



Kualitas Lingkungan dan Struktur Ekonomi Pertambangan: Analisis Cluster 34 Provinsi di Indonesia

Septiana Dwi Nurmala¹, Zulfa Emalia²

^{1,2} Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Lampung, Lampung, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Februari 20, 2026
Revised Februari 24, 2026
Accepted Februari 25 2026

Kata Kunci:

Kualitas Lingkungan,
PDRB Pertambangan,
PDRB Per Kapita,
Kemiskinan,
Kepadatan Pendudukan

Keywords:

*Environmental Quality,
Mining GRDP,
GRDP per Capitan,
Poverty,
K-Means Clustering*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan provinsi di Indonesia berdasarkan kondisi kualitas lingkungan dan karakteristik sosial ekonomi daerah. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang meliputi Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH), yang terdiri dari Indeks Kualitas Air, Indeks Kualitas Udara, Indeks Kualitas Tutupan Lahan, Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) sektor pertambangan, PDRB per kapita, kepadatan penduduk, serta tingkat kemiskinan. Metode analisis yang digunakan adalah K-Means Clustering untuk mengidentifikasi kelompok provinsi yang memiliki karakteristik yang serupa. Hasil penelitian menunjukkan terbentuknya dua cluster dengan perbedaan kondisi lingkungan dan struktur ekonomi yang cukup jelas. Klaster pertama didominasi oleh provinsi dengan kualitas lingkungan yang relatif lebih baik, tingkat kemiskinan yang lebih rendah, serta kontribusi sektor pertambangan yang tidak terlalu besar. Sebaliknya, cluster kedua terdiri dari provinsi dengan ketergantungan yang lebih tinggi terhadap sektor pertambangan, tingkat kemiskinan yang relatif lebih tinggi, dan kualitas lingkungan yang cenderung lebih rendah. Temuan ini menunjukkan bahwa ketergantungan terhadap sektor ekstraktif belum sepenuhnya diikuti oleh peningkatan kesejahteraan dan berpotensi menimbulkan tekanan terhadap lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan penguatan pengelolaan lingkungan dan kebijakan diversifikasi ekonomi untuk mendukung pembangunan daerah yang berkelanjutan.

ABSTRACT

This study aims to classify Indonesian provinces based on environmental quality and regional socio-economic characteristics. The analysis uses secondary data consisting of the Environmental Quality Index (EQI), including the Water Quality Index, Air Quality Index, and Land Cover Quality Index, as well as mining sector Gross Regional Domestic Product (GRDP), GRDP per capita, and poverty rate. The K-Means clustering method was employed to identify groups of provinces with similar structural characteristics. The results reveal the formation of two distinct clusters with notable differences in environmental conditions and economic structure. The first cluster is characterized by relatively better environmental quality, higher income levels, lower poverty rates, and a more diversified economic structure with limited dependence on the mining sector. In contrast, the second cluster consists of provinces with stronger reliance on mining activities, lower environmental performance, lower income per capita, and relatively higher poverty levels. These findings indicate that high dependence on extractive industries is not always associated with improved regional welfare and may be accompanied by greater environmental pressure. The study highlights the importance of strengthening environmental governance while promoting economic diversification to achieve balanced and sustainable regional development.

This is an open access article under the [CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.



Corresponding Author:

Septiana Dwi Nurmala
Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Lampung
Lampung, Indonesia
Email: septianadwinurmala@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Isu keberlanjutan lingkungan menjadi perhatian penting dalam proses pembangunan daerah, terutama pada wilayah yang memiliki aktivitas eksploitasi sumber daya alam yang tinggi [1]. Pembangunan ekonomi daerah tidak hanya ditujukan untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi, tetapi juga harus memperhatikan keberlanjutan lingkungan. Aktivitas ekonomi yang berbasis pada pemanfaatan sumber daya alam, khususnya sektor pertambangan, memberikan kontribusi yang signifikan terhadap perekonomian daerah [2]. Namun demikian, aktivitas tersebut berpotensi menimbulkan tekanan terhadap kualitas lingkungan apabila tidak diimbangi dengan pengelolaan yang berkelanjutan.

Pembangunan ekonomi daerah tidak hanya ditujukan untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi, tetapi juga harus memperhatikan keberlanjutan lingkungan. Aktivitas ekonomi yang berbasis pada eksploitasi sumber daya alam, khususnya sektor pertambangan, memberikan kontribusi yang signifikan terhadap perekonomian daerah [3]. Namun demikian, aktivitas tersebut berpotensi menimbulkan tekanan terhadap kualitas lingkungan apabila tidak diimbangi dengan pengelolaan yang baik.

Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) digunakan sebagai indikator yang menggambarkan kondisi lingkungan secara komprehensif melalui komponen kualitas air, kualitas udara, dan tutupan lahan [4]. Kondisi lingkungan tersebut tidak dapat dilepaskan dari dinamika ekonomi dan demografi yang menjadi sumber tekanan terhadap lingkungan. Peningkatan aktivitas ekonomi, pertumbuhan penduduk, serta perubahan struktur ekonomi dapat memengaruhi kualitas lingkungan di suatu wilayah.

Sebagian besar penelitian sebelumnya menganalisis hubungan antara variabel ekonomi dan lingkungan menggunakan pendekatan regresi. Pendekatan tersebut umumnya berfokus pada pengaruh satu variabel terhadap variabel lainnya, sehingga belum mampu menggambarkan karakteristik wilayah secara keseluruhan. Penelitian yang mengelompokkan wilayah berdasarkan kesamaan karakteristik lingkungan, ekonomi, dan demografi masih relatif terbatas. Pendekatan clustering dapat memberikan gambaran pola wilayah yang lebih jelas sehingga dapat menjadi dasar dalam perumusan kebijakan yang lebih tepat sasaran [5]. Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan provinsi di Indonesia berdasarkan kualitas lingkungan, struktur ekonomi, tingkat kesejahteraan, dan tekanan penduduk menggunakan metode *K-Means Clustering*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam memperkaya kajian mengenai tipologi pembangunan wilayah berbasis indikator multidimensi serta menyediakan informasi empiris yang dapat mendukung perumusan kebijakan pembangunan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis deskriptif dan eksploratif. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang bersumber dari publikasi resmi Badan Pusat Statistik (BPS) dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) Tahun 2024. Unit

analisis penelitian adalah 34 provinsi di Indonesia yang memiliki kelengkapan data untuk seluruh variabel penelitian. Pemilihan tahun 2024 sebagai periode analisis yang didasarkan pada ketersediaan data terkini yang mencerminkan kondisi pembangunan berkelanjutan terbaru di Indonesia. Data mencakup tujuh variabel utama yang merepresentasikan dimensi lingkungan, ekonomi, dan sosial-demografis dari setiap provinsi.

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah K-Means Clustering [6], yaitu teknik pengelompokan data non-hierarkis yang membagi sekumpulan data ke dalam beberapa kelompok berdasarkan kesamaan karakteristik. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam meminimalkan variasi di dalam cluster (*within-cluster variance*) dan memaksimalkan perbedaan antarcluster (*between-cluster variance*), sehingga menghasilkan pengelompokan yang efisien dan representatif. Tahapan analisis meliputi standarisasi data menggunakan fungsi *scale* untuk menyamakan skala antarvariabel yang memiliki satuan berbeda [7], penentuan jumlah cluster optimal menggunakan metode *Elbow* dan *Silhouette*, implementasi algoritma K-Means, dan profilisasi cluster untuk mengidentifikasi karakteristik khas dari setiap kelompok yang terbentuk [8].

Metode *Elbow* menggunakan nilai *Within-cluster Sum of Square (WSS)* untuk menentukan jumlah cluster optimal dengan mengidentifikasi titik 'siku' pada grafik di mana penurunan nilai WSS mulai melambat. Sementara itu, metode *Silhouette* mengukur kualitas pengelompokan dengan menghitung seberapa mirip suatu objek dengan clusternya sendiri dibandingkan dengan cluster lain, di mana nilai *Silhouette Coefficient* yang lebih tinggi menunjukkan kualitas pengelompokan yang lebih baik [9]. Algoritma K-Means menghitung jarak *Euclidean* antara setiap observasi dengan centroid cluster menggunakan rumus (MacQueen, James and others, 1967):

$$De = \sqrt{\sum(Xi - si)^2 + (Yi - ti)^2}$$

di mana De adalah jarak Euclidean, (x,y) merupakan koordinat objek data, dan (s,t) merupakan koordinat centroid. Proses iterasi dilakukan hingga tidak ada lagi perpindahan anggota cluster atau perubahan nilai centroid sudah sangat kecil. Seluruh proses analisis dilakukan menggunakan software R dengan paket cluster dan factoextra.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

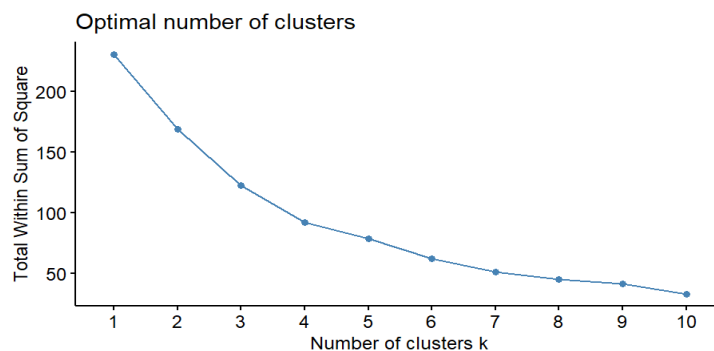
3.1 Statistik Deskriptif

Analisis statistik deskriptif memberikan gambaran umum mengenai karakteristik data penelitian dari 34 provinsi di Indonesia pada Tahun 2024. Pada komponen lingkungan, nilai Indeks Kualitas Air menunjukkan rentang antara 41,22 hingga 65,32 dengan rata-rata 55,49, mengindikasikan variasi kondisi kualitas air yang cukup besar antarprovinsi. Indeks Kualitas Udara memiliki nilai yang relatif lebih stabil dengan rata-rata 90,95 dan median 92,70, menunjukkan bahwa sebagian besar provinsi memiliki kualitas udara yang tergolong baik. Sementara itu, Indeks Kualitas Tutupan Lahan menunjukkan variasi tertinggi dengan nilai minimum 27,49 dan maksimum 100, mencerminkan perbedaan kondisi tutupan lahan yang sangat signifikan antarwilayah.

Pada indikator ekonomi, PDRB sektor pertambangan menunjukkan disparitas yang sangat besar dengan nilai minimum Rp399 miliar dan maksimum Rp264.961 miliar, serta median (Rp11.096 miliar) yang jauh lebih rendah dibandingkan rata-rata (Rp27.558 miliar). Kondisi ini mengindikasikan adanya konsentrasi aktivitas pertambangan pada beberapa provinsi tertentu. PDRB per kapita juga menunjukkan variasi yang cukup tinggi dengan rentang antara Rp13,8 juta hingga Rp201,3 juta, mencerminkan disparitas tingkat kesejahteraan ekonomi antarwilayah. Indikator sosial-demografis menunjukkan kepadatan penduduk dengan variasi ekstrem dari 10 jiwa/km² hingga 16.165 jiwa/km², sementara tingkat kemiskinan berkisar antara 4,00% hingga 21,66% dengan rata-rata 9,72%. Heterogenitas karakteristik ekonomi, lingkungan, dan sosial ini menegaskan pentingnya analisis clustering untuk mengelompokkan wilayah berdasarkan kesamaan karakteristiknya

3.2 Penentuan Jumlah Cluster Optimal

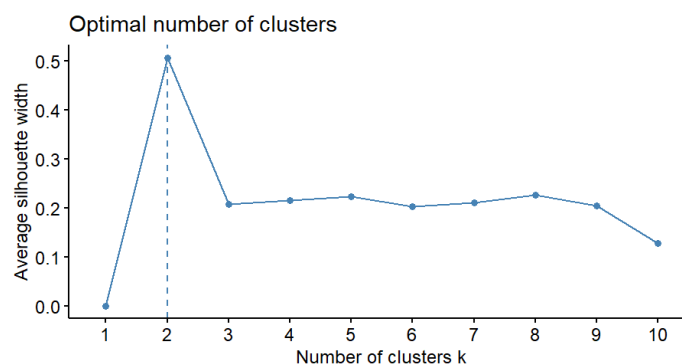
Penentuan jumlah cluster yang optimal dilakukan menggunakan dua metode yaitu metode *Elbow* dan metode *Silhouette*. Berdasarkan metode *Elbow* yang divisualisasikan pada Gambar 1, penurunan nilai *Within-cluster Sum of Square (WSS)* yang tajam terjadi dari $k=1$ hingga $k=2$, kemudian penurunannya mulai melambat setelah $k=2$. Titik 'siku' pada grafik menunjukkan bahwa jumlah cluster optimal adalah 2 cluster, karena penambahan cluster di atas 2 tidak memberikan penurunan WSS yang signifikan (Mayasari & Nugraha, 2023). Nilai WSS untuk $k=2$ adalah sekitar 98,5 sedangkan untuk $k=3$ hanya turun menjadi 89,3 menunjukkan penurunan yang tidak proposional dengan penambahan kompleksitas model.



Gambar 1. Grafik Metode Elbow untuk Penentuan Jumlah Cluster Optimal

Catatan: Grafik menunjukkan penurunan WSS dari $k=1$ hingga $k=10$, dengan titik siku pada $k=2$

Hasil ini dikonfirmasi oleh metode *Silhouette* yang ditampilkan pada Gambar 2. Nilai *Silhouette Coefficient* tertinggi terdapat pada $k=2$ dengan nilai sekitar 0,31, mengindikasikan bahwa pengelompokan dengan 2 cluster menghasilkan kualitas pengelompokan terbaik di mana objek dalam satu cluster memiliki kemiripan yang tinggi sementara perbedaan antarcluster juga jelas. Nilai *silhouette* pada $k=3$ turun menjadi 0,26, menunjukkan bahwa penambahan cluster justru menurunkan kualitas pengelompokan. Berdasarkan konsistensi hasil kedua metode tersebut, penelitian ini menggunakan 2 cluster sebagai jumlah cluster optimal untuk pengelompokan provinsi di Indonesia.



Gambar 2. Grafik Silhouette Coefficient untuk Validasi Jumlah Cluster

Catatan: Grafik nilai Silhouette Coefficient untuk $k=2$ hingga $k=10$, dengan nilai tertinggi pada $k=2$

3.3 Hasil Pengelompokan

Hasil analisis K-Means Clustering menghasilkan dua kelompok provinsi dengan karakteristik yang berbeda. Cluster 1 terdiri dari 30 provinsi (88,2% dari total provinsi), sementara Cluster 2 terdiri dari 4 provinsi (11,8% dari total provinsi). Nilai *Within-cluster Sum of Squares* untuk Cluster 1 adalah 95,61 dan Cluster 2 sebesar 73,34, menunjukkan bahwa Cluster 2 memiliki variasi karakteristik yang lebih rendah atau lebih homogen dibandingkan Cluster 1. Nilai *Between SS / Total SS* sebesar 26,9%

menunjukkan bahwa perbedaan karakteristik antarcluster cukup jelas dan bermakna. Komposisi anggota masing-masing cluster ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi Anggota (1)

Metrik	Nilai
Jumlah Cluster	2
Ukuran Cluster 1 dan Cluster 2	30 Provinsi dan 4 Provinsi
Within-cluster SS Cluster 1	95,61
Within-cluster SS Cluster 2	73,34
Between SS	26,9%

Tabel 2. Komposisi Anggota (2)

Cluster 1 (30 Provinsi – 88,2%)	Cluster 2 (4 Provinsi – 11,8%)
Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau, Kepulauan Riau, Kepulauan Bangka Belitung, Jambi, Bengkulu, Sumatera Selatan, Lampung. DIY, Jawa Tengah, Jawa Timur, Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, Kalimantan Utara, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Tengah, Sulawesi Utara, Sulawesi Barat, Gorontalo, Maluku, Maluku Utara, Papua, Papua Barat.	Banten, DKI Jakarta, Jawa Barat, dan Kalimantan Timur

Sumber: R-studio 2026

3.4 Karakteristik Cluster

Profil karakteristik kedua cluster berdasarkan rata-rata nilai setiap variabel penelitian disajikan pada Tabel 4. Tabel ini menampilkan nilai rata-rata aktual untuk masing-masing variabel pada setiap cluster, persentase perbedaan antarcluster, serta rata-rata keseluruhan sebagai pembandingan.

Tabel 3. Karakteristik Cluster

Variabel	Cluster 1 (n=30)	Cluster 2 (n=4)	Perbedaan (%)	Rata-rata Nasional
IKA	56,39	48,72	-13,6%	55,49
IKU	92,50	79,36	-14,2%	90,95
IKTL	65,52	49,11	-25,0%	63,60
PDRB Pertambangan (Miliar Rp)	16.351	113.870	596,5%	27.558
Kepadatan Penduduk (Jiwa/km ²)	224	4.721	2.007,6%	753
Tingkat Kemiskinan (%)	10,23	5,84	-42,9%	9,72
PDRB Per Kapita (Juta Rp)	43,09	105,17	144,1%	50,37

Sumber: R-studio 2026

3.4.1 Karakteristik Cluster 1

Cluster 1 menunjukkan karakteristik wilayah dengan kualitas lingkungan hidup yang relatif lebih baik dibandingkan Cluster 2. Hal ini terlihat dari nilai rata-rata Indeks Kualitas Air sebesar 56,39, Indeks Kualitas Udara sebesar 92,50, dan Indeks Kualitas Tutupan Lahan sebesar 65,52, yang menunjukkan bahwa kondisi kualitas air, udara, dan tutupan lahan masih berada pada tingkat yang cukup terjaga. Ketiga nilai ini berada di atas rata-rata nasional, mengindikasikan bahwa tekanan terhadap lingkungan di wilayah-wilayah Cluster 1 masih relatif terkendali.

Pada sisi demografis, tekanan penduduk pada cluster ini tergolong rendah hingga sedang dengan kepadatan rata-rata sebesar 224 jiwa per km². Tingkat kemiskinan menunjukkan angka yang relatif lebih tinggi dibanding Cluster 2, yaitu sebesar 10,23 persen, mengindikasikan bahwa meskipun kondisi lingkungan relatif baik, kesejahteraan sosial masih menghadapi tantangan. PDRB per kapita rata-rata sebesar Rp43.088 menunjukkan bahwa tingkat kesejahteraan ekonomi di cluster ini masih berada pada kategori menengah, atau sekitar 86% dari rata-rata nasional.

Struktur ekonomi provinsi dalam Cluster 1 tidak didominasi oleh sektor ekstraktif. Hal ini terlihat dari nilai rata-rata PDRB sektor pertambangan yang hanya sebesar Rp16.351 miliar, jauh lebih rendah dibandingkan Cluster 2 dan bahkan di bawah rata-rata nasional. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa aktivitas ekonomi pada cluster ini cenderung lebih moderat dan tidak terpusat pada eksploitasi sumber daya alam. Secara keseluruhan, Cluster 1 merepresentasikan wilayah dengan tingkat tekanan pembangunan yang relatif rendah, sehingga kualitas lingkungan hidup masih terjaga. Namun demikian, tingkat kesejahteraan ekonomi yang belum optimal menunjukkan bahwa provinsi dalam cluster ini masih berada pada tahap pembangunan menengah dan memiliki potensi besar untuk mengembangkan sektor pertambangan dengan tetap menjaga keberlanjutan lingkungan melalui penerapan praktik pertambangan berkelanjutan sejak tahap awal.

3.4.2 Karakteristik Cluster 2

Cluster 2 yang terdiri dari Banten, DKI Jakarta, Jawa Barat, dan Kalimantan Timur menunjukkan karakteristik wilayah dengan tingkat aktivitas ekonomi yang sangat tinggi, namun diikuti oleh tekanan lingkungan yang jauh lebih besar dibandingkan Cluster 1. Hal ini tercermin dari nilai rata-rata Indeks Kualitas Air sebesar 48,72, Indeks Kualitas Udara sebesar 79,36, dan Indeks Kualitas Tutupan Lahan sebesar 49,11, yang masing-masing lebih rendah sebesar 13,6 persen, 14,2 persen, dan 25,0 persen dibandingkan Cluster 1. Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan intensitas kegiatan ekonomi berkaitan erat dengan penurunan kualitas lingkungan hidup. Penurunan paling drastis terjadi pada indeks tutupan lahan, mengindikasikan konversi lahan yang masif untuk keperluan industri, pertambangan, dan permukiman.

Dari sisi ekonomi, Cluster 2 memiliki tingkat kesejahteraan yang jauh lebih tinggi. PDRB per kapita rata-rata mencapai Rp105.167 atau sekitar 144,1 persen lebih tinggi dibandingkan Cluster 1 dan hampir dua kali lipat dari rata-rata nasional. Selain itu, kontribusi sektor pertambangan sangat dominan dengan nilai rata-rata sebesar Rp113.870 miliar, atau hampir tujuh kali lebih besar dibandingkan Cluster 1 dan sekitar empat kali lipat dari rata-rata nasional. Hal ini menunjukkan bahwa struktur ekonomi cluster ini ditopang oleh aktivitas ekonomi berskala besar, terutama sektor ekstraktif dan industri.

Tekanan pembangunan terlihat jelas dari aspek demografis. Kepadatan penduduk pada cluster ini mencapai 4.721 jiwa per km² atau sekitar 21 kali lebih tinggi dibandingkan Cluster 1, mencerminkan konsentrasi populasi yang ekstrem terutama di wilayah Jawa dan ibu kota. Meskipun demikian, tingkat kemiskinan relatif lebih rendah, yaitu sebesar 5,84 persen, yang menunjukkan bahwa tingginya aktivitas ekonomi berbasis pertambangan dan industri mampu meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan material masyarakat. Secara keseluruhan, Cluster 2 mencerminkan wilayah dengan tingkat pembangunan ekonomi yang maju, namun menghadapi trade-off berupa penurunan kualitas lingkungan akibat intensitas industrialisasi, aktivitas pertambangan, dan tekanan urbanisasi yang tinggi. Provinsi-

provinsi dalam cluster ini memerlukan intervensi kebijakan yang lebih ketat dalam hal pengelolaan lingkungan, rehabilitasi lahan pasca tambang, dan penerapan teknologi pertambangan yang lebih ramah lingkungan untuk mencapai keseimbangan yang lebih baik antara pertumbuhan ekonomi dan keberlanjutan ekologi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengelompokkan provinsi di Indonesia menjadi dua cluster menggunakan metode K-Means Clustering. Cluster pertama yang mencakup mayoritas provinsi menunjukkan kualitas lingkungan yang relatif baik dengan kontribusi sektor pertambangan yang masih terbatas dan tingkat kesejahteraan ekonomi menengah. Cluster kedua yang terdiri dari Banten, DKI Jakarta, Jawa Barat, dan Kalimantan Timur memiliki aktivitas pertambangan yang sangat intensif dengan tingkat kesejahteraan ekonomi tinggi, namun mengalami degradasi lingkungan yang signifikan terutama pada kualitas udara dan air. Temuan menunjukkan adanya *trade-off* yang jelas antara intensitas aktivitas pertambangan dan kualitas lingkungan hidup, dengan dampak terbesar terjadi pada kualitas udara dan air dibandingkan tutupan lahan. Perbedaan karakteristik antarcluster menegaskan perlunya pendekatan kebijakan pembangunan berkelanjutan yang terdiferensiasi, dimana cluster pertama memerlukan pengembangan pertambangan berkelanjutan sejak tahap awal, sementara cluster kedua membutuhkan penguatan regulasi lingkungan dan program rehabilitasi ekosistem yang komprehensif.

REFERENSI

- [1] Amalia, F., & Emalia, Z. (2022). Fenomena Kelimpahan Sumber Daya Alam dan Natural Resource Curse Dalam Perspektif Ekonomi Di Pulau Sumatera. *BULLET : Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 01(5), 737–750.
- [2] BPS. (2023). Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2023. In *Badan Pusat Statistik*.
- [3] Fadilah, S. N., & Yuliawan, D. (2025). Implementation of K-Means Clustering in Poverty Analysis of Regency/City in Sumatera Island in 2023. *Sinomics Journal | Volume*, 4(June). <https://doi.org/10.54443/sj.v4i1.461>
- [4] IPCC. (2023). *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.* <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- [5] KLHK. (2022). *Silhi 2022*. In *Laporan Status Lingkungan Hidup Indonesia 2022 olh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia*.
- [6] MacQueen, James and others. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, 1(14), 281–297. [ITNHu1HncmOFOkM#v=onepage&q=MacQueen some methods for classification&f=false](https://doi.org/10.1080/01621459608838501)
- [7] Mayasari, S. N., & Nugraha, J. (2023). Implementasi K-Means Cluster Analysis untuk Mengelompokkan Kabupaten/Kota Berdasarkan Data Kemiskinan di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2022. *KONSTELASI: Konvergensi Teknologi Dan Sistem Informasi*, 3(2), 317–329. <https://doi.org/10.24002/konstelasi.v3i2.7200>
- [8] Mohamad, I. Bin, & Usman, D. (2013). *Research article standardization and its effects on k-means clustering algorithm*. 6(17), 3299–3303. <https://doi.org/10.19026/rjaset.6.3638>
- [9] Rousseeuw, P. J. (1987). Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 20(C), 53–65. [https://doi.org/10.1016/0377-0427\(87\)90125-7](https://doi.org/10.1016/0377-0427(87)90125-7)