



Klasterisasi Provinsi di Indonesia Berdasarkan Produksi Komoditas Unggulan Sektor Peternakan Menggunakan K-Means

Syayyidah Lailatul Ananti¹, Awang Andhyka², Rizky Aditya Nugroho³

^{1,2,3}Sistem Informasi, Ilmu Komputer, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo

lanasyayyidah@gmail.com awang85@unusida.ac.id rizkyaditya.si@unusida.ac.id

Abstract

The livestock subsector plays an important role in supporting food security and fulfilling animal protein needs in Indonesia. Differences in geographical conditions, resource availability and regional development policies have led to variations in livestock production levels across provinces. This study aims to cluster the provinces in Indonesia based on the similarities of production livestock commodities production such as beef cattle, dairy cattle, laying hens and broiler chickens by using the K-Means clustering method. The data used are secondary data from Satu Data Pertanian Portal in the years of 2023 until 2024 and cover 38 provinces in Indonesia. The research stages include data collection, data preprocessing through Min–Max normalization, determination of the optimal number of clusters using the Elbow method, implementation of the K-Means algorithm, and evaluation of clustering quality using the Silhouette Coefficient. The results indicate that the optimal number of clusters is K=3. The first cluster consists solely of East Java Province shows very high and dominant livestock production across most commodities. The second cluster includes the majority of provinces with relatively low and evenly distributed livestock production levels. The third cluster comprises West Java and Central Java Province, which demonstrate advantages in broiler chicken production. The clustering evaluation yields a Silhouette Coefficient value of 0.8278, indicating very good cluster quality and clear separation between clusters. The findings of this study are expected to serve as a basis for grouping and identifying interprovincial livestock subsector potential and to support more targeted, data-driven livestock development planning and policy prioritization.

Keywords: k-means clustering, livestock subsector, commodity production, provincial clustering, data mining

Abstrak

Subsektor peternakan memiliki peran penting dalam mendukung ketahanan pangan dan pemenuhan kebutuhan protein hewani masyarakat Indonesia. Perbedaan kondisi geografis, sumber daya, dan kebijakan daerah menyebabkan adanya variasi tingkat produksi pada komoditas sektor peternakan antarprovinsi. Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan provinsi-provinsi di Indonesia berdasarkan kesamaan produksi komoditas unggulan sektor peternakan, yaitu sapi potong, sapi perah, ayam ras petelur, dan ayam ras pedaging, menggunakan metode klasterisasi K-Means. Data yang digunakan merupakan data sekunder tahun 2023–2024 yang bersumber dari Portal Satu Data Pertanian dan mencakup 38 provinsi di Indonesia. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, pra-pemrosesan melalui normalisasi *Min-Max Scaling*, penentuan jumlah klaster optimal menggunakan metode Elbow, penerapan algoritma K-Means, serta evaluasi kualitas klaster menggunakan *Silhouette Coefficient*. Hasil analisis menunjukkan jumlah klaster optimal adalah K=3. Klaster pertama terdiri dari Provinsi Jawa Timur dengan tingkat produksi peternakan sangat tinggi dan dominan pada sebagian besar komoditas. Klaster kedua mencakup sebagian besar provinsi dengan tingkat produksi peternakan relatif rendah dan merata. Klaster ketiga terdiri dari Provinsi Jawa Barat dan Jawa Tengah yang memiliki keunggulan pada produksi ayam ras pedaging. Evaluasi klasterisasi menghasilkan nilai *Silhouette Coefficient* sebesar 0,8278 yang menunjukkan kualitas klaster yang sangat baik dan pemisahan antar klaster yang jelas. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar

pengelompokan dan identifikasi potensi subsektor peternakan antarprovinsi serta mendukung perencanaan dan penentuan prioritas kebijakan pengembangan peternakan yang lebih tepat sasaran dan berbasis data.

Kata kunci: k-means clustering, subsektor peternakan, produksi komoditas, klasterisasi provinsi, data mining

© 2026 Author

Creative Commons Attribution 4.0 International License



1. Pendahuluan

Subsektor peternakan memiliki peran strategis dalam mendukung ketahanan pangan nasional dengan meningkatkan pendapatan masyarakat dan mendorong pertumbuhan kesejahteraan sosial dan ekonomi lokal. Komoditas yang dihasilkan seperti daging, telur, dan susu merupakan sumber protein hewani yang sangat dibutuhkan untuk meningkatkan kualitas gizi masyarakat. Hal tersebut menunjukkan bahwa subsektor peternakan tidak hanya berkaitan dengan aspek ekonomi, tetapi juga berkontribusi dalam peningkatan kualitas hidup dan kesehatan masyarakat secara merata. Selain itu, kegiatan peternakan juga berperan melalui peningkatan pendapatan ekonomi peternak, penyediaan lapangan kerja, serta menyokong pertumbuhan industri pangan di berbagai daerah. Peran multifungsi ini menunjukkan bahwa subsektor peternakan memiliki posisi penting dalam pembangunan nasional, terutama dalam upaya memperkuat kemandirian pangan [1].

Indonesia sebagai negara dengan kondisi geografis, ekonomi, dan sosial beragam yang memiliki tingkat produksi komoditas peternakan yang berbeda antarprovinsi [2]. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh variasi ketersediaan sumber daya, kemampuan produksi, serta kebijakan pengembangan subsektor peternakan di masing-masing daerah [3]. Kondisi ini mengakibatkan adanya perbedaan terhadap kontribusi provinsi dalam pemenuhan kebutuhan protein hewani. Oleh karena itu, diperlukan pemetaan untuk mengidentifikasi provinsi-provinsi yang memiliki kesamaan tingkat produksi dan potensi peternakan.

Berdasarkan data “Jumlah Komoditas Unggulan Sektor Peternakan” yang bersumber dari Portal Satu Data Pertanian, produksi komoditas peternakan di Indonesia menunjukkan variasi yang cukup besar antarprovinsi, baik pada komoditas sapi potong, sapi perah, ayam ras petelur, maupun ayam ras pedaging. Data tahun 2023 dan 2024 memperlihatkan bahwa terdapat provinsi dengan jumlah produksi ternak yang relatif tinggi, sementara sebagian provinsi lainnya memiliki tingkat produksi yang jauh lebih rendah. Kondisi ini mengindikasikan adanya ketidakseimbangan potensi dan kapasitas produksi subsektor peternakan antarwilayah.

Pada konteks analisis data, salah satu pendekatan yang relevan dan banyak digunakan pada klasterisasi [4], yaitu metode untuk mengelompokkan objek berdasarkan kemiripan karakteristiknya. Algoritma K-Means merupakan salah satu metode pengelompokan yang mampu mengidentifikasi provinsi-provinsi dengan karakteristik potensi peternakan yang serupa berdasarkan variabel-variabel kuantitatif seperti produksi ternak atau kapasitas produksi. Metode ini telah banyak digunakan dalam penelitian terkait analisis data produksi pertanian dan peternakan, termasuk pengelompokan wilayah berdasarkan komoditas tertentu [5].

Penelitian terkait produksi peternakan di Indonesia masih didominasi oleh pembahasan yang terbatas pada komoditas maupun wilayah tertentu [6]. Pendekatan tersebut menyebabkan gambaran sebaran potensi produksi peternakan secara nasional masih belum tergambarkan secara menyeluruh, khususnya pada konteks perbandingan antarprovinsi berdasarkan komoditas unggulan, sehingga pola kesamaan produksi antarprovinsi belum teridentifikasi secara sistematis. Namun, hingga saat ini belum terdapat penelitian secara khusus mengelompokkan provinsi-provinsi di Indonesia berdasarkan kesamaan produksi komoditas unggulan sektor peternakan menggunakan pendekatan klasterisasi berbasis data mining.

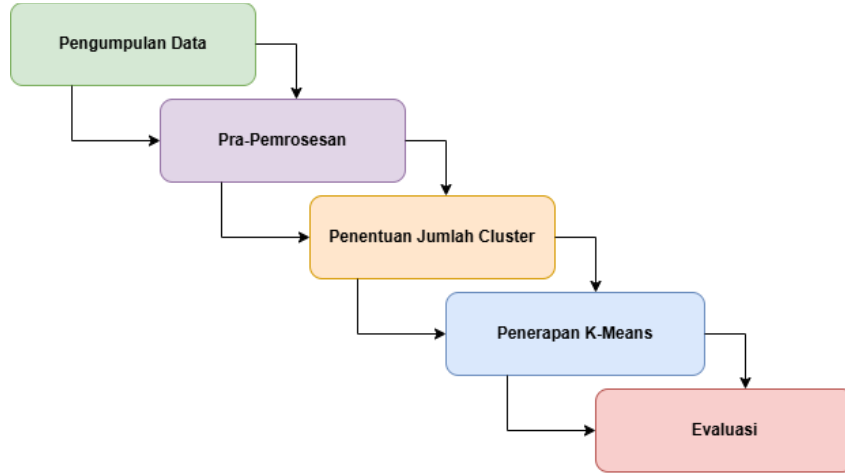
Menurut penelitian yang dilakukan oleh Lasena dan Malago dengan judul “*Clustering Komoditi Unggulan Daerah Provinsi Gorontalo Menggunakan Algoritma K-Means*” menunjukkan bahwa algoritma K-Means efektif dalam mengelompokkan data produksi yang besar menjadi tiga klaster kategori tinggi, sedang dan rendah untuk merumuskan kebijakan pembangunan sektor pertanian yang lebih spesifik [7]. Penelitian selanjutnya oleh, Hidayat dan Fitriana dengan judul “*Implementasi K-Means dan K-Medoids Dalam Mengelompokkan Wilayah Potensial Produksi Daging Ayam*” menunjukkan bahwa, evaluasi menggunakan *Davies Bouldin Index* (DBI) menunjukkan bahwa algoritma K-Means memberikan hasil klaster yang lebih optimal dibandingkan dengan K-Medoids [8].

Berdasarkan penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa algoritma K-Means merupakan metode yang efektif dan banyak digunakan dalam pengelompokan wilayah berdasarkan data produksi peternakan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan seluruh provinsi di Indonesia berdasarkan produksi komoditas unggulan sektor peternakan antarprovinsi di Indonesia, yaitu sapi potong, sapi perah, ayam ras petelur, dan ayam

ras pedaging. Melalui penerapan metode K-Means Clustering, penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran pemetaan wilayah pada kesamaan produksi komoditas unggulan sektor peternakan secara sistematis.

2. Metode Penelitian

Tahapan metode penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 yang menggambarkan alur proses secara sistematis untuk memperoleh hasil sesuai dengan tujuan penelitian.



Gambar 1. Alur Penelitian

2.1. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari portal Satu Data Pertanian pada dataset “*Jenis Komoditas Unggulan Sektor Peternakan Level Provinsi Tahun 2023-2024*” yang mencakup 38 provinsi dan memuat empat variabel utama yang ditampilkan pada Tabel 1. Untuk mengurangi fluktuasi tahunan, data produksi tahun 2023 dan 2024 dihitung nilai rata-ratanya sebelum dilakukan proses analisis.

Tabel 1. Tabel Rata-Rata Tahun 2023-2024

No	Provinsi	Sapi Potong (ekor)	Sapi Pedaging (ekor)	Ayam Ras Petelur (ekor)	Ayam Ras Pedaging (ekor)
1	Aceh	249760	6	663568	35825289
2	Sumatera Utara	695554	4542	37664722	162984660
3	Sumatera Barat	230277	601	22676328	54314870
4	Riau	179685	103	352472	88142812
...
38	Papua Pegunungan	2717	0	36119	21909

2.2. Pra-Pemrosesan

Tahap ini merupakan tahapan normalisasi data yang mencakup pembersihan data untuk memastikan tidak terdapat data duplikat atau nilai yang hilang [9]. Normalisasi dilakukan menggunakan *Min-Max Scaling* agar seluruh variabel memiliki rentang nilai yang sama sehingga dapat dibandingkan seimbang dalam proses analisis [10].

$$x' = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \tag{1}$$

Persamaan (1) digunakan untuk menormalisasi nilai data ke dalam rentang 0 hingga 1. Nilai x adalah nilai data asli, x_{min} merupakan nilai minimum dari suatu variabel dalam dataset, dan x_{max} adalah nilai maksimum dari variabel dataset tersebut. x' adalah nilai data yang telah dinormalisasi.

2.3. Penentuan Jumlah Cluster

Dalam menentukan jumlah kluster optimal yang akan digunakan pada klusterisasi, diperlukan suatu ukuran evaluasi awal. Tahap ini akan menentukan jumlah kluster terbaik dengan menggunakan metode Elbow dengan menghitung nilai *Within-Cluster Sum of Squares* (WCSS) pada setiap nilai K [11].

$$WCSS = \sum_{j=1}^K \sum_{x_i \in c_j} \|x_i - \mu_j\|^2 \quad (2)$$

Persamaan (2) untuk menghitung nilai *Within-Cluster Sum of Squares* (WCSS), yaitu jumlah kuadrat jarak antara setiap data dengan centroid klaster tempat data tersebut berada. Pada persamaan tersebut, K menyatakan jumlah klaster, x_i merupakan data ke- i , μ_j adalah centroid dari klaster ke- j , dan c_j merupakan himpunan data yang berada di klaster ke- j .

2.4. Penerapan K-Means

Algoritma K-Means merupakan metode klusterisasi non-hierarkis yang termasuk dalam pendekatan *partitioning clustering*, karena algoritma mampu mengolah data yang tidak memiliki label kategori atau biasa disebut dengan *Unsupervised Learning* [12]. Secara umum, K-Means bertujuan untuk membagi data ke dalam kelompok-kelompok klaster, sehingga data yang memiliki kemiripan terletak dalam satu kelompok yang sama, sedangkan data yang berbeda dikelompokkan ke dalam kelompok yang berbeda [13].

$$d(x_i, c_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - c_{jk})^2} \quad (3)$$

Persamaan (3) digunakan untuk menghitung jarak antara data dan centroid klaster dengan menggunakan metode *Euclidean Distance*. Pada persamaan x_i menunjukkan data ke- i , dan c_j merupakan centroid dari klaster ke- j . Nilai x_{ik} adalah nilai atribut ke- K pada data ke- i , sedangkan c_{jk} adalah nilai atribut ke- K pada centroid klaster ke- j . Sementara itu, nilai n menyatakan jumlah atribut yang digunakan dalam proses klusterisasi.

2.5. Evaluasi Klusterisasi

Tahap evaluasi ini dilakukan untuk memastikan bahwa struktur klaster yang diperoleh tidak hanya terbentuk secara sistematis, tetapi juga memiliki kualitas klaster yang baik [14]. Kualitas hasil klusterisasi dievaluasi menggunakan metrik *Silhouette Coefficient* untuk mengukur perbandingan jarak rata-rata suatu data terhadap data lain dalam klaster yang sama dan jarak rata-rata terhadap klaster terdekat lainnya [15]. Nilai *Silhouette* berada pada rentang -1 hingga 1, dengan nilai yang mendekati 1 menunjukkan bahwa data dikelompokkan dengan kualitas klaster tersebut baik, nilai yang mendekati 0 menunjukkan adanya penggabungan antara klaster, sedangkan nilai yang negatif menunjukkan bahwa data lebih cenderung mendekati klaster lain dibandingkan klaster asalnya [16].

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

Persamaan (4) menunjukkan perhitungan *Silhouette Coefficient* untuk setiap data. Nilai $a(i)$ menyatakan rata-rata jarak data ke- i terhadap data lain dalam klaster yang sama, sedangkan $b(i)$ menyatakan rata-rata jarak data ke- i terhadap data pada klaster terdekat lainnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini memanfaatkan Google Colab sebagai media untuk melakukan pengolahan dataset, pra-pemrosesan, penentuan jumlah klaster, serta penerapan algoritma K-Means. Hasil yang diperoleh terukur berdasarkan nilai variabel produksi komoditas unggulan sektor peternakan.

3.1. Hasil Pra-pemrosesan dan Transformasi Data

Tahap pra-pemrosesan menghasilkan data yang telah dinormalisasi. Disajikan pada Tabel 2 yang menunjukkan skala variabel yang lebih seimbang dibandingkan dengan data asli.

Tabel 2. Tabel Hasil Normalisasi Data

No	Provinsi	Sapi Potong (ekor)	Sapi Pedaging (ekor)	Ayam Ras Petelur (ekor)	Ayam Ras Pedaging (ekor)
1	Aceh	0.080197	0.000019	0.005007	0.050164
2	Sumatera Utara	0.224915	0.015616	0.284210	0.228218
3	Sumatera Barat	0.073872	0.002067	0.171111	0.076054
4	Riau	0.057449	0.000354	0.002660	0.123421

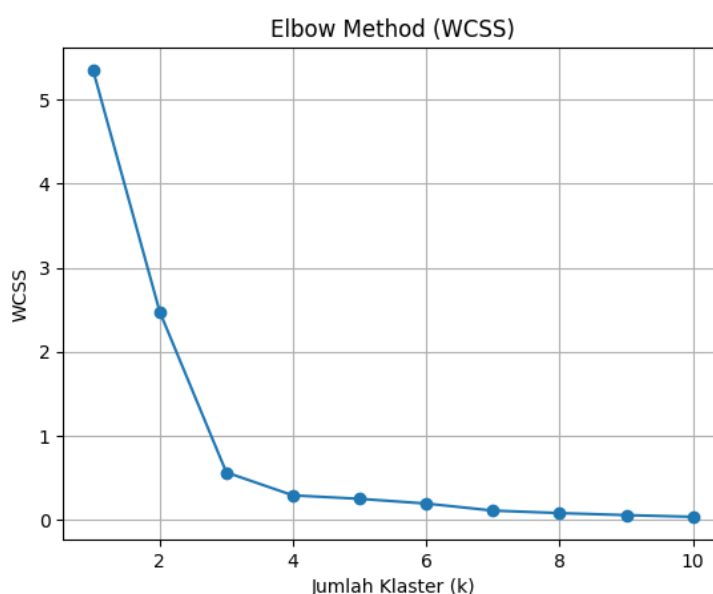
...
38	Papua Pegunungan	0.000000	0.000000	0.000273	0.000031

Hasil normalisasi menunjukkan bahwa seluruh variabel memiliki skala yang seragam, sehingga perbedaan skala antarvariabel tidak akan mempengaruhi pada proses klusterisasi. Transformasi ini sangat penting karena nilai asli pada tiap provinsi berbeda jauh. Dengan normalisasi ini, semua variabel menjadi sebanding dalam perhitungan jarak antarprovinsi pada algoritma K-Means.

3.2. Jumlah Cluster Optimal

Penentuan jumlah kluster optimal dilakukan dengan menggunakan metode *Elbow* dengan menghitung nilai *Within-Cluster Sum of Squares (WCSS)*. Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai WCSS mengalami penurunan tajam pada rentang K=1 hingga K=3, kemudian penurunan mulai melandai pada nilai kluster berikutnya. Pola grafik yang membentuk siku pada K=3 mengindikasikan bahwa penambahan jumlah kluster setelah pada titik tersebut tidak memberikan perbaikan signifikan terhadap kualitas pengelompokan.

Berdasarkan analisis ini, K=3 dipilih sebagai jumlah kluster optimal yang selanjutnya digunakan dalam penerapan algoritma K-Means untuk mengelompokkan provinsi berdasarkan kesamaan produksi komoditas unggulan sektor peternakan. Pemilihan jumlah kluster bertujuan untuk mengidentifikasi dan memetakan adanya tiga kelompok yang secara objektif berbeda pada pola dalam produksi setiap provinsi



Gambar 2. Grafik Hasil Elbow Method

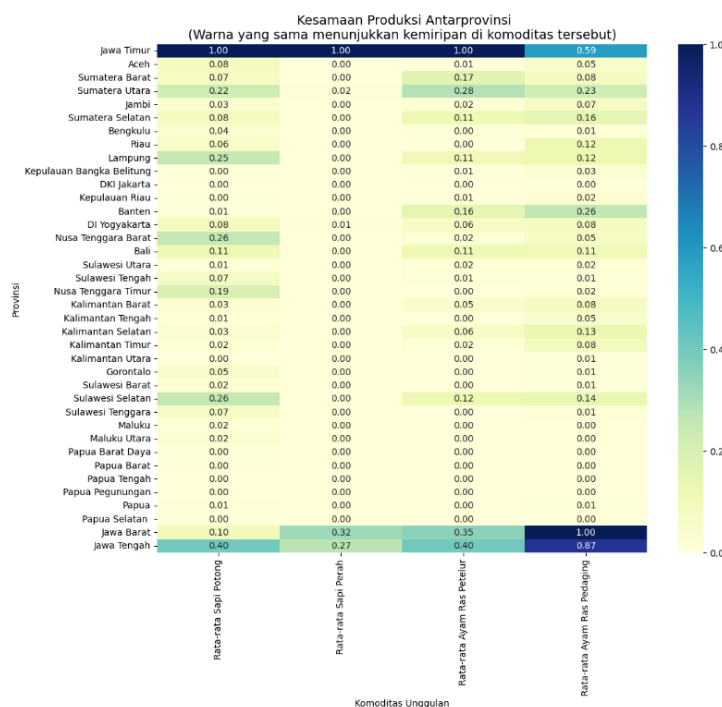
3.3. Klusterisasi K-Means

Penerapan Algoritma K-Means dilakukan pada data yang telah dinormalisasi dengan jumlah kluster optimal K=3. Hasil klusterisasi mencakup interpretasi nilai centroid dan identifikasi provinsi kluster. Nilai centroid yang disajikan pada Tabel 3 merepresentasikan rata-rata dari setiap provinsi yang termasuk dalam kluster tersebut.

Tabel 3. Tabel Centroid

Cluster	Sapi Potong	Sapi Pedaging	Ayam Ras Petelur	Ayam Ras Pedaging
C0	1.000000	1.000000	1.000000	0.589217
C1	0.060959	0.001133	0.038852	0.056406
C2	0.248853	0.296680	0.376268	0.936885

Pada Tabel 3, Kluster 0 (C0) memiliki nilai centroid tertinggi pada seluruh variabel produksi dibandingkan dengan centroid lain, sehingga menggambarkan provinsi dengan tingkat produksi peternakan sangat tinggi. Kluster 1 (C1) menunjukkan nilai centroid terendah pada semua variabel yang menunjukkan provinsi dengan produksi peternakan relatif rendah. Sementara itu, pada Kluster 2 (C2) memiliki nilai centroid menengah dengan nilai tertinggi pada produksi ayam ras pedaging, yang menunjukkan karakteristik provinsi dengan fokus pada sektor unggas.



Gambar 3. Heatmap

Pada Gambar 3 merupakan visualisasi heatmap yang menggambarkan tingkat kesamaan produksi komoditas unggulan sektor peternakan antarprovinsi berdasarkan data yang telah dilakukan normalisasi. Kepekatan warna yang semakin gelap menunjukkan nilai produksi pada setiap provinsi relatif tinggi pada komoditas tertentu, sedangkan pada warna yang lebih terang menunjukkan nilai produksi yang lebih rendah.

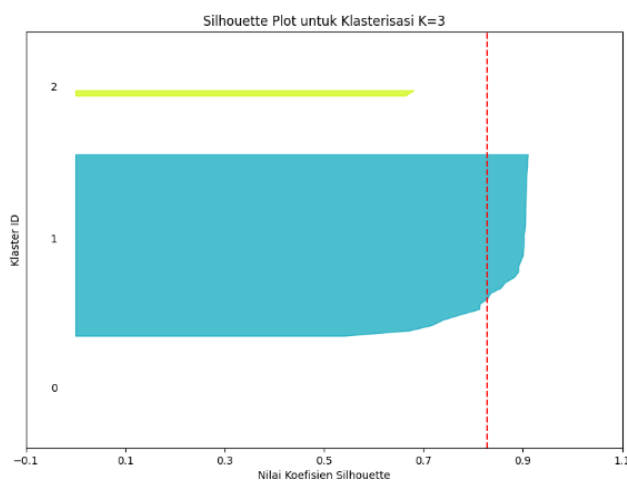
Tabel 4. Tabel Hasil Klasterisasi Provinsi

Klaster	Jumlah Provinsi	Anggota Provinsi	Karakteristik Klaster
Klaster 0	1	Jawa Timur	Produksi Peternakan sangat tinggi dan dominan pada sebagian besar produksi komoditas
Klaster 1	35	Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Bengkulu, Lampung, Kep. Bangka Belitung, Kep. Riau, DKI Jakarta, DI Yogyakarta, Banten, Bali, NTB, NTT, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Kalimantan Utara, Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Gorontalo, Sulawesi Barat, Maluku, Maluku Utara, Papua Barat, Papua Barat Daya, Papua, Papua Selatan, Papua Tengah, Papua Pegunungan	Tingkat produksi relatif rendah dan merata pada seluruh sektor
Klaster 2	2	Jawa Barat, Jawa Tengah	Unggul pada produksi ayam ras pedaging dibandingkan sektor lainnya

Berdasarkan Tabel 4, hasil klasterisasi menghasilkan klasterisasi dengan menunjukkan provinsi Jawa Timur membentuk klaster tersendiri dengan tingkat produksi peternakan yang sangat tinggi. Klaster 1 mencakup sebagian besar provinsi di Indonesia dengan karakteristik produksi relatif rendah dan merata. Klaster 2 terdiri dari dua provinsi yang terbentuk yaitu Jawa Barat dan Jawa Tengah yang memiliki keunggulan pada produksi ayam ras pedaging.

3.4 Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk memvalidasi kualitas hasil klasterisasi menggunakan metrik *Silhouette Coefficient*. Hasil perhitungan untuk klasterisasi K=3 adalah 0.8278. Nilai ini berada sangat dekat dengan +1, yang mengindikasikan bahwa struktur klaster yang dihasilkan oleh algoritma K-Means memiliki kualitas sangat baik. Hal ini membuktikan bahwa klaster-klaster tersebut sangat kompak dan terpisah secara signifikan satu sama lain.

Gambar 4. *Silhouette Coefficient* K=3

Pada Gambar 4 menunjukkan seluruh nilai *Silhouette* berada pada rentang positif dan tidak ditemukan nilai negatif. Hal ini menunjukkan bahwa pada setiap provinsi telah dikelompokkan ke dalam kluster yang sesuai. Secara keseluruhan, hasil evaluasi K=3 merupakan model yang optimal untuk mengelompokkan 38 provinsi di Indonesia berdasarkan kesamaan produksi komoditas unggulan sektor peternakan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan metode K-Means Clustering berhasil mengelompokkan 38 provinsi di Indonesia berdasarkan kesamaan produksi komoditas unggulan sektor peternakan, yaitu sapi potong, sapi perah, ayam ras petelur, dan ayam ras pedaging. Hasil klasterisasi dengan jumlah K optimal yaitu K=3 menghasilkan tiga kelompok provinsi dengan karakteristik yang berbeda, di mana pada Kluster pertama hanya terdiri dari Provinsi Jawa Timur sebagai provinsi yang memiliki produksi tingkat tinggi dan dominan pada sebagian besar produksi komoditas, pada Kluster kedua meliputi sebagian besar provinsi di Indonesia tergolong dengan tingkat produksi peternakan yang relatif rendah dan merata. Selanjutnya, pada Kluster ketiga terdiri dari Provinsi Jawa Barat dan Jawa Tengah yang menunjukkan keunggulan pada produksi ayam ras pedaging.

Evaluasi model menggunakan *Silhouette Coefficient* menghasilkan nilai yang tinggi, yang menunjukkan bahwa kluster yang terbentuk memiliki kualitas yang baik dan pemisahan antar kluster yang jelas. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar pengelompokkan dan identifikasi potensi subsektor peternakan antarprovinsi serta sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan dan penentuan prioritas kebijakan pengembangan peternakan yang lebih tepat sasaran dan berbasis data.

Daftar Rujukan

- [1] D. C. Widianingrum and R. W. Septio, "Peran Peternakan dalam Mendukung Ketahanan Pangan Indonesia : Kondisi , Potensi , dan Peluang Pengembangan," vol. 2, no. 3, pp. 285–291, 2023.
- [2] M. F. Lubis, W. Hadinata, and G. Syahputra, "Analisis Perkembangan Populasi Dan Produktivitas Ternak Sapi Di Indonesia," *Bot. Publ. Ilmu Tanam. dan Agribisnis*, vol. 2, no. 1, 2025.
- [3] S. Rusdiana and Soeharsono, "Upaya Pencapaian Daya Saing Usaha Sapi Perah Melalui Kebijakan Pemerintah dan Peningkatan Pendapatan Peternak," *Agriekonomika*, vol. 2, no. April 2012, pp. 173–183, 2013.
- [4] R. B. Ardi, F. E. Nastiti, and S. Sumarlinda, "ALGORITMA K-MEANS CLUSTERING UNTUK SEGMENTASI PELANGGAN (STUDI KASUS : FASHION VIRAL SOLO)," vol. 9, no. 1, pp. 124–131, 2023.
- [5] B. O. Ndasak *et al.*, "KLASTERISASI DATA HASIL PRODUKSI PERTANIAN DAN PETERNAKAN PROVINSI NUSA TENGGARA TIMUR MENGGUNAKAN METODE K-MEANS," *JIP (Jurnal Inform. Polinema)*, vol. 9, pp. 415–426, 2021.
- [6] S. Arman, K. Suryowati, and M. T. Jatipaningrum, "PENGELOMPOKAN PROVINSI DI INDONESIA BERDASARKAN INDIKATOR PETERNAKAN DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS DAN K-MEDOIDS," vol. 09, no. 02, pp. 51–59, 2024.
- [7] Y. Lasena and Y. Malago, "Clustering Komoditi Unggulan Daerah Provinsi Gorontalo Menggunakan Algoritma K-Means," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 14–18, 2020, doi: 10.37905/jjee.v2i1.4392.
- [8] M. K. Hidayat and R. Fitriana, "Implementasi k-means dan k-medoids dalam pengelompokan wilayah potensial produksi daging ayam implementation of k-means and k-medoids in grouping potential areas of chicken meat production," vol. 32, no. 158, pp. 239–247, 2022.

- [9] Abdillah Baradja, Sukoco, and Tri Irianto Tjendrowasono, "Penerapan Machine Learning untuk Meningkatkan Prediksi Mata Uang Forex dengan Indikator Teknikal," *J. Pus. Akses Kaji. Teknol. Artif. Intell.*, vol. 2, no. 1, pp. 38–41, 2023.
- [10] A. W. Pangarso, N. Kurniati, and A. S. Editya, "Analisis Kesetiaan Pelanggan pada Penjualan Filter Rokok di CV. Karunia Abadi dengan Metode K-Means," *J. Pustaka AI (Pusat Akses Kaji. Teknol. Artif. Intell.)*, vol. 5, no. 1, pp. 58–63, 2025, doi: 10.55382/jurnalpustakaai.v5i1.932.
- [11] A. Wahyu and R. Rushendra, "Klasterisasi Dampak Bencana Gempa Bumi Menggunakan Algoritma K-Means di Pulau Jawa," *J. Edukasi dan Penelit. Inform.*, vol. 8, no. 1, p. 174, 2022, doi: 10.26418/jp.v8i1.52260.
- [12] S. Mutiara, K. Auliasari, and H. Zulfia Zahro, "Penerapan Metode K-Means Untuk Pengelompokan Populasi," *JIKA (Jurnal Inform. Univ.)*, vol. 9, no. 1, pp. 118–125, 2025.
- [13] F. Rahmadayanti, I. Anggraini, and T. Susanti, "Pengklasterisian Data Penyakit Hipertensi dengan Menggunakan Metode K-Means," *J. Inf. Syst. Res.*, vol. 4, no. 2, pp. 737–741, 2023, doi: 10.47065/josh.v4i2.2905.
- [14] F. A. Zurfani, M. R. Syahputra, F. Matematika, P. Alam, and U. S. Utara, "Analisis Metode Clustering K-Means pada Zonasi Daerah Terdampak Banjir di Kota Medan dengan Evaluasi Silhouette Coefficient bahkan menjadi tradisi tahunan . Telah banyak upaya dilakukan untuk menanggulangnya," vol. 2, no. 6, pp. 170–181, 2024.
- [15] N. Nugroho and F. D. Adhinata, "Penggunaan Metode K-Means dan K-Means++ Sebagai Clustering Data Covid-19 di Pulau Jawa," *Teknika*, vol. 11, no. 3, pp. 170–179, 2022, doi: 10.34148/teknika.v11i3.502.
- [16] T. Rahmawati, Y. Wilandari, and P. Kartikasari, "Analisis Perbandingan Silhouette Coefficient Dan Metode Elbow Pada Pengelompokan Provinsi Di Indonesia Berdasarkan Indikator Ipm Dengan K-Medoids," *J. Gaussian*, vol. 13, no. 1, pp. 13–24, 2024, doi: 10.14710/j.gauss.13.1.13-24.
-