

PERANCANGAN APLIKASI PENGELOMPOKAN KOMPONEN INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA DI INDONESIA

Valentino Richardo Lim ¹⁾ Teny Handhayani ²⁾ Irvan Lewenusa ³⁾

¹⁾ Teknik Informatika Universitas Tarumanagara
Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta Barat, Indonesia
email : valentino.535220186@stu.untar.ac.id

²⁾ Teknik Informatika Universitas Tarumanagara
Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta Barat, Indonesia
email : tenyh@fti.untar.ac.id

³⁾ Teknik Informatika Universitas Tarumanagara
Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta Barat, Indonesia
email : irvanl@fti.untar.ac.id

ABSTRAK

Disparitas pembangunan antarwilayah di Indonesia, yang tercermin dari perbedaan nilai Indeks Pembangunan Manusia (IPM), Angka Harapan Hidup (AHH), dan Pengeluaran per Kapita, menjadi tantangan dalam pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs). Diperlukan analisis yang mendalam untuk memetakan karakteristik wilayah guna mendukung perumusan kebijakan yang tepat sasaran. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah aplikasi sistematis yang mampu melakukan pengelompokan (*clustering*) wilayah berdasarkan indikator pembangunan tersebut. Algoritma K-Means tradisional memiliki kelemahan dalam penentuan jumlah kluster dan sensitivitas terhadap inisialisasi centroid. Oleh karena itu, aplikasi ini dirancang untuk mengimplementasikan algoritma Intelligent K-Means (IK-Means) yang mampu menentukan jumlah kluster optimal secara otomatis, dan DBSCAN yang unggul dalam mendeteksi kluster berbasis kepadatan serta menangani penciran (*outlier*). Proses perancangan aplikasi ini menggunakan metodologi Software Development Life Cycle (SDLC) model Waterfall untuk memastikan pengembangan yang terstruktur dan runut. Sistem ini dibangun sebagai aplikasi web interaktif menggunakan Python dengan framework Streamlit. Aplikasi yang dihasilkan mampu memfasilitasi pengguna untuk mengunggah data (*file .xlsx*), melakukan proses *clustering*, dan memvisualisasikan hasilnya secara interaktif, termasuk melalui peta geografis menggunakan library Folium. Aplikasi ini diharapkan dapat menjadi alat bantu yang efektif bagi pemangku kepentingan dalam menganalisis dan mengurangi kesenjangan pembangunan di Indonesia.

Key words

Indeks Pembangunan Manusia, Pengelompokan, Intelligent K-Means, DBSCAN, Streamlit

1. Pendahuluan

Indonesia, dengan populasi terbesar di Asia Tenggara dan wilayah yang luas, menghadapi tantangan kompleks dalam pengelolaan pembangunan dan ketenagakerjaan. Salah satu isu sentral adalah ketidakmerataan pembangunan dan kemiskinan, yang berdampak langsung pada kualitas sumber daya manusia [1]. Indeks Pembangunan Manusia (IPM) menjadi indikator krusial untuk mengukur keberhasilan pembangunan kualitas hidup, yang ditopang oleh tiga dimensi utama: umur panjang dan sehat (Angka Harapan Hidup/AHH), pengetahuan, dan standar hidup layak (Pengeluaran per Kapita) [2] [3].

Disparitas pembangunan yang signifikan antarwilayah di Indonesia masih menjadi tantangan besar [4]. Perbedaan capaian IPM, AHH, dan pengeluaran per kapita ini menghambat pemerataan ekonomi dan berpotensi menimbulkan kecemburuan sosial [5]. Untuk mengatasi hal ini, pemangku kepentingan memerlukan alat bantu yang efektif untuk menganalisis data, mengidentifikasi pola, dan memahami karakteristik wilayah. Informasi ini vital untuk merancang kebijakan yang lebih tepat sasaran, sejalan dengan amanat Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya SDG 10

(Mengurangi Kesenjangan), SDG 3 (Kehidupan Sehat dan Sejahtera), dan SDG 1 (Tanpa Kemiskinan) [6], [7].

Analisis pengelompokan (clustering) merupakan metode yang terbukti efektif untuk mengekstrak informasi dan mengelompokkan wilayah berdasarkan keseragaman karakteristiknya [8], [9]. Meskipun algoritma K-Means populer karena kesederhanaannya, ia memiliki kelemahan mendasar: perlunya menentukan jumlah kluster (k) secara manual dan inisialisasi centroid acak yang rentan terhadap konvergensi minimal lokal [10]. Hal ini menjadi kendala saat dihadapkan pada data pembangunan yang kompleks dan multidimensi.

Oleh karena itu, diperlukan algoritma yang lebih cerdas. Penelitian ini mengusulkan penggunaan Intelligent K-Means (IK-Means), yang dirancang untuk mengatasi masalah penentuan jumlah kluster dan inisialisasi centroid [11], serta Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN), yang unggul dalam menemukan kluster berbasis kepadatan dan mengidentifikasi data pencilan (outlier) [12].

Namun, ketersediaan algoritma canggih saja tidak cukup; diperlukan sebuah sistem aplikasi yang fungsional dan terstruktur agar dapat digunakan secara efektif oleh para pengambil kebijakan. Penelitian ini berfokus pada perancangan aplikasi pengelompokan data pembangunan manusia di Indonesia yang mengimplementasikan algoritma IK-Means dan DBSCAN. Untuk memastikan proses pengembangan berjalan sistematis, runut, dan terdokumentasi dengan baik, perancangan aplikasi ini mengadopsi metodologi Software Development Life Cycle (SDLC) model Waterfall [13], [14]. Model ini dipilih karena pendekatannya yang sekuensial, dimulai dari tahap analisis kebutuhan sistem, desain, implementasi, pengujian menggunakan Silhouette Score, hingga pemeliharaan.

Jurnal ini akan memaparkan secara rinci proses perancangan aplikasi tersebut, mulai dari analisis kebutuhan pengguna (pemangku kebijakan) hingga desain arsitektur sistem, dengan tujuan menghasilkan sebuah blueprint aplikasi yang siap diimplementasikan untuk visualisasi dan analisis pengelompokan data IPM, AHH, dan pengeluaran per kapita di Indonesia dari tahun 2010-2024.

2. Metode

2.1 Algoritma Intelligent K-Means

Algoritma Intelligent K-Means (IK-Means) merupakan sebuah metode pengembangan dari algoritma K-Means standar. Keunggulan utama dari IK-Means adalah kemampuannya untuk menentukan jumlah kluster secara otomatis dan melakukan inisialisasi centroid secara lebih cerdas, tidak lagi acak [15], [16]. Metode ini dirancang untuk mengatasi kelemahan K-Means yang sensitif terhadap pemilihan centroid awal dan jumlah kluster (k) [11][17].

Inisialisasi centroid pada IK-Means dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung Center of Mass

(COM) dari seluruh titik data. Perhitungan COM, yang merepresentasikan pusat rata-rata dari data, dirumuskan pada Persamaan (1).

$$\mu_j = \frac{1}{|C_j|} \sum_{x_i \in C_j} x_i \quad (1)$$

Di mana C_j menyatakan titik pusat (centroid) untuk kluster ke-j. Selanjutnya, μ_j merupakan jumlah total anggota atau titik data yang termasuk dalam kluster ke-j tersebut, dan x_{ij} adalah vektor data ke-i yang menjadi anggota dari kluster ke-j.

Secara rinci, tahapan proses yang dilakukan dalam algoritma Intelligent K-Means adalah sebagai berikut:

1. Menghitung *Center of Mass* (COM) dari keseluruhan dataset menggunakan Persamaan
2. Mencari titik data terjauh dari COM. Titik ini ditetapkan sebagai centroid awal pertama (C_1)
3. Mencari titik data terjauh dari (C_1). Titik ini ditetapkan sebagai centroid awal kedua (C_2)
4. Mengelompokkan seluruh objek data ke dalam dua kluster awal (S1 dan S2) dengan menghitung jarak terdekat setiap objek ke (C_1). atau (C_2).
5. Melakukan iterasi algoritma K-Means standar (perhitungan ulang titik centroid dan pengelompokan ulang objek) untuk kedua kluster (S1 dan S2) hingga tidak ada objek yang berpindah kluster (mencapai konvergensi).
6. Menemukan kandidat centroid baru. Kandidat ini adalah objek terjauh dari masing-masing centroid kluster yang sudah ada. Jarak titik-titik kandidat ini dibandingkan, dan titik yang memiliki jarak terjauh dari centroid yang ada akan ditetapkan sebagai centroid baru.
7. Mengulangi Langkah 5 (iterasi K-Means dengan jumlah kluster baru) dan Langkah 6 (pencarian centroid baru). Proses ini berhenti ketika centroid baru yang ditemukan sudah termasuk dalam himpunan centroid yang ada, yang menandakan bahwa jumlah kluster optimal telah ditemukan dan seluruh kluster telah konvergen.

2.1. Algoritma Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN)

Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN) pertama kali diperkenalkan oleh Ester, dkk. pada tahun 1996 sebagai algoritma pengelompokan yang bekerja berdasarkan kepadatan data. Berbeda dengan algoritma berbasis partisi seperti K-Means, DBSCAN tidak memerlukan penentuan jumlah kluster di awal. Algoritma ini menggunakan dua parameter utama, yaitu ε (epsilon) sebagai radius tetangga dan MinPts (minimum points) sebagai jumlah minimum titik dalam radius ε agar suatu titik dapat dikategorikan sebagai titik inti (core point) [16]. Algoritma ini memiliki keunggulan dalam menangani outlier (pencilan) karena pengelompokan dilakukan melalui tingkat kepadatan titik. Titik data yang berlokasi jauh dari kumpulan data

(kepadatan rendah) akan teridentifikasi sebagai noise [18].

Tahapan algoritma DBSCAN adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai parameter ε (epsilon) dan MinPts
2. Memilih salah satu titik (p) pada data secara acak yang belum dikunjungi.
3. Menghitung jarak dari titik (p) terhadap seluruh titik data lainnya.
4. Melakukan pemeriksaan terhadap seluruh titik. Jika jarak suatu titik terhadap (p) lebih kecil atau sama dengan ε , maka titik tersebut dianggap sebagai "tetangga" dari (p).
5. Melakukan pemeriksaan jumlah tetangga dari titik (p). Jika jumlah tetangga (termasuk titik (p) itu sendiri) lebih dari atau sama dengan MinPts, maka titik (p) dianggap sebagai core point.
6. Mengunjungi titik (p) selanjutnya yang belum diproses dan mengulangi Langkah 3 hingga 5, sampai seluruh titik telah dikunjungi dan diklasifikasikan (sebagai core point atau bukan).
7. Menelusuri kembali titik-titik yang bukan core point. Dilakukan pemeriksaan apakah titik tersebut merupakan tetangga (berada dalam radius ε) dari salah satu core point. Jika benar, titik tersebut ditetapkan sebagai anggota kluster (border point). Jika salah (tidak berada dalam jangkauan core point manapun), titik tersebut dianggap sebagai outlier.
8. Melakukan penelusuran konektivitas antar core point. Jika beberapa core point saling terjangkau (*density-connected*), mereka akan membentuk sebuah kluster gabungan. Jika proses penelusuran satu kluster berhenti namun masih ada core point lain yang belum masuk kluster, maka akan dibentuk kluster baru. Proses ini berlanjut hingga seluruh core point telah terkelompokkan.

3. Hasil Percobaan

3.1. Perancangan Sistem

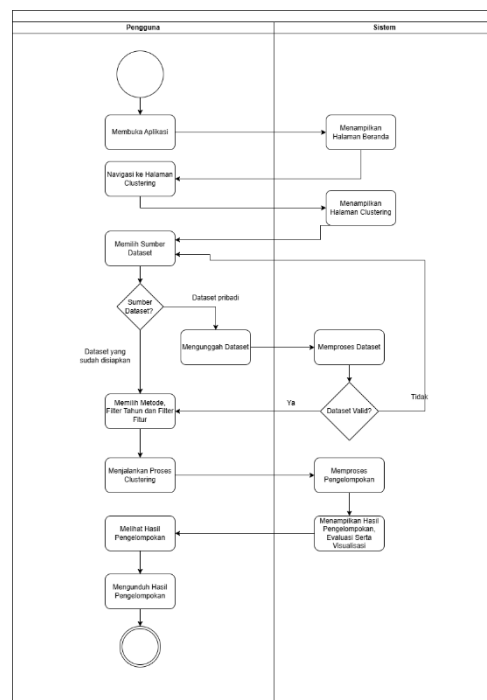
Perancangan aplikasi pengelompokan data ini diimplementasikan dengan mengikuti metodologi *Software Development Life Cycle* (SDLC) model Waterfall. Seluruh proses pengembangan, mulai dari analisis kebutuhan sistem hingga tahap pengujian, dilaksanakan secara sekuensial. Proses pengkodean (implementasi) aplikasi dilakukan menggunakan Integrated Development Environment (IDE) Visual Studio Code (VSCode). Sistem ini dibangun sebagai aplikasi web interaktif menggunakan bahasa pemrograman Python dengan framework Streamlit, yang

dipilih karena kemampuannya dalam menyajikan analisis data secara visual dan cepat.

Pada tahap pengujian ini, aplikasi telah berhasil di-*deploy* dan dapat dioperasikan sesuai dengan fungsionalitas yang dirancang. Sistem ini mampu menangani manajemen berkas, dimana pengguna dapat mengunggah (upload) file data pembangunan manusia sesuai dengan template yang disediakan (dalam format .xlsx) serta mengunggah file buku panduan (dalam format .pdf) ke dalam sistem. Untuk menjalankan fungsionalitas inti, aplikasi ini memanfaatkan sejumlah library Python. Proses kalkulasi algoritma (Intelligent K-Means dan DBSCAN) serta manipulasi data ditangani oleh library seperti Pandas, NumPy, dan Scikit-learn. Untuk visualisasi hasil, sistem menggunakan library Matplotlib dan Seaborn untuk pembuatan plot statistik, serta library Folium untuk merender peta interaktif yang menampilkan persebaran kluster wilayah di Indonesia.

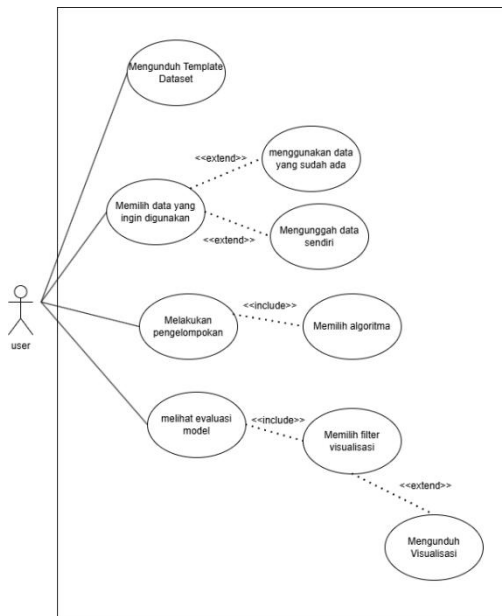
Perancangan program juga dilakukan dengan membuat beberapa diagram Unified Modeling Language (UML) terlebih dahulu untuk mempermudah proses perancangan yang sesuai dan terstruktur.

Salah satu diagram yang digunakan adalah *activity diagram* untuk memvisualisasikan interaksi alur pengguna dan sistem. Gambaran *activity diagram* dapat dilihat pada Gambar 1.



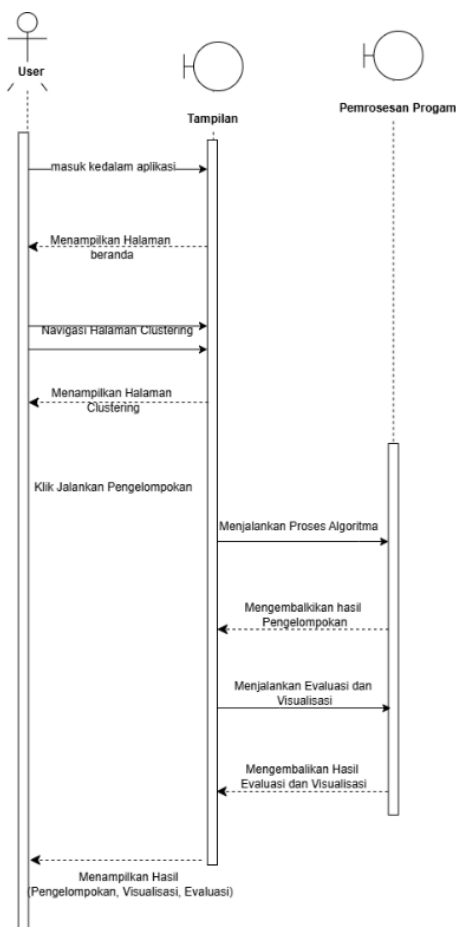
Gambar 1 Activity Diagram rancangan

Terdapat juga *usecase diagram* yang dibuat untuk melihat gambaran besar seluruh interaksi pengguna sebagai aktor terhadap sistem. Gambaran *usecase diagram* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Usecase Diagram rancangan

Sequence diagram juga dibentuk untuk memberikan Gambaran interaksi antar komponen sistem. Gambaran *sequence diagram* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Sequence Diagram rancangan

3.2. Perancangan Aplikasi

3.2.1. Halaman Beranda

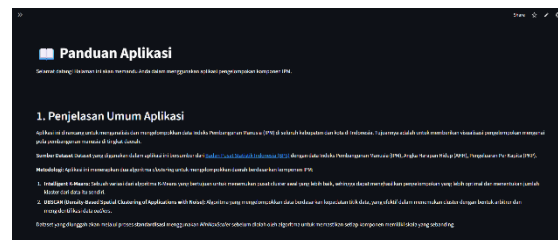
Halaman ini berisi judul aplikasi beserta kalimat pembuka dan penjelasan umum dari perancangan aplikasi ini. Tampilan halaman beranda dapat dilihat pada Gambar 4.



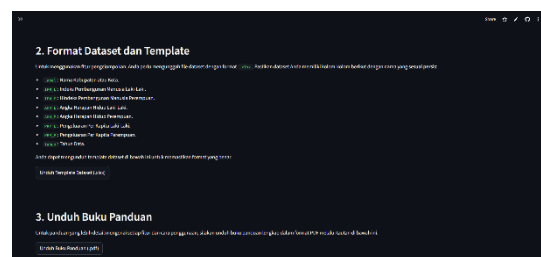
Gambar 4 Tampilan halaman beranda

3.2.2. Halaman Panduan

Halaman panduan berisi mengenai penjelasan umum aplikasi seperti sumber dataset dan juga metode algoritma serta pemrosesan data yang digunakan. Kemudian disediakan juga bagian penjelasan format dan juga fitur dataset yang digunakan disertakan tombol mengunduh template dataset. Terdapat pula tombol untuk dapat mengunduh buku manual bagi pengguna. Tampilan dapat di Gambar 5 dan 6.



Gambar 5 Tampilan penjelasan umum aplikasi

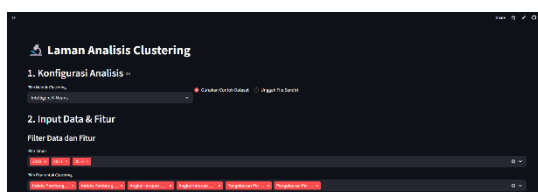


Gambar 6 Tampilan pengunduhan template dan buku panduan

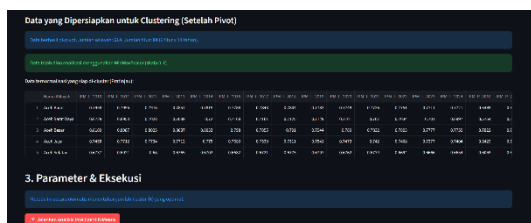
3.2.3. Halaman Clustering

Halaman *clustering* merupakan halaman inti untuk melakukan pengelompokan wilayah per daerah di Indonesia berdasarkan fitur Indeks Pembangunan Manusia (IPM) berdasarkan jenis kelamin laki-laki dan perempuan, Angka Harapan Hidup (AHH) berdasarkan jenis kelamin laki-laki dan perempuan, dan juga Pengeluaran Per Kapita (PKP) berdasarkan jenis kelamin laki-laki dan perempuan. Pengguna dapat

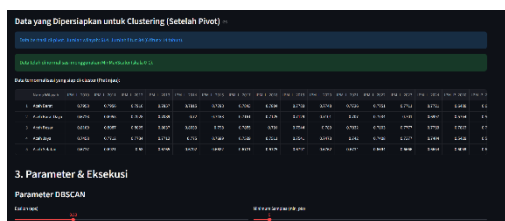
memilih untuk menggunakan dataset yang telah disediakan dan telah dilakukan pembersihan dari sumber Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia dari tahun 2010-2015, 2017-2024. Ketika menggunakan algoritma *Intelligent K-Means*, pengguna tidak perlu untuk mengisi parameter. Namun ketika menggunakan algoritma DBSCAN, maka pengguna perlu untuk menentukan parameter awal. Hasil pengelompokan akan ditampilkan menggunakan tabel hasil akhir, sebaran data menggunakan *plot* terhadap fitur dan tahun, *box plot* untuk melihat pembagian tingkatan nilai setiap fitur, dan juga peta interaktif. Tampilan dapat dilihat pada Gambar 7 - 17.



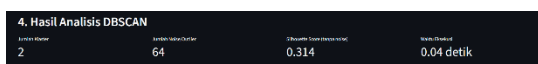
Gambar 7 Tampilan awal halaman



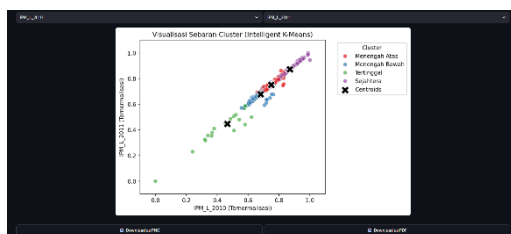
Gambar 8 Tampilan dataset yang sudah dinormalisasikan



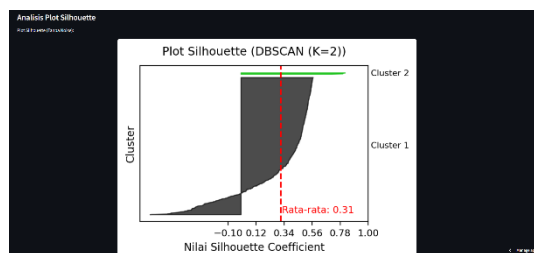
Gambar 9 Tampilan pemilihan parameter untuk DBSCAN



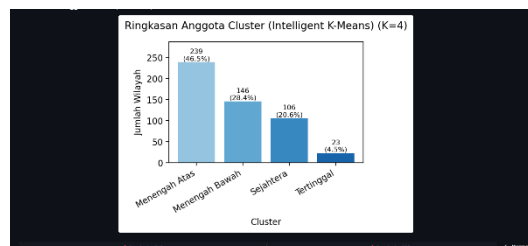
Gambar 10 Tampilan metadata hasil analisis



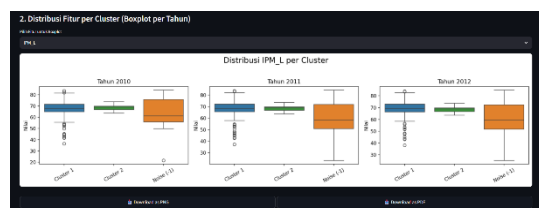
Gambar 11 Tampilan *scatter plot* fitur



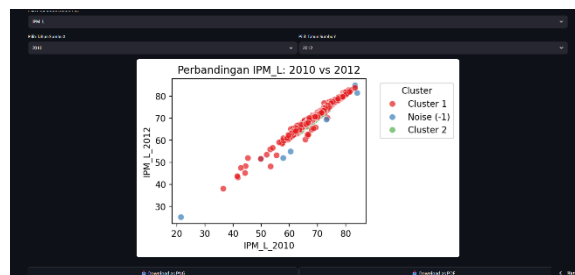
Gambar 12 Tampilan evaluasi *silhouette score*



Gambar 13 Tampilan ringkasan jumlah anggota klaster



Gambar 14 Tampilan *box plot*



Gambar 15 Tampilan *scatter plot* tahunan

[illegible]

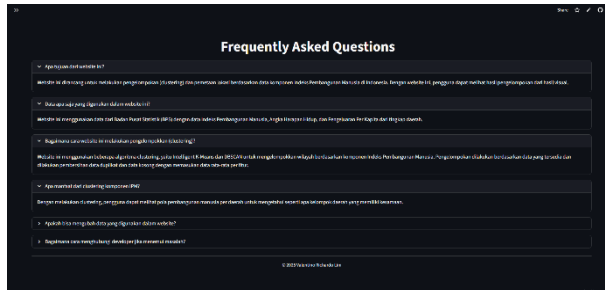
Gambar 16 Tampilan tabel hasil pengelompokan



Gambar 17 Tampilan peta interaktif

3.2.4. Halaman FAQ

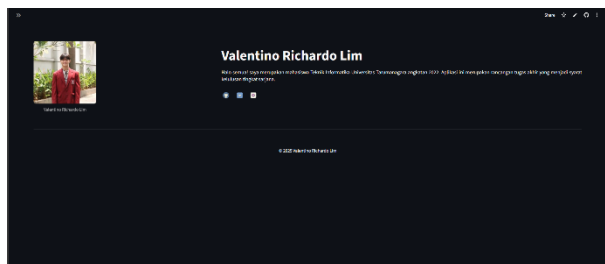
Halaman ini berisi mengenai pertanyaan pertanyaan umum yang sering ditanyakan terkait dengan rancangan aplikasi. Tampilan dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18 Tampilan halaman FAQ

3.2.5. Halaman Tentang

Halaman ini berisi mengenai profil perancang dan tautan menuju media sosial perancang. Tampilan dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19 Tampilan halaman tentang

4. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan ini telah menghasilkan aplikasi pengelompokan wilayah kabupaten/kota di Indonesia berdasarkan data komponen indeks pembangunan manusia. Rancangan dibagikan dengan *framework* streamlit untuk *deployment*.
2. Rancangan pengelompokan menggunakan 2 metode pengelompokan cerdas yang berbeda yaitu Intelligent K-Means dan DBSCAN yang secara berurutan merupakan metode parsial dan metode yang mengelompokkan berdasarkan kepadatan titik.
3. Aplikasi menyediakan fungsionalitas pemilihan data yang dinamis serta visualisasi pengelompokan lengkap beserta visualisasi peta interaktif untuk melakukan analisis lanjutan.

REFERENSI

- [1] E. D. Ristika, W. P. Primandhana, and M. Wahed, "Analisis Pengaruh Jumlah Penduduk, Tingkat Pengangguran Terbuka Dan Indeks Pembangunan Manusia Terhadap Tingkat Kemiskinan Di Provinsi Jawa Timur," *Eksis: Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Bisnis*, vol. 12, no. 2, p. 129, Nov. 2021, doi: 10.33087/eksis.v12i2.254.
- [2] Badan Pusat Statistik, *Indeks Pembangunan Manusia*. 2020.
- [3] A. Wahyu Setiawan and M. B. N. Ariani, "Determinasi Faktor Yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia Provinsi Jawa Barat Tahun 2015 – 2019," *Jurnal Indonesia Sosial Sains*, vol. 3, no. 1, pp. 1–9, Jan. 2022, doi: 10.36418/jiss.v3i1.505.
- [4] Arin Ramadhiani Soleha and Moh. Faizin, "Analisis Pengaruh Rata-Rata Lama Sekolah, Pengeluaran Per Kapita, dan Pengangguran terhadap Indeks Pembangunan Manusia," *Niqosiya: Journal of Economics and Business Research*, vol. 3, no. 1, Jun. 2023, doi: 10.21154/niqosiya.v3i1.1995.
- [5] M. Zasriati, "ANALISIS KETIMPANGAN PEMBANGUNAN DI INDONESIA TAHUN 2010-2020," *Al-Dzahab*, vol. 3, no. 2, pp. 119–131, Sep. 2022, doi: 10.32939/dhb.v3i2.1494.
- [6] I. Mahmudi and M. U. Absor, "STRATEGI PENYALURAN DANA ZAKAT GUNA REALISASI AGENDA SDGs DAN MENINGKATKAN CAPAIAN INDEKS PEMBANGUNAN MANUSIA (Studi Kasus Pada BAZNAS Kabupaten Boyolali)," *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, vol. 2, no. 3, pp. 802–812, Mar. 2023, doi: 10.55681/sentri.v2i3.630.
- [7] H. Kreinin and E. Aigner, "From 'Decent work and economic growth' to 'Sustainable work and economic degrowth': a new framework for SDG 8," *Empirica*, vol. 49, no. 2, pp. 281–311, May 2022, doi: 10.1007/s10663-021-09526-5.
- [8] A. M. Sikana and Arie Wahyu Wijayanto, "Perbandingan Pengelompokan Indeks Pembangunan Manusia Indonesia Tahun 2019 dengan Metode Partitioning dan Hierarchical Clustering," *Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 14, no. 2, pp. 66–78, Sep. 2021.
- [9] G. J. Oyewole and G. A. Thopil, "Data clustering: application and trends," *Artif Intell Rev*, vol. 56, no. 7, pp. 6439–6475, Jul. 2023, doi: 10.1007/s10462-022-10325-y.
- [10] A. M. Ikotun, A. E. Ezugwu, L. Abualigah, B. Abuhaija, and J. Heming, "K-means clustering algorithms: A comprehensive review, variants analysis, and advances in the era of big data," *Inf Sci (N Y)*, vol. 622, pp. 178–210, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.ins.2022.11.139.

- [11] M. M.-T. Chiang and B. Mirkin, "Intelligent Choice of the Number of Clusters in K-Means Clustering: An Experimental Study with Different Cluster Spreads," *J Classif*, vol. 27, no. 1, pp. 3–40, Mar. 2010, doi: 10.1007/s00357-010-9049-5.
- [12] Mustikasari and Nur Salman, "ANALISIS KLASSTER BERBASIS KEPADATAN DENGAN DBSCAN DAN OPTICS," *Jurnal INSYPRO (Information System and Processing)*, pp. 1–1, 2023.
- [13] T. Handhayani *et al.*, "PEMBUATAN APLIKASI BERBASIS WEBSITE UNTUK RESTORAN RR DI JAKARTA," *Jurnal Serina Abdimas*, vol. 3, no. 2, pp. 337–344, Jun. 2025, doi: 10.24912/jsa.v3i2.34799.
- [14] T. Handhayani, W. Wasino, J. Pragantha, and I. S. Mahendra, "Pemanfaatan Website untuk Otomasi Manajemen Salon di Bekasi," *E-Dimas: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 15, no. 3, pp. 580–586, Sep. 2024, doi: 10.26877/e-dimas.v15i3.18334.
- [15] T. Handhayani and L. Hiryanto, "Intelligent Kernel K-Means for Clustering Gene Expression," *Procedia Comput Sci*, vol. 59, pp. 171–177, 2015, doi: 10.1016/j.procs.2015.07.544.
- [16] Veri, D. Erny Herwindiati, and T. Handhayani, "Clustering Data Covid-19 Di Indonesia Menggunakan Intelligent K-Means," *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi*, vol. 10, no. 2, Aug. 2022, doi: 10.24912/jiksi.v10i2.22535.
- [17] Y. A. Ishak, T. Handhayani, M. D. L. Sitorus, William, J. Pragantha, and I. Lewenusa, "Advanced Clustering Approach for Mapping Regions of Paddy Productivity in Indonesia Using Intelligent K-Means," in *2024 IEEE Asia-Pacific Conference on Geoscience, Electronics and Remote Sensing Technology (AGERS)*, IEEE, Dec. 2024, pp. 269–274. doi: 10.1109/AGERS65212.2024.10932942.
- [18] Muhammad Faizan, Megat F. Zuhairi, Shahrinaz Ismail, and Sara Sultan, "Applications of Clustering Techniques in Data Mining: A Comparative Study," *(IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 11, no. 12, 2020.

Valentino Richardo Lim. Saat ini sebagai Mahasiswa program studi Teknik Informatika Universitas Tarumanagara.