Journal Software, Hardware and Information Technology
p-ISSN: 2808-3385 | e-ISSN: 2776-8961
Volume 6 Issue 1, January 2026

Sistem Pengambilan Keputusan untuk Efisiensi Penggunaan Ruangan Rumah Sakit Menggunakan Algoritma *K-Means*

Decision Support System for Hospital Room Utilization Efficiency Using the K-Means Algorithm

Agus Saputro, Mufti Ari Bianto, Imam Hambali, Muhamad Andriyan Permana
Program Studi Teknik Komputer, Universitas Muhammadiyah Lamongan, Lamongan, Indonesia
agusaputro2002@gmail.com, muftiari10@gmail.com, ms.imamhambali@gmail.com, mapermana87@gmail.com

Notes

Submitted: 19-06-2025
Revised: 07-07-2025
Accepted: 08-07-2025
Published: 30-01-2026

How to cite: A. Saputro, M. A. Bianto, I. Hambali, and M. A. Permana, "Sistem Pengambilan Keputusan untuk Efisiensi Penggunaan Ruangan Rumah Sakit menggunakan Algoritma K-Means," *Journal Software, Hardware and Information Technology (SHIFT)*, vol. 6, no. 1, pp. 1–18, Jan. 2026, doi: 10.24252/shift.v6i1.206.

DOI: 10.24252/shift.v6i1.206

Copyright 2026© the Author(s)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRACT

Efficient room utilization is a crucial aspect in supporting the quality of healthcare services. Muhammadiyah Lamongan Hospital has faced issues such as schedule overlaps and uneven room usage. This study aims to evaluate room utilization efficiency by applying the K-Means Clustering algorithm. A total of 180 booking records from six non-clinical rooms over one month were analyzed using three parameters: frequency, total duration, and average duration of use. The data were cleaned, normalized using the min-max method, and clustering into three intensity categories: high, medium, and low. The results showed that the Main Meeting Room belonged to the high-intensity category, the Kordik Meeting Room was categorized as low, and the remaining four rooms fell into the medium category. Overall, the rooms were grouped into one high intensity, four medium, and one low. These results provide an evaluative basis for management to develop more efficient room allocation strategies. In addition, the clustering process was implemented into an application-based system that presents the results automatically and visually. The system is designed to be user-friendly for non-technical users and supports strategic, data-driven decision-making. This approach also holds potential for adaptation in other public service institutions with similar needs.

Keywords: decision support system, hospital management, k-means clustering, room efficiency.

ABSTRAK

Efisiensi penggunaan ruangan merupakan aspek krusial dalam mendukung mutu layanan di rumah sakit. Rumah Sakit Muhammadiyah Lamongan menghadapi permasalahan berupa tumpang tindih jadwal serta pemanfaatan ruangan yang belum merata. Penelitian ini bertujuan untuk

mengevaluasi efisiensi pemanfaatan ruang dengan menerapkan algoritma *K-Means Clustering*. Sebanyak 180 data peminjaman dari enam ruangan non-klinis selama satu bulan digunakan sebagai data uji, dengan tiga parameter utama yaitu frekuensi pemakaian, total durasi, dan rata-rata durasi per pemakaian. Proses dimulai dengan pembersihan data, normalisasi data menggunakan metode *min-max*, kemudian dilakukan pengelompokan ke dalam tiga klaster intensitas: tinggi, sedang, dan rendah. Hasil klasterisasi menunjukkan bahwa Ruang Rapat Utama termasuk dalam kategori penggunaan tinggi, Ruang Rapat Kordik tergolong rendah, dan empat ruangan lainnya berada pada kategori sedang. Secara keseluruhan, sistem mengelompokkan enam ruangan ke dalam tiga klaster dengan komposisi: satu ruangan intensitas tinggi, empat sedang, dan satu rendah. Hasil ini memberikan dasar evaluatif bagi manajemen untuk merancang strategi alokasi ruang yang lebih efisien. Selain itu, proses klasterisasi diimplementasikan ke dalam sistem berbasis aplikasi yang mampu menyajikan hasil secara otomatis dan visual. Sistem ini dirancang agar mudah digunakan oleh pengguna non-teknis, serta mendukung pengambilan keputusan strategis berbasis data. Pendekatan ini berpotensi diadaptasi oleh institusi layanan publik lainnya dengan kebutuhan serupa.

Kata kunci: efisiensi ruangan, k-means clustering, manajemen rumah sakit, sistem pengambilan keputusan.

1. PENDAHULUAN

Di era digital saat ini, pengelolaan sumber daya secara efisien menjadi tuntutan utama dalam meningkatkan kualitas layanan pada institusi publik, termasuk rumah sakit. Salah satu sumber daya krusial namun seringkali belum dimanfaatkan secara optimal adalah penggunaan ruangan. Di lingkungan rumah sakit, ruangan memiliki berbagai fungsi penting seperti ruang rapat, ruang pelatihan, ruang tindakan, hingga ruang layanan khusus. Apabila tidak dikelola secara optimal, penggunaan ruangan dapat menjadi tidak efisien dan memicu tumpang tindih jadwal, konflik penggunaan, serta penurunan kualitas pelayanan kesehatan.

Rumah Sakit Muhammadiyah Lamongan (RSML), sebagai salah satu institusi kesehatan swasta terbesar di Kabupaten Lamongan, menghadapi sejumlah permasalahan seperti tumpang tindih jadwal penggunaan ruangan, pemanfaatan ruangan yang tidak merata, serta keterbatasan data evaluatif yang dapat dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan. Permasalahan ini menimbulkan dampak serius terhadap efisiensi operasional rumah sakit dan berpotensi menurunkan kualitas pelayanan. Perencanaan ruang yang tidak efisien dapat menyebabkan gangguan pada alur kerja tenaga kesehatan dan menciptakan konflik penggunaan fasilitas [1]. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem evaluasi berbasis data (*data-driven*) yang dapat mempermudah manajemen rumah sakit dalam mengidentifikasi pola penggunaan dan menyusun prioritas efisiensi secara objektif dan terukur. Pendekatan *data-driven* dalam manajemen rumah

sakit memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan kesehatan secara menyeluruh [2].

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam pendekatan berbasis data tersebut adalah *K-Means Clustering*. Algoritma K-Means mengelompokkan data dengan menetapkan sejumlah pusat cluster (centroid) sebagai acuan, sehingga data yang memiliki karakteristik serupa akan terhubung dalam kelompok yang sama [3]. Dalam penelitian ini, pengelompokan dilakukan berdasarkan parameter frekuensi, total durasi, dan rata-rata durasi pemakaian. Ketiga parameter ini dipilih karena dianggap mewakili intensitas dan efisiensi pemanfaatan ruangan secara menyeluruh. Frekuensi menunjukkan seberapa sering ruangan digunakan, total durasi menggambarkan akumulasi waktu pemakaian, sedangkan rata-rata durasi memberikan informasi tentang efisiensi waktu setiap kali ruangan digunakan. Kombinasi ketiga variabel tersebut memungkinkan sistem untuk mengidentifikasi pola penggunaan ruangan secara lebih objektif dan sistematis. Hasil pengelompokan ini dapat menjadi dasar pertimbangan manajemen dalam mengambil keputusan yang lebih tepat terkait optimalisasi pemanfaatan ruangan.

Penggunaan algoritma K-Means dalam konteks manajemen fasilitas kesehatan telah banyak dikaji dalam berbagai penelitian sebelumnya. Penelitian di RSUD Ciamis menerapkan metode ini untuk mengelompokkan pasien berdasarkan intensitas kunjungan, guna mendukung manajemen layanan rawat inap [4]. Studi lain mengelompokkan pasien BPJS berdasarkan karakteristik penggunaan layanan kesehatan, yang bertujuan mendukung perencanaan anggaran dan peningkatan efisiensi layanan [5]. Selain itu, K Means dimanfaatkan dalam pengembangan sistem penjadwalan janji temu pasien berbasis prioritas medis untuk mengoptimalkan waktu pelayanan [6], serta dalam analisis pola okupansi tempat tidur rumah sakit berdasarkan beban harian sebagai dasar perencanaan kapasitas mingguan [7]. Di samping itu, algoritma ini juga diterapkan untuk mengelompokkan area indoor berskala besar termasuk ruang di rumah sakit berdasarkan atribut semantik, sehingga menghasilkan pembagian ruang yang lebih efisien dan terstruktur [8].

Hasil dari berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa algoritma K-Means efektif dalam mengubah data numerik menjadi kelompok informasi yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan strategis dalam pengelolaan fasilitas rumah sakit. Namun demikian, sebagian besar studi tersebut masih berfokus pada pengelompokan pasien atau fasilitas layanan klinis, seperti ruang rawat inap dan sistem penjadwalan medis. Berbeda dengan penelitian tersebut, penelitian ini menerapkan algoritma K-Means untuk mengevaluasi efisiensi pemanfaatan ruang non-klinis, seperti ruang rapat, ruang pelatihan, dan gedung olahraga, yang selama ini belum banyak mendapat perhatian dalam konteks manajemen berbasis data.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengambilan keputusan berbasis algoritma K-Means yang terintegrasi dengan aplikasi MADANI. Sistem ini dirancang untuk mengklasifikasikan ruangan berdasarkan pola frekuensi dan durasi pemakaian menjadi beberapa kategori, serta menyajikan hasilnya dalam bentuk visualisasi data yang mendukung proses pengambilan keputusan oleh manajemen rumah sakit. Dengan adanya sistem ini, RS Muhammadiyah Lamongan diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pemanfaatan ruang serta mutu pelayanan secara menyeluruh, sekaligus menjadi referensi dalam pengembangan sistem serupa di institusi pelayanan publik lainnya yang membutuhkan pengelolaan fasilitas berbasis data.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk mengukur dan menganalisis pola penggunaan ruangan berdasarkan data numerik secara objektif. Pendekatan kuantitatif dipilih karena memungkinkan pengujian hipotesis dan pengambilan keputusan berbasis data menggunakan teknik statistik [9]. Alur tahapan penelitian ini digambarkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Alur Tahapan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan identifikasi permasalahan di Rumah Sakit Muhammadiyah Lamongan (RSML). Permasalahan yang ditemukan adalah tumpang tindih jadwal penggunaan ruangan dan belum optimalnya pemanfaatan ruang non-klinis seperti ruang rapat, pelatihan, dan sebagainya. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan studi literatur untuk mendukung pemilihan metode yang tepat, khususnya penerapan algoritma *K-Means Clustering* yang dinilai relevan dalam manajemen fasilitas pelayanan kesehatan.

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga metode: 1) observasi terhadap proses peminjaman ruangan, 2) wawancara dengan staf bagian Sistem Informasi Rumah Sakit (SIRS), dan 3) dokumentasi data historis peminjaman ruang selama bulan Januari 2025. Dataset yang diperoleh terdiri dari 180 entri peminjaman pada enam jenis ruangan. Setiap entri memuat informasi nama ruangan, tanggal penggunaan, keperluan, waktu mulai dan selesai, serta durasi pemakaian. Sebelum dilakukan proses klasterisasi, data dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi kesesuaian distribusi, mendeteksi nilai ekstrem (*outlier*), dan memastikan tidak adanya data kosong. Data kemudian ditransformasi menjadi tiga variabel numerik utama: frekuensi penggunaan, total durasi, dan rata-rata durasi pemakaian. Seluruh variabel dinormalisasi menggunakan metode *min-max normalization* untuk memastikan kesetaraan skala dan menghindari dominasi satu variabel terhadap hasil klaster, dengan rumus sebagai berikut:

$$X' = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (1)$$

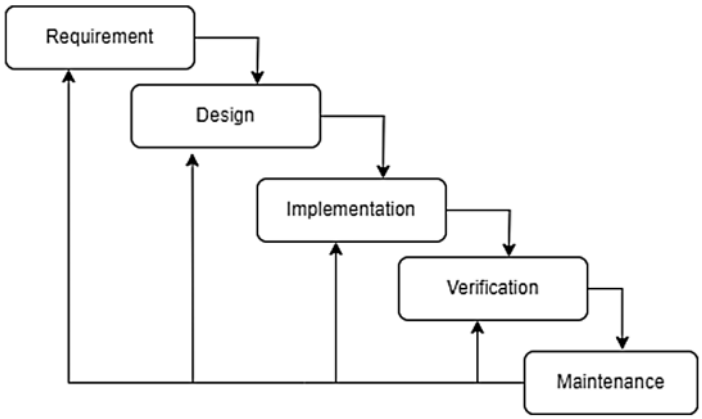
di mana X' adalah nilai hasil normalisasi, X adalah nilai asli, dan X_{min} serta X_{max} masing-masing merupakan nilai minimum dan maksimum dari variabel terkait.

Proses klasterisasi dilakukan dengan menerapkan algoritma *K-Means Clustering*, yang bertujuan untuk mengelompokkan ruangan berdasarkan kemiripan pola penggunaannya. Jumlah klaster (k) ditentukan melalui pendekatan eksploratif, dengan mempertimbangkan konteks penggunaan ruang dan interpretasi hasil visualisasi. Proses ini diintegrasikan ke dalam sistem berbasis aplikasi MADANI, yang dibangun menggunakan pendekatan rekayasa perangkat lunak model *Waterfall*.

Tahap akhir dari penelitian ini adalah pengujian yang mencakup validasi fungsionalitas sistem dan keakuratan sistem terhadap data aktual. Namun demikian, penelitian ini belum menyertakan evaluasi kualitas klaster secara kuantitatif seperti *Silhouette Score* atau *Sum of Squared Error* (SSE). Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan untuk menambah metrik evaluatif yang lebih komprehensif serta memperluas cakupan dataset guna memperoleh hasil yang lebih representatif dan aplikatif.

2.2. Metode Pengembangan

Pengembangan fitur Sistem Pengambilan Keputusan pada aplikasi MADANI, menggunakan pendekatan model *Waterfall*. Model ini dipilih karena alurnya yang sistematis dan sesuai untuk proyek dengan kebutuhan yang telah terdefinisi dengan jelas sejak awal. Metode *Waterfall* merupakan salah satu model dalam *System Development Life Cycle* (SDLC) yang menggunakan pendekatan linear dan berurutan dalam pengembangan perangkat lunak [10].



Gambar 2. Metode Waterfall

Tahapan pengembangan sistem pada penelitian ini mengacu pada lima langkah utama dalam metode *Waterfall* sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2, yaitu:

1. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan melalui observasi dan wawancara yang mengidentifikasi dua kebutuhan utama: 1) sistem evaluasi penggunaan ruangan berbasis data, dan 2) integrasi algoritma *K-Means Clustering* untuk mengelompokkan tingkat penggunaan ruangan.

2. Perancangan Sistem

Perancangan dilakukan dengan menyusun *Entity Relationship Diagram* (ERD), *Flowchart*, dan *Use Case Diagram*. Antarmuka pengguna dirancang menggunakan framework *Laravel*

Filament yang mendukung tampilan *dark mode* dan komponen web interaktif guna meningkatkan pengalaman pengguna (*user experience*).

3. Implementasi

Sistem dibangun secara modular menggunakan Laravel 11. Proses klasterisasi dilakukan dengan algoritma *K-Means Clustering*, sementara visualisasi hasil analisis disajikan melalui *Chart.js* dalam bentuk grafik dan tabel. Pendekatan modular ini bertujuan untuk memudahkan proses pengujian dan pemeliharaan sistem di tahap selanjutnya.

4. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan dengan metode *black-box testing*, yaitu pendekatan yang memfokuskan pengujian pada perilaku eksternal sistem tanpa memeriksa struktur internal kode program [11]. Pengujian dilakukan berdasarkan serangkaian skenario yang mencakup validasi input, hasil keluaran, serta kesesuaian hasil terhadap spesifikasi sistem.

5. Pemeliharaan

Setelah sistem diuji dan diterapkan, dilakukan pemeliharaan berdasarkan umpan balik pengguna, khususnya tim Sistem Informasi Rumah Sakit (SIRS). Beberapa bentuk pemeliharaan meliputi: penyempurnaan antarmuka, penyesuaian logika analisis, penambahan fitur seperti ekspor hasil evaluasi, serta monitoring performa sistem. Tahap ini bertujuan untuk memastikan sistem tetap akurat, relevan, dan adaptif terhadap kebutuhan operasional rumah sakit yang terus berkembang.

2.3. Algoritma K-Means Clustering

K-Means Clustering merupakan salah satu algoritma dalam teknik pengelompokan data yang digunakan untuk membagi data ke dalam sejumlah kelompok berdasarkan kemiripan/kesamaan karakteristik [12]. Dalam sistem ini, algoritma K-Means digunakan untuk mengelompokkan ruangan berdasarkan frekuensi, total durasi, dan rata-rata durasi penggunaan, sehingga menghasilkan tiga kelompok ruangan dengan kategori penggunaan tinggi, sedang, dan rendah.

Langkah-langkah klasterisasi K-Means [13]

1. Menghitung nilai parameter input (fitur data)

Setiap ruangan dihitung:

- Frekuensi: jumlah hari ruangan digunakan dalam sebulan
- Total durasi: jumlah durasi pemakaian dalam sebulan
- Rata-rata durasi: total durasi pemakaian ruangan dibagi jumlah hari digunakan

2. Menentukan jumlah cluster (k)

Jumlah klaster ditentukan berdasarkan kebutuhan analisis. Dalam penelitian ini digunakan k = 3, yaitu untuk mengelompokkan ruangan ke dalam kategori:

- Intensitas penggunaan tinggi
- Intensitas penggunaan sedang
- Intensitas penggunaan rendah

3. Menentukan centroid awal secara acak
4. Menghitung jarak setiap data ke masing-masing centroid

Jarak setiap data terhadap centroid dihitung menggunakan rumus *Euclidean* sebagai berikut:

$$d(x,c) = \sqrt{(x_1 - c_1)^2 + (x_2 - c_2)^2 + (x_3 - c_3)^2} \quad (2)$$

di mana:

- x adalah vektor data (frekuensi, total durasi, dan rata-rata durasi),
- c adalah titik centroid dari klaster.

5. Mengelompokkan tiap data ke dalam cluster berdasarkan jarak terdekat antara data dengan centroidnya
6. Menghitung centroid baru

Setelah semua data dikelompokkan, centroid dihitung ulang berdasarkan anggota cluster yang telah diperbarui, yaitu dengan menghitung nilai rata-rata dari seluruh data dalam masing-masing cluster. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$c_k = \left(\frac{1}{n_k}\right) \sum d_i \quad (3)$$

di mana:

- c_k adalah centroid baru,
- n_k adalah jumlah data di cluster,
- d_i adalah cluster.

7. Melakukan iterasi hingga konvergen

Langkah 4-6 diulang hingga tidak ada perubahan pada posisi centroid atau jumlah iterasi maksimum tercapai.

8. Menentukan hasil akhir cluster

Setelah konvergen, diperoleh tiga cluster ruangan berdasarkan intensitas penggunaan. Hasil ini dapat digunakan untuk evaluasi pemanfaatan ruang dan efisiensi penjadwalan.

Implementasi dalam Sistem MADANI

1. Otomatisasi proses klasterisasi

Seluruh proses klasterisasi dilakukan secara otomatis melalui aplikasi MADANI menggunakan pustaka Phpml/Clustering/KMeans untuk menjalankan algoritma K-Means secara komputasi, termasuk inisialisasi centroid, perhitungan jarak, pengelompokan data, dan pembaruan centroid.

2. Pemrosesan data otomatis

Sistem menerima input berupa data frekuensi, total durasi, dan rata-rata durasi, kemudian memprosesnya tanpa perlu perhitungan manual oleh pengguna.

3. Visualisasi hasil

Hasil dari proses klasterisasi kemudian divisualisasikan dalam bentuk tabel dan grafik menggunakan *Chart.js*, sehingga memudahkan pihak manajemen rumah sakit dalam mengevaluasi efisiensi penggunaan ruangan secara *data-driven*.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Klasterisasi Data Penggunaan Ruangan

Data pemakaian ruangan dianalisis menggunakan algoritma K-Means untuk mengelompokkan ruangan berdasarkan tiga parameter utama, yaitu frekuensi pemakaian, total durasi pemakaian, dan rata-rata durasi pemakaian per hari. Ketiga parameter ini dianggap mampu

merepresentasikan tingkat intensitas dan efisiensi penggunaan masing-masing ruangan. Semakin sering suatu ruangan digunakan dan semakin lama durasinya, maka semakin tinggi pula tingkat pemanfaatannya. Tujuan dari klasterisasi ini adalah untuk mengidentifikasi pola pemanfaatan ruang sehingga manajemen rumah sakit dapat mengevaluasi efisiensi penggunaannya.

Sebelum dilakukan proses klasterisasi, data terlebih dahulu melalui tahap pembersihan (*data cleaning*) untuk memastikan kelengkapan dan kualitasnya. Proses ini mencakup pemeriksaan *missing values*, penyesuaian format waktu, serta penghitungan otomatis durasi pemakaian ruangan berdasarkan selisih waktu mulai dan selesai. Gambar 3 berikut menunjukkan hasil pemeriksaan terhadap nilai kosong dalam dataset. Terlihat bahwa seluruh atribut mulai dari tanggal, nama ruangan, waktu mulai, waktu selesai, durasi, hingga keperluan tidak memiliki nilai kosong baik sebelum maupun sesudah proses pembersihan. Hal ini menunjukkan bahwa seluruh data valid dan layak untuk digunakan dalam proses analisis selanjutnya.

```
=== Jumlah Missing Values Sebelum & Setelah Pembersihan ===
              Missing Sebelum Pembersihan  Missing Setelah Pembersihan
Tanggal                                 0                           0
Nama Ruangan                            0                           0
Waktu Mulai                             0                           0
Waktu Selesai                           0                           0
Durasi (jam)                            0                           0
Keperluan                               0                           0
```

Gambar 3. Hasil Pembersihan Data

Setelah data dinyatakan bersih, dilakukan proses rekapitulasi terhadap pemakaian enam ruangan non-klinis di Rumah Sakit Muhammadiyah Lamongan dengan total 180 entri peminjaman selama bulan Januari 2025. Rekap ini bertujuan untuk menghasilkan tiga parameter numerik utama yang menjadi dasar proses klasterisasi. Nilai-nilai rekapitulasi ini ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Rekap Frekuensi, Total Durasi, dan Durasi Rata-rata Peminjaman Ruangan

No	Nama Ruangan	Frekuensi (hari dipakai)	Total Durasi (jam)	Rata-rata Durasi (jam)
1	Gedung Olahraga	25	48	1,9
2	Ruang Kuliah Dokter	31	58	1,9
3	Ruang Rapat Kordik	22	45	2
4	Ruang Rapat Litbang	28	52	1,9
5	Ruang Rapat Personalia	37	66	1,8
6	Ruang Rapat Utama	37	73	2

Tabel 1 di atas menyajikan rekapitulasi penggunaan enam ruangan non-klinis yang menjadi dasar input proses klasterisasi. Frekuensi menunjukkan jumlah hari ruangan digunakan, total durasi mencerminkan akumulasi waktu penggunaan dalam jam, dan rata-rata durasi diperoleh dari pembagian total durasi terhadap frekuensi pemakaian. Nilai-nilai tersebut memperlihatkan bahwa Ruang Rapat Utama dan Ruang Rapat Personalia memiliki intensitas pemakaian tertinggi, baik dari sisi frekuensi maupun total durasi. Sementara itu, Ruang Rapat Kordik memiliki frekuensi terendah, namun tetap menunjukkan rata-rata durasi yang tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan ruang tidak hanya ditentukan oleh frekuensi, tetapi juga oleh efisiensi tiap sesi pemakaian.

Sebelum dilakukan proses klasterisasi, data dinormalisasi menggunakan metode *min-max*, dengan mengubah nilai asli ke dalam rentang 0-1. Tujuannya adalah untuk memastikan setiap parameter berada dalam skala yang setara, sehingga tidak ada satu variabel yang lebih dominan dalam perhitungan jarak. Proses ini dilakukan menggunakan rumus (1) yang telah dijelaskan pada Bab 2.

Sebagai contoh:

- Nilai frekuensi minimum adalah 22 (Ruang Rapat Kordik) dan maksimum adalah 37 (Ruang Rapat Personalia dan Ruang Rapat Utama). Maka, normalisasi frekuensi untuk Gedung Olahraga (25 hari) dihitung sebagai berikut:
$$X' = (25 - 22)/(37 - 22) = 3/15 = 0{,}2$$
- Untuk total durasi Gedung Olahraga (48 jam), dengan nilai minimum 45 (Ruang Rapat Kordik) dan maksimum 73 (Ruang Rapat Utama), diperoleh:
$$X' = (48 - 45)/(73 - 45) = 3/28 \approx 0{,}11$$
- Sedangkan rata-rata durasi untuk Gedung Olahraga adalah 1,9 jam. Dengan nilai minimum 1,8 dan maksimum 2,0, maka:
$$X' = (1{,}9 - 1{,}8)/(2{,}0 - 1{,}8) = 0{,}1/0{,}2 = 0{,}5$$

Hasil normalisasi ditampilkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Normalisasi Frekuensi, Total Durasi, dan Durasi Rata-rata Peminjaman Ruangan

No	Nama Ruangan	Frekuensi (hari dipakai)	Total Durasi (jam)	Rata-rata Durasi (jam)
1	Gedung Olahraga	0,2	0,11	0,5
2	Ruang Kuliah Dokter	0,6	0,46	0,5
3	Ruang Rapat Kordik	0	0	1
4	Ruang Rapat Litbang	0,4	0,25	0,5
5	Ruang Rapat Personalia	1	0,75	0
6	Ruang Rapat Utama	1	1	1

Selanjutnya, dilakukan klasterisasi menggunakan algoritma K-Means dengan jumlah klaster k = 3, untuk menghasilkan tiga kategori penggunaan: tinggi, sedang, dan rendah. Pemilihan nilai k = 3 didasarkan pada pertimbangan praktis agar hasil klaster mudah dipahami dan relevan bagi manajemen rumah sakit dalam menyusun strategi penggunaan ruang. Centroid awal ditentukan secara acak namun tetap memperhatikan keberagaman pola penggunaan sebagai representasi awal masing-masing kelompok. dengan mengambil tiga data sebagai titik acuan yang ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Centroid Awal

Data dari	Centroid	Frekuensi	Total Durasi	Rata-Rata Durasi
R. Rapat Utama	C1	1	1	1
R. Kuliah Dokter	C2	0,6	0,46	0,5
R. Rapat Kordik	C3	0	0	1

Tabel 3 tersebut menunjukkan bahwa masing-masing centroid awal merupakan representasi dari kombinasi nilai parameter yang berbeda. Centroid C1 berasal dari Ruang Rapat Utama

yang memiliki nilai maksimum pada seluruh parameter, merepresentasikan tingkat penggunaan tertinggi. Centroid C2 berasal dari Ruang Kuliah Dokter, yang berada pada kisaran menengah untuk frekuensi dan durasi. Sedangkan centroid C3, yang berasal dari Ruang Rapat Kordik, merepresentasikan ruangan dengan frekuensi dan total durasi terendah, namun memiliki nilai maksimum pada rata-rata durasi per sesi. Ketiga titik awal ini selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam iterasi klasterisasi.

Setelah centroid ditentukan, dilakukan perhitungan jarak antara setiap data dengan masing-masing centroid menggunakan rumus Euclidean sebagaimana ditunjukkan pada rumus (2). Sebagai contoh, berikut perhitungan jarak antara Gedung Olahraga dan Centroid C1:

$$\mathrm{d}(x,c) = \sqrt{(0{,}2-1)^2 + (0{,}11-1)^2 + (0{,}5-1)^2}$$
$$= \sqrt{(-0{,}8)^2 + (-0{,}89)^2 + (0{,}5)^2}$$
$$= \sqrt{0{,}64 + 0{,}7921 + 0{,}25}$$
$$= \sqrt{1{,}6821}$$
$$= 1{,}297$$

Hasil perhitungan pada iterasi pertama ditampilkan pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hasil Klasterisasi Iterasi Pertama

No	Nama Ruangan	Frekuensi	Total Durasi	Rata-rata Durasi	C1	C2	C3	Klaster
1	Gedung Olahraga	0,2	0,11	0,5	1,2969	0,5315	0,5496	2
2	R. Kuliah Dokter	0,6	0,46	0,5	0,8376	0	0,9064	2
3	R. Rapat Kordik	0	0	1,0	1,4142	0,9064	0	3
4	R. Rapat Litbang	0,4	0,25	0,5	1,0828	0,29	0,6873	2
5	R. Rapat Personalia	1	0,75	0,0	1,0307	0,7029	1,6007	2
6	R. Rapat Utama	1	1	1,0	0	0,8376	1,4142	1

Tabel 4 di atas menunjukkan hasil perhitungan jarak Euclidean antara setiap data ruangan dengan ketiga centroid awal (C1, C2, C3). Nilai terkecil pada baris menentukan keanggotaan klaster. Misalnya, Gedung Olahraga memiliki nilai jarak terdekat ke centroid C2 (0,531507), sehingga dimasukkan ke dalam Klaster 2. Demikian pula, Ruang Kuliah Dokter juga memiliki jarak 0 terhadap C2, sehingga termasuk ke dalam klaster yang sama. Sementara itu, Ruang Rapat Kordik memiliki jarak 0 terhadap C3, yang berarti data ini menjadi titik pusat klaster 3. Adapun Ruang Rapat Utama menunjukkan jarak 0 terhadap C1, sehingga menjadi representasi awal dari Klaster 1.

Setelah pengelompokan awal dilakukan, posisi centroid diperbarui dengan menghitung rata-rata dari seluruh data yang tergabung dalam masing-masing klaster, sesuai dengan Rumus (3) yang telah disajikan pada Bab 2. Pembaruan ini dilakukan untuk memastikan bahwa setiap centroid benar-benar merepresentasikan posisi tengah dari anggotanya. Masing-masing parameter (frekuensi, total durasi, dan rata-rata durasi) dijumlahkan kemudian dibagi dengan jumlah data dalam klaster tersebut.

Misalnya, untuk menghitung centroid baru C2 yang terdiri dari empat ruangan, yaitu:

- Gedung Olahraga (frekuensi 0,2 ; total durasi 0,11 ; rata-rata durasi 0,5)
- Ruang Kuliah Dokter (frekuensi 0,6 ; total durasi 0,46 ; rata-rata durasi 0,5)
- Ruang Rapat Litbang (frekuensi 0,4 ; total durasi 0,25 ; rata-rata durasi 0,5)
- Ruang Rapat Personalia (frekuensi 1 ; total durasi 0,75 ; rata-rata durasi 0)

Maka perhitungan centroid barunya:

- Frekuensi:

$$c_{2,frekuensi} = \frac{0,2 + 0,6 + 0,4 + 1}{4} = 0,55$$

- Total durasi:

$$c_{2,total\ durasi} = \frac{0,11 + 0,46 + 0,25 + 0,75}{4} = 0,3925$$

- Rata-rata durasi:

$$c_{2,rata-rata\ durasi} = \frac{0,5 + 0,5 + 0,5 + 0}{4} = 0,375$$

Sementara itu, C1 (Ruang Rapat Utama) dan C3 (Ruang Rapat Kordik) hanya memiliki satu anggota masing-masing, sehingga nilai centroid tidak berubah. Hasil perhitungan centroid baru ditampilkan pada tabel 5 berikut:

Tabel 5. Centroid Baru

Centroid Baru	Frekuensi	Total Durasi	Rata-Rata Durasi
C1	1	1	1,0
C2	0,55	0,3925	0,375
C3	0	0	1

Tabel 5 menunjukkan centroid hasil iterasi pertama. Centroid C1 dan C3 tidak mengalami perubahan karena hanya berisi satu anggota, sedangkan centroid C2 diperbarui berdasarkan rata-rata dari empat data ruangan dalam klaster tersebut. Nilai-nilai centroid baru ini akan digunakan dalam iterasi berikutnya untuk menghitung ulang jarak dan menentukan apakah klaster telah konvergen atau masih berubah.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan ulang jarak antara setiap data dengan centroid baru yang diperoleh pada iterasi sebelumnya (Tabel 5). Proses ini bertujuan untuk mengetahui apakah terjadi perubahan klaster setelah posisi centroid diperbarui. Sebagai contoh, berikut adalah perhitungan jarak antara Ruang Kuliah Dokter dan centroid baru C2:

$$\mathrm{d}(x, c) = \sqrt{(0,6 - 0,55)^2 + (0,46 - 0,3925)^2 + (0,5 - 0,375)^2}$$
$$= \sqrt{(0,05)^2 + (0,0675)^2 + (0,125)^2}$$
$$= \sqrt{0,0025 + 0,0046 + 0,0156}$$
$$= \sqrt{0,0227}$$
$$= 0,1506$$

Hasil perhitungan pada iterasi kedua ditampilkan pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Hasil Klasterisasi Iterasi Kedua

No	Nama Ruangan	Frekuensi	Total Durasi	Rata-rata Durasi	C1	C2	C3	Klaster
1	Gedung Olahraga	0,2	0,11	0,5	1,2969	0,4668	0,5496	2
2	R. Kuliah Dokter	0,6	0,46	0,5	0,8376	0,1506	0,9064	2
3	R. Rapat Kordik	0	0	1,0	1,4142	0,9204	0	3
4	R. Rapat Litbang	0,4	0,25	0,5	1,0828	0,2417	0,6873	2
5	R. Rapat Personalia	1	0,75	0,0	1,0307	0,6862	1,6007	2
6	R. Rapat Utama	1	1	1,0	0	0,9809	1,4142	1

Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan jarak Euclidean antara masing-masing data dengan centroid baru dan diklasifikasikan ke dalam klaster berdasarkan jarak terpendek. Ruang Kuliah Dokter memiliki jarak terpendek ke C2 (0,150603), sehingga tetap berada di Klaster 2. Begitu juga dengan ruangan lain seperti Gedung Olahraga, Ruang Rapat Litbang, dan Ruang Rapat Personalia, yang tetap berada di Klaster 2. Sementara itu, Ruang Rapat Kordik tetap menjadi anggota Klaster 3 dengan jarak 0 terhadap centroid C3, dan Ruang Rapat Utama tetap menjadi satu-satunya anggota Klaster 1 dengan jarak 0 terhadap C1.

Hasil perhitungan pada iterasi kedua tidak terjadi perubahan anggota klaster dibandingkan iterasi pertama. Hal ini menunjukkan bahwa proses klasterisasi dinyatakan telah konvergen, sehingga pembagian akhir ruangan ke dalam tiga klaster dapat ditetapkan sebagai hasil final.

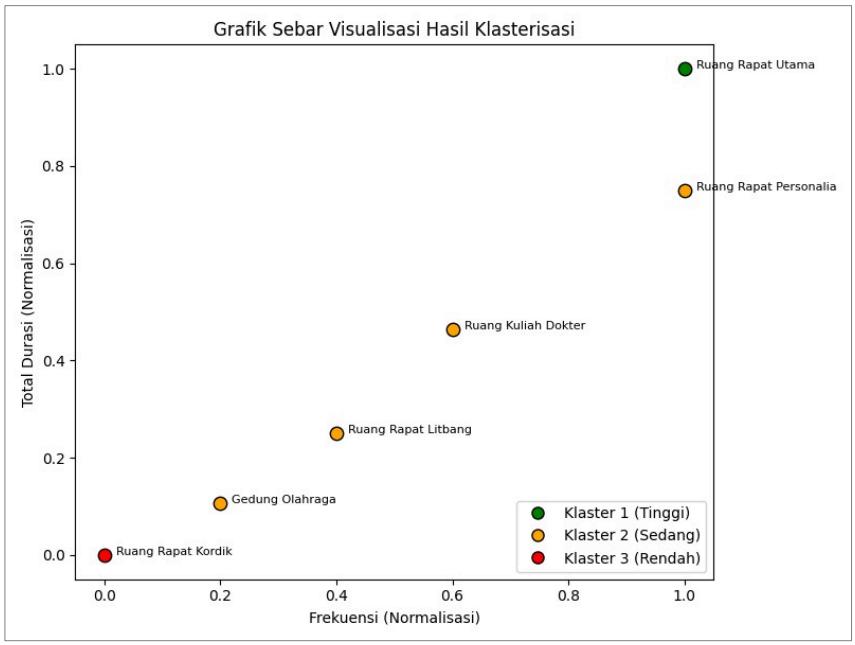
Tabel 7. Hasil Akhir Klasterisasi Penggunaan Ruangan

Klaster	Kategori Intensitas	Ruangan
1	Tinggi	Ruang Rapat Utama
2	Sedang	Gedung Olahraga, Ruang Kuliah Dokter, Ruang Rapat Litbang, Ruang Rapat Personalia
3	Rendah	Ruang Rapat Kordik

Tabel 7 menunjukkan hasil akhir pengelompokan enam ruangan ke dalam tiga klaster berdasarkan intensitas penggunaan. Penamaan kategori intensitas tinggi, sedang, dan rendah didasarkan pada nilai centroid akhir dari masing-masing klaster, yang mencerminkan gabungan nilai frekuensi, total durasi, dan rata-rata durasi penggunaan.

Klaster 1 yang hanya beranggotakan Ruang Rapat Utama, menunjukkan dominasi pada seluruh parameter, baik dari sisi frekuensi maupun durasi, serta efisiensi penggunaan waktu. Hal ini mengindikasikan bahwa ruangan tersebut memiliki tingkat pemanfaatan tertinggi dan kemungkinan memainkan peran strategis dalam operasional rumah sakit. Sebaliknya, Ruang Rapat Kordik, yang tergolong dalam Klaster 3, mencerminkan tingkat pemanfaatan yang paling minim, ruangan ini dapat menjadi pertimbangan untuk dilakukan evaluasi ulang fungsi, redistribusi jadwal, atau optimalisasi peruntukannya agar lebih efektif.

Untuk memperkuat hasil analisis tersebut, dilakukan pemetaan dalam bentuk grafik sebar (*scatter plot*) berdasarkan dua parameter utama yang telah dinormalisasi, yaitu frekuensi dan total durasi pemakaian. Kedua parameter ini dipilih karena mewakili intensitas pemakaian secara keseluruhan dan lebih mudah divisualisasikan dalam dua dimensi. Setiap titik pada gbrafik merepresentasikan satu ruangan, sementara warna menunjukkan hasil pengelompokan ke dalam klaster yang ditentukan oleh algoritma K-Means.



Gambar 4. Visualisasi Grafik Sebar Hasil Klasterisasi Penggunaan Ruangan

Visualisasi ini memperjelas pola klasterisasi yang sebelumnya disajikan secara numerik. Meskipun ditampilkan dalam dua dimensi, grafik ini cukup merepresentasikan distribusi ruangan berdasarkan tingkat pemanfaatannya. Ruang Rapat Utama terletak di posisi tertinggi baik dari sisi frekuensi maupun durasi, sesuai dengan klaster intensitas tinggi (hijau). Ruang Rapat Kordik berada di area dengan nilai paling rendah dan tergolong dalam klaster intensitas rendah (merah). Sementara empat ruangan lainnya berada dalam klaster sedang (orange). Visualisasi ini membantu manajemen rumah sakit dalam mengenali pola penggunaan ruang secara cepat, intuitif, dan berbasis data.

Meskipun perbedaan antar ruangan dapat terlihat secara umum melalui Tabel 1, algoritma K-Means memberikan keunggulan dalam hal objektivitas dan kemampuan analisis multivariat [14]. Pendekatan ini memastikan bahwa hasil pengelompokan tidak hanya bergantung pada satu variabel dominan seperti frekuensi, tetapi juga mempertimbangkan aspek waktu penggunaan secara menyeluruh. Dengan demikian, hasil klasterisasi ini lebih valid secara kuantitatif untuk dijadikan dasar evaluasi dan pengambilan keputusan manajerial dalam mengoptimalkan pemanfaatan ruang di rumah sakit.

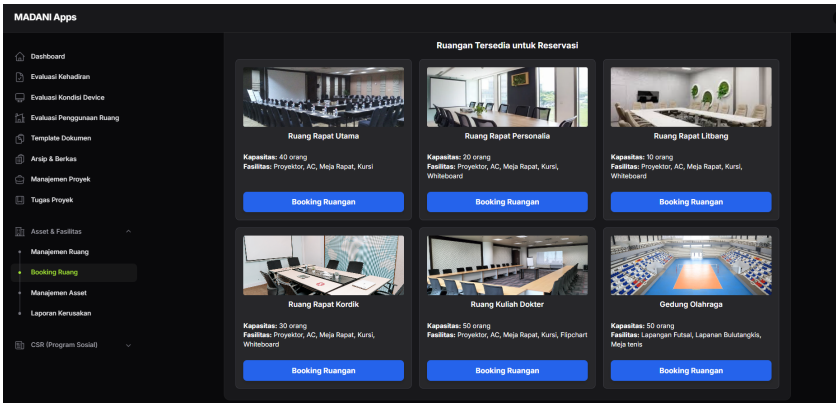
3.2. Implementasi Sistem dan Visualisasi Hasil

Proses klasterisasi yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya diimplementasikan ke dalam sistem pengambilan keputusan berbasis web melalui aplikasi MADANI. Aplikasi ini dikembangkan untuk membantu manajemen rumah sakit dalam melakukan evaluasi efisiensi penggunaan ruang secara otomatis, terstruktur, dan berbasis data. Penggunaan sistem ini diharapkan mampu menyederhanakan proses analisis sekaligus memvisualisasikan hasil klasterisasi dengan lebih informatif.

Aplikasi ini dibangun menggunakan *Laravel 11*, sebuah framework PHP berbasis arsitektur *Model View Controller* (MVC) yang dikenal karena kestabilannya dalam pengembangan sistem web modern dan kemudahan integrasi dengan komponen eksternal [15]. Antarmuka pengguna dirancang menggunakan *Laravel Filament*, pustaka *Laravel* yang mendukung

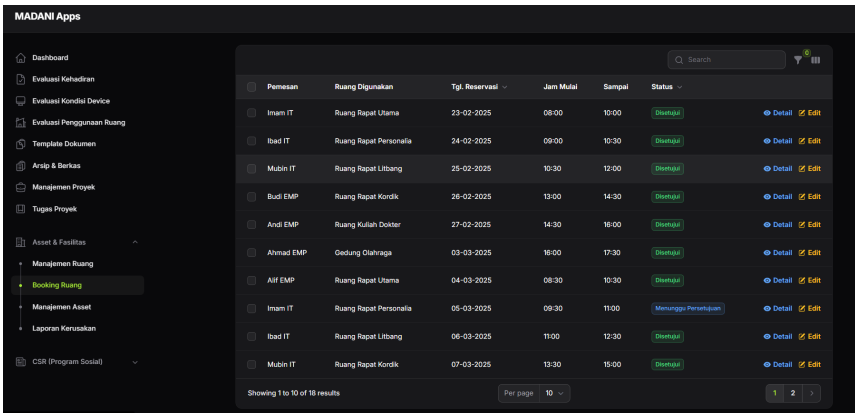
pembuatan panel administrasi dengan desain responsif untuk akses optimal di berbagai perangkat [16]. Sementara itu, visualisasi grafik dibuat menggunakan *Chart.js*, pustaka *JavaScript open-source* yang umum digunakan untuk menampilkan grafik interaktif berbasis web [17]. Sistem memproses data peminjaman ruangan secara otomatis yang tersimpan dalam basis data internal (SQL) yang mencakup informasi nama ruangan, tanggal penggunaan, waktu mulai dan selesai, serta keperluan peminjaman.

Namun, untuk menjaga kerahasiaan institusi, tampilan sistem yang disajikan dalam publikasi ini menggunakan data simulasi yang memiliki struktur serupa dengan data asli, tetapi tidak mencerminkan informasi aktual yang digunakan dalam proses analisis.



Gambar 5. Tampilan Dashboard Pemesanan Ruangan pada Sistem MADANI

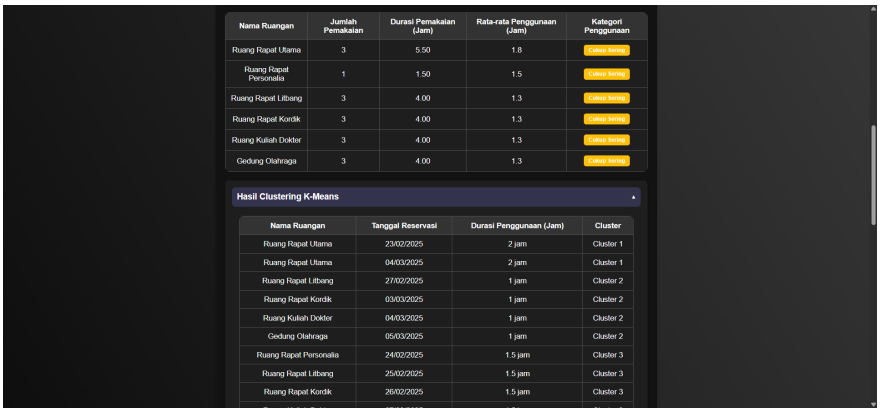
Pada bagian selanjutnya, sistem menampilkan data transaksi peminjaman ruangan dalam bentuk tabel yang telah terintegrasi dengan basis data internal. Informasi ini mencakup elemen-elemen utama seperti nama pemesan, nama ruangan, tanggal penggunaan, waktu mulai dan selesai, serta keperluan penggunaan ruangan.



Gambar 6. Tampilan Tabel Data Peminjaman Ruangan dalam Sistem MADANI
(*Sistem membaca data peminjaman ruangan dari basis data internal yang telah tersimpan. Data bersifat simulasi*)

Setelah data berhasil dibaca, sistem secara otomatis menjalankan proses klasterisasi K-Means menggunakan pustaka Phpml\Clustering\KMeans. Proses ini mencakup: 1) inisialisasi centroid secara acak berdasarkan data yang tersedia, 2) perhitungan jarak Euclidean antara setiap entri data dengan setiap centroid, 3) pengelompokan ruangan ke dalam klaster berdasarkan jarak terdekat, dan 4) iterasi pembaruan centroid hingga hasil klasterisasi tidak berubah

(konvergen). Seluruh proses tersebut berjalan tanpa memerlukan intervensi manual dari pengguna, sehingga memudahkan dalam pelaksanaan analisis rutin. Hasil akhir pengelompokan ditampilkan dalam bentuk tabel yang mengelompokkan ruangan ke dalam kategori intensitas penggunaan tinggi, sedang, dan rendah.



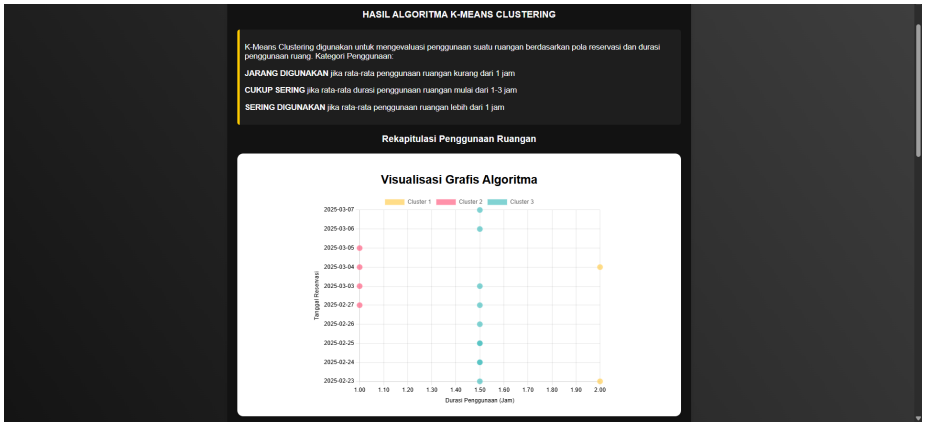
Nama Ruangan	Jumlah Pemakaian	Durasi Pemakaian (Jam)	Rata-rata Penggunaan (Jam)	Kategori Penggunaan
Ruang Rapat Utama	3	5.50	1.8	Cukup Sering
Ruang Rapat Personalia	1	1.50	1.5	Cukup Sering
Ruang Rapat Litbang	3	4.00	1.3	Cukup Sering
Ruang Rapat Kordik	3	4.00	1.3	Cukup Sering
Ruang Kuliah Dokter	3	4.00	1.3	Cukup Sering
Gedung Olahraga	3	4.00	1.3	Cukup Sering

Hasil Clustering K-Means

Nama Ruangan	Tanggal Reservasi	Durasi Penggunaan (Jam)	Cluster
Ruang Rapat Utama	23/02/2025	2 jam	Cluster 1
Ruang Rapat Utama	04/03/2025	2 jam	Cluster 1
Ruang Rapat Litbang	27/02/2025	1 jam	Cluster 2
Ruang Rapat Kordik	03/03/2025	1 jam	Cluster 2
Ruang Kuliah Dokter	04/03/2025	1 jam	Cluster 2
Gedung Olahraga	05/03/2025	1 jam	Cluster 2
Ruang Rapat Personalia	24/02/2025	1.5 jam	Cluster 3
Ruang Rapat Litbang	25/02/2025	1.5 jam	Cluster 3
Ruang Rapat Kordik	26/02/2025	1.5 jam	Cluster 3

Gambar 7. Hasil Klasterisasi Penggunaan Ruangan dengan K-Means pada Sistem MADANI (*Tampilan hasil akhir pengelompokan berdasarkan data simulasi*)

Selain dalam bentuk tabel, sistem juga menyediakan visualisasi interaktif berbasis grafik sebar (*scatter plot*), yang memetakan distribusi pemakaian ruangan terhadap waktu dan durasi penggunaan. Grafik ini menampilkan hasil klasterisasi dengan warna berbeda untuk setiap kategori intensitas, yaitu tinggi, sedang, dan rendah, sehingga memudahkan pengguna non-teknis dalam memahami pola pemanfaatan ruang secara visual.



Gambar 8. Visualisasi Hasil Klasterisasi Penggunaan Ruangan pada Sistem MADANI (*Visualisasi berbasis data simulasi yang dihasilkan sistem secara otomatis*)

Secara keseluruhan, sistem menunjukkan bahwa alur proses dan struktur pengelompokan telah mengikuti prinsip algoritma K-Means secara konsisten. Seluruh tahapan, mulai dari pemrosesan data hingga visualisasi hasil, berjalan secara otomatis tanpa memerlukan intervensi pengguna. Dengan fitur otomatisasi proses analitik dan visualisasi data yang mudah dipahami, sistem MADANI mampu menjadi alat bantu keputusan berbasis data (*data-driven decision support system*), dengan tampilan hasil akhir yang cepat, informatif, dan mudah dipahami oleh pengguna non-teknis.

3.3. Analisis Kontekstual dan Implikasi Manajerial

Hasil klasterisasi yang diperoleh tidak hanya memberikan pengelompokan numerik semata, tetapi juga menyimpan informasi penting yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung pengambilan keputusan manajerial. Dengan diketahuinya kelompok intensitas pemakaian ruang, pihak rumah sakit dapat menyusun kebijakan pemanfaatan ruangan secara lebih terarah, efisien, dan berbasis data. Misalnya, Ruang Rapat Utama yang tergolong dalam klaster dengan intensitas tinggi mencerminkan peran pentingnya dalam operasional harian, sehingga perlu mendapat prioritas dalam pemeliharaan, pengaturan jadwal, dan pengelolaan akses penggunaan. Sebaliknya, Ruang Rapat Kordik yang berada dalam klaster intensitas rendah dapat menjadi pertimbangan untuk evaluasi ulang fungsi, redistribusi jadwal, atau optimalisasi peruntukannya agar lebih produktif.

Hasil klasterisasi ini juga dapat menjadi pijakan awal dalam menyusun strategi penjadwalan ruangan yang lebih adil dan proporsional, menghindari tumpang tindih jadwal, serta menekan ruang kosong yang tidak produktif. Pendekatan klasterisasi dengan algoritma K-Means dinilai efektif karena mampu mengelompokkan data numerik menjadi kelompok homogen yang mudah ditafsirkan. Dengan mempertimbangkan lebih dari satu parameter, metode ini dapat menangkap kompleksitas pola pemanfaatan ruang yang tidak selalu terlihat melalui pengamatan satu dimensi saja. Sebuah penelitian mengembangkan sistem pemantauan berbasis *Real-Time Locating System* (RLTS) untuk mengelompokkan pola interaksi pasien dan staf dalam ruangan guna mengevaluasi dan mengoptimasi alur kerja rumah sakit [18]. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa K-Means dapat diadaptasi secara fleksibel dalam berbagai konteks manajemen fasilitas kesehatan, termasuk dalam evaluasi efisiensi penggunaan ruang.

Dari sisi pengembangan sistem, integrasi algoritma K-Means ke dalam sistem pengambilan keputusan memberikan nilai tambah yang signifikan. Hasil klasterisasi dapat ditampilkan dalam bentuk visualisasi tabel (Gambar 7) maupun grafik sebar (Gambar 4 dan 8), yang dihasilkan secara otomatis oleh sistem. Meskipun data yang digunakan dalam tampilan sistem bersifat simulasi untuk menjaga kerahasiaan institusi, struktur dan proses analisis yang digunakan tetap identik dengan pendekatan pada data aktual. Pendekatan ini mencerminkan konsep *data-driven decision making*, di mana keputusan tidak hanya didasarkan pada pengalaman atau asumsi, tetapi juga pada hasil pengolahan data yang sistematis. Ke depannya, sistem ini memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut dengan fitur integrasi data eksternal serta analisis prediktif guna memperkuat perannya sebagai alat bantu strategis.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menghasilkan model klasterisasi penggunaan ruang yang aplikatif, tetapi juga menunjukkan potensi transformasi digital dalam pengelolaan fasilitas rumah sakit. Hasil dan sistem yang dibangun dapat menjadi dasar pengambilan keputusan yang lebih adaptif dan akurat, serta menjadi referensi awal bagi rumah sakit lain yang ingin menerapkan pendekatan serupa dalam konteks manajemen sumber daya fisik.

4. KESIMPULAN

Hasil analisis terhadap 180 data peminjaman enam ruangan non-klinis di Rumah Sakit Muhammadiyah Lamongan, yang telah diolah melalui proses normalisasi *min-max* dan klasterisasi menggunakan algoritma K-Means, menunjukkan bahwa ruangan dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori intensitas penggunaan (tinggi, sedang, dan rendah) berdasarkan parameter frekuensi, total durasi, dan rata-rata durasi penggunaan. Hasil klasterisasi menunjukkan bahwa Ruang Rapat Utama termasuk dalam klaster intensitas tinggi, Ruang Rapat Kordik tergolong intensitas rendah, dan empat ruangan lainnya (Gedung Olahraga, Ruang Kuliah Dokter, Ruang Rapat Litbang, Ruang Rapat Personalia) berada pada kategori sedang. Klasterisasi ini

memberikan gambaran objektif terhadap pola pemanfaatan ruang, dan dapat menjadi dasar dalam menyusun strategi alokasi serta penjadwalan yang lebih efisien.

Temuan ini memberikan implikasi strategis bagi manajemen rumah sakit dalam menyusun kebijakan alokasi ruang, penjadwalan yang proporsional, serta optimalisasi fasilitas yang kurang dimanfaatkan. Integrasi algoritma K-Means ke dalam sistem pengambilan keputusan seperti aplikasi MADANI juga terbukti mampu mengotomatisasi analisis dan penyajian hasil secara informatif. Meskipun data yang digunakan dalam tampilan sistem bersifat simulasi, pendekatannya sejalan dengan analisis aktual.

Untuk pengembangan selanjutnya, sistem ini dapat diperluas dengan integrasi fitur evaluasi kuantitatif, seperti penggunaan *Silhouette Score* atau SSE untuk menilai kualitas klaster secara objektif. Selain itu, sistem dapat dikembangkan agar mendukung integrasi data *real-time* dan analisis prediktif, guna mendukung perencanaan ruang yang lebih adaptif. Secara keseluruhan, algoritma K-Means terbukti efektif sebagai metode berbasis data dalam mendukung pengambilan keputusan manajerial terkait pengelolaan ruang rumah sakit secara efisien, adaptif, dan terukur.

PERNYATAAN PENGGUNAAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Penulis menggunakan ChatGPT untuk membantu penyuntingan dan penyempurnaan bahasa akademik, serta NotebookLM untuk mendukung pengorganisasian informasi berdasarkan dokumen referensi penelitian. Seluruh saran dan informasi yang diperoleh diperiksa sebelum dimasukkan ke dalam naskah. Penulis bertanggung jawab atas keakuratan sitasi, interpretasi hasil, dan seluruh isi artikel yang dipublikasikan.

KONTRIBUSI PENULIS

Agus Saputro: Konsep, Metode, Pengembangan Sistem, Penulisan Artikel.

Mufti Ari Bianto: Metode, Analisa Data, Penulisan, Editing.

Imam Hambali: Konsep, Metode, Supervisi, Review.

Muhamad Andriyan Permana: Analisa Data, Penulisan Artikel, Editing, Review.

PENDANAAN

Penelitian ini tidak menerima hibah khusus dari lembaga pendanaan mana pun, baik sektor publik, komersial, maupun nirlaba.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan terkait publikasi artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] B. Turgay and B. Özçelik, "Data-Driven Approaches to Hospital Capacity Planning and Management," *Information and Knowledge Management*, vol. 4, no. 2, pp. 6–14, 2023.
[2] F. Halawa, S.C. Madhatil, A. Gittler, and M.T. Khasawneh, "Advancing Evidence-Based Healthcare Facility Design: A Systematic Literature Review," *Health Care Management Science*, vol. 23, no. 3, pp. 453–480, 2020.
[3] A.F. Zabidi, "Penerapan Algoritma K-Means untuk Pengelompokan Koleksi Perpustakaan dengan Data Mining," *Media Jurnal Informatika*, vol. 16, no. 2, pp. 233–242, 2024.

[4] H. Herdiaman, A. Setiawan, and I. Mulyana, "Klasterisasi Pasien pada RSUD Ciamis Menggunakan Metode K-Means," *Jurnal Penjamin Mutu STIKes Muhammadiyah Ciamis*, vol. 6, no. 1, pp. 45–53, 2024.
[5] R. Nengsih, L. Samosir, and M. Satria, "Segmentasi Pasien Menggunakan K-Means untuk Evaluasi Pola Kunjungan Rumah Sakit," *Jurnal Sistem Informasi dan Komputer Terapan*, vol. 4, no. 1, pp. 22–30, 2025.
[6] N. Yousefi, F. Hasankhani, M. Kiani, and N. Yousefi, "Appointment Scheduling Model in Healthcare Using Clustering Algorithms," *Electrical Engineering and System Science*, pp. 1–13, 2020.
[7] M. Tello, E.S. Reich, J. Puckey, R. Maff, A.G. Arce, B.S. Bhattacharya, and F. Feijoo, "Machine Learning Based Forecast for the Prediction of Inpatient Bed Demand," *BMC Medical Informatics and Decision Making*, vol. 22, no. 55, pp. 1–13, 2022.
[8] K. Shi, J. Yan, and J. Yang, "A Semantic Partition Algorithm Based on Improved K-Means Clustering for Large-Scale Indoor Areas," *International Journal of Geo-Information*, vol. 13, no. 2, pp. 1–18, 2024.
[9] R.W. Handayani, E. Christiana, and B.A. Habsy, "Analisis Validitas dan Reliabilitas Kuisioner Kemampuan Pemecahan Masalah Peserta Didik di SMK Teknologi dan Rekayasa," *Jurnal Ilmiah Bimbingan Konseling Undiksha*, vol. 15, no. 3, pp. 278–287, 2024.
[10] A.A. Wahid, "Analisis Metode Waterfall untuk Pengembangan Sistem Informasi," *Jurnal Ilmu-Ilmu Informatika dan Manajemen STMIK,* vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2020.
[11] R.R.N. Fikri, A. Indera, and I. Agus, "Pengujian Blackbox pada Sistem Informasi Komunitas Pecinta Kucing di Bandar Lampung," *Jurnal Teknika*, vol. 18, no. 1, pp. 25–34, 2024.
[12] F.R. Ani, R. Kurniawan, and T. Suprapti, "Penerapan Algoritma K-Means Clustering untuk Perencanaan Persediaan Stok Sepatu di Toko Diomclothing," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 7, no. 6, pp. 3699–3707, 2023.
[13] F. Handayani, "Aplikasi Data Mining Menggunakan Algoritma K-Means Clustering untuk Mengelompokkan Mahasiswa Berdasarkan Gaya Belajar," *Jurnal teknologi dan Informasi*, vol. 12, no. 1, pp. 46–63, 2022.
[14] H.S. Siregar, "Analisis Cluster dengan Algoritma K-Means untuk Clustering Data Donatur Lembaga Amil Zakat," *Jurnal Pendidikan Vokasional Informatika Institut Pendidikan Tapanuli Selatan*, vol. 3, no. 3, pp. 49–51, 2023.
[15] F. Sinlae, E. Irwanda, Z. Maulana, and V.E. Syahputra, "Penggunaan Framework Laravel dalam Membangun Aplikasi Website Berbasis PHP," *Jurnal Siber Multi Disiplin*, vol. 2, no. 2, pp. 119–132, 2024.
[16] E. Sudarsono and M.Y. Vebriandi, "Implementasi Framework Laravel Filament pada Sistem CRM untuk Optimalisasi Data Pelanggan dan program Loyalitas Poin di Toko Branding Telemarco," *Jurnal Innovation and Future Technology*, vol. 7, no. 1, pp. 23–34, 2025.
[17] S.Z. Putri, H. Tolle, and F.A. Huda, "Pengembangan Modul Dashboard Job Placement Center Aplikasi Sarjana Sakti," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 7, no. 5, pp. 2178–2185, 2023.
[18] G. Spini, M. van Heesch, T. Veugen, and S. Chatterjea, "Private Hospital Workflow Optimization via Secure K-Means Clustering," *Journal of Medical Systems*, vol. 44, no. 8, pp. 1–12, 2020.