

Segmentasi Kinerja Akademik Mahasiswa Menggunakan Algoritma K-Means

Lilik Harmaji¹, Akhmad Sufyan Asaury², Miki Wijana³, Mohammad Erdda Habiby⁴

¹Ilmu Komputer, Institut Teknologi Sapta Mandiri, Indonesia

²Sistem Infirmasi, Institut Teknologi Sapta Mandiri, Indonesia

³Sistem Infirmasi, Universitas Ma'soem, Indonesia

⁴Teknik Informatika, Universitas Bina Nusantara, Indonesia

Lilik3751@gmail.com

Info Artikel

Sejarah artikel :

Diterima September 2024

Direvisi September 2024

Disetujui September 2024

Diterbitkan September 2024

ABSTRACT

With the abundance of universities scattered across various regions in the country, they should be able to shape human characteristics and improve the quality of education in Indonesia. Sapta Mandiri Institute of Technology is a private higher education institution where in learning it is required to be more innovative and creative in producing graduates and responsive to workforce needs. In this study, a group of high- and low-achieving students was carried out with the aim of classifying student efficiency and performance. By combining two techniques, namely the k-means algorithm and elbow clustering, so that the performance results will be more accurate in analyzing and evaluating the progress of student performance. The results show that the application of the Elbow method in this study produces the best number of clusters into 3 clusters. The results of this cluster are useful for the program in analyzing student academic performance based on the cluster formed.

Keywords : Algorithm; Data; Decision; K-Means; System.

ABSTRAK

Dengan banyaknya perguruan tinggi yang tersebar di berbagai daerah di tanah air, dituntut untuk mampu membentuk karakteristik manusia dan meningkatkan kualitas pendidikan di Indonesia. Institut Teknologi Sapta Mandiri adalah lembaga pendidikan tinggi swasta, dimana dalam pembelajarannya dituntut untuk lebih inovatif dan kreatif dalam menghasilkan lulusan serta responsif terhadap kebutuhan tenaga kerja. Dalam penelitian ini, dilakukan pengelompokan mahasiswa yang berprestasi tinggi dan rendah dengan tujuan mengelompokkan efisiensi dan kinerja mahasiswa. Dengan menggabungkan dua teknik, yaitu algoritma *k-means* dan *elbow clustering*, sehingga hasil kinerja akan lebih akurat dalam menganalisis dan mengevaluasi kemajuan kinerja mahasiswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode Elbow dalam penelitian ini menghasilkan jumlah cluster terbaik menjadi 3 cluster. Hasil cluster ini berguna untuk program dalam menganalisis kinerja akademik mahasiswa berdasarkan cluster yang terbentuk.

Kata Kunci : Algoritma; Data; K-Means; Keputusan; Sistem.

PENDAHULUAN

Dengan perkembangan teknologi yang pesat yang berdampak pada berbagai aspek kehidupan, perguruan tinggi kini dihadapkan pada tuntutan untuk bersaing secara efektif dengan memanfaatkan sumber daya yang ada. Di antara sumber daya tersebut, sistem informasi diakui sebagai elemen penting untuk meningkatkan daya saing.[1] Keberhasilan akademik mahasiswa dalam sebuah

institusi menjadi ukuran kunci dari daya saing tersebut. Banyak faktor yang menghambat mahasiswa untuk mencapai dan mempertahankan kinerja akademik [2]. yang tinggi, yang mencerminkan usaha mereka secara keseluruhan di pendidikan tinggi. Dengan mengatasi faktor-faktor ini, institusi dapat mengembangkan strategi untuk meningkatkan dan memantau kinerja mahasiswa, dengan Indeks Prestasi Kumulatif (IPK) menjadi metrik yang umum digunakan untuk penilaian kinerja akademik [3]. Dalam penelitian ini sulitnya menentukan karakteristik kinerja akademik mahasiswa, sehingga menyulitkan dalam merumuskan strategi yang tepat untuk menanganinya. Penelitian ini berfokus pada penggunaan algoritma *K-Means* untuk segmentasi kinerja akademik, dengan tujuan untuk mengidentifikasi *cluster* optimal menggunakan metode *elbow* [4].

Tujuan utama dari penelitian ini adalah menerapkan algoritma *K-Means* untuk segmentasi kinerja akademik mahasiswa, sehingga mendapatkan *cluster* yang optimal. Penelitian ini menawarkan manfaat teoritis dan praktis. Secara teoritis, penelitian ini berkontribusi pada ilmu pengetahuan data, khususnya dalam penerapan algoritma *K-Means* untuk mengelompokkan data kinerja akademik mahasiswa. Secara praktis, penelitian ini dapat membantu bagian akademik dalam mengelompokkan prestasi akademik mahasiswa berdasarkan karakteristik setiap *cluster* yang terbentuk, sehingga memungkinkan pengembangan strategi akademik yang lebih terarah.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode Algoritma *K-Means* untuk melakukan segmentasi kinerja akademik mahasiswa di Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Tujuan utama dari segmentasi ini adalah untuk mengelompokkan mahasiswa berdasarkan prestasi akademik mereka dan mengidentifikasi pola-pola tersembunyi yang dapat memengaruhi keberhasilan akademik. Proses segmentasi dilakukan dengan mengikuti kerangka kerja CRISP-DM [5] yang mencakup tahapan sebagai berikut:

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari catatan akademik mahasiswa yang masuk pada tahun 2022 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dataset ini mencakup berbagai atribut seperti IPK, jumlah SKS, dan kemajuan akademik yang digunakan untuk klusterisasi.

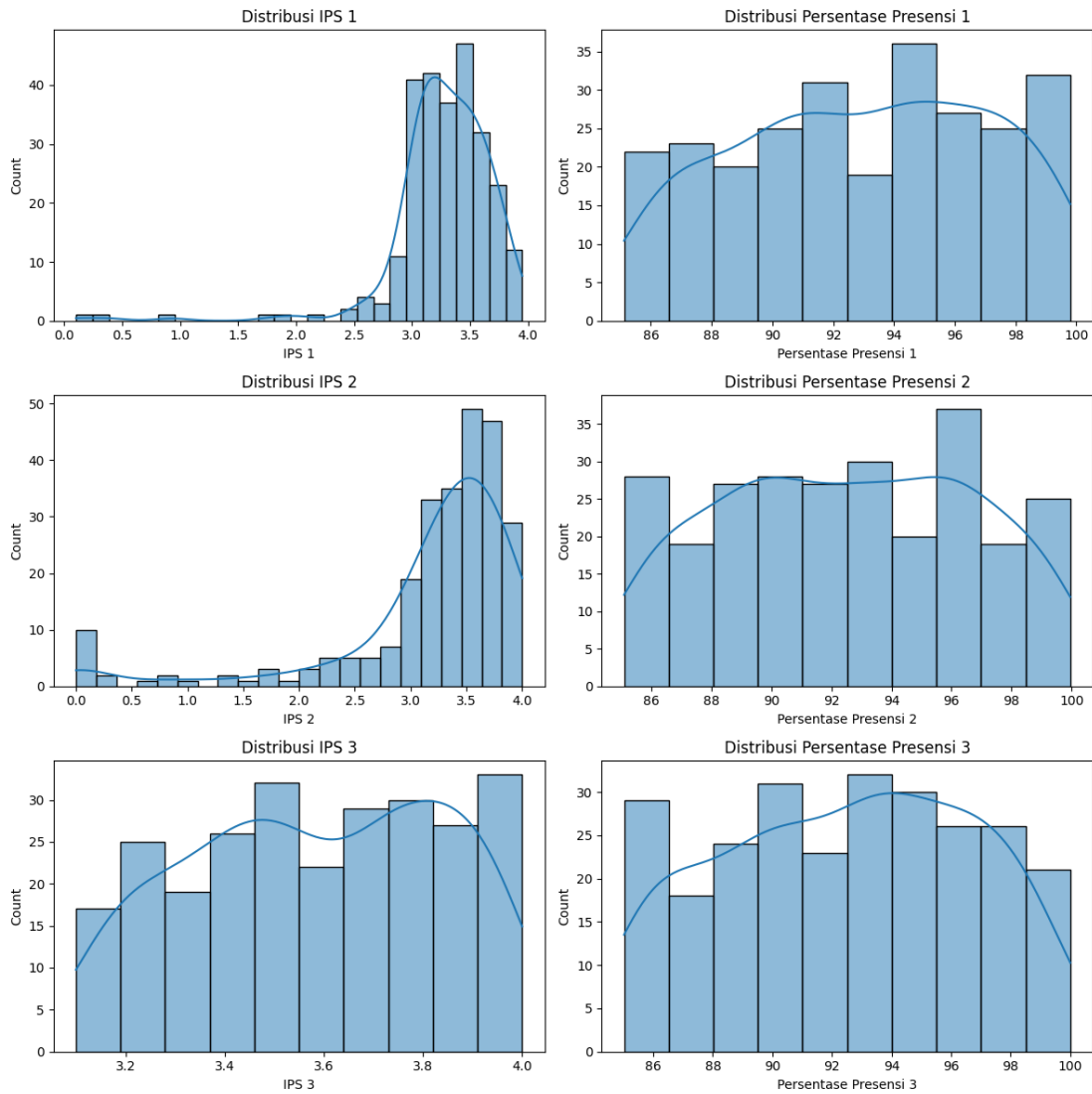
Tabel 1. Atribut Data Mahasiswa Setelah Proses Seleksi

No	Nama Atribut	Tipe Data	Keterangan
1.	NIM	Int	Nomor Pokok Mahasiswa
2.	IPS 1	Int	Indeks Prestasi Semester 2
3.	Persentase Presensi 1	Int	Persentase Kehadiran mahasiswa selama satu semester 1
4.	IPS 2	Int	Indeks Prestasi Semester 2
5	Persentase Presensi 2	Int	Persentase Kehadiran mahasiswa selama satu semester 2
6.	IPS 3	Int	Indeks Prestasi Semester 3
7.	Persentase Presensi 3	Int	Persentase Kehadiran mahasiswa selama satu semester 3

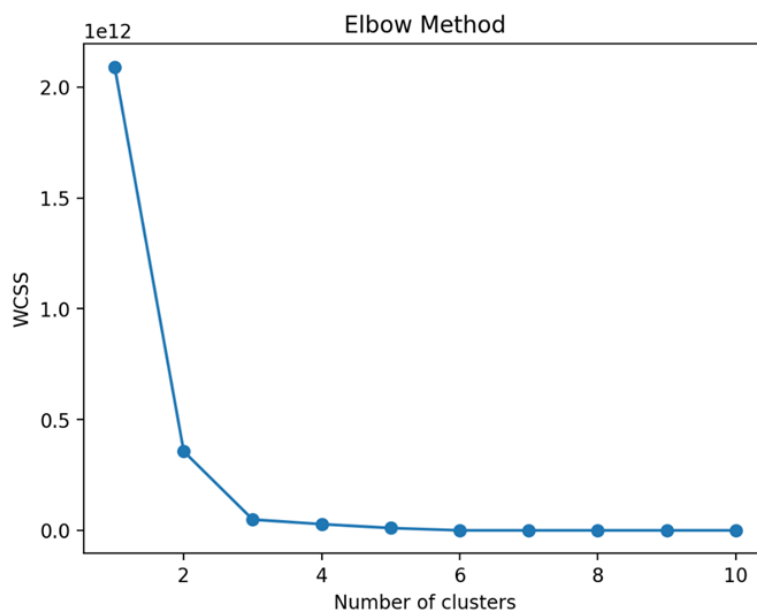
Tabel 2. Seleksi Data Mahasiswa Tahun Akademik 2022

No	IPS 1	Persentase Presensi 1	IPS 2	Persentase Presensi 2	IPS 3	Persentase Presensi 3
1	3.2	87.51	3.08	93.75	3.9	92.94
2	3.25	92.67	3.69	86.43	3.59	91.88
3	3.42	88.86	1	88.03	3.77	87.68
4	3.6	87.97	3.35	93.62	3.47	92.88
5	3.05	96.75	0	93.81	3.23	95.94
6	3.83	88.53	3.7	91.44	3.38	89.02
7	3	85.63	0.8	87.38	3.82	89.37
8	3.2	98.22	3.29	98.42	3.37	94.48
9	3.52	86.21	3.86	87.56	3.81	92.88
10	3.14	96.46	1.75	98.45	3.71	89.76
.....
.....
256	3.1	95.47	2.98	89.7	3.2	96.22
257	3.55	87.93	3.48	89.82	3.25	90.92
258	2.61	94.12	3	99.11	3.5	98.86
259	3.75	86.46	3.35	97.25	3.84	95.94
260	2.9	98.82	3.45	88.73	3.95	91.15

2. Algoritma *K-Means* diterapkan untuk mengelompokkan data mahasiswa menjadi beberapa *cluster*. Metode *Elbow* digunakan untuk menentukan jumlah *cluster* optimal dengan menganalisis jumlah kuadrat jarak dalam setiap *cluster*. Secara keseluruhan jumlah data pada tabel data mahasiswa tahun akademik 2022 adalah sebanyak 260 record dan jumlah atribut sebanyak 8. Atribut yang akan digunakan untuk analisa sebanyak 6 atribut. Adapun sebaran data di tiap atribut dapat dilihat pada gambar 1.
3. Setelah melalui serangkaian proses persiapan data sebelum memulai tahap pemodelan, langkah pertama yang diambil adalah menentukan nilai optimal *k* untuk proses clustering dapat dilihat pada gambar. Dari gambar *Elbow Method*, terlihat bahwa terdapat sebuah titik siku potensial pada $K=3$. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa nilai *SSE* pada $K=3$ lebih rendah daripada di $K=6$, yang mengindikasikan adanya penurunan yang signifikan dalam distorsi data dengan menggunakan 3 *cluster*. Dengan demikian, 3 *cluster* menjadi pilihan yang paling optimal untuk meminimalkan distorsi data dan menghasilkan pengelompokan yang efektif. Meskipun *Elbow Method* memberikan indikasi yang kuat, penting untuk diingat bahwa keputusan akhir dalam pemilihan jumlah *cluster* harus mempertimbangkan faktor-faktor tambahan seperti ukuran dataset, distribusi data, serta tujuan dan konteks analisis. Sehingga, dalam konteks ini, *cluster 3* dapat dianggap sebagai pilihan terbaik berdasarkan hasil analisis *Elbow Method* pada gambar 2.



Gambar 1. Sebaran Data Ditiap Atribut



Gambar 2. Elbow Method

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan strategi pendidikan yang lebih responsif terhadap kebutuhan dan potensi mahasiswa di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah tahap modeling selesai dan mendapatkan hasil cluster, pengelompokan data menghasilkan tiga kluster yang berbeda untuk menganalisis data yang telah dikelompokkan menjadi tiga cluster, maka perlu melihat karakteristik masing-masing cluster berdasarkan data yang diberikan. Pada analisis ini, akan fokus pada nilai rata-rata dari indeks prestasi semester dan persentase presensi untuk setiap cluster.

Proses klusterisasi menghasilkan tiga *cluster* yang berbeda, seperti yang ditunjukkan oleh *Metode Elbow*. *Cluster 0* terdiri dari 77 mahasiswa, *cluster 1* terdiri dari 96 mahasiswa, dan *cluster 2* terdiri dari 87 mahasiswa. *Cluster* ini memberikan wawasan tentang berbagai tingkat kinerja akademik mahasiswa, yang dapat digunakan oleh institusi untuk menyesuaikan dukungan akademik dan intervensi. Dimana untuk hasil *Cluster* dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Akhir Cluster 0

Data Ke	IPS 1	Persentase Presensi 1	IPS 2	Persentase Presensi 2	IPS 3	Persentase Presensi 3	cluster
4.0	3.0	89.0	1.0	88.0	4.0	88.0	cluster_0
8.0	3.0	86.0	1.0	87.0	4.0	89.0	cluster_0
11.0	3.0	96.0	2.0	98.0	4.0	90.0	cluster_0
18.0	3.0	89.0	3.0	99.0	3.0	87.0	cluster_0
23.0	3.0	91.0	3.0	96.0	4.0	86.0	cluster_0
35.0	3.0	98.0	0.0	99.0	4.0	93.0	cluster_0
36.0	3.0	94.0	4.0	93.0	4.0	85.0	cluster_0
45.0	3.0	92.0	3.0	96.0	4.0	87.0	cluster_0
46.0	3.0	97.0	0.0	96.0	4.0	86.0	cluster_0
50.0	0.0	91.0	4.0	96.0	4.0	95.0	cluster_0
.....
....
.....
244.0	3.0	86.0	3.0	99.0	3.0	87.0	cluster_0
249.0	3.0	91.0	2.0	92.0	4.0	86.0	cluster_0

Hasilnya dapat dijelaskan dengan subbagian dan dapat membaginya menjadi lebih banyak grup di banyak subbagian. Hasilnya juga bisa berupa gambar, grafik, tabel dan lain-lain yang memudahkan pembaca [2, 5]. *Cluster 0* terdiri dari mahasiswa dengan kinerja akademik yang baik, yang ditunjukkan oleh rata-rata Indeks Prestasi Semester (IPS) sekitar 3.36. Para mahasiswa dalam *cluster* ini menunjukkan komitmen yang kuat terhadap kehadiran, dengan rata-rata persentase presensi sekitar 92.78%. Dengan kinerja akademik dan kehadiran yang tinggi, *cluster* ini mungkin mencerminkan kelompok mahasiswa yang rajin dan berdedikasi dalam menyelesaikan tugas akademik mereka secara konsisten. Ini

juga dapat menunjukkan lingkungan belajar yang mendukung di antara mereka, di mana mereka saling memotivasi untuk mencapai prestasi akademik yang tinggi.

Tabel 4. Hasil Akhir Cluster 1

Data Ke	IPS 1	Persentase Presensi 1	IPS 2	Persentase Presensi 2	IPS 3	Persentase Presensi 3	cluster
3.0	3.0	93.0	4.0	86.0	4.0	92.0	cluster_1
10.0	4.0	86.0	4.0	88.0	4.0	93.0	cluster_1
14.0	4.0	91.0	4.0	89.0	4.0	91.0	cluster_1
15.0	4.0	92.0	4.0	89.0	4.0	94.0	cluster_1
19.0	3.0	92.0	3.0	90.0	4.0	90.0	cluster_1
24.0	3.0	95.0	4.0	87.0	4.0	93.0	cluster_1
27.0	4.0	92.0	3.0	88.0	4.0	92.0	cluster_1
33.0	3.0	99.0	3.0	91.0	4.0	92.0	cluster_1
40.0	3.0	89.0	4.0	91.0	4.0	88.0	cluster_1
48.0	3.0	88.0	4.0	89.0	4.0	93.0	cluster_1
.....
.....
.....
229.0	4.0	97.0	4.0	88.0	4.0	95.0	cluster_1
235.0	3.0	87.0	3.0	86.0	4.0	98.0	cluster_1
240.0	4.0	97.0	3.0	85.0	4.0	95.0	cluster_1
241.0	4.0	90.0	3.0	90.0	4.0	96.0	cluster_1
253.0	3.0	90.0	4.0	86.0	4.0	94.0	cluster_1
254.0	3.0	95.0	4.0	91.0	4.0	94.0	cluster_1
261.0	3.0	99.0	3.0	89.0	4.0	91.0	cluster_1

Cluster 1 juga terdiri dari mahasiswa dengan kinerja akademik yang baik, yang tercermin dari rata-rata Indeks Prestasi Semester (IPS) sekitar 3.34. Meskipun tidak jauh berbeda dari Cluster 0 dalam hal kinerja akademik, para mahasiswa dalam cluster ini menunjukkan tingkat kehadiran yang sedikit lebih tinggi, dengan rata-rata persentase presensi sekitar 93.32%. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa dalam cluster ini juga memiliki komitmen yang tinggi terhadap kehadiran di kelas, yang mungkin mengindikasikan tingkat keterlibatan yang kuat dalam proses pembelajaran. Dengan demikian, cluster ini mungkin terdiri dari mahasiswa yang serupa dengan Cluster 0 dalam hal kinerja akademik, namun dengan tingkat kehadiran yang sedikit lebih tinggi, menunjukkan tingkat dedikasi yang lebih tinggi dalam menghadiri kelas dan berpartisipasi dalam pembelajaran.

Tabel 5. Hasil Akhir Cluster 2

Data Ke	IPS 1	Persentase Presensi 1	IPS 2	Persentase Presensi 2	IPS 3	Persentase Presensi 3	cluster
6.0	3.0	97.0	0.0	94.0	3.0	96.0	cluster_2
9.0	3.0	98.0	3.0	98.0	3.0	94.0	cluster_2
13.0	3.0	95.0	4.0	88.0	3.0	99.0	cluster_2
17.0	3.0	97.0	1.0	91.0	3.0	97.0	cluster_2

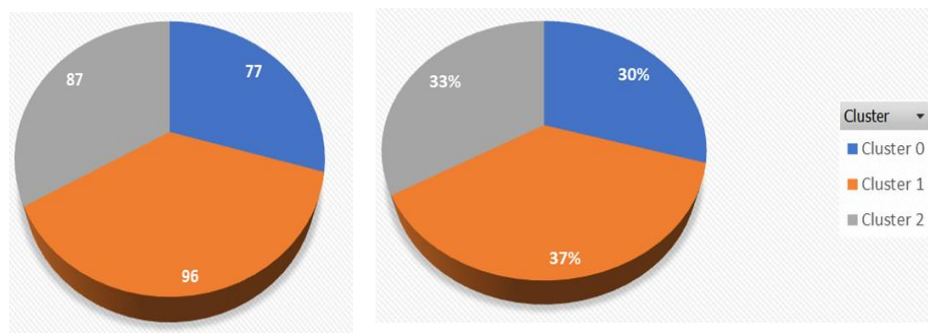
Data Ke	IPS 1	Persentase Presensi 1	IPS 2	Persentase Presensi 2	IPS 3	Persentase Presensi 3	cluster
20.0	3.0	99.0	4.0	99.0	3.0	92.0	cluster_2
22.0	3.0	88.0	3.0	95.0	3.0	94.0	cluster_2
28.0	3.0	100.0	4.0	91.0	3.0	96.0	cluster_2
29.0	3.0	100.0	3.0	92.0	3.0	91.0	cluster_2
30.0	3.0	91.0	4.0	93.0	3.0	93.0	cluster_2
31.0	3.0	97.0	3.0	95.0	3.0	93.0	cluster_2
.....
....
.....
233.0	3.0	85.0	4.0	100.0	3.0	95.0	cluster_2
245.0	3.0	100.0	3.0	91.0	3.0	99.0	cluster_2
247.0	3.0	92.0	3.0	91.0	3.0	97.0	cluster_2
248.0	3.0	88.0	0.0	93.0	3.0	97.0	cluster_2
252.0	4.0	93.0	0.0	90.0	3.0	99.0	cluster_2
257.0	3.0	95.0	3.0	90.0	3.0	96.0	cluster_2

Cluster 2 menonjol dengan kinerja akademik yang sangat baik, ditandai dengan rata-rata Indeks Prestasi Semester (IPS) yang tinggi, mencapai sekitar 3.57. Para mahasiswa dalam cluster ini juga menunjukkan komitmen yang solid terhadap kehadiran di kelas, dengan rata-rata persentase presensi sekitar 93.12%. Dengan nilai IPS tertinggi di antara cluster lainnya, cluster ini mungkin terdiri dari mahasiswa yang sangat berdedikasi dan berkinerja tinggi dalam hal pencapaian akademik. Tingkat kehadiran yang tinggi juga menunjukkan bahwa mereka secara konsisten menghadiri kelas dan terlibat dalam proses pembelajaran. Kemungkinan besar, mahasiswa dalam cluster ini adalah contoh yang baik dalam menggabungkan kinerja akademik yang unggul dengan keterlibatan aktif dalam lingkungan akademik mereka.

Evaluasi performa *cluster* mengindikasikan bahwa hasil clustering menunjukkan beberapa temuan penting berdasarkan analisis *cluster* yang telah dilakukan, *Cluster 2* menonjol sebagai kelompok dengan kinerja akademik paling baik di antara ketiganya. Mereka memiliki nilai rata-rata Indeks Prestasi Semester (IPS) tertinggi sekitar 3.57 dan persentase presensi yang cukup tinggi sekitar 93.12%. Ini mengindikasikan bahwa mahasiswa dalam *Cluster 2* secara konsisten mencapai tingkat prestasi yang lebih tinggi dalam studi mereka dibandingkan dengan dua cluster lainnya.

Sementara *Cluster 0* dan *Cluster 1* juga menunjukkan kinerja akademik yang baik dengan nilai rata-rata IPS sekitar 3.36 dan 3.34 secara berturut-turut, serta persentase presensi yang tinggi di atas 92%. Meskipun demikian, mereka sedikit tertinggal dari *Cluster 2* dalam hal pencapaian akademik. Dari yang paling baik hingga yang kurang baik, urutan *cluster* adalah *Cluster 2*, *Cluster 0*, dan *Cluster 1*. Analisis ini memberikan wawasan tentang perbedaan kinerja akademik antara kelompok mahasiswa dan dapat menjadi dasar untuk pengembangan strategi yang lebih baik dalam meningkatkan pencapaian akademik secara keseluruhan. Hasil

klasterisasi data mahasiswa yang digunakan pada penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Gambaran Hasil Klusterisasi

Berdasarkan hasil analisis *cluster*, terdapat tiga *cluster* dengan performa akademik yang berbeda. *Cluster 2* menunjukkan performa akademik yang paling tinggi, dengan nilai rata-rata IPS tertinggi (3.57) dan persentase presensi yang tinggi (93.12%). Mahasiswa di *Cluster 0* juga memiliki performa akademik baik meskipun sedikit tertinggal dari *Cluster 2*, dengan nilai rata-rata IPS sebesar 3.36 dan persentase presensi yang tinggi (92.43%). Sedangkan mahasiswa di *Cluster 1* memiliki performa akademik cukup baik, meskipun sedikit tertinggal dari *Cluster 0*, dengan nilai rata-rata IPS sebesar 3.34 dan persentase presensi sebesar 92.87%. Secara keseluruhan, berdasarkan urutan performa, *Cluster 2* menunjukkan performa akademik terbaik, diikuti oleh *Cluster 0*, dan terakhir *Cluster 1*. Gambar 3 menunjukkan distribusi data mahasiswa di tiap *cluster*.

PENUTUP

Penerapan algoritma *K-Means*, dikombinasikan dengan metode *Elbow*, terbukti efektif dalam melakukan segmentasi kinerja akademik mahasiswa menjadi tiga *cluster* yang berbeda. Hasil ini dapat digunakan oleh institusi untuk mengembangkan strategi akademik yang lebih terarah dan intervensi yang lebih tepat sasaran untuk meningkatkan hasil kinerja mahasiswa.

Berdasarkan identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian dan hipotesis dapat disimpulkan bahwa penelitian ini memberikan jumlah *cluster* terbaik menjadi 3 *cluster*, dan pada saat penerapan metode *K-Means* dihasilkan data dari jumlah mahasiswa sebanyak 260 mahasiswa, terdapat 3 *cluster* yaitu pada *cluster 0* sebanyak 77 mahasiswa, *cluster 1* sebanyak 96 mahasiswa, dan *cluster 2* sebanyak 87 mahasiswa, dengan hasil *cluster* ini berguna bagi program untuk menganalisis kinerja akademik mahasiswa berdasarkan *cluster* yang terbentuk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Norshahlan, H. Jaya, and R. Kustini, "Penerapan Metode Clustering Dengan Algoritma K-means Pada Pengelompokan Data Calon Siswa Baru," *J. Sist. Inf. Triguna Dharma (JURSI TGD)*, vol. 2, no. 6, p. 1042, 2023, doi: 10.53513/jursi.v2i6.9148.
- [2] F. A. Syam, "Implementasi Metode Klustering K-Means untuk

- Mengelompokan Hasil Evaluasi Mahasiswa," *J. Ilmu Komput. dan Bisnis*, vol. 8, no. 1, pp. 1857–1864, 2020, doi: 10.47927/jikb.v8i1.94.
- [3] B. J. M. Putra and D. A. F. Yuniarti, "Analisis Hasil Belajar Mahasiswa Dengan Clustering Menggunakan Metode K-Means," *Poros Tek.*, vol. 12, no. 2, pp. 49–58, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.poliban.ac.id/index.php/porosteknik/article/view/927>
- [4] M. M. K-means and R. Ishak, "Clustering Prestasi Akademik Lulusan," vol. 6, 2024.
- [5] B. Sutara, F. Vulture, and R. Novianti, "Application of K-Means algorithm with CRISP-DM method in student data analysis as a support for promotion strategy," *Side Sci. Dev. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2024.
- [6] A. S. Painem, Hari Soetanto, "Analisis Keberhasilan Studi Awal Mahasiswa Menggunakan Klasterisasi K-Means," 2023.
- [7] Y. E. Fadrial, "Klasterisasi Hasil Evaluasi Akademik Menggunakan Metode K-Means (Studi Kasus Fakultas Ilmu Komputer Unilak)," *Prosiding-Seminar Nas. Teknol. Inf. Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 53–65, 2020.
- [8] I. Ahmad, S. Samsugi, and Y. Irawan, "Implementasi Data Mining Sebagai Pengolahan Data," *J. Teknoinfo*, vol. 16, no. 1, p. 46, 2022, [Online]. Available: <http://portaldata.org/index.php/portaldata/article/view/107>
- [9] A. G. Shaaban, M. H. Khafagy, M. A. Elmasry, H. El-Beih, and M. H. Ibrahim, "Knowledge discovery in manufacturing datasets using data mining techniques to improve business performance," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 26, no. 3, pp. 1736–1746, 2022, doi: 10.11591/ijeecs.v26.i3.pp1736-1746.
- [10] Haris Kurniawan, Sarjon Defit, and Sumijan, "Data Mining Menggunakan Metode K-Means Clustering Untuk Menentukan Besaran Uang Kuliah Tunggal," *J. Appl. Comput. Sci. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 80–89, Dec. 2020, doi: 10.52158/jacost.v1i2.102.
- [11] M. D. Chandra, E. Irawan, I. S. Saragih, A. P. Windarto, and D. Suhendro, "Penerapan Algoritma K-Means dalam Mengelompokkan Balita yang Mengalami Gizi Buruk Menurut Provinsi," *BIOS J. Teknol. Inf. dan Rekayasa Komput.*, vol. 2, no. 1, pp. 30–38, 2021, doi: 10.37148/bios.v2i1.19.
- [12] A. Al Fahrozi, F. Insani, E. Budianita, and I. Afrianty, "Implementasi Algoritma K-Means dalam Menentukan Clustering pada Penilaian Kepuasan Pelanggan di Badan Pelatihan KesehatanPekanbaru," vol. 1, pp. 474–492, 2023.
- [13] D. E. Wiyono, "Pengelompokan Mahasiswa Berdasarkan Pencapaian Prestasi Belajar dari Mata Kuliah yang Ditempuh Berbasis Web dengan K-Means Clustering," *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 69–77, 2021, doi: 10.20895/jtece.v2i2.137.
- [14] Z. Zulham and B. S. Hasugian, "Pengelompokan Siswa Dalam Menentukan Penerima Beasiswa Berdasarkan Prestasi Akademik Dengan Algoritma K-Means," *War. Dharmawangsa*, vol. 16, no. 3, pp. 231–241, 2022, doi: 10.46576/wdw.v16i3.2220.