

PENERAPAN K-MEANS DENGAN EVALUASI DAVIES-BOULDIN INDEX UNTUK PENGELOMPOKAN KELAS UNGGULAN SMP WIJAYA SUKODONO

Oleh:

Feny Anggraeny

Ade Eviyanti

Program Studi Informatika

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Januari, 2025

Pendahuluan

Pendidikan memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas sumber daya manusia. SMP Wijaya Sukodono memanfaatkan data akademik siswa sebagai dasar untuk mendukung peningkatan mutu pembelajaran. Namun, pengelompokan siswa secara manual sering kali tidak efisien dan rentan terhadap bias.

Untuk mengatasi tantangan tersebut, penelitian ini menerapkan algoritma K-Means Clustering untuk mengelompokkan siswa berdasarkan performa akademik mereka. Evaluasi hasil clustering dilakukan menggunakan Davies-Bouldin Index (DBI), yang memastikan pemisahan antar-klaster yang optimal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan siswa ke dalam Kelas Unggulan dan Reguler serta memberikan dasar pengambilan keputusan strategis bagi sekolah dalam merancang program pembelajaran yang lebih efektif.



Pertanyaan Penelitian (Rumusan Masalah)

Dari latar belakang yang dikemukakan di atas, maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana penerapan algoritma K-Means Clustering dapat digunakan untuk mengelompokkan siswa SMP Wijaya Sukodono berdasarkan nilai akademik mereka, seberapa efektif pengelompokan tersebut jika diukur menggunakan Davies-Bouldin Index (DBI), serta bagaimana hasil pengelompokan siswa ini dapat dimanfaatkan sebagai dasar untuk merancang program pembelajaran yang lebih efektif di sekolah tersebut.

Metode

1. Pengumpulan Data

- Data akademik siswa diambil dari nilai rapor 576 siswa SMP Wijaya Sukodono.
- Studi literatur dilakukan untuk mendukung analisis.

2. Pemrosesan Data

- Seleksi atribut penting (nilai rapor).
- Normalisasi data menggunakan MinMaxScaler.

3. Implementasi K-Means Clustering

- Penentuan 2 klaster: Kelas Unggulan dan Kelas Reguler.
- Evaluasi kualitas klaster menggunakan Davies-Bouldin Index (DBI).

4. Visualisasi dan Analisis

- Hasil clustering divisualisasikan menggunakan scatter plot.
- Analisis tambahan menggunakan silhouette score.



Hasil

- Sampel Dataset

Data yang diperoleh dari SMP Wijaya Sukodono merupakan nilai rapor siswa yang berjumlah 576 siswa yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

NO.URUT	NAMA	JK	NILAI MATA PELAJARAN NASIONAL																									
			AGAMA		PPKN		BIN		MAT		IPA		IPS		ING		SENIBUDAYA		PJOK		PRAKARYA		JAVA		BTQ		TIK	
			P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K		
1	Adam Surya Adlythina	L	83	83	90	90	68	68	76	80	90	92	85	86	88	88	86	86	76	90	93	93	83	83	85	86	86	
2	Ahmad Rizki Andreas Setyaria	L	78	79	82	83	78	78	73	80	82	82	79	80	79	79	84	84	78	80	85	85	80	82	78	78	80	
3	Andi Apriliani Putri	P	90	92	90	90	90	90	92	93	90	90	92	93	90	90	92	93	92	90	92	90	92	90	92	90	92	
4	Cheloes Sofina Sabtil Ully's	P	81	83	90	90	80	82	80	80	84	84	85	88	82	84	84	84	78	90	85	85	87	85	85	80	80	
5	Chintya Putri Novitasari	P	80	83	90	85	82	82	80	80	82	86	88	76	80	84	86	75	90	90	90	82	83	80	80	80	79	
6	Christianto Jellow Dji	P	80	80	80	83	78	80	77	78	81	83	84	85	78	80	84	86	87	90	87	87	83	83	83	80	80	
7	Devi Alzagsita Rahma	P	78	80	76	82	80	80	76	80	84	84	83	84	79	80	84	84	80	90	80	80	82	86	86	80	80	
8	Dian Erfilianto	L	80	80	80	83	80	80	73	80	78	81	79	79	80	78	78	75	90	79	79	79	80	80	80	80		
9	Evrynda Addina Priyanto	P	78	80	80	85	73	73	78	78	75	75	85	85	86	86	78	78	79	90	85	85	82	83	85	86	80	
10	Fhyto Moshendra Aryadinita	L	94	95	96	94	96	95	97	96	94	95	95	94	95	96	94	95	95	96	95	94	96	93	93	94	95	
11	Hendra Susanto	L	83	85	85	83	84	84	78	79	80	80	81	80	80	80	84	83	87	83	85	85	85	83	85	85	82	
12	Hengki Candrawinata	L	82	83	85	84	84	85	83	84	85	84	83	84	84	80	80	80	80	80	80	80	82	86	86	80	80	
13	Irfan Ardiansyah Putra	L	80	80	85	85	80	82	80	80	80	80	85	88	82	84	85	86	78	90	85	85	87	86	85	80	80	
14	Istiqomah	P	87	87	80	85	84	84	88	78	80	86	88	75	90	90	90	85	85	84	86	85	84	80	80	80	80	
15	Keyisia Annelyce Sugifridyanto	P	83	83	83	83	84	90	95	90	92	90	93	88	90	90	93	86	88	76	90	90	89	93	80	90	89	
16	Marcel Satria Pratama Muhammed Nico Mulyono	L	78	80	90	85	79	80	80	83	83	84	78	78	82	84	80	90	95	78	78	80	80	81	81	81	81	
17	Muhammad Zende Adilio Firdaus	L	76	77	83	82	78	78	79	80	80	80	83	85	77	77	80	80	80	90	75	75	79	83	83	80	80	
18	Nadia Fijiprillia Kartinicyahnu	P	80	82	90	90	90	90	78	80	80	80	88	88	85	86	80	80	80	78	85	87	85	85	80	80		
19	Nails Bilqis Syifa'yah	P	82	85	84	85	85	83	84	84	85	84	85	80	82	85	90	90	85	85	85	84	83	85	84	83	85	
20	Oktavian Ricky Soltan Saputra	L	87	89	90	90	89	92	92	75	76	80	80	85	80	80	88	88	80	90	90	90	83	83	86	86	89	
21	Redo Duccatino Bzuni	L	78	78	80	79	78	79	77	80	78	82	82	83	76	76	78	80	75	90	80	80	77	77	80	80	80	
22	Rendy Armadana Jafareno	L	85	85	85	87	84	85	83	84	90	90	85	85	85	84	83	85	85	82	83	87	84	90	90	85	85	
23	Revandy Choirul Ramadhan	L	84	85	84	85	85	85	82	84	90	90	85	83	82	82	82	83	82	82	83	85	84	85	85	85	85	
24	Rhevaldeo Putra Arheansyah	L	86	86	79	80	82	82	85	87	82	84	82	84	78	80	78	80	75	90	85	87	82	83	80	78	80	
25	Vito Widyandhana Putra	L	93	92	94	93	94	92	94	92	94	95	94	93	94	95	93	94	92	94	92	94	94	94	94	94	92	
26	Villo Dwi Novansa	L	85	85	85	85	85	85	85	85	85	84	84	85	86	84	85	85	85	90	90	84	84	85	85	85	85	
27	Rasyha Octavia Ramadhan	L	85	85	90	85	85	85	85	84	86	85	87	85	86	88	85	85	90	90	84	85	84	85	85	85	85	
28	Moch. Dzaky Rafif Maulana	L	77	78	86	90	80	80	92	90	75	75	79	79	86	82	82	82	80	90	95	83	84	85	85	77	77	
29	Setiawan Jaya Nugraha	L	92	94	93	95	94	92	93	94	92	93	95	93	94	95	93	95	93	96	92	93	95	94	94	92	93	96
30	Ahmad Zaki Aprilianto	L	81	81	83	85	85	86	87	87	68	68	82	82	84	85	82	84	88	88	85	85	86	87	87	89	90	
31	Aliah Rizki Rahma Dhani	P	79	80	76	76	77	78	76	76	79	80	77	77	76	76	76	76	76	90	78	80	80	78	80	80	80	
32	Anastasya Elsie Wijaya	P	80	80	80	83	79	77	76	76	75	82	78	78	76	76	78	76	75	80	80	80	80	80	80	76	76	
33	Andikta Nanda Oktavianio	L	83	85	85	84	82	84	80	82	82	84	85	81	80	80	84	83	84	85	85	84	84	85	85	84	84	
34	Ayrica Juna Anggraini	P	77	79	84	84	79	80	81	81	83	84	79	79	82	82	80	90	75	75	82	83	80	80	80	80	80	
35	Amira Kurni Kristiantini	P	86	86	90	88	86	86	84	85	85	85	85	84	85	85	85	85	90	90	85	85	85	85	87	86	86	

P = Prestasi
K = Keterampilan

Hasil

- Seleksi Data

Setelah seluruh data berhasil dikumpulkan, langkah berikutnya adalah melakukan seleksi atribut yang akan digunakan dalam penerapan algoritma K-Means. Fitur ini berfungsi untuk menyaring atribut data yang relevan dan dibutuhkan untuk proses perhitungan lebih lanjut. Berikut ini adalah tahapan seleksi atribut dari datasheet nilai raport SMP Wijaya Sukodono.



```
df = pd.read_csv('/content/hasil_rata_rata.csv')
df
```

	NO.URUT	NAMA	JK	AGAMA_P	AGAMA_K	PPKKN_P	PPKKN_K	BIN_P	BIN_K	MAT_P	...	PRAKARYA_P	PRAKARYA_K	JAWA_P	JAWA_K	BTQ_P	BTQ_K	TIK_P	TIK_K	Rata-rata Prestasi	Rata-rata Keterampilan
0	1	Adam Surya Adlythina	L	83	83	90.0	90	88	88.0	78	...	93.0	93.0	83.0	83.0	83.0	85.0	86.0	86.0	85.307692	86.923077
1	2	Ahmad Raka Andreas Setyaria	L	78	79	82.0	83	78	78.0	79	...	85.0	85.0	80.0	82.0	78.0	78.0	80.0	80.0	80.153846	81.538462
2	3	Andi Apriliani Putri	P	90	92	90.0	90	90	92.0	93	...	90.0	92.0	90.0	92.0	0.0	0.0	90.0	92.0	83.692308	84.615385
3	4	Chelsea Safina Sabilul Ul'ya	P	81	83	90.0	90	80	82.0	80	...	85.0	85.0	85.0	87.0	85.0	85.0	80.0	80.0	83.000000	84.769231
4	5	Chintya Putri Novitasari	P	80	83	90.0	85	82	82.0	80	...	90.0	90.0	82.0	83.0	80.0	80.0	80.0	79.0	81.923077	83.692308
...	
571	572	David Peratama	L	90	92	90.0	90	93	93.0	92	...	87.0	90.0	88.0	89.0	90.0	89.0	90.0	90.0	90.153846	91.538462
572	573	Vernando	L	80	80	88.0	90	80	80.0	80	...	79.0	79.0	80.0	80.0	80.0	80.0	83.0	83.0	82.153846	82.538462
573	574	Mustafidah Dwi Agustina	P	77	79	77.0	76	75	75.0	75	...	75.0	75.0	79.0	79.0	75.0	75.0	84.0	87.0	77.076923	77.461538
574	575	Devina Putri Cahyani	P	80	80	85.0	85	80	82.0	80	...	85.0	85.0	85.0	87.0	85.0	85.0	80.0	80.0	82.538462	84.153846
575	576	Fera Yolanda	P	80	80	88.0	90	85	85.0	80	...	85.0	85.0	78.0	78.0	84.0	84.0	83.0	83.0	82.692308	84.153846

Hasil

- Processing Data

Setelah tahap seleksi data nilai selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah proses processing data dari hasil seleksi sebelumnya. Proses ini bertujuan untuk membersihkan data dari komponen yang tidak diperlukan. Berikut ini adalah tahapan processing pada datasheet nilai raport SMP Wijaya Sukodono.

```
[8] df = df[['NO.URUT', 'NAMA', 'Rata-rata Prestasi', 'Rata-rata Keterampilan']]  
df.head(4)
```

	NO.URUT	NAMA	Rata-rata Prestasi	Rata-rata Keterampilan
0	1	Adam Surya Adlythina	85.307692	86.923077
1	2	Ahmad Raka Andreas Setyaria	80.153846	81.538462
2	3	Andi Apriliani Putri	83.692308	84.615385
3	4	Chelsea Safina Sabilal Ul'ya	83.000000	84.769231

Langkah berikutnya:

[Buat kode dengan df](#)

[Lihat plot yang direkomendasikan](#)

[New interactive sheet](#)

Hasil

- Transformasi Data

Setelah proses processing data selesai, langkah berikutnya adalah melakukan transformasi data pada hasil tahapan sebelumnya. Transformasi data adalah langkah penting dalam proses analisis, di mana data diubah menjadi format yang sesuai atau tepat untuk diolah. Berikut ini adalah tahapan transformasi data pada datasheet nilai raport SMP Wijaya Sukodono.

```
▶ from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler  
  
scaler = MinMaxScaler()  
x_train = scaler.fit_transform(x_train)  
  
▶ x_train  
→ array([[0.59784367, 0.57682491],  
       [0.56172507, 0.54109239],  
       [0.58652291, 0.56151097],  
       ...,  
       [0.54016173, 0.51403777],  
       [0.57843666, 0.55844819],  
       [0.57951482, 0.55844819]])
```



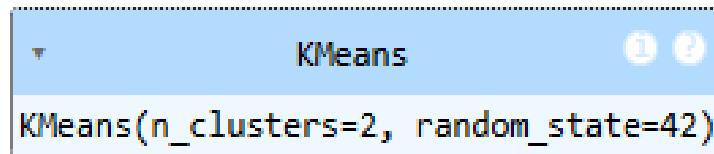
Hasil

- K-Means Clustering

Setelah tahap transformasi data selesai, langkah selanjutnya adalah menerapkan proses K-Means Clustering pada hasil transformasi tersebut. Tujuan dari tahap ini adalah mengelompokkan data ke dalam cluster berdasarkan kesamaan nilai atribut yang telah dipilih, sesuai dengan tujuan analisis yang diinginkan. Berikut ini adalah tahapan K-Means Clustering pada datasheet nilai raport SMP Wijaya Sukodono.

```
from sklearn.cluster import KMeans

kmeans = KMeans(n_clusters=2, random_state=42)
kmeans.fit(x_train)
```



menentukan titik centroid dari masing-masing kluster yang terbentuk dari K-Means Clustering. Centroid merupakan titik pusat setiap kluster, yang dihitung berdasarkan rata-rata posisi data dalam cluster tersebut

```
#menentukan titik centorid
kmeans.cluster_centers_
```

```
array([[ 0.59047159,  0.56259561],
       [ 0.41738177,  0.35853636]])
```



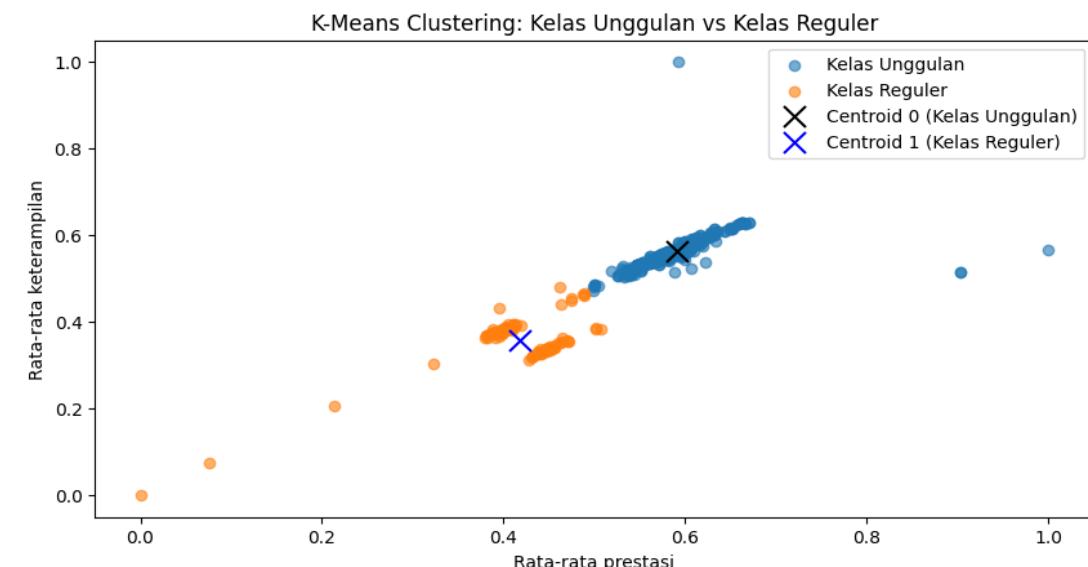
Pembahasan

- Hasil Clustering

Algoritma K-Means digunakan untuk melakukan clustering dengan konfigurasi dua klaster yaitu Kelas Unggulan dan Kelas Reguler. Data yang digunakan mencakup 576 siswa dari SMP Wijaya Sukodono. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas, tabel berikut menyajikan distribusi jumlah siswa berdasarkan hasil pengelompokan dalam setiap klaster:

Cluster	Jumlah
0 (Unggulan)	488
1 (Reguler)	88

Visualisasi hasil clustering ditampilkan dalam grafik scatter plot, di mana setiap klaster diwakili oleh warna berbeda, dan centroid ditunjukkan dengan simbol khusus. Analisis ini menunjukkan bahwa mayoritas siswa tergolong dalam Kelas Unggulan.



Pembahasan

- Evaluasi Kualitas Clustering

Evaluasi DBI menunjukkan nilai 0,337 untuk konfigurasi dua klaster, yang merupakan nilai terbaik dibandingkan konfigurasi klaster lainnya. Nilai DBI yang rendah menunjukkan bahwa pemisahan antar-klaster sudah optimal dengan tingkat kompaksi yang tinggi.

Jumlah Cluster	DBI
2	0.337075975
3	0.623500165
4	0.560577797
5	0.471238263

Sebagai evaluasi tambahan, silhouette score digunakan untuk memastikan tingkat pemisahan antar-klaster. Nilai silhouette score untuk konfigurasi dua klaster adalah 0,802, yang menunjukkan bahwa anggota klaster memiliki tingkat kedekatan tinggi dengan klasternya masing-masing dan cukup terpisah dari klaster lain.

Jumlah Cluster	Silhouette Score
2	0,802
3	0,501
4	0,510
5	0,530

Pembahasan

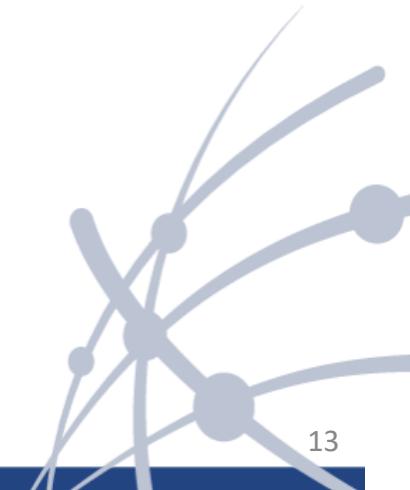
- Perbandingan dengan Algoritma Lain

Sebagai langkah pengembangan, algoritma DBSCAN dan hierarchical clustering diuji pada dataset yang sama. Hasil menunjukkan bahwa K-Means menunjukkan performa terbaik dengan nilai Silhouette Score tertinggi (0,802) yang menjadikannya algoritma paling cocok untuk penelitian ini karena menghasilkan klasterisasi dengan pemisahan yang jelas dan homogenitas tinggi, sementara DBSCAN unggul dalam DBI terendah (0,162), dan Hierarchical Clustering memberikan hasil yang seimbang, namun tidak unggul di kedua metrik, seperti yang dirangkum di bawah ini:

Algoritma	DBI	Silhouette Score
K-Means	0.337	0.802
DBSCAN	0.162	0.790
Hierarchical	0.321	0.801

Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi pengelompokan siswa secara objektif menggunakan algoritma K-Means, mendukung pengambilan keputusan berbasis data, seperti program percepatan untuk Kelas Unggulan dan remedial untuk Kelas Reguler. Selain itu, hasil penelitian membantu optimalisasi sumber daya sekolah, menyediakan kerangka evaluasi clustering yang dapat diterapkan di konteks lain, serta memberikan dasar untuk strategi pembelajaran yang inklusif. Penelitian ini juga membuka peluang eksplorasi variabel non-akademik dan algoritma lain untuk hasil yang lebih komprehensif.



Referensi

- [1] N. D. Rahayu, A. H. Anshor, I. Afriantoro, and A. Halim Anshor, "Penerapan Data Mining untuk Pemetaan Siswa Berprestasi menggunakan Metode Clustering K-Means Oleh: Penerapan Data Mining untuk Pemetaan Siswa Berprestasi menggunakan Metode Clustering K-Means," JUKI: Jurnal Komputer dan Informatika, vol. 6, 2024.
- [2] H. Afif and M. Arif, "Jurnal Teknik Informatika dan Desain Komunikasi Visual Penerapan Data Mining Untuk Pengelompokan Kelas Siswa Unggulan Berdasarkan Nilai Raport Menggunakan Metode K-Means Clustering (Studi Kasus: SMK Muhammadiyah 3 Weléri)," Universitas Selamat Sri, vol. 1, no. 2, 2022.
- [3] A. Yudhistira and R. Andika, "Pengelompokan Data Nilai Siswa Menggunakan Metode K-Means Clustering," Journal of Artificial Intelligence and Technology Information (JAITI), vol. 1, no. 1, pp. 20–28, Feb. 2023, doi: 10.58602/jaiti.v1i1.22.
- [4] E. Desi, S. Aliyah, S. Lestari, and W. Dari, "Implementasi Algoritma K-Means Untuk Penerimaan Siswa Baru Di SMANPAS Berdasarkan Nilai Rapot dan Hasil Tes," IT (INFORMATIC TECHNIQUE) JOURNAL, vol. 10, no. 1, p. 01, Apr. 2022, doi: 10.22303/it.10.1.2022.01-10.
- [5] D. A. Manalu and G. Gunadi, "IMPLEMENTASI METODE DATA MINING K-MEANS CLUSTERING TERHADAP DATA PEMBAYARAN TRANSAKSI MENGGUNAKAN BAHASA PEMROGRAMAN PYTHON PADA CV DIGITAL DIMENSI," Infotech: Journal of Technology Information, vol. 8, no. 1, pp. 43–54, Jun. 2022, doi: 10.37365/jti.v8i1.131.
- [6] S. Widaningsih and S. Yusuf, "Penerapan Data Mining Untuk Memprediksi Siswa Berprestasi Dengan Menggunakan Algoritma K Nearest Neighbor," Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi, vol. 9, no. 3, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.mdp.ac.id>
- [7] N. F. Hilmi and F. Irwiensyah, "Analisis Sentimen Terhadap Aplikasi Tiktok Dari Ulasan Pada Google Playstore Menggunakan Metode Naïve Bayes," SMATIKA JURNAL, vol. 14, no. 01, pp. 146–156, Jul. 2024, doi: 10.32664/smatika.v14i01.1210.
- [8] I. T. Umagapi, B. Umaternate, S. Komputer, P. Pasca Sarjana Universitas Handayani, B. Kepegawaian Daerah Kabupaten Pulau Morotai, and B. Riset dan Inovasi, "Uji Kinerja K-Means Clustering Menggunakan Davies-Bouldin Index Pada Pengelompokan Data Prestasi Siswa."
- [9] S. Haviyola and M. Jajuli, "PENGELOMPOKAN PRESTASI SISWA GUNA KUALIFIKASI BEASISWA BERDASARKAN DATA NILAI MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS."
- [10] M. Aqshal Al Fachrizy and Hendri, "Klasifikasi Pencari Kerja pada Disnaker Menggunakan Metode K-Means Clustering," Bulletin of Computer Science Research, vol. 4, no. 2, pp. 196–206, Feb. 2024, doi: 10.47065/bulletincsr.v4i2.334.



Referensi

[11] M. Alexander Justin Audison Sibarani, I. Gede Susrama Mas Diyasa, P. Studi Sains Data, F. Ilmu Komputer, and U. Pembangunan, "PENGGUNAAN K-MEANS DAN HIERARCHICAL CLUSTERING SINGLE LINKAGE DALAM PENGELOMPOKKAN STOK OBAT," vol. 5, no. 2, 2024, doi: 10.46306/lb.v5i2.

[12] W. Kokoh Andriyan, D. Palembang, J. A. Jenderal Yani No, and P. Sumatera Selatan, "Penerapan Data Mining Dengan Menggunakan Metode K-Means Clustering Dalam Pengelompokan Data Nilai Pada SMA YKPP PENDOPO Untuk Menentukan Jurusan Ipa Dan Ips," 2023.

[13] B. Kristanto, A. T. Zy, and M. Fatchan, "Analisis Penentuan Karyawan Tetap Dengan Algoritma K-Means Dan Davies Bouldin Index," Bulletin of Information Technology (BIT), vol. 4, no. 1, pp. 112–120, 2023, doi: 10.47065/bit.v3i1.

[14] A. Kristianto, "Implementasi DBSCAN dalam Clustering Data Minat Mahasiswa Setelah Pandemi Covid19," 2022.

[15] G. Triyandana, L. A. Putri, and Y. Umaidah, "Penerapan Data Mining Pengelompokan Menu Makanan dan Minuman Berdasarkan Tingkat Penjualan Menggunakan Metode K-Means," 2022. [Online]. Available: <http://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JAIC>

[16] N. Hendrastuty, "Penerapan Data Mining Menggunakan Algoritma K-Means Clustering Dalam Evaluasi Hasil Pembelajaran Siswa," 2024, doi: 10.58602/jima-ilkom.v3i1.26.

[17] F. Yunita, "PENERAPAN DATA MINING MENGGUNKAN ALGORITMA K-MEANS CLUSTRING PADA PENERIMAAN MAHASISWA BARU (STUDI KASUS : UNIVERSITAS ISLAM INDRAGIRI)," 2018.

[18] R. Ishak, "Volume 5 Nomor 2 Juli 2023 Penerapan Algoritma XGBoost untuk Seleksi Atribut pada K-Means dalam Clustering Penerima KIP Kuliah," Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering, vol. 192.

[19] Y. Hasan, "PENGUKURAN SILHOUETTE SCORE DAN DAVIES-BOULDIN INDEX PADA HASIL CLUSTER K-MEANS DAN DBSCAN," Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, vol. 12, no. 3S1, Oct. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3S1.5001.

[20] S. Mutiah, Y. Hasnataeni, A. Fitrianto, E. Erfiani, and L. M. R. D. Jumansyah, "Perbandingan Metode Klastering K-Means dan DBSCAN dalam Identifikasi Kelompok Rumah Tangga Berdasarkan Fasilitas Sosial Ekonomi di Jawa Barat," Teorema: Teori dan Riset Matematika, vol. 9, no. 2, p. 247, Sep. 2024, doi: 10.25157/teorema.v9i2.16290.

