

Analisis Pola Kinerja Pendidikan di Provinsi Jawa Tengah Menggunakan Metode *Clustering K-Mens*

DOI: <http://dx.doi.org/10.35889/jutisi.v14i2.2756>

Creative Commons License 4.0 (CC BY – NC)



Naufal Hazim^{1*}, Veronica Lusiana²

Teknik Informatika, Universitas Stikubank (Unisbank) Semarang, Semarang, Indonesia

*e-mail Corresponding Author. Naufalhazim2020@gmail.com

Abstract

This study aims to analyze the pattern of educational performance in Central Java Province using the K-Means Clustering method. The three main indicators used in this analysis are School Participation Rate, Gross Participation Rate, and Pure Participation Rate. The data used is secondary data from the Central Statistics Agency in 2023 which covers 35 districts/cities. Before clustering, the data is normalized. Determination of the optimal number of clusters is carried out using the Elbow method and the test results show that the best number of clusters is three which is marked by the elbow point on the SSE graph. The validity of clustering is strengthened by calculating the distance between centroids where the furthest distance reaches 0.603 indicating significant cluster separation. The final result of clustering divides districts/cities into three groups: clusters with high medium, and low education performance. These findings can be used as a basis for local governments in formulating more targeted policies in order to realize equal distribution of quality and access to education in Central Java Province.

Keywords: K-Means; Education; Clustering; Elbow Methode

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola kinerja pendidikan di Provinsi Jawa Tengah menggunakan metode *Clustering K-Means*. Tiga indikator utama yang digunakan dalam analisis ini adalah Angka Partisipasi Sekolah, Angka Partisipasi Kasar, Angka Partisipasi Murni. Data yang digunakan merupakan data sekunder dari Badan Pusat Statistik tahun (BPS) 2023 yang mencakup 35 kabupaten/kota. Sebelum dilakukan klasterisasi, data dinormalisasi. Penentuan jumlah klaster optimal dilakukan dengan metode Elbow dan hasil pengujian menunjukkan bahwa jumlah klaster terbaik adalah tiga yang ditandai dengan titik siku (*elbow*) pada grafik SSE. Validitas klasterisasi diperkuat dengan perhitungan jarak antar centroid di mana jarak terjauh mencapai 0,603 menunjukkan pemisahan klaster yang signifikan. Hasil akhir klasterisasi membagi kabupaten/kota ke dalam tiga kelompok klaster dengan kinerja pendidikan tinggi, sedang, dan rendah. Temuan ini dapat dijadikan landasan oleh pemerintah daerah dalam merumuskan kebijakan yang lebih tepat sasaran guna mewujudkan pemerataan mutu dan akses pendidikan di Provinsi Jawa Tengah.

Kata kunci: K-Means; Pendidikan; Klastering; Metode Elbow

1. Pendahuluan

Pendidikan merupakan salah satu sarana untuk menciptakan dan meningkatkan kualitas sumber daya manusia yang lebih baik. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan manusia. Pembangunan nasional atau khususnya peningkatan pembangunan ekonomi juga salah satu peranan pendidikan [1]. Namun, pendidikan di Indonesia saat ini masih belum merata dan terdapat perbedaan kualitas pendidikan yang signifikan antara daerah satu dengan yang lain. beberapa daerah di Indonesia masih menghadapi tantangan dalam mencapai standar pendidikan yang memadai[2].

Salah satu parameter keberhasilan pendidikan dapat dilihat dari indikator pendidikan di suatu daerah. Indikator pendidikan di Indonesia memiliki komponen yang berbeda-beda. Salah satu indikator yang mendukung keberhasilan pendidikan adalah menuntaskan Angka Partisipasi

Kasar, Angka Partisipasi Murni mutu pendidikan hingga minimal mencapai 95%. Berdasarkan pernyataan tersebut pendidikan di Nusa Tenggara Timur masih belum maksimal. Apabila ditinjau dari jenjang pendidikan formal khususnya pada jenjang Pendidikan SMA/SMK/MA. Hal ini dapat dilihat dari data Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Nusa Tenggara Timur 3 tahun terakhir yaitu tahun 2019-2021 untuk usia SMA berturut-turut persentase APK sebesar 84,63%, 84,70% dan 86,36%, dan untuk persentase APM sebesar 53,68%, 54,09% dan 54,29%. Data ini menunjukkan bahwa persentase APK dan APM usia SMA/SMK/MA di Nusa Tenggara Timur masih rendah karena belum mencapai 95% [3].

berdasarkan kondisi tersebut penting dilakukan pengelompokan provinsi di Indonesia berdasarkan indikator pendidikan dengan menggunakan metode clustering. didapatkan APM dan APK terendah berada di Kabupaten Sampang, yaitu sebesar 26,44 persen dan 35,26 persen. Hasil pengelompokan paling optimum sebanyak 2 kelompok dengan metode *c-means* dan *fuzzy c-means*. Namun, pada penelitian tersebut belum terdapat visualisasi dari hasil kelompok yang terbentuk"[4].

Sebagai solusi atas ketimpangan pendidikan antar wilayah di Provinsi Jawa Tengah, penelitian ini menggunakan algoritma K-Means untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah berdasarkan 3 indikator pendidikan. Algoritma K-Means di pilih karena mampu mengidentifikasi pola tersembunyi dalam data secara objektif dan efisien. Metode ini terbukti efektif dalam berbagai studi sebelumnya, seperti oleh Gustino & Suprpti (2024)[5] dan Maryam dkk.(2024)[6]. Berhasil mengelompokkan wilayah atau sekolah berdasarkan karakteristik pendidikan secara akurat. Oleh karena itu, K-Means dianggap tepat untuk mendukung perumusan kebijakan yang lebih terarah dan berbasis data.

Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengelompokkan indikator Pendidikan berdasarkan parameter yaitu Angka Partisipasi Sekolah, Angka Partisipasi Kasar, Angka Partisipasi Murni di provinsi Jawa Tengah menggunakan metode clustering K-Means. Hasil pengelompokan ini mengenai kondisi mutu, aksesibilitas pendidikan pada masing-masing Kota/Kabupaten, sehingga dapat menjadi acuan dan pertimbangan penting bagi pemerintah dan pengambil keputusan dalam menyusun kebijakan demi pemerataan mutu dan aksesibilitas pendidikan di Provinsi Jawa Tengah. Dengan mengetahui daerah Kota/Kabupaten di Provinsi Jawa Tengah yang masih rendah kualitas pendidikannya, pemerintah dan lembaga terkait dapat lebih fokus dan terarah dalam mencari solusi dan menyusun langkah perbaikan. Hal ini nantinya juga dapat berguna bagi masyarakat, sekolah, dan lainnya, demi terciptanya mutu dan aksesibilitas pendidikan yang lebih merata, unggul, dan dapat diandalkan demi masa depan bangsa.

2. Tinjauan Pustaka

Penelitian yang dilakukan Gustino dan Tati Suprpti membahas mengenai "Analisis Desa Di Kecamatan Krangkeng Berdasarkan Tingkat Pendidikan Menggunakan Algoritma K-Means". Hasilnya memaparkan tingkat Pendidikan di Kecamatan Krangkeng tahun 2023 berjumlah 11 desa dan 3 cluster, sehingga anggota cluster 0 berjumlah 4 desa, cluster. Dapat kita simpulkan bahwa 1 memiliki total 4 anggota. Dua dari enam desa dan klaster memimpin total satu desa. Berdasarkan hasil analisis klaster yang dilakukan diketahui bahwa klaster 2 merupakan kelompok desa dengan tingkat pendidikan tinggi, sedangkan klaster 0 merupakan kelompok desa dengan tingkat pendidikan rendah [5].

Penelitian yang dilakukan Siti Maryam, Rini Astuti, dan Fadhil M. Basysyar membahas mengenai "Optimalisasi Jumlah *Cluster* Data Sekolah Dasar (SD) Menggunakan Algoritma *K-Means Clustering*". Hasilnya memaparkan bahwa jumlah *cluster* yang paling optimal untuk pengelompokan data SD adalah 10 *cluster*, berdasarkan nilai *Davies Bouldin Indeks (DBI)* terendah 0,450 menggunakan parameter *Measure Types Numerical Measures* jenis *Manhattan Distance* dan proses iterasi berhenti pada iterasi ke 10, karena pada iterasi tersebut nilai centroid dan keanggotaan pada setiap *cluster* sudah stabil[6].

Penelitian yang dilakukan Cahya Kamila, M. Adiyama A.S, Gabriella Resi Namang, Rizky Ramadham Fadilah Syah membahas mengenai "Penggunaan Algoritma *K-Means* Untuk *Clustering* Di Indonesia dalam Bidang Pendidikan". Hasil ini menerapkan bahwa metode K-Means sudah teruji dan dapat digunakan untuk melakukan *clustering* pada bidang pendidikan. Karena telah dikemukakan oleh beberapa paper, salah satunya 12 paper yang telah kami olah yang terbukti berhasil dapat diterapkan pada bidang pendidikan untuk melakukan kegiatan yang berkaitan dengan seleksi penerimaan baik untuk mahasiswa/peserta didik baru maupun penerima beasiswa, melihat bagaimana tingkat kualitas pendidikan yang terbentuk baik itu dari

sisi pendidik, peserta didik, lingkungan pendidikan dan pembelajaran yang berguna sebagai bahan evaluasi atau bahan untuk membuat keputusan selanjutnya[7].

State of the art dalam Studi ini melibatkan algoritma *K-Means* sebagai metode utama dalam proses klusterisasi untuk mengidentifikasi pola kinerja pendidikan di Provinsi Jawa Tengah berdasarkan indikator Angka Partisipasi Sekolah, Angka Partisipasi Murni, dan Angka Partisipasi Kasar. Penggunaan metode *K-Means* dalam bidang pendidikan telah banyak diterapkan dalam penelitian sebelumnya. Gustino dan Tati Suprpti [5], misalnya, menerapkan algoritma *K-Means* untuk mengelompokkan desa di Kecamatan Krangkeng berdasarkan tingkat pendidikan, dan hasilnya menunjukkan pembentukan tiga kluster dengan karakteristik tingkat pendidikan yang berbeda. Sementara itu, penelitian oleh Siti Maryam dkk [6]. mengoptimalkan jumlah kluster dalam data Sekolah Dasar dengan menggunakan *indeks Davies-Bouldin* dan jenis jarak Manhattan, dan menemukan bahwa 10 kluster merupakan hasil paling optimal. Di sisi lain, penelitian oleh Cahya Kamila dkk [7]. Memperkuat bahwa algoritma *K-Means* telah terbukti relevan dalam berbagai konteks pendidikan, mulai dari seleksi peserta didik hingga evaluasi kualitas pendidikan. Studi ini berbeda karena secara khusus melibatkan pendekatan klusterisasi wilayah kabupaten/kota untuk menggambarkan kondisi pendidikan secara spasial sebagai dasar pertimbangan perumusan kebijakan pemerataan pendidikan.

3. Metode Penelitian

Metodologi penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. *Clustering K-Means* yang diterapkan dalam pembentukan *cluster*. Penelitian ini menerapkan Pola Kinerja Pendidikan yang mencakup berbagai indikator seperti Angka Partisipasi Sekolah, Angka Partisipasi Murni, Angka Partisipasi Kasar. Pengelompokkannya menggunakan Algoritma *Clustering K-Means* dan jumlah *cluster* menggunakan Metode *Elbow*.

3.1 Algoritma K-Means

Algoritma *K-Means* adalah Algoritma *K-Means* mengelompokkan data dengan cara menghitung jarak antara setiap data dengan centroid kluster, yang diperoleh melalui proses iteratif.[8]. *K-means* merupakan sebuah metode dalam penambangan data yang bermanfaat untuk mengelompokkan data yang tidak memiliki tingkatan atau hanya bersifat partisi [9]. Metode ini bertujuan untuk meminimalisir fungsi objektif yang diatur pada proses *clustering* atau pengklusteran dengan meminimalkan variasi antar data yang terdapat dalam suatu *cluster* dan memaksimalkan variasi dengan data yang terdapat pada cluster lain [10]. *K-means* adalah algoritma clustering yang membagi masing-masing item data ke dalam satu *cluster*. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam algoritma *K-means*[11].

Langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut:

- 1) Tentukan jumlah kluster (*k*) pada data set
- 2) Penentuan nilai *centroid* pada ahap awal dilakukan secara random, sedangkan pada tahap iterasi digunakan rumus seperti pada persamaan berikut ini:

$$V_k = \frac{\sum_{i=1}^{N_k} X_i}{N_k} \quad (1)$$

Keterangan:

V_k = *Centroid* pada cluster ke *k*

X_i = Data ke *i*

N_k = Banyaknya objek/jumlah data yang menjadi anggota kluster ke *k*

- 3) Pada masing-masing record, hitung jarak terdekat dengan centroid. Jarak centroid yang digunakan adalah *Euclidean Distance*, dengan rumus seperti di bawah ini:

$$D_E = \sqrt{(x_i - s_i)^2 + (y_i - t_i)^2} \quad (2)$$

Keterangan:

D_E = *Euclidean Distance*

i = Banyaknya Objek

(*x*,*y*) = Koordinat Objek

(*s*,*t*) = Koordinat Centroid

- 4) Kelompokkan objek berdasarkan jarak ke centroid terdekat

- 5) Ulangi langkah ke-2, lakukan iterasi hingga centroid bernilai optimal

3.2 Data dan Parameter analisis

Penelitian ini menggunakan data sekunder kuantitatif yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS), dengan objek kajian berupa 35 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah. Parameter yang dianalisis meliputi tiga indikator utama, yaitu Angka Partisipasi Sekolah (APS), Angka Partisipasi Kasar (APK), dan Angka Partisipasi Murni (APM), yang mencerminkan tingkat akses dan partisipasi masyarakat dalam pendidikan formal. Metode analisis yang digunakan adalah algoritma *K-Means Clustering* untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan pola kinerja pendidikan. Penentuan jumlah kluster optimal dilakukan menggunakan *Elbow Method*. Parameter output dari proses ini berupa hasil pengelompokan kabupaten/kota ke dalam beberapa kluster yang menggambarkan karakteristik kinerja pendidikan yang serupa. Sampel data yang digunakan sebanyak 35 kabupaten/kota yang menjadi fokus penelitian.

3.3 Metode Pengujian Sistem

Pada bagian pengujian sistem ini, metode yang digunakan *elbow Methode* bertujuan untuk mengevaluasi performa Algoritma K-Means. *Metode Elbow* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan jumlah cluster terbaik, yaitu dengan cara melihat presentase setiap *cluster* yang akan membentuk siku pada suatu titik tertentu [12]. Metode *elbow* di terapkan untuk menentukan jumlah cluster yang optimal dengan membandingkan jumlah cluster yang membentuk siku pada grafik perbandingan *SSE (Sum of Square Error)* [13].

Metode Elbow adalah salah satu metode yang merupakan proses evaluasi sekaligus juga digunakan untuk menemukan nilai k optimum dari perulangan proses uji nilai k [14]. Metode Elbow merupakan teknik yang digunakan untuk menentukan jumlah *cluster* (c) optimal dengan cara menghitung nilai *Sum of Square Error (SSE)* dari masing-masing *cluster* [15]. imana k adalah banyaknya kelompok yang digunakan pada algoritma *K-Means*, Xi adalah jumlah data dan Ck adalah banyaknya kluster pada kluster ke K. Berikut ini tahapan algoritma metode Elbow dalam menentukan nilai K pada K-Means [16]:

1. Menginisialisasi awal nilai k ;
2. Menaikan nilai k ;
3. Menghitung hasil *sum of square error* dari tiap nilai k ;
4. Analisis hasil *sum of square error* dari nilai k yang mengalami penurunan secara drastis;
5. Cari dan tetapkan nilai k yang berbentuk siku

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Implementasi K-Means

Data yang di gunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2023 yang mencakup 35 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah. Tiga indikator pendidikan yang dianalisis dalam penelitian ini adalah Angka Partisipasi Sekolah, Angka Partisipasi Kasar, Angka Partisipasi Murni. Ketiga indikator ini merepresentasikan akses dan keterlibatan masyarakat terhadap pendidikan formal pada tingkat dasar hingga menengah. Sebelum proses klusterisasi dilakukan, data terlebih dahulu melalui tahapan pra-pemrosesan, yaitu normalisasi menggunakan teknik *Min-Max Scaling* agar setiap indikator berada dalam skala yang seragam. Hal ini penting untuk memastikan bahwa tidak ada satu indikator pun yang mendominasi proses penghitungan jarak dalam algoritma *K-Means*.

Tabel 1. Data Indikator Pendidikan:

No.	Nama	APS	APK	APM
1	Kabupaten Cilacap	99,76	104,38	99,76
2	Kabupaten Banyumas	99,62	108,7	99,62
3	Kabupaten Purbalingga	99,45	103,44	93,98
4	Kabupaten Banjarnegara	99,48	103,8	99,48
5	Kabupaten Kebumen	99,74	108,92	99,74
6	Kabupaten Purworejo	99,99	105,15	99,69
7	Kabupaten Wonosobo	99,78	104,6	97,91
8	Kabupaten Magelang	99,54	104,84	97,75
9	Kabupaten Boyolali	99,84	104,89	96,6
10	Kabupaten Klaten	99,99	101,8	97,61
11	Kabupaten Sukoharjo	99,67	103,95	99,67
12	Kabupaten Wonogiri	98,93	103,6	98,93

No.	Nama	APS	APK	APM
13	Kabupaten Karanganyar	99,38	102,73	96,18
14	Kabupaten Sragen	99,7	103,51	98,37
15	Kabupaten Grobogan	99,64	108,07	99,64
16	Kabupaten Blora	99,75	104,67	99,75
17	Kabupaten Rembang	99,2	104	97,84
18	Kabupaten Pati	98,9	100,19	95,92
19	Kabupaten Kudus	99,83	106,71	99,72
20	Kabupaten Jepara	99,45	106,79	99,45
21	Kabupaten Demak	99,67	104,63	94,6
22	Kabupaten Semarang	99,49	105,6	99,49
23	Kabupaten Temanggung	99,34	106,52	99,34
24	Kabupaten Kendal	99,72	106,33	96,6
25	Kabupaten Batang	98,92	109,13	97,89
26	Kabupaten Pekalongan	99,99	104,49	97,73
27	Kabupaten Pemalang	99,07	105,02	99,07
28	Kabupaten Tegal	99,54	103,55	97,92
29	Kabupaten Brebes	99,41	104,77	99,41
30	Kota Magelang	99,96	104,77	99,96
31	Kota Surakarta	99,98	105,59	99,41
32	Kota Salatiga	99,97	106,05	99,97
33	Kota Semarang	99,75	102,43	99,75
34	Kota Pekalongan	99,98	107,79	99,56
35	Kota Tegal	99,98	109,45	98,34

Seluruh data kemudian dinormalisasi menggunakan teknik *Min-Max Scaling* agar setiap indikator berada dalam rentang [0–1]. Langkah ini dilakukan untuk mencegah bias skala, yaitu ketimpangan pengaruh antar variabel karena perbedaan nilai absolut. Setelah proses normalisasi, dilakukan penentuan jumlah kluster optimal menggunakan metode *Elbow*. Metode ini mengevaluasi nilai *Sum of Square Error (SSE)* untuk berbagai nilai kluster (k). Grafik hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada nilai $k = 3$ mengalami perubahan arah signifikan dan membentuk titik “siku” (*Elbow Method*), sehingga jumlah kluster optimal ditetapkan sebanyak tiga. Langkah-langkah algoritma *K-Means* yang diterapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Inisialisasi jumlah kluster k sebesar 3, sesuai hasil metode *Elbow*
2. Menentukan *centroid* awal secara acak
3. Menghitung jarak tiap data ke *centroid* menggunakan rumus *Euclidean Distance*
4. Mengelompokkan data ke kluster berdasarkan jarak terdekat.
5. Menghitung ulang posisi *centroid* berdasarkan rata-rata data dalam masing-masing kluster.
6. Melakukan iterasi hingga posisi *centroid* tidak berubah signifikan (konvergen).
7. Menentukan kluster akhir untuk masing-masing kabupaten/kota.

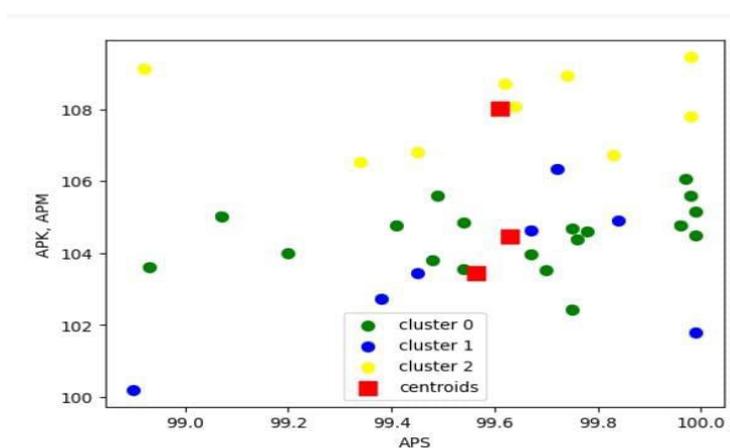
Hasil akhir dari proses ini adalah pembentukan tiga kluster utama yang mencerminkan perbedaan pola kinerja pendidikan di masing-masing wilayah. Untuk melihat seberapa dekat tiap data ke pusat klasternya, ditampilkan Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Jarak Antar Anggota Kluster dengan centroid

	C0	C1	C2
	0.568442	0.594767	0.568442
	0.559840	0.610867	0.559840
	0.579784	0.603045	0.547894
	0.568996	0.593706	0.568996
	0.559669	0.611180	0.559669
	0.567973	0.597283	0.566269
	0.571493	0.599099	0.560782
	0.570388	0.600758	0.560131
	0.573552	0.602562	0.554939

C0	C1	C2
0.578364	0.588833	0.564598
0.569089	0.593527	0.569089
0.568270	0.595095	0.568270
0.576851	0.596296	0.558277
0.572468	0.594345	0.564831
0.561093	0.608564	0.561093
0.567863	0.595872	0.567863
0.570555	0.598163	0.562733
0.580562	0.588134	0.563069
0.564298	0.603188	0.563677
0.563163	0.604728	0.563163
0.577076	0.605793	0.547721
0.565541	0.600273	0.565541
0.563456	0.604181	0.563456
0.570232	0.608030	0.552391
0.559335	0.617066	0.553511
0.572848	0.598629	0.559900
0.565801	0.599782	0.565801
0.572607	0.595675	0.563288
0.566980	0.597551	0.566980
0.568094	0.595431	0.568094
0.567596	0.599444	0.564360
0.565655	0.600057	0.565655
0.572180	0.587553	0.572180
0.563083	0.607069	0.560718
0.562022	0.615256	0.552803

Berdasarkan Tabel 3 dapat kita lihat jarak antar kluster yang paling tinggi adalah jarak kluster 1 dan 2 yaitu 0.603045 , kemudian jarak kluster 1 dan 2 yaitu 0.579784 , jarak antar kluster 0 dan 1 yaitu 0.559840



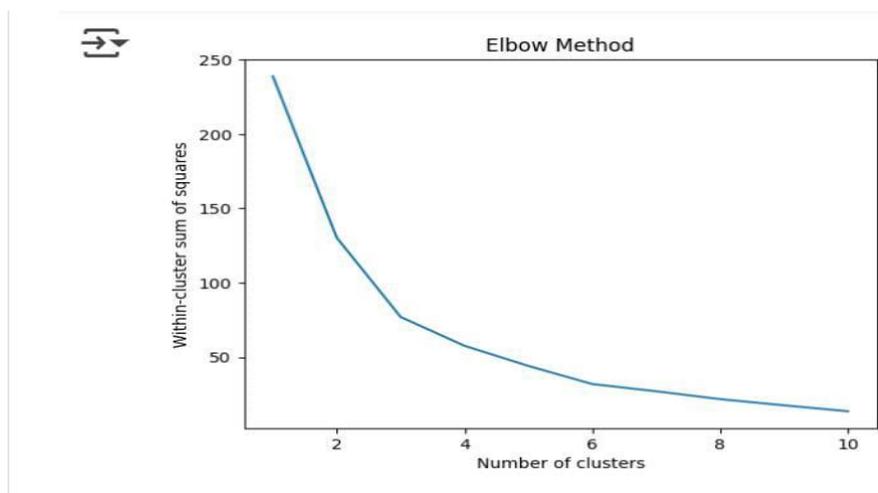
Gambar 1. Visualisasi Hasil Klusterisasi K-Means terhadap Data Pendidikan

Berdasarkan Gambar 1, menunjukkan hasil visualisasi klusterisasi dengan *Clustering K-Means* berdasarkan indikator Angka Partisipasi Sekolah, Angka Partisipasi Kasar, Angka Partisipasi Murni. Terdapat tiga kluster yang terbentuk: kluster 0 (biru), kluster 1 (hijau), kluster 2

(kuning). Titik merah menunjukkan posisi *centroid* dari masing-masing kluster. Berikut persebaran ini memperlihatkan perbedaan Pola Kinerja Pendidikan tiap wilayah di Provinsi Jawa Tengah, dengan centroid sebagai representasi rata-rata karakteristik tiap kluster.

4.2 Pengujian Performa Algoritma K-Means

Pengujian performa algoritma dilakukan untuk memastikan keakuratan dan efektivitas proses klusterisasi. Salah satu cara untuk mengevaluasi jumlah kluster optimal adalah dengan menggunakan metode *Elbow*, yaitu memplot nilai *Sum of Square Error* (SSE) terhadap berbagai nilai k (jumlah kluster). Hasil pengujian menggunakan metode *Elbow* ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 2. Hasil Pengujian Elbow Method

Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa nilai SSE mengalami penurunan yang tajam hingga pada titik $k = 3$, kemudian penurunannya mulai melandai. Titik ini membentuk sudut yang menyerupai siku (*elbow*), sehingga jumlah kluster optimal ditentukan sebanyak tiga. Untuk memperkuat hasil klusterisasi, dilakukan juga perhitungan jarak antar centroid. Jarak ini menggambarkan seberapa jauh perbedaan antar kluster yang terbentuk. Semakin besar jaraknya, semakin baik pemisahan kluster. Hasil perhitungan tersebut dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 3. Jarak Antar Kluster

Kluster	0	1	2
0	0.0000	0.559840	0.579784
1	0.559840	0.0000	0.603045
2	0.579784	0.603045	0.0000

Dari Tabel 3. dapat dilihat bahwa jarak antar kluster cukup besar dan merata, dengan jarak terdekat antara Kluster 0 dan 1 (0.559), serta jarak terjauh antara Kluster 1 dan 2 (0.603). Hal ini menunjukkan bahwa kluster yang terbentuk cukup terpisah secara karakteristik, sehingga hasil klusterisasi dapat dianggap valid.

4.3 Pembahasan

Hasil klusterisasi dengan algoritma *K-Means* membagi 35 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah ke dalam tiga kluster berdasarkan indikator pendidikan, yaitu Angka Partisipasi Sekolah (APS), Angka Partisipasi Murni (APM), Angka Partisipasi Kasar (APK). Ketiga indikator ini menggambarkan tingkat akses dan keterlibatan masyarakat dalam pendidikan formal. Kluster-kluster yang terbentuk merepresentasikan wilayah dengan kinerja pendidikan tinggi, sedang, dan rendah.

- 1) Berdasarkan hasil pengelompokan objek menggunakan analisis kluster *K-Means*, di mana objek yang dikelompokkan adalah indikator pendidikan dengan mengambil nilai rata-rata pada tahun 2023. Proses *clustering K-Means* memproses seluruh objek secara simultan,

dengan jumlah klaster (k) yang telah ditentukan sebelumnya. Dalam penelitian ini, penentuan $k = 3$ didasarkan pada kasus yang diteliti, yaitu untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan tingkat pendidikan di Provinsi Jawa Tengah.

- 2) Klaster pertama menunjukkan wilayah dengan nilai APS, APK dan APM yang tinggi, yang berarti akses dan partisipasi terhadap pendidikan sangat baik di berbagai jenjang. Wilayah-wilayah yang termasuk dalam klaster ini di antaranya adalah Kabupaten Banyumas, Kebumen, dan Batang.
- 3) Klaster kedua menunjukkan wilayah dengan nilai indikator yang cenderung sedang, terutama dalam hal APM, APK dan APS jika dibandingkan dengan klaster pertama. Beberapa kabupaten yang tergolong dalam klaster ini adalah Kabupaten Purbalingga, Wonosobo, Magelang, dan Boyolali.
- 4) Klaster ketiga berdasarkan interpretasi nilai indikator menunjukkan bahwa nilai APS, APK dan APM cenderung lebih rendah dibanding klaster lainnya, sehingga menggambarkan wilayah yang memerlukan perhatian lebih dalam hal peningkatan akses dan mutu pendidikan. Beberapa kabupaten yang tergolong dalam klaster ini antara lain adalah Banjarnegara, Purworejo, Sukoharjo, Wonogiri.

Pengelompokan ini memberikan gambaran yang dapat digunakan oleh pemerintah daerah dalam menyusun kebijakan yang lebih tepat sasaran, terutama pada daerah yang masih tertinggal dari sisi pendidikan. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian sebelumnya seperti Gustino (2024) [5] & Siti Maryam. (2024) [6]. Menunjukkan efektivitas *Clustering K-Means* dalam klasifikasi wilayah berdasarkan 3 indikator pendidikan. Dengan Demikian, penelitian ini tidak hanya memperkuat temuan terdahulu tetapi juga memberikan kontribusi baru dalam pemetaan pendidikan berbasis data di tingkat Kab/Kota di Provinsi Jawa Tengah serta menjadi rujukan awal dalam merancang kebijakan pemerataan pendidikan berbasis wilayah.

5) Simpulan

Penelitian ini telah mengelompokkan 35 Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah berdasarkan indikator pendidikan yaitu Angka Partisipasi Sekolah, Angka Partisipasi Kasar, dan Angka Partisipasi Murni menggunakan *Clustering K-Means*. Berdasarkan pengujian performa algoritma dengan Metode *Elbow* yang diperoleh dengan jumlah klaster yang optimal sebanyak tiga. Validitas hasil klasterisasi diperkuat dengan analisis jarak antar *centroid* yang menunjukkan pemisahan antar klaster cukup signifikan dengan jarak terbesar antara klaster 1 dan 2 sebesar 0.603. Hasil klasterisasi menunjukkan adanya tiga kelompok daerah dengan karakteristik kinerja pendidikan yang berbeda, yaitu klaster tinggi, klaster sedang, klaster rendah. Klaster pertama merepresentasikan daerah dengan akses dan partisipasi pendidikan yang sangat baik. Klaster kedua mencakup wilayah dengan performa pendidikan sedang, sedangkan klaster ketiga menunjukkan wilayah yang memerlukan perhatian khusus dalam peningkatan mutu dan akses pendidikan. Dengan demikian, algoritma *K-Means* terbukti efektif dalam memetakan Pola Kinerja Pendidikan di tingkat Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Tengah secara objektif dan terukur. Temuan ini dapat menjadi landasan bagi pemerintah daerah dalam merumuskan kebijakan yang lebih tepat sasaran guna mewujudkan pemerataan kualitas pendidikan di Provinsi Jawa Tengah.

Daftar Referensi

- [1] A. Amrullah, I. Purnamasari, B. N. Sari, Garno, and A. 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.
- [2] M. R. Putri, G. S. Nugraha, R. Dwiyanaputra, "Pengelompokan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Indikator Pendidikan Menggunakan Metode K-Means Clustering," *Journal Of Computer Science Informatics Engeneering*, vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2023, doi: 10.29303/jcosine.v7i1.509.
- [3] N. Lenama, M. A. Kleden, I. G. Prasangka, "K-Means Clustering Analysis Pada Pengelompokan Kabupaten/Kota Di Provinsi Nusa Tenggara Timur Berdasarkan Indikator Pendidikan." *J.Cakrawala Ilmiah (JCI)*, vol. 2, no. 23, pp. 132-140, 2023.
- [4] A. P. Fialine, D. A. Alodia, D. Endriani, E. Widodo, "Implementasi Metode K-Medoids Clustering untuk Pengelompokan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Indikator Pendidikan," *Journal. of Mathematic Education and Applied (Sepren)*, vol. 2, no. 2, pp. 1–13, 2021, doi: 10.36655/sepren.v2i2.606.

-
- [5] Gustino and T. Suprapti, "Analisis Desa Di Kecamatan Krangkeng Berdasarkan Tingkat Pendidikan Menggunakan Algoritma K-Means," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.,* vol. 8, no. 2, pp. 1861–1868, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i2.9220.
- [6] S. Maryam, R. Astuti, F. M. Basysyar, "Optimalisasi Jumlah Cluster Data Sekolah Dasar (Sd) Menggunakan Algoritma K-Means Clustering," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.,* vol. 7, no. 6, pp. 3640–3646, 2024, doi: 10.36040/jati.v7i6.8246.
- [7] C. Kamila, M. Adityama A.S., G. R. Namang, R. R. Fadhillah Syah, "Systematic Literature Review : Penggunaan Algoritma K-Means Untuk Clustering di Indonesia dalam Bidang Pendidikan," *Infomatika Dan Teknologi (Intech),* vol. 2, no. 1, pp. 19–24, 2021.
- [8] A. M. Nur, M. Saiful, H. Bahtiar, M. T. Hidayat, " Penerapan Algoritma K-Means Clustering Dalam Mengelompokkan Smartphone Yang Rekomendasi Berdasarkan Spesifikasi," *Infotek J. Inform. dan Teknol.,* vol. 7, no. 2, pp. 478–488, 2024.
- [9] H. Sa'diah, U. Enri, and T. N. Padilah, "Penerapan Algoritme K-Means Dalam Segmentasi Daerah Rawan Kekerasan Anak Di Jawa Barat," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.,* vol. 7, no. 2, pp. 1351–1357, 2023, doi: 10.36040/jati.v7i2.6838.
- [10] I. D. Anjani, A. Bahtiar, "Penerapan Algoritma K-Means Clustering Untuk Mengelompokkan Penerima Bantuan Sosial Tunai (Bst) Di Jawa Barat," *J. Mahasiswa Teknik Informatika (JATI),* vol. 8, no. 3, pp. 2743–2747, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i3.8974.
- [11] R. Kurniawan, M. Mukarrob, and Mahradianur, "Klasterisasi Tingkat Pendidikan Di Dki Jakarta Pada Tingkat Kecamatan Menggunakan Algoritma K-Means," *Technol. J. Ilm.,* vol. 12, no. 4, pp. 234-245, 2021, doi: 10.31602/tji.v12i4.5633.
- [12] M. Qusyairi, Z. Hidayatullah, A. Sandi, "Penerapan K-Means Clustering Dalam Pengelompokan Prestasi Siswa Dengan Optimasi Metode Elbow," *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi,* vol. 7, no. 2, pp. 500–510, 2024.
- [13] D. Fitriyani, M. Jajuli, Garno, "Implementasi Algoritma K-Means Untuk Klasterisasi Dalam Pengelolaan Persediaan Obat (Studi Kasus : Apotek Naza)," *J. Informatika dan Teknik Elektro Terapan,* vol. 12, no. 3, pp. 2841–2848, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4921.
- [14] A. W. Fuadah, F. N. Arifin, and O. Juwita, "Optimasi K-Klasterisasi Ketahanan Pangan Kabupaten Jember Menggunakan Metode Elbow," *INFORMAL Informatics Journal,* vol. 6, no. 3, pp. 136-145, 2021, doi: 10.19184/isj.v6i3.28363.
- [15] A. P. Riani, A. Voutama, and T. Ridwan, "Penerapan K-Means Clustering Dalam Pengelompokan Hasil Belajar Peserta Didik Dengan Metode Elbow," *J-SISKO TECH (Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD),* vol. 6, no. 1, pp. 164-173, 2023, doi: 10.53513/jsk.v6i1.7351.
- [16] M. Guntara and N. Lutfi, "Optimasi Cacah Klaster pada Klasterisasi dengan Algoritma KMeans Menggunakan Silhouette Coeficient dan Elbow Method," *JuTI "Jurnal Teknol. Informasi,"* vol. 2, no. 1, pp. 43-54, 2023, doi: 10.26798/juti.v2i1.944.