

Penerapan K-Means Klustering dengan Algoritma Kluster Dinamik untuk Meningkatkan Kualitas Kluster pada Segmentasi Dokter Potensial: Studi Kasus PT. XYZ

Hari Setyawan^{1*}, Jiyan Suhada², Kelvin Andrean³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Jl. Suryakencana No.1, Pamulang Bar., Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten

E-mail: dosen01874@unpam.ac.id

* Corresponding Author

 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i3.4781>

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 01 Jan 2026

Revised: 07 Jan 2026

Accepted: 13 Jan 2026

Kata Kunci:

Segmentasi
Pelanggan, RFM, K-Means, Kluster
Dinamik, Davies-Bouldin Index, Purity.

Keywords:

Customer
Segmentation, RFM,
K-Means, Dynamic
Clustering, Davies-Bouldin Index, Purity.

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas segmentasi dokter potensial dengan mengusulkan integrasi algoritma kluster dinamis ke dalam kerangka kerja K-Means. Metode yang diterapkan adalah K-Means yang diperkuat dengan algoritma kluster dinamis, menggunakan atribut RFM (*Recency*, *Frequency*, *Monetary*) yang diturunkan dari data profil dokter, dengan kualitas kluster dievaluasi menggunakan *Davies-Bouldin Index* (DBI) dan *Purity*. Pendekatan yang diusulkan berhasil meningkatkan akurasi segmentasi sebesar 25,15% dibandingkan K-Means tradisional. Analisis kuantitatif menunjukkan perbaikan signifikan dalam kualitas kluster, yang ditandai dengan penurunan nilai DBI dari 0,846 menjadi 0,411. Selain itu, nilai *Purity* meningkat dari 0,5294 menjadi 0,7647, mengindikasikan homogenitas kluster yang lebih baik. Hasil ini membuktikan bahwa algoritma kluster dinamis efektif dalam mengatasi sensitivitas inisialisasi dengan menyesuaikan konfigurasi kluster secara iteratif berdasarkan *inter-cluster* dan *intra-cluster similarity*. Segmentasi akhir menghasilkan empat kluster dokter potensial dengan karakteristik RFM yang berbeda, memungkinkan strategi pemasaran yang lebih tepat sasaran. Implementasi model ini memberikan dampak strategis bagi perusahaan farmasi, yaitu kemampuan untuk mengalokasikan sumber daya promosi dan sponsorship secara lebih efisien berdasarkan pemetaan dokter potensial yang lebih akurat dan dapat diandalkan.

This study aims to improve the quality of potential physician segmentation by proposing the integration of a dynamic clustering algorithm into the K-Means framework. The applied method is K-Means augmented with a dynamic clustering algorithm, using RFM (Recency, Frequency, Monetary) attributes derived from physician profile data. Cluster quality is evaluated using the Davies-Bouldin Index (DBI) and Purity. The proposed approach successfully improved segmentation accuracy by 25.15% compared to traditional K-Means. Quantitative analysis shows a significant improvement in cluster quality, indicated by a decrease in the DBI value from 0.846 to 0.411. Furthermore, the Purity value increased from 0.5294 to 0.7647, indicating improved cluster homogeneity. These results demonstrate that the dynamic clustering algorithm effectively addresses initialization sensitivity by iteratively adjusting cluster configurations based on inter-cluster and intra-cluster similarity. The final segmentation yielded four clusters of potential physicians with distinct RFM characteristics, enabling more targeted marketing strategies. The implementation of this model provides strategic benefits for pharmaceutical companies, including the ability to allocate promotional and sponsorship resources more efficiently based on a more accurate and reliable mapping of potential physicians.



This is an open access article under the CC-BY-SA license.

How to Cite: Hari Setyawan, et al. (2025). Penerapan K-Means Klustering dengan Algoritma Kluster Dinamik untuk Meningkatkan Kualitas Kluster pada Segmentasi Dokter Potensial: Studi Kasus PT. XYZ, 4(3). <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i3.4781>

PENDAHULUAN

Peningkatan Kualitas Segmentasi Dokter Potensial dengan Penerapan K-Means dan Algoritma Kluster Dinamik merupakan upaya strategis untuk menjawab tantangan industri farmasi dalam mengoptimalkan strategi pemasaran berbasis data. Dalam lingkungan bisnis yang semakin kompetitif, kemampuan mengidentifikasi kelompok dokter dengan karakteristik dan potensi nilai yang homogen menjadi kunci efisiensi alokasi sumber daya promosi. Namun, ketergantungan metode segmentasi konvensional pada inisialisasi parameter yang statis seringkali menghasilkan keluaran yang tidak stabil dan kurang mencerminkan dinamika perilaku aktual.

Penelitian kontemporer terus mengembangkan solusi atas kelemahan inisialisasi pada algoritma K-Means. Fauzi et al. (2022) menekankan pentingnya stabilitas segmentasi melalui pendekatan ensemble clustering dan seleksi fitur, sementara Nguyen et al. (2022) mengusulkan algoritma DK-Means yang deterministik untuk seleksi nilai K optimal secara otomatis pada dataset besar. Di sektor yang sama, Prasetyo et al. (2022) mendemonstrasikan pendekatan berbasis data untuk segmentasi pasar dalam industri farmasi Indonesia, menyoroti potensi analisis kluster yang lebih adaptif dan kontekstual.

Penelitian ini bertujuan mengatasi kelemahan inisialisasi K-Means dengan mengintegrasikan mekanisme kluster dinamis, guna meningkatkan akurasi segmentasi dokter potensial pada PT. XYZ. Metode yang diusulkan menerapkan K-Means yang diperkuat dengan algoritma penyesuaian kluster iteratif, menggunakan atribut RFM yang diturunkan dari data profil dokter, dengan evaluasi kualitas menggunakan Davies-Bouldin Index (DBI) dan Purity. Hasil eksperimen menunjukkan peningkatan akurasi sebesar 25,15% dibanding K-Means tradisional, ditandai penurunan DBI dari 0,846 menjadi 0,411 dan peningkatan Purity dari 0,5294 menjadi 0,7647, yang mengindikasikan pembentukan kluster yang lebih kompak dan homogen. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa integrasi algoritma dinamis berhasil menstabilkan hasil segmentasi dan menghasilkan pemetaan dokter potensial yang lebih andal.

Secara materi, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan metode data mining hibrid yang aplikatif dalam konteks manajemen hubungan pelanggan (Customer Relationship Management/CRM) di sektor kesehatan. Dampak implementasinya adalah terciptanya model pendukung keputusan yang memungkinkan perusahaan farmasi melakukan targeting promosi dan sponsorship secara lebih presisi, sehingga tidak hanya meningkatkan efektivitas biaya pemasaran tetapi juga mendukung praktik bisnis yang etis dan sesuai regulasi industri farmasi Indonesia.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen komputasional untuk menguji efektivitas integrasi algoritma kluster dinamis dalam meningkatkan kualitas segmentasi dokter potensial. Secara garis besar, proses penelitian dilakukan melalui lima tahap utama: (1) pengumpulan dan persiapan data, (2) ekstraksi atribut RFM (Recency, Frequency, Monetary), (3) implementasi dan pengujian algoritma, (4) evaluasi hasil segmentasi, dan (5) interpretasi hasil. Metode ini dirancang agar dapat dipahami oleh pembaca dari berbagai latar belakang, baik akademisi maupun praktisi industri, tanpa memerlukan keahlian teknis yang mendalam dalam data mining..

Subjek penelitian ini adalah data profil dokter yang diambil dari PT. XYZ, sebuah perusahaan farmasi di Indonesia. Data yang digunakan merupakan data sekunder periode Januari–Maret 2025, yang mencakup 100 dokter untuk satu wilayah pemasaran (Medical Representative). Karakteristik responden (dokter) direpresentasikan melalui tiga variabel utama yang relevan dengan model RFM:

Diukur dari jumlah pasien hipertensi dengan tekanan darah tidak terkontrol setelah monoterapi (P2).

1. Recency (R): Diukur dari intensitas konsultasi pasien hipertensi per minggu (P1).
2. Frequency (F): Diukur dari jumlah pasien hipertensi dengan tekanan darah tidak terkontrol setelah monoterapi (P2).
3. Monetary (M): Diukur dari jumlah pasien P2 yang diberikan terapi kombinasi ARB FDC (P3)

Data ini dipilih karena merefleksikan aktivitas persepsan dan potensi nilai dokter bagi perusahaan.

Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui proses profiling yang dilakukan oleh Medical Representative (MedRep) PT. XYZ selama kunjungan rutin ke dokter. Data primer yang dicatat meliputi biodata dokter dan hasil survei terkait pola persepsi untuk pasien hipertensi. Data tersebut kemudian diolah dan disimpan dalam bentuk terstruktur (tabel) oleh departemen pemasaran perusahaan. Untuk keperluan penelitian, data anonim disediakan dalam format spreadsheet yang memuat tiga variabel kunci (P1, P2, P3) beserta kode identitas dokter.

Analisis Data

Analisis data dilakukan melalui dua pendekatan: segmentasi menggunakan algoritma dan evaluasi kualitas kluster.

Segmentasi dengan Algoritma K-Means yang Diperkuat

1. Pertama, data dinormalisasi menggunakan skala min-max untuk menyamakan rentang nilai ketiga variabel.
2. Algoritma K-Means tradisional dijalankan dengan inisialisasi pusat kluster acak.
3. Algoritma kluster dinamis kemudian diterapkan untuk mengevaluasi dan menyesuaikan jumlah serta posisi kluster secara iteratif berdasarkan perhitungan intra-cluster (jarak dalam kluster) dan inter-cluster (jarak antar kluster). Proses ini berlanjut hingga konfigurasi kluster stabil dan optimal.

Evaluasi Kualitas Kluster

1. Kualitas segmentasi dievaluasi menggunakan dua metrik: Davies-Bouldin Index (DBI) untuk mengukur seberapa kompak dan terpisahnya kluster (semakin kecil nilai, semakin baik), dan Purity untuk mengukur kesamaan anggota dalam satu kluster (semakin mendekati 1, semakin homogen).
2. Hasil segmentasi dari K-Means tradisional dan K-Means yang diperkuat dibandingkan secara statistik.

Pengolahan Data dan Interpretasi

Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak MiniTab 17 dengan dukungan XLMiner untuk analisis data mining. Meskipun proses komputasi dilakukan oleh perangkat lunak, hasilnya diinterpretasikan secara intuitif untuk memastikan kemudahan pemahaman.

1. Contoh Interpretasi Output Algoritma: Jika perangkat lunak menghasilkan 4 kluster dengan nilai DBI 0,411, ini diartikan sebagai "pengelompokan yang sangat baik" karena kluster-kluster tersebut saling berjauhan dan anggotanya berkumpul rapat di sekitar pusat kluster.
2. Visualisasi Hasil: Hasil segmentasi dipetakan dalam grafik 2D atau 3D sederhana yang menunjukkan pengelompokan dokter berdasarkan skor RFM. Setiap kluster diberi label deskriptif seperti "Dokter Sangat Potensial", "Dokter Potensial", dan "Dokter Cukup Potensial" berdasarkan profil RFM-nya.
3. Implikasi Bisnis: Setiap kluster kemudian dianalisis karakteristiknya untuk memberikan rekomendasi strategis, misalnya: kluster dengan nilai Monetary tinggi menjadi prioritas program sponsorship.

Dengan pendekatan ini, penelitian tidak hanya menghasilkan temuan teknis tetapi juga rekomendasi yang dapat langsung diadopsi oleh tim pemasaran PT. XYZ untuk penyusunan strategi yang lebih terarah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas integrasi algoritma kluster dinamis dalam meningkatkan kualitas segmentasi dokter potensial berbasis model RFM. Hasil eksperimen komparatif antara algoritma K-Means tradisional dan K-Means yang diperkuat dengan kluster dinamis menunjukkan perbedaan kinerja yang signifikan.

Peningkatan Kualitas Kluster secara Kuantitatif

Kualitas hasil segmentasi dievaluasi menggunakan Davies-Bouldin Index (DBI) dan Purity. Hasil perhitungan kedua metrik tersebut dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Nilai DBI dan Purity antara Metode K-Means Tradisional dan yang Diperkuat Algoritma Dinamis

Metode Segmentasi	Jumlah Klaster (k)	Davies-Bouldin Index (DBI)	Purity
K-Means Tradisional	3	0,846	0,5294
K-Means + Algoritma Dinamis	4	0,411	0,7647

Keterangan Tabel 1:

Tabel di atas membandingkan dua metode segmentasi berdasarkan tiga kriteria. Jumlah Klaster (k) menunjukkan bahwa algoritma dinamis menghasilkan satu klaster tambahan (k=4) dibanding inisialisasi manual (k=3), mengindikasikan kemampuan untuk menemukan struktur data yang lebih granular. Davies-Bouldin Index (DBI) yang lebih rendah (0,411 vs 0,846) pada metode baru membuktikan bahwa klaster-klaster yang dihasilkan lebih kompak (anggota serupa) dan lebihterpisah satu sama lain. Purity yang lebih tinggi (0,7647 vs 0,5294) menunjukkan bahwa 76,47% anggota dalam satu klaster memiliki karakteristik dominan yang sama, dibandingkan hanya 52,94% pada metode tradisional, yang berarti homogenitas internal klaster jauh lebih baik.

Secara keseluruhan, integrasi algoritma dinamis menghasilkan peningkatan akurasi kualitas segmentasi sebesar 25,15%, yang dihitung dari perbaikan gabungan dalam metrik DBI dan Purity.

Visualisasi dan Karakterisasi Klaster Potensial

Hasil segmentasi optimal dari algoritma yang diperkuat memetakan 100 dokter ke dalam 4 klaster yang berbeda. Pemetaan ini divisualisasikan dalam grafik 3D berdasarkan karakteristik setiap klaster dirinci dalam Tabel 2.

Tabel 2. Profil dan Rekomendasi Strategis untuk Setiap Klaster Dokter Potensial

Klaster	Jumlah Dokter	Profil RFM	Kategori Potensial	Implikasi Strategi
1	13	Recency (Tinggi), Frequency (Tinggi), Monetary (Sangat Tinggi)	Sangat Potensial	Prioritas utama untuk program sponsorship eksklusif dan hubungan kemitraan jangka panjang.
2	11	Recency (Sangat Tinggi), Monetary (Cukup Tinggi), Frequency (Medium)	Potensial	Fokus pada program edukasi produk untuk meningkatkan Frequency peresepan.
3	76	Recency (Cukup), Frequency (Cukup), Monetary (Cukup)	Cukup Potensial	Diberikan program awareness dan kunjungan rutin untuk menjaga engagement.
4	0*	Recency (Rendah), Frequency (Rendah), Monetary (Rendah)	Perlu Evaluasi	(Tidak terbentuk dalam dataset ini, namun merupakan kategori untuk data baru)

Keterangan Tabel 2:

Tabel ini menerjemahkan hasil statistik menjadi insight bisnis yang dapat ditindaklanjuti. Klaster 1, meski hanya 13% dari total dokter, menyumbang nilai Monetary tertinggi dan menjadi key opinion leader potensial. Klaster 3 merupakan mayoritas (76%), mewakili basis pelanggan yang stabil tetapi dengan nilai pertumbuhan yang perlu dioptimalkan. Kategorisasi ini memungkinkan PT. XYZ mengalokasikan sumber daya pemasaran dengan prinsip diferensiasi strategis, yaitu memberikan perlakuan yang berbeda sesuai nilai potensial masing-masing segmen.

Pembahasan

Hasil penelitian yang menunjukkan peningkatan signifikan dalam kualitas segmentasi setelah integrasi algoritma kluster dinamis dapat dijelaskan melalui dua lensa utama: kelemahan inheren K-Means tradisional dan mekanisme korektif dari algoritma dinamis.

Mengatasi Kelemahan Inisialisasi Acak

Temuan bahwa K-Means tradisional menghasilkan DBI lebih tinggi (0,846) dan Purity lebih rendah (0,5294) konsisten dengan badan penelitian yang mengidentifikasi sensitivitas algoritma ini terhadap pemilihan centroid awal yang acak (Zhang & Fang, 2013; Nguyen et al., 2022). Inisialisasi acak dapat membuat algoritma terjebak dalam local optimum, yaitu konfigurasi klaster yang seolah-olah stabil tetapi sebenarnya tidak optimal jika dilihat dari keseluruhan data. Algoritma dinamis yang diusulkan berfungsi sebagai mekanisme feedback loop yang secara iteratif mengevaluasi dan menyesuaikan jumlah serta posisi klaster. Proses ini mirip dengan konsep ensemble clustering yang digadangkan Fauzi et al. (2022) untuk meningkatkan stabilitas, di mana beberapa konfigurasi klaster

dievaluasi sebelum dipilih yang terbaik. Dengan demikian, algoritma dinamis berhasil "menyelamatkan" proses segmentasi dari ketergantungan pada tebakan awal yang berpotensi buruk.

Optimalisasi Jumlah Kluster (k) dan Relevansi Bisnis

Algoritma dinamis secara otomatis menentukan jumlah kluster optimal menjadi empat ($k=4$), berbeda dari penetapan manual tiga kluster ($k=3$) pada metode tradisional. Hasil ini sejalan dengan penelitian Nguyen et al. (2022) yang menekankan pentingnya penentuan k yang adaptif terhadap struktur data. Dalam konteks bisnis PT. XYZ, penemuan kluster tambahan ini sangat bernilai. Kluster 2 ("Potensial"), yang muncul dari algoritma dinamis, mengidentifikasi kelompok dokter dengan Recency sangat tinggi tetapi Frequency medium. Kelompok ini mungkin mewakili dokter yang baru mulai aktif meresepkan atau dokter di area dengan potensi pasar berkembang. Tanpa algoritma dinamis, kelompok penting ini mungkin "tersembunyi" atau tergabung dengan kluster lain, sehingga strategi untuk mengonversi mereka menjadi dokter "Sangat Potensial" akan terlewat. Penemuan ini mendukung temuan Prasetyo et al. (2022) tentang perlunya segmentasi yang kontekstual dan spesifik untuk industri farmasi Indonesia.

Dari Metrik Statistik ke Dampak Strategis

Penurunan DBI dan peningkatan Purity bukan sekadar angka statistik, tetapi merefleksikan terbentuknya segmentasi yang lebih actionable bagi tim pemasaran. Kluster dengan purity tinggi (0,7647) berarti sebagian besar anggota dalam satu kelompok memiliki perilaku RFM yang sangat mirip. Homogenitas ini memungkinkan PT. XYZ merancang pesan promosi, program sponsorship, dan strategi engagement yang sangat tertarget dan personal, sehingga meningkatkan kemungkinan keberhasilan intervensi. Pendekatan ini merupakan realisasi dari prinsip data-driven decision making dalam Customer Relationship Management (CRM) modern, di mana sumber daya dialokasikan bukan berdasarkan asumsi, tetapi berdasarkan pemetaan nilai pelanggan yang empiris dan terukur (Tsipis & Chorianopoulos, 2009). Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menjawab pertanyaan teknis tentang meningkatkan akurasi algoritma, tetapi juga menghubungkan peningkatan teknis tersebut langsung dengan peningkatan kapabilitas strategis perusahaan dalam mengelola hubungan dengan stakeholder kunci, yaitu dokter.

SIMPULAN

Penelitian ini secara fundamental telah mengembangkan dan mendemonstrasikan keunggulan dari suatu pendekatan baru dalam segmentasi data, yaitu dengan mengintegrasikan mekanisme algoritma kluster dinamis ke dalam kerangka kerja algoritma K-Means tradisional yang bersifat statis. Kontribusi utama bukan terletak pada peningkatan angka persentase akurasi semata, melainkan pada proses inovatif yang memungkinkan sistem segmentasi menjadi lebih adaptif, cerdas, dan mandiri. Alih-alih bergantung pada inisialisasi dan konfigurasi manual yang rawan bias dan ketidakstabilan, metode yang diusulkan menciptakan suatu "siklus pembelajaran" di mana algoritma secara iteratif mengevaluasi struktur data, menyesuaikan jumlah kluster, dan mengoptimalkan posisinya hingga mencapai konfigurasi yang paling kohesif dan terpisah. Proses adaptif inilah yang menjadi inti dari peningkatan kualitas kluster, yang kemudian termanifestasi dalam perbaikan metrik DBI dan Purity.

Dampak substantif dari aktivitas penelitian ini adalah tertransformasinya pendekatan segmentasi dari yang bersifat reaktif dan mengandalkan asumsi (rule-based) menjadi proaktif dan berbasis pola data (pattern-based). Dalam konteks kasus PT. XYZ, dampak ini bersifat strategis dan operasional. Strategis, karena perusahaan kini memiliki sebuah kerangka kerja analitik yang dapat dipercaya dan dapat direplikasi untuk memetakan lanskap nilai dokter secara objektif. Hal ini menggeser paradigma pengambilan keputusan dari yang bersifat intuitif menjadi berbasis bukti (evidence-based decision making). Operasional, karena metode ini menghasilkan segmentasi yang "dapat ditindaklanjuti" (actionable segmentation). Masing-masing dari empat kluster yang terbentuk—Sangat Potensial, Potensial, Cukup Potensial, dan kategori Perlu Evaluasi—tidak hanya berupa label statistik, tetapi mewakili kelompok dokter dengan karakteristik perilaku (RFM) yang homogen. Homogenitas ini memungkinkan departemen pemasaran merancang intervensi yang sangat terpersonalisasi dan efisien, seperti program sponsorship bertingkat, strategi komunikasi yang berbeda, dan alokasi sumber daya yang optimal.

Oleh karena itu, kesimpulan akhir penelitian ini menegaskan bahwa nilai utama terletak pada pembuktian bahwa pendekatan komputasi yang dinamis dan iteratif dapat secara signifikan

meningkatkan kualitas, stabilitas, dan utilitas praktis dari suatu model segmentasi. Penelitian telah berhasil membangun sebuah jembatan antara kompleksitas algoritmik dan kebutuhan bisnis yang sederhana. Proses integrasi algoritma dinamis yang telah dijalankan tidak hanya menjawab pertanyaan teknis tentang optimasi klaster, tetapi lebih penting lagi, telah menyediakan sebuah alat (tool) yang membuat data "berbicara" dengan lebih jelas, sehingga organisasi dapat "mendengarkan" dan merespons dengan strategi yang lebih tepat, tepat sasaran, dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan ribuan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian sekaligus penyusunan artikel ini.

REFERENSI

- Chen, L., Wang, X., & Zhao, Q. (2022). A dynamic customer segmentation framework for streaming data using incremental clustering. **Knowledge-Based Systems*, 252*, 109348. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2022.109348>
- Darmawan, A., & Prasetyo, B. (2023). Optimization of Marketing Resource Allocation in Indonesian Pharmaceutical Sector Using Machine Learning-Based Customer Segmentation. **Indonesian Journal of Data Science*, 4*(1), 45-60.
- Fauzi, M. A., Sinaga, L. P. F., & Mahmud, K. (2022). Improving customer segmentation stability using ensemble clustering and feature selection. **International Journal of Information Management Data Insights*, 2*(2), 100114. <https://doi.org/10.1016/j.ijime.2022.100114>
- Gupta, Y. K., Reddy, S. S. R., & Mohanty, A. K. (2022). Validity Index-Based Optimal Cluster Configuration for Partitional Clustering Algorithms. **Arabian Journal for Science and Engineering*, 47*(8), 10145–10161. <https://doi.org/10.1007/s13369-022-06807-4>
- Lee, S., & Kim, J. (2023). Adaptive Clustering Methods for Dynamic Customer Behavior Analysis in Healthcare Markets. **Journal of Healthcare Informatics Research*, 7*(2), 210-228. <https://doi.org/10.1007/s41666-023-00139-0>
- Nguyen, N. T. H., Nguyen, B. K., & Tran, D. H. (2022). DK-means: A deterministic K-means algorithm with automatic selection of optimal K for large datasets. **Journal of Big Data*, 9*(1), 95. <https://doi.org/10.1186/s40537-022-00647-7>
- Pal, R. K., Singh, A. K., & Jain, P. K. (2022). A hybrid RFM model with machine learning for customer segmentation and value prediction in e-commerce. **Decision Support Systems*, 161*, 113845. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2022.113845>
- Prasetyo, A., Abbas, B. S., & Utami, E. (2022). Market Segmentation in the Indonesian Pharmaceutical Industry: A Data-Driven Approach using Clustering Analysis. **Indonesian Journal of Business Analytics*, 2*(3), 213-228.
- Putra, R. A., & Santoso, H. (2023). Regulatory Compliance and Ethical Marketing in Indonesian Pharmaceutical Industry: A Data Analytics Perspective. **Asian Journal of Business Ethics*, 12*(1), 78-95.
- Rahman, F., & Chen, X. (2024). Next-Generation CRM Systems: Integrating Real-Time Analytics with Dynamic Clustering for Personalized Marketing. **Journal of Marketing Analytics*, 12*(1), 34-52. <https://doi.org/10.1057/s41270-023-00273-1>
- Sari, D. P., & Wijaya, T. (2023). Implementation of Dynamic Clustering Algorithm for Sales Force Optimization in Emerging Markets. **Emerging Markets Review*, 58*, 101045. <https://doi.org/10.1016/j.ememar.2023.101045>
- Zhang, S., Li, Y., & Wang, H. (2022). An adaptive K-means clustering algorithm based on dynamic centroid selection and cluster merging. **Expert Systems with Applications*, 195*, 116567. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.116567>
- Zhang, C., & Fang, Z. (2013). An Improved K-means Clustering Algorithm Traditional K-mean Algorithm. **Journal of Information & Computational Science*, 10*(1), 193-199. <https://doi.org/10.12733/jics20102019>

- Yi, B., Qiao, H., Yang, F., & Xu, C. (2010). An Improved Initialization Center Algorithm for K- Means Clustering. *2010 International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering, IEEE* (pp. 1-4). <https://doi.org/10.1109/CISE.2010.5677088>
- Weiwen, X., Liang, C., Zhiyong, Z., & Zhuqiang, Q. (2008). RFM Value and Grey Relation Based Customer Segmentation Model in the Logistics Market Segmentation. *International Conference on Computer Science and Software Engineering* (pp. 1298-1301). <https://doi.org/10.1109/CSSE.2008.950>
- Tsiptsis, K., & Chorianopoulos, A. (2009). *Data Mining Techniques in CRM: Inside Customer Segmentation*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan.
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 29 Tahun 2004 tentang Praktik Kedokteran.