

Pengelompokan Sekolah Menengah Atas di Kota Bandung Berdasarkan Indikator Pendidikan dengan Metode *Ensemble ROCK*

Zahratun Nisa Fadhillah An Nur *, Reny Rian Marlina

Prodi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Islam Bandung, Indonesia.

nisazahratun65@gmail.com, renyrianmarlina@unisba.ac.id

Abstract. Education is a crucial aspect of national development. This study focuses on two key indicators of senior high school (SMA) education services in Bandung City: availability and quality, highlighting disparities in the distribution of students, teachers, and school facilities. These inequalities may hinder the effectiveness of the student zoning policy (PPDB). Therefore, clustering schools based on these characteristics is essential to support more equitable policy formulation. This research uses the Ensemble ROCK method, which can process both numerical and categorical data simultaneously. Numerical variables include the number of students, teachers, staff, classrooms, laboratories, libraries, and health rooms; while categorical variables include school status, accreditation, and curriculum. The data, obtained from Dapodik, covers 149 senior high schools. PCA was applied to address multicollinearity, producing three principal components. Numerical data were clustered using Ward's method, forming five optimal clusters. Categorical data were clustered using the ROCK algorithm with a threshold of 0.6. Finally, mixed data were clustered using the CEBMDC approach, resulting in five optimal clusters. The findings show that the clustering method effectively maps the conditions of high schools in Bandung City and can serve as a basis for more equitable and data-driven education policies.

Keywords: *Indicators Of Education, Clustering, Ensemble ROCK.*

Abstrak. Pendidikan adalah aspek penting dalam pembangunan bangsa. Penelitian ini memfokuskan pada dua indikator layanan pendidikan jenjang SMA di Kota Bandung, yaitu ketersediaan dan kualitas, dengan menyoroti ketimpangan distribusi siswa, guru, dan fasilitas sekolah. Ketimpangan ini berpotensi menghambat efektivitas kebijakan zonasi PPDB. Oleh karena itu, dilakukan pengelompokan sekolah untuk mendukung perumusan kebijakan yang lebih adil. Metode yang digunakan adalah *Ensemble ROCK*, yang mampu mengolah data numerik dan kategori secara bersamaan. Data numerik meliputi jumlah siswa, guru, tendik, ruang kelas, laboratorium, perpustakaan, dan UKS. Data kategori meliputi status, akreditasi, dan kurikulum sekolah. Data diambil dari Dapodik sebanyak 149 SMA. Analisis PCA digunakan untuk mengatasi multikolinearitas, menghasilkan 3 komponen utama. Data numerik dikelompokkan dengan *Ward's Method* membentuk 5 kluster optimal. Data kategori dikelompokkan menggunakan algoritma ROCK dengan *threshold* 0,6. Selanjutnya, data campuran diklasterisasi menggunakan pendekatan CEBMDC, menghasilkan 5 kluster optimal. Hasil penelitian menunjukkan metode klasterisasi efektif dalam memetakan kondisi sekolah dan dapat dijadikan dasar dalam perumusan kebijakan pendidikan yang lebih merata dan berbasis data.

Kata Kunci: *Indikator Pendidikan, Pengelompokan, Ensemble ROCK.*

A. Pendahuluan

Pendidikan merupakan usaha sadar dan terencana untuk menciptakan suasana belajar yang aktif dalam mengembangkan potensi peserta didik secara menyeluruh, sebagaimana tercantum dalam Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional. Pendidikan menengah, khususnya jenjang SMA, memiliki peran strategis sebagai transisi menuju pendidikan tinggi atau dunia kerja. Untuk mencapai tujuan pendidikan nasional, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) menetapkan indikator misi pendidikan 5K, yaitu: ketersediaan, keterjangkauan, kualitas, kesetaraan, dan kepastian layanan pendidikan (Kemendikbud, 2013).

Penelitian ini memfokuskan pada indikator K-1 (ketersediaan) dan K-3 (kualitas) layanan pendidikan. Ketersediaan sarana seperti ruang kelas, laboratorium, dan perpustakaan menjadi prasyarat utama terselenggaranya layanan pendidikan (Hajizah et al., 2017).. Sedangkan kualitas layanan ditentukan oleh faktor seperti kompetensi guru, akreditasi sekolah, kurikulum, dan status sekolah (Cangelosi & Goriely, 2007).. Ketimpangan dalam ketersediaan tenaga pengajar di tingkat SMA di Kota Bandung dapat menghambat pemerataan mutu pendidikan, meskipun sistem zonasi PPDB bertujuan mendekatkan akses dan mendorong pemerataan.

Kondisi ketimpangan ini menjadi tantangan besar, terutama di Kota Bandung yang memiliki keragaman karakteristik sekolah (Nyoman Radiarta et al., 2012). Oleh karena itu, diperlukan strategi berupa pengelompokan SMA berdasarkan fasilitas dan karakteristik pendidikannya. Salah satu pendekatan yang umum digunakan untuk pengelompokan data adalah analisis *clustering*, yang mengelompokkan data ke dalam grup berdasarkan kemiripan karakteristik (Metisen & Sari, 2015) (Yulianto & Hidayatullah, 2014). Metode hierarki seperti *Ward's Method* cocok untuk data numerik (Salwa et al., 2018), sedangkan untuk data kategori, metode non-hierarki seperti *K-Modes* lebih sesuai (Rachmatin, 2014).

Karena banyak penelitian melibatkan data campuran, metode alternatif yang relevan adalah *Ensemble ROCK (Robust Clustering using Links)* (Guha et al., 2000). *Ensemble ROCK* tidak mengandalkan jarak numerik, melainkan hubungan antar data (*links*), sehingga lebih fleksibel (Belinda et al., 2019). Keunggulannya dibanding metode lain seperti *K-Means*, *K-Modes*, atau DBSCAN terletak pada kemampuannya menangani data kompleks dan tidak merata (Jannah et al., 2024). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menerapkan *Ensemble ROCK* dalam mengelompokkan SMA di Kota Bandung berdasarkan indikator pendidikan agar dapat memberikan informasi bagi pemerintah dalam menyusun kebijakan pemerataan pendidikan yang tepat sasaran.

B. Metode

Tuliskan Penelitian ini menerapkan metode *Ensemble ROCK* dengan melibatkan sepuluh variabel, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Nama Variabel	Jenis Data	Keterangan
X ₁	Jumlah Siswa (PD)	Numerik	Jumlah siswa pada suatu sekolah
X ₂	Jumlah Guru	Numerik	Jumlah guru pada suatu sekolah
X ₃	Jumlah Tenaga Pendidik (Tendik)	Numerik	Jumlah tenaga pendidik pada suatu sekolah
X ₄	Jumlah Ruang Kelas	Numerik	Jumlah ruang kelas pada suatu sekolah
X ₅	Jumlah Laboratorium	Numerik	Jumlah laboratorium pada suatu sekolah
X ₆	Jumlah Perpustakaan	Numerik	Jumlah perpustakaan pada suatu sekolah
X ₇	Jumlah Ruang Usaha Kesehatan (UKS)	Numerik	Jumlah UKS pada suatu sekolah
X ₈	Status Sekolah	Kategori	0 : Swasta 1 : Negeri
X ₉	Akreditasi Sekolah	Kategori	0 : Akreditasi A

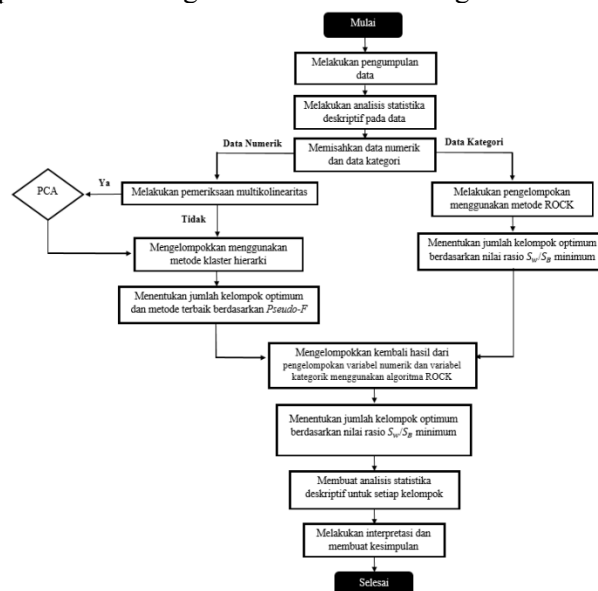
			1: Akreditasi B
			2 : Akreditasi C
			3 : Lainnya
			0 : 2013
X_{10}	Kurikulum Sekolah	Kategori	1 : Merdeka
			2 : Lainnya

Dengan data sebagai berikut.

Tabel 1. Data Indikator Pendidikan berdasarkan Sekolah Menengah Atas (SMA) di Kota Bandung

No.	Nama Sekolah	PD	Guru	...	Akreditasi	Kurikulum
1	SMAN 13 Bandung	1.048	58	...	A	Merdeka
2	SMAN 4 Bandung	1.386	59	...	A	Merdeka
3	SMA Kristen BPPK	61	13	...	A	Merdeka
4	SMA Pelita Nusantara	69	19	...	A	Merdeka
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
147	SMA Darul Qur'an	38	11	...	A	Merdeka
148	SMAS Karya Pembangunan 2	282	16	...	A	2013
149	SMAS PGRI 3	800	18	...	A	Merdeka

Tahapan analisis dalam penelitian ini digambarkan melalui diagram alur berikut.



Gambar 1. Diagram alur dalam kluster menggunakan Ensemble ROCK.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Analisis Deskriptif Berdasarkan Skala Data Numerik

Berikut merupakan karakteristik Sekolah Menengah Atas di Kota Bandung berdasarkan data numerik.

Tabel 3. Analisis Deskriptif

Variabel	Mean	Median	St.Dev	Min	Max
Jumlah Siswa	420,8188	216	423,2013	5	1603
Jumlah Guru	25,2416	16	21,9701	0	80
Jumlah Tendik	8,3356	4	8,6318	0	35
Jumlah Ruang Kelas	15,1141	10	10,9893	2	44

Jumlah Laboratorium	3,8322	4	2,1573	0	11
Jumlah Perpustakaan	1,0201	1	0,2458	0	2
Jumlah UKS	0,8658	1	0,4745	0	3

Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa rata-rata jumlah siswa SMA di Kota Bandung mencapai 420 siswa per sekolah, dengan jumlah minimum 5 siswa dan maksimum 1.603 siswa. Ketimpangan ini kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan kapasitas sekolah dan distribusi penduduk. Jumlah guru rata-rata sebanyak 25 orang, namun terdapat sekolah yang tidak memiliki guru sama sekali, mencerminkan keterbatasan sumber daya manusia (SDM) di beberapa sekolah.

Rata-rata tenaga kependidikan adalah 8 orang per sekolah, sementara jumlah ruang kelas berkisar antara 2 hingga 44, menunjukkan variasi besar dalam fasilitas fisik. Fasilitas penunjang seperti laboratorium, perpustakaan, dan UKS juga belum merata. Rata-rata tiap sekolah hanya memiliki satu perpustakaan dan ruang UKS, bahkan masih ada sekolah yang tidak memilikinya sama sekali. Ketimpangan dalam jumlah siswa, SDM, dan fasilitas ini menjadi tantangan utama dalam mewujudkan pemerataan mutu pendidikan di Kota Bandung, sehingga perlu mendapat perhatian khusus dari pemerintah dan pemangku kebijakan terkait.

Pengelompokan Data

Pengelompokan Data Numerik

Sebelum melakukan pengelompokan, dilakukan pemeriksaan multikolinearitas untuk data numerik.

Tabel 4. Pemeriksaan Multikolinearitas

Variabel	VIF
Jumlah Siswa	10,9533
Jumlah Guru	13,6823
Jumlah Tendik	6,5500
Jumlah Ruang Kelas	12,1464
Jumlah Laboratorium	1,7940
Jumlah Perpustakaan	1,0851
Jumlah UKS	1,3056

Berdasarkan hasil pemeriksaan multikolinearitas pada Tabel 4, diketahui bahwa sebagian besar variabel memiliki nilai $VIF < 10$, yang mengindikasikan tidak terjadi multikolinearitas. Namun, terdapat 3 variabel yang memiliki nilai $VIF > 10$ yaitu variabel Jumlah Siswa, Jumlah Guru dan Jumlah Ruang Kelas yang berarti terjadi multikolinearitas. Karena terdapat variabel yang terindikasi terjadinya multikolinearitas, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pendekatan yang dapat mengurangi atau menghilangkan korelasi antar variabel yaitu dengan menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA).

Tabel 5. Proporsi Kumulatif PCA

	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6	Comp.7
Standard Deviation	2,0811	1,0431	0,9216	0,7284	0,3671	0,2499	0,2261
Propotion of Variance	0,6145	0,1544	0,1205	0,0753	0,0191	0,0089	0,0073
Cumulative Propotion	0,6145	0,7689	0,8895	0,9648	0,9839	0,9927	1,0000

Berdasarkan proporsi kumulatif PCA, tiga komponen dengan proporsi kumulatif 88,95% dinilai cukup karena melebihi 80%.

Tabel 1. Hasil Kinerja Pengelompokan Data Numerik

Metode	Jumlah Kelompok	Pseudo-F
Single Linkage	2	21,7114
	3	39,1450
	4	28,9028
	5	22,2530

<i>Complete Linkage</i>	2	43,7125
	3	52,9679
	4	52,3996
	5	50,0198
<i>Average Linkage</i>	2	43,7125
	3	39,1450
	4	33,5525
	5	34,0683
<i>Ward's Method</i>	2	47,9607
	3	63,5431
	4	88,4956
	5	106,0132

Berdasarkan Tabel 6, dapat dilihat bahwa nilai *Pseudo-F* terbesar yaitu 106,0132 dengan menggunakan *Ward's Method* menghasilkan 5 kelompok yang masing-masing kelompok satu terdiri dari 90 Sekolah Menengah Atas (SMA), kelompok dua terdiri dari 3 Sekolah Menengah Atas (SMA), kelompok ketiga terdiri dari 21 Sekolah Menengah Atas (SMA), kelompok keempat terdiri dari 29 Sekolah Menengah Atas (SMA), dan kelompok kelima terdiri dari 6 Sekolah Menengah Atas (SMA).

Pengelompokan Data Kategori

Penentuan kluster optimal dalam algoritma ROCK didasarkan pada perbandingan nilai rasio antara *within-cluster scatter* (S_c) dan *between-cluster scatter* (S_b). Kluster yang paling optimal adalah kluster yang menghasilkan nilai rasio S_c/S_b terendah, karena menunjukkan bahwa variasi di dalam kluster kecil dan perbedaan antar kluster cukup besar.

Tabel 7. Hasil Kinerja Pengelompokan Data Kategori

<i>Threshold</i>	Jumlah Kelompok	Rasio S_w/S_B
0,1	5	1,2052
0,2	5	1,2052
0,3	5	1,1988
0,4	5	1,1988
0,5	5	1,1988
0,6	5	0,5731
0,7	5	0,5731
0,8	5	0,5731
0,9	5	0,5731

Berdasarkan Tabel 7, terlihat bahwa kelompok optimum berdasarkan nilai rasio S_w/S_B terkecil dihasilkan oleh *threshold* 0,6, 0,7, 0,8, dan 0,9 dengan nilai rasio S_w/S_B sebesar 0,5731. Karena terdapat 4 nilai *threshold* yang memiliki nilai S_w/S_B terendah, maka dipilih salah satu nilai *threshold* terkecil yaitu 0,6. Berdasarkan hasil pengelompokan tersebut, masing-masing kelompok satu terdiri dari 2 Sekolah Menengah Atas (SMA), kelompok dua terdiri dari 28 Sekolah Menengah Atas (SMA), kelompok ketiga terdiri dari 110 Sekolah Menengah Atas (SMA), kelompok keempat terdiri dari 5 Sekolah Menengah Atas (SMA), dan kelompok kelima terdiri dari 4 Sekolah Menengah Atas (SMA).

Pengelompokan Data Campuran

Setelah diperoleh hasil pengelompokan pada data numerik dan data kategori, kedua hasil tersebut kemudian digabungkan untuk membentuk satu kesatuan data. Selanjutnya, data gabungan tersebut diolah kembali menggunakan algoritma ROCK. Dalam proses ini, hasil pengelompokan data numerik dan data kategori dikonversi menjadi dua variabel baru dalam bentuk data kategori. Variabel A merepresentasikan hasil pengelompokan dari data numerik, sedangkan variabel B merepresentasikan hasil pengelompokan dari data kategori. Kedua variabel ini kemudian digabungkan dan diproses

menggunakan algoritma ROCK berdasarkan pendekatan algoritma CEBMDC (*Clustering Ensemble Based on Multiple Dissimilarity Combination*) yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. Berikut ini disajikan struktur data baru yang digunakan dalam proses pengelompokan data campuran.

Tabel 8. Data Campuran (Numerik dan Kategori)

N o	Nama Sekolah	A (Pengelompokan Data Numerik)	B (Pengelompokan Data Kategori)
1	SMAN 13 BANDUNG	4	2
2	SMAN 4 BANDUNG	5	2
:	:	:	:
14	SMAS KARYA	1	4
8	PEMBANGUNAN 2		
14	SMAS PGRI 3	3	3
9			

Berdasarkan struktur data baru seperti pada Tabel 8, dilakukan proses pengelompokan untuk memperoleh *cluster* akhir. Pengelompokan ini menggunakan nilai *threshold* sebesar 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, dan 0,9 dengan membentuk 5 klaster. Indeks yang dijadikan dasar dalam menentukan jumlah *cluster* yang paling optimal adalah rasio S_w/S_B , di mana nilai rasio terkecil menunjukkan hasil pengelompokan yang paling optimal.

Tabel 9. Hasil Kinerja Pengelompokan Data Campuran

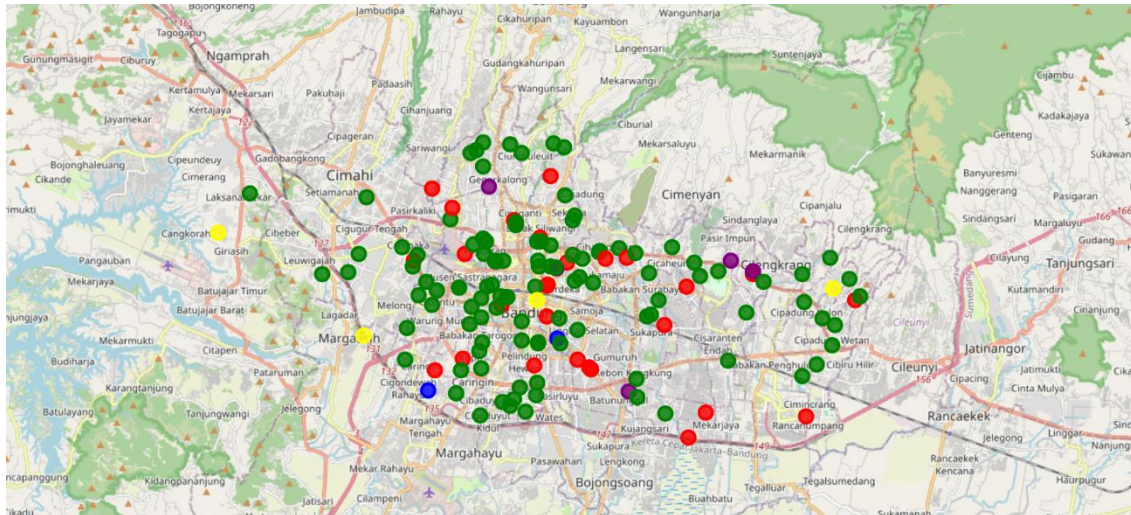
<i>Threshold</i>	Jumlah Kelompok	Rasio S_w/S_B
0,1	5	1,4495
0,2	5	1,4495
0,3	5	1,4288
0,4	5	1,4288
0,5	5	1,4288
0,6	5	0,4788
0,7	5	0,4788
0,8	5	0,4788
0,9	5	0,4788

Berdasarkan Tabel 9, nilai Rasio S_w/S_B terkecil yaitu 0,4788 dengan menggunakan *threshold* 0,6 menghasilkan 5 kelompok yang masing-masing kelompok satu terdiri dari 2 Sekolah Menengah Atas (SMA), kelompok dua terdiri dari 28 Sekolah Menengah Atas (SMA), kelompok ketiga terdiri dari 110 Sekolah Menengah Atas (SMA), kelompok keempat terdiri dari 5 Sekolah Menengah Atas (SMA), dan kelompok kelima terdiri dari 4 Sekolah Menengah Atas (SMA).

Tabel 10. Hasil Pengelompokan Data Campuran

<i>Cluster</i>	<i>Anggota Cluster</i>
1	SMAS MEDINA BANDUNG, SMAS YPS
2	SMAN 10 BANDUNG, SMAN 23 BANDUNG, SMAN 26 BANDUNG, SMAN 13 BANDUNG, SMAN 5 BANDUNG, SMAN 20 BANDUNG, SMAN 4 BANDUNG, SMAN 22 BANDUNG, SMAN 16 BANDUNG, SMAN 8 BANDUNG, SMAN 15 BANDUNG, SMAN 19 BANDUNG, SMAN 9 BANDUNG, SMAN 6 BANDUNG, SMAN 24 BANDUNG, SMAN 27 BANDUNG, SMAN 1 BANDUNG, SMAN 14 BANDUNG, SMAN 21 BANDUNG, SMAN 25 BANDUNG, SMAN 11 BANDUNG, SMAN 17 BANDUNG, SMA BANDUNG INDEPENDENT SCHOOL, SMAN 2 BANDUNG, SMAN 7 BANDUNG, SMAN 3 BANDUNG, SMAN 18 BANDUNG, SMAN 12 BANDUNG
3	SMA EDU GLOBAL, SMAS NUGRAHA BANDUNG, SMAIT MIFTAHUL KHOIR, SMA EL FITRA, SMAS KARTIKA XIX-3, SMAS INDONESIA RAYA BANDUNG,

<i>Cluster</i>	<i>Anggota Cluster</i>
	SMAS AL ISLAM, SMAS DARUL HIKAM BANDUNG, SMAS PGRI 3, SMAS ALLOYSIUS 1, SMAS KRISTEN HIDUP BARU, Sekolah Menengah Atas Kristen (SMAK) BPK Penabur Banda, SMAS KRISTEN PAULUS, SMA PELITA FAJAR, SMA Daarut Tauhiid Boarding School Putri, SMAS BPK 3 PENABUR BANDUNG, SMAS MUTIARA 1, SMAS MUHAMMADIYAH 2, SMAS TAMAN SISWA BANDUNG, SMA PGII 1, SMAS ST ANGELA, SMAK GAMALIEL, SMAS KARTIKA XIX-1, SMA SANTA MARIA 2, SMAS MUTIARA 2 BANDUNG, SMAS BINA BHAKTI 2, SMAS PAHLAWAN TOHA, SMA AL BIRUNI CERDAS MULIA, SMAS SEBELAS MARET, SMAS PELITA BANGSA, SMAS BINTANG MULIA, SMAS PASUNDAN 1 BANDUNG, SMA INTELIGENSIA, SMAS KALAM KUDUS, SMAS BAITURRAHMAN, SMAS PASUNDAN 8 BANDUNG, SMAS PASUNDAN 2 BANDUNG, SMA PGII 2, SMA KRISTEN BPPK, SMAS PASUNDAN 4 BANDUNG, SMA KARTIKA XIX-2, SMAS NUSANTARA, SMAS GUNADHARMA, SMAS BINA BHAKTI 1, SMAS BPI 1 BANDUNG, SMAS AL HADI, SMA TUNAS UNGGUL, SMAS TRI MULIA, SMAS KRISTEN DAGO, SMAS LABORATORIUM - PERCONTOHAN UPI, SMA AL KENZIE, SMAS YAHYA, SMAS RAJAWALI, SMAS YWKA, SMAS YPI, SMAS MUHAMMADIYAH 3, SMA Global Prestasi Bandung, SMAS BINA DHARMA 1 BANDUNG, SMAS ISTIQAMAH, SMAS PURAGABAYA, SMAS ALFA CENTAURI, SMAS MUTIARA BUNDA, SMA BPK PENABUR HOLIS, SMAS KEMAH IND 2, SMAS BUNGA BANGSA BANDUNG, SMAS MAARIF BANDUNG, SMAS ST MARIA 1 BANDUNG, SMAS PGRI 1 BANDUNG, SMAS ALLOYSIUS 2, SMAS NUSANTARA 1, SMAS PASUNDAN 9 BANDUNG, SMAS ANGKASA, SMAS KEMALA BHAYANGKARI, SMAS JEND SUDIRMAN BANDUNG, SMAS MUHAMMADIYAH 4, SMAS PASUNDAN 3 BANDUNG, SMAS PASUNDAN 5 BANDUNG, SMAS MUHAMMADIYAH 1, SMAS KRIDA NUSANTARA, SMAS DARUL QUR AN, SMAS BPK 1 PENABUR BANDUNG, SMA PELITA NUSANTARA, SMAS BPN, SMAS PLUS MUTHAHHARI, SMAS LANGLANGBUANA, SMAS BINA DHARMA 2 BANDUNG, SMAS REHOBOTH, SMAS NASIONAL, SMAS BPK 2 PENABUR, SMAS KIFAYATUL ACHYAR, SMAS YPKKP BANDUNG, SMAS 19 BUMI SIL, SMAS ADVENT CIMINDI BANDUNG, SMAS PASUNDAN 7 BANDUNG, SMAS SWADAYA BANDUNG, SMA Al-Ihsan Cimencrang Bandung, SMAS PLUS PARIWISATA, SMAS YAS BANDUNG, SMA AL FALAH KOTA BANDUNG, SMAS SUMATRA 40-1, SMAS PLUS AL GHIFARI BANDUNG, SMAS LPPN, SMAS PRIBADI, SMAS PGRI 2, SMAS TRINITAS BANDUNG, SMAS ADVENT, SMA Kuntum Cemerlang, SMA HARAPAN KASIH, SMA Citra Cemara, SMAK BPK PENABUR SINGGASANA
4	SMAS KARYA PEMBANGUNAN 2, SMAS TARUNA BAKTI, SMA AL-KAUTSAR LABSCHOOL, SMA TEMASEK INDEPENDENT SCHOOL, SMAS PMB
5	SMA DARUL HIKAM INTEGRATED SCHOOL, SMA ISLAM TERPADU AL IRSYAD AL ISLAMIYYAH, SMA Nehru Memorial School, SMA PLUS INTAN AL-SALI



Gambar 2. Peta Hasil Klasterisasi

Berdasarkan Gambar 2, sebaran sekolah dalam *cluster* 1 (biru) tersebar di bagian timur dan sebagian tengah Kota Bandung, menunjukkan bahwa sekolah dengan keterbatasan sumber daya tidak hanya berada di pinggiran tetapi juga mendekati pusat kota. *Cluster* 2 (merah) banyak ditemukan di wilayah padat penduduk seperti selatan dan tengah kota, mengindikasikan sekolah dengan kualitas sedang yang tersebar merata. *Cluster* 3 (hijau) merupakan yang paling dominan dan tersebar luas di hampir seluruh wilayah, mencerminkan kondisi sekolah yang relatif seragam dan stabil dari segi kualitas. Sementara itu, *cluster* 4 (ungu) terkonsentrasi di wilayah timur laut, kemungkinan menggambarkan sekolah dengan karakteristik atau kurikulum khusus. Adapun *cluster* 5 (kuning) hanya muncul di beberapa titik dan jumlahnya sangat sedikit, yang mengindikasikan keberadaan sekolah-sekolah dengan karakteristik yang sangat unik, baik dalam kualitas sangat tinggi maupun sangat rendah. Untuk mendapatkan kesimpulan yang lebih lengkap, dilakukan analisis deskriptif untuk melihat karakteristik setiap klaster.

Tabel 11. Analisis Deskriptif Klaster

<i>Cluster</i>	<i>Variabel</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Mean</i>	<i>Modus</i>
1	Jumlah Siswa	18	391	204	-
	Jumlah Guru	7	8	7	-
	Status Sekolah	-	-	-	Swasta
	Akreditasi Sekolah	-	-	-	B & C
	Kurikulum Sekolah	-	-	-	2013 & Merdeka
2	Jumlah Siswa	50	1603	1078	-
	Jumlah Guru	10	80	60	-
	Status Sekolah	-	-	-	Negeri
	Akreditasi Sekolah	-	-	-	A
	Kurikulum Sekolah	-	-	-	Merdeka
3	Jumlah Siswa	12	1267	278	-
	Jumlah Guru	1	68	17	-
	Status Sekolah	-	-	-	Swasta
	Akreditasi Sekolah	-	-	-	A
	Kurikulum Sekolah	-	-	-	Merdeka
4	Jumlah Siswa	43	850	275	-
	Jumlah Guru	4	60	20	-
	Status Sekolah	-	-	-	Swasta
	Akreditasi Sekolah	-	-	-	A
	Kurikulum Sekolah	-	-	-	2013
5	Jumlah Siswa	5	34	21	-

<i>Cluster</i>	<i>Variabel</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Mean</i>	<i>Modus</i>
	Jumlah Guru	0	3	1	-
	Status Sekolah	-	-	-	Swasta
	Akreditasi Sekolah	-	-	-	C & Lainnya
	Kurikulum Sekolah	-	-	-	2013

Berdasarkan Tabel 11, klaster yang mencerminkan sekolah-sekolah dengan kondisi paling memerlukan perhatian adalah *cluster* 5 dan *cluster* 1. *Cluster* 5 terdiri dari sekolah swasta dengan jumlah siswa dan guru yang sangat rendah (rata-rata hanya 21 siswa dan 1 guru), didominasi oleh akreditasi C dan lainnya, serta menggunakan kurikulum 2013. Sementara itu, *cluster* 1 juga merupakan sekolah swasta dengan rata-rata jumlah siswa dan guru yang kecil, serta akreditasi B dan C. Kedua klaster ini menunjukkan keterbatasan dalam sumber daya dan mutu, sehingga menjadi prioritas utama dalam upaya peningkatan kualitas pendidikan.

Sebaliknya, *cluster* 2 merupakan kelompok sekolah dengan kondisi paling ideal dan stabil. Klaster ini didominasi oleh sekolah negeri dengan jumlah siswa dan guru yang besar (rata-rata 1078 siswa dan 60 guru), memiliki akreditasi A, serta menggunakan Kurikulum Merdeka. Selain itu, *cluster* 3 dan 4 juga menunjukkan kondisi yang cukup baik, meskipun merupakan sekolah swasta. Keduanya memiliki jumlah siswa dan guru sedang, serta akreditasi A. *Cluster-cluster* ini dapat dianggap relatif aman dan telah memenuhi standar mutu pendidikan yang baik.

D. Kesimpulan

Ditemukan tiga variabel numerik (jumlah siswa, guru, dan ruang kelas) yang mengalami multikolinearitas, sehingga dilakukan reduksi dimensi menggunakan Principal Component Analysis (PCA). PCA menghasilkan tiga komponen utama dengan proporsi kumulatif variansi lebih dari 80%, dan setelahnya data tidak lagi menunjukkan gejala multikolinearitas. Ward's Method menghasilkan hasil terbaik dengan lima klaster berdasarkan nilai Pseudo-F sebesar 106,0132.

Pengelompokan data kategorik dilakukan menggunakan algoritma ROCK, dengan hasil terbaik pada threshold 0,6 yang menghasilkan lima klaster. Validitas klaster diukur melalui rasio S_w/S_B dan nilai terendah sebesar 0,5731 menunjukkan struktur pengelompokan yang optimal. Sementara itu, penggabungan hasil klaster numerik dan kategorik dilakukan menggunakan metode ROCK berbasis data campuran, dengan threshold yang sama (0,6) dan menghasilkan rasio S_w/S_B sebesar 0,4788. Klaster akhir terdiri dari lima kelompok dengan distribusi jumlah sekolah yang berbeda, menunjukkan keberhasilan metode dalam mengelompokkan sekolah secara konsisten dari dua jenis data.

Hasil penelitian mengungkap ketimpangan yang signifikan antar SMA di Kota Bandung dalam hal jumlah siswa, tenaga pendidik, dan fasilitas pendidikan. Hal ini menegaskan pentingnya peran pemerintah dalam mendorong pemerataan mutu pendidikan. Selain itu, sebagian besar SMA di Kota Bandung berstatus swasta (82%), telah terakreditasi A (83%), dan menggunakan Kurikulum Merdeka (94%), yang menunjukkan kesiapan institusi pendidikan di kota ini dalam menjawab tantangan kebijakan nasional. Dengan hasil pengelompokan ini, pemerintah diharapkan dapat merancang kebijakan yang lebih tepat sasaran dalam meningkatkan kualitas dan pemerataan pendidikan di wilayah tersebut.

Daftar Pustaka

- Belinda, N. S., Rahmi, I., & Yozza, H. (2019). *Penerapan Analisis Cluster Ensemble dengan Metode ROCK Untuk Mengelompokkan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Indikator Kesejahteraan Rakyat*.
- Camartya, D., & Achmad, A. I. (2022). Analisis Korespondensi pada Jumlah Pengangguran Terbuka Menurut Kabupaten/Kota Berdasarkan Pendidikan Tertinggi. *Jurnal Riset Statistika*, 119–128. <https://doi.org/10.29313/jrs.v2i2.1424>

- Cangelosi, R., & Goriely, A. (2007). Component retention in principal component analysis with application to cDNA microarray data. *Biology Direct*, 2, 1–21. <https://doi.org/10.1186/1745-6150-2-2>
- Dewi, E. F., & Hajarisman, N. (2023). Penanganan Data Hilang pada Pemodelan Persamaan Terstruktur melalui Metode Full Information Maximum Likelihood (FIML). *DataMath: Journal of Statistics and Mathematics*, 1(1), 11–18. <https://doi.org/10.29313/datamath.v1i1.10>
- Guha, Sudipto., Rastogi, R., & Shim, K. (2000). *ROCK : A Robust Clustering Algorithm For Categorical Attributes*.
- Hajizah, T. D., Purwanto, Y., & Setianingsih, C. (2017). Algoritma Fuzzy dan Reinforcement Learning dalam Pengambilan Keputusan Fuzzy Algorithm and Reinforcement Learning for Decision Making. *E-Proceeding of Engineering*, 4(3), 4154–4160.
- Jannah, B., Utami, I. T., & Hakim, A. R. (2024). Metode Ensemble Robust Clustering Using Links (Rock) Untuk Pengelompokan Perguruan Tinggi Swasta (Pts) Di Kota Semarang. *Jurnal Gaussian*, 12(3), 445–452. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.12.3.445-452>
- Kemendikbud. (2013). Indikator Pendidikan Di Indonesia. *Kementrian Pendidikan Dan Kebudayaan*, xxiv, 135.
- Metisen, B. M., & Sari, H. L. (2015). Analisis clustering menggunakan metode K-Means dalam pengelompokan penjualan produk pada Swalayan Fadhila. *Jurnal Media Infotama*, 11(2), 110–118.
- Muhammad Fariz Faqih, & Ilham Faishal Mahdy. (2024). Penerapan Self Organizing Maps dalam Pengelompokan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Aspek Pendidikan. *Jurnal Riset Statistika*, 93–102. <https://doi.org/10.29313/jrs.v4i2.4708>
- Nyoman Radiarta, I., Akhmad Mustafa, dan, Penelitian dan Pengembangan Perikanan Budidaya Jl Ragunan, P., Minggu, P., Selatan, J., & Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau, B. (2012). Sitakka No. 129, Maros 90512. *Februari, June 2011*, 22.
- Rachmatin, D. (2014). Aplikasi Metode-Metode Agglomerative Dalam Analisis Klaster Pada Data Tingkat Polusi Udara. *Infinity Journal*, 3(2), 133. <https://doi.org/10.22460/infinity.v3i2.59>
- Salwa, N., Nurhasanah, N., & Salmiati, S. (2018). Penggunaan Metode Ward Dalam Pengelompokan Kabupaten/Kota Di Provinsi Aceh Berdasarkan Indikator Tanaman Pangan Dan Perkebunan. *STATISTIKA: Journal of Theoretical Statistics and Its Applications*, 18(1), 71–83. <https://doi.org/10.29313/jstat.v18i1.3498>
- Yulianto, S., & Hidayatullah, K. H. (2014). Analisis Klaster Untuk Pengelompokan Kabupaten/Kota Di Provinsi Jawa Tengah Berdasarkan Indikator Kesejahteraan Rakyat. *Jurnal Statistika*, 2(1), 56–63.