



Optimalisasi Akreditasi Perguruan Tinggi dengan Orkestrasi *Business Intelligence* Berbasis *K-Means* dan OLAP

Putri Sakinah¹, Aldo Eko Syaputra², Zumardi Rahman³, Muhammad Fajri⁴, Haikal Fatwa Rachmansyah⁵

^{1,2,4,5}Informatika, Universitas Adzkie

³Informatika, Universitas Metamedia

putrisakinah@adzkie.ac.id, aldo@adzkie.ac.id, zumardirahman@metamedia.ac.id,

fajriaja110505@gmail.com, awaaaaja@gmail.com.

Abstract

University accreditation is a key indicator in assessing the quality of higher education institutions. A high accreditation score reflects good academic quality, institutional competitiveness and trust from students, industry, and government. The challenges that often faced by higher education institutions were the limitations in managing and analyzing the data systematically. So, they hamper the strategic decision-making for accreditation improvement. This study aims to develop a Business Intelligence (BI)-based academic analysis model by integrating the K-Means Clustering method, cluster evaluation using the Silhouette Score and multidimensional visualization with Online Analytical Processing (OLAP) to present academic data in a multifaceted and interactive manner. Research data were obtained from the Institute for Quality Assurance and Educational Development (LPPPM) of higher education institutions which include the data on lecturers, students, research and community service as supporting indicators for accreditation. The research stages include data preprocessing, application of the K-Means algorithm to identify clustering patterns, determination of the optimal number of clusters using the Silhouette Score and presentation of results in an OLAP dashboard to support interactive data exploration. The results show that the K-Means algorithm with $k = 2$ yields the best clustering quality and effectively maps differences in academic performance characteristics between study programs. The integration of these three approaches contributes to a more comprehensive and data-driven mechanism analysis that supporting universities in formulating more effective and targeted strategies for accreditation improvement.

Keywords: Business Intelligence; Higher Education Accreditation; K-Means Clustering; Silhouette Score; OLAP.

Abstrak

Akreditasi perguruan tinggi merupakan indikator utama dalam menilai kualitas institusi pendidikan tinggi. Nilai akreditasi yang tinggi mencerminkan mutu akademik yang baik, daya saing institusi, serta kepercayaan dari mahasiswa, industri, dan pemerintah. Tantangan yang sering dihadapi perguruan tinggi adalah keterbatasan dalam pengelolaan dan analisis data secara sistematis sehingga menghambat pengambilan keputusan yang strategis untuk peningkatan akreditasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model analisis akademik berbasis *Business Intelligence* (BI) melalui integrasi metode *K-Means Clustering*, evaluasi cluster menggunakan *Silhouette Score*, dan visualisasi multidimensi dengan *Online Analytical Processing* (OLAP) guna menyajikan data akademik secara multidimensional dan interaktif. Data penelitian diperoleh dari Lembaga Penjaminan Mutu dan Pengembangan Pendidikan (LPPPM) perguruan tinggi yang mencakup data dosen, mahasiswa, penelitian, pengabdian masyarakat sebagai indikator penunjang akreditasi. Tahapan penelitian meliputi pra-pemrosesan data, penerapan algoritma *K-Means* untuk mengidentifikasi pola pengelompokan, penentuan jumlah *cluster* optimal menggunakan *Silhouette Score*, serta penyajian hasil dalam *dashboard* OLAP untuk mendukung eksplorasi data secara interaktif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma *K-Means* dengan $k = 2$ memberikan kualitas *clustering* terbaik dan mampu memetakan perbedaan karakteristik kinerja akademik antar program studi. Integrasi ketiga pendekatan ini

memberikan kontribusi berupa mekanisme analisis yang lebih komprehensif dan berbasis data, sehingga dapat mendukung perguruan tinggi dalam merumuskan strategi peningkatan akreditasi secara lebih efektif dan terarah.

Kata kunci: *Business Intelligence*; Akreditasi Perguruan Tinggi; *K-Means Clustering*; *Silhouette Score*; OLAP.

© 2025 Author

Creative Commons Attribution 4.0 International License



1. Pendahuluan

Akreditasi perguruan tinggi merupakan instrumen penting dalam mengukur kualitas, kredibilitas, dan daya saing institusi pendidikan tinggi. Akreditasi yang baik tidak hanya memberikan pengakuan akademik, tetapi juga meningkatkan kepercayaan dari masyarakat, pemerintah, dan dunia industri terhadap lulusan yang dihasilkan [1]. Dalam konteks global, standar akreditasi semakin menekankan pada pentingnya transparansi, mutu penelitian, dan inovasi sistem pembelajaran [2]. Di Indonesia, akreditasi perguruan tinggi menjadi salah satu tolok ukur utama yang digunakan oleh Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi (BAN-PT) untuk menilai kelayakan program studi maupun institusi. Nilai akreditasi yang tinggi berdampak langsung terhadap reputasi institusi dan daya tariknya dalam menjaring mahasiswa baru [3]. Oleh karena itu, pengelolaan data akreditasi yang akurat dan sistematis merupakan kebutuhan strategis yang tidak bisa diabaikan. Kompleksitas proses akreditasi terlihat dari banyaknya indikator yang harus dipenuhi, mulai dari kurikulum, kinerja mahasiswa, kualifikasi dosen, hingga publikasi penelitian dan kegiatan pengabdian masyarakat. Data yang harus dikelola bersifat heterogen, berasal dari berbagai sumber, dan sering kali tersebar pada unit-unit berbeda [4]. Kondisi ini membuat analisis manual menjadi kurang efisien dan berpotensi menghasilkan informasi yang tidak konsisten.

Permasalahan utama yang dihadapi perguruan tinggi adalah keterbatasan dalam mengelola data akreditasi secara efektif. Banyak institusi masih menggunakan sistem manual atau semi-digital yang tidak terintegrasi. Akibatnya, data sulit dianalisis secara mendalam dan proses pengambilan keputusan strategis menjadi lambat. Hal ini berdampak pada kurang optimalnya perencanaan program peningkatan mutu akademik. Selain itu, terdapat kesulitan dalam mengidentifikasi faktor-faktor utama yang paling memengaruhi nilai akreditasi. Tanpa analisis berbasis data yang kuat, perguruan tinggi cenderung hanya memenuhi kebutuhan administratif tanpa benar-benar memahami kelemahan dan potensi perbaikan yang signifikan. Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan solusi berupa penerapan Business Intelligence (BI) dalam proses akreditasi. BI berperan mengubah data mentah menjadi informasi bermakna yang mendukung pengambilan keputusan strategis. Dengan pemanfaatan BI, data akreditasi dapat dianalisis secara komprehensif sehingga institusi memiliki landasan yang lebih kuat dalam menyusun strategi peningkatan mutu.

Solusi yang ditawarkan dalam penelitian ini mengintegrasikan tiga komponen utama, yaitu metode *K-Means Clustering* untuk pengelompokan kinerja akademik, *Silhouette Score* untuk mengevaluasi kualitas kluster yang terbentuk, serta *Online Analytical Processing* (OLAP) untuk menyajikan data secara multidimensi dan interaktif. Kombinasi ini diharapkan memberikan pendekatan holistik dalam mendukung optimalisasi akreditasi. *K-Means Clustering* merupakan algoritma populer dalam analisis data yang digunakan untuk mengelompokkan data ke dalam sejumlah kluster berdasarkan kesamaan tertentu [5]. Dalam konteks akreditasi, metode ini dapat membantu perguruan tinggi mengidentifikasi pola kinerja mahasiswa maupun program studi, sehingga kelemahan dan kekuatan dapat terlihat lebih jelas. *Silhouette Score* digunakan sebagai metrik untuk menilai seberapa baik objek berada pada kluster yang tepat dibandingkan dengan kluster lain [6]. Nilai skor yang mendekati +1 menunjukkan bahwa objek dikelompokkan secara optimal, sedangkan nilai mendekati -1 menandakan adanya ketidaksesuaian. Dengan demikian, penggunaan metrik ini dapat memastikan kualitas hasil klusterisasi. *Online Analytical Processing* (OLAP) adalah teknologi analisis multidimensi yang memungkinkan eksplorasi data secara interaktif [7]. OLAP dapat digunakan untuk melakukan operasi seperti drill-down, roll-up, slice, dan dice, sehingga pimpinan perguruan tinggi dapat melihat kinerja akademik dari berbagai perspektif, seperti distribusi IPK, tingkat kelulusan, maupun produktivitas dosen.

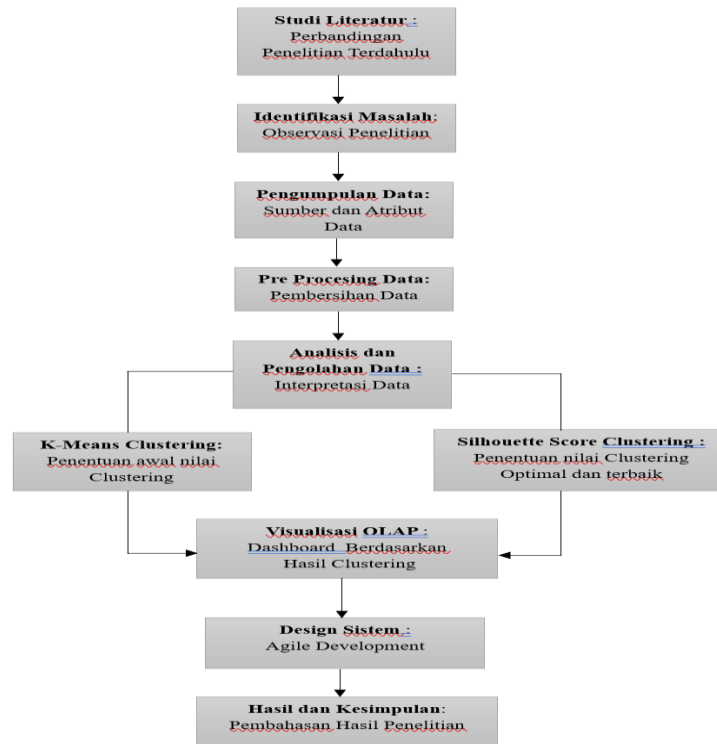
Beberapa penelitian terdahulu telah membahas penerapan *K-Means Clustering* dalam dunia pendidikan. Isa et al. tahun 2022 menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam mengklasifikasikan performa mahasiswa berdasarkan nilai akademik, sehingga memudahkan institusi dalam memberikan intervensi pembelajaran yang tepat [8].

Penelitian Santoso et al. pada tahun 2025 menyimpulkan bahwa penerapan Business Intelligence berbasis data warehouse, K-Means, dan Tableau membantu UMAHA mengidentifikasi pola minat alumni YPM serta merumuskan strategi PMB yang lebih tepat, terutama melalui penguatan informasi kampus dan promosi prodi yang relevan [9]. Selanjutnya peneliti dengan nama Wali et al. tahun 2022 menyimpulkan bahwa aplikasi manajemen akreditasi berbasis sistem cerdas dan framework Flutter berhasil membantu perguruan tinggi dalam mengelola dokumen, memonitor mutu, serta mensimulasikan penilaian akreditasi. Implementasi aplikasi menunjukkan respons positif dari asesor dan mampu menggantikan penggunaan Google Drive dalam proses akreditasi [10]. Penelitian Agustiansyah et al. tahun 2022 menyimpulkan bahwa metode TOPSIS dengan pembobotan AHP efektif membantu menentukan calon peserta didik terbaik secara objektif, sehingga proses seleksi menjadi lebih terukur dan akurat [12]. Nugroho, et al. tahun 2021 menekankan pentingnya *Silhouette Score* sebagai evaluasi kuantitatif untuk mengukur kualitas klusterisasi. Penelitian mereka menemukan bahwa validasi dengan metrik ini dapat mencegah bias dalam menentukan jumlah kluster optimal [13]. Penelitian lain oleh Setiawan & Handoko tahun 2023 mengkaji implementasi BI dengan teknologi OLAP dalam sistem informasi akademik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa OLAP mampu membantu visualisasi data multidimensi sehingga mempercepat analisis laporan akademik [14]. Surbakti et al. tahun 2022 mengembangkan sistem data *warehouse* dengan OLAP untuk manajemen pendidikan. Studi tersebut memperlihatkan peningkatan efisiensi akses data, meskipun belum mengintegrasikan algoritma machine learning [15]. Terakhir, Goh et al. tahun 2020 membuktikan bahwa penggunaan *K-Means* dalam mengelompokkan performa akademik mahasiswa dapat mendukung strategi pembelajaran berbasis segmentasi [16].

Namun, penelitian-penelitian terdahulu masih bersifat parsial dan berdiri sendiri pada aspek teknis tertentu, sehingga belum mampu memberikan gambaran analitik yang komprehensif. Karena itu, penelitian ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan mengintegrasikan K-Means, *Silhouette Score*, dan OLAP ke dalam satu model orkestrasi Business Intelligence yang utuh untuk mendukung analisis dan pengambilan keputusan akreditasi perguruan tinggi. Berdasarkan hal tersebut, tujuan penelitian ini adalah mengembangkan model analisis akademik berbasis BI yang mendukung pengambilan keputusan strategis dalam peningkatan mutu dan akreditasi perguruan tinggi.

2. Metode Penelitian

Kerangka penelitian merupakan dasar konseptual yang menjelaskan hubungan logis antara masalah, tujuan, metode, dan luaran penelitian [17], [18]. Penyusunannya yang sistematis berfungsi sebagai panduan agar setiap tahapan, mulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data, hingga analisis, berjalan terarah [19], [20]. Dalam konteks penelitian ini, kerangka digunakan untuk mengintegrasikan metode yang dipilih sehingga saling melengkapi dan menghasilkan model yang sesuai dengan tujuan. Kerangka tersebut juga menegaskan kontribusi penelitian baik secara teoretis dalam literatur akademik maupun secara praktis dalam implementasi sistem. Gambar 1 memperlihatkan alur kerangka penelitian yang dimaksud.



Gambar 1. Kerangka Kerja Penelitian

Gambar kerangka penelitian di atas memperlihatkan alur konseptual yang menghubungkan perumusan masalah, tujuan penelitian, serta strategi pemecahan masalah. Penjelasan rinci dari setiap tahapan dalam kerangka kerja ini diuraikan pada bagian berikut:

1. Studi Literatur. Pada tahapan ini kajian literatur menekankan pentingnya akreditasi sebagai tolak ukur dari mutu akreditasi perguruan tinggi, sekaligus mengulas penerapan K-Means, evaluasi kluster dengan *Silhouette Score*, dan OLAP untuk visualisasi data multidimensi dari data akreditasi perguruan tinggi.
2. Identifikasi Masalah. Pada tahapan ini Identifikasi dan observasi terhadap dokumen akreditasi dan sistem akademik menunjukkan bahwa pengelolaan data masih manual, terpisah, dan kurang efisien untuk mendukung keputusan berbasis data.
3. Pengumpulan Data. Pada tahapan ini Data diambil dari sistem informasi akademik dan borang akreditasi yang mencakup data dari dosen, mahasiswa, penelitian, pengabdian, serta publikasi, yang bersifat historis dan terstruktur.
4. *Pra-procesing Data*. Pada tahapan ini data penelitian dibersihkan, dinormalisasi, dan disesuaikan formatnya agar siap dianalisis dan diolah, sehingga mendapatkan hasil klusterisasi yang lebih akurat dan representatif.
5. Analisis Data. Pada tahapan ini Data akademik dikelompokkan menggunakan K-Means, dievaluasi dengan *Silhouette Score* untuk menilai kualitas kluster.
6. Visualisasi OLAP. Selanjutnya data divisualisasikan melalui OLAP agar dapat dieksplorasi dari berbagai dimensi seperti jumlah mahasiswa, data penelitian, data pengabdian, rasio dosen mahasiswa, dan tren luaran penelitian serta pengabdian dosen [21], [22].
7. *Design System*. Pada tahapan ini, Sistem dikembangkan dengan metode *Agile* melalui tahapan prototyping dashboard BI, integrasi *clustering*–OLAP, serta iterasi penyempurnaan agar adaptif.
8. Pengujian dan Implementasi. Uji dilakukan per modul (*clustering*, OLAP, dashboard), lalu diintegrasikan dan diuji coba pada unit akreditasi untuk menilai reliabilitas dan kemudahan penggunaan.
9. Evaluasi Sistem. Penilaian dilakukan secara kuantitatif (akurasi kluster, performa OLAP) dan kualitatif (umpan balik pengguna) guna memastikan efektivitas sistem.
10. Hasil dan Kesimpulan. Sistem menghasilkan pemetaan kinerja akademik yang lebih terstruktur sehingga dapat mendukung penyusunan borang akreditasi dan strategi peningkatan mutu berbasis data.
11. Penyusunan Laporan. Seluruh tahapan didokumentasikan dalam laporan akhir yang memuat temuan, analisis, dan rekomendasi pengembangan lebih lanjut.

2.1. Pra-pemrosesan Data

Tahapan Pra-pemrosesan data dilakukan dengan proses pembersihan dan normalisasi data yang bersumber dari indikator akreditasi perguruan tinggi dengan beberapa Langkah yakni Pengecekan kelengkapan data, Normalisasi menggunakan metode *Min-Max Scaler* untuk menyeragamkan rentang nilai antar variabel dan Pemilihan atribut utama berdasarkan indikator kinerja akademik untuk kebutuhan data akreditasi perguruan tinggi. Tujuan dari tahap ini adalah memastikan setiap atribut berkontribusi seimbang dan efektif pada proses *clustering* data untuk diolah pada proses klustering di pengolahan data K-Means

2.2. Penerapan Algoritma *K-Means Clustering*

Metode *K-Means* digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan kesamaan nilai indikator akreditasi perguruan tinggi. Dalam menentukan jumlah *cluster* yang paling optimal pada eksperimens K-Means, dilakukan dengan beberapa nilai k (misalnya k = 2, 3, 4, dst. Setelah dilakukan pengujian, maka akan diperoleh nilai k optimal dimana nantinya dapat menghasilkan pemisahan *cluster* paling baik (untuk diuji pada metode silhouette dengan nilai *cluster* tertinggi).

2.3. Evaluasi Model dengan *Silhouette Score*

Evaluasi dilakukan untuk mengukur seberapa baik setiap data sesuai dengan *cluster*-nya masing-masing dibandingkan dengan *cluster* lain. Nilai *Silhouette Score* yang lebih tinggi menunjukkan bahwa objek dalam satu *cluster* memiliki kemiripan tinggi serta efektif meskipun antar-*cluster* dapat memiliki hasil yang berbeda secara signifikan.

2.4 Visualisasi dan Analisis OLAP (Online Analytical Processing)

Setelah proses hasil *clustering* berhasil didapatkan dari evaluasi dari pengujian metode Sillhouette Score, maka komponen data akreditasi perguruan tinggi dapat divisualisasikan ke dalam bentuk dashboard visualisasi menggunakan pendekatan OLAB dalam eksplorasi multidimensi yang dapat membantu pengguna menganalisis kinerja dari data akreditasi perguruan tinggi berdasarkan tingkatan *cluster* dari Dimensi tahun (tren capaian), dimensi *cluster* (kategori kinerja) dan juga Dimensi Indikator Akreditasi (kontribusi indicator terhadap kinerja)

3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian hasil dan pembahasan, disajikan rangkaian hasil penelitian berdasarkan alur analisis yang telah dilakukan, dimulai dari pemeriksaan data awal hingga proses pembentukan klaster menggunakan metode *K-Means*. Data kinerja program studi hasil pengumpulan akreditasi diperiksa terlebih dahulu melalui tahap pra-pemrosesan untuk memastikan bahwa data berada dalam kondisi layak analisis. Tahap ini mencakup verifikasi kelengkapan data, penghapusan duplikasi, serta penyeragaman format. Setelah data dinyatakan valid, proses normalisasi dilakukan untuk menyamakan skala seluruh variabel sehingga tidak ada indikator yang mendominasi proses pengelompokan. Tahapan berikutnya adalah penerapan metode *K-Means* untuk mengelompokkan program studi berdasarkan pola kinerja akademik, di mana jumlah klaster optimal ditentukan melalui pengujian *Elbow Method* dan *Silhouette Score*. Seluruh proses tersebut disajikan secara berurutan pada subbab berikut, didukung dengan tabel dan visualisasi agar hasil analisis dapat dipahami secara komprehensif.

Tabel 1. Data Akreditasi atau Data Awal Penelitian

Th	Kd. Prod	Jum Dose	Penelitian Hibah Internal	Penelitian Hibah Eksternal	Penelitian Mandiri	Publisan Internal	Publikasi Penelitian Nasional	Pengabdian Hibah Internal	Pengabdian Hibah Mandiri	Pengabdian Hibah Eksternal	Total Penelitian	Total Mahasiswa	Total Mahasiswa Aktif		
0	2022	SI	6	3	0	10	0	13	3	0	0	13	3	18	18
1	2023	SI	6	2	0	16	0	19	4	0	0	18	4	26	26
2	2024	SI	7	2	1	7	0	10	5	0	0	9	5	25	25
3	2025	SI	7	2	2	12	0	16	6	0	0	14	6	25	25
4	2022	IF	5	1	0	16	0	19	3	0	0	17	3	26	26
.....															
59	2025	PBI	7	2	2	12	0	16	5	0	0	16	5	25	25
60	2022	PBI	5	1	0	9	0	12	2	0	0	10	2	20	20

61	2023	PK	5	2	0	10	0	13	3	0	0	12	3	22	22
62	2024	PK	6	2	1	11	1	15	4	0	0	14	4	24	24
63	2025	PK	6	2	1	12	0	16	4	0	0	15	4	25	25
59	2025	PBI	7	2	2	12	0	16	5	0	0	16	5	25	25
60	2022	PK	5	1	0	9	0	12	2	0	0	10	2	20	20

Tabel 1 menampilkan struktur utama data kinerja program studi yang digunakan sebagai dasar analisis dalam penelitian ini. Data tersebut mencerminkan variasi indikator penelitian, publikasi, pengabdian, serta jumlah mahasiswa pada setiap tahun pengamatan. Melalui data ini, proses pra-pemrosesan dan tahap analisis berikutnya dapat dilakukan secara lebih terarah, karena setiap *variabel* yang terlibat memiliki kontribusi yang berbeda terhadap pembentukan pola kinerja akademik. Setelah memahami karakteristik umum data, tahap selanjutnya adalah melakukan pra-pemrosesan untuk memastikan bahwa seluruh variabel berada dalam kondisi yang layak untuk dianalisis menggunakan metode *K-Means*. Dengan adanya data ini, proses analisis menjadi lebih terarah karena setiap komponen dapat diidentifikasi kontribusinya terhadap peningkatan kualitas institusi, sekaligus membantu universitas dalam menyusun strategi pengembangan yang berkelanjutan dan sesuai dengan tuntutan lembaga akreditasi.

3.1. Hasil Pra-Pemrosesan Data

Tahap pra-pemrosesan dilakukan untuk memastikan data layak digunakan dalam proses *clustering*. *Dataset* terdiri dari 64 baris dan 15 *variabel* yang merepresentasikan kinerja akademik setiap program studi untuk periode 2022–2025. Seluruh *variabel* numerik telah diverifikasi tidak memiliki nilai hilang maupun duplikasi. Variabel kategorikal Kode Prodi dipertahankan sebagai penanda (*identifier*), sementara variabel numerik lainnya digunakan sebagai fitur utama dalam *clustering*. Pada tahap ini juga dilakukan seleksi fitur sehingga diperoleh 11 *variabel* inti yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Seleksi fitur untuk proses *clustering*

No	Nama Fitur
0	1 Jumlah Dosen
1	2 Penelitian Hibah Internal
2	3 Penelitian Hibah Eksternal
3	4 Penelitian Mandiri
4	5 Publikasi Penelitian Internasional
5	6 Publikasi Penelitian Nasional
6	7 Pengabdian Hibah Internal
7	8 Total Penelitian
8	9 Total Pengabdian
9	10 Total Mahasiswa Keseluruhan Aktif
10	11 Total Mahasiswa Masuk

Seluruh fitur numerik kemudian dinormalisasi menggunakan *StandardScaler* agar memiliki distribusi yang setara dan tidak mendominasi proses pembentukan *cluster*.

Tabel 3. Tabel hasil *scaling* atau alur *preprocessing*

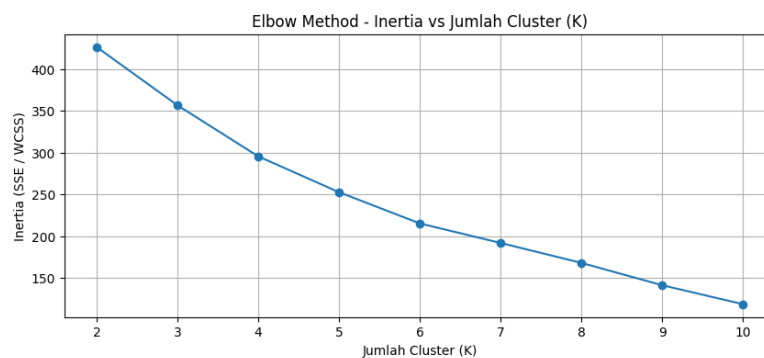
	Jumlah Dosen	Penelitian Hibah Internal	Penelitian Hibah Eksternal	Penelitian Mandiri	Publikasi Penelitian Internasional	Pengabdian Hibah Internal	Total Penelitian	Total Pengabdian	Total Mahasiswa Keseluruhan Aktif	Total Mahasiswa Masuk
0	0.345307	1.847.645	-1.153.563	-0.635001	-0.504878	-0.688847	-0.324385	-0.688847	-2.891.991	-2.898.705
1	0.345307	0.055989	-1.153.563	2.413.002	-0.504878	0.313112	1.634.166	0.313112	1.244.041	1.223.898
2	1.818.617	0.055989	0.266207	-2.159.002	-0.504878	1.315.071	-1.891.226	1.315.071	0.727037	0.708572
3	1.818.617	0.055989	1.685.977	0.381000	-0.504878	2.317.030	0.067325	2.317.030	0.727037	0.708572
4	-1.128.003	-1.735.667	-1.153.563	2.413.002	-0.504878	-0.688847	1.242.456	-0.688847	1.244.041	1.223.898
5	0.345307	1.847.645	-1.153.563	-0.635001	-0.504878	-0.688847	-0.324385	-0.688847	-2.891.991	-2.898.705
....									

59	1.818617	0.055989	1.685977	0.381000	-0.504878	1.315071	0.850746	1.315071	0.727037	0.708572
60	-1.128003	-1.735667	-1.153563	-1.143001	-0.504878	-1.690806	-1.499516	-1.690806	-1.857983	-1.868054
61	-1.128003	0.055989	-1.153563	-0.635001	-0.504878	-0.688847	-0.716095	-0.688847	-0.823975	-0.837404
62	0.345307	0.055989	0.266207	-0.127000	1.980676	0.313112	0.067325	0.313112	0.210033	0.193247
63	0.345307	0.055989	0.266207	0.381000	-0.504878	0.313112	0.459036	0.313112	0.727037	0.708572

3.2. Penentuan Jumlah Cluster Optimal

Tahapan ini bertujuan menentukan jumlah kluster yang paling sesuai sebelum model *K-Means* diaplikasikan secara final. *K-Means* dijalankan pada rentang $K = 2$ hingga $K = 10$ menggunakan konfigurasi dasar berupa metode inisialisasi *k-means++*, *n_init* sebanyak 10 kali untuk memastikan stabilitas pusat kluster, serta *random state* sebesar 42 agar hasil dapat direplikasi. Untuk setiap nilai K , dua indikator evaluasi dihitung, yaitu nilai *Sum of Squared Errors (SSE)* dan *Silhouette Score* sebagai ukuran kualitas pemisahan kluster.

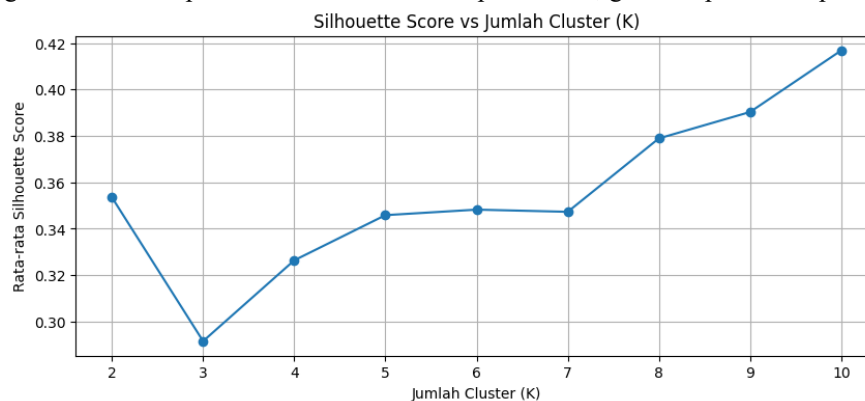
a. Metode Elbow (*Sum of Squared Errors - SSE*)



Gambar 2. Grafik *Elbow Method* untuk $K = 2-10$

b. Metode *Silhouette Score*

Silhouette Score dihitung untuk $K = 2$ hingga $K = 10$. Nilai tertinggi diperoleh pada $K = 10$, namun jumlah *cluster* yang terlalu besar tidak relevan secara substantif dalam konteks akreditasi. Nilai *Silhouette Score* yang cukup stabil berada pada $K = 4-6$, dengan nilai pada $K = 5$ sebesar 0.3458, yang dianggap paling seimbang antara kualitas pemisahan cluster dan interpretabilitas, grafik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik *Silhouette Score* untuk $K = 2-10$

c. Pemilihan *K Final*

Dengan mempertimbangkan bentuk grafik *elbow*, stabilitas *Silhouette Score*, serta kebutuhan menghasilkan taksonomi kinerja akademik yang mudah diinterpretasi, maka jumlah *cluster optimal* ditetapkan pada $K = 5$.

3.3. Penerapan Algoritma *K-Means* dengan Jumlah Cluster Optimal

Setelah jumlah kluster optimal ditetapkan pada $K = 5$ melalui pengujian *Elbow* dan *Silhouette Score*, algoritma *K-Means* diterapkan secara final untuk membentuk struktur kluster yang digunakan dalam analisis penelitian ini.

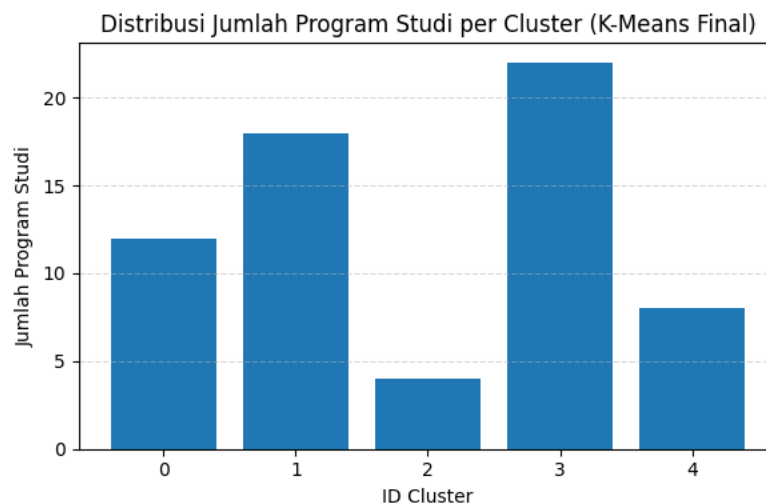
Model *K-Means* dibangun menggunakan metode inisialisasi *k-means++* dengan *n_init* sebanyak 10 kali agar pemilihan *centroid* awal tidak bergantung pada satu inisialisasi tunggal. Nilai *random state* sebesar 42 digunakan untuk menjamin proses dapat direplikasi, sedangkan jumlah iterasi maksimum ditetapkan 300 untuk memastikan proses konvergensi tercapai secara stabil. Pada tahap ini, seluruh data numerik yang telah dinormalisasi dimasukkan ke dalam model. *K-Means* kemudian melakukan proses iteratif berupa penghitungan jarak setiap titik data terhadap lima *centroid* awal, pengelompokan ke *centroid* terdekat, serta pembaruan posisi *centroid* berdasarkan rata-rata anggota kluster. Proses berulang hingga perubahan posisi *centroid* berada di bawah ambang tertentu, sehingga menghasilkan struktur kluster akhir yang konsisten. Hasil pengelompokan ini menghasilkan lima kelompok kinerja akademik yang merepresentasikan variasi pola penelitian, publikasi, pengabdian, serta jumlah mahasiswa di seluruh program studi.

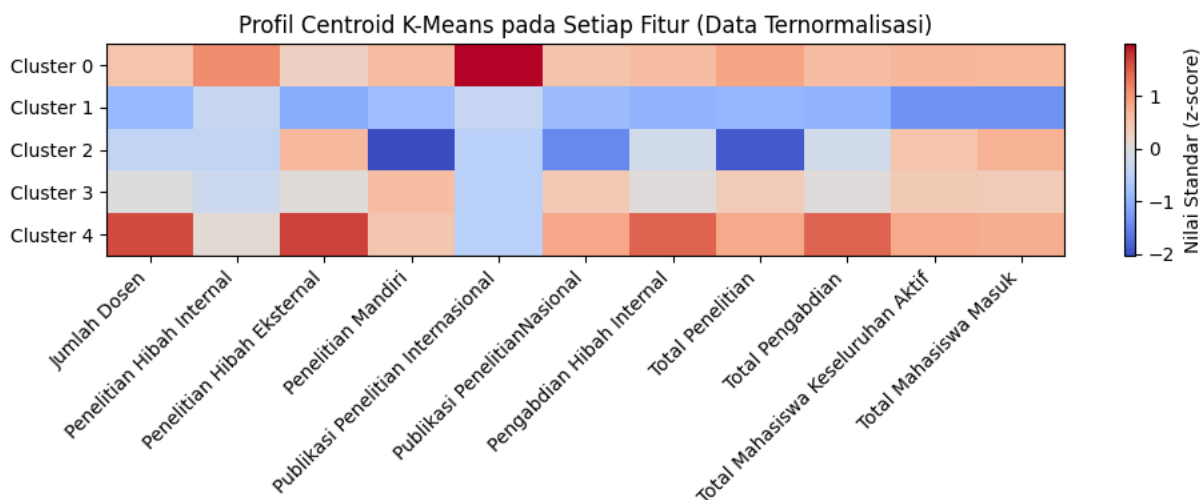
Untuk memberikan gambaran teknis model yang digunakan, ringkasan konfigurasi *K-Means* final ditampilkan pada Tabel 4. Tabel ini berisi *parameter* utama model, termasuk jumlah kluster, metode inisialisasi, jumlah inisialisasi awal, serta nilai inerti yang menggambarkan tingkat kekompakan kluster hasil *training*.

Tabel 4. Ringkasan Konfigurasi Model *K-Means* Final

Parameter	Nilai
0 Jumlah Cluster (K)	5
1 Metode Inisialisasi	k-means++
2 n_init	10
3 random_state	42
4 max_iter	300
5 Inertia (WCSS)	252.749.807
6 Jumlah Centroid	5
7 Jumlah Label	5

Selanjutnya, untuk memperjelas karakteristik hasil *training model*, dua visualisasi disajikan. Visualisasi pertama menunjukkan distribusi jumlah program studi dalam setiap kluster, yang memberikan gambaran mengenai sebaran anggota pada lima kluster yang terbentuk. Visualisasi kedua berupa heatmap yang menampilkan nilai *centroid* pada setiap fitur setelah normalisasi, sehingga terlihat perbedaan pola antar kluster secara lebih jelas berdasarkan indikator penelitian, publikasi, pengabdian, dan jumlah mahasiswa.

Gambar 3. Distribusi Jumlah Program Studi pada Setiap Kluster *K-Means*



Gambar 4. Profil *Centroid K-Means* untuk Setiap Fitur (*Heatmap* Normalisasi)

Kedua visualisasi pada Gambar 3 dan Gambar 4 memperkuat pemahaman terhadap hasil pengelompokan dan memberikan dasar yang lebih jelas untuk analisis lanjutan pada tahap interpretasi kluster.

3.4 Hasil *Clustering K-Means*

Proses *clustering* dilakukan menggunakan model *K-Means* ($K=5$) dengan data yang sudah dinormalisasi. Model menghasilkan lima kelompok kinerja yang secara alami mencerminkan tingkat produktivitas akademik setiap program studi. Lima *cluster* tersebut diberi label interpretatif sebagai berikut:

Tabel 5. Tabel Hasil Struktur *Cluster* Program Studi

ID	Nama Cluster	Karakteristik Utama
0	High Performance	Penelitian dan publikasi stabil tinggi
1	Low Performance	Aktivitas akademik rendah, perlu pembinaan
2	Medium Variable	Kinerja fluktuatif, tidak stabil
3	Strong Performer	Produktivitas tinggi dan konsisten
4	Excellent Performance	Paling unggul dalam semua indikator

3.5 Interpretasi Hasil *Cluster*

Hasil analisis terhadap nilai rata-rata dan sebaran variabel pada setiap *cluster* menunjukkan adanya pola karakteristik yang berbeda antar kelompok kinerja. *Cluster 4*, yang dikategorikan sebagai *Excellent Performance*, terdiri dari program studi dengan tingkat penelitian, publikasi, dan pengabdian yang sangat tinggi serta jumlah mahasiswa yang stabil. Kelompok ini menggambarkan prodi-prodi yang sudah berada pada tingkat kinerja terbaik dan sangat siap untuk mendukung penguatan akreditasi.

Cluster 3 menunjukkan kategori *Strong Performer*, yaitu kelompok program studi dengan produktivitas akademik yang kuat dan stabil. Meskipun berada sedikit di bawah *cluster 4*, prodi dalam kelompok ini memiliki potensi besar untuk mencapai kategori tertinggi apabila peningkatan mutu dapat dipertahankan secara konsisten.

Cluster 0 berada pada kategori *High Performance*, yang menggambarkan program studi dengan capaian penelitian, publikasi, dan pengabdian yang baik namun masih berada sedikit di bawah kelompok *Strong Performer*. Kelompok ini membutuhkan upaya lebih dalam peningkatan publikasi dan perolehan hibah eksternal untuk dapat naik ke level berikutnya.

Cluster 2 diklasifikasikan sebagai *Medium Variable*. Kelompok ini terdiri dari program studi dengan performa yang tidak konsisten antar tahun. Variasi nilai yang cukup besar pada beberapa indikator mengisyaratkan perlunya strategi peningkatan mutu jangka panjang agar kinerja dapat menjadi lebih stabil dan berkelanjutan.

Cluster 1 merupakan kelompok dengan kategori *Low Performance*, ditandai oleh rendahnya capaian penelitian, publikasi, dan pengabdian. Program studi dalam kelompok ini memerlukan perhatian dan intervensi prioritas dari

institusi untuk meningkatkan kinerja akademik secara signifikan. Ringkasan statistik lengkap untuk setiap cluster dapat dilihat pada Tabel 6 yang menyajikan nilai mean, minimum, dan maksimum dari seluruh variabel terkait.

Tabel 6. Ringkasan Statistik Setiap Cluster (Mean, Minimum, Maksimum)

Cluster	Jumlah Dosen (mean/min/max)	Penelitian Hibah Internal (mean/min/max)	Penelitian Hibah Eksternal (mean/min/max)	Penelitian Mandiri (mean/min/max)	Publikasi Internasional (mean/min/max)	Publikasi Nasional (mean/min/max)	Pengabdian Hibah Internal (mean/min/max)	Total Penelitian (mean/min/max)	Total Pengabdian (mean/min/max)	Mahasiswa Aktif (mean/min/max)	Mahasiswa Masuk (mean/min/max)
0	6.08 / 6 / 7	2.58 / 2 / 3	1.00 / 1 / 1	12.42 / 11 / 14	1.00 / 1 / 1	15.33 / 14 / 16	4.25 / 4 / 5	16.00 / 14 / 18	4.25 / 4 / 5	24.83 / 23 / 26	24.83 / 23 / 26
1	5.17 / 5 / 6	1.78 / 1 / 3	0.06 / 0 / 1	9.61 / 8 / 11	0.06 / 0 / 1	12.72 / 11 / 14	2.72 / 2 / 5	11.44 / 9 / 13	2.72 / 2 / 5	21.00 / 18 / 23	21.00 / 18 / 23
2	5.50 / 5 / 7	1.75 / 1 / 2	1.25 / 1 / 2	7.25 / 6 / 9	0.00 / 0 / 0	11.50 / 10 / 16	3.50 / 2 / 5	9.00 / 8 / 10	3.50 / 2 / 5	24.50 / 23 / 25	25.00 / 25 / 25
3	5.73 / 5 / 6	1.82 / 1 / 2	0.82 / 0 / 2	12.36 / 10 / 16	0.00 / 0 / 0	15.14 / 10 / 19	3.68 / 3 / 5	14.73 / 12 / 18	3.68 / 3 / 5	24.32 / 23 / 26	24.32 / 23 / 26
4	6.88 / 6 / 7	2.00 / 2 / 2	2.00 / 2 / 2	12.12 / 11 / 14	0.00 / 0 / 0	16.00 / 15 / 17	5.12 / 5 / 6	15.88 / 14 / 18	5.12 / 5 / 6	25.12 / 25 / 26	25.12 / 25 / 26

3.6 Integrasi ke Online Analytical Processing (OLAP) dalam Dashboard Interaktif (Power BI)

Setelah proses *clustering* selesai, seluruh hasil analisis kemudian digabungkan kembali dengan data kinerja program studi untuk menghasilkan satu tabel komprehensif yang mencerminkan posisi setiap program studi dalam lima kategori kinerja. Tabel ini memuat informasi dasar seperti identitas program studi dan tahun pengamatan, serta nilai cluster yang menjadi representasi tingkat kinerja berdasarkan data penelitian, publikasi, pengabdian, dan jumlah mahasiswa. Selanjutnya, tabel tersebut digunakan sebagai sumber utama dalam pengembangan *dashboard* analitik berbasis *OLAP* melalui *Power BI*. Integrasi ke dalam *Power BI* memungkinkan seluruh indikator kinerja ditampilkan secara visual dan interaktif. Melalui *dashboard* ini, pengguna dapat menelusuri pola kinerja setiap program studi dari tahun ke tahun, mengamati kecenderungan peningkatan atau penurunan, serta melihat bagaimana posisi tiap program studi dalam struktur *cluster* yang telah terbentuk. Visualisasi yang dihasilkan juga menggambarkan karakteristik dari masing-masing kelompok kinerja, sehingga program studi yang unggul maupun yang memerlukan perhatian dapat diidentifikasi dengan lebih jelas. Selain itu, kemampuan penyaringan berdasarkan tahun, program studi, dan *cluster* memungkinkan analisis dilakukan dengan cara yang lebih fleksibel dan mendalam. Dengan pendekatan ini, hasil *clustering* tidak hanya berhenti sebagai informasi numerik, tetapi menjadi bagian dari sistem pemantauan mutu akademik yang lebih mudah diinterpretasikan. *Dashboard* yang dihasilkan mendukung proses evaluasi dan perencanaan strategi peningkatan mutu, karena mempermudah pemahaman terhadap kekuatan dan kelemahan setiap program studi.



Gambar 5. Dashboard OLAP Kinerja Akademik Berbasis K-Means menggunakan Power BI

Dashboard pada Gambar 5 di atas menampilkan ringkasan kinerja program studi berdasarkan data mahasiswa aktif, penelitian, publikasi, dan pengabdian. Setiap prodi dikelompokkan menggunakan K-Means sehingga muncul

cluster seperti Strong Performer, High Performance, hingga Low Performance. Grafik-grafik di bagian atas menunjukkan total mahasiswa, jumlah penelitian per tahun, serta jumlah prodi pada tiap cluster. Tabel di bagian tengah merinci capaian tiap prodi, sedangkan grafik batang di bawah menunjukkan total pengabdian per prodi. Secara keseluruhan, dashboard ini membantu melihat prodi mana yang berkinerja baik dan mana yang perlu ditingkatkan.

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil memanfaatkan pendekatan analitik berbasis data melalui integrasi metode K-Means Clustering, evaluasi Silhouette Score, serta visualisasi multidimensi Online Analytical Processing (OLAP) untuk mengungkap pola dan pengelompokan kinerja akademik program studi. Kombinasi ketiga komponen ini menghasilkan proses analisis yang sistematis, terukur, dan mudah diinterpretasikan, sehingga memberikan gambaran komprehensif mengenai karakteristik masing-masing kelompok program studi. Berdasarkan pengujian terhadap dataset indikator akreditasi, algoritma K-Means menunjukkan bahwa $k = 2$ merupakan jumlah cluster yang paling representatif, ditandai oleh nilai Silhouette Score tertinggi yang mencerminkan kualitas pemisahan cluster yang optimal. Hasil pengelompokan memperlihatkan bahwa sebagian besar program studi berada pada Cluster 0, yang menggambarkan pola indikator yang relatif stabil dan seragam, sedangkan Cluster 1 berisi program studi dengan karakteristik berbeda yang memerlukan perhatian lebih dalam strategi peningkatan akreditasi.

Integrasi visualisasi OLAP memberikan lapisan pemahaman tambahan dengan menampilkan distribusi data secara interaktif berdasarkan dimensi prodi, indikator, dan cluster. Pendekatan ini tidak hanya memperjelas struktur pengelompokan yang terbentuk, tetapi juga memfasilitasi eksplorasi mendalam terhadap faktor-faktor yang membedakan masing-masing cluster. Dengan demikian, visualisasi OLAP berperan sebagai jembatan antara hasil analisis machine learning dan interpretasi praktis yang dapat langsung dimanfaatkan oleh pemangku kebijakan. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa orkestrasi metode analitik machine learning dan teknologi OLAP mampu menghadirkan perspektif baru dalam pemetaan kinerja akademik. Integrasi ini menghasilkan proses analisis yang lebih data-driven, terukur, dan mudah ditelusuri, sekaligus mendukung penyusunan strategi peningkatan akreditasi yang lebih efektif. Melalui pemanfaatan dashboard Business Intelligence yang dikembangkan secara iteratif, data akreditasi tidak hanya divisualisasikan, tetapi juga diolah dan ditransformasikan menjadi wawasan yang dapat ditindaklanjuti, memberikan dukungan yang lebih kuat bagi perguruan tinggi dalam proses pengambilan keputusan strategis.

Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Kemendikti Saintek sebagai pemberi dana penelitian pada program penerimaan proposal penelitian dan pengabdian kepada masyarakat hibah DRTPM 2025. Sehingga penelitian ini bisa dilaksanakan hingga selesai dengan nomor kontrak induk DPPM-LLDIKTI X sebagai berikut, 131/C3/DT.05.00/PL/2025 yang dikeluarkan tanggal 28 Mei 2025, dan nomor kontrak turunan LLDIKTI X- Univ Adzka 013/LL10/DT.05.00/PL/2025 yang dikeluarkan tanggal 2 Juni 2025, serta kontrak turunan LPPM- Peneliti 010.9/LPPMPenelitian/UA/2025 dikeluarkan tanggal 4 Juni 2025.

Daftar Rujukan

- [1] A. Eko Syaputra, R. Adawia, and N. Hasanah Nasta, "Sistem Penunjang Keputusan Pembelian Motor Bekas Oleh Dealer MOKAS Menggunakan Metode MOORA," *J. Pustaka AI (Pusat Akses Kaji. Teknol. Artif. Intell.*, vol. 4, no. 2, pp. 47–52, 2024, doi: 10.55382/jurnalpustakaai.v4i2.758.
- [2] T. Husnatun Hasanah dan A. Eko Syaputra, "Pembangunan Sistem Informasi Persediaan Toko Kinara menggunakan Bahasa Pemrograman PHP dan MySQL," *Jurnal Pustaka AI*, vol. 4, no. 1, hlm. 09–16, Apr 2024.
- [3] B. Ghufro, B. Surarso, dan R. Gernowo, "Implementation of OLAP and K-Medoids Clustering for Accreditation Data Analysis of Study Programs," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 879, no. 1, art. no. 012067, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/879/1/012067.
- [4] I. A. Najm, "OLAP Mining with Educational Data Mart to Predict Students' Performance," *Informatica*, vol. 46, no. 5, pp. 673–684, 2022, doi: 10.31449/inf.v46i5.3853.
- [5] A. E. Syaputra dan Y. S. Eirlangga, "Prediction of Patient Visit Rates Using the Monte Carlo Method," *J. Inf. dan Teknologi*, vol. 4, no. 2, pp. 97–102, 2022, doi: 10.37034/jidt.v4i2.202.
- [6] A. E. Syaputra, "Model Simulasi untuk Memperkirakan Tingkat Penjualan Garam Menggunakan Metode Monte Carlo," *J. Inf. dan Teknologi*, vol. 4, no. 4, pp. 188–193, 2022, doi: 10.37034/jidt.v4i4.244.

- [7] D.-M. Córdova-Esparza, J. Terven, J.-A. Romero-González, et al., "Predicting and Preventing School Dropout with Business Intelligence: Insights from a Systematic Review," *Information*, vol. 16, no. 4, art. no. 326, 2025, doi: 10.3390/info16040326.
- [8] W. Villegas-Ch, M. Luján-Mora, dan R. Buenrostro-Mariscal, "A Business Intelligence Framework for Analyzing Academic Performance," *Sustainability*, vol. 12, no. 14, art. no. 5745, 2020, doi: 10.3390/su12145745.
- [9] M. Wali, Syarifuddin, T. Iqbal, and A. Salam, "Perancangan Aplikasi Manajemen Akreditasi sebagai Layanan Peningkatan Mutu Institusi," *JICS*, vol. 1, no. 1, pp. 36–49, May 2022, doi: [10.56347/jics.v1i1.29](https://doi.org/10.56347/jics.v1i1.29).
- [10] A. Santoso, B. C. Putra, and Y. F. Wero, "Implementasi Bisnis Intelijen Datawarehouse Menggunakan Visualisasi Tableau Desktop: Upaya Peningkatan Penerimaan Mahasiswa Baru Universitas Maarif Hasyim Latif," **SPIRIT**, vol. 17, no. 1, 2025, doi: 10.53567/spirit.v17i1.317.
- [11] Z. Muhtar, H. Hanafiah, I. T. Wiani, and W. Wahyudin, "The Role of Personnel Management Supporting Telkom University's Excellent Accreditation Ratings," **JMKSP: Jurnal Manajemen, Kepemimpinan, dan Supervisi Pendidikan**, vol. 7, no. 2, pp. 452–459, 2022, doi: 10.31851/jmksp.v7i2.7683.
- [12] Hasran, N. A., Shariff, N. S. M., Mohamad, S. F. S., & Syaputra, A. E. (2025). The Impact of COVID-19 on the Cost of Living in Malaysia. *Journal of Health and Quality of Life*, 8(1), 27-34.
- [13] N. A. M. Isa, M. Y. Mashor, dan N. Othman, "Clustering Analysis for Classifying Student Academic Performance," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 19, art. no. 9467, 2022, doi: 10.3390/app12199467.
- [14] R. S. Nugroho, A. Widiyanto, dan A. Harjoko, "Penggunaan Metode *K-Means* dan *K-Means++* sebagai *Clustering* Data Covid-19 di Pulau Jawa," *J. Teknika*, vol. 11, no. 3, pp. 170–179, 2022.
- [15] R. G. Santosa, Y. Lukito, dan A. R. Chrismanto, "Classification and Prediction of Students' GPA Using *KMeans Clustering* Algorithm to Assist Student Admission Process," *J. Inf. Syst. Eng. Bus. Intell.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–10, 2021, doi: 10.20473/jisebi.7.1.1-10.
- [16] M. I. Setiawan dan L. Handoko, "Implementasi Business Intelligence dalam Sistem Informasi Akademik Menggunakan OLAP," *J. Sist. Inf. dan Informatika (JSII)*, vol. 5, no. 2, pp. 99–108, 2023, doi: 10.32662/jsii.v5i2.478.
- [17] R. Surbakti, M. A. Jabar, dan M. I. Setiawan, "Perancangan Data Warehouse dan OLAP dalam Mendukung Sistem Manajemen Pendidikan," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komputer (JTIK)*, vol. 9, no. 3, pp. 567–575, 2022, doi: 10.25126/jtik.202293754.
- [18] A. E. Syaputra, Y. Hendra, and A. Mardiah, "Optimasi Penjualan Oleh-oleh Sumbar Menggunakan Analisa Diferensial," *J. FASILKOM*, vol. 14, no. 3, pp. 637–645, 2024, doi: 10.37859/jf.v14i3.7938.
- [19] Y. L. Goh, Y. H. Goh, C. C. Yip, dan H. T. Chen, "Prediction of Students' Academic Performance by *KMeans Clustering*," *Sci. Proc. Ser.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2020, doi: 10.31580/sps.v2i1.1205.
- [20] N. I. M. Talib, N. A. Abd Majid, dan S. Sahran, "Identification of Student Behavioral Patterns in Higher Education Using *K-Means Clustering* and Support Vector Machine," *Applied Sciences*, vol. 13, no. 5, art. no. 3267, 2023, doi: 10.3390/app13053267.
- [21] N. Hasanati, E. Khudzaeva, E. Nurmiyati, E. Elpawati, dan N. Hakiem, "Dashboard of Quantitative Data for Accreditation of Undergraduate Level Study Program Using API," in *Proc. Int. Conf. Qur'an and Hadith Studies (ICONQUHAS)*, 2020, doi: 10.4108/eai.2-10-2018.2295281.
- [22] M. A. Fadhil, "Analisa *Clustering* untuk Mengklasifikasi Kinerja Akademik di Sekolah Menggunakan Algoritma *K-Means*," *J. Ilmiah Teknologi Informasi*, vol. 10, no. 2, pp. 1–10, 2024, doi: 10.37673/jiti.v10i2.16325.