

PENERAPAN ALGORITMA *HIERARCHICAL CLUSTERING* DALAM PENGELOMPOKAN KABUPATEN/KOTA DI PAPUA BERDASARKAN INDIKATOR KEMISKINAN

APPLICATION OF THE HIERARCHICAL CLUSTERING ALGORITHM IN GROUPING DISTRICTS/CITIES IN PAPUA BASED ON POVERTY INDICATORS

Fachrian Bimantoro Putra¹, Andrea Tri Rian Dani^{2§}, Sri Wigantono³

¹Program Studi Statistika, Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia
[Email: putrafachrian9@gmail.com]

²Program Studi Statistika, Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia
[Email: andreatriandani@fmipa.unmul.ac.id]

³Program Studi Matematika, Jurusan Matematika, FMIPA, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia
[Email: sriwigantono@fmipa.unmul.ac.id]

[§]*Corresponding Author*

Received 17th Sep 2023; Accepted 27th Oct 2023; Published 1st Dec 2023;

Abstrak

Papua merupakan provinsi paling timur Indonesia yang memiliki kekayaan alam yang melimpah, khususnya kekayaan alam mineral. Namun hal tersebut, tidak serta merta melepaskan masyarakat Papua dari belenggu kemiskinan. Dari sudut pandang ekonomi, kemiskinan berkaitan dengan rasio ketergantungan, pendidikan, dan Kesehatan. Oleh karena itu, dalam upaya pengentasan kemiskinan di Papua, di rasa menjadi hal yang menarik dan perlu untuk melihat pengelompokan wilayah mana saja yang perlu diprioritaskan menggunakan analisis kluster. Analisis kluster merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengelompokkan obyek-obyek berdasarkan kemiripannya. Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Papua dilakukan dengan menggunakan analisis kluster algoritma *hierarchical clustering*, diantaranya *single linkage*, *complete linkage*, dan *average linkage*. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh algoritma yang terbaik adalah *complete linkage* dengan jumlah kluster optimal yaitu 3 kluster. Pada kluster 1, terdapat 12 Kabupaten/Kota, kluster 2 terdapat 13 Kabupaten/Kota, dan kluster 3 terdapat 4 Kabupaten/Kota. Dari hasil pengelompokan ini, dapat menjadi referensi bagi pemerintah dalam memetakan dan memprioritaskan pembangunan Kabupaten/Kota.

Kata Kunci: *complete linkage, single linkage, average linkage, cluster*

Abstract

Papua is the easternmost province of Indonesia which has abundant natural wealth, especially natural mineral wealth. However, this does not necessarily free the Papuan people from the shackles of poverty. From an economic perspective, poverty is related to dependency ratio, education and health. Therefore, in efforts to eradicate poverty in Papua, it is felt to be interesting and necessary to see which regional groupings need to be prioritized using cluster analysis. Cluster analysis is a method used to group objects based on their similarities. The grouping of regencies/cities in Papua Province was carried out using cluster analysis with hierarchical clustering algorithms, including *single linkage*, *complete linkage* and

average linkage. Based on the analysis results, the best algorithm is complete linkage with the optimal number of clusters, namely 3 clusters. In cluster 1, there are 12 regencies/cities, in cluster 2 there are 13 regencies/cities, and in cluster 3 there are 4 regencies/cities. From the results of this grouping, it can be a reference for the government in mapping and prioritizing district/city development.

Keywords: *complete linkage, single linkage, average linkage, cluster*

1. Pendahuluan

Papua merupakan provinsi paling timur Indonesia dengan kekayaan alam yang melimpah terutama kekayaan alam mineralnya. Emas misalnya, penambangan di Papua yang dilakukan oleh PT. Freeport Indonesia mampu menjadikan Indonesia sebagai negara dengan penghasil emas terbesar di Asia Tenggara bahkan Dunia. Namun ternyata hal tersebut tidak lantas menjadikan masyarakat Papua terlepas dari belenggu kemiskinan. Kemiskinan sendiri merupakan masalah yang kompleks karena mencakup berbagai dimensi kehidupan sehingga upaya pengentasan kemiskinan harus dapat mencakup berbagai aspek masyarakat [1].

Sepanjang tahun 2022, Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia menyatakan Papua sebagai provinsi dengan persentase penduduk miskin (PPM) tertinggi di Indonesia. Jika dibandingkan dengan Bulan Maret 2021 yang sebesar 27,38%, PPM Papua terus mengalami penurunan hingga mencapai angka 26,56% pada September 2022. Kendati demikian, angka tersebut masih tergolong sangat tinggi dibandingkan dengan rata-rata Indonesia yang hanya mencapai angka 9,54% pada September 2022.

Tingginya persentase kemiskinan ini berkaitan dengan dependensi rasio penduduk. Dependensi rasio yang tinggi menunjukkan

penduduk yang berada di usia produktif lebih rendah jika dibandingkan dengan usia tidak produktif, sehingga hal ini dapat menurunkan tingkat produktivitas dan pertumbuhan ekonomi dari wilayah tersebut [2]. Namun hal ini dapat teratasi apabila keseluruhan penduduk usia produktif memiliki kualitas sumber daya manusia (SDM) yang mumpuni. SDM berkualitas tinggi dapat diperoleh dengan baiknya mutu pendidikan dan kesehatan. Pendidikan meningkatkan kemampuan dan kesempatan penduduk untuk mendapatkan penghasilan yang layak dan kesehatan yang terjaga akan meningkatkan daya kerja dan meminimalkan hari tidak bekerja.

Sebagai upaya untuk meningkatkan mutu pendidikan, Kemendikbud mengupayakan wajib belajar 12 tahun melalui Program Indonesia Pintar [3]. Namun ternyata, pada tahun 2021 rata-rata penduduk Papua hanya mengenyam pendidikan formal selama 7 tahun atau setingkat dengan kelas satu Sekolah Menengah Pertama (SMP). Hal tersebut juga secara tidak langsung akan meningkatkan kesejahteraan ekonomi suatu daerah. Lalu, dalam bidang kesehatan upaya pemerintah untuk memastikan penduduk miskin dapat terus mengakses layanan kesehatan dengan adanya program Jaminan Kesehatan Daerah (JAMKESDA). Program ini memberikan jaminan

bantuan pembiayaan pelayanan kesehatan kepada penduduk miskin. Pemerintah Daerah Kabupaten atau provinsi yang bertanggung jawab untuk memastikan program ini dapat diterima oleh seluruh penduduk miskin wilayah tersebut.

Kemiskinan tidak terlepas dari dependensi rasio, pendidikan, dan Kesehatan, karenanya dalam perencanaan upaya pemberantasan kemiskinan terkhusus Papua, dirasa perlu untuk melihat klasifikasi daerah-daerah dalam hal ini kabupaten dan kota di Papua agar diperoleh gambaran mengenai kabupaten dan kota mana yang perlu diprioritaskan. Pengklasifikasian dapat dilakukan dengan menggunakan metode analisis kluster [4], [5].

Analisis kluster merupakan metode untuk mengklasifikasikan sekumpulan objek menjadi beberapa subgroup berdasarkan kemiripan antar objek [6]. Analisis ini memungkinkan untuk meminimalkan perbedaan dalam grup dan berlaku sebaliknya antar grup yang berbeda. Analisis kluster terbagi menjadi dua, metode hirarki dan non-hirarki [7]. Metode hirarki dimulai dengan mengelompokkan dua atau lebih objek dengan kemiripan paling dekat sehingga akan terbentuk tingkatan jelas antar objek. Berbeda dengan metode non-hirarki dimana pengelompokkan dimulai dengan langsung menentukan jumlah kluster yang diinginkan peneliti [8].

Pada dasarnya, metode analisis kluster baik hirarki maupun non-hirarki sama-sama menggunakan ukuran kedekatan dalam pengklasifikasiannya [9]. Dalam menghitung ukuran kedekatan ini terdapat berbagai jenis algoritma yang dapat digunakan. Namun perlu

diingat jika apapun algoritmanya, semuanya bertujuan meminimalkan variasi dalam kluster dan memaksimalkan variasi antar kluster. Selain itu, penting dalam pengklasifikasian untuk selektif dalam memilih variabel-variabel yang akan digunakan [10]. Variabel tersebut harus memaparkan kemiripan antar objek.

Penelitian menggunakan analisis kluster telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu. Salah satunya dilakukan oleh Widyadhana dkk. (2021) yang membandingkan analisis kluster *K-means* dengan *average linkage* dalam pengklasifikasian indikator kemiskinan di Jawa Tengah [8]. Penelitian lain mengenai analisis kluster juga dilakukan oleh Widodo dkk. (2021) dengan menggunakan 4 sub metode hirarki *agglomerative clustering* yaitu *single*, *complete*, *average*, dan metode *ward* untuk mengelompokkan provinsi di Indonesia berdasarkan tingkat kemiskinan [11]. Penelitian tersebut menyimpulkan jika metode *ward* merupakan metode terbaik untuk digunakan serta Papua menjadi provinsi dengan tingkat kemiskinan tertinggi.

Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk melakukan pengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan indikator kemiskinan di Papua. Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah disebutkan, analisis kluster yang digunakan adalah metode kluster hirarki dengan algoritma *single linkage*, *complete linkage*, dan *average linkage*. Indikator-indikator yang digunakan yaitu, persentase penduduk miskin, dependensi rasio, rata-rata lama sekolah, dan persentase penerima JAMKESDA.

2. Landasan Teori

2.1 Analisis Kluster

Analisis kluster merupakan salah satu teknik analisis multivariat yang digunakan untuk mengelompokkan objek berdasarkan kriteria tertentu sehingga diperoleh grup-grup yang lebih kecil dimana dalam satu grup memiliki objek yang memiliki kemiripan satu sama lain, tetapi grup satu dengan grup yang lain sangat berbeda [12]. Tahapan analisis kluster dirincikan sebagai berikut:

- 1) Melakukan analisis deskriptif
- 2) Melakukan standarisasi data
- 3) Mengukur Jarak *Euclidean*
- 4) Menggunakan kriteria *Agglomerative Nesting* (AGNES) untuk menentukan algoritma yang paling tepat digunakan dari algoritma *single linkage*, *complete linkage*, dan *average linkage*.

a. Algoritma *Single Linkage*

Single linkage, adalah algoritma yang didasarkan pada jarak paling minimum [13], [14]. Langkah pertama untuk mengelompokkan objek pengamatan diawali dengan cara mencari nilai terkecil dari $D = \{d_{XY}\}$. Kemudian langkah kedua menggabungkan antar objek pengamatan yang saling bersesuaian, contoh kluster (UV) didapatkan dari kluster U dan V Selanjutnya jarak antara kluster dengan objek lain, misal W adalah:

$$d_{(uv)w} = \min\{d_{uW}, d_{vW}\} \quad (1)$$

b. Algoritma *Complete Linkage*

Complete Linkage adalah algoritma kebalikan dari *single linkage*, algoritma *complete linkage* didasarkan pada jarak paling terbesar [12], [14]. langkah pertama untuk mengelompokkan objek pengamatan diawali dengan cara mencari nilai terbesar dari $D = \{d_{XY}\}$. Kemudian langkah kedua menggabungkan antar objek pengamatan yang saling bersesuaian, contoh kluster (UV) didapatkan dari kluster U dan V Selanjutnya jarak antara kluster dengan objek lain, misal W adalah:

$$d_{(uv)w} = \max\{d_{uW}, d_{vW}\} \quad (2)$$

c. Algoritma *Average Linkage*

Average linkage adalah algoritma yang didasarkan pada rata-rata objek pengamatan [12], [15]. langkah pertama untuk mengelompokkan objek pengamatan diawali dengan cara mencari mendefinisikan matriks dari $D = \{d_{XY}\}$. Kemudian langkah kedua menggabungkan antar objek pengamatan yang saling bersesuaian, contoh kluster (UV) didapatkan dari kluster U dan V Selanjutnya jarak antara kluster dengan objek lain, misal W adalah:

$$d_{(uv)w} = \frac{(d_{uW} + d_{vW})}{n_{uv}n_w} \quad (3)$$

- 5) Menggunakan koefisien *silhouette* untuk menentukan grup klaster

Koefisien *silhouette* merupakan salah satu kriteria yang digunakan untuk melihat kualitas pengelompokan dengan cara melihat homogenitas atau persamaan kelompok [16]. Koefisien *silhouette* berkisar dari -1 sampai 1. Klaster dikatakan terstruktur apabila koefisien *silhouette* mendekati 1. Jika koefisien *silhouette* bernilai -1, maka disimpulkan tidak terstruktur.

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max \{a(i) - b(i)\}} \quad (4)$$

Dengan

$a(i)$: rata-rata jarak objek ke- i terhadap semua objek pada klaster yang sama

$b(i)$: rata-rata jarak objek ke- i terhadap semua objek pada klaster yang berbeda

$s(i)$: koefisien *silhouette*

- 6) Melakukan pemetaan dari grup terbaik menggunakan klaster dendogram atau *plot* klaster

2.2 Metodologi Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian terapan atau non-eksperimen dengan pendekatan kuantitatif yaitu data numerik. Pada penelitian ini menggunakan analisis klaster hirarki dengan pendekatan *agglomerative* (pemusatan). Algoritma yang dipakai dalam penelitian ini adalah *single linkage*, *complete linkage*, dan algoritma *average linkage* dengan bantuan *software* R. Data pada penelitian ini menggunakan data sekunder mengenai

kemiskinan di Papua dari *website* BPS Papua pada tahun 2021. Indikator kemiskinan yang digunakan yaitu persentase penduduk miskin (X_1), dependensi rasio (X_2), persentase penerima JAMKESDA (X_3), dan rata-rata lama sekolah (X_4).

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Statistika Deskriptif

Analisa statistika deskriptif, berupa nilai rata-rata, maksimum, dan minimum disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistika Deskriptif

Variabel	Rata-rata	Maksimum	Minimum
X_1	36,76	41,66	10,16
X_2	45,97	66,59	24,53
X_3	59,43	100,00	3,39
X_4	6,25	11,57	1,42

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa untuk variabel X_1 yaitu persentase penduduk miskin (PPM) di Papua pada tahun 2021 memiliki rata-rata 36,76%, dimana terdapat kabupaten/kota yang memiliki PPM tertinggi se-Papua sebesar 41,66% dan PPM terendah se-Papua sebesar 10,16%. Hal ini menandakan bahwa PPM di Papua sangatlah tinggi bahkan jika dibandingkan dengan PPM nasional sebesar 9,71%.

Untuk variabel X_2 yaitu dependensi rasio di Papua pada tahun 2021 memiliki rata-rata sebesar 45,97%, nilai maksimum 66,59% dan nilai minimum 24,53%. Hal ini menandakan bahwa dependensi rasio di Papua tinggi, yang menunjukkan bahwa penduduk yang belum dan sudah tidak produktif lagi yang harus ditanggung biaya hidupnya oleh penduduk yang produktif,

yang menandakan bahwa semakin tinggi beban yang ditanggung oleh penduduk yang produktif.

Selain itu, untuk variabel X_3 persentase penerima JAMKESDA di Papua pada tahun 2021 memiliki rata-rata sebesar 59,43%, nilai maksimum sebesar 100,00%, dan nilai minimum sebesar 3,39%. Hal ini mengindikasikan bahwa program pemerintah dalam rangka memberi bantuan kesehatan untuk masyarakat miskin sudah berjalan dengan baik, meskipun masih ada kabupaten/kota yang perlu perhatian dari pemerintah.

Untuk variabel X_4 yaitu rata-rata lama sekolah di Papua pada tahun 2021 memiliki rata-rata sebesar 6,25%, nilai maksimum sebesar 11,57%, dan nilai minimum sebesar 1,42%. Hal ini menunjukkan bahwa Papua masih sangat perlu perhatian dari pemerintah dalam bidang pendidikan mengingat bahwa pendidikan merupakan salah satu dari dimensi kemiskinan.

3.2 Agglomerative Nesting (AGNES)

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa dari 3 metode hierarki pada kluster didapatkan hasil pada metode *average linkage* dengan menggunakan *agnes score* lebih besar dibandingkan metode *single linkage*. Namun pada metode *complete linkage* memiliki *agnes score* lebih besar dibandingkan metode *average linkage* yaitu sebesar 0,83. Sehingga dapat kita simpulkan bahwa metode *complete linkage* adalah metode terbaik karena *complete linkage* menunjukkan algoritma yang optimal.

Tabel 2. *Agnes Score*

Metode Hirarki	<i>Agnes Score</i>
----------------	--------------------

<i>Average Linkage</i>	0,75
<i>Single Linkage</i>	0,59
<i>Complete Linkage</i>	0,83

Berdasarkan hasil algoritma tersebut, akan ditentukan kluster yang mempunyai akurasi ketepatan pengelompokan terbaik. Dimana, kluster dengan akurasi terbaik dapat digunakan sebagai pengelompokan kemiskinan di Papua. Untuk menentukan akurasi kluster, digunakan validasi kluster dengan validasi koefisien *silhouette*, dimana nilai Koefisien *silhouette* tertinggi akan menjadi penentu kluster yang akan digunakan.

3.3 Nilai Koefisien *Silhouette*

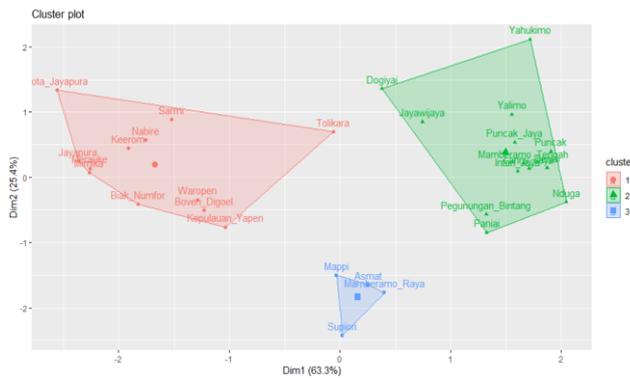
Tabel 3. Uji *Silhouette*

<i>Silhouette Score</i>	Jumlah Klaster (k)
0,46	2
0,48	3
0,42	4
0,39	5
0,40	6
0,38	7

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa *silhouette score* tertinggi yaitu sebesar 0,48 dengan hasil $k = 3$. Maka disimpulkan bahwa untuk melakukan pengelompokan berdasarkan variabel yang dianalisis akan terbentuk 3 kluster..

3.4 Hasil Klustering

Hasil pengelompokan yang diperoleh berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 4.



Gambar 1. Cluster plot

Rincian lengkap setiap Kabupaten/Kota pada Gambar 1 di rincikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Agnes Score

Klaster	Jumlah Anggota	Kabupaten/Kota
Klaster 1	12	Merauke, Jayapura, Nabire, Kep. Yaepen, Biak Numfor, Mimika, Boven Digoel, Tolikara, Sarmi, Keerom, Waropen, Kota Jayapura
Klaster 2	13	Jayawijaya, Paniai, Puncak Jaya, Yahukimo, Pegunungan Bintang, Nduga, Lanny JAYA, Mamberamo Tengah, Yalimo, Puncak, Dogiyai, Intan Jaya, Deiyai
Klaster 3	4	Mappi, Asmat, Supiori, Mamberamo Raya

Berdasarkan hasil analisis dari ketiga klaster yang telah terbentuk, masing-masing klaster memiliki karakteristik tersendiri berdasarkan variabel yang dianalisis. Dengan menggunakan *software R*, diperoleh karakteristik hasil klaster menggunakan nilai rata-rata yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Karakteristik Hasil Klaster

Variabel	Rata-Rata		
	Klaster 1	Klaster 2	Klaster 3
X ₁	19,53	36,23	29,54
X ₂	45,70	41,28	62,02
X ₃	19,63	89,82	80,05
X ₄	9,07	3,54	6,58

Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa klaster

1 merupakan grup kabupaten/kota dengan persentase penduduk miskin dan persentase penerima JAMKESDA terendah tetapi dependensi rasio sedang serta rata-rata lama sekolah tertinggi diantara kabupaten/kota lainnya di Papua pada tahun 2021.

Klaster 2 merupakan grup kabupaten/kota dengan persentase penduduk miskin dan persentase penerima JAMKESDA tertinggi tetapi dependensi rasio dan rata-rata lama sekolah terendah diantara kabupaten/kota lainnya di Papua pada tahun 2021. Sedangkan klaster 3 merupakan grup kabupaten/kota dengan persentase penduduk miskin, persentase penerima JAMKESDA, dan rata-rata lama sekolah sedang tetapi dependensi rasio tertinggi diantara kabupaten/kota lainnya di Papua pada tahun 2021

4. Kesimpulan Dan Saran

Berdasarkan hasil analisis pengelompokan kabupaten/kota di Papua berdasarkan indikator kemiskinan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan metode hierarki dengan kriteria AGNES, diperoleh algoritma *complete linkage* yang memiliki kemiripan dan karakteristik yang sama lebih optimal dibandingkan dengan *single linkage* dan *average linkage*.
- Jumlah klaster yang optimal berdasarkan nilai koefisien *silhouette* adalah sebesar 3.
- Klaster dengan persentase penduduk miskin yang tinggi, cenderung memiliki rata-rata lama sekolah yang rendah, dan meningkatkan persentase penerima JAMKESDA. Lalu pada

klaster dengan dependensi rasio yang tinggi, maka persentase penduduk miskin akan relatif tinggi

Saran untuk penelitian selanjutnya, penelitian ini secara garis besar dilakukan dengan melihat kemiskinan dari dimensi ekonomi. Kita tahu bersama jika masalah kemiskinan adalah masalah multidimensional, sedemikian sehingga dapat mempertimbangkan dimensi-dimensi lainnya, misalnya ketenagakerjaan, Kesehatan, sosial, dan lain sebagainya.

5. Ucapan Terima Kasih

Kami tim penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran penulisan artikel ini, khususnya kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman yang telah memfasilitasi.

Daftar Pustaka

- [1] V. Ratnasari, I. N. Budiantara, I. Zain, M. Ratna, and N. P. A. M. Mariati, "Comparison Truncated Spline and Fourier Series in Multivariable Nonparametric Regression Models (Application- Data of Poverty in Papua, Indonesia)," *International Journal of Basic & Applied Sciences (IJBAS-IJENS)*, vol. 15, no. 04, pp. 9–12, 2015.
- [2] A. T. R. Dani and L. Nimatuzzahroh, "Pemodelan Persentase Penduduk Miskin Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Barat dengan Pendekatan Regresi Nonparametrik Spline Truncated," 2021.
- [3] L. Ni'matuzzahroh and A. T. R. Dani, "Pemodelan Rata-Rata Lama Sekolah Di Provinsi Nusa Tenggara Timur (Ntt) Menggunakan Pendekatan Regresi Nonparametrik Spline ...," *Prosiding Seminar Nasional Matematika, Statistika, dan Aplikasinya*, pp. 289–301, 2022.
- [4] A. Radovanovic, J. Li, J. V. Milanovic, N. Milosavljevic, and R. Storchi, "Application of agglomerative hierarchical clustering for clustering of time series data," *IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe*, vol. 2020-October, pp. 640–644, 2020.
- [5] Vijaya, S. Aayushi, and R. Bateja, "A Review on Hierarchical Clustering Algorithms," *Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 12, no. 24. pp. 7501–7507, 2017.
- [6] A. Wahyu and Rushendra, "Klasterisasi Dampak Bencana Gempa Bumi Menggunakan Algoritma K-Means di Pulau Jawa," *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika*, vol. 8, no. 1, pp. 175–179, 2022.
- [7] R. Novidiyanto and A. T. R. Dani, "Analisis Klaster Kasus Aktif COVID-19 Menurut Provinsi di Indonesia Berdasarkan Data Deret Waktu," *Jurnal Aplikasi Statistika & Komputasi Statistik*, vol. 5, pp. 15–24, 2020.
- [8] D. Widyadhana, R. B. Hastuti, I. Kharisudin, and F. Fauzi, "Perbandingan Analisis Klaster K-Means dan Average Linkage untuk Pengklasteran Kemiskinan di Provinsi Jawa Tengah," *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, vol. 4, pp. 584–594, 2021.
- [9] G. D. Rembulan, T. Wijaya, D. Palullungan, K. N. Alfina, and M. Qurthuby, "Kebijakan Pemerintah Mengenai Coronavirus Disease (COVID-19) di Setiap Provinsi di Indonesia Berdasarkan Analisis Klaster," *JIEMS (Journal of Industrial Engineering and Management Systems)*, vol. 13, no. 2, Sep. 2020.
- [10] A. T. R. Dani, S. Wahyuningsih, and N. A. Rizki, "Pengelompokan Data Runtun Waktu menggunakan Analisis Cluster (Studi Kasus: Nilai Ekspor Komoditi Migas dan Nonmigas Provinsi Kalimantan Timur Periode Januari 2000-Desember 2016)," *Jurnal EKSPONENSIAL*, vol. 11, pp. 29–38, 2020.
- [11] E. Widodo, P. Ermayani, L. N. Laila, and A. T. Madani, "Pengelompokan Provinsi

- di Indonesia Berdasarkan Tingkat Kemiskinan Menggunakan Analisis Hierarchical Agglomerative Clustering (Indonesian Province Grouping Based on Poverty Level Using Hierarchical Agglomerative Clustering Analysis),” in *Seminar Nasional Official Statistics*, 2021, pp. 557–566.
- [12] A. T. R. Dani, S. Wahyuningsih, and N. A. Rizki, “Penerapan Hierarchical Clustering Metode Agglomerative pada Data Runtun Waktu,” *Jambura Journal of Mathematics*, vol. 1, no. 2, pp. 64–78, 2019.
- [13] K. K. Mohbey and G. S. Thakur, “An Experimental Survey on Single Linkage Clustering,” *Int J Comput Appl*, vol. 76, no. 17, pp. 6–11, 2013.
- [14] R. S. Kousiga, T. & Vadivu, “Hierarchical Clustering Algorithms in Data Mining,” *International Journal of Scientific Development and Research (IJS DR)*, vol. 4, no. 9, pp. 1–3, 2019.
- [15] L. Ramos Emmendorfer and A. M. de Paula Canuto, “A generalized average linkage criterion for Hierarchical Agglomerative Clustering,” *Appl Soft Comput*, vol. 100, p. 106990, 2021.
- [16] R. Hidayati, A. Zubair, A. Hidayat Pratama, L. Indana, P. Studi Sistem Informasi, and F. Teknologi Informasi, “Analisis Silhouette Coefficient pada 6 Perhitungan Jarak K-Means Clustering Silhouette Coefficient Analysis in 6 Measuring Distances of K-Means Clustering,” 2021.