

ANALISIS KLASSTER KUALITAS LINGKUNGAN HIDUP PROVINSI DI INDONESIA DAN IMPLIKASINYA BAGI PERENCANAAN KEBIJAKAN PUBLIK

**Muhammad Azka Islami*, Salma Isnaeni Yusriyyah, Sapitri Nopiana, Hilma Mutiara
Winata**

UIN Sunan Gunung Djati Bandung
Email: azkaia2005@gmail.com*

Article History

Received: 1 November 2025

Accepted: 1 Desember 2025

Published: 15 Desember 2025

Abstract

This study aims to classify 38 provinces in Indonesia based on environmental quality indicators as a basis for developing more adaptive and evidence-based environmental policies. Secondary data were obtained from the Central Statistics Agency (BPS), focusing on three components of the Environmental Quality Index (IKLH), namely the Air Quality Index (IKU), Water Quality Index (IKA), and Land Cover Quality Index (IKTL). The research method used a quantitative approach with analysis using the K-Means algorithm, which was preceded by descriptive analysis, outlier detection, and determination of the optimal number of clusters using the Elbow Method. The results of the study show the formation of three main clusters with different environmental characteristics. Cluster 0 contains densely populated provinces with the lowest AQI, WQI, and LCI values. Cluster 1 consists of provinces with the best environmental quality, dominated by Eastern Indonesia, which has extensive land cover and high air quality. Cluster 2 shows moderate conditions with good air quality but faces challenges in water quality and land cover. The most dominant factor in cluster formation is LQI. These findings provide a strategic basis for formulating policy differentiation that is more targeted, effective, and in line with the characteristics of each province.

Keywords: IKLH, Public Policy, sustainability

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengelompokkan 38 provinsi di Indonesia berdasarkan indikator kualitas lingkungan sebagai dasar penyusunan kebijakan lingkungan yang lebih adaptif dan berbasis bukti. Data sekunder diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS), dengan fokus pada tiga komponen Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH), yaitu Indeks Kualitas Udara (IKU), Indeks Kualitas Air (IKA), dan Indeks Kualitas Tutupan Lahan (IKTL). Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan analisis menggunakan algoritma K-Means yang diawali dengan analisis deskriptif, deteksi outlier, serta penentuan jumlah kluster optimal melalui Metode Elbow. Hasil penelitian menunjukkan terbentuknya tiga kluster utama dengan karakteristik lingkungan yang berbeda. Kluster 0 berisi provinsi berpenduduk padat dengan nilai IKU, IKA, dan IKTL terendah. Kluster 1 terdiri dari provinsi dengan kualitas lingkungan terbaik, didominasi wilayah Indonesia Timur yang memiliki tutupan lahan luas dan kualitas udara tinggi. Kluster 2 menunjukkan kondisi sedang dengan kualitas udara baik tetapi menghadapi tantangan pada kualitas air dan tutupan lahan. Faktor paling dominan dalam pembentukan kluster adalah IKTL. Temuan ini memberikan dasar strategis dalam perumusan *policy differentiation* yang lebih tepat sasaran, efektif, dan sesuai karakteristik setiap provinsi

Kata kunci: IKLH, Kebijakan Publik, Lingkungan

A. PENDAHULUAN

Kualitas lingkungan hidup menjadi salah satu aspek krusial dalam pembangunan berkelanjutan karena berkaitan langsung dengan kesehatan masyarakat, produktivitas ekonomi, dan daya dukung ekosistem regional. Indonesia adalah salah satu negara yang menghadapi tantangan dalam mengelola lingkungan hidup yang sangat kompleks dan berbeda di setiap wilayahnya, karena memiliki keragaman dalam hal geografis, jumlah penduduk, serta karakteristik sosial dan ekonomi yang secara langsung memengaruhi kondisi lingkungan hidup (Zahro & Tutik, 2025).

Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) adalah indikator kinerja dalam pengelolaan lingkungan hidup nasional dan daerah, yang digunakan sebagai bahan informasi untuk mendukung proses pengambilan kebijakan yang berkaitan dengan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Indeks ini menggabungkan analisis dari tiga indikator komponen lingkungan, yaitu Indeks Kualitas Air (IKA), Indeks Kualitas Udara (IKU), dan Indeks Kualitas Tutupan Lahan (IKTL) (Masyurroh & Binyati, 2021). Dengan demikian, IKLH tidak hanya berfungsi sebagai alat evaluasi, tetapi juga sebagai dasar informasi bagi perumusan kebijakan perlindungan dan pengelolaan lingkungan yang lebih tepat sasaran.

Sejumlah penelitian terdahulu telah menyoroti faktor-faktor yang memengaruhi kualitas lingkungan hidup di Indonesia. Yani et al., (2023) meneliti pengaruh pertumbuhan ekonomi, kepadatan penduduk, dan PDRB sektor pertanian terhadap Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) pada 34 provinsi di Indonesia tahun 2016–2020 menggunakan regresi data panel dengan model Random Effect. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi berpengaruh negatif dan signifikan terhadap kualitas lingkungan, kepadatan penduduk berpengaruh positif signifikan, sedangkan PDRB sektor pertanian tidak berpengaruh signifikan. Temuan ini menegaskan adanya tekanan lingkungan akibat pembangunan ekonomi serta pentingnya pengelolaan lingkungan yang lebih berkelanjutan. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Ikhsanudin & Wijayanto, (2024) yang menganalisis pengelompokan kualitas lingkungan hidup pada 34 provinsi di Indonesia menggunakan metode hierarchical dan partitioning. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode K-Means dengan dua cluster merupakan yang terbaik karena memiliki validasi paling baik. Dari hasil pengelompokan, diperoleh 12 provinsi dengan kualitas lingkungan hidup tinggi dan 22 provinsi dengan kualitas rendah. Penelitian ini juga menegaskan bahwa aspek pengelolaan sampah, kualitas air, dan kualitas air laut masih harus mendapat perhatian karena nilai indikator tersebut masih rendah.

Namun demikian, kajian-kajian tersebut belum sepenuhnya memberikan gambaran mengenai bagaimana provinsi di Indonesia dapat dikelompokkan secara lebih terstruktur berdasarkan berbagai indikator lingkungan yang relevan dan terkini. Tanpa pemetaan yang jelas, perumusan kebijakan lingkungan sering kali bersifat umum dan tidak mempertimbangkan karakteristik masing-masing wilayah. Akibatnya, intervensi kebijakan bisa tidak tepat sasaran, biaya penanganan lingkungan meningkat, dan risiko bencana ekologis seperti banjir, kekeringan, atau pencemaran industri semakin besar. Pemerintah pusat dan provinsi membutuhkan analisis yang dapat mengidentifikasi kelompok provinsi dengan karakteristik lingkungan yang serupa agar strategi pengelolaan lebih efektif dan terarah.

Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini merumuskan beberapa rumusan masalah penelitian, 1) Bagaimana pengelompokan provinsi di Indonesia berdasarkan indikator kualitas lingkungan; 2) Bagaimana karakteristik masing-masing cluster provinsi dalam hal kondisi lingkungan berdasarkan indikator yang dianalisis; 3) Faktor-faktor lingkungan mana saja yang paling dominan mempengaruhi pembentukan cluster provinsi di Indonesia; dan 4)

bagaimana hasil pengelompokan tersebut dapat menjadi dasar penyusunan *policy differentiation* yang lebih adaptif dan responsif terhadap kondisi spesifik tiap wilayah.

Sejalan dengan rumusan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: 1) mengelompokkan provinsi-provinsi di Indonesia berdasarkan indikator kualitas lingkungan yang relevan guna mengidentifikasi klaster provinsi dengan karakteristik lingkungan yang serupa; 2) mengkarakterisasi masing-masing cluster provinsi dalam hal kondisi lingkungan berdasarkan indikator yang dianalisis untuk memahami perbedaan kualitas lingkungan antar cluster; 3) menganalisis faktor-faktor lingkungan yang paling dominan mempengaruhi pembentukan cluster provinsi agar dapat memberikan rekomendasi kebijakan lingkungan yang tepat sasaran; dan 4) memberikan gambaran menyeluruh mengenai pengelompokan kualitas lingkungan antarprovinsi sehingga dapat digunakan sebagai dasar perencanaan kebijakan yang lebih terarah, adaptif, dan berbasis bukti.

B. KAJIAN PUSTAKA

Teori Indikator Kualitas Lingkungan

Kualitas lingkungan merupakan indikator penting dalam menilai keberlanjutan pembangunan suatu wilayah. Dalam konteks nasional, pengukuran kualitas lingkungan hidup dilakukan melalui Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH) yang dikembangkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). IKLH mencakup tiga komponen utama, yaitu kualitas udara, kualitas air, dan tutupan lahan, yang mencerminkan keseimbangan ekologi dan efektivitas pengelolaan lingkungan.

Selain IKLH, indikator PM10, PM2.5, akses air bersih, dan sanitasi layak digunakan untuk memberikan gambaran kondisi lingkungan yang lebih spesifik. Nilai-nilai ini tidak hanya menggambarkan keadaan ekologis, tetapi juga berkaitan dengan dimensi sosial-ekonomi masyarakat, karena lingkungan yang sehat berkontribusi terhadap peningkatan kualitas hidup dan produktivitas manusia (Zulkifli et al., 2025).

Teori Governance

Teori governance menekankan tata kelola pemerintahan yang baik dengan menekankan prinsip transparansi, partisipasi masyarakat, akuntabilitas, dan kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat. Dalam konteks analisis clustering provinsi berdasarkan indikator lingkungan, teori governance dapat membantu memahami bagaimana berbagai aktor dan pemangku kepentingan terlibat dalam pengelolaan sumber daya lingkungan dan kebijakan daerah, serta bagaimana pengelolaan yang baik dapat memperkuat kinerja lingkungan dan pembangunan berkelanjutan di tiap cluster atau kelompok provinsi. Teori governance menyoroti pentingnya koordinasi lintas sektor dan pengelolaan yang responsif terhadap kebutuhan lokal serta kondisi lingkungan yang berbeda antar provinsi (Edward et al., 2024).

Teori New Public Management (NPM)

Teori New Public Management (NPM) memperkenalkan pendekatan manajemen yang mengadopsi prinsip sektor swasta untuk meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan akuntabilitas layanan publik. NPM menekankan desentralisasi, pengukuran kinerja berbasis hasil, akuntabilitas manajerial, dan orientasi pada pelanggan. Dalam kasus clustering provinsi berdasarkan indikator lingkungan, NPM relevan karena menuntut adanya indikator kinerja yang jelas dan pengelolaan yang efisien di tingkat pemerintah daerah untuk mengelola sumber daya lingkungan. Provinsi dalam cluster yang berbeda dapat dianalisis dari segi kinerja pengelolaan lingkungan mereka yang dipacu oleh standar dan prinsip NPM seperti efisiensi, kualitas layanan publik lingkungan, dan akuntabilitas. NPM juga menekankan otonomi daerah dan fleksibilitas dalam pengambilan keputusan yang memungkinkan adaptasi kebijakan lingkungan yang sesuai dengan kondisi lokal (Hamid, 2022).

C. METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan teknik clustering non-hierarkis seperti K-Means, K-Medoids, atau Fuzzy C-Means, yang melibatkan tahapan pengumpulan data sekunder, *preprocessing*, pemilihan jumlah cluster optimal, dan interpretasi hasil untuk mengidentifikasi pola kualitas lingkungan provinsi. Penelitian ini menggunakan teknik clustering dengan K-Means.

Sumber data yang digunakan adalah data sekunder dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan publikasi terkait Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), dengan fokus pada indikator seperti Indeks Kualitas Udara (IKU), Indeks Kualitas Air (IKA), dan Indeks Kualitas Tutupan Lahan (IKTL) tahun data terbaru. Langkah-langkah analisis data dalam penelitian ini adalah:

1. Mengumpulkan data variabel penelitian
2. Melakukan analisis statistik deskriptif terhadap variabel yang digunakan
3. Melakukan pendeteksian pencilan atau *outlier* dengan menggunakan *Boxplot*
4. Menerapkan algoritma K-Means Clustering. Tahapannya yaitu (Wahyudi et al., 2020)
 - a. Pilih jumlah klaster
 - b. Inisialisasi awal dan pusat klaster dilakukan secara random
 - c. Setiap data ditempatkan ke pusat klaster terdekat berdasarkan jarak antar obyek. Pada tahap ini jarak dihitung dengan menentukan kemiripan atau ketidakmiripan data dengan Metode Jarak Euclidean.
 - d. Hitung pusat klaster yang baru dengan keanggotaan yang baru dengan cara menghitung rata-rata obyek pada klaster. Penghitungan bisa juga dengan menggunakan median.
 - e. Hitung kembali jarak tiap objek dengan pusat klaster yang baru, hingga klaster tidak berubah, maka proses pengklasteran selesai.
5. Membuat visualisasi dari hasil *clustering* menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA).
6. Melakukan interpretasi dari hasil cluster yang didapatkan sehingga dapat diketahui karakteristik wilayah dengan kondisi lingkungan baik, sedang, atau kurang baik.
7. Membuat kesimpulan

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelompokkan Provinsi Di Indonesia Berdasarkan Indikator Kualitas Lingkungan Variabel penelitian

Penelitian ini menggunakan data Komponen Penyusun Indeks Kualitas Lingkungan Hidup Menurut Provinsi, yang diperoleh dari situs Badan Pusat Statistik (BPS). Data yang dikumpulkan mencakup Indeks Kualitas Udara (IKU), Indeks Kualitas Air (IKA), dan Indeks Kualitas Tutupan Lahan (IKTL). Adapun cakupan penelitian dalam analisis ini terdiri dari 38 provinsi di Indonesia. Berikut ini disajikan variabel dalam penelitian ini.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Nama Variabel
X1	Indeks Kualitas Udara (IKU)
X2	Indeks Kualitas Air (IKA)
X3	Indeks Kualitas Tutupan Lahan (IKTL)

Sumber: Diolah Peneliti, 2025

Analisis deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan untuk memberikan gambaran umum mengenai karakteristik variabel-variabel yang digunakan, melalui nilai minimum, nilai rata-rata dan nilai maksimum.

Tabel 2. Statistik Deskriptif

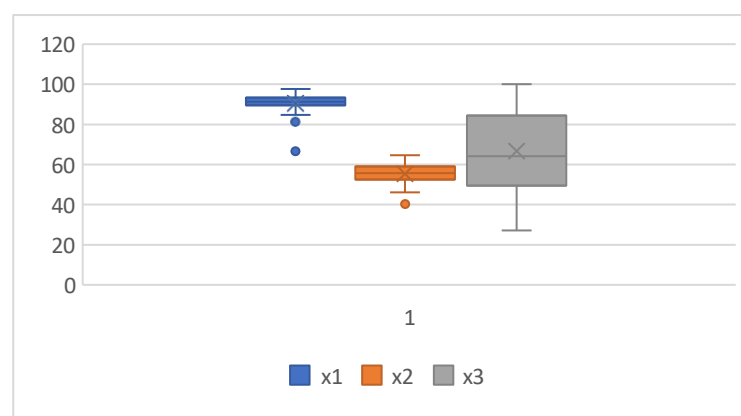
Variabel	Mean	Min	Max
X1	90.24	66.67	97.68
X2	55.28	40.28	64.67
X3	66.75	27.17	100

Sumber: Diolah Peneliti, 2025

Berdasarkan Tabel 2, diperoleh gambaran bahwa variabel X1 memiliki nilai rata-rata sebesar 90.24, yang menunjukkan bahwa kualitas udara nasional berada pada kategori baik, meskipun masih terdapat provinsi dengan nilai minimum 66.67 yang mengindikasikan tekanan polusi lebih tinggi, sementara nilai maksimum 97.68 menunjukkan adanya wilayah dengan kualitas udara yang sangat baik. Berbeda dengan X1, variabel X2 memiliki rata-rata yang lebih rendah, yaitu 55.28, sehingga menggambarkan bahwa kondisi kualitas air secara umum masih berada pada kategori sedang; nilai minimum 40.28 memperlihatkan adanya provinsi dengan kualitas air yang rendah, sedangkan nilai maksimum 64.67 menunjukkan bahwa provinsi dengan kondisi terbaik sekalipun belum mencapai kategori tinggi. Sementara itu, variabel X3 menunjukkan rata-rata sebesar 66.75 yang mengindikasikan kondisi tutupan lahan cukup baik, namun rentang nilai yang luas dengan minimum 27.17 dan maksimum 100 menunjukkan adanya ketimpangan besar antarprovinsi dalam hal ketersediaan ruang hijau, tingkat deforestasi, maupun pengelolaan lahan. Secara keseluruhan, deskripsi ini menggambarkan bahwa kualitas lingkungan antarprovinsi masih sangat bervariasi, dengan kualitas udara relatif lebih baik, kualitas air paling memerlukan perhatian, dan kondisi tutupan lahan berada pada tingkat yang cukup baik namun tidak merata.

Pendeteksian pencilan atau *outlier*

Untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai sebaran data serta mendeteksi adanya nilai pencilan pada masing-masing variabel penelitian, digunakan visualisasi boxplot.

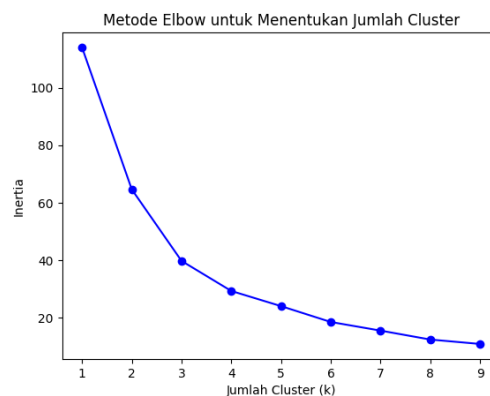


Gambar 1. Pendeteksian Outlier dengan Boxplot
Sumber: Diolah Peneliti, 2025

Berdasarkan boxplot pada gambar 1, dapat dilihat bahwa masing-masing variable memiliki pola sebaran yang berbeda serta menunjukkan adanya pencilan (outlier) yang mengindikasikan nilai-nilai ekstrim pada beberapa provinsi. Terlihat pada variabel X1, tampak adanya satu titik data yang berada jauh di bawah lower whisker, yang menunjukkan adanya provinsi dengan kualitas udara lebih rendah dari provinsi lainnya. Sementara itu, pada variabel X2 teridentifikasi satu pencilan yang berada di sekitar nilai yang lebih rendah dari kelompok data utama, menunjukkan adanya provinsi dengan kualitas air yang relatif buruk dibanding rata-rata nasional. Adapun pada variabel X3, rentang sebaran nilai terlihat lebih lebar dibandingkan dua variabel lainnya, dan tidak tampak pencilan ekstrem yang keluar dari whisker, meskipun persebaran datanya menunjukkan variasi yang besar antarprovinsi. Secara keseluruhan, keberadaan pencilan pada dua variabel pertama menegaskan bahwa X1 dan X2 memiliki tingkat ketimpangan yang cukup besar antarprovinsi, sedangkan distribusi pada X3 menunjukkan keragaman yang luas namun tanpa nilai ekstrem yang signifikan.

Penentuan jumlah cluster

Dalam penelitian ini, penentuan jumlah cluster atau k dilakukan menggunakan metode elbow.



Gambar 2. Grafik elbow
Sumber: Diolah Peneliti, 2025

Berdasarkan grafik metode Elbow di atas, terlihat bahwa inertia turun tajam dari k=1 hingga k=3, kemudian penurunannya mulai melandai setelah k=4. Titik k=3 atau k=4 merupakan posisi “elbow”, yaitu titik ketika penurunan inertia tidak lagi signifikan meskipun jumlah cluster ditambah. Dengan demikian, jumlah cluster yang paling tepat digunakan dalam analisis ini adalah 3 cluster, karena pada titik tersebut model dinilai sudah cukup representatif tanpa menambah kompleksitas yang tidak perlu.

Hasil clustering

Dalam analisis ini, terbentuk tiga kelompok (cluster), dari 38 data yang digunakan.

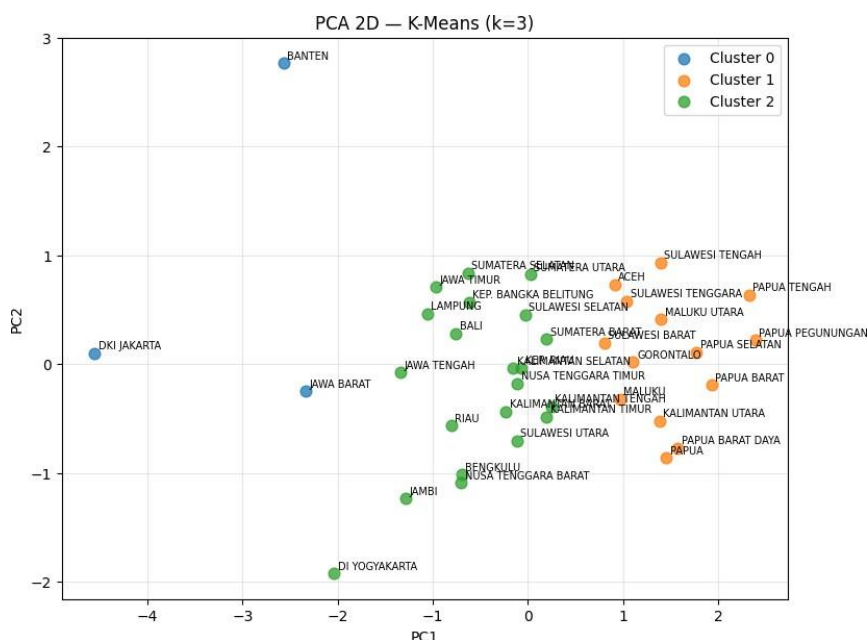
Tabel 3. Hasil *Clustering*

Cluster	Anggota cluster
0	Banten, DKI Jakarta, dan Jawa Barat.

- 1 Aceh, Sumatera Utara, Riau, Kepulauan Riau, Sumatera Selatan, Bengkulu, Lampung, Kep. Bangka Belitung, Nusa Tenggara Timur, Gorontalo, Sulawesi Tenggara, Maluku Utara, Papua Barat Daya, Papua Pegunungan, Papua Tengah, dan Papua Selatan.
- 2 DI Yogyakarta, Jawa Timur, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Kalimantan Utara, Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Sulawesi Barat, Sulawesi Selatan, Bali, Nusa Tenggara Barat, Maluku, Dan Papua Barat.

Sumber: Diolah Peneliti, 2025

Hasil *clustering* yang didapatkan pada Tabel 3, secara visualisasi dapat dilihat pada Gambar 4. Visualisasi dibuat untuk membuat mudah mengamati hasil *clustering* provinsi di Indonesia berdasarkan indikator kualitas lingkungan pada tahun 2023.



Gambar 3. Visualisasi Hasil Clustering Provinsi Di Indonesia Berdasarkan Indikator Kualitas Lingkungan Pada Tahun 2023 Menggunakan PCA

Sumber: Diolah Peneliti, 2025

Berdasarkan hasil clustering dengan menggunakan tiga cluster, diperoleh nilai Silhouette Score sebesar 0.416 yang menunjukkan bahwa struktur cluster yang terbentuk berada pada kategori “cukup/moderat”, yang mengindikasikan adanya tumpang tindih atau kurangnya pemisahan yang jelas antar cluster. Selain itu, nilai Davies–Bouldin Index sebesar 0.841 yang menunjukkan kualitas klusterisasi “baik”, struktur kluster cukup jelas dan sedikit overlap. Nilai DBI yang relatif kecil (semakin kecil semakin baik) ini mengindikasikan bahwa kluster-kluster yang terbentuk cukup kompak (jarak di dalam kluster kecil) dan terpisah satu sama lain (jarak antar kluster jauh).

Analisis Karakteristik Klaster Provinsi Berdasarkan Indikator Lingkungan

Penelitian ini berhasil mengelompokkan 38 provinsi di Indonesia menjadi tiga klaster utama (Klaster 0, 1, dan 2) berdasarkan komponen Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH)

yaitu Indeks Kualitas Udara (IKU), Indeks Kualitas Air (IKA), dan Indeks Kualitas Tutupan Lahan (IKTL), menggunakan metode K-Means Clustering. Pemetaan ini sangat penting sebagai dasar perumusan *policy differentiation* yang adaptif terhadap kondisi spesifik tiap wilayah.

	x1			x2			x3			Cluster		
	mean	median	std	mean	median	std	mean	median	std	mean	median	std
Cluster												
0	72.17	68.46	8.03	48.85	46.87	9.25	37.43	41.99	8.90	0.0	0.0	0.0
1	94.27	94.17	1.94	59.64	60.12	3.19	89.80	91.96	10.59	1.0	1.0	0.0
2	90.14	90.53	2.14	53.30	54.65	4.65	55.59	52.05	11.64	2.0	2.0	0.0

Gambar 4. Tabel Statistik tiap Cluster
Sumber: Diolah Peneliti, 2025

Klaster 0: Kualitas Lingkungan Rendah (3 Provinsi)

Klaster ini menunjukkan tantangan lingkungan yang paling berat, mencerminkan kinerja lingkungan yang tergolong Rendah. Anggota klaster ini adalah DKI Jakarta, Jawa Barat, dan Banten.

Tabel 4. Karakteristik Indikator Klaster 0

Indikator	Rata-rata (mean)	Karakteristik Kunci
IKU	72.17	Terendah, mengindikasikan masalah kualitas udara yang serius, kemungkinan terkait polusi dari industri dan transportasi di wilayah padat.
IKA	48.85	Terendah, menunjukkan tekanan berat pada sumber daya air akibat urbanisasi dan aktivitas manusia
IKL	37.43	Terendah, mencerminkan minimnya tutupan lahan hijau, yang sejalan dengan karakteristik wilayah perkotaan padat.

Sumber: Diolah Peneliti, 2025

Klaster 0, yang didominasi oleh provinsi-provinsi di Pulau Jawa yang padat penduduk dan pusat ekonomi, menunjukkan adanya tekanan lingkungan yang ekstrem. Nilai IKU, IKA, dan IKTL yang paling rendah menegaskan temuan penelitian terdahulu bahwa pembangunan ekonomi seringkali berpengaruh negatif terhadap kualitas lingkungan. Klaster ini sangat membutuhkan intervensi kebijakan yang berorientasi pada hasil dan efisiensi (*New Public Management*), terutama dalam pengelolaan polusi dan konservasi lahan.

Klaster 1: Kualitas Lingkungan Tinggi (14 Provinsi)

Klaster ini merepresentasikan kondisi lingkungan yang paling optimal dengan kinerja terbaik pada semua indikator. Sebagian besar anggotanya adalah provinsi dari wilayah Timur Indonesia, seperti Papua, Maluku, dan sebagian Sulawesi dan Kalimantan Utara.

Tabel 5. Karakteristik Indikator Klaster 1

Indikator	Rata-Rata (Mean)	Karakteristik Kunci
IKU	94.27	Tertinggi, menunjukkan kualitas udara yang sangat baik.
IKA	59.64	Tertinggi, menunjukkan kualitas air relatif baik.
IKTL	89.80	Tertinggi, mencerminkan tutupan lahan yang luas, kemungkinan besar karena kawasan hutan yang masih terjaga.

Sumber: Diolah Peneliti, 2025

Provinsi-provinsi di Klaster 1 cenderung memiliki kepadatan penduduk yang lebih rendah dan tingkat urbanisasi yang belum sepadat Klaster 0, sehingga tekanan terhadap lingkungan (seperti tutupan lahan) masih minimal. Meskipun IKA (59.64) masih jauh dari sempurna, IKU dan IKTL yang sangat tinggi menunjukkan keseimbangan ekologis yang baik. Tantangan kebijakan di klaster ini adalah bagaimana mempertahankan kinerja lingkungan yang baik sambil mengakomodasi pembangunan ekonomi di masa depan, sejalan dengan prinsip *governance* yang menekankan pengelolaan lingkungan secara berkelanjutan dan kolaboratif.

Klaster 2: Kualitas Lingkungan Sedang (21 Provinsi)

Klaster ini merupakan kelompok terbesar dan menunjukkan kondisi lingkungan yang menengah atau sedang. Anggotanya tersebar di Sumatera, Jawa Tengah/Timur, Bali, Nusa Tenggara, dan sebagian Kalimantan/Sulawesi.

Tabel 6. Karakteristik Indikator Klaster 2

Indikator	Rata-Rata (Mean)	Karakteristik Kunci
IKU	90.14	Tinggi, menunjukkan kualitas udara yang cukup baik.
IKA	53.30	Menengah, berada di tengah antara Klaster 0 dan 1
IKTL	55.59	Menengah, tutupan lahan masih di atas Klaster 0 tetapi jauh di bawah Klaster 1.

Sumber: Diolah Peneliti, 2025

Klaster 2 dapat diidentifikasi sebagai kelompok transisional. Meskipun memiliki kualitas udara yang baik (IKU di atas 90), mereka menghadapi tantangan yang lebih besar dalam pengelolaan kualitas air (IKA 53.30) dan tutupan lahan (IKTL 55.59) dibandingkan Klaster 1. Hal ini menunjukkan bahwa IKLH sebagai indikator gabungan memerlukan perhatian khusus pada komponen IKA dan IKTL. Kebijakan untuk klaster ini harus fokus pada penguatan kapasitas institusi daerah dan tata kelola lingkungan (*governance*) untuk meningkatkan performa IKA dan IKTL agar tidak bergeser ke karakteristik Klaster 0 di masa depan.

Faktor-Faktor Lingkungan yang Paling Dominan Mempengaruhi Pembentukan Cluster

Untuk mengidentifikasi variabel lingkungan yang paling dominan dalam membentuk cluster provinsi, dilakukan analisis perbandingan nilai rata-rata (mean) dari ketiga indikator lingkungan pada masing-masing cluster. Tabel 7 berikut memperlihatkan perbedaan nilai

indikator antar cluster:

Tabel 7. Perbandingan Statistik Rata-Rata Indikator Lingkungan per Cluster

Cluster	IKU (Udara)	IKA (Air)	IKTL (Tutupan Lahan)
0	72.17	48.85	37.43
1	94.27	59.64	89.80
2	90.13	53.29	55.59

Sumber: Diolah Peneliti, 2025

Berdasarkan tabel tersebut, terlihat bahwa Indeks Kualitas Tutupan Lahan (IKTL) merupakan indikator yang paling dominan mempengaruhi pembentukan cluster. Hal ini ditunjukkan oleh rentang perbedaan nilai IKTL yang paling besar antar cluster, yaitu 37,43 pada Cluster 0, 89,80 pada Cluster 1, dan 55,59 pada Cluster 2. Perbedaan ekstrem ini menunjukkan bahwa variasi kondisi tutupan lahan seperti tingkat deforestasi, keberadaan ruang hijau, dan kualitas pemanfaatan lahan memiliki pengaruh paling signifikan dalam memisahkan karakteristik provinsi.

Faktor dominan berikutnya adalah Indeks Kualitas Udara (IKU). Perbedaan antara Cluster 0 yang hanya memperoleh nilai rata-rata 72,17 dan Cluster 1 yang mencapai 94,27 menunjukkan bahwa tingkat polusi udara, aktivitas industri, dan kepadatan penduduk berperan besar dalam membedakan kelompok provinsi. Sementara itu, Indeks Kualitas Air (IKA) turut berkontribusi dalam pembentukan cluster, namun perbedaan nilainya lebih kecil sehingga pengaruhnya tidak sekuat dua indikator lainnya. Secara keseluruhan, tabel ini menegaskan bahwa kualitas tutupan lahan dan kualitas udara adalah variabel paling menentukan dalam terbentuknya struktur cluster, sedangkan IKA memiliki pengaruh yang lebih moderat.

Implikasi Pengelompokan terhadap Penyusunan Policy Differentiation yang Adaptif

Penggunaan hasil clustering memungkinkan pemerintah menyusun kebijakan lingkungan yang lebih adaptif dan responsif berdasarkan karakteristik masing-masing cluster. Perbedaan kebutuhan ini dirangkum pada Tabel 5 berikut:

Tabel 8. Arah Diferensiasi Kebijakan Berdasarkan Cluster

Cluster	Karakteristik Lingkungan	Arah Kebijakan Utama	Jenis Kebijakan
Cluster 0	Udara rendah; air rendah; tutupan lahan sangat rendah	Pemulihan dan penanggulangan	Pengendalian emisi, rehabilitasi lahan, RTH, pengelolaan limbah
Cluster 1	Udara sangat baik; tutupan lahan sangat baik; air relatif baik	Perlindungan dan pencegahan	Pembatasan konversi lahan, proteksi konservasi, kawasan ekowisata berkelanjutan

Cluster 2	Udara baik; tutupan lahan sedang; air sedang	Transisi peningkatan kualitas	dan Reforestasi, infrastruktur pemantauan dan regulasi	peningkatan lingkungan, penegakan
-----------	--	-------------------------------	--	-----------------------------------

Sumber: Diolah Peneliti, 2025

Berdasarkan tabel tersebut, Cluster 0 membutuhkan kebijakan yang bersifat rehabilitatif karena seluruh indikator lingkungannya berada pada kategori rendah. Provinsi dalam cluster ini merupakan wilayah dengan tekanan polusi tertinggi dan kerusakan lahan signifikan, sehingga kebijakan yang diprioritaskan adalah pengendalian emisi industri dan transportasi, perluasan ruang terbuka hijau, serta pembangunan sistem pengelolaan air limbah. Kebijakan ini selaras dengan prinsip governance yang menekankan pentingnya kolaborasi antara pemerintah, swasta, dan masyarakat.

Pada Cluster 1, arah kebijakan perlu difokuskan pada proteksi dan pencegahan. Provinsi dalam cluster ini cenderung memiliki ekosistem yang masih terjaga, sehingga upaya kebijakan yang tepat adalah mempertahankan kualitas tersebut melalui pembatasan alih fungsi lahan, penguatan tata kelola kawasan konservasi, dan pengembangan ekonomi berbasis ekowisata.

Hal ini sejalan dengan konsep keberlanjutan yang menekankan pencegahan degradasi lingkungan.

Sementara itu, Cluster 2 memerlukan kebijakan dalam bentuk transisi menuju peningkatan kualitas lingkungan. Provinsi pada cluster ini tidak berada pada kondisi kritis, tetapi berisiko mengalami penurunan apabila tekanan pembangunan meningkat. Oleh karena itu, kebijakan yang disarankan meliputi reforestasi skala menengah, pembangunan IPAL dan infrastruktur air bersih, serta integrasi kebijakan lintas sektor untuk memperkuat ketahanan lingkungan. Pendekatan ini juga sesuai dengan prinsip New Public Management (NPM) yang mendorong peningkatan kinerja melalui indikator terukur.

Secara keseluruhan, penyusunan kebijakan berbasis hasil clustering memungkinkan terciptanya policy differentiation yang lebih tepat sasaran, efisien, dan berbasis bukti. Dengan demikian, pemerintah dapat menghindari kebijakan seragam yang tidak sesuai dengan kondisi tiap provinsi, serta meningkatkan efektivitas pengelolaan lingkungan hidup di Indonesia.

E. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengelompokkan 38 provinsi di Indonesia ke dalam tiga klaster utama berdasarkan indikator Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH), yang meliputi Indeks Kualitas Udara (IKU), Indeks Kualitas Air (IKA), dan Indeks Kualitas Tutupan Lahan (IKTL). Hasil analisis menunjukkan bahwa:

Klaster 0 terdiri dari provinsi dengan kualitas lingkungan terendah, terutama pada aspek udara, air, dan tutupan lahan. Provinsi dalam klaster ini yang didominasi wilayah perkotaan padat seperti DKI Jakarta, Jawa Barat, dan Banten mengalami tekanan lingkungan yang tinggi akibat aktivitas industri, kepadatan penduduk, dan minimnya ruang hijau.

Klaster 1 mencakup provinsi dengan kualitas lingkungan terbaik. Wilayah ini didominasi provinsi Indonesia bagian timur yang memiliki tutupan lahan luas, kualitas udara tinggi, serta tekanan pembangunan yang relatif rendah. Meskipun kualitas air belum optimal, klaster ini menunjukkan kondisi ekologi yang paling stabil.

Klaster 2 menunjukkan kondisi lingkungan sedang, yaitu provinsi dengan kualitas udara baik namun memiliki tantangan pada aspek kualitas air dan tutupan lahan. Klaster ini

menggambarkan wilayah transisi yang memerlukan peningkatan pengelolaan lingkungan agar tidak mengalami degradasi di masa mendatang.

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa Indeks Kualitas Tutupan Lahan (IKTL) merupakan faktor paling dominan dalam membentuk klaster, diikuti oleh kualitas udara. Hal ini menegaskan bahwa perbedaan struktur lahan, tingkat deforestasi, dan ketersediaan ruang hijau memiliki pengaruh yang besar terhadap variasi kualitas lingkungan antarprovinsi.

Secara keseluruhan, hasil clustering memberikan dasar kuat bagi pemerintah dalam merancang policy *differentiation* yang lebih adaptif, terarah, dan berbasis bukti. Setiap klaster membutuhkan strategi pengelolaan lingkungan yang berbeda: rehabilitasi untuk klaster 0, proteksi dan pencegahan untuk klaster 1, serta peningkatan kualitas secara bertahap untuk klaster 2. Dengan pendekatan ini, kebijakan lingkungan dapat disusun secara lebih efektif sesuai karakteristik dan kebutuhan spesifik setiap provinsi.

REFERENSI

- Edward, A. V., Adnan, M. F., & Khaidir, A. (2024). New Public Manajemen: Studi Kasus Penerapan New Public Manajemen Dalam Organisasi Publik Di Indonesia. *Future Academia: The Journal Of Multidisciplinary Research On Scientific And Advanced*, 2(2), 54–62.
- Hamid, H. (2022). Implementasi New Public Management (Npm) Dalam Pelayanan Publik Di Dinas Penanaman Modal Dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Kota Makassar. *Pallangga Praja*, 2(2), 117– 123.
- Ikhsanudin, M. R., & Wijayanto, A. W. (2024). Perbandingan Pengelompokkan Provinsi Di Indonesia Menurut Kualitas Lingkungan Hidup Menggunakan Metode Hierarki Dan Partisi. *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi (Justin)*, 12(1), 155. <https://doi.org/10.26418/Justin.V12i1.71495>
- Masyruroh, A., & Binyati, B. (2021). Kajian Indeks Kualitas Lingkungan Hidup Kota Serang. *Jurnal Lingkungan Dan Sumberdaya Alam (Jurnal)*, 4(2), 151–162.
- Wahyudi, M., Masitha, Saragih, R., & Solikhun. (2020). *Data Mining : Penerapan Algoritma K-Means Clustering Dan K-Medoids Clustering*. Yayasan Kita Menulis.
- Yani, A., Restiatun, R., & Nuratika, N. (2023). Indeks Kualitas Lingkungan Hidup Dan Determinannya: Studi Kasus Di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, 12(3), 178–186. <https://doi.org/10.23960/Jep.V12i3.2132>
- Zahro, H. A., & Tutik, T. (2025). Determinan Indeks Kualitas Lingkungan Hidup: Studi Kasus Delapan Provinsi Di Indonesia. *Journal Of Economics And Management Sciences*, 678–687. <https://doi.org/10.37034/Jems.V7i4.206>
- Zulkifli, Z., Dzakwan, M. Z., Irhanissa, S., & Ainaya, D. (2025). Analisis Daya Dukung Dan Daya Tampung Lingkungan Hidup Pada Kawasan Pertanian Terhadap Komoditas Beras Kalurahan Caturtunggal, Kapanewon Depok, Kabupaten Sleman, Diy. *Prosiding Seminar Nasional Mini Riset Mahasiswa*, 4(1).