



Implementasi K-Means dan K-Nearest Neighbors pada Kategori Siswa Berprestasi

Tyas Widiyanti[✉], Shofa Shofiah Hilabi, Agustia Hananto, Tukino, Elfina Novalia

Universitas Buana Perjuangan Karawang, Indonesia

si19.tyaswidiyanti@mhs.ubpkarawang.ac.id

Abstrak

Penelitian ini menggunakan metode *K-Means* dan K-NN untuk menentukan siswa berprestasi serta mengelompokan data menjadi suatu kumpulan data sehingga memperoleh cara menentukan tingkatan siswa berprestasi dengan kategori rendah, cukup, dan tinggi. Setelah menentukan kategori maka bisa dilakukan konsentrasi bimbingan belajar untuk kelas XII khususnya untuk siswa dan siswi yang tedapat pada kategori rendah diharapkan bisa diperhatikan secara khusus guna menciptakan lulusan terbaik di Smkn 3 Karawang. Teknik pengolahan data pada penelitian ini menggunakan perhitungan komputerisasi *K-Means* dan K-NN yang diterapkan pada aplikasi orange. Tahapan pada pengolahan data ini menyiapkan data nilai siswa kemudian melakukan prepossessing data untuk menghilangkan outlier-nya dan menormalisasikan data menggunakan *tools data mining orange* akademik siswa TBSM kelas XII dengan metode *K-means* dan K-NN dari hasil *clustering* dapat mengetahui tingkat pegelempokan prestasi siswa dan siswi Smkn 3 Karawang pada tahapan selanjutnya menggunakan metode K-NN untuk memprediksi hasil yang lebih baik, dengan metode perhitungan K-NN ini menggunakan dataset K-Means sehingga didapat nilai akurasi yang baik dengan nilai AUC 1.000, Nilai CA 1.000, Nilai F1 1.000, Nilai Precision 1.000 dan Recall 1.000 . Nilai akurasi ini selaku nilai terbaik menggunakan tata cara lain buat membandingkan hasil keakuratan perhitungan

Kata kunci: Clustering, K-Means, K-NN, Kategori, Prestasi Siswa.

JIDT is licensed under a Creative Commons 4.0 International License.



1. Pendahuluan

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) jenjang pendidikan yang dapat ditempuh oleh siswa dan siswa yang sudah menuntaskan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama (SMP). Lulusan SMK dapat bekerja dengan baik serta mandiri sebab memiliki keahlian serta kemampuan yang sudah dipelajari selama duduk dibangku SMK sehingga lulusan SMK dapat menciptakan lulusan yang siap kerja dan bisa juga melanjutkan ke jenjang pendidikan selanjutnya [1] .

Smkn 3 Karawang salah satu satuan pendidikan dengan jenjang SMK di Kondangjaya, Kec.Karawang Timur, Kab.Karawang, Jawa Barat. Smkn3 Karawang memiliki beberapa bidang keahlian diantaranya Teknik dan Bisnis Sepeda Motor, Teknik Komputer Jaringan, Teknik Audio Video, Akuntansi dan Keuangan Lembaga Otomatisasi dan Tata Kelola Perkantoran.

Prestasi siswa sebagai tolak ukur pengetahuan siswa dari Pendidikan[2]. Yang telah ditempuh melalui nilai dan penguasaan siswa pada pembelajaran yang telah ditentukan melalui nilai atau angka yang telah diberikan oleh guru [3] .

Prestasi siswa sangat penting untuk diperhatikan khususnya yang sedang duduk dibangku kelas XII karena berguna untuk menciptakan lulusan yang berkualitas sesuai dengan visi misi SMKN 3 Karawang Visi “Terwujudnya SMK Negeri 3 Karawang yang unggul, untuk membentuk sumber daya manusia yang beriman dan bertakwa, profesional, berprestasi, berjiwa wirausaha serta berwawasan lingkungan”. Misi Menanamkan pembiasaan keagamaan untuk meningkatkan keimanan dan ketakwaan kepada Tuhan yang Maha Esa. Mengembangkan bidang ilmu pengetahuan dan teknologi berdasarkan perkembangan zaman. Mengoptimalkan proses belajar dan bimbingan peserta didik. Membentuk lingkungan belajar yang berkarakter dan berbudaya lokal. Menyelenggarakan sekolah adiwiyata. Menumbuhkan kemandirian siswa melalui kewirausahaan, pengembangan pribadi yang terencana dan berkelanjutan[4].

K-Means merupakan salah satu metode *clustering* non hirarki[5]. Yang berupaya mempartisipasi data yang ada dalam bentuk satu atau lebih cluster atau kelompok. *K-Means* merupakan peranan penting dalam berbagai bidang *K-Means Clustering*[6]. Bisa disebut juga dengan algoritma pengelompokan

Dalam penelitian ini menerapkan metode *K-Means* dan K-NN dalam menentukan prestasi siswa dan mengelompokan data menjadi sebuah kumpulan data [7]. Sehingga mendapatkan cara menentukan tingkat siswa berprestasi dengan kategori rendah, cukup, dan tinggi.

Setelah menentukan kategori maka bisa dilakukan konsentrasi bimbingan belajar untuk kelas XII khususnya untuk siswa dan siswi yang tedapat pada kategori rendah diharapkan bisa diperhatikan secara khusus guna menciptakan lulusan terbaik di Smkn 3 Karawang[8].

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini berjudul Implementasi *K-Means* dan K-NN pada Kategori Siswa Berprestasi. Untuk memperoleh berbagai informasi data yang diproses menjadi informasi data yang lebih akurat[9]. Sesuai dengan permasalahan yang akan diteliti, penelitian dilakukan menggunakan nilai akademik siswa Smkn 3 Karawang.

Penerapan metode *clustering* dengan metode *K-Means* sudah banyak digunakan oleh peneliti lain di karenakan metode ini sangat efektif dalam menentukan *cluster* sebuah data[10].

K-Nearest Neighbors (KNN) merupakan metode pengklasifikasian[11]. Dengan cara mencari jarak terdekat antara data yang akan dievaluasi dengan K tetangga (*neighbor*) terdekatnya dalam data [12].

2.1. Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Suhardi Rustam dan Haditsah Annur pada tahun 2019 mengenai Akademik Data Mining (ADM) *K-Means* K-NN Untuk Mengelompokan Kelas Mata Kuliah Konsentrasi Mahasiswa Semester Akhir[13]. Nilai akademik dalam bidang pendidikan berperan sangat penting dalam menghasilkan lulusan.

Selanjutnya di tahun 2021, Erdi Amos Saputra dan Yessica Nataliani melakukan penelitian mengenai Analisis Pengelompokan Data Nilai Siswa untuk Menentukan Siswa Berprestasi Menggunakan Metode Clustering K-means[14]. Tingginya prestasi siswa dan siswi minimnya angka siswa dan siswi yang tidak berprestasi mencerminkan keunggulan sektor pendidikan[15].

2.2. Subjek Penelitian

Subjek penelitian dilakukan oleh siswa dan siswi Smkn 3 Karawang. Penelitian ini dilakukan untuk menciptakan lulusan smkn 3 Karawang menjadi yang terbaik sehingga perlu dilakukan untuk pengelompokan siswa berprestasi dengan kategori rendah, cukup, dan tinggi [16].

2.3. Sumber Data

Sumber data untuk penelitian ini menggunakan sumber data sekunder, sumber data yang tidak memberikan secara langsung kepada pengumpul data melalui dokumen [17] .

2.4. Teknik Pengolahan Data

Teknik pengolahan data pada penelitian ini menggunakan perhitungan komputerisasi *K-Means* dan K-NN yang diterapkan menggunakan aplikasi *orange*. Tahapan pada pengolahan data ini menyiapkan data nilai siswa kemudian melakukan *prepossessing* data untuk menghilangkan *outlier*-nya dan menormalisasikan data menggunakan *tools data mining orange* [18].

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menggunakan *software orange* sebagai *tools* mengelola sampel data yang di dapat dari data nilai akademik siswa dan siswi Smkn 3 Karawang kelas XII tahun ajaran 2021/2022. Atribut yang digunakan sebagai variable terdiri dari Nis, Jenis Kelamin, dan Nilai Akademik. Dimana A1 : Pendidikan Agama dan Budi Pekerti, A2 : Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan, A3 : Bahasa Indonesia, A4 : Matematika, A6 : Bahasa Inggris, B2 : Pendidikan Jasmani, C3 : Bidang Keahlian seperti pada table 1.

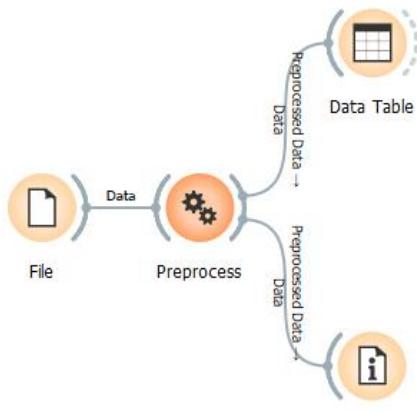
Tabel 1. Data Akademik Siswa TBSM

NIS	JK	A1	A2	A3	A4	A6	B2	C31
120006372	L	80	78	78	79	80	80	79
120006373	L	85	78	78	78	76	80	77
120006374	L	77	78	79	76	76	83	77
120006375	L	86	78	80	85	86	80	80
120006376	L	77	78	78	80	84	80	82
120006413	L	79	79	78	79	83	80	85
120006415	L	82	85	78	79	80	81	79
120006416	L	79	85	80	80	76	80	79
120006417	L	80	79	78	85	83	80	79

120006418	L	88	79	85	80	80	80	82
120006419	L	79	85	78	77	78	81	78
120006420	L	80	78	79	79	78	80	78
120006421	L	86	83	85	83	81	82	82
120006422	L	86	85	78	79	84	81	80
120006423	L	80	86	78	78	78	80	78
120006460	L	77	78	77	76	76	80	77
120006461	L	77	80	80	76	76	81	77

3.1. Pemrosesan Data

Pemrosesan data dilakukan untuk menghapus data yang tidak memiliki variable dan pembersihan data terhadap data missing value[19].



Gambar 1. Tahap Pemrosesan Data

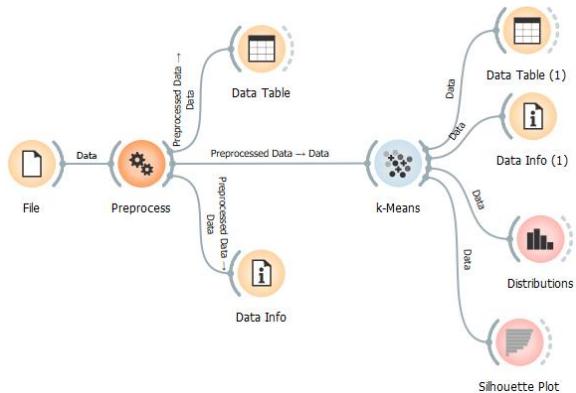
Setelah melakukan pemrosesan data dapat dilihat pada Tabel 2 adalah data yang telah selesai pada tahap transformasi data mining.

Tabel 2. Hasil Pemrosesan Data Akademik

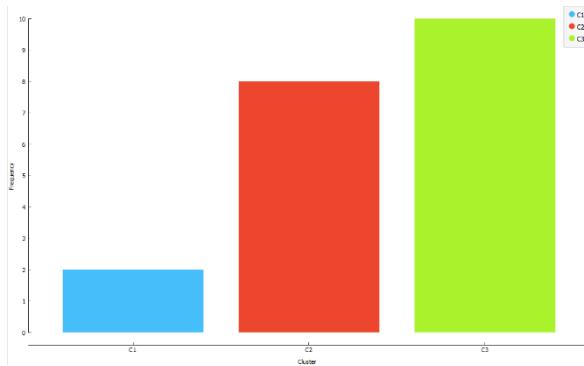
NIS	JK	A1	A2	A3	A4	A6	B2	C31
120006372	L	22.60	25.94	35.98	28.60	23.06	99.23	34.16
120006373	L	24.02	25.94	35.98	28.24	21.90	99.23	33.30
120006374	L	21.75	25.94	36.44	27.52	21.90	102.95	33.30
120006375	L	24.30	25.94	36.90	30.78	24.78	99.23	34.60
120006376	L	21.75	25.94	35.98	28.97	24.20	99.23	35.46
120006413	L	22.32	26.28	35.98	28.60	23.91	99.23	36.76
120006415	L	23.17	28.27	35.98	28.60	23.05	100.47	34.16
120006416	L	22.32	28.27	36.90	28.97	21.90	99.23	34.16
120006417	L	22.60	26.28	35.98	30.78	23.91	99.23	34.16
120006418	L	24.86	26.28	39.21	28.97	23.05	99.23	35.46
120006419	L	22.32	28.27	35.98	27.88	22.47	100.47	33.73
120006420	L	22.60	25.94	36.44	28.60	22.47	99.23	33.73
120006421	L	24.30	27.61	39.21	30.05	23.34	101.71	35.46
120006422	L	24.30	28.27	35.98	28.60	24.20	100.47	34.60
120006423	L	22.60	28.60	35.98	28.24	22.47	99.23	33.73
120006460	L	21.75	25.94	35.52	27.52	21.90	99.23	33.30
120006461	L	21.75	26.61	36.90	27.52	21.90	100.47	33.30

3.2. Metode K-Means Clustering

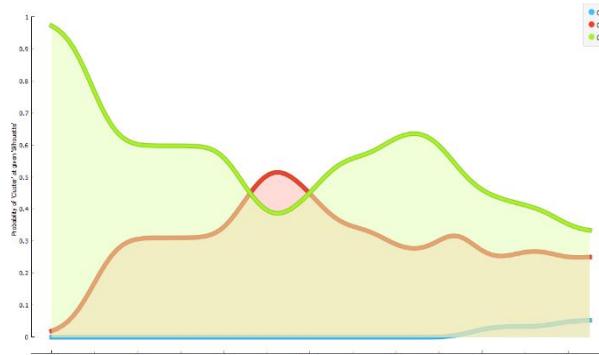
Pada metode ini perhitungan *k-means* dilakukan setelah tahap pemrosesan pada data dan dilanjutkan proses memasukan data kedalam *Tools Orange* untuk mendapatkan hasil *cluster*.



Gambar 2. Metode *K-Means*



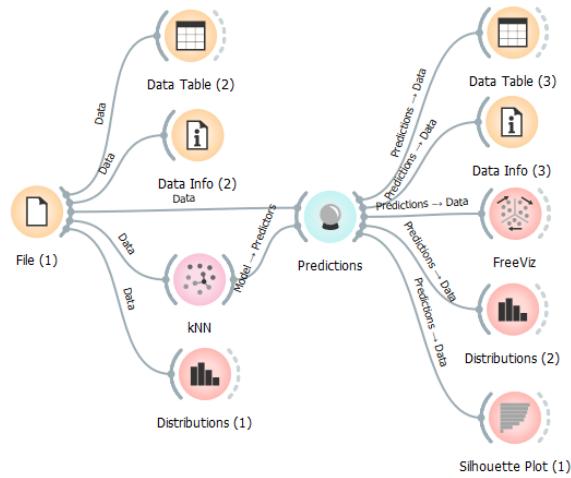
Gambar 3. Menampilkan grafik *cluster frequency* C1 : Grafik berwarna biru, C2 : Grafik Berwarna merah dan C3 : Grafik berwarna hijau.



Gambar 4. Grafik silhouette untuk mengukur sebuah cluster.

3.3. K-Means dan K-NN

Metode *K-Means* dan K-NN digunakan dalam menentukan tingkat kategori siswa berprestasi di Smkn 3 Karawang untuk mengelompokan tingkat prestasi siswa dan siswi.

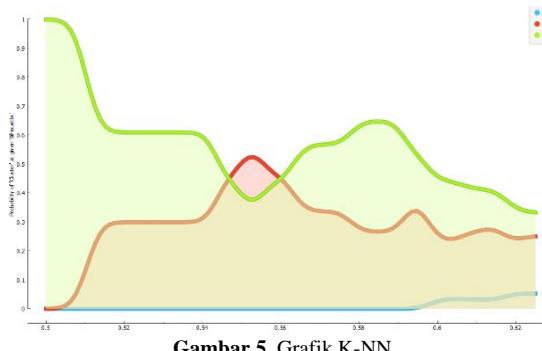


Gambar 5. Metode *K-Means* K-NN

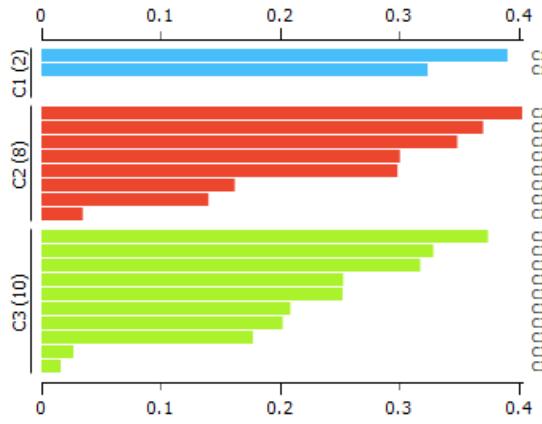
Pada metode *K-Means* dan K-NN menggunakan tools predictions sehingga dapat dilihat pada Tabel III menghasilkan output probabilitas klasifikasi data[20].

Tabel 3. Hasil *K-Nearest Neighbors* (K-NN)

NIS	C	Silhouette	JK	(A1)	(A2)	(A3)	(A4)	(A6)	(B2)	C31
120006372	C2	0.5116	L	22.60	25.94	35.98	28.60	23.05	99.23	34.16
120006373	C3	0.55586	L	24.02	25.94	35.98	28.24	21.90	99.23	33.30
120006374	C3	0.565467	L	21.75	25.94	36.44	27.52	21.90	102.95	33.30
120006375	C2	0.55122	L	24.30	25.94	36.90	30.78	24.78	99.23	34.60
120006376	C2	0.621969	L	21.75	25.94	35.98	28.97	24.20	99.23	35.46
120006413	C2	0.592725	L	22.32	26.28	35.98	28.60	23.91	99.23	36.76
120006415	C3	0.578381	L	23.17	28.27	35.98	28.60	23.05	100.47	34.16
120006416	C3	0.57884	L	22.32	28.27	36.90	28.97	21.90	99.23	34.16
120006417	C2	0.606996	L	22.60	26.28	35.98	30.78	23.91	99.23	34.16
120006418	C1	0.599235	L	24.86	26.28	39.21	28.97	23.05	99.23	35.46
120006419	C3	0.613731	L	22.32	28.27	35.98	27.88	22.47	100.47	33.73
120006420	C3	0.507994	L	22.60	25.94	36.44	28.60	22.47	99.23	33.73
120006421	C1	0.618048	L	24.30	27.61	39.21	30.05	23.34	101.71	35.46
120006422	C3	0.504955	L	24.30	28.27	35.98	28.60	24.20	100.47	34.60
120006423	C3	0.597595	L	22.60	28.60	35.98	28.24	22.47	99.23	33.73
120006460	C3	0.56357	L	21.75	25.94	35.52	27.52	21.90	99.23	33.30
120006461	C3	0.600899	L	21.75	26.61	36.90	27.52	21.90	100.47	33.30
120006462	C2	0.544649	L	21.75	25.94	35.98	28.60	24.20	100.47	33.73
120006463	C2	0.612935	L	22.89	26.61	35.98	30.78	24.49	99.23	36.32
120006464	C2	0.592864	L	21.75	25.94	35.52	28.97	24.49	99.23	33.73



Gambar 5. Grafik K-NN
Gambar 5. Merupakan hasil dari distribusi data K-NN



Gambar 6. Grafik Silhouette K-NN

Model	AUC	CA	F1	Precision	Recall
kNN	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Gambar 7. Akurasi Data

Setelah melakukan perhitungan menggunakan metode K-Means dan K-NN terdapat tiga cluster, Cluster 1 adalah siswa dengan prestasi tinggi, Cluster 2 adalah siswa dengan prestasi cukup, Cluster 3 adalah siswa dengan prestasi rendah. Pada perhitungan ini menggunakan data nilai akademik siswa kelas XII TBSM dan dapat juga melakukan perhitungan pada siswa kelas lain yang ada di Smkn 3 Karawang.
 Pada tabel 4 menampilkan data pengelompokan siswa TBSM kelas XII bedasarkan cluster yang telah ditentukan menggunakan metode K-Means dan K-NN.

Tabel 4. Hasil Cluster Prestasi Siswa		
Cluster	Kategori	NIS
1	Tinggi	120006418
		120006421
2	Cukup	120006372
		120006375
		120006376
		120006413
		120006417
		120006462
		120006463
		120006464
		120006373
		120006374
3	Rendah	120006415
		120006416
		120006419
		120006420
		120006422
		120006423
		120006460
		120006461

Perhitungan hasil eksperimen menggunakan nilai akademik siswa TBSM kelas XII dengan metode K-means dan K-NN dari hasil *clustering* dapat mengetahui tingkat pengelompokan prestasi siswa dan siswi Smkn 3 Karawang. Pada tahapan selanjutnya menggunakan metode K-NN untuk memprediksi hasil yang lebih baik, dengan metode perhitungan K-NN ini menggunakan dataset K-Means sehingga didapat nilai akurasi yang baik dengan nilai AUC 1.000, Nilai CA 1.000, Nilai F1 1.000, Nilai Precision 1.000 dan Recall 1.000. Hasil akurasi ini sebagai nilai terbaik dapat dilihat pada gambar 7.

4. Kesimpulan

Sebagaimana pada pembahasan penelitian ini bahwa implementasi *K-Means* dan K-NN dapat menghasilkan *cluster* untuk kategori prestasi siswa masing – masing dari *cluster* tersebut mempunyai nilai akurasi yang dihasilkan menggunakan metode K-NN AUC (*Area Under The Curve*) 1.000, Nilai CA 1.000, Nilai F1 1.000, Nilai *Precision* 1.000 dan *Recall* 1.000. Hasil akurasi tersebut sebagai nilai yang terbaik.

Hasil dari *cluster* tinggi diharapkan mempertahankan prestasinya dan untuk *cluster* sedang dan rendah harus di tingkatkan prestasinya khususnya pada kategori rendah para guru dan wali kelas dapat melakukan konsentrasi bimbingan belajar kepada siswa dan siswi Smkn 3 Karawang.

Daftar Rujukan

- [1] Q. I. Mawarni and E. S. Budi, “Implementasi Algoritma K-Means Clustering Dalam Penilaian Kedisiplinan Siswa,” *J. Sist. Komput. dan Inform.*, vol. 3, no. 4, p. 522, 2022, doi: 10.30865/json.v3i4.4242.
- [2] Y. Prayoga, A. Mahmudi, and H. Zulfia Zahro’, “Penerapan Metode K Means Pada Sistem Informasi Akademik Untuk Pengelompokan Siswa Berprestasi Di Upt Sma Negeri 3 Kota Pasuruan Berbasis Web,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 5, no. 2, pp. 822–828, 2021, doi: 10.36040/jati.v5i2.3740.
- [3] E. Purwaningsih and E. Nurelasari, “Penerapan K-Nearest Neighbor Untuk Klasifikasi Tingkat Kelulusan Pada Siswa,” *Syntax J. Inform.*, vol. 10, no. 01, pp. 46–56, 2021, doi: 10.35706/syji.v10i01.5173.
- [4] R. Adhitama, A. Burhanuddin, and R. Ananda, “Penentuan Jumlah Cluster Ideal Smk Di Jawa Tengah Dengan Metode X-Means Clustering Dan K-Means Clusterin,” *JIKO (Jurnal Inform. dan Komputer)*, vol. 3, no. 1, pp. 1–5, 2020, doi: 10.33387/jiko.v3i1.1635.
- [5] G. A. Pradnyana and A. A. J. Permana, “Sistem Pembagian Kelas Kuliah Mahasiswa Dengan Metode K-Means Dan K-Nearest Neighbors Untuk Meningkatkan Kualitas Pembelajaran,” *JUTI J. Ilm. Teknol. Inf.*, vol. 16, no. 1, p. 59, 2018, doi: 10.12962/j24068535.v16i1.a696.
- [6] A. Saptiani, “Pada perencanaan kebutuhan obat yang akurat maka pengadaan obat itu menjadi lebih efektif serta efisien, sehingga dapat tersedia dengan jenis dan jumlahnya sesuai dengan yang dibutuhkan,” vol. 10, no. 3, pp. 130–138, 2022.
- [7] R. P. Primanda, A. Alwi, and D. Mustikasari, “DATA MINING SELEKSI SISWA BERPRESTASI UNTUK MENENTUKAN KELAS UNGGULAN MENGGUNAKAN METODE K-MEANS CLUSTERING (Studi Kasus di MTS Darul Fikri),” *Komputek*, vol. 5, no. 1, p. 88, 2021, doi: 10.24269/jkt.v5i1.686.
- [8] S. R. Rani, S. R. Andani, and D. Suhendro, “Penerapan Algoritma K-Nearest Neighbor untuk Prediksi Kelulusan Siswa pada SMK Anak Bangsa,” *Pros. Semin. Nas. Ris. Inf. Sci.*, vol. 1, no. September, p. 670, 2019, doi: 10.30645/senaris.v1i0.73.
- [9] R. Sopia, E. P. W. Mandala, and S. Mardhiah, “Algoritma K-Means dalam Pemilihan Siswa Berprestasi dan Metode SAW untuk Prediksi Penerima Beasiswa Berprestasi,” *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 6, no. 2, p. 181, 2020, doi: 10.26418/jp.v6i2.37759.
- [10] S. S. Hilabi *et al.*, “TechnoXplore Jurnal Ilmu Komputer & Teknologi Informasi ISSN : 2503-054X Vol 4 No: 1, April 2019,” *J. Ilmu Komput. Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 28–37, 2019.
- [11] A. Alim Murtopo, B. Priyatna, and R. Mayasari, “Signature Verification Using The K-Nearest Neighbor (KNN) Algorithm and Using the Harris Corner Detector Feature Extraction Method,” *Buana Inf. Technol. Comput. Sci. (BIT CS)*, vol. 3, no. 2, pp. 35–40, 2022, doi: 10.36805/bit-cs.v3i2.2763.
- [12] S. S. Hilabi, H. Prabowo, H. L. H. S. Warnars, and T. N. Mursitama, “Recommendation System Model for Political Communication through Social Media using Content Based Filtering Method,” *Int. J. Appl. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 34–39, 2022.
- [13] S. Rustam and H. Annur, “Akademik Data Mining (Adm) K-Means Dan K-Means K-Nn Untuk Mengelompokan Kelas Mata Kuliah Kosentrasi Mahasiswa Semester Akhir,” *Ilk. J. Ilm.*, vol. 11, no. 3, pp. 260–268, 2019, doi: 10.33096/ilkom.v11i3.487.260-268.
- [14] E. A. Saputra and Y. Nataliani, “Analisis Pengelompokan Data Nilai Siswa untuk Menentukan Siswa Berprestasi Menggunakan Metode Clustering K-Means,” *J. Inf. Syst. Informatics*, vol. 3, no. 3, pp. 424–

- 439, 2021, doi: 10.51519/jurnalisi.v3i3.164.
- [15] A. S. Kusuma and K. S. Aryati, "Sistem Informasi Akademik Serta Penentuan Kelas Unggulan Dengan Metode Clustering Dengan Algoritma K-Means Di Smp Negeri 3 Ubud," *J. Sist. Inf. dan Komput. Terap. Indones.*, vol. 1, no. 3, pp. 143–152, 2019, doi: 10.33173/jsikti.29.
- [16] F. P. Dewi, P. S. Aryni, and Y. Umaidah, "Implementasi Algoritma K-Means Clustering Seleksi Siswa Berprestasi Berdasarkan Keaktifan dalam Proses Pembelajaran," *JISKA (Jurnal Inform. Sunan Kalijaga)*, vol. 7, no. 2, pp. 111–121, 2022, doi: 10.14421/jiska.2022.7.2.111-121.
- [17] L. Erlistya, P. S. Sumarna, and ..., "Implementasi Algoritma K-Means Clustering pada Studi Kasus Seleksi Mahasiswa Berprestasi menggunakan Visual Basic," *Pros. Semin. ...*, vol. 4, no. 2721, 2021, [Online]. Available: <http://prosiding.himatikauny.org/index.php/prosidinglsm/article/view/171%0Ahttp://prosiding.himatikauny.org/index.php/prosidinglsm/article/download/171/95>.
- [18] T. Tukino, "Klasifikasi Untuk Prediksi Cuaca Menggunakan Esemble Learning," *Petir*, vol. 13, no. 2, pp. 138–147, 2020, doi: 10.33322/petir.v13i2.998.
- [19] A. Lia Hananto *et al.*, "Analysis of Drug Data Mining with Clustering Technique Using K-Means Algorithm," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1908, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1908/1/012024.
- [20] D. T. Worung, S. R. U. A. Sompie, and A. Jacobus, "Implementasi K-Means dan K-NN pada Pengklasifikasian Citra Bunga," *J. Tek. Inform.*, vol. 15, no. 3, pp. 217–222, 2021.