

---

# ANALISIS K-MEANS CLUSTERING PADA PENDIDIKAN HIBRID UNTUK KEARIFAN LOKAL SISWA SMK

Sulomo Agil Budiyanto<sup>1</sup>, Hanafi<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Master of Informatics Engineering, Universitas Amikom Yogyakarta  
Jl. Padjajaran, Ring Road Utara, Kel. Condongcatur, Kec. Depok, Kab. Sleman, DIY, Indonesia  
agilbudiyanto@students.amikom.ac.id<sup>1</sup>, hanafi@amikom.ac.id.ac.id<sup>2</sup>

## Abstract

*This study aims to develop an inclusive hybrid character education model based on local wisdom using K-Means Clustering analysis to group students' character profiles according to honesty, discipline, cooperation, responsibility, tolerance, care, pride in tradition, and mutual cooperation. The study employs an exploratory quantitative approach involving 115 students through questionnaires and observations. The results indicate that hybrid learning based on local wisdom enhances students' character development and supports personalized learning strategies. The K-Means Clustering method successfully grouped students into three character clusters: high (23 students), moderate (39 students), and low (54 students). Differences among clusters were particularly evident in the indicators of discipline, responsibility, cooperation, and mutual cooperation. Cluster quality evaluation showed a Sum of Squared Error (SSE) value of 536.64 with a stable decreasing pattern, while a Silhouette Score of 0.123 indicates that the cluster structure is reasonably formed despite natural overlaps in human behavior. Visualization using Principal Component Analysis (PCA) revealed that the high character cluster is more distinctly separated compared to the moderate and low clusters. The findings imply that data-driven character mapping can serve as a basis for teachers to design more appropriate hybrid learning tailored to students' characteristics, enabling character development to be conducted in a more focused, gradual, and contextually grounded manner in accordance with the school's local wisdom.*

**Keywords:** Character; Hybrid; K-Means Clustering; Local Wisdom

## Abstrak

*Penelitian ini bertujuan untuk membuat model pendidikan karakter hybrid berbasis inklusi kearifan lokal dengan analisis K-Means Clustering dalam mengelompokkan karakter siswa berdasarkan kejujuran, disiplin, kerja sama, tanggung jawab, toleransi, kepedulian, kebanggaan tradisi, dan gotong royong. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif eksploratif dengan melibatkan 115 siswa melalui angket, dan observasi. Hasil penelitian menunjukkan pembelajaran hybrid berbasis kearifan lokal meningkatkan karakter siswa dan mendukung strategi pembelajaran personal. Metode K-Means Clustering berhasil mengelompokkan siswa menjadi tiga klaster karakter, yaitu klaster tinggi (23 siswa), klaster sedang (39 siswa), dan klaster rendah (54 siswa). Perbedaan karakter antar klaster terlihat pada indikator disiplin, tanggung jawab, kerja sama, dan gotong royong. Evaluasi kualitas klaster menunjukkan nilai Sum of Squared Error (SSE) sebesar 536,64 dengan pola penurunan yang*

*stabil, serta nilai Silhouette Score sebesar 0,123 menunjukkan struktur kluster cukup terbentuk meskipun terdapat tumpang tindih karakter yang wajar pada perilaku manusia. Visualisasi menggunakan Principal Component Analysis (PCA) memperlihatkan kluster karakter tinggi terpisah lebih jelas dibandingkan kluster sedang dan rendah. Implikasi penelitian ini menunjukkan pemetaan karakter berbasis data dapat digunakan sebagai dasar bagi guru untuk merancang pembelajaran hybrid yang lebih sesuai dengan karakteristik siswa, sehingga proses pembinaan karakter dapat dilakukan secara lebih terarah, bertahap, dan kontekstual dengan kearifan lokal sekolah.*

**Kata kunci:** Karakter; Hibrid; K-Means Clustering; Kearifan local.

## 1. PENDAHULUAN

Pendidikan memainkan fungsi krusial dalam membangun karakter individu dalam bentuk dasar bagi pertumbuhan kognitif, mental, dan sosial. Dalam konteks pendidikan abad 21 keberhasilan pendidikan tidak lagi diukur dari pencapaian akademik, tetapi juga dari kemampuan sekolah dalam menanamkan nilai karakter yang relevan dengan kebutuhan sosial dan budaya masyarakat. Namun berbagai studi menunjukkan bahwa implementasi pendidikan karakter di sekolah masih cenderung bersifat normatif, terpisah dari proses pembelajaran, serta belum berintegrasi secara sistematis dengan perkembangan teknologi pendidikan dan konteks lokal siswa. Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi informasi, Arifin (2025) menyatakan bahwa model pembelajaran hybrid yang menggabungkan pembelajaran daring dan luring telah banyak diadopsi sebagai solusi untuk menciptakan pembelajaran yang fleksibel dan personal [1]. Yolanda et al. (2023) menegaskan bahwa pembelajaran hybrid mampu meningkatkan keterlibatan belajar siswa apabila dirancang secara adaptif dan berbasis kebutuhan individu [2]. Namun demikian, sebagian besar penelitian hybrid learning masih berfokus pada peningkatan hasil belajar kognitif, sementara integrasi nilai karakter dan kearifan lokal dalam model hybrid masih relatif terbatas.

Implementasi pendidikan karakter, khususnya di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), masih menghadapi berbagai tantangan, seperti rendahnya integrasi kearifan lokal dalam pembelajaran serta permasalahan perilaku siswa yang kurang mencerminkan nilai budaya setempat [3]. Padahal, kearifan lokal mengandung nilai moral dan sosial yang berperan penting dalam pembentukan identitas dan karakter peserta didik. Oleh karena itu, pendidikan karakter yang terintegrasi dengan kearifan lokal diperlukan agar pembelajaran menjadi lebih kontekstual dan relevan dengan lingkungan sosial siswa [4], [5].

Kearifan lokal diakui sebagai sumber nilai moral dan sosial yang kontekstual dalam pembentukan karakter siswa. Sunaji (2024) menyatakan bahwa pendidikan karakter berbasis budaya lokal mampu meningkatkan sikap tanggung jawab dan kepedulian sosial siswa secara signifikan [5]. Meskipun demikian, pendekatan tersebut umumnya masih bersifat konvensional dan belum memanfaatkan teknologi berbasis data untuk pemetaan karakter siswa secara objektif dan terukur.

Pendekatan berbasis data melalui teknik data mining telah berkembang pesat dalam bidang pendidikan, khususnya untuk memahami perilaku dan karakteristik peserta didik. Romero dan Ventura (2010 dalam Khadijah & Tasir (2013)) menegaskan bahwa *Educational Data Mining (EDM)* efektif digunakan untuk mengidentifikasi pola perilaku siswa dan mendukung pengambilan keputusan pembelajaran berbasis data. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *K-Means Clustering* karena kemampuannya dalam mengelompokkan data tanpa label dan kemudahan implementasinya [6].

Penelitian ini mengintegrasikan pendidikan karakter, pembelajaran hybrid, dan kearifan lokal dalam satu model yang utuh dan pemanfaatan *K-Means Clustering* dalam pendidikan masih berfokus pada aspek akademik dan gaya belajar, bukan pada pemetaan karakter siswa; dan menentukan model pendidikan karakter berbasis data yang dapat mendukung pembelajaran personal dan inklusif di jenjang sekolah menengah kejuruan.

Penelitian ini menkankan model pendidikan karakter hybrid berbasis inklusi kearifan lokal yang didukung oleh analisis *K-Means Clustering*. Model ini untuk pengelompokan data (*clustering*) atau mengidentifikasi dalam K jumlah kelompok (*cluster*) yang homogen (mirip satu sama lain) dan heterogen (berbeda dari kelompok lain), bertujuan meminimalkan jarak data ke pusat kelompok (*centroid*) dan memaksimalkan jarak antar kelompok. Model ini tidak hanya digunakan untuk dunia pendidikan tetapi juga bidang lain salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Handayani dkk (2025) yang mengelompokkan produk furniture berdasarkan tingkat minat beli, yang selanjutnya digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan strategi produksi [7]. Pada penelitian ini, model ini tidak hanya memadukan pembelajaran daring dan luring, tetapi juga memanfaatkan data karakter siswa untuk mengelompokkan profil karakter secara objektif berdasarkan indikator kejujuran, disiplin, kerja sama, tanggung jawab, toleransi, kepedulian sosial, kebanggaan terhadap tradisi lokal, dan gotong royong.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode kuantitatif dengan pendekatan eksploratif yang bertujuan untuk menggambarkan sifat-sifat siswa dan mengelompokkan mereka berdasarkan informasi yang diperoleh dengan cara yang objektif dan dapat diukur [8]. Model pendidikan karakter hibrida yang mengintegrasikan kearifan lokal diterapkan kepada sekelompok siswa. Selanjutnya, hasil dari pelaksanaan ini dianalisis dengan cara K-Means Clustering untuk mengenali dampaknya terhadap perkembangan potensi karakter siswa. Metode ini memberi kesempatan kepada peneliti untuk mendapatkan pola karakter siswa berdasarkan data tanpa perlu label awal.

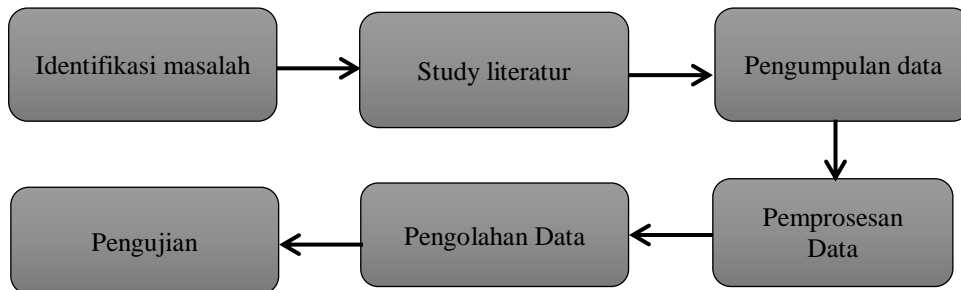
Penelitian ini dilaksanakan di SMK Bhakti Karya Simo yang terletak di Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah, selama periode empat bulan, dari bulan Februari sampai Juni tahun 2025. Sasaran penelitian mencakup siswa di SMK Bhakti Karya Simo, sedangkan sampel yang diteliti terdiri dari 115 siswa dari kelas X dan XI yang dipilih dengan cara purposive sampling berdasarkan kriteria partisipasi aktif dalam program pembelajaran hybrid.

Instrumen utama yang dimanfaatkan dalam studi ini ialah kuesioner berbasis skala Likert yang menawarkan lima pilihan jawaban. Kuesioner tersebut dirancang dengan mengintegrasikan berbagai teori serta hasil penelitian sebelumnya yang telah disesuaikan dengan kebutuhan dari penelitian ini [9], [10]. Setiap indikator karakter dievaluasi dengan menggunakan tiga sampai lima pernyataan yang merefleksikan nilai seperti kejujuran, disiplin, kerja sama, tanggung jawab, toleransi, kepedulian, kebanggaan terhadap tradisi, dan gotong royong. Validitas alat ukur diuji dengan menerapkan korelasi Pearson, sementara untuk menguji reliabilitas, digunakan koefisien Alpha Cronbach guna memastikan konsistensi dari pengukuran.

Pengumpulan data dilakukan melalui kuesioner dan analisis dokumen. Kuesioner digunakan untuk memperoleh data kuantitatif karakter siswa, sedangkan analisis data dilakukan menggunakan pendekatan kuantitatif yang dianalisis menggunakan algoritma K-Means Clustering [11] dengan tahapan normalisasi data menggunakan *Min-Max Scaling* [12], penentuan jumlah klaster optimal menggunakan metode *Elbow* dan *Silhouette Score* [13], [14], serta analisis hasil klaster untuk mengidentifikasi pola karakter siswa. Hasil pengelompokan digunakan sebagai dasar dalam pengembangan strategi pendidikan karakter hybrid yang disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing klaster.

Seluruh rangkaian penelitian dilakukan dengan memperhatikan berbagai etika penelitian, termasuk menjaga privasi informasi siswa, menggunakan data semata-mata untuk tujuan akademik, dan memastikan bahwa partisipasi siswa adalah atas dasar kesukarelaan dengan izin dari pihak sekolah.

Tahapan-tahapan penelitian yang diterapkan yaitu:



Gambar 1 Tahapan penelitian

Tahap identifikasi masalah dilakukan untuk memahami kondisi awal karakter siswa di SMK Bhakti Karya Simo serta tantangan yang dihadapi dalam pelaksanaan pendidikan karakter berbasis pembelajaran hybrid. Berdasarkan hasil observasi awal dan diskusi dengan guru, terungkap bahwa lembaga pendidikan belum memiliki pemetaan karakter murid yang bersifat objektif dan didukung oleh data. Di samping itu, nilai-nilai kearifan lokal masih belum terintegrasi dengan baik dalam proses pembelajaran hybrid, yang mengakibatkan para guru menghadapi kesulitan dalam melakukan diferensiasi pengajaran karena kurangnya informasi tentang profil karakter siswa. Situasi ini semakin diperburuk oleh ketiadaan sistem analitik yang dapat mengelompokkan siswa berdasar karakter untuk tujuan pembinaan. Permasalahan ini menegaskan pentingnya penggunaan metode analisis data, khususnya *K-Means Clustering*, untuk menciptakan kluster karakter siswa yang terukur dan terorganisir.

Tahap berikutnya adalah penelitian pustaka yang dilaksanakan untuk memperkuat dasar teoritis dari penelitian ini. Penelitian ini mencakup analisis terhadap konsep pendidikan karakter, metode pembelajaran hybrid, serta kearifan lokal yang mencakup nilai-nilai budaya seperti kerjasama, toleransi, dan kolaborasi sebagai fondasi dalam penguatan karakter siswa. Selain itu, studi literatur juga mencakup kajian analisis kluster menggunakan metode *K-Means Clustering*, termasuk prinsip kerja algoritma, fungsi *Sum of Squared Error (SSE)*, *Silhouette Score*, teknik normalisasi data, dan visualisasi menggunakan *Principal Component Analysis (PCA)*. Penelitian-penelitian terdahulu diperiksa untuk menemukan kekurangan dan kesempatan untuk berinovasi dalam pemetaan karakter siswa yang menggunakan data mining. Sumber utama yang dirujuk diantaranya adalah teori pendidikan karakter oleh Lickona, model pembelajaran hybrid dari Garrison dan Vaughan, serta penggunaan *K-Means* dalam sektor pendidikan yang diajukan oleh Han dan rekan-rekannya. Tinjauan pustaka ini juga menekankan signifikansi kearifan lokal dalam proses pembentukan karakter siswa.

Pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner yang memuat delapan indikator karakter, yaitu kejujuran, tanggung jawab, disiplin, kerja sama, toleransi, kepedulian, kebanggaan terhadap tradisi, dan gotong royong. Kuesioner disusun menggunakan skala Likert dengan rentang nilai 1 sampai 5 untuk mengukur sikap dan perilaku siswa. Proses pengumpulan data dilaksanakan secara daring dan tatap muka kepada siswa kelas X dan XI SMK Bhakti Karya Simo. Sampel untuk penelitian ini melibatkan 115 pelajar yang dipilih dengan metode purposive sampling berdasarkan ketersediaan data karakter yang komprehensif dan valid.

Tahapan dalam pengolahan informasi dilaksanakan untuk memastikan kualitas data sebelum analisis kluster. Prosedur pertama dalam langkah ini adalah memverifikasi keutuhan data serta melakukan pembersihan data dengan menghapus data yang tidak valid, ganda, atau tidak lengkap. Kemudian, data tersebut dikategorikan dan distandarisasi dengan menggunakan metode *Min-Max Scaling* agar semua variabel berada dalam rentang yang seragam antara 0 dan 1. Setiap karakter indikator diberikan skor numerik berdasarkan skala Likert, dengan 1 untuk sangat rendah hingga 5 untuk sangat tinggi. Proses normalisasi dilaksanakan menggunakan rumus tertentu.

$$X' = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (1)$$

Keterangan:

$X'$	= Nilai data hasil normalisasi
$X$	= Nilai data asli
$X_{min}$	= Nilai terkecil dari variabel
$X_{max}$	= Nilai terbesar dari variabel

Penentuan jumlah kluster optimal dilakukan menggunakan metode *Elbow* dengan menghitung nilai *Sum of Squared Error (SSE)* untuk berbagai nilai jumlah kluster. Nilai *SSE* dihitung untuk  $K$  mulai dari 1 hingga 8, kemudian diplot dalam bentuk grafik hubungan antara jumlah kluster dan nilai *SSE*. Titik siku elbow pada grafik menunjukkan jumlah kluster optimal yang paling efisien. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai  $K=3$  menghasilkan penurunan *SSE* yang paling signifikan, sehingga jumlah kluster tersebut digunakan dalam penelitian.

Proses pengelompokan siswa dilakukan menggunakan algoritma *K-Means Clustering* karena kemampuannya dalam mengelompokkan data berdasarkan tingkat kemiripan atribut. Proses clustering diawali dengan penentuan jumlah kluster sebanyak tiga kluster yang merepresentasikan karakter tinggi, sedang, dan rendah. Selanjutnya, centroid awal ditentukan secara acak, kemudian jarak antara setiap data siswa dan centroid dihitung menggunakan jarak Euclidean. Setiap pelajar dikelompokkan menjadi grup berdasarkan jarak terdekat, lalu nilai pusat diperbarui dengan menghitung rata-rata semua anggota grup. Proses pengulangan ini dilakukan secara terus-menerus sampai pusat tidak berubah atau mencapai keadaan konvergen.

Evaluasi kualitas kluster dilakukan menggunakan beberapa metrik, yaitu *Sum of Squared Error (SSE)* untuk mengukur tingkat kepadatan kluster dan *Silhouette Coefficient* untuk menilai tingkat keterpisahan antar kluster. *Silhouette Coefficient* dihitung berdasarkan perbandingan jarak rata-rata data terhadap anggota kluster yang sama dan jarak terhadap kluster terdekat lainnya. Selain itu, metode *Elbow* kembali digunakan sebagai validasi visual untuk memastikan bahwa jumlah kluster yang dipilih sudah optimal. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa kluster yang terbentuk memiliki kualitas yang baik dan relevan untuk digunakan sebagai dasar pengembangan strategi pendidikan karakter berbasis pembelajaran hybrid.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Penelitian

##### 3.1.1 Deskripsi Data Penelitian

Penelitian ini melibatkan 115 pelajar dari SMK Bhakti Karya Simo yang dievaluasi berdasarkan delapan indikator karakter, yakni kejujuran, disiplin, kerja sama, tanggung jawab, toleransi, kepedulian, kebanggaan terhadap tradisi, dan gotong royong. Data dihimpun melalui kuesioner dengan skala Likert 1-5 dan kemudian

dianalisis dengan pendekatan *K-Means Clustering* untuk menggambarkan karakter siswa secara objektif.

Tabel 1. Data sampel 1-10 data hasil kuisioner siswa

No	Responder	Kej	Dis	Ker	Tjw	Tol	Kep	Keb	Gtr
1	AM	4	4	4	3	2	3	5	2
2	AIS	5	4	4	3	3	4	5	2
3	AFFN	3	4	4	4	3	4	3	4
4	AR	5	5	2	3	4	3	5	4
5	AS	5	3	3	3	4	4	3	2
6	AEW	2	3	5	4	3	3	4	3
7	AAR	3	4	3	4	5	2	2	4
8	AA	3	2	4	5	3	5	4	5
9	AN	3	4	3	2	4	2	5	1
10	ANH	5	2	3	3	4	2	5	5

Langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah cluster, adapun cluster yang diinginkan terdiri atas 3 klaster. Kemudian pemberian nilai *centroid* yang diambil secara acak dari tabel, centroid iterasi 1 adalah sebagai berikut yang mana untuk C1 diambil dari data ke-1 dari 115 data yang akan dilakukan eksperimen, C2 diambil data ke-50 dan C3 diambil data ke-100 .

Tabel 2. Titik pusat awal klaster

Centroid	Kej	Dis	Ker	Tjw	Tol	Kep	Keb	Gtr
C1	4	4	4	3	2	3	5	2
C2	4	4	4	4	3	4	5	2
C3	2	3	4	3	4	3	4	3

Menghitung Jarak Data ke Pusat Klaster (*Euclidean*)

Langkah selanjutnya menghitung jarak terdekat masing-masing *record* dengan nilai awal klaster dengan menggunakan rumus *Euclidean Distance* sebagai berikut:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{k=0}^n (x^k - y^k)^2} \quad (2)$$

Data pertama

Jarak dengan pusat klaster 1:

$$\begin{aligned} d_1 &= \sqrt{(4-4)^2 + (4-4)^2 + (4-4)^2 + (3-3)^2 + (2-2)^2 + (3-3)^2 + (5-5)^2 + (2-2)^2} \\ &= 0 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas di dapatkan hasil bahwa jarak data pertama dengan klaster ke satu adalah 0.

Dari data pertama ke pusat klaster 2:

$$\begin{aligned} d_1 &= \sqrt{(4-4)^2 + (4-4)^2 + (4-4)^2 + (3-4)^2 + (2-3)^2 + (3-4)^2 + (5-5)^2 + (2-2)^2} \\ &= 1,73 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas di dapatkan hasil bahwa jarak data pertama dengan klaster kedua adalah 1,75

Dari Data Pertama ke Pusat Klaster 3

$$d_1 = \sqrt{(4-2)^2 + (4-3)^2 + (4-4)^2 + (3-3)^2 + (2-4)^2 + (3-3)^2 + (5-4)^2 + (2-3)^2} = 3,32$$

Dari hasil perhitungan di atas di dapatkan hasil bahwa jarak data pertama dengan kluster ke tiga adalah 3,32. Perhitungan dilakukan hingga data terakhir. Hasil perhitungan jarak data terhadap masing-masing kluster pada iterasi ke-1 dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil perhitungan terhadap kluster pada iterasi ke-1

NO	Responder	C1	C2	C3	Jarak terdekat	Cluster
1	AM	0,00	1,73	3,32	0,00	1
2	AIS	1,73	1,41	3,74	1,41	2
3	AFFN	3,46	3,00	2,65	2,65	3
4	AR	3,74	3,61	4,36	3,61	2
5	AS	3,46	3,00	3,61	3,00	2
6	AEW	3,16	3,00	1,73	1,73	3
7	AAR	5,10	4,80	3,32	3,32	3
8	AA	4,90	4,12	3,87	3,87	3
9	AN	3,00	3,46	3,16	3,00	1
10	ANH	4,47	4,58	4,12	4,12	3

Perhitungan jarak akan melakukan analisis perbandingan antara tiga kluster data yang paling dekat dengan pusat kluster tersebut dan memilih nilai terkecil. Jarak ini menunjukkan bahwa data tersebut termasuk dalam satu kelompok dengan pusat kluster yang paling dekat. Di bawah ini adalah anggota kluster yang terbentuk pada iterasi pertama yang dilambangkan dengan “\*”.

Tabel 4. Responder kluster iterasi ke-1

	Responder	C1	C2	C3	Kluster
1	AM	*			1
2	AIS		*		2
3	AFFN			*	3
4	AR		*		2
5	AS		*		2
6	AEW			*	3
7	AAR			*	3
8	AA			*	3
9	AN	*			1
10	ANH			*	3

Semua data ditempatkan ke dalam kluster yang terdekat, kemudian dihitung kembali pusat kluster yang baru berdasarkan rata-rata anggota yang ada pada kluster tersebut sehingga mendapatkan hasil perhitungan *centroid* baru yang akan digunakan

untuk iterasi berikutnya. Pada kluster 1 terdapat 16 data, kluster 2 sebanyak 18 data dan kluster 3 sebanyak 81. Dimana nilai rata-rata dapat dilihat dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 C1 &= \frac{4+3+4+4+4+4+4+4+5+3+5+4+4+3+4+5+3+4}{16} \\
 &= 3,94 \\
 C2 &= \frac{4+4+4+4+4+4+4+4+5+3+5+5+4+4+5+5+5+5}{18} \\
 &= 4,33 \\
 C3 &= \frac{2+3+4+3+4+3+3+3+4+2+3+3+4+3+3+3+4+}{81} \\
 &= \frac{4+2+3+3+4+3+4+3+4+4+3+4+3+2+3+3+3+2+}{81} \\
 &= \frac{4+3+3+3+2+2+3+3+3+3+2+3+2+4+4+3+2+2+3+2+2+2+3}{81} \\
 &= \frac{3+4+4+2+3+3+3+2+2+3+5+4+2+4+2+3+4+3+3+3+2+3}{81} \\
 &= 3.02
 \end{aligned}$$

Berikut nilai untuk *centroid* baru:

Tabel 5. Hasil perhitungan terhadap kluster pada iterasi ke-2

<i>Cenroid</i>	Kej	Dis	Ker	Tjw	Tol	Kep	Keb	Gtr
C1	3,94	3,88	3,41	2,94	2,71	2,82	3,12	2,65
C2	4,33	3,67	3,39	3,94	3,06	3,83	3,44	2,94
C3	3,02	3,19	3,41	3,27	3,40	3,35	3,19	3,64

Berikutnya menghitung kembali jarak *Euclidean distance* seperti pada langkah sebelumnya dan membandingkan hasil kluster dan diambil jarak minimumnya seperti langkah sebelumnya. Langkah tersebut ada kluster yang berpindah. Berikut hasil perhitungan untuk iterasi ke-2 dapat dilihat pada table di bawah:

Tabel 6. Hasil perhitungan terhadap kluster pada iterasi ke-2

No	Responder	C1	C2	C3	Jarak terdekata	Kluster
1	AM	2,20	2,57	3,60	2,20	1
2	AIS	2,63	2,27	3,80	2,27	2
3	AFFN	2,38	1,90	1,46	1,46	3
4	AR	3,38	3,19	3,19	3,19	3
5	AS	2,36	1,99	2,25	1,99	2
6	AEW	3,03	3,08	2,17	2,17	3
7	AAR	3,35	3,52	2,43	2,43	3
8	AA	4,49	3,46	2,98	2,98	3
9	AN	3,25	4,03	5,25	3,25	1
10	ANH	4,03	3,89	3,71	3,71	3

Bahwa telah terjadi penyesuaian pada informasi yang menghasilkan grup kluster yang baru, dengan kluster 1 terdiri dari 19 siswa, kluster 2 terdiri dari 16 siswa, dan kluster 3 terdiri dari 80 siswa. Berikut adalah daftar anggota dari grup kluster yang

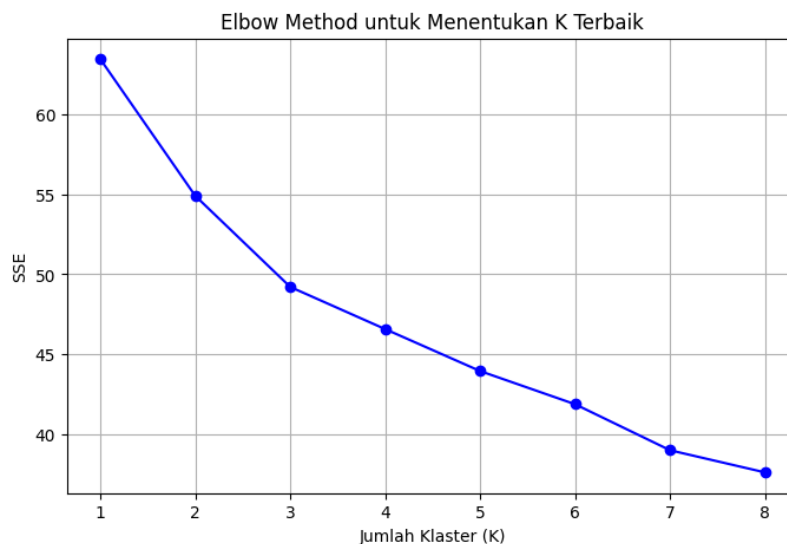
baru. Berikut adalah nilai centroid akhir untuk setiap kluster setelah tahap konvergensi:

Tabel 7. Centroid akhir kluster

Indicator	Kluster 1	Kluster 2	Kluster 3
Kejujuran	3,26	4,23	2,74
Tanggung jawab	3,96	3,38	3,11
Kepedulian	2,26	3,18	3,65
Toleransi	2,91	3,67	3,30
Disiplin	2,96	3,26	3,37
Kerjasama	2,78	3,46	3,52
Kebanggaan tradisi	3,35	3,41	3,09
Gotong royong	2,48	3,23	3,89

### 3.1.2 Penentuan Jumlah Kluster

Penentuan jumlah kluster optimal menggunakan *Elbow Method* dengan mengamati perubahan nilai *Sum of Squared Error (SSE)*. Hasil analisis menunjukkan adanya penurunan nilai *SSE* yang signifikan hingga  $K=3$ , kemudian cenderung stabil pada nilai  $K$  selanjutnya. Pola ini membentuk titik “siku” yang jelas pada  $K=3$ , sehingga jumlah kluster optimal dalam penelitian ini ditetapkan sebanyak tiga kluster.



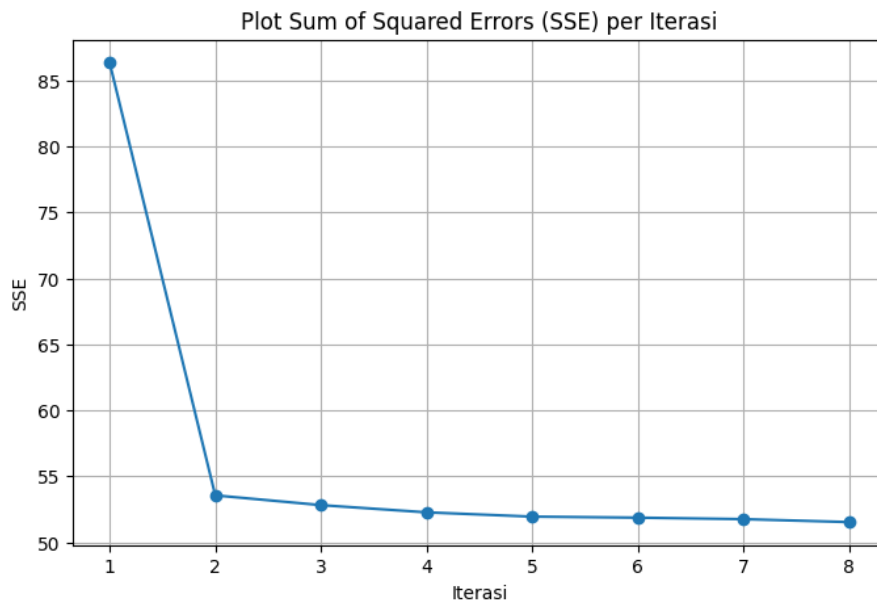
Gambar 2. *Elbow Method* untuk menentukan  $K$  optimal

Gambar 2 menunjukkan hasil penerapan *Elbow Method* untuk menentukan jumlah kluster optimal pada analisis *K-Means Clustering*. Grafik memperlihatkan penurunan nilai *Sum of Squared Error (SSE)* yang signifikan dari  $K=1$  hingga  $K=3$ , kemudian cenderung melandai pada  $K$  berikutnya. Titik “siku” yang terbentuk pada  $K=3$  mengindikasikan bahwa tiga kluster merupakan jumlah paling optimal dalam merepresentasikan variasi karakter siswa. Pemilihan jumlah kluster ini dinilai mampu menghasilkan pengelompokan yang efisien, stabil, dan tidak menimbulkan redundansi kluster.

### 3.1.3 Hasil Pengelompokan *K-Means Clustering*

Berdasarkan proses literatisi pembaruan centroid hingga konvergensi, diperoleh distribusi kluster sebagai berikut:

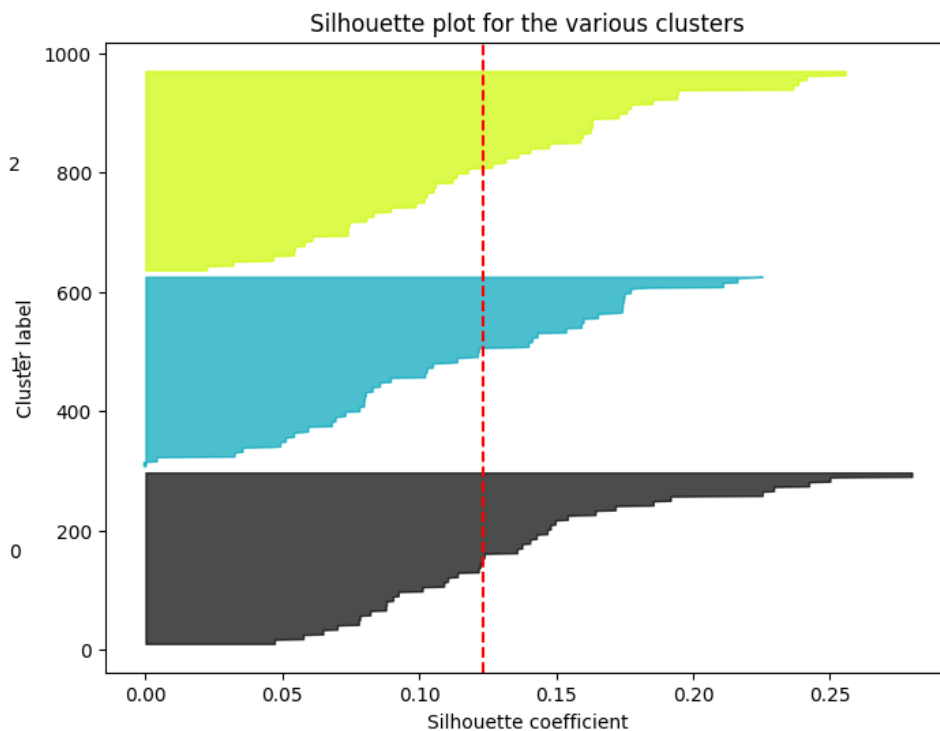
a. *Sum of Squared Error (SSE)*



Gambar 3 *Plot Sum of Squared Error (SEE)* per iterasi

Penurunan *SSE* menunjukkan kluster semakin kompak dan homogen. Nilai akhir relatif stabil, menandakan model berhenti pada titik optimal.

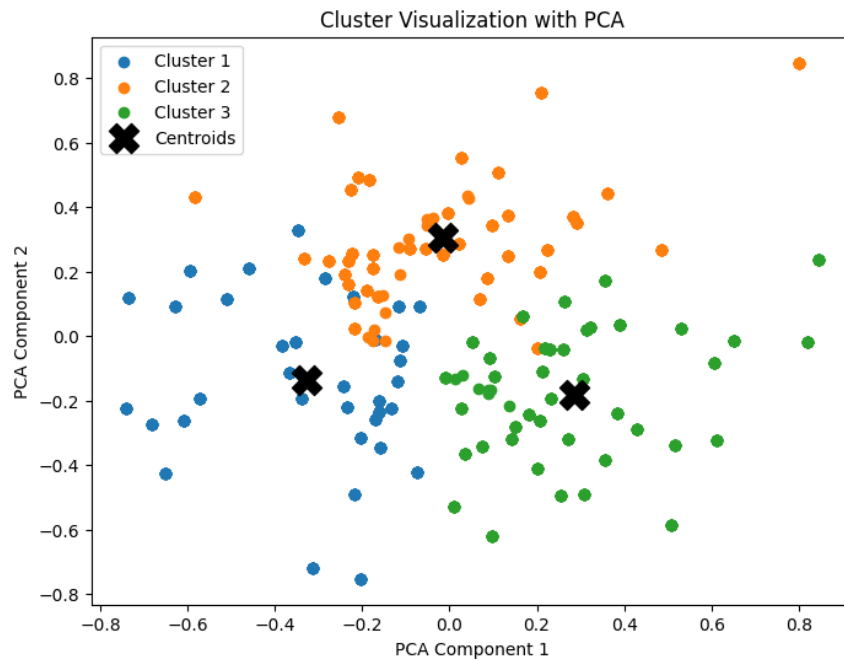
b. *Silhouette Coefficient*



Gambar 4 *Silhouette Coefficient*

Terdapat pertumpangtindihan antar kluster, khususnya kluster 2 dan 3. Wajar untuk data karakter yang bersifat non-linier dan tidak tersegmentasi tegas. Kluster tetap valid untuk penelitian sosial dan pendidikan karakter.

c. Visualisasi *PCA (Principal Component Analysis)*



Gambar 5. *Principal Component Analysis (PCA)*

Gambar 5 menampilkan hasil visualisasi *Principal Component Analysis (PCA)* yang mereduksi delapan indikator karakter ke dalam dua komponen utama. Grafik *PCA* menunjukkan bahwa kluster karakter rendah terpisah cukup jelas dibandingkan kluster karakter sedang dan tinggi yang berada pada posisi relatif berdekatan. Pola ini mengindikasikan bahwa siswa dengan karakter rendah memiliki ciri karakteristik yang lebih kontras, sehingga lebih mudah diidentifikasi untuk mendapatkan intervensi pembinaan. Adanya pertumpangtindihan antar kluster masih tergolong wajar mengingat data karakter siswa bersifat multidimensional dan tidak tersegmentasi secara tegas.

3.1.4 Rata-Rata Skor Tiap Indikator pada Masing-Masing Kluster

Tabel 8. Rata-rata skor tiap indicator

Indikator	Kluster 1 (Tinggi)	Kluster 2 (Sedang)	Kluster 3 (Rendah)
Kejujuran	4.23	3.38	2.74
Tanggung Jawab	3.96	3.26	3.11
Disiplin	2.96	3.46	3.37
Kerjasama	2.78	3.67	3.52
Toleransi	2.91	3.18	3.30
Kepedulian	2.26	3.41	3.65
Kebanggaan Tradisi	3.35	3.23	3.09
Gotong Royong	2.48	3.89	3.23

Berdasarkan proses iterasi pembaruan *centroid* hingga mencapai konvergensi, diperoleh tiga kluster karakter siswa, yaitu kluster karakter tinggi, kluster karakter sedang, dan kluster karakter rendah. Setiap kluster menunjukkan pola nilai indikator karakter yang berbeda, yang mencerminkan variasi tingkat perkembangan karakter siswa. Evaluasi kualitas kluster menunjukkan bahwa nilai *SSE* mengalami penurunan secara konsisten dan stabil pada iterasi akhir, menandakan bahwa kluster yang terbentuk bersifat kompak dan homogen. Nilai *Silhouette Coefficient* menunjukkan adanya tumpang tindih antar kluster, khususnya antara kluster sedang dan rendah. Namun, kondisi ini masih dapat diterima karena data karakter siswa bersifat nonlinier dan dinamis. Visualisasi menggunakan *Principal Component Analysis (PCA)* memperlihatkan bahwa kluster karakter rendah terpisah lebih jelas dibandingkan kluster karakter sedang dan tinggi, yang berada pada posisi relatif berdekatan.

## 3.2 PEMBAHASAN

### 3.2.1 Analisis Pola Karakter Siswa

Pengelompokan siswa menggunakan metode *K-Means Clustering* menunjukkan adanya variasi karakter yang signifikan antar kelompok. Kluster dengan nilai karakter tinggi didominasi oleh siswa yang memiliki kejujuran, tanggung jawab, dan kebanggaan terhadap tradisi lokal, sedangkan kluster rendah menunjukkan perlunya pembinaan karakter yang lebih intensif. Temuan ini sejalan dengan teori pendidikan karakter yang menekankan bahwa perkembangan karakter dipengaruhi oleh lingkungan dan strategi pembelajaran yang diterapkan di sekolah [15], [16].

### 3.2.2 Efektivitas Pembelajaran Hybrid Berbasis Kearifan Lokal

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran hybrid berbasis kearifan lokal mampu meningkatkan partisipasi dan interaksi sosial siswa, khususnya pada kluster sedang dan tinggi. Integrasi nilai budaya lokal seperti gotong royong, toleransi, dan unggah-ungguh berkontribusi dalam memperkuat sikap sosial siswa selama proses pembelajaran berlangsung. Hal ini mendukung temuan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa model pembelajaran hybrid memberikan fleksibilitas dan efektivitas dalam penguatan karakter siswa [17], [18], [5].

### 3.2.3 Peran *K-Means Clustering* dalam Evaluasi Karakter

Penerapan *K-Means Clustering* terbukti efektif dalam mengelompokkan siswa secara objektif berdasarkan delapan indikator karakter. Metode ini membantu guru dan pihak sekolah dalam merancang strategi pembelajaran diferensiasi sesuai dengan kebutuhan masing-masing kluster. Pendekatan data mining dalam konteks pendidikan memungkinkan evaluasi karakter siswa dilakukan secara terukur dan berbasis data empiris [19], [6].

Namun demikian, penelitian lebih memperlihatkan perbedaan karakter yang terlihat pada indikator disiplin, tanggung jawab, kerja sama, dan gotong royong. Evaluasi kualitas kluster menunjukkan nilai *Sum of Squared Error (SSE)* sebesar 536,64 dengan pola penurunan yang stabil, serta nilai *Silhouette Score* sebesar 0,123 menunjukkan struktur kluster cukup terbentuk meskipun terdapat tumpang tindih karakter yang wajar pada perilaku manusia. Visualisasi menggunakan *Principal Component Analysis (PCA)* memperlihatkan kluster karakter tinggi terpisah lebih jelas dibandingkan kluster sedang dan rendah.

### 3.2.4 Evaluasi Kualitas Kluster

Nilai *Sum of Squared Error (SSE)* yang menurun pada setiap iterasi menunjukkan bahwa kluster yang terbentuk semakin homogen. Meskipun nilai

---

*Silhouette Coefficient* menunjukkan adanya tumpang tindih antar kluster, kondisi tersebut masih dapat diterima mengingat data karakter bersifat non-linier dan kompleks. Hal ini sesuai dengan karakteristik data sosial yang umumnya tidak memiliki batas kluster yang tegas [20].

### 3.2.5 Implikasi terhadap Pendidikan Abad ke-21

Hasil penelitian ini menegaskan bahwa integrasi analitik data dengan pendidikan karakter merupakan pendekatan yang relevan dalam pendidikan abad ke-21. Pemanfaatan data mining tidak hanya mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti, tetapi juga memperkuat implementasi pendidikan karakter secara kontekstual dan berkelanjutan [21][22]. Hasil *K-Means Clustering* menunjukkan adanya variasi karakter siswa yang signifikan, di mana kluster karakter tinggi memiliki kekuatan pada aspek budaya dan sosial, kluster karakter saat ini memperlihatkan kestabilan dengan kemungkinan peningkatan, sementara kluster karakter yang rendah memerlukan bimbingan yang lebih mendalam. Hasil ini konsisten dengan teori pendidikan karakter Lickona yang menekankan bahwa lingkungan dan strategi pembelajaran berpengaruh pada perkembangan karakter. Implementasi pembelajaran hybrid berbasis kearifan lokal terbukti efektif dalam mengakomodasi perbedaan karakter tersebut, dengan siswa pada kluster karakter tinggi menunjukkan partisipasi aktif, kluster sedang mengalami peningkatan interaksi dan toleransi, serta kluster rendah memperoleh manfaat dari pendekatan inklusif dan fleksibel. Integrasi nilai budaya seperti gotong royong, unggah-ungguh, dan tanggung jawab berperan penting dalam memperkuat sikap sosial siswa selama proses pembelajaran hybrid.

Selain itu, metode *K-Means Clustering* terbukti efektif sebagai alat evaluasi karakter siswa karena mampu menghasilkan pengelompokan yang objektif dan berbasis data, mendukung penerapan pembelajaran diferensiasi [23], [24], serta menyediakan dasar empiris bagi pengambilan keputusan sekolah. Meskipun nilai *Silhouette Score* relatif rendah, hasil kluster tetap logis dan representatif dalam konteks data perilaku manusia. Pengelompokan ini memungkinkan penerapan strategi pembelajaran hybrid yang bersifat personal dan *evidence-based* bagi seluruh siswa [25]. Secara umum, studi ini mengungkapkan bahwa kolaborasi antara *data mining* dan pengembangan karakter dapat menciptakan pemetaan karakter yang dapat diukur, meningkatkan efektivitas pendidikan karakter yang terintegrasi dengan budaya lokal, serta sejalan dengan kebutuhan pendidikan di abad ke-21 yang menekankan pada penggunaan analisis data dalam proses pembelajaran.

## 4. SIMPULAN

Penerapan pendidikan karakter *hybrid* berbasis kearifan lokal terbukti mampu mengakomodasi perbedaan karakter antar kluster. Model hybrid yang memadukan pembelajaran daring dan luring serta aktivitas berbasis budaya lokal, seperti gotong royong, tanggung jawab, toleransi, dan kepedulian sosial, efektif dalam memperkuat karakter siswa secara bertahap. Selain itu, integrasi metode data mining dalam pendidikan karakter memungkinkan sekolah melakukan pengambilan keputusan berbasis data. Dengan demikian, sistem yang diusulkan memberikan kontribusi unik dalam bentuk pemetaan karakter berbasis data sebagai dasar perancangan pembelajaran diferensiasi dan pembinaan karakter yang lebih kontekstual, adaptif, dan relevan dengan kebutuhan siswa sekolah menengah kejuruan

Pembelajaran diferensiasi yang disesuaikan dengan karakteristik masing-masing kluster siswa, dengan memberikan peran kepemimpinan kepada siswa pada kluster karakter tinggi, seperti ketua kelompok atau duta budaya sekolah, memfokuskan siswa

---

pada kluster karakter sedang pada proyek kolaboratif yang mendorong interaksi sosial dan kerja sama, serta memberikan pendampingan karakter yang lebih intensif kepada siswa pada kluster karakter rendah melalui bimbingan, konseling, dan keterlibatan dalam aktivitas budaya yang kontekstual, sekaligus mengoptimalkan pembelajaran hybrid yang memadukan kegiatan daring dan luring agar pengalaman belajar lebih bermakna. Siswa dapat berpartisipasi aktif dalam pembelajaran hybrid, kegiatan budaya, dan program pembiasaan karakter di sekolah, khususnya siswa pada kluster karakter rendah yang dianjurkan mengikuti program pendampingan secara konsisten untuk meningkatkan tanggung jawab, kedisiplinan, dan kerja sama.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih kepada Hanafi, S.Kom., M. Eng., Ph.D. selaku pembimbing; Dr. Win Listyaningrum Arifin, MA, M.Pd. selaku konselor selama penulisan; Kepala SMK Bhakti Karya Simo, para guru, dan siswa yang telah berpartisipasi aktif serta memberikan data yang diperlukan selama proses penelitian. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan pendidikan karakter berbasis data dan kearifan lokal di lingkungan pendidikan kejuruan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. I. N. L. Arifin, "Negotiating Identities : First-Year Students And Inclusive Multicultural Education At Uin Salatiga," vol. 6, no. 2, pp. 133–143, 2025.
- [2] L. Yolanda, "Pendidikan Di Indonesia".
- [3] R. Ardiansyah, J. Lidah Wetan, and S. Koresponden, "Integrasi Nilai-Nilai Kearifan Lokal dalam Pendidikan Karakter Siswa Sekolah Dasar di Kawasan Multikultural," *J. Sos. Hum. dan Pendidik.*, vol. 7, no. 1, pp. 175–193, 2025.
- [4] Nesya Wulan Sari, Pramono, and Ajeng Putri Pratiwi, "Penerapan Program Pendidikan Karakter Pada Anak Usia Dini Berbasis Kearifan Lokal: Systematic Literatur Review," *Didakt. J. Kependidikan*, vol. 14, no. 3, pp. 3773–3780, 2025, doi: 10.58230/27454312.2254.
- [5] Sunaji, "Pesantren Kauman Lasem Dalam Meningkatkan," vol. 2, no. 2, pp. 541–552, 2024.
- [6] S. Khadijah and Z. Tasir, "Educational data mining : A review," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 97, pp. 320–324, 2013, doi: 10.1016/j.sbspro.2013.10.240.
- [7] M. Handayani, "Clustering Minat Pembeli Produk Furniture Menggunakan Algoritma K- Means untuk Strategi Penjualan," pp. 518–526, 2025, doi: 10.33364/algoritma/v.22-2.2625.
- [8] A. Soesana *et al.*, *Metodologi Penelitian Kuantitatif*. 2023.
- [9] J. W. Cresswel and J. D. Cresswel, *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*, 5th ed. Thousand Oaks: Sage Publication, 2018.
- [10] Sugiyono, *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. 2020.
- [11] I. A. Nur Afifah and H. Nurdiyanto, "Data Mining Clustering Dalam Pengelompokan Buku Perpustakaan Menggunakan Algoritma K-Means," *JIPi (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.*, vol. 8, no. 3, pp. 802–814, 2023, doi: 10.29100/jipi.v8i3.3891.

- 
- [12] P. P. Allorerung, A. Erna, M. Bagussahrir, and S. Alam, "Analisis Performa Normalisasi Data untuk Klasifikasi K-Nearest Neighbor pada Dataset Penyakit," *JISKA (Jurnal Inform. Sunan Kalijaga)*, vol. 9, no. 3, pp. 178–191, 2024, doi: 10.14421/jiska.2024.9.3.178-191.
- [13] D. A. I. C. Dewi and D. A. K. Pramita, "Comparative Analysis of Elbow and Silhouette Methods On K-Medoids Clustering Algorithm in Balinese Craft Production Grouping," *Matrix J.*, vol. 9, no. 3, pp. 102–109, 2019.
- [14] Abdussalam Amrullah, Intam Purnamasari, Betha Nurina Sari, Garno, and Apriade Voutama, "Analisis Cluster Faktor Penunjang Pendidikan Menggunakan Algoritma K-Means (Studi Kasus: Kabupaten Karawang)," *J. Inform. dan Rekayasa Elektron.*, vol. 5, no. 2, pp. 244–252, 2022, doi: 10.36595/jire.v5i2.701.
- [15] L. S. VYGOTSKY, *Mind in Society*. Harvard University Press, 1978. doi: 10.2307/j.ctvjf9vz4.
- [16] T. Lickona, *Educating for Character*. New York: Bantam, 1991.
- [17] D. Garrison and N. Vaughan, *Blended Learning in Higher Education: Framework, Principles, and Guidelines*. 2008. doi: 10.1002/9781118269558.
- [18] E. Stacey and P. Gerbic, "Introduction to blended learning practices," *Eff. Blended Learn. Pract. Evidence-Based Perspect. ICT-Facilitated Educ.*, pp. 1–19, 2009, doi: 10.4018/978-1-60566-296-1.ch001.
- [19] M. Kamber and I. Database, "Data Mining: Concepts and Techniques Chapter 6 : Mining Association Association Rule : Basic Concepts Rule Measures : Support and Association Rule Mining : A Road Map Mining Frequent Itemsets : the The Apriori Algorithm — Example," pp. 1–7, 2003.
- [20] J. MacQueen, "Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations," *Proc. 5th Berkeley Symp. Math. Stat. Probab.*, vol. 1, pp. 281–297, 1967.
- [21] W. Safitri, "Penggunaan Data Mining Untuk Analisis Pola Perilaku Pengguna Dalam Aplikasi Mobile," *Logicloom*, vol. 1, no. 5, pp. 1–21, 2024, [Online]. Available: <https://logicloom.id/index.php/Jurnallogicloom/article/view/112>
- [22] N. Hendrastuty, "Penerapan Data Mining Menggunakan Algoritma K-Means Clustering Dalam Evaluasi Hasil Pembelajaran Siswa," *J. Ilm. Inform. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 1, pp. 46–56, 2024, doi: 10.58602/jima-ilkom.v3i1.26.
- [23] D. Anggraeni, R. Rizaldi, and G. M. Putra, "Penerapan K-Means Clustering Untuk Pengelompokan Kelas Pada Taman Kanak-Kanak," *Build. Informatics, Technol. Sci.*, vol. 3, no. 3, pp. 400–404, 2021, doi: 10.47065/bits.v3i3.1125.
- [24] R. Mar and F. Rozi, "Penerapan K-Means Clustering dengan Evaluasi V-Measure untuk Pengelompokan Wilayah Berdasarkan Data Potensi Sumber Kesejahteraan Sosial," vol. 5, no. 1, pp. 72–87, 2025.
- [25] A. M. A. Saputra, N. Huriati, A. Lahiya, A. Bahansubu, A. Rofi'i, and T. Taupiq, "Pendidikan Karakter Melalui Pembelajaran Hybrid Berbasis Kearifan Lokal Untuk Mengembangkan Potensi Siswa," *J. Educ.*, vol. 6, no. 1, pp. 1102–1110, 2023, doi: 10.31004/joe.v6i1.3050.