

Penggerombolan Mutu SMA/MA Per Provinsi Berdasarkan Hasil Akreditasi Menggunakan Metode *Fuzzy C-Means**

Rifannisa Bahar¹, Pika Silvianti^{2‡}, Budi Susetyo³

^{1,2,3}Department of Statistics, IPB University, Indonesia

[‡]corresponding author: pikasilvianti@apps.ipb.ac.id

Copyright © 2021 Rifannisa Bahar, Pika Silvianti, and Budi Susetyo. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

Mapping the quality of education in Indonesia needs to be studied so that the provincial government, as the institution responsible for secondary education management policies, can more easily determine priorities and what actions will be taken to improve the quality of education in Indonesia. One of the analytical methods that can be used to map the quality of education is fuzzy c-means. This research aims to classify the quality maps of provinces in Indonesia based on the results of SHS/MA accreditation using the fuzzy c-means method. The fuzzy c-means method can show the probability of objects entering a cluster with a degree of membership. The optimum cluster sizes obtained were 2 and 3. The final solution with cluster size 2 was 12 provinces categorized in cluster 1 and 22 provinces categorized in cluster 2. Clustering with cluster size 3 resulted in cluster 1 consisting of 11 provinces, cluster 2 consisting of 16 provinces, and cluster 3, which consists of 7 provinces. The main character of cluster 1 is a high national education standard score, while the main character of cluster 2 is a low national education standard score. Then the main character of group 3 is the national standard score, whose value is around the national average.

Keywords: cluster analysis, degree of membership, fuzzy c-means, validity index.

* Received: July 2021; Reviewed: Aug 2021; Published: Sept 2021

1. Pendahuluan

Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) merupakan lembaga independen yang memiliki tugas untuk mengembangkan, memonitor, dan melakukan penilaian terhadap penerapan Standar Nasional Pendidikan (SNP). Menurut Peraturan Pemerintah No. 57 Tahun 2021 tentang Standar Nasional Pendidikan (SNP), standar nasional pendidikan mencakup standar isi (SI), standar proses (SPR), standar kompetensi lulusan (SKL), standar tenaga kependidikan (SPT), standar sarana dan prasarana (SSP), standar pengelolaan (SPL), standar pembiayaan (SB), dan standar penilaian pendidikan (SPN). Delapan standar ini dipakai sebagai pedoman dalam mengembangkan kurikulum dan melaksanakan proses pembelajaran untuk mencapai tujuan pendidikan nasional. Evaluasi, akreditasi, dan sertifikasi dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut. Menurut Permendikbud No. 13 Tahun 2018, akreditasi adalah suatu kegiatan penilaian kelayakan berdasarkan SNP untuk memberikan penjaminan mutu pendidikan.

Hasil akreditasi tingkat SMA/MA per provinsi tahun 2017 sampai 2019 di Indonesia yang dikeluarkan oleh Badan Akreditasi Nasional Sekolah/Madrasah menunjukkan nilai dengan nilai keragaman yang bervariasi. Hal ini mengindikasikan bahwa standar nasional pendidikan yang merupakan kriteria minimal untuk sistem pendidikan di Indonesia ternyata belum bisa dipenuhi secara menyeluruh dan merata oleh institusi pendidikan yang menyebar di seluruh wilayah Indonesia. Oleh karena itu, informasi mengenai pemetaan kualitas pendidikan di Indonesia perlu dikaji agar pemerintah dapat lebih mudah dalam menentukan prioritas dan tindakan apa yang akan dilakukan guna meningkatkan kualitas pendidikan di Indonesia.

Analisis gerombol merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengelompokkan peta mutu pendidikan Indonesia. Analisis gerombol dibagi menjadi dua, yaitu metode berhierarki dan metode tak berhierarki. Menurut Johnson dan Wichern (2007), metode tak berhierarki yang paling umum digunakan untuk analisis gerombol adalah metode *k-means* yang akan disebut sebagai *c-means* dalam penelitian ini. Metode pengelompokan *c-means* membatasi bahwa setiap pengamatan menjadi anggota tepat satu gerombol. Oleh karena itu, metode *c-means* tidak dapat memberikan hasil yang tepat jika data memiliki jarak yang sama dengan pusat gerombol lain. Metode *fuzzy c-means* (FCM) kemudian diperkenalkan untuk mengatasi masalah tersebut (Bezdek 1981). Metode *fuzzy c-means* dapat memperlihatkan peluang objek masuk ke dalam suatu gerombol dalam bentuk matriks derajat keanggotaan.

Menurut Sivarathri dan Govardhan (2014), solusi gerombol yang dihasilkan metode *fuzzy c-means* lebih akurat dan berkualitas dibandingkan *c-means*. Metode *fuzzy c-means* memberikan hasil yang lebih baik dari metode *c-means* dengan rasio simpangan baku dalam dan antar gerombol terkecil (Hamur 2017).

Penelitian mengenai penggerombolan peta mutu pendidikan per kabupaten/kota berdasarkan hasil UN SMA jurusan IPA dan IPS menggunakan metode *fuzzy c-means* telah dilakukan sebelumnya dan menunjukkan bahwa penyebaran mutu pendidikan di Indonesia masih berpusat di kota-kota besar di Pulau Jawa (Habibie 2019). Menurut UU No. 23 Tahun 2014, pemerintah provinsi bertanggung jawab atas kebijakan pengelolaan pendidikan menengah. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk menggerombolkan peta mutu pendidikan provinsi di Indonesia berdasarkan hasil akreditasi SMA/MA menggunakan *fuzzy c-means*.

2. Metodologi

2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hasil akreditasi tingkat SMA/MA per provinsi yang dikeluarkan oleh Badan Akreditasi Nasional Sekolah/Madrasah pada tahun 2017 sampai 2019 dengan provinsi sebagai objek. Data per provinsi diperoleh dengan menghitung rata-rata skor 8 Standar Nasional Pendidikan tiap provinsi. Rata-rata hasil akreditasi per provinsi disajikan pada Lampiran 1.

Data awal meliputi 11.701 SMA/MA dan dibagi menjadi 34 provinsi. Tipe data yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 peubah berskala nominal dan 8 peubah berskala interval dengan jangkauan 0 (nol) sampai 100 (seratus). Keterangan dari peubah dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1: Daftar peubah-peubah.

Peubah	Keterangan
SI	Skor standar isi
SPR	Skor standar proses
SKL	Skor standar kompetensi lulusan
SPT	Skor standar pendidik dan tenaga kependidikan
SSP	Skor standar sarana dan prasarana
SPL	Skor standar pengelolaan
SB	Skor standar pembiayaan
SPN	Skor standar penilaian

2.2 Metode Penelitian

Prosedur analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan eksplorasi data dengan boxplot, tabel statistika deskriptif, dan analisis komponen utama.
2. Menggerombolkan data hasil akreditasi SMA/MA per provinsi menggunakan FCM.

Algoritma penggerombolan FCM:

- a) Menentukan jumlah gerombol (c) dan tingkat keanggotaan hasil penggerombolan (w) dan nilai *error* terkecil yang diharapkan (ε). Jumlah gerombol (c) maksimum umumnya adalah \sqrt{n} (Feng dan Fan 2016). Menurut Cherkassky dan Mulier (1998), nilai w yang paling umum digunakan dalam analisis adalah 2 (dua). Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai metode *fast fuzzy c-means*, penggerombolan dengan *fast fuzzy c-means* membutuhkan waktu yang lebih sedikit saat *threshold* yang digunakan adalah sekitar 0,28 sampai 0,5 (Al-Zoubi *et al.* 2007). Pemakaian nilai *threshold* 0,28; 0,5; dan pembulatan dari nilai tengahnya, yaitu 0,4 menghasilkan hasil penggerombolan yang sama. Oleh karena itu, pembulatan dari nilai tengah rentang tersebut, yaitu 0,4 akan digunakan sebagai *threshold* pada penelitian ini.
- b) Membangkitkan bilangan acak sebagai matriks awal ($U^{(t)}$) dengan $t = 0$ dan syarat-syarat sebagai berikut:

$$u_{ik} \in [0,1], \sum_{k=1}^c u_{ik} = 1, 0 < \sum_{i=1}^n u_{ik} < n$$

untuk $\forall k \in \{1,2,\dots,n\}$

Bilangan acak yang dibangkitkan akan menghasilkan solusi akhir yang berbeda satu dengan lainnya. Oleh karena itu, penggerombolan dilakukan dengan pengulangan untuk memperoleh solusi akhir yang optimum dan konsisten.

- c) Menghitung sentroid gerombol ke- k (v_{kj})

$$v_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n (u_{ik})^w x_j}{\sum_{i=1}^n (u_{ik})^w}$$

Dengan bentuk matriks sebagai berikut:

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & \cdots & v_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{c1} & \cdots & v_{cm} \end{bmatrix}$$

- d) Menghitung fungsi tujuan P_{t+1}

$$P_{t+1} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c (u_{ik})^w \left[\sum_{j=1}^m d_{ik}^2 \right]$$

- e) Menghitung matriks partisi U_{t+1}

$$u_{ik} = \frac{[\sum_{j=1}^m (x_{ij} - v_{kj})^2]^{-\frac{1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c [\sum_{j=1}^m (x_{ij} - v_{kj})^2]^{-\frac{1}{w-1}}}$$

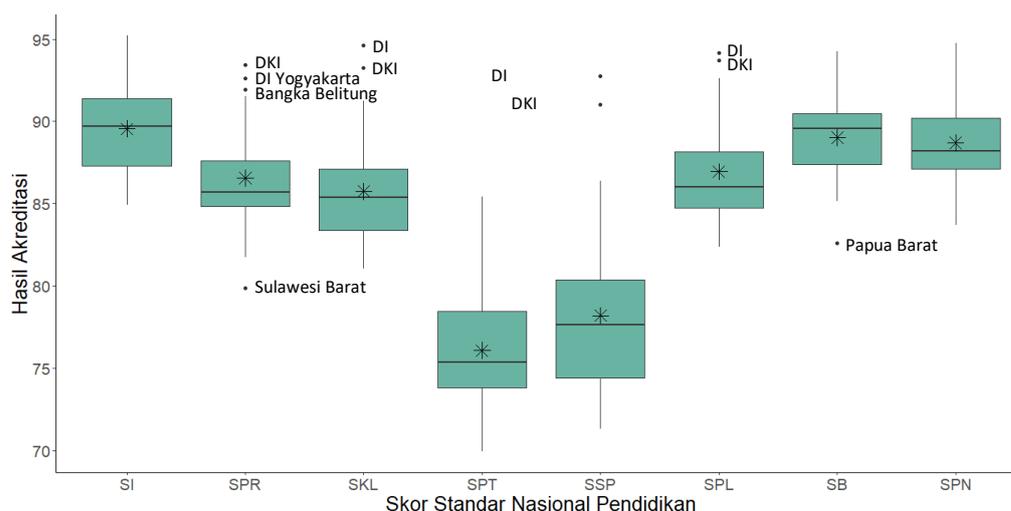
- f) Hitung $|P_{t+1} - P_t|$ dengan $P_0 = 0$. Iterasi berhenti jika $|P_{t+1} - P_t| < \varepsilon$. Jika iterasi lanjut, hitung $t = t + 1$ dan ulangi langkah c.

3. Memilih hasil penggerombolan terbaik.
4. Melakukan pemetaan mutu pendidikan per provinsi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Eksplorasi Data

Eksplorasi data diawali dengan membuat boxplot yang dapat dilihat pada Gambar 1. Nilai rata-rata nasional dari tiap peubah disimbolkan dengan bentuk bintang. Boxplot digunakan untuk melihat gambaran umum data seperti rata-rata ekstrem yang terlihat pada 5 peubah. Bangka Belitung, Yogyakarta, dan Jakarta memiliki rata-rata ekstrem yang tinggi. Yang artinya, provinsi-provinsi tersebut telah memenuhi kriteria minimum dari BSNP dengan sangat baik. Sementara itu, Sulawesi Barat dan Papua Barat memiliki rata-rata ekstrem yang rendah. Hal ini menandakan bahwa provinsi tersebut masih sangat kurang dalam pemenuhan SNP.



Gambar 1: Boxplot skor standar nasional pendidikan

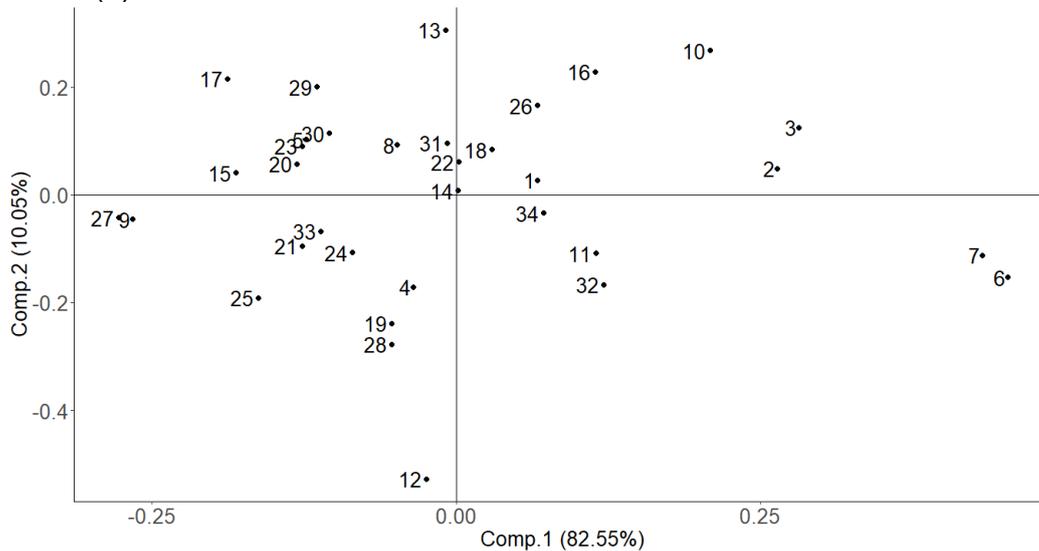
Karakteristik numerik dari peubah dapat diketahui dari statistika deskriptif yang disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan hasilnya, dapat dikatakan bahwa semua peubah memiliki simpangan baku yang cukup rendah. Tabel 2 memperlihatkan bahwa provinsi-provinsi di Indonesia sudah sangat mampu dalam memenuhi SI. Hal ini terbukti dengan nilai peubah SI yang merupakan nilai minimum, maksimum, dan rata-rata nasional tertinggi. Pernyataan ini juga diperkuat dengan nilai simpangan baku yang cukup rendah. Sementara itu, peubah SSP memiliki rata-rata nasional yang cukup rendah dan simpangan baku yang tertinggi, yang berarti ketersediaan sarana-prasarana di Indonesia masih kurang memadai dan cukup bervariasi antar provinsinya.

Tabel 2: Statistika deskriptif nasional.

Keterangan	SI	SPR	SKL	SPT	SSP	SPL	SB	SPN
Minimum	84,92	79,86	81,03	69,92	71,28	82,36	82,61	83,67
Rata-rata	89,56	86,56	85,74	76,08	78,19	86,95	89,02	88,70
Maksimum	95,22	93,44	94,63	85,41	92,76	94,17	94,23	94,77
Simpangan baku	2,92	3,09	3,31	3,92	5,00	3,18	2,62	2,74

Kemiripan karakteristik antar objek dapat dilihat melalui analisis komponen utama. Berdasarkan Gambar 2, provinsi yang karakteristiknya sangat mirip, di antaranya adalah Lampung(19)-Sulawesi Selatan(28), Bengkulu(5)-NTT(23), Bengkulu(5)-Sulawesi Tenggara(20), NTT(23)-Maluku(20), Sulawesi Barat(27)-Jambi(9), Jakarta(7)-Yogyakarta(6), Maluku Utara(21)-Sumatera Selatan(33), Jawa Tengah(11)-Sumatera Barat(32), Aceh(1)-Sumatera Utara(34), NTB(22)-Kalimantan Selatan(14), NTB(22)-Kepulauan Riau(18), dan NTB(22)-Sulawesi Utara(31). Daftar provinsi untuk AKU yang diperlihatkan pada Gambar 2 dapat dilihat pada Lampiran 2. Analisis komponen utama juga dapat digunakan untuk melihat kemungkinan jumlah gerombol yang terbentuk. Provinsi-provinsi yang memiliki karakter yang mirip jika digerombolkan semestinya berada di dalam gerombol yang sama. Penggerombolan yang mungkin terjadi adalah dengan jumlah gerombol 2 dan 3. Penggerombolan dengan ukuran gerombol 2 terbagi menjadi gerombol 1 yang beranggotakan provinsi-provinsi yang berada di kuadran I dan IV, sedangkan gerombol 2 yang beranggotakan provinsi-provinsi yang berada di kuadran II dan III. Sementara itu, jika ukuran gerombol yang

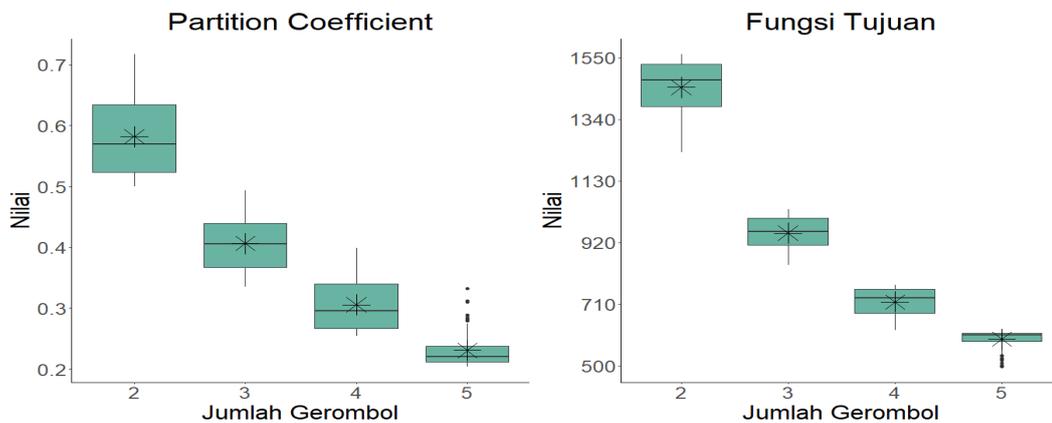
digunakan adalah 3, alokasi gerombol yang memungkinkan adalah gerombol 1 yang berisi provinsi di kuadran I dan IV, gerombol 2 yang berisi provinsi di kuadran II dan III, dan gerombol 3 yang berisi provinsi yang terletak di sekitar sumbu y. Provinsi yang karakteristiknya sangat berbeda dibandingkan provinsi lainnya adalah Jakarta (7) dan Yogyakarta (6).



Gambar 2: AKU skor standar nasional pendidikan per provinsi.

3.2 Penentuan Jumlah Gerombol

Indeks *partition coefficient* digunakan untuk mengukur *overlap* antar gerombol, sedangkan fungsi tujuan digunakan untuk mengukur jarak antara objek dan sentroid gerombol. Gambar 3 memperlihatkan boxplot dari indeks *partition coefficient* dan fungsi tujuan dari 100 kali penggerombolan.



Gambar 3: (a) Boxplot indeks partition coefficient, (b) Boxplot fungsi tujuan

Indeks *partition coefficient* digunakan untuk mengukur *overlap* antar gerombol, sedangkan fungsi tujuan digunakan untuk mengukur jarak antara objek dan sentroid gerombol. Gambar 3 memperlihatkan boxplot dari indeks *partition coefficient* dan fungsi tujuan dari 100 kali penggerombolan.

Nilai rata-rata (bentuk bintang) dan median dari indeks *partition coefficient* dan fungsi tujuan menurun seiring dengan bertambahnya jumlah gerombol yang digunakan. Penggerombolan terbaik dihasilkan saat nilai indeks *partition coefficient* besar. Penentuan jumlah gerombol optimum berdasarkan fungsi tujuan dilakukan

dengan menggunakan prinsip dari metode Elbow, yaitu dengan melihat letak terjadinya penurunan secara drastis pada grafik (Syakur *et al.* 2018). Berdasarkan boxplot pada Gambar 3, jumlah gerombol yang optimum adalah 2. Namun, jika dilihat dari derajat keanggotaan, peluang masuk suatu gerombol hampir sama untuk penggerombolan dengan jumlah gerombol 2. Sebanyak 31 dari 34 provinsi memiliki selisih peluang kurang dari 20%. Sementara itu, peluang masuk suatu gerombol untuk penggerombolan dengan jumlah gerombol 3 yang nilai selisihnya kurang 20% hanya ada 8 dari 34 provinsi. Oleh karena itu, akan dilakukan penggerombolan dengan jumlah gerombol 2 dan 3. Derajat keanggotaan dari penggerombolan dengan jumlah gerombol 2 dan 3 dapat dilihat di Lampiran 3 dan Lampiran 4.

3.3 Hasil Penggerombolan

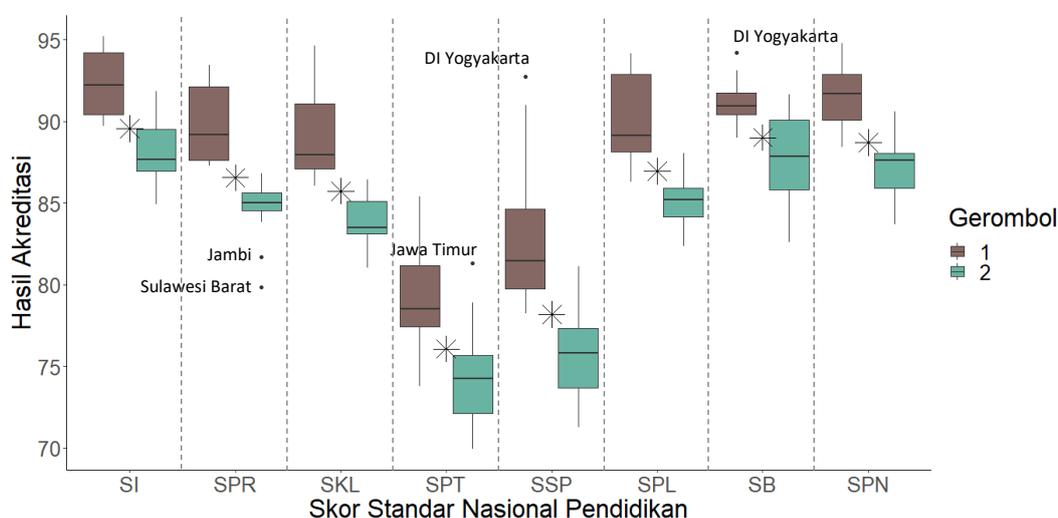
Penggerombolan yang dilakukan menggunakan jumlah gerombol 2 dan 3. Suatu provinsi masuk ke dalam suatu gerombol berdasarkan nilai peluang tertinggi yang ada di derajat keanggotaan. Solusi akhir dari penggerombolan $c=2$, yaitu 12 provinsi pada gerombol 1. Kemudian gerombol 2 dengan anggota gerombol hampir dua kali lipat dari gerombol 1, yaitu 22 provinsi. Sementara itu, hasil akhir dari penggerombolan dengan jumlah gerombol 3, yaitu gerombol 1 dengan anggota sebanyak 11 provinsi (32,35%). Lalu gerombol 2 dan gerombol 3 dengan anggota terbanyak dan tersedikit, yaitu 16 provinsi (47,06%) dan 7 provinsi (20,59%). Secara garis besar, terlihat bahwa mayoritas provinsi dari hasil penggerombolan *fuzzy c-means* dengan jumlah gerombol 2 (dua) maupun jumlah gerombol 3 (tiga) masuk ke gerombol 2. Tabel 3 menyajikan daftar provinsi dari hasil penggerombolan untuk ukuran gerombol 2 dan ukuran gerombol 3.

Tabel 3: Daftar provinsi dari hasil penggerombolan untuk $c=2$ dan $c=3$.

Jumlah gerombol	Gerombol	Jumlah provinsi	Anggota gerombol
2	1	12	Aceh, Bali, Bangka Belitung, Yogyakarta, Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Kalimantan Timur, Kepulauan Riau, Riau, Sumatera Barat, Sumatera Utara
	2	22	Banten, Bengkulu, Gorontalo, Jambi, Jawa Timur, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, Kalimantan Utara, Lampung, Maluku, Maluku Utara, NTB, NTT, Papua, Papua Barat, Sulawesi Selatan, Sulawesi Barat, Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Utara, Sumatera Selatan
3	1	11	Aceh, Bali, Bangka Belitung, Yogyakarta, Jakarta, Jawa Barat, Jawa Tengah, Kalimantan Timur, Riau, Sumatera Barat, Sumatera Utara
	2	16	Bengkulu, Gorontalo, Jambi, Kalimantan Tengah, Kalimantan Utara, Lampung, Maluku, Maluku Utara, NTT, Papua, Papua Barat, Sulawesi Barat, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, Sumatera Selatan
	3	7	Banten, Kalimantan Barat, Jawa Timur, Kalimantan Selatan, Kepulauan Riau, NTB, Sulawesi Utara

3.3.1. Penggerombolan dengan $c=2$

Boxplot dari penggerombolan FCM untuk jumlah gerombol 2 dapat dilihat pada Gambar 4. Rata-rata ekstrem terlihat pada 4 dari 8 peubah, dengan 2 rata-rata ekstrem yang rendah yang keduanya terletak pada SPR dan 3 rata-rata ekstrem yang tinggi yang masing-masing terletak pada SPT, SSP, dan SB. Hal ini menandakan bahwa ketiga peubah ini belum dapat dilaksanakan secara merata. Masih ada daerah yang cukup tertinggal maupun lebih maju dibandingkan daerah lain. Peubah SI untuk gerombol 1 dan gerombol 2 tidak memiliki rata-rata ekstrem dan memiliki nilai minimum dan maksimum paling tinggi dibandingkan peubah lain, yang berarti kriteria minimum dari cakupan materi untuk memenuhi kompetensi lulusan di Indonesia telah dapat dilaksanakan dengan baik. Hal ini juga dibuktikan oleh nilai tengah (rata-rata nasional dan rata-rata kedua gerombol) peubah SI yang merupakan nilai tertinggi di antara peubah lainnya. Nilai rata-rata dan simpangan baku tiap peubah untuk kedua gerombol dapat dilihat di Tabel 4.



Gambar 4: Boxplot hasil penggerombolan dengan $c=2$.

Tabel 4: Rata-rata dan simpangan baku gerombol ($c=2$).

Peubah	Rata-rata		Simpangan baku	
	Gerombol 1	Gerombol 2	Gerombol 1	Gerombol 2
SI	92,45	87,98	2,04	1,96
SPR	89,88	84,74	2,38	1,50
SKL	89,21	83,85	2,76	1,61
SPT	79,22	74,36	3,63	2,92
SSP	83,05	75,54	4,72	2,59
SPL	90,26	85,15	2,80	1,45
SB	91,16	87,85	1,54	2,34
SPN	91,46	87,20	1,93	1,77

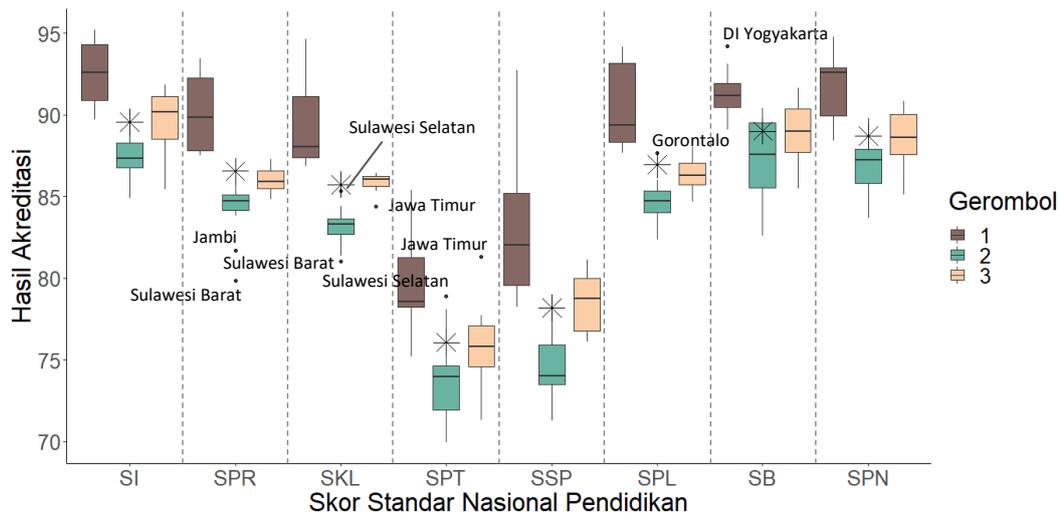
Penciri dari gerombol 1 adalah hasil akreditasi nasional yang tinggi dengan kuartil 1 (>75% anggota) dari semua peubah di gerombol 1 nilainya lebih tinggi dari nilai rata-rata nasional dan kuartil 3 (>75% anggota) pada gerombol 2. Nilai

minimum untuk peubah SPR pada gerombol 1, yaitu sebesar 87,29 lebih tinggi nilainya dibandingkan nilai rata-rata nasional dan nilai maksimum pada gerombol 2 yang secara berurutan bernilai 86,56 dan 86,81. Hal ini menunjukkan bahwa proses pembelajaran dari anggota gerombol 1 jauh lebih baik dibandingkan dengan anggota gerombol 2. Peubah SSP dan SB pada gerombol 1 masing-masing memiliki 1 rata-rata ekstrem yang tinggi yang terletak di Yogyakarta, yang berarti ketersediaan sarana-prasarana dan komponen anggaran satuan pendidikan di provinsi tersebut jauh lebih baik dibandingkan provinsi-provinsi lain yang berada di gerombol 1. Lebar kotak dari SPR pada gerombol 1 sangat besar jika dibandingkan dengan gerombol 2, yang artinya pemenuhan standar ini sangatlah beragam untuk anggota gerombol 1.

Ciri khas yang mencolok dari gerombol 2 adalah skor standar nasional pendidikan yang rendah. Hal ini ditandai oleh hasil akreditasi dari 7 peubah untuk mayoritas (>75%) dari anggota gerombol 2 berada di bawah rata-rata hasil akreditasi nasional. Rata-rata ekstrem pada gerombol 2 terdapat pada SPR dan SPT. Rata-rata ekstrem pada SPR merupakan rata-rata ekstrem yang rendah yang terletak di Jambi dan Sulawesi Barat, sedangkan rata-rata ekstrem pada SPT merupakan rata-rata ekstrem yang tinggi yang terletak di Jawa Timur. Hal ini menunjukkan bahwa perencanaan pembelajaran, pelaksanaan pembelajaran, dan penilaian proses pembelajaran di sekolah yang terletak di Jambi dan Sulawesi Barat masih tertinggal cukup jauh dari provinsi-provinsi lain. Sementara itu, kompetensi dan kualifikasi pendidik dan tenaga kependidikan di sekolah-sekolah Jawa Timur dapat dikatakan lebih maju jika dibandingkan dengan anggota gerombol 2 lain.

3.3.2. Penggerombolan dengan $c=3$

Boxplot dari penggerombolan FCM untuk jumlah gerombol 3 dapat dilihat pada Gambar 5. Rata-rata ekstrem terlihat pada 5 dari 8 peubah, dengan 4 rata-rata ekstrem yang rendah yang dua di antaranya terletak pada SPR dan sisanya terletak pada SKL, serta 5 rata-rata ekstrem yang tinggi yang dua di antaranya terletak pada SPT dan sisanya terletak pada SKL, SPL, dan SB. Hal ini menandakan bahwa kelima peubah ini belum dapat dilaksanakan secara merata. Terutama peubah SPT yang memiliki rata-rata ekstrem dan memiliki nilai minimum dan maksimum terendah dibandingkan peubah lain, yang berarti kriteria minimum dari kompetensi pendidik dan tenaga kependidikan belum dapat dipenuhi dengan baik. Hal ini juga dibuktikan oleh nilai tengah (rata-rata nasional, serta rata-rata dan median ketiga gerombol) peubah SPT yang merupakan nilai terendah di antara peubah lainnya. Nilai rata-rata dan simpangan baku tiap peubah untuk ketiga gerombol dapat dilihat di Tabel 5.

Gambar 5: Boxplot hasil penggerombolan dengan $c=3$.Tabel 5 Rata-rata dan simpangan baku gerombol ($c=3$)

Peubah	Rata-rata			Simpangan baku		
	Gerombol 1	Gerombol 2	Gerombol 3	Gerombol 1	Gerombol 2	Gerombol 3
SI	92,65	87,44	89,53	2,01	1,49	2,26
SPR	90,12	84,34	86,03	2,35	1,53	0,88
SKL	89,50	83,13	85,81	2,70	1,19	0,72
SPT	79,72	73,62	75,96	3,35	2,51	3,12
SSP	83,24	74,58	78,50	4,90	2,12	2,07
SPL	90,62	84,69	86,36	2,64	1,27	1,13
SB	91,36	87,46	88,89	1,44	2,27	2,21
SPN	91,52	86,84	88,53	2,01	1,62	2,03

Penciri dari gerombol 1 adalah hasil akreditasi nasional yang tinggi dengan kuartil 1 ($>75\%$ anggota) dari semua peubah di gerombol 1 nilainya lebih tinggi dari nilai rata-rata nasional, kuartil 3 ($>75\%$ anggota) pada gerombol 2, dan median ($>50\%$ anggota) pada gerombol 3. Nilai minimum untuk peubah SPR, SKL, SSP, dan SPL pada gerombol 1 lebih tinggi nilainya dibandingkan nilai rata-rata nasional dan nilai maksimum pada gerombol 2. Hal ini menunjukkan bahwa keempat hasil akreditasi untuk anggota gerombol 1 jauh lebih baik dibandingkan dengan anggota gerombol 2. Peubah SB pada gerombol 1 memiliki rata-rata ekstrem yang tinggi yang terletak di Yogyakarta, yang berarti komponen anggaran satuan pendidikan di provinsi tersebut jauh lebih baik dibandingkan provinsi-provinsi lain. Lebar kotak dari SPL pada gerombol 1 sangat besar jika dibandingkan dengan gerombol lainnya, yang artinya pemenuhan standar ini sangatlah beragam untuk anggota gerombol 1. Sementara itu, lebar kotak dari SB pada gerombol 1 sangat kecil jika dibandingkan dengan gerombol lainnya, yang artinya pemenuhan standar ini memiliki keragaman paling kecil untuk anggota gerombol 1.

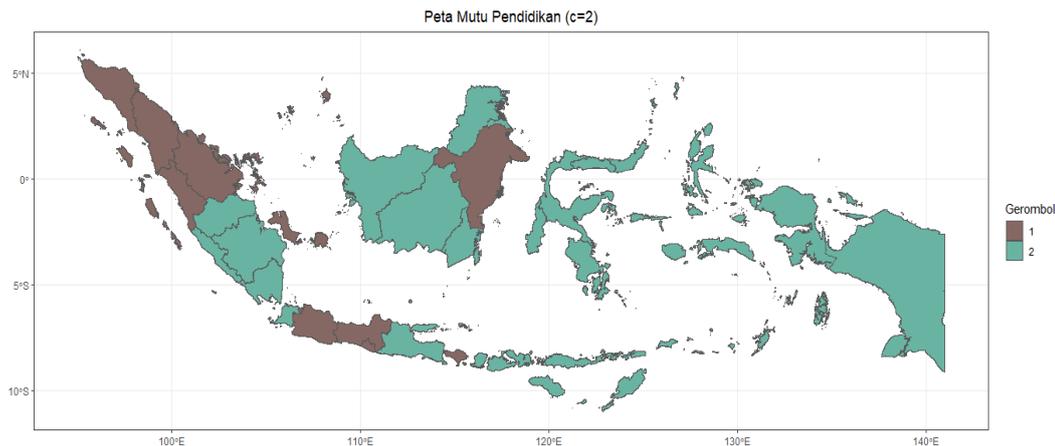
Ciri khas yang mencolok dari gerombol 2 adalah skor standar nasional pendidikan yang rendah. Hal ini ditandai oleh hasil akreditasi dari 7 peubah

untuk mayoritas (>75%) dari anggota gerombol 2 berada di bawah rata-rata hasil akreditasi nasional. Rata-rata ekstrem pada gerombol 2 terdapat pada SPR, SKL, SPT, dan SPL. Rata-rata ekstrem pada SPR merupakan rata-rata ekstrem yang rendah yang terletak di Jambi dan Sulawesi Barat, rata-rata ekstrem pada SKL merupakan rata-rata ekstrem yang rendah dan tinggi yang masing-masing terletak di Sulawesi Barat dan Sulawesi Selatan, dan rata-rata ekstrem pada SPT dan SPL merupakan rata-rata ekstrem yang tinggi yang secara berturut-turut terletak di Sulawesi Selatan dan Gorontalo. Hal ini menunjukkan bahwa perencanaan pembelajaran, pelaksanaan pembelajaran, dan penilaian proses pembelajaran di sekolah yang terletak di Jambi dan Sulawesi Barat masih tertinggal cukup jauh dari provinsi-provinsi lain. Capaian kapabilitas peserta didik antara Sulawesi Barat dan Sulawesi Selatan terlihat memiliki perbedaan yang cukup jauh. Sementara itu, kompetensi dan kualifikasi pendidik dan tenaga kependidikan di sekolah-sekolah Sulawesi Selatan dan perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan aktivitas pendidikan di sekolah-sekolah Gorontalo dapat dikatakan lebih baik jika dibandingkan dengan anggota gerombol 2 lain.

Gerombol 3 dicirikan dengan skor standar nasional yang mendekati nilai rata-rata nasional. Hal ini berarti bahwa provinsi-provinsi yang merupakan anggota gerombol 3 memiliki hasil akreditasi yang lebih rendah dari gerombol 1 dan lebih tinggi dari gerombol 2. Rata-rata ekstrem pada gerombol 3 terdapat pada SKL dan SPT, yang masing-masing merupakan rata-rata ekstrem yang rendah dan tinggi dan terletak di Jawa Timur. Berdasarkan pernyataan tersebut, informasi yang diperoleh adalah bahwa capaian kemampuan peserta didik di Jawa Timur terbilang cukup baik jika dibandingkan dengan anggota gerombol 3 lainnya, sedangkan kompetensi dan kualifikasi dari pendidik dan tenaga kependidikan di Jawa Timur masih cukup rendah jika dibandingkan dengan anggota gerombol 3 lainnya. Peubah SKL memiliki lebar kotak terkecil untuk anggota gerombol 3, yaitu sebesar 0,60. Yang berarti, bahwa ketimpangan dari capaian kapabilitas peserta didik pada akhir jenjang pendidikan pada gerombol 3 tidak terlalu besar.

3.4 Peta Mutu Pendidikan

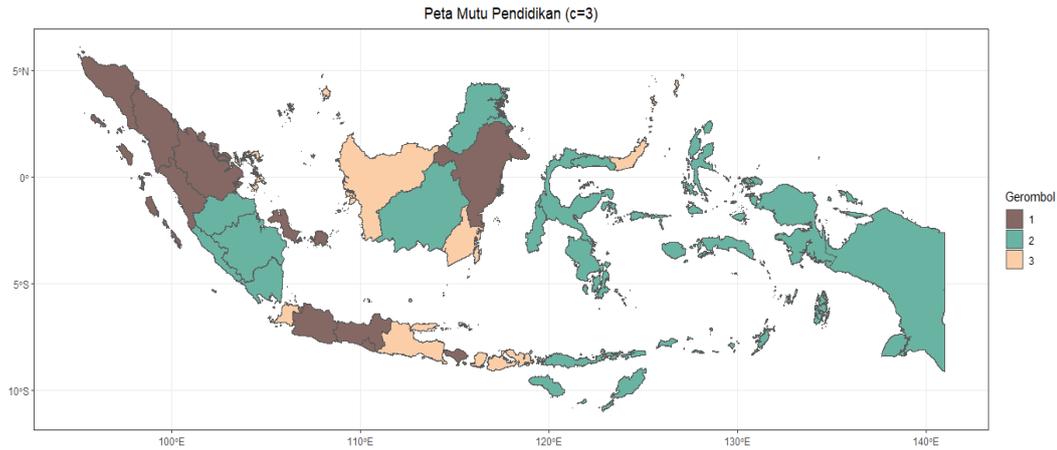
Gambar 6 memperlihatkan hasil pemetaan mutu pendidikan per provinsi di Indonesia dengan jumlah gerombol 2. Berdasarkan Gambar 6, terlihat bahwa wilayah bagian timur dari Indonesia didominasi oleh provinsi dari anggota gerombol 2. Wilayah bagian timur tersebut antara lain, yaitu provinsi-provinsi yang termasuk dalam Pulau Maluku, Pulau Nusa Tenggara (kecuali Bali), Pulau Papua, dan Pulau Sulawesi.



Gambar 6: Peta mutu pendidikan dengan jumlah gerombol 2.

Indonesia bagian barat terbagi menjadi daerah yang termasuk dalam gerombol 1 dan daerah yang termasuk dalam gerombol 2. Hanya 1 provinsi di Pulau Kalimantan yang termasuk dalam gerombol 1, yaitu Provinsi Kalimantan Timur. Sementara itu, provinsi lain di Pulau Kalimantan masuk ke dalam gerombol 2. Selanjutnya Pulau Sumatera bagian utara masuk ke dalam gerombol 1, sedangkan sebagian besar Pulau Sumatera bagian selatan masuk ke dalam gerombol 2. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik pada tahun 2019, enam provinsi dengan penduduk terbanyak berada di Pulau Jawa. Empat dari enam provinsi yang berada di Pulau Jawa masuk ke dalam gerombol 1. Empat provinsi tersebut adalah Yogyakarta, Jakarta, Jawa Barat, dan Jawa Tengah. Provinsi Jakarta dan Provinsi Jawa Barat yang merupakan dua provinsi dengan penduduk terpadat memiliki penduduk sebesar 62,67% dan 5,49% dari total penduduk di Indonesia. Hal ini berarti mayoritas penduduk di Indonesia telah bersekolah di SMA/MA dengan hasil akreditasi di atas rata-rata nasional. Namun, Banten dan Jawa Timur yang merupakan provinsi terpadat ke-3 dan ke-6 merupakan anggota dari gerombol 2, yang berarti masih cukup banyak peserta didik yang menuntut ilmu di sekolah dengan akreditasi yang masih berada di bawah rata-rata nasional.

Gambar 7 memperlihatkan hasil pemetaan mutu pendidikan per provinsi di Indonesia dengan jumlah gerombol 3. Berdasarkan Gambar 7, dapat dikatakan bahwa wilayah bagian timur dari Indonesia didominasi oleh provinsi dari anggota gerombol 2. Wilayah bagian timur tersebut antara lain, yaitu provinsi-provinsi yang termasuk dalam Pulau Maluku, Pulau Papua, dan Pulau Sulawesi (kecuali Sulawesi Utara). Sementara itu, ketiga provinsi yang berada di Pulau Nusa Tenggara masuk ke dalam gerombol yang berbeda-beda. Provinsi Bali masuk ke dalam gerombol 1, Provinsi NTT masuk ke gerombol 2, dan Provinsi NTB masuk ke gerombol 3.

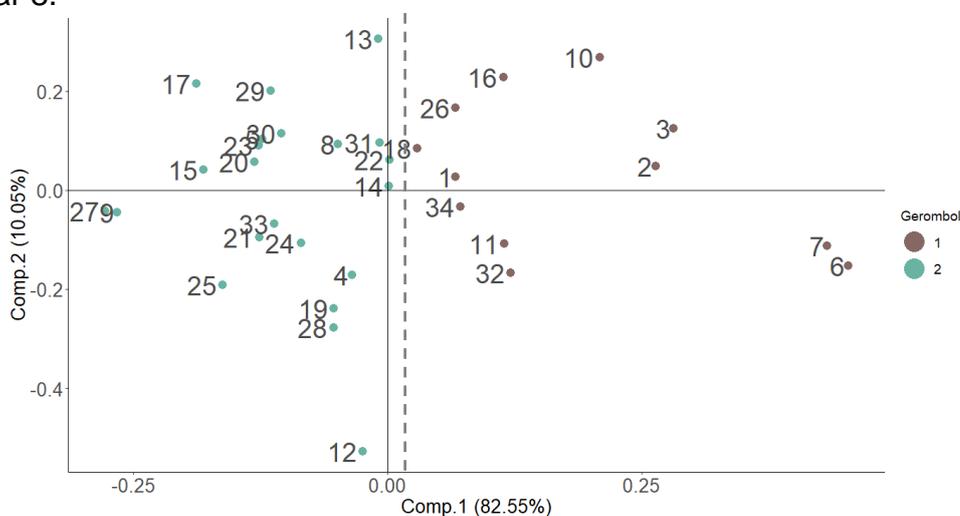


Gambar 7: Peta mutu pendidikan dengan jumlah gerombol 3.

Indonesia bagian barat didominasi oleh provinsi dari anggota gerombol 1, dengan 10 provinsi merupakan anggota gerombol 1, 6 provinsi merupakan anggota gerombol 2, dan 5 provinsi merupakan anggota gerombol 3. Seperti hasil penggerombolan dengan jumlah gerombol 2, Yogyakarta, Jakarta, Jawa Barat, dan Jawa Tengah masuk ke dalam gerombol 1. Sementara itu, Provinsi Banten dan Provinsi Jawa Timur masuk ke dalam gerombol 3. Alokasi provinsi yang berada di Pulau Sumatera, yaitu 5 provinsi dalam gerombol 1, 4 provinsi dalam gerombol 2, dan 1 provinsi dalam gerombol 3. Sementara itu, 1 provinsi dari Pulau Kalimantan masuk ke dalam gerombol 1, 2 provinsi masuk ke dalam gerombol 2, dan 2 provinsi masuk ke dalam gerombol 3.

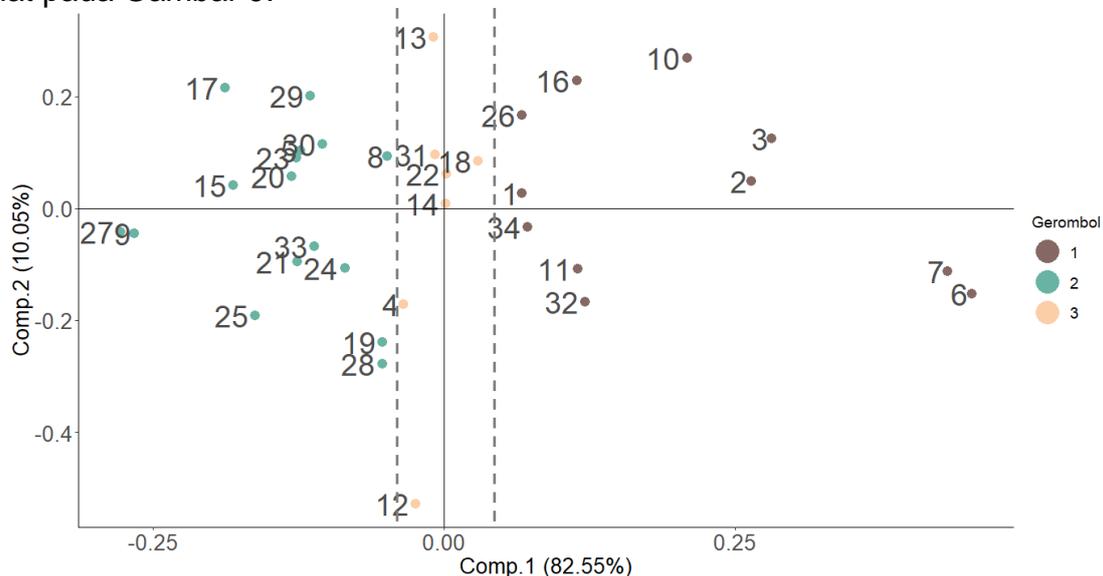
3.5 Hasil Penggerombolan dalam Plot Komponen Utama

Hasil penggerombolan untuk ukuran gerombol 2 dan 3 sesuai dengan analisis komponen utama yang telah dilakukan pada tahap eksplorasi sebelumnya. Semua provinsi yang memiliki karakteristik yang mirip masuk ke dalam gerombol yang sama. Solusi akhir untuk ukuran gerombol 2 mengategorikan provinsi yang berada di kuadran I dan IV ke dalam gerombol 1 dan provinsi yang berada di kuadran II dan III ke dalam gerombol 2. Hasil penggerombolan $c=2$ dalam plot komponen utama dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8: Plot komponen utama untuk penggerombolan $c=2$.

Sementara itu, hasil dari penggerombolan dengan $c=3$ mengategorikan provinsi yang berada di kuadran I dan IV ke dalam gerombol 1, provinsi yang berada di kuadran II dan III ke dalam gerombol 2, dan provinsi yang berada di sekitar sumbu y grafik ke dalam gerombol 3. Hasil penggerombolan $c=3$ dalam plot komponen utama dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9: Plot komponen utama untuk penggerombolan $c=3$.

Jumlah gerombol optimum yang didapatkan berdasarkan teori (indeks PC dan fungsi tujuan) adalah 2 (dua). Namun, derajat keanggotaan yang didapatkan dari penggerombolan $c=2$ memiliki tingkat *fuzzy* yang tinggi karena nilai peluang suatu provinsi masuk ke gerombol 1 dan 2 meragukan. Sementara itu, hasil penggerombolan $c=3$ lebih meyakinkan jika dilihat berdasarkan nilai derajat keanggotaannya. Hal ini juga didukung dengan hasil plot komponen utama yang menunjukkan bahwa provinsi yang mirip masuk ke gerombol yang sama. Selain itu, berdasarkan *professional judgment* dari seorang ahli statistik yang memiliki spesialisasi di bidang pendidikan, Dr. Ir. Budi Susetyo, M.S., pemakaian jumlah gerombol 3 (tiga) menghasilkan penggerombolan yang lebih menggambarkan keadaan riil dari pendidikan di Indonesia. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa jumlah gerombol optimum untuk data yang digunakan adalah 3 (tiga).

Berdasarkan informasi yang telah disampaikan sebelumnya, mayoritas dari Indonesia bagian timur merupakan anggota gerombol 2 dan mayoritas dari Indonesia bagian barat merupakan anggota gerombol 1. Pemerintah provinsi yang daerahnya masuk dalam kategori gerombol 1 sudah dapat melaksanakan standar nasional pendidikan dengan baik, sedangkan pemerintah provinsi yang daerahnya masuk dalam kategori gerombol 2 masih kurang mampu untuk memenuhi standar nasional pendidikan yang ditetapkan oleh BSNP. Hal ini dapat disebabkan oleh banyak faktor, seperti akses transportasi yang kurang memadai, fasilitas yang masih belum lengkap, kualitas maupun kuantitas guru yang masih kurang, ataupun materi-materi yang belum dapat membantu siswa untuk mencapai target akhir pada akhir tahap pendidikan. Kemudian pemerintah provinsi yang masuk dalam kategori gerombol 3 baru dapat menjalankan standar nasional pendidikan dengan hasil yang berada di sekitar rata-rata nasional. Pemerintah provinsi harus melakukan analisa lebih dalam mengenai unsur-unsur apa saja yang menyebabkan ketimpangan mutu pendidikan di Indonesia.

4. Simpulan dan Saran

Hasil analisis FCM optimum pada data adalah penggerombolan dengan jumlah gerombol 3 (tiga). Jumlah gerombol 2 merupakan jumlah gerombol optimum berdasarkan nilai indeks PC dan fungsi tujuan, namun jumlah gerombol 3 menghasilkan penggerombolan yang lebih sesuai dengan kondisi riil pendidikan di Indonesia. Hal ini dibuktikan dengan tingkat *fuzzy* dari peluang derajat keanggotaan, hasil analisis komponen utama, dan *professional judgment* oleh Dr. Ir. Budi Susetyo, M.S. yang merupakan ahli statistik di bidang pendidikan.

Solusi akhir dari hasil gerombol dengan $c=2$ adalah 12 provinsi dalam gerombol 1 dan 22 provinsi dalam gerombol 2. Sementara itu, penggerombolan dengan $c=3$ menghasilkan gerombol 1 yang beranggotakan 11 provinsi, gerombol 2 yang beranggotakan 16 provinsi, dan gerombol 3 yang beranggotakan 7 provinsi.

Karakteristik dari gerombol 1 adalah skor SNP yang nilainya di atas rata-rata, sedangkan karakteristik dari gerombol 2 adalah skor SNP yang nilainya di bawah rata-rata. Kemudian karakteristik dari gerombol 3 adalah skor SNP yang nilainya di sekitar rata-rata.

Jakarta dan Jawa Barat yang merupakan dua provinsi dengan penduduk terbanyak di Indonesia selalu dikategorikan ke dalam gerombol 1. Sementara itu, seluruh provinsi yang berada di Pulau Papua dan Pulau Maluku selalu masuk ke dalam gerombol 2.

Daftar Pustaka

- Al-Zoubi MB, Hudaib A, Al-Shboul Bashar. 2007. A fast fuzzy clustering algorithm. In: Proceedings of the 6th WSEAS International Conference on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering and Data Bases; 2007 Feb 16-19; Corfu Island, Greece. Corfu Island (GR): University of Jordan. p 28–32.
- Bezdek JC. 1981. *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithm*. Spring Street (NY): Plenum.
- Cherkassky V, Mulier FM. 1998. *Learning from Data: Concepts, Theory, and Methods*. 2nd ed. Hoboken (NJ): John Wiley & Sons.
- Feng Z, Fan JC. 2016. A novel validity index in fuzzy clustering algorithm. *International Journal of Wireless and Mobile Computing*. 10(2): 183-190.
- Habibie N. 2019. Penggerombolan hasil ujian nasional SMA menggunakan metode k-rataan samar [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Hamur AS. 2017. Penggerombolan provinsi di Indonesia berdasarkan indikator pelayanan kesehatan tahun 2015 dengan metode k-means, *fuzzy c-means* dan *fuzzy c-shell* [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Johnson RA, Wichern DW. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. 6th ed. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall.
- Sivarathri S, Govardhan A. 2014. Experiments on hypothesis “Fuzzy k-means is better than k-means for clustering”. *IJDKP*. 4(5):21-34. doi: 10.5121/ijdkp.2014.4502

Syakur MA, Khotimah BK, Rochman EMS, Satoto BD. 2018. Integration k-means clustering method and elbow method for identification of the best customer profile cluster. In: The 2nd International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering (ICVEE); 2017 Nov 9; Surabaya, Indonesia. Madura Island (ID): University of Trunojoyo Madura. p 1–6. doi: 10.1088/1757-899X/336/1/012017

LAMPIRAN

Lampiran 1 Rata-rata 8 SNP per provinsi tahun 2017-2019

Provinsi	SI	SPR	SKL	SPT	SSP	SPL	SB	SPN
Aceh	90,39	87,51	86,97	78,57	78,24	88,95	90,45	90,23
Bali	94,17	91,54	89,85	81,54	84,03	92,62	91,52	92,87
Bangka Belitung	94,10	92,62	91,00	78,05	86,36	93,69	90,46	93,08
Banten	87,85	85,12	85,92	76,45	78,75	85,99	86,51	87,08
Bengkulu	88,48	83,94	83,43	73,82	73,69	83,76	90,25	88,34
DI Yogyakarta	95,22	92,63	94,63	85,20	92,76	94,17	94,23	92,65
DKI Jakarta	94,95	93,44	93,25	85,41	91,00	94,16	92,37	94,77
Gorontalo	89,70	85,70	84,13	74,57	75,90	87,67	89,67	87,93
Jambi	85,14	81,72	81,60	70,33	71,85	83,05	85,16	84,00
Jawa Barat	94,40	91,95	91,24	78,46	79,92	91,47	93,11	92,59
Jawa Tengah	91,38	87,60	87,62	79,43	82,52	87,67	91,19	88,43
Jawa Timur	85,42	84,84	84,38	81,31	81,15	84,68	85,48	85,09
Kalimantan Barat	91,82	86,81	86,24	71,34	77,37	87,02	90,48	90,59
Kalimantan Selatan	91,38	85,93	86,43	75,36	79,12	85,41	88,89	88,03
Kalimantan Tengah	87,14	83,82	83,19	71,40	73,32	84,08	85,35	87,09
Kalimantan Timur	92,60	89,84	88,04	75,21	80,52	88,46	90,72	92,89
Kalimantan Utara	87,38	84,23	81,65	69,92	71,73	86,00	85,58	89,81
Kepulauan Riau	90,17	87,29	86,08	73,78	80,89	86,32	88,97	90,83
Lampung	87,51	85,11	84,42	78,07	77,92	85,17	87,51	85,80
Maluku	87,78	84,48	83,03	72,27	75,17	84,58	87,63	87,82
Maluku Utara	85,92	85,73	84,19	75,31	73,74	85,30	86,62	86,08
NTB	90,87	85,83	85,36	77,70	76,14	87,10	91,67	88,64
NTT	88,25	85,16	83,09	72,79	74,14	84,85	88,09	87,82
Papua	87,25	84,91	83,38	74,13	78,15	85,60	85,26	88,07
Papua Barat	86,97	84,67	81,37	74,11	75,94	83,53	82,61	86,08
Riau	91,83	88,55	86,88	75,57	79,05	88,17	91,53	90,19
Sulawesi Barat	84,92	79,86	81,03	71,14	71,28	82,36	88,06	83,67
Sulawesi Selatan	86,16	85,50	85,35	78,91	77,19	85,20	87,35	85,84
Sulawesi Tengah	89,66	85,12	83,50	72,07	73,58	85,51	90,38	87,42
Sulawesi Tenggara	89,78	84,83	83,27	74,34	73,88	84,15	90,42	87,87
Sulawesi Utara	89,18	86,40	86,23	75,81	76,10	88,03	90,23	89,46
Sumatera Barat	90,45	87,61	87,82	81,04	82,02	88,08	90,30	89,27
Sumatera Selatan	87,03	84,64	83,49	74,73	75,77	84,19	89,47	85,80
Sumatera Utara	89,71	88,04	87,16	78,43	79,23	89,37	89,09	89,70

Lampiran 2 Daftar provinsi pada AKU

Provinsi	Nomor	Provinsi	Nomor
Aceh	1	Kepulauan Riau	18
Bali	2	Lampung	19
Bangka Belitung	3	Maluku	20
Banten	4	Maluku Utara	21
Bengkulu	5	NTB	22
DI Yogyakarta	6	NTT	23
DKI Jakarta	7	Papua	24
Gorontalo	8	Papua Barat	25
Jambi	9	Riau	26
Jawa Barat	10	Sulawesi Barat	27
Jawa Tengah	11	Sulawesi Selatan	28
Jawa Timur	12	Sulawesi Tengah	29
Kalimantan Barat	13	Sulawesi Tenggara	30
Kalimantan Selatan	14	Sulawesi Utara	31
Kalimantan Tengah	15	Sumatera Barat	32
Kalimantan Timur	16	Sumatera Selatan	33
Kalimantan Utara	17	Sumatera Utara	34

Lampiran 3 Derajat keanggotaan untuk $c=2$

Provinsi	Gerombol 1	Gerombol 2	Provinsi	Gerombol 1	Gerombol 2
Aceh	0,62	0,38	Kepulauan Riau	0,55	0,45
Bali	0,55	0,45	Lampung	0,44	0,56
Bangka Belitung	0,54	0,46	Maluku	0,41	0,59
Banten	0,44	0,56	Maluku Utara	0,43	0,57
Bengkulu	0,42	0,58	NTB	0,49	0,51
DI Yogyakarta	0,53	0,47	NTT	0,41	0,59
DKI Jakarta	0,53	0,47	Papua	0,43	0,57
Gorontalo	0,37	0,63	Papua Barat	0,45	0,55
Jambi	0,45	0,55	Riau	0,59	0,41
Jawa Barat	0,55	0,45	Sulawesi Barat	0,46	0,54
Jawa Tengah	0,58	0,42	Sulawesi Selatan	0,46	0,54
Jawa Timur	0,50	0,50	Sulawesi Tengah	0,42	0,58
Kalimantan Barat	0,48	0,52	Sulawesi Tenggara	0,41	0,59
Kalimantan Selatan	0,48	0,52	Sulawesi Utara	0,47	0,53
Kalimantan Tengah	0,44	0,56	Sumatera Barat	0,58	0,42
Kalimantan Timur	0,57	0,43	Sumatera Selatan	0,41	0,59
Kalimantan Utara	0,45	0,55	Sumatera Utara	0,64	0,36

Lampiran 4 Derajat keanggotaan untuk $c=3$

Provinsi	Gerombol 1	Gerombol 2	Gerombol 3
Aceh	0,63	0,06	0,31
Bali	0,58	0,14	0,27
Bangka Belitung	0,55	0,16	0,29
Banten	0,12	0,41	0,47
Bengkulu	0,09	0,72	0,19
DI Yogyakarta	0,46	0,21	0,32
DKI Jakarta	0,47	0,21	0,32
Gorontalo	0,11	0,56	0,33
Jambi	0,15	0,60	0,25
Jawa Barat	0,60	0,14	0,26
Jawa Tengah	0,65	0,08	0,27
Jawa Timur	0,24	0,35	0,41
Kalimantan Barat	0,29	0,32	0,39
Kalimantan Selatan	0,18	0,20	0,63
Kalimantan Tengah	0,10	0,71	0,19
Kalimantan Timur	0,68	0,09	0,23
Kalimantan Utara	0,15	0,61	0,24
Kepulauan Riau	0,34	0,19	0,47
Lampung	0,13	0,48	0,40
Maluku	0,05	0,84	0,11
Maluku Utara	0,08	0,73	0,19
NTB	0,25	0,23	0,52
NTT	0,05	0,84	0,11
Papua	0,09	0,68	0,23
Papua Barat	0,13	0,62	0,25
Riau	0,66	0,08	0,26
Sulawesi Barat	0,16	0,57	0,26
Sulawesi Selatan	0,16	0,44	0,40
Sulawesi Tengah	0,11	0,68	0,21
Sulawesi Tenggara	0,10	0,69	0,21
Sulawesi Utara	0,19	0,24	0,56
Sumatera Barat	0,62	0,09	0,29
Sumatera Selatan	0,06	0,78	0,16
Sumatera Utara	0,62	0,06	0,32