

Analisis Cluster Untuk Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan Berdasarkan Indikator Pendidikan dengan Metode Ward

Adiatma

Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, adiatma.rasyid@uin-alauddin.ac.id

Nurul Fitrah

Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, nurulfitriah@uin-alauddin.ac.id

ABSTRAK Metode Ward merupakan prosedur pengelompokan yang menentukan jarak antar kelompok yang dibuat dengan menggunakan pendekatan analisis varians. Penelitian ini berupaya mengkategorikan kabupaten dan kota di Provinsi Sulawesi Selatan pada tahun 2022 berdasarkan indikator terkait pendidikan. Menemukan cluster yang optimal semudah melihat data yang dikumpulkan dalam penelitian ini, dengan Indeks Dunn sebesar 0,4998659. Dari indeks tersebut terlihat bahwa cluster yang terbentuk dengan empat anggota menghasilkan indeks Dunn tertinggi dibandingkan dengan cluster yang terbentuk dengan jumlah individu berbeda pada kelompok Kabupaten/Kota. Cluster 1 beranggotakan empat orang, cluster 2 beranggotakan empat belas orang, cluster 3 beranggotakan lima orang, dan cluster 4 beranggotakan satu orang.

Kata Kunci: analisis cluster, ward, pendidikan.

1. PENDAHULUAN

Analisis cluster multivariat digunakan untuk mengklasifikasikan item ke dalam banyak kategori menurut karakteristik yang dimiliki satu sama lain, dengan tujuan untuk menentukan kemiripan hal-hal dalam setiap kategori (Imasdiani, Purnamasari, & Amijaya, 2022). Analisis cluster dirancang untuk mempartisi sekumpulan item ke dalam banyak kelompok berdasarkan seberapa mirip item tersebut dalam hal atribut yang berbeda [4]. Pendekatan Ward akan digunakan dalam penyelidikan ini. Metode Ward merupakan prosedur clustering yang menentukan jarak antar cluster yang dibuat dengan menggunakan metodologi analisis varians [18]. Dibandingkan dengan metode hierarki lainnya, kekuatan metode Ward terletak pada kemudahannya dalam menghasilkan hasil pengelompokan.

Penelitian sebelumnya tentang pendekatan Ward oleh Khoirunnisa, Wibowo, & Komstiani, menemukan bahwa pendekatan ini memiliki koefisien korelasi kofenetik tertinggi (0,952), menjadikannya metode terbaik [12]. Dengan

Menurut penelitian Ulinuh & Veriani, metode Ward mengungguli pendekatan Complete Linkage dan Average Linkage dalam analisis cluster [22].

Banyak domain yang dapat menggunakan teknik cluster; di antaranya adalah sektor sosial, yang meliputi lembaga pendidikan. Diperkirakan 6,69 persen penduduk dewasa di Provinsi Sulawesi Selatan akan kekurangan keterampilan literasi dasar pada tahun 2022, menurut laporan Statistik Pendidikan provinsi tersebut pada tahun 2022 masih terdapat 9,62% anak (7–18 tahun) yang tidak bersekolah atau belum pernah bersekolah [1]. Minimal 95% dianggap telah memenuhi kriteria pendidikan sebagaimana tercantum dalam Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 59 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan standar pelayanan minimal pendidikan. Hal tersebut menjelaskan bahwa Provinsi Sulawesi Selatan belum mencapai kriteria tersebut karena belum mencapai nilai yang ditetapkan [7]

Berdasarkan keadaan yang menjelaskan bahwa Provinsi Sulawesi Selatan belum mencapai standar pelayanan minimal pendidikan sehingga penting untuk dilakukan pengelompokan wilayah sesuai indikator pendidikan di Provinsi Sulawesi Selatan untuk mengetahui wilayah mana yang membutuhkan perbaikan dan perhatian lebih terkait masalah pendidikan yang ada. Peneliti begitu tertarik untuk mendalami kajian tentang “Analisis Cluster Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan Berdasarkan Indikator Pendidikan dengan Metode Kelurahan”.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Analisis Multivariat

Salah satu jenis analisis data yang menggunakan beberapa variabel gabungan

disebut analisis multivariat. Biasanya, ada dua kategori utama metode analisis multivariat: metode independensi dan metode dependensi dengan alat pemodelan persamaan struktural (SEM). Yang pertama biasanya melibatkan satu atau dua model, sedangkan yang kedua biasanya melibatkan tiga atau lebih model. Analisis multivariat bergantung pada pemahaman terhadap asumsi yang mendasari metode dan skala pengukuran yang digunakan untuk menjamin keandalan hasil [23].

Analisis *Cluster*

Tujuan utama dari analisis cluster untuk sebuah metode analisis multivariat, adalah untuk mengkategorikan item observasi ke dalam banyak kelompok sesuai dengan ciri-cirinya yang sama. Analisis cluster tidak memperhitungkan jumlah kelompok atau strukturnya. Menurut Hasmira, Alwi, dan Nurfadilah, benda-benda dikelompokkan berdasarkan kemiripan atau jaraknya [9].

Prosedur Analisis *Cluster*

1. Merumuskan masalah

Pada tahap proses perumusan masalah, bertujuan untuk memilih variabel yang digunakan dalam prosedur pengelompokan. Selain relevan dengan permasalahan yang ada, variabel-variabel yang dipilih juga harus memiliki kesamaan antar objek.

2. Multikolinearitas

Karena potensi hasil yang menyimpang pada variabel terkait, sebaiknya data dalam sampel tidak terkait satu sama lain. Kehadiran data yang saling terkait dikenal sebagai multikolinearitas. Nilai VIF dapat digunakan sebagai alat untuk mendeteksi multikolinearitas:

$$VIF = \frac{1}{1-R^2} \quad (2.1)$$

R^2 merupakan indikator seberapa baik variabel terikat dan bebas ditentukan. Situasi multikolinearitas terjadi ketika $X'X$ lebih besar dari 10. Salah satu cara untuk memeriksa multikolinearitas adalah dengan

menghitung korelasi Pearson, koefisien korelasi dasar, antara variabel independen. Hal ini dapat dilakukan selain mencari nilai VIF. Dianggap multikolinearitas jika nilai korelasinya 0,8 atau lebih. Analisis komponen utama adalah alat untuk mengurangi multikolinearitas dalam data.

3. Menentukan Ukuran Kemiripan Objek

Ide dasar di balik analisis cluster adalah menemukan cara untuk mengukur seberapa mirip atau berbedanya dua item satu sama lain dengan mengelompokkannya berdasarkan tingkat kesamaannya. Suatu metode yang mengambil jarak antara setiap pasangan benda sebagai satuan ukurannya dapat digunakan untuk menentukan seberapa mirip dua benda.

4. Metode *Cluster*

Ada dua jenis utama analisis cluster, yaitu hierarki dan non-hierarki, yang keduanya melibatkan pengelompokan. Seseorang dapat menggunakan teknik Tautan Tunggal, Tautan Lengkap, Tautan Rata-rata, atau *Ward* sebagai bagian dari analisis kluster hierarki. Sedangkan *K-means* dapat digunakan untuk analisis cluster yang tidak bersifat hierarkis. Penelitian ini akan membandingkan metode *Ward* yang menggunakan analisis cluster hierarki.

5. Menginterpretasi Cluster

Langkah saat ini adalah menentukan apa yang membuat setiap cluster unik. Hal ini dapat dilakukan dengan membandingkan nilai rata-rata (mean) pada masing-masing kelompok sesuai dengan labelnya masing-masing. Dilihat dari rumus centroid untuk perhitungannya:

$$C = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p x_{jk}}{N} \quad (2.2)$$

Dengan:

C = Nilai rata-rata

p = Banyak peubah yang digunakan

x_{jk} = Nilai/data objek ke- j , variable ke- k

N = Jumlah objek

Metode Pengelompokan

1. Metode Hirarki

Menganalisis data menggunakan pendekatan hierarki clustering dapat membantu interpretasi karena mengelompokkan item berdasarkan pengukuran jarak dan menampilkan temuan dalam dendrogram. Terdapat beberapa macam metode pada analisis *cluster* hirarki diantaranya metode Pautan Tunggal (*Single Linkage*), metode Pautan Lengkap (*Complete Linkage*), metode Pautan Rata-Rata (*Average Linkage*), dan metode *Ward* (*Ward's method*) [21].

2. Metode Non-Hirarki

K-Means cluster analysis adalah salah satu metode *non* hirarki dalam *cluster* yang berupaya mempartisi objek-objek ke dalam satu atau lebih *cluster* atau mengelompokkan objek yang berdasar pada karakteristik, untuk menyusun secara bersama-sama benda-benda yang atributnya serupa dan benda-benda yang atributnya berbeda ke dalam kelompok-kelompok yang terpisah [20].

Metode Ward

Salah satu cara untuk mengelompokkan data adalah dengan pendekatan *Ward*, yang berupaya mengelompokkan hal-hal serupa menjadi satu, dimana banyaknya *cluster* tidak diketahui sebelumnya [11]. Keunggulan dari metode *Ward* adalah kemampuannya untuk memberikan hasil yang lebih mudah dalam pengelompokan dibandingkan dengan metode hirarki lainnya.

Adapun bentuk persamaan metode *Ward* adalah

$$Ward(C, C_j) = \frac{N_{C_i} N_{C_j}}{N_{C_i} + N_{C_j}} \times d(C_{S_i}, C_{S_j}) \quad (2.3)$$

dengan:

C_i = Cluster ke-i

C_j = Cluster ke-j

N_{C_i} = Jumlah anggota dari *cluster* ke-i

N_{C_j} = Jumlah anggota dari *cluster* ke-j

$d(C_{S_i}, C_{S_j})$ = Jarak dari *cluster* i dan *cluster* j

Ukuran Jarak *Euclidean*

Tujuan analisis cluster yaitu untuk mengelompokkan objek yang mirip kedalam *cluster* yang sama. Oleh karena itu, diperlukan beberapa metrik atau ukuran untuk menentukan sejauh mana objek-objek tersebut mirip atau berbeda satu sama lain. Pendekatan yang umum digunakan yaitu dengan mengukur tingkat kemiripan yang biasa disebut dalam jarak (*distance*) antara pasangan objek.

Pada penelitian ini akan digunakan ukuran jarak *Euclidean*. Jarak *Euclidean* disimbolkan dengan d_{ij} dengan variabel ke-k = 1, 2, ..., p. Nilai d_{ij} diperoleh dengan rumus sebagai berikut [9]:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (X_{ik} - X_{jk})^2} \quad (2.4)$$

dengan:

d_{ij} = Jarak antara objek ke-i dan objek ke-j

n = Jumlah variable yang diamati

X_{ik} = Data dari objek ke-i pada variable ke-k

X_{jk} = Data dari objek ke-j pada variable ke-k

Penentuan *Cluster Optimum* dengan *Index Dunn*

Index Dunn adalah salah satu indeks validasi dalam analisis *cluster* yang digunakan untuk membandingkan dan mengukur kualitas *cluster* yang dihasilkan oleh berbagai metode *cluster*. Cluster yang optimal menurut Indeks Dunn adalah cluster yang memiliki nilai tertinggi. Bila > 1 maka Indeks Dunn dianggap besar [15]. Karena penelitian ini mengandalkan data numerik, maka digunakan pendekatan validasi Indeks Dunn. Selain itu, penelitian menunjukkan bahwa di antara metode validasi, Indeks Dunn mengungguli Statistik Hubert dan Koefisien Silhouette dalam hal data numerik [19].

Nilai *index dunn* dirumuskan sebagai berikut.

$$DI = \min_{i=1, \dots, k} \left\{ \min_{j=1+1, \dots, k} \left(\frac{d(c_i, c_j)}{\max_{m=1, \dots, k} \text{diam}(c_m)} \right) \right\} \quad (2.5)$$

dengan:

DI = *Index dunn*

k = Jumlah kelompok

$d(c_i, c_j)$ = Jarak antara *cluster* i dan *cluster* j

$\text{diam}(c_m)$ = Diameter *cluster* i

Pengertian Pendidikan

Pendidikan adalah proses pelatihan, pendidikan merupakan alat untuk mempengaruhi pola pikir dan tindakan individu atau masyarakat demi kepentingan pertumbuhan dan perkembangannya. Untuk menghasilkan sumber daya manusia yang berdaya saing tinggi, pendidikan yang berkualitas merupakan prinsip kemajuan yang sangat penting. Selain itu, penting juga untuk mencapai akses yang setara dan merata dalam peluang belajar di setiap tingkat Pendidikan, dengan tujuan agar dapat memastikan bahwa pendidikan menjadi wadah yang inklusif dan merata [17].

3. METODOLOGI

Penelitian ini mempunyai implikasi praktis. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Selatan, adapun alat penelitian yang digunakan yaitu R Studio dan Excel.

Berikut adalah langkah-langkah yang diikuti untuk mencapai tujuan penelitian:

1. Menghitung statistik deskriptif dari data.
2. Menguji Multikolinearitas.
3. Menggunakan rumus jarak antara dua titik dalam ruang untuk mengetahui persamaan atau perbedaannya.
4. Menerapkan pendekatan Ward pada pemrosesan cluster.
5. Gunakan Indeks Dunn untuk menemukan cluster terbaik.
6. Membandingkan nilai rata-rata pada setiap kelompok memungkinkan kita untuk menginterpretasikan cluster yang telah terbentuk.
7. Kesimpulan

4. PEMBAHASAN

Statistika Deskriptif

Pada hasil statistika deskriptif, diperoleh bahwa pada tahun 2022 jumlah maksimum dan minimum APK SD berturut-turut 115,35 dan 100,05 dengan rata-rata 107,63. Rata-rata nilai APM anak usia 7 sampai 12 tahun adalah 98,50. Di antara kabupaten dan kota di Provinsi

Sulawesi Selatan, nilai APS dengan standar deviasi terendah adalah 0,48% pada siswa kelas 7–12.

Provinsi Sulawesi Selatan memiliki rata-rata sekitar 267 sekolah dasar, jika mempertimbangkan karakteristik tersebut di atas. 70 buah pada tingkat SMP, dan 24 buah pada tingkat SMA. Jumlah sekolah dasar tertinggi terdapat pada Kabupaten Bone yaitu ada sebanyak 674 buah sekolah dasar dan terendah ada di Palopo yaitu sebanyak 79 buah sekolah. Sementara pada rata-rata jumlah murid SD di Provinsi Sulawesi Selatan sebesar 36.728 orang sedangkan rata-rata tenaga pengajar atau jumlah guru SD sekitar 2.886 orang. Hal tersebut menunjukkan bahwa jumlah murid lebih banyak daripada jumlah tenaga pengajar yang tersedia di Provinsi Sulawesi Selatan.

1. Menguji Multikolinearitas

Faktor inflasi varians (VIF) adalah metrik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi multikolinearitas. Apabila skor VIF lebih besar dari 10 menunjukkan adanya multikolinearitas antar variabel independen. Jika nilai VIF kurang dari 10 maka diterima yang artinya tidak terjadi multikolinearitas; jika nilai VIF lebih besar dari 10 maka ditolak. Asumsi-asumsi inilah yang harus dipenuhi dalam uji multikolinearitas.

Berdasarkan hasil analisis awal, hanya terdapat 3 variabel yang memiliki nilai *VIF* di bawah 10 yaitu variabel X_5 sebesar 7,92, X_6 sebesar 7,15, dan X_9 sebesar 6,59. Sehingga hal tersebut dapat direduksi dengan metode analisis komponen utama dan didapatkanlah *VIF* bernilai 2,0329 sehingga dapat diartikan bahwa semua variabel sudah tidak terjadi multikolinearitas yang berarti bahwa H_0 diterima.

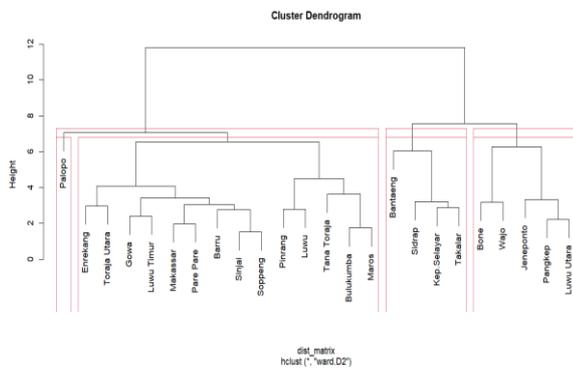
2. Menentukan Ukuran Jarak Kemiripan

Dalam menentukan ukuran jarak kemiripan dapat dilihat dari nilai jarak antar dua pengamatan. Semakin kecil nilainya, maka semakin mirip kedua pengamatan tersebut. Pada gambar matriks di atas diperoleh matriks jarak kemiripan antar pengamatan, antara Kabupaten Takalar dan Kabupaten Sidrap adalah 2,569892, sedangkan antara Kabupaten Bulukumba dan Kabupaten Maros adalah 1,762681 dan yang

paling mirip antar dua pengamatan yaitu jarak antara Kabupaten Sinjai dan Kabupaten Soppeng dengan nilai sebesar 1,532552. Demikian pula, ketika menafsirkan benda-benda yang berbeda, dikatakan bahwa semakin dekat dua benda tersebut satu sama lain, semakin mirip kualitasnya.

3. Metode Ward

Berikut adalah dendrogram yang menunjukkan pengelompokan 24 kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan pada tahun 2022 menurut indikator pendidikan pendekatan Kelurahan, seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.1 Dendrogram pengelompokan kabupaten/kota di Provinsi Sulawesi Selatan pada tahun 2022 menurut indikator pendidikan

4. Penentuan Cluster terbaik dengan Index Dunn

Berikut tabel hasil nilai *index dunn* yang diperoleh:

Tabel 4.1 Tabel Penentuan Cluster Terbaik dengan Index Dunn Metode Ward

Cluster	Nilai Index Dunn
3 cluster	0,4151415
4 cluster	0,4998659

Berdasarkan tabel di atas, diperoleh diperoleh hasil pengelompokan menggunakan metode Ward menunjukkan bahwa pembentukan 4 cluster menghasilkan *index Dunn* tertinggi dibandingkan dengan pembentukan cluster lainnya.

5. Menginterpretasikan Profil Cluster yang terbentuk dan Hasil Rata-Rata pada Cluster

Hasil pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan dengan 4 cluster yang terbentuk berdasarkan metode Ward disajikan pada tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Hasil Pengelompokan Kabupaten/Kota

Cluster	Banyak Anggota	Anggota Kabupaten/Kota
Cluster 1	5	Kepulauan Selayar, Bantaeng, Takalar, Sidrap
Cluster 2	14	Bulukumba, Gowa, Sinjai, Maros, Barru, Soppeng, Pinrang, Enrekang, Luwu, Tana Toraja, Luwu Timur, Toraja Utara, Makassar, Pare-Pare
Cluster 3	5	Jeneponto, Pangkep, Bone, Wajo, Luwu Utara
Cluster 4	1	Palopo

Adapun hasil rata-rata masing-masing cluster berdasarkan variabel yang digunakan ialah:

Tabel 4.3 Rata-rata masing-masing Cluster

Variabel	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
x_1 (%)	110,1550	107,9421	106,2440	100,0500
x_2 (%)	89,37500	87,05429	82,61800	86,44000
x_3 (%)	85,19500	88,66857	80,33400	110,5800
x_4 (%)	23,350	33,230	28,648	35,670
x_5 (%)	98,945	99,355	95,736	98,680
x_6 (%)	75,51750	78,74286	70,75000	80,51000
x_7 (%)	54,60750	64,15286	55,86800	68,68000
x_8 (%)	12,49000	27,21571	22,939800	27,67000
x_9 (%)	98,945	99,485	99,600	98,680
x_{10} (%)	91,67500	94,27643	89,81800	98,46000
x_{11} (%)	64,17750	73,77857	65,74000	84,59000

x_{12} (%)	25,980 00	33,776 43	25,626 00	41,320 00
x_{13} (U nit)	191,75 00	260,85 71	382,00 00	79,000 0
x_{14} (U nit)	47,250 00	74,357 14	87,800 00	25,000 00
x_{15} (U nit)	14,750 00	27,928 57	26,400 00	13,000 00
x_{16} (Or g)	23947, 75	39845, 93	42152, 60	17086, 00
x_{17} (Or g)	8970,2 5	16445, 29	15029, 80	8631,0 0
x_{18} (Or g)	5714,2 5	10648, 43	10385, 00	5855,0 0
x_{19} (Or g)	2215,0 00	2970,8 57	3542,0 00	1112,0 00
x_{20} (Or g)	907,75	1339,5 0	1415,0 0	648,00
x_{21} (Or g)	412,75 00	676,42 86	714,80 00	110,58 00

Keterangan:

Kuning: Sangat Tinggi

Hijau: Tinggi

Biru: Sedang

Ungu: Rendah

Interpretasi cluster ini didasarkan pada nilai rata-rata variabel dalam setiap cluster dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi fitur dari empat cluster yang dihasilkan.

- Bila melihat angka partisipasi kasar untuk sekolah dasar dan menengah, *cluster 1* menonjol dibandingkan yang lain. sedangkan nilai rata-ratanya paling rendah di tingkat SMA dan paling rendah di tingkat universitas. Dapat dikatakan bahwa pada *cluster* ini semakin tinggi tingkat Pendidikan, semakin rendah persentase jumlah siswa yang terdaftar di wilayah tersebut. Hal ini terkait dengan jumlah Sekolah negeri dan swasta pada *cluster* ini. Pemerataan Pendidikan pada cluster ini terbilang masih cukup baik.
- Cluster 2*, yang memiliki rata-rata angka partisipasi murni tertinggi kedua untuk sekolah dasar. Selain itu, memiliki rata-rata tertinggi ke dua dengan 17 variabel dibandingkan *cluster* lainnya. Kabupaten/Kota di *cluster* ini memiliki fasilitas infrastruktur yang memadai. Salah

satunya yaitu Kota Makassar yang merupakan pusat Pendidikan di Provinsi Sulawesi Selatan dengan banyak Universitas ternama dan sekolah yang memiliki kualitas yang baik, sehingga tidak sedikit pelajar di Kabupaten/Kota ini yang berminat melanjutkan pendidikannya di Perguruan Tinggi baik negeri ataupun swasta. Pemerataan Pendidikan pada 14 Kabupaten/Kota ini terbilang sangat baik.

- Cluster 3* memiliki nilai rata-rata tertinggi berturut-turut pada indikator jumlah guru negeri dan swasta mulai dari tingkat sekolah dasar, sekolah menengah pertama, hingga sekolah menengah atas. sehingga dapat dikatakan bahwa untuk ke 5 Kabupaten/Kota pada *cluster* ini memiliki jumlah sekolah, murid, hingga tenaga pengajar yang juga terbilang tinggi. Dengan jumlah sekolah, murid, dan guru yang tinggi, dapat dikatakan bahwa distribusi fasilitas pendidikan di *cluster 3* cukup merata. Pemerataan pendidikan pada *cluster* ini sudah baik.
- Cluster 4* jika dibandingkan dengan cluster lainnya, mempunyai nilai rata-rata terbesar dengan 8 variabel dan nilai rata-rata terendah dengan 10 variabel. Hal tersebut berarti bahwa meskipun banyak siswa yang bersekolah, infrastruktur pendidikan, seperti jumlah sekolah dan tenaga pengajar, sangat terbatas. Rendahnya jumlah sekolah dan guru mengindikasikan bahwa fasilitas pendidikan di Palopo masih sangat terbatas. *Cluster 4* memiliki tingkat pendidikan yang kurang baik didasarkan pada ketidakseimbangan antara tingginya partisipasi siswa dan rendahnya fasilitas pendidikan.

5. KESIMPULAN

Berikut ini dapat disimpulkan dari data dan pembahasan yang disajikan:

- Provinsi Sulawesi Selatan dibagi menjadi empat cluster optimal dengan menggunakan pendekatan Ward. Di sini disajikan cluster-cluster-nya.
 - Kepulauan Selayar, Bantaeng, Takalar, dan Sidrap merupakan empat anggota yang tergabung dalam Cluster 1.

- Masyarakat pada kelompok ini memiliki tingkat pendidikan sedang yang dinilai baik.
- b. Bulukumba, Gowa, Sinjai, Maros, Barru, Soppeng, Pinrang, Enrekang, Luwu, Tana Toraja, dan Luwu Timur merupakan empat belas anggota yang membentuk Cluster 2. Toraja Utara, Makassar dan Pare-Pare. Pada *cluster* ini dikategorikan sebagai tingkat Pendidikan yang sangat baik.
 - c. *Cluster* 3 terdiri dari 5 anggota yaitu Kabupaten/Kota Jeneponto, Pangkep, Bone, Wajo dan Luwu Utara. Tingkat pendidikan yang tinggi merupakan indikasi dari kelompok ini.
 - d. Kota Palopo menjadi satu-satunya anggota Cluster 4. Tingkat pendidikan pada *cluster* ini dinilai di bawah rata-rata.
2. Untuk masing-masing variabel, nilai rata-rata Cluster 1, 2, 3, dan 4 berbeda-beda. Hal ini bermakna bahwa yang belum tercapainya pemerataan pendidikan khususnya pada jenjang sekolah menengah atas hingga perguruan tinggi di Provinsi Sulawesi Selatan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Baso, I. M., & Hasma, M. M. (2022). *Statistik Pendidikan Provinsi Sulawesi Selatan 2022*. Makassar: Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Selatan.
- [2] Berberian, K. S. (1961). *Introduction to Hilbert Space*. New York: Oxford University Press.
- [3] Bulmer, M., & Carter, M. (1996). *Integer Programming with Mathematica*. USA: Inc. USA.
- [4] Bunkers, M. J., & JR, J. R. (1995). Definition of Climate Regions in the Northern Plains Using and Objective Cluster Modification Technique. *Journal of Climate*.
- [5] Bychmann, J. A. (2000). *Introduction to Cryptography*. New York: Inc. USA.
- [6] Dwijanto. (1994). *Analisis Real*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- [7] Fialine, A. P., Alodia, D. A., Endriani, D., & Widodo, E. (2021). Implementasi Metode K-Medoids Clustering untuk Pengelompokan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Indikator Pendidikan. *Mathematics Education and Applied*, 2.
- [8] Ginan, G. (2008). Teori Bilangan dalam Persamaan Diophantine Journal. *Teknik Elektro dan Informatika*.
- [9] Hasmira, Alwi, W., & Nurfadilah, K. (2023). Penentuan Cluster Hierarki Optimum dalam Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Sulawesi Selatan dengan Indikator Kemiskinan. *Jurnal Matematika dan Statistika serta Aplikasinya*.
- [10] I, B. (2008, Mei 13). *Groups DCS*. Retrieved Mei 13, 2011, from Groups DCS Stand: <http://www.group.dcs.stand.ac.uk>
- [11] Imasdiani, Purnamasari, I., & Amijaya, F. D. (2022). Perbandingan Hasil Analisis Cluster dengan Menggunakan Metode Average Linkage dan Metode Ward (Studi Kasus : Kemiskinan Di Provinsi Kalimantan Timur Tahun 2018). *Ekspansional*, 1.
- [12] Khoirunnisa, A., Wibowo, F. A., & Komstiani. (2021). Perbandingan Analisis Agglomerative Hierarchical Clustering Berdasarkan Indikator Pendidikan di Provinsi Jawa Barat. *Prosiding Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*, 7.
- [13] Kreyzeq, E. (1978). *Introduction Functional Analysis with Application*. Canada: John Wiley & Son.
- [14] Maki, H. A., Gunawan, Sauri, S., & Handayani, S. (2022). Pola Hubungan Kebijakan dan Pembangunan Pendidikan dan Kebudayaan. *Al-Qalam*.
- [15] Monalisa, S. (2018). Klasterisasi Customer Lifetime Value dengan Model LFRM Menggunakan Algoritma K-Means. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*.
- [16] Nababan, T. P. (1992). *Teorema Titik Tetap di Ruang Metrik dan Aplikasinya*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [17] Raja, N. A. (2020). Implementasi Algoritma Centroid Linkage dan K-Medoids dalam Meengelompokkan Kabupaten/Kota di Sulawesi Selatan Berdasarkan Indikator Pendidikan.

- [18] Ramadani, R., & Salma, A. (2021). Metode Average Linkage dan Ward dalam Pengelompokan Kesejahteraan Sumatera Barat Tahun 2021. *Mathematics UNP*.
- [19] Retno, D., & Annisa. (2013). Perbandingan Metode Cluster Validity Pada, Skripsi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian .
- [20] Sari, D. N., & Sukestiyarno, Y. (2021). Analisis Cluster dengan Metode K-Means pada Persebaran Kasus COVID-19 Berdasarkan Provinsi di Indonesia. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*.
- [21] Sudarmin, & Aidid, K. M. (2019). Perbandingan Analisis Cluster Metode Average Linkage dan Metode Ward (Kasus: IPM Provinsi Sulawesi Selatan). *Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research*.
- [22] Ulinnuh, N., & Veriani, R. (2020). Analisis Cluster dalam Pengelompokan Provinsi di Indonesia Berdasarkan Variabel Penyakit Menular Menggunakan Metode Complete Linkage, Average Linkage dan Ward. *Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*.
- [23] Waluyo, M. (2007). Teknik Analisis Data Multivariat dengan Structural Equation Modelling (SEM). *TEKMAPRO Teknik Industri FTI UPNV Jatim*.