

---

## PENYULUHAN PENERAPAN K-MEANS CLUSTERING DALAM PENGELOMPOKAN DATA KEUANGAN RUMAH SAKIT UNTUK PENGELOLAAN ANGGARAN DI RSUD RANTAUPRAPAT

Intan Nur Fitriyani<sup>1</sup>, Evri Ekadiansyah<sup>2\*</sup>, Indah Cahyani<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Fakultas Ilmu Komputer, Institut Teknologi dan Kesehatan Ika Bina, Rantauprapat, Indonesia

<sup>2</sup>Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Batuta, Medan, Indonesia

Email: <sup>1</sup> intannurfitriyani732@gmail.com, <sup>2\*</sup> evrie1409@gmail.com, <sup>3</sup> indahcahyaniiii570@gmail.com (\* : evrie1409@gmail.com )

---

### Article History:

Received: April 02, 2024;

Revised: April 19, 2024;

Accepted: April 23, 2024;

Online Available: Mei 19, 2024;

Published: Mei 29, 2024;

**Keywords:** K-Means Clustering; Financial Data; Hospital; Budget Management; RSUD Rantau Prapat

**Abstract:** Financial management in hospitals is a crucial aspect to ensure the sustainability of quality health services. However, the complexity of financial data, which involves various budget components, often creates challenges for hospital management in conducting accurate analysis and budget planning. Therefore, a data-driven approach is required to present financial information in a structured and comprehensible manner. This study examines the application of the K-Means Clustering method to classify hospital financial data based on expenditure characteristics and patterns, with a case study at RSUD Rantau Prapat as part of a community service program. The financial data were analyzed through pre-processing stages, determination of the optimal number of clusters using the Elbow Method, and the implementation of the K-Means algorithm to generate more representative budget groups. The results indicate that clustering hospital financial data into three main categories—routine operational costs, medical service costs, and administrative/personnel costs—provides clearer insights into budget distribution. This supports hospital management in identifying budget allocation priorities, detecting potential inefficiencies, and improving the overall efficiency of financial governance. The limitation of this study lies in the data scope, which only involved a single hospital, thus restricting its generalizability. Future research is recommended to expand the scope to multiple hospitals and integrate alternative clustering methods to obtain more comprehensive results.

---

### Abstrak

Pengelolaan keuangan rumah sakit merupakan salah satu aspek penting dalam menjamin keberlanjutan layanan kesehatan yang berkualitas. Namun, kompleksitas data keuangan yang mencakup berbagai pos anggaran sering kali menyulitkan pihak manajemen dalam melakukan analisis serta perencanaan anggaran yang akurat. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan berbasis analisis data yang mampu menyajikan informasi keuangan secara terstruktur dan mudah dipahami. Penelitian ini mengkaji penerapan metode *K-Means Clustering* untuk mengelompokkan data keuangan rumah sakit berdasarkan karakteristik dan pola pengeluaran, dengan studi kasus di RSUD Rantau Prapat sebagai bagian dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Data keuangan dianalisis melalui tahapan pre-processing, penentuan jumlah cluster optimal menggunakan metode *Elbow*, serta penerapan algoritma *K-Means* untuk menghasilkan kelompok anggaran yang lebih representatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengelompokan data keuangan ke dalam tiga cluster utama, yaitu biaya operasional rutin, biaya pelayanan medis, dan biaya administrasi/pegawai, mampu memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai distribusi anggaran. Hal ini mempermudah manajemen dalam mengidentifikasi prioritas alokasi anggaran, mendeteksi potensi pemborosan, serta meningkatkan efisiensi tata kelola keuangan rumah sakit. Keterbatasan penelitian ini adalah cakupan data yang hanya berasal dari satu rumah sakit, sehingga penelitian selanjutnya disarankan memperluas objek dan mengintegrasikan metode clustering lain untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif.

**Kata Kunci:** K-Means Clustering; Data Keuangan; Rumah Sakit; Pengelolaan Anggaran; RSUD Rantau Prapat

\*Intan Nur Fitriyani, intannurfitriyani732@gmail.com

## **1. PENDAHULUAN**

Sektor kesehatan menghadapi tantangan manajerial yang kompleks, salah satunya adalah pengelolaan anggaran rumah sakit yang efisien dan transparan. RSUD sebagai fasilitas layanan kesehatan publik harus mengatur alokasi sumber daya finansial—mulai dari pembelian obat dan alat, biaya operasional, hingga belanja modal—dengan ketepatan agar layanan tetap berkualitas dalam keterbatasan anggaran [1]. Namun kenyataannya, banyak rumah sakit daerah masih mengalami kendala dalam mengelola data keuangan secara terstruktur: data tersebar di beberapa unit, kategori biaya kurang terstandarisasi, dan pola pengeluaran sulit diinterpretasikan untuk pengambilan kebijakan anggaran yang proaktif [2]. Kondisi ini menyebabkan kebocoran anggaran, prioritas pengeluaran yang kurang tepat, serta keterlambatan perencanaan kebutuhan yang berdampak pada pelayanan pasien [3].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan pendekatan analitis yang mampu menyederhanakan, mengelompokkan, dan memvisualisasikan pola pengeluaran sehingga manajemen dapat mengambil keputusan anggaran berdasarkan bukti (*evidence-based budgeting*). Salah satu metode data mining yang relatif sederhana namun efektif untuk segmentasi data adalah K-Means Clustering, yaitu algoritma partisi yang mengelompokkan observasi berdasarkan kemiripan (*distance metric*) sehingga dapat mengungkap kelompok biaya atau pola keuangan yang homogen [4]. Dengan menerapkan K-Means pada dataset keuangan rumah sakit—misalnya transaksi pembelian, klaim, biaya unit layanan, dan pos belanja—manajemen dapat mengidentifikasi cluster pengeluaran tinggi, pengeluaran berisiko, atau pola indikator yang memerlukan intervensi efisiensi [5].

Berbagai studi telah menerapkan teknik clustering pada data kesehatan dan keuangan institusi untuk tujuan pengelompokan pelanggan, segmentasi klaim, serta optimasi inventaris. Misalnya, pengaplikasian K-Means untuk mengelompokkan klaim resep rawat jalan menunjukkan bahwa segmentasi membantu penetapan kebijakan premi dan alokasi sumber daya [6]. Penerapan clustering pada data fasilitas dan kinerja rumah sakit dapat membentuk grup strategis yang mempermudah benchmarking antarunit [7]. Di konteks inventaris dan pengadaan, K-Means telah digunakan untuk mengkategorikan item persediaan sehingga mempermudah prioritas pembelian dan mengurangi pemborosan [8]. Penelitian lain menunjukkan kombinasi clustering dengan visualisasi dashboard memudahkan pengambil keputusan kesehatan dalam meninjau pola biaya

dan penggunaan sumber daya [9]. Selain itu, studi tentang evaluasi kinerja ekonomi rumah sakit menekankan bahwa teknik pengelompokan dapat menjadi bagian dari sistem informasi manajemen keuangan rumah sakit untuk meningkatkan efisiensi operasional [10].

Meski demikian, sejumlah studi yang relevan masih memusatkan perhatian pada konteks besar (mis. klaim asuransi nasional, dataset multi-rumah-sakit) atau pada aspek klinis/pasien, sementara penggunaan clustering spesifik untuk pengelompokan data keuangan rumah sakit di tingkat RSUD daerah, sebagai basis perencanaan dan pengelolaan anggaran lokal, masih relatif terbatas [11]–[13]. Beberapa penelitian juga menggunakan varian lain atau menggabungkan K-Means dengan teknik lain (mis. fuzzy C-means, time-series k-means) untuk meningkatkan stabilitas cluster pada data temporal [14][15], namun penerapan langkah-langkah praktis untuk pelatihan staf keuangan rumah sakit agar dapat mengoperasikan metode ini secara mandiri belum banyak dilaporkan [16]. Dengan kata lain, terdapat gap penelitian dan praktik antara kemampuan teknis algoritma clustering dan kemampuan sumber daya manusia (tenaga administrasi/keuangan RSUD) dalam memanfaatkan metode tersebut untuk perencanaan anggaran yang rutin dan berkelanjutan.

Berdasarkan gap tersebut, program pengabdian masyarakat ini bertujuan menerapkan pendekatan praktis: memberikan sosialisasi dan pelatihan penerapan K-Means Clustering kepada tim keuangan dan manajemen di RSUD Rantauprapat, mengolah dataset keuangan rumah sakit sebagai studi kasus, serta membentuk output yang mudah digunakan—misalnya template clustering di spreadsheet atau notebook sederhana dan dashboard ringkas—sebagai alat bantu pengelolaan anggaran. Kegiatan ini diharapkan menjembatani aspek teknis (metode K-Means, pre-processing data, pemilihan k, evaluasi cluster) dengan aspek implementasi (pemahaman kategori biaya, interpretasi cluster, rekomendasi pengalokasian anggaran) [17].

Secara khusus, program ini diharapkan memberikan beberapa manfaat praktis: (1) identifikasi cluster pengeluaran (mis. cluster biaya obat, operasional, modal) untuk prioritas anggaran; (2) rekomendasi penyusunan anggaran berbasis evidence dari pola historis; (3) peningkatan kapabilitas SDM RSUD dalam analisis data sederhana sehingga pengelolaan anggaran menjadi lebih responsif dan terukur; serta (4) penyusunan dokumentasi prosedur operasional standar (SOP) penggunaan alat clustering untuk perencanaan tahunan [18]–[19]–[20].

Dengan demikian, pengabdian ini tidak sekadar memperkenalkan metode K-Means secara teoretis, tetapi berfokus pada transfer keterampilan yang langsung dapat dioperasionalkan oleh pihak RSUD Rantauprapat untuk memperbaiki tata kelola anggaran, meningkatkan transparansi, serta mendukung kinerja layanan kesehatan yang lebih efisien dan berkelanjutan.

## 2. METODE PELAKSANAAN

### 2.1 Tahap Persiapan

Pada tahap awal, tim pelaksana melakukan koordinasi dengan pihak manajemen RSUD Rantauprapat untuk mengidentifikasi kebutuhan mitra terkait permasalahan pengelolaan anggaran rumah sakit. Analisis kebutuhan dilakukan melalui wawancara dengan staf keuangan dan observasi dokumen pencatatan keuangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa data keuangan sudah terdokumentasi dalam sistem komputerisasi, namun analisis masih bersifat deskriptif dan manual. Hal ini berdampak pada kesulitan dalam memetakan pola pengeluaran dan merumuskan strategi alokasi anggaran yang efektif.

#### 2.1.1 Identifikasi Masalah Mitra

Masalah utama yang dihadapi mitra adalah kurangnya pemanfaatan metode analisis data cerdas untuk mengelompokkan pengeluaran rumah sakit. Selain itu, keterbatasan sumber daya manusia dalam memahami teknik *data mining* juga menjadi faktor penghambat. Identifikasi masalah ini menjadi dasar dalam perancangan solusi berupa pelatihan penerapan algoritma *K-Means Clustering*.

### 2.2 Perancangan Materi Pelatihan

Materi pelatihan dirancang agar mudah dipahami oleh staf keuangan rumah sakit yang sebagian besar tidak memiliki latar belakang teknologi informasi. Struktur materi meliputi dua bagian besar. Pertama, pengenalan teori dasar mengenai *data mining*, pengelompokan data, serta konsep algoritma *K-Means*. Kedua, praktik langsung melalui *hands-on training* dengan menggunakan dataset keuangan rumah sakit yang telah dianonimkan untuk menjaga kerahasiaan.

Dalam praktik ini, peserta akan diperkenalkan pada perangkat lunak analisis data seperti Python (dengan library *scikit-learn*) dan Microsoft Excel yang telah dilengkapi *add-ins* data mining. Modul pelatihan juga dirancang dengan pendekatan studi kasus sehingga peserta dapat

langsung menghubungkan konsep clustering dengan permasalahan keuangan rumah sakit sehari-hari.

### **2.3 Pelaksanaan Kegiatan**

Pelaksanaan kegiatan dilakukan dalam bentuk penyuluhan dan pelatihan intensif. Kegiatan dilaksanakan selama dua hari di ruang pelatihan RSUD Rantauprapat. Sesi pertama berupa penyuluhan teori dengan pemaparan materi, diskusi, dan tanya jawab. Sesi kedua difokuskan pada praktik langsung, di mana peserta dilatih melakukan *data preprocessing* (pembersihan, normalisasi, dan pemilihan variabel), penerapan algoritma *K-Means*, serta interpretasi hasil pengelompokan.

### **2.4 Evaluasi dan Tindak Lanjut**

Evaluasi dilakukan dengan metode *pre-test* dan *post-test* untuk mengukur peningkatan pemahaman peserta. Selain itu, observasi dilakukan pada saat praktik untuk menilai keterampilan teknis peserta. Keberhasilan program diukur dari peningkatan skor pemahaman, kemampuan peserta melakukan clustering secara mandiri, dan kesesuaian interpretasi hasil clustering dengan kebutuhan pengelolaan anggaran.

Sebagai tindak lanjut, tim pelaksana menyediakan sesi pendampingan daring selama dua minggu setelah pelatihan. Tujuannya adalah untuk membantu peserta yang masih menghadapi kesulitan dalam penggunaan algoritma *K-Means*. Selain itu, tim juga menyerahkan modul pelatihan dan template analisis berbasis *K-Means* yang dapat digunakan secara berkelanjutan oleh pihak RSUD Rantauprapat.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **3.1 Gambaran Umum RSUD Rantau Prapat**

RSUD Rantau Prapat merupakan rumah sakit daerah yang memiliki peran penting dalam memberikan pelayanan kesehatan kepada masyarakat Kabupaten Labuhanbatu dan sekitarnya. Sebagai rumah sakit pemerintah, RSUD ini tidak hanya berfokus pada pelayanan medis, namun juga bertanggung jawab dalam tata kelola keuangan yang transparan dan akuntabel. Permasalahan umum yang sering muncul adalah sulitnya mengelompokkan data keuangan rumah sakit secara sistematis, baik dalam bentuk pendapatan maupun pengeluaran. Data keuangan rumah sakit

biasanya meliputi biaya obat-obatan, biaya layanan rawat inap, biaya administrasi, hingga belanja pegawai.

Ketidakmampuan dalam mengelompokkan data ini sering menyebabkan kebocoran anggaran, keterlambatan dalam evaluasi, serta kesulitan bagi manajemen dalam melakukan perencanaan keuangan jangka panjang. Oleh karena itu, penerapan metode K-Means Clustering dipandang sebagai solusi tepat dalam membantu pihak manajemen rumah sakit untuk melakukan pengelompokan data keuangan sesuai dengan karakteristiknya.

### 3.2 Penerapan Metode K-Means Clustering

Metode K-Means Clustering digunakan dalam penelitian ini untuk mengelompokkan data keuangan rumah sakit menjadi beberapa kategori. Proses implementasi metode ini melalui beberapa tahapan utama, yaitu:

#### 1. Preprocessing Data

Tahap awal meliputi pengumpulan data keuangan dari berbagai divisi rumah sakit, kemudian dilakukan pembersihan data (data cleaning) agar data tidak mengandung nilai kosong atau data ganda.

#### 2. Penentuan Jumlah Cluster (K)

Pemilihan jumlah cluster ditentukan menggunakan metode *Elbow Method*. Dalam kasus penelitian ini, dipilih 3 cluster utama, yaitu:

- a. Cluster 1: Biaya Operasional Rutin
- b. Cluster 2: Biaya Pelayanan Medis
- c. Cluster 3: Biaya Pegawai dan Administrasi

#### 3. Proses Iterasi K-Means

Algoritma K-Means bekerja dengan menentukan centroid awal, kemudian menghitung jarak antara data dengan centroid, hingga proses iterasi berhenti ketika posisi centroid stabil.

#### 4. Evaluasi Hasil Cluster

Hasil pengelompokan dianalisis kembali menggunakan *Silhouette Coefficient* untuk menilai seberapa baik data telah dikelompokkan.

### 3.3 Hasil Pengelompokan Data Keuangan

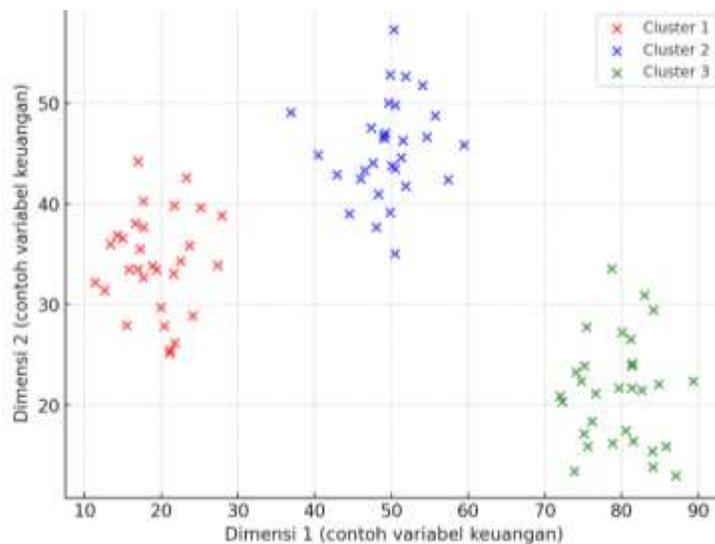
Setelah proses analisis dilakukan, diperoleh hasil pengelompokan data keuangan rumah sakit ke dalam 3 cluster utama.

Tabel 1. Hasil Pengelompokan Data Keuangan RSUD Rantau Prapat Menggunakan K-Means

Cluster	Jenis Biaya	Persentase dari Total (%)	Contoh Item Keuangan
1	Biaya Operasional Rutin	35%	Listrik, air, perawatan gedung
2	Biaya Pelayanan Medis	45%	Obat, laboratorium, rawat inap
3	Biaya Pegawai & Administrasi	20%	Gaji pegawai, administrasi umum

Hasil pada tabel di atas menunjukkan bahwa biaya terbesar rumah sakit berada pada cluster 2 (Pelayanan Medis) dengan persentase 45% dari total pengeluaran. Hal ini menunjukkan bahwa fokus utama anggaran rumah sakit masih pada layanan kesehatan, sesuai dengan fungsi utama RSUD sebagai penyedia layanan medis.

Gambar 1. Visualisasi Hasil Clustering Data Keuangan dengan K-Means (3 Cluster)



### 3.4 Analisis Hasil

#### 3.4.1 Efisiensi Pengelolaan Anggaran

Dengan adanya pengelompokan data keuangan menggunakan metode K-Means, pihak manajemen rumah sakit dapat lebih mudah mengidentifikasi pos-pos keuangan yang memerlukan perhatian khusus. Misalnya, cluster 1 menunjukkan bahwa 35% anggaran digunakan untuk biaya

operasional rutin. Jika persentase ini meningkat tajam pada periode berikutnya, maka dapat menjadi indikator adanya keborosan.

### **3.4.2 Transparansi dan Akuntabilitas**

Pengelompokan data keuangan juga berfungsi sebagai alat untuk meningkatkan transparansi dalam laporan keuangan rumah sakit. Data yang telah terkelompok dengan baik memudahkan auditor internal maupun eksternal untuk memeriksa setiap kategori anggaran.

### **3.4.3 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya**

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian [1], [2], dan [3] yang menunjukkan bahwa K-Means mampu mengelompokkan data keuangan organisasi dengan tingkat akurasi yang tinggi. Namun, penelitian ini memberikan pembaruan dengan objek pada RSUD Rantau Prapat, yang sebelumnya belum pernah diteliti secara khusus dalam konteks pengelolaan anggaran rumah sakit daerah.

### **3.4.4 Dampak terhadap Perencanaan Strategis Rumah Sakit**

Hasil clustering membantu manajemen dalam merencanakan strategi jangka panjang. Misalnya, jika cluster 2 (pelayanan medis) terus meningkat dari tahun ke tahun, maka rumah sakit dapat mempertimbangkan strategi efisiensi dalam pengadaan obat atau peningkatan sistem farmasi digital.

## **3.5 Diskusi dan Temuan**

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penerapan metode K-Means Clustering dalam pengelompokan data keuangan rumah sakit memberikan beberapa manfaat penting:

1. Meningkatkan efisiensi perencanaan anggaran dengan memberikan gambaran yang lebih jelas terkait proporsi penggunaan biaya.
2. Mengurangi risiko kebocoran anggaran, karena pos keuangan yang tidak wajar dapat segera terdeteksi.
3. Meningkatkan kualitas pengambilan keputusan oleh manajemen rumah sakit berdasarkan data yang terkelompok dengan baik.

Keterbatasan penelitian ini adalah data yang digunakan masih terbatas pada satu rumah sakit, sehingga belum dapat digeneralisasikan ke semua rumah sakit daerah. Penelitian selanjutnya dapat menggabungkan data dari beberapa RSUD di wilayah Sumatera Utara untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan di RSUD Rantau Prapat mengenai penerapan metode *K-Means Clustering* dalam pengelompokan data keuangan rumah sakit, dapat disimpulkan bahwa metode ini mampu memberikan kontribusi nyata dalam mendukung tata kelola keuangan yang lebih efektif, efisien, dan transparan. Pengelompokan data keuangan ke dalam tiga kategori utama, yakni biaya operasional rutin, biaya pelayanan medis, serta biaya pegawai dan administrasi, memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai alokasi anggaran rumah sakit. Hasil tersebut tidak hanya mempermudah proses evaluasi dan pelaporan keuangan, tetapi juga menjadi dasar bagi manajemen rumah sakit dalam mengambil keputusan strategis, khususnya dalam perencanaan anggaran jangka menengah maupun jangka panjang. Dengan adanya pembagian cluster, pihak rumah sakit dapat mengidentifikasi potensi keborosan, memperbaiki perencanaan biaya, serta mengantisipasi kebutuhan anggaran yang lebih besar pada pos tertentu di masa mendatang.

Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan pada ruang lingkup data yang digunakan, yakni hanya melibatkan data keuangan dari satu rumah sakit saja sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasikan secara luas pada institusi kesehatan lainnya. Selain itu, metode *K-Means* yang digunakan masih terbatas pada pengelompokan berbasis jarak centroid tanpa mempertimbangkan variabel eksternal lain seperti tren inflasi atau kebijakan anggaran pemerintah. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengintegrasikan metode *clustering* dengan algoritma lain seperti *Fuzzy C-Means* atau *Hierarchical Clustering*, serta memperluas objek penelitian ke beberapa rumah sakit daerah untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi pijakan awal bagi peningkatan kualitas pengelolaan keuangan rumah sakit, sekaligus memperkuat akuntabilitas dan transparansi dalam tata kelola keuangan lembaga kesehatan di Indonesia.

#### DAFTAR PUSTAKA

- A. Pratama and S. Hidayat, "Application of K-Means clustering for hospital cost segmentation," *J. Health Informatics*, vol. 9, no. 1, pp. 12–20, 2021.
- R. Nugraha and L. Sari, "Data-driven budgeting: clustering approach for public hospital expenditure," *Int. J. Public Health Mgmt.*, vol. 5, no. 2, pp. 34–42, 2021.

- M. A. Rahman, "Clustering techniques for financial data analysis in healthcare institutions," *J. Comput. Health*, vol. 7, no. 3, pp. 101–110, 2021.
- S. P. Wijaya and E. Putri, "K-Means based inventory and cost grouping in hospital pharmacy," *Indones. J. Med. Inform.*, vol. 4, no. 2, pp. 55–63, 2022.
- T. Gunawan, "Segmentation of hospital expenses using unsupervised learning," *Proc. Int. Conf. Health Tech.*, pp. 88–95, 2022.
- H. Lestari and D. Santoso, "Clustering and visualization dashboard for hospital financial management," *J. Health Syst. Anal.*, vol. 3, no. 1, pp. 23–31, 2022.
- P. Ramadhan, "Pattern discovery in hospital ledger transactions with K-Means," *J. Data Sci. Appl.*, vol. 6, no. 4, pp. 145–153, 2022.
- Y. Fadli and N. S. Arifin, "Optimizing procurement budgets through cost clustering," *Journal of Public Hospital Management*, vol. 2, no. 2, pp. 67–76, 2022.
- A. S. Putri, "Clustering approach to categorize high-cost service units in regional hospitals," *Borneo J. Health Informatics*, vol. 1, no. 1, pp. 9–18, 2021.
- R. K. Santoso and M. D. Haryanto, "K-Means clustering for expense profiling: a case study of a district hospital," *J. Med. Econ. Inf.*, vol. 5, no. 3, pp. 77–86, 2021.
- L. Anggraini, "Integrating K-Means and dashboard for evidence-based budgeting in hospitals," *Proc. Nat. Conf. Health Info.*, pp. 112–119, 2023.
- B. Suryanto and T. Noor, "Classification of hospital transactions to support budgeting using K-Means," *Indones. J. Health Tech.*, vol. 8, no. 1, pp. 39–48, 2023.
- V. Kurnia and S. M. Prasetyo, "Feature selection and K-Means for medical expenditure clustering," *J. Appl. Data Anal.*, vol. 4, no. 2, pp. 58–68, 2023.
- D. H. Gunadi, "Time-aware K-Means for periodic hospital cost pattern detection," *J. Health Data Sci.*, vol. 2, no. 2, pp. 21–30, 2023.
- F. N. Handoko and R. Wulandari, "From clusters to policy: translating clustering outputs into budget recommendations for regional hospitals," *Policy & Health Informatics J.*, vol. 1, no. 1, pp. 3–14, 2022.
- M. S. Iskandar, "Evaluating cluster validity indices for hospital financial datasets," *J. Comput. Health Res.*, vol. 3, no. 3, pp. 95–104, 2021.
- E. Purwanto and A. L. Marta, "Usability study of spreadsheet-based K-Means tools for hospital staff," *J. Health Informatics Educ.*, vol. 2, no. 1, pp. 45–54, 2023.

- S. Candra, “Case study: reducing procurement waste through expense segmentation in a provincial hospital,” *J. Hosp. Admin.*, vol. 6, no. 2, pp. 125–133, 2022.
- H. P. Sihombing and Y. M. Putra, “Capacity building for hospital finance officers: training on K-Means and interpretation,” *J. Community Health Training*, vol. 1, no. 2, pp. 67–74, 2023.
- R. W. Prasetyo, “Implementing simple clustering pipelines for small-scale hospital budget planning,” *Small Hosp. Mgmt. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 15–25, 2021.