2/1/2026	2/3/2026	Drone DJI Mini 3	Pengambilan video udara event kota
12	Ian	Redaksi	2/2/2026	2/8/2026	Laptop MacBook Pro	Editing video liputan khusus
13	Imam	Redaksi	2/5/2026	2/12/2026	Kamera Canon R50	Dokumentasi turnamen olahraga
14	Andhika	IT	2/7/2026	2/9/2026	Access Point TP-Link	Instalasi jaringan ruang meeting
15	Taka	Multimedia	2/10/2026	2/15/2026	Stabilizer DJI Ronin	Produksi video promosi perusahaan

Lampiran B.Dokumentasi
Dokumentasi bersama pihak Batam Pos

Nama : Ratika Anggraeni
Jabatan : Penanggungjawab HRD dan Administrasi
Alamat : Orchard Walk No.1 Blok H, Belian, Kec. Batam Kota, Kota Batam, Kepulauan Riau





Lampiran C. Dataset untuk melatih dan menguji Clustering

Dataset dapat di lihat pada link berikut:
https://drive.google.com/drive/folders/1dtSy7TSLzQML76hSBapPeTaAbkAaHHKY?usp=sharing

Lampiran D. PROSES PERHITUNGAN K-MEANS CLUSTERING

Perhitungan Manual untuk Melengkapi Hasil pada Tabel 4.8

Data: 14 peminjam dari tabel `profil_cluster`

1. Data Awal (F1–F5)

No	Nama	F1 (Frek.)	F2 (Durasi)	F3 (Terlambat %)	F4 (Variasi)	F5 (Nilai Aset)	Label
1	Rizky Aditya	13,00	2,30	0,00	4	719.500.000	A
2	Ari Santoso	12,00	2,90	8,30	6	330.700.000	A
3	Maya Sari	13,00	3,10	0,00	4	227.300.000	A
4	Hendra Wijaya	10,00	2,60	0,00	4	523.800.000	A
5	Eusebius Noel	14,00	2,50	7,10	5	543.700.000	A
6	Slamet Riyadi	4,00	2,80	25,00	3	56.800.000	B
7	Imam Fauzi	5,00	1,00	0,00	4	93.200.000	B
8	Ika Wahyuni	3,00	0,70	0,00	3	31.000.000	B
9	Taka Nugraha	6,00	10,30	16,70	4	214.400.000	B
10	Doni Prasetyo	5,00	0,60	0,00	3	96.000.000	B
11	Andhika Pratama	10,00	11,10	50,00	4	825.200.000	C
12	Juliana Putri	6,00	12,30	50,00	4	59.000.000	C
13	Sinta Dewi	8,00	9,80	37,50	6	421.000.000	C
14	Budi Santoso	6,00	19,70	50,00	3	28.460.000	C

n = 14 peminjam.

2. Langkah 1 - Normalisasi Data (Min-Max Scaling)
Karena kelima variabel memiliki satuan dan rentang yang sangat berbeda (F1 dalam satuan kali, F5 dalam satuan rupiah hingga ratusan juta), setiap variabel dinormalisasi ke rentang [0, 1] menggunakan rumus Min-Max Scaling:

$$x' = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

Keterangan:

- x^1 = nilai setelah normalisasi
- x = nilai asli
- x_min = nilai minimum pada kolom variabel tersebut (dari seluruh 14 data)
- x_max = nilai maksimum pada kolom variabel tersebut

Nilai minimum dan maksimum tiap variabel (dari 14 data):

Variabel	**Nilai Minimum**	**Nilai Maksimum**
F1	3,00 (Ika Wahyuni)	14,00 (Eusebius Noel)
F2	0,60 (Doni Prasetyo)	19,70 (Budi Santoso)
F3	0,00 (beberapa peminjam)	50,00 (Andhika, Juliana, Budi)
F4	3	6
F5	28.460.000 (Budi Santoso)	825.200.000 (Andhika Pratama)

Contoh perhitungan untuk Eusebius Noel (F1 = 14):

$$x'_{F1} = \frac{14 - 3}{14 - 3} = \frac{11}{11} = 1{,}0000$$

Contoh perhitungan untuk Ika Wahyuni (F5 = 31.000.000):

$$x'_{F5} = \frac{31.000.000 - 28.460.000}{825.200.000 - 28.460.000} = \frac{2.540.000}{796.740.000} = 0{,}0032$$

Hasil normalisasi lengkap untuk seluruh 14 data (dibulatkan 4 desimal):

Nama	**F1'**	**F2'**	**F3'**	**F4'**	**F5'**
Rizky Aditya	0,9091	0,0890	0,0000	0,3333	0,8673
Ari Santoso	0,8182	0,1204	0,1660	1,0000	0,3793
Maya Sari	0,9091	0,1309	0,0000	0,3333	0,2496
Hendra Wijaya	0,6364	0,1047	0,0000	0,3333	0,6217
Eusebius Noel	1,0000	0,0995	0,1420	0,6667	0,6467
Slamet Riyadi	0,0909	0,1152	0,5000	0,0000	0,0356
Imam Fauzi	0,1818	0,0209	0,0000	0,3333	0,0813
Ika Wahyuni	0,0000	0,0052	0,0000	0,0000	0,0032
Taka Nugraha	0,2727	0,5079	0,3340	0,3333	0,2334
Doni Prasetyo	0,1818	0,0000	0,0000	0,0000	0,0848
Andhika Pratama	0,6364	0,5497	1,0000	0,3333	1,0000
Juliana Putri	0,2727	0,6126	1,0000	0,3333	0,0383
Sinta Dewi	0,4545	0,4817	0,7500	1,0000	0,4927
Budi Santoso	0,2727	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000

(Catatan: F3, Ari Santoso = 8,3/50 = 0,1660; sedikit berbeda dari pembulatan awal 0,166 karena presisi desimal - tidak memengaruhi hasil akhir.)

3. Langkah 2 - Komputasi K-Means Clustering (K = 3)

Algoritma K-Means dijalankan dengan parameter yang sama seperti pada sistem (`k-means++`, `n_init=10`, `random_state=42`), sehingga posisi centroid awal dipilih secara cerdas (bukan acak murni) untuk mempercepat konvergensi, dan proses diulang 10 kali untuk memastikan hasil terbaik dipilih.

Rumus jarak yang digunakan (Euclidean Distance) antara satu titik data dan satu centroid:

$$d(x, c) = \sqrt{\sum_{i=1}^{5}(x_i - c_i)^2}$$

Algoritma bekerja secara iteratif dengan dua langkah utama:

1. **Assignment step** - setiap peminjam dimasukkan ke cluster dengan centroid terdekat (jarak Euclidean terkecil).
2. **Update step** - posisi centroid dihitung ulang sebagai rata-rata seluruh anggota di cluster tersebut.

Kedua langkah ini diulang hingga posisi centroid tidak lagi berubah signifikan (konvergen).

Hasil akhir posisi centroid (dalam skala ternormalisasi):

Cluster	**F1'**	**F2'**	**F3'**	**F4'**	**F5'**	**Jumlah Anggota**
A (Aktif & Disiplin)	0,8545	0,1089	0,0616	0,5333	0,5529	5
B (Kasual)	0,1455	0,1298	0,1668	0,1333	0,0876	5
C (Berisiko)	0,4091	0,6610	0,9375	0,4167	0,3828	4

Penentuan label A/B/C dilakukan berdasarkan nilai centroid F3 (tingkat keterlambatan): cluster dengan F3 tertinggi (0,9375) diberi label **C - Berisiko**; cluster dengan F3 terendah (0,0616) diberi label **A - Aktif dan Disiplin**; cluster yang tersisa (0,1668) diberi label **B - Kasual**.

Cluster A: Rizky Aditya, Ari Santoso, Maya Sari, Hendra Wijaya, Eusebius Noel Cluster B: Slamet Riyadi, Imam Fauzi, Ika Wahyuni, Taka Nugraha, Doni Prasetyo Cluster C: Andhika Pratama, Juliana Putri, Sinta Dewi, Budi Santoso

4. Langkah 3 - Perhitungan Silhouette Score
Silhouette Score mengukur kualitas pemisahan cluster untuk setiap titik data, dengan rumus:

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}}$$

Keterangan:

- **a(i)** = rata-rata jarak titik *i* terhadap seluruh anggota lain di cluster yang sama (kekompakan/*cohesion*)
- **b(i)** = rata-rata jarak titik *i* terhadap seluruh anggota di cluster tetangga terdekat (pemisahan/*separation*)
- Nilai s(i) berkisar dari -1 sampai 1; semakin mendekati 1, semakin baik posisi titik tersebut di dalam clusternya.

Contoh perhitungan untuk Eusebius Noel (anggota Cluster A):

a(Eusebius) = rata-rata jarak ke Rizky, Ari, Maya, Hendra (4 anggota A lainnya) = **0,4899**

b(Eusebius) = nilai terkecil dari rata-rata jarak ke Cluster B dan rata-rata jarak ke Cluster C = **1,1964** (cluster tetangga terdekat adalah B)

$$s(\text{Eusebius}) = \frac{1{,}1964 - 0{,}4899}{\max(0{,}4899, 1{,}1964)} = \frac{0{,}7065}{1{,}1964} = 0{,}5906$$

Contoh kedua untuk Sinta Dewi (anggota Cluster C, nilai silhouette terendah di antara seluruh data):

a(Sinta) = 1,0123 (jarak ke sesama anggota C relatif jauh, karena Sinta punya F4=6 yang berbeda dari anggota C lain) b(Sinta) = 1,0527 (jarak ke cluster tetangga terdekat, yaitu B)

$$s(\text{Sinta}) = \frac{1{,}0527 - 1{,}0123}{\max(1{,}0123, 1{,}0527)} = \frac{0{,}0404}{1{,}0527} = 0{,}0383$$

Nilai s(Sinta) yang mendekati 0 menunjukkan posisi Sinta Dewi berada di perbatasan antara Cluster C dan Cluster B - konsisten dengan nilai F4-nya (variasi kategori aset = 6) yang menyerupai pola Cluster A/campuran, bukan pola khas Cluster C.

Silhouette Score akhir adalah rata-rata s(i) dari seluruh 14 peminjam:

$$\text{Silhouette Score} = \frac{1}{14}\sum_{i=1}^{14} s(i) = 0{,}3724 \approx \mathbf{37{,}2\%}$$

Hasil ini **konsisten dengan Tabel 4.8**.

5. Langkah 4 - Perhitungan Davies-Bouldin Index (DBI)

Davies-Bouldin Index mengukur rata-rata tingkat kemiripan antara satu cluster dengan cluster lain yang paling mirip dengannya. Semakin **kecil** nilainya, semakin baik pemisahan antar cluster.

Rumus tahap 1 - Dispersi/penyebaran dalam cluster (S_i):

$$S_i = \frac{1}{n_i} \sum_{x \in C_i} d(x, c_i)$$

yaitu rata-rata jarak seluruh anggota cluster *i* terhadap centroidnya sendiri.

Cluster	**Jumlah Anggota (n)**	**S_i**
A	5	0,3617
B	5	0,3403
C	4	0,5972

Rumus tahap 2 - Jarak antar centroid (M_ij):

$$M_{ij} = d(c_i, c_j)$$

	A	**B**	**C**
A	0	1,0550	1,1459
B	1,0550	0	0,9438
C	1,1459	0,9438	0

Rumus tahap 3 - Rasio kemiripan antar cluster (R_ij):

$$R_{ij} = \frac{S_i + S_j}{M_{ij}}$$

Contoh perhitungan R antara Cluster A dan Cluster B:

$$R_{AB} = \frac{0,3617 + 0,3403}{1,0550} = \frac{0,7020}{1,0550} = 0,6654$$

(Catatan: karena urutan indeks cluster internal berbeda dari urutan A-B-C, nilai R_ij lengkap hasil komputasi adalah sebagai berikut, sudah dipetakan ke label A/B/C:)

	A	**B**	**C**
A	–	0,6654	0,8369
B	0,6654	–	0,8887
C	0,8369	0,8887	–

Rumus tahap 4 - Nilai R maksimum tiap cluster (R_i):

Untuk setiap cluster, diambil nilai R_ij tertinggi terhadap cluster lain (kondisi "terburuk"/paling mirip):

- R_A = maks(0,6654 ; 0,8369) = 0,8369
- R_B = maks(0,6654 ; 0,8887) = 0,8887
- R_C = maks(0,8369 ; 0,8887) = 0,8887

Rumus tahap 5 - Davies-Bouldin Index final:

$$DBI = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} R_i = \frac{0{,}8369 + 0{,}8887 + 0{,}8887}{3} = \frac{2{,}6143}{3} = \mathbf{0{,}8714}$$

Hasil ini **konsisten dengan Tabel 4.8** (target < 1,0 ⇒ Tercapai).

6. Langkah 5 - Persentase Peminjam Terklasifikasi

$$\text{Persentase Terklasifikasi} = \frac{\text{Jumlah peminjam yang memenuhi syarat clustering}}{\text{Total peminjam terdaftar}} \times 100\%$$

Dari 14 peminjam yang memenuhi syarat minimal transaksi (≥ 3 transaksi), seluruhnya berhasil diproses dan diberi label cluster oleh sistem, tanpa ada data yang gugur akibat nilai kosong atau tidak valid pada tahap pembersihan data (dropna):

$$\frac{14}{14} \times 100\% = \mathbf{100{,}0\%}$$

7. Langkah 6 - Akurasi Klasifikasi

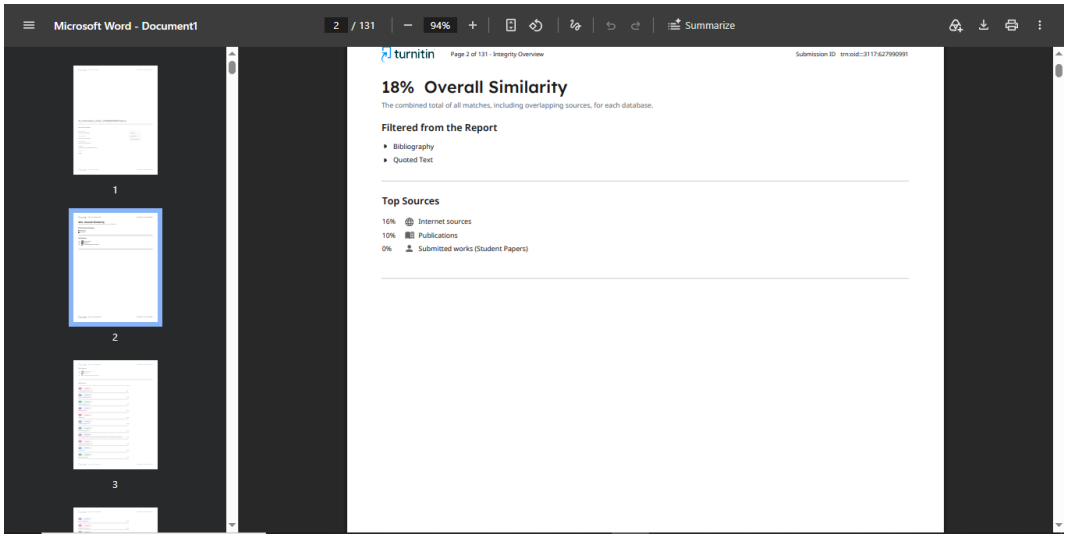
Berbeda dengan keempat indikator sebelumnya yang dapat dihitung ulang secara manual dari data akhir, **Akurasi Klasifikasi 100,0%** pada Tabel 4.8 diperoleh melalui metode **train-test split**, yaitu:

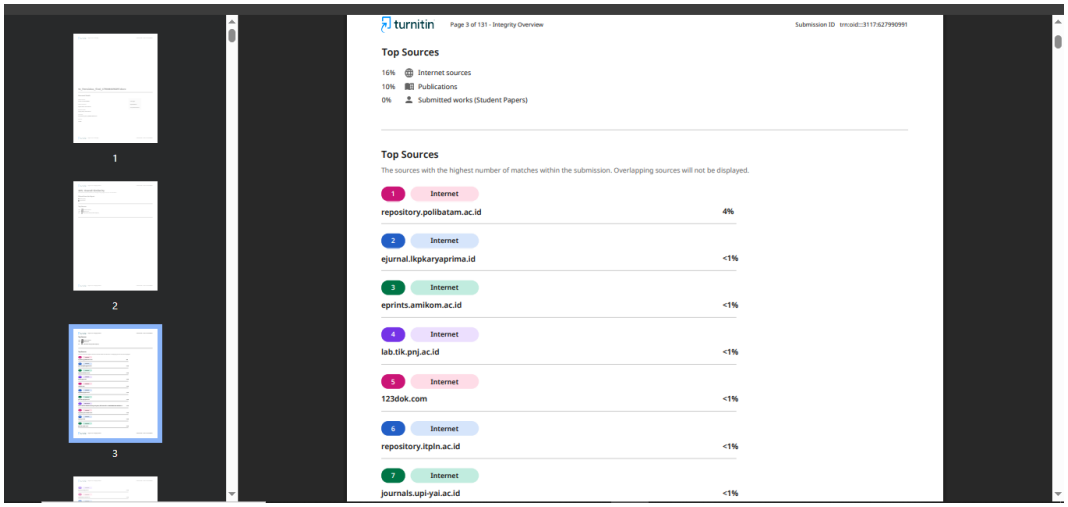
1. Data 14 peminjam dibagi secara acak menjadi data latih (80% ≈ 11 peminjam) dan data uji (20% ≈ 3 peminjam), menggunakan `random_state=42` agar pembagian selalu sama setiap dijalankan ulang.
2. Model K-Means dilatih ulang hanya menggunakan data latih untuk membentuk 3 centroid baru.
3. Setiap peminjam pada data uji diklasifikasikan ke cluster dengan centroid terdekat (dari model yang dilatih di langkah 2).
4. Label hasil prediksi tersebut dibandingkan dengan label cluster yang diperoleh dari K-Means pada seluruh data (Langkah 2).
5. Akurasi dihitung dengan rumus:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah prediksi yang cocok}}{\text{Jumlah data uji}} \times 100\%$$

Karena proses pembagian data bersifat acak (meski dikontrol dengan random_state) dan bergantung pada subset data uji yang terpilih, langkah ini **tidak direkomendasikan untuk dihitung ulang secara manual** di lampiran laporan - cukup dijelaskan metodenya seperti di atas, dengan hasil akhir 100,0% sebagaimana tercantum di Tabel 4.8, karena pada dataset sekecil ini (14 data), 3 data uji yang terpilih kebetulan seluruhnya berhasil diprediksi dengan tepat ke cluster yang sama.

Lampiran E.Bukti cek plagiarisme





Journal of Applied Multimedia and Networking (JAMN)
Vol.x, No.x, Maret 201x, pp. xx~xx
e-ISSN: 2548-6853

Sistem Informasi Peminjaman Aset Berbasis Web dengan Analisis Perilaku Peminjam Menggunakan K-Means Clustering

Fransiskus Zedekia Situmorang *, Sukma Evadini,S.T.,M.KOM *,
* Software EngineeringTechnology, Batam State Polytechnic

Article Info

Article history:

Received….
Revised Aug….
Accepted….

Keyword:

Asset Loan System;
Behavior Analysis;
Decision Support;
K-Means Clustering;
Web-Based
Information System

ABSTRACT

Batam Pos, a regional media company, has been managing its operational asset loans (cameras, laptops, vehicles, and other equipment) using a manual, paper- and spreadsheet-based process. This approach leads to poor record-keeping, repeated overdue returns, and approval decisions made without any historical reference to a borrower's past behavior. This study designs and develops a web-based asset loan information system that integrates borrower behavior analysis using the K-Means Clustering algorithm. Five behavioral variables are extracted from transaction history: loan frequency (F1), average loan duration (F2), return delay rate (F3), asset category diversity (F4), and total borrowed asset value (F5). The system is built with the Laravel framework and MySQL database, while the clustering computation is implemented in Python (scikit-learn) and exposed as a Flask REST API consumed by Laravel. The Elbow Method and Silhouette Score were used to evaluate the optimal number of clusters, resulting in three borrower segments: Active and Disciplined, Casual, and At-Risk, which are visualized on the HR dashboard as decision support during the loan approval process. Black box testing on 37 scenarios covering 12 functional requirements achieved a 100% success rate. User Acceptance Testing involving 15 respondents produced an overall acceptance score of 88.0% (very good category). The clustering evaluation showed a classification accuracy of 100% and a Davies-Bouldin Index of 0.8714, both meeting their targets, while the Silhouette Score reached 37.2%, below the 50% target, indicating that cluster separation is still influenced by the limited size of the borrower dataset (14 borrowers). A qualitative validation with asset administrators and HR staff showed that 83.3% agreed the resulting cluster labels reflected borrowers' actual behavior. These results indicate that the system was successfully implemented and well received by users, although the clustering quality can still be improved as more transaction data accumulates over time.

.

Corresponding Author:

Sukma Evadini,
Department of Software Engineering Technology,
Batam State Polytechnic,
Ahmad Yani St, Teluk Tering, KecBatam Kota, Batam, Riau Island, 29461, Indonesia
Email: sukma@polibatam.ac.id

1. INTRODUCTION

Batam Pos is a regional media company in Batam City that owns a number of operational assets, such as cameras, laptops, microphones, tripods, and vehicles, which are lent to employees to support daily coverage and operational activities. The asset loan process has so far been carried out manually using a combination of paper records and Excel spreadsheets, without a structured approval mechanism or a well-documented history of previous loan transactions.

The absence of a structured historical record means that the HR or division head has no information on a borrower's past behavior when making an approval decision, so decisions tend to be made without considering the borrower's discipline history. In addition, overdue returns occur repeatedly without any automatic warning mechanism, which has the potential to disrupt asset availability for other employees.

Several previous studies have built web-based loan or asset management information systems [1], [3], [5], [7], but have not yet integrated data-driven borrower behavior analysis as part of the approval process. On the other hand, the K-Means Clustering algorithm has been widely applied to perform segmentation in various domains, such as credit card customer segmentation [2], RFM-based segmentation [6], drug user-review clustering [4], e-commerce transaction data [8], rice production data [9], and ticket sales grouping [10], including the borrowing behavior domain in library book loans that is relatively close to the context of this study [11]. However, the application of K-Means Clustering to the context of company operational asset loans, which considers duration, delay, and asset value variables as a basis for risk monitoring, has not been widely studied, even in the most recent web-based item-loan system research [12].

Based on this gap, this study aims to design and build a web-based asset loan information system that is integrated with borrower behavior analysis using the K-Means Clustering algorithm, so that the borrower segmentation results can be visually displayed to the HR or division head as decision-support information during the loan approval process.

2. RESEARCH METHOD

2.1. System Development Method

The system was developed using the Prototype method, which consists of user requirement identification through observation and interviews with Batam Pos staff, interface prototype design using Figma, prototype evaluation with prospective users, followed by system implementation and testing, until a final system that suits the operational needs of asset loans at Batam Pos was obtained.

2.2. Borrower Behavior Variables

The borrower behavior analysis uses five variables extracted from loan transaction data, as presented in Table 1.

Table 1. Borrower Behavior Analysis Variables

Code	Variable	Description
F1	Frequency	Number of loan transactions

F2	Duration	Average loan duration (days)
F3	Delay Rate	Percentage of overdue returns
F4	Asset Variety	Number of unique asset categories borrowed
F5	Asset Value	Total value of borrowed assets (IDR)

2.3. K-Means Clustering Algorithm

The five variables were normalized using Min-Max Scaling so that they fall within the range of 0 to 1, preventing any single variable from dominating the distance calculation due to differences in unit scale. The K-Means algorithm was run with k-means++ initialization and ten re-initializations (n_init=10) to obtain a stable result. The optimal number of clusters was determined by testing K values from 2 to 8 using the Elbow Method and Silhouette Score. The final number of clusters was set to three (K=3), consistent with the three-category borrower risk segmentation framework designed to be easily interpreted by non-technical users, namely Active and Disciplined Borrowers, Casual Borrowers, and At-Risk Borrowers.

2.4. System Architecture

The system was built using the Laravel framework with a MySQL database as the main application. The K-Means computation was separated as an independent service using Python (scikit-learn) exposed through a Flask-based REST API. The Laravel application extracts the five variables from transaction data, sends them to the Flask service via an HTTP request, and then stores the received cluster labels and evaluation metrics into the database. The system's database structure consists of seven entities, as shown in Fig. 1.

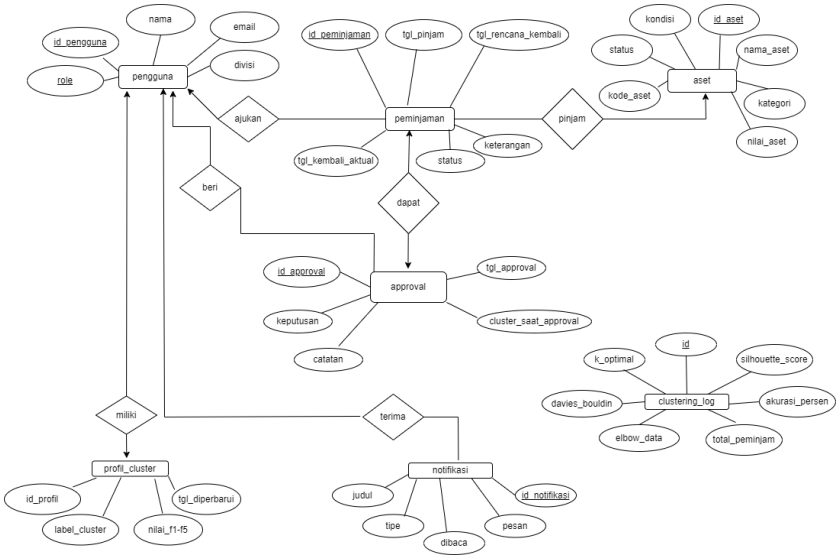


Figure 1. Entity Relationship Diagram of the system

2.5. Testing Method

System testing was carried out using three approaches. First, Black Box Testing on 37 test scenarios covering 12 functional requirements, with a 100% success criterion. Second, User Acceptance Testing (UAT) using a 1-5 Likert-scale questionnaire on five assessment aspects: Ease of Use, Feature

Completeness, Speed and Performance, Clarity of Cluster Visualization, and Suitability to Operational Needs, with an acceptance threshold of a mean score ≥ 4.0 (equivalent to ≥ 80%). Third, evaluation of the clustering quality using four indicators: classification accuracy (target ≥ 75%) computed through an 80:20 train-test split, Silhouette Score (target ≥ 50%), Davies-Bouldin Index (target < 1.0), and the percentage of successfully classified borrowers (target ≥ 80%).

3. RESULTS AND ANALYSIS

3.1. System Implementation

The system was successfully implemented with three user access levels: Employee, HR/Division Head, and Asset Administrator, each with an interface tailored to its needs. During the approval process, HR is presented with the borrower's behavior profile in the form of a cluster label and a five-variable radar chart, as shown in Fig. 2, as decision-support information before an approval decision is made.



Figure 2. HR approval interface with borrower behavior profile

3.2. Black Box Testing Results

Black Box Testing on 37 scenarios covering 12 functional requirements (FR-01 to FR-12) showed that all scenarios ran as expected, with a 100% success rate, so that all of the system's main functionalities were declared valid.

3.3. User Acceptance Testing Results

User acceptance testing was carried out on 15 respondents (4 Asset Administrators, 2 HR/Division Heads, and 9 Employees). The measurement results are presented in Table 2.

Table 2. User Acceptance Testing Results

Aspect	Score	Category
Ease of Use	90.0%	Very Good
Feature Completeness	86.7%	Very Good
Speed and Performance	88.0%	Very Good
Clarity of Cluster Visualization	83.3%	Good

Suitability to Operational Needs	92.0%	Very Good
Overall Average	88.0%	Very Good

All aspects scored above the acceptance threshold (≥ 80%), with an overall average of 88.0% in the Very Good category. The Clarity of Cluster Visualization aspect obtained a relatively lower score, which is consistent with the Silhouette Score that has not yet reached its target, as discussed in the following subsection.

3.4. K-Means Clustering Results

Of the 14 borrowers who met the minimum transaction requirement, all of them were successfully grouped into three clusters: Active and Disciplined (5 borrowers, 36%), Casual (5 borrowers, 36%), and At-Risk (4 borrowers, 29%). The measurement results of the four clustering quality indicators are presented in Table 3.

Table 3. Clustering Accuracy Indicator Measurement Results

Indicator	Result	Target	Status
Classification Accuracy	100.0%	≥ 75%	Achieved
Silhouette Score	37.2%	≥ 50%	Not achieved
Davies-Bouldin Index	0.8714	< 1.0	Achieved
Classified Percentage	100.0%	≥ 80%	Achieved

Three of the four indicators met their targets. The Silhouette Score of 37.2% did not reach the minimum target of 50%. Testing across the entire K=2 to K=8 range showed that no K value reached the target, with the highest value being only 40.7% at K=4, indicating that the main cause is the limited volume of data (14 borrowers) rather than an incorrect choice of the number of clusters. The number of clusters K=3 was retained instead of K=4 because the small difference in Silhouette Score (3.5 percentage points) was not considered worth the loss of interpretability of the three risk categories that had been designed since the planning stage. A qualitative validation of the cluster labels involving the Asset Administrator and HR showed that 83.3% of respondents stated that the labels produced matched the borrowers' actual behavior as they knew it, indicating good qualitative validity even though the statistical validity (Silhouette Score) still needs improvement.

3.5. Discussion

The results of this study address the gap identified in the Introduction, namely the lack of integration of data-driven borrower behavior analysis into a company's operational asset loan system. Compared with previous asset loan system research that did not yet include behavior analysis [1], [3], [5], [7], [12], the system in this study visually displays the borrower's behavior profile at the point of approval decision-making. Compared with the application of K-Means in the library book-loan domain [11], this study extends the variables used to include delay rate and asset value, and integrates the clustering results directly into the decision-support system's workflow in real time.

4. CONCLUSION

This study successfully designed and built a web-based asset loan information system integrated with borrower behavior analysis using K-Means Clustering. Black Box Testing showed that all functionalities ran as expected (100%), and user acceptance testing showed a Very Good acceptance level (88.0%). The K-Means algorithm successfully classified all borrowers into three behavioral segments with a classification accuracy of 100% and a Davies-Bouldin Index of 0.8714, although the Silhouette Score (37.2%) did not yet reach its target due to the limited volume of data. The clustering results were also qualitatively validated by users with an agreement rate of 83.3%. Future research is recommended to use a larger volume of transaction data to statistically improve the quality of cluster separation.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank Batam Pos for the permission and opportunity granted to conduct observations and data collection, and the D4 Software Engineering Technology Study Program, Batam State Polytechnic, for the support provided throughout this research.

REFERENCES

1. M. B. Abairahman and H. Rosyid, "Perancangan dan implementasi sistem peminjaman barang berbasis web pada PT. Gresik Migas," REMIK: Riset dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer, vol. 9, pp. 136-150, 2025.

2. F. D. S. Alhamdani, et al., "Segmentasi pelanggan berdasarkan perilaku penggunaan kartu kredit menggunakan metode K-means Clustering," JISKA: Jurnal Informatika Sunan Kalijaga, vol. 6, pp. 70-77, 2021.

3. S. Hadikristanto and N. T. Kurniadi, "Implementasi pengembangan aplikasi sistem manajemen aset berbasis web menggunakan metode waterfall untuk mengoptimalkan penggunaan aset pada PT. Hutama Karya (Persero)," Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Bisnis, vol. 5, pp. 401-408, 2023.

4. S. Juanita and R. D. Cahyono, "K-means Clustering with comparison of elbow and silhouette methods for medicines clustering based on user reviews," Jurnal Teknik Informatika (Jutif), vol. 5, pp. 283-289, 2024.

5. S. Naibaho, et al., "Rancang bangun sistem manajemen informasi aset menggunakan Laravel," Jurnal Rekayasa Sistem Informasi dan Teknologi (JRSIT), vol. 2, pp. 657-666, 2024.

6. D. S. Nugraha, et al., "Segmentasi pelanggan berbasis analisis RFM menggunakan algoritma K-means Clustering," Jurnal Komputer Teknologi Informasi Sistem Komputer (JUKTISI), vol. 4, pp. 1361-1369, 2025.

7. Qurrotu Ainii, et al., "Rancang bangun sistem pengelolaan peminjaman aset dengan pendekatan asset lifecycle management," Jurnal Komputer Teknologi Informasi Sistem Komputer (JUKTISI), vol. 4, pp. 990-1000, 2025.

8. R. Siagian, et al., "Penerapan algoritma K-means dan K-Medoids untuk segmentasi pelanggan pada data transaksi e-commerce," SISTEMASI: Jurnal Sistem Informasi, vol. 11, 2022.

9. P. Vania and B. N. Sari, "Perbandingan metode elbow dan silhouette untuk penentuan jumlah klaster yang optimal pada clustering produksi padi menggunakan algoritma K-means," Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, vol. 9, pp. 547-558, 2023.

10. A. P. Wicaksono, et al., "Elbow and silhouette methods for K value analysis of ticket sales grouping on K-means," Sistemasi: Jurnal Sistem Informasi, vol. 13, pp. 28-38, 2024.

11. L. Rosiana and I. Yuadi, "K-Means Clustering untuk Analisis Tren Peminjaman Buku di Perpustakaan," Journal of Technology and Informatics (JoTI), vol. 7, pp. 1-10, 2025.

12. Y. K. Putra, et al., "Pengembangan sistem informasi inventaris dan peminjaman barang berbasis web untuk meningkatkan efisiensi dan transparansi pengelolaan aset desa," Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi, vol. 9, pp. 740-751, 2026.