

Identifikasi Kualitas Pelayanan Kesehatan di Jawa Timur Menggunakan Metode *Fuzzy C-Means*

Nabila Rahma Cahyani¹, Dian C. R. Novitasari^{2*}, Muhammad Azhar³

^{1,2}Program Studi Matematika, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya

Jl. Ir. H. Soekarno No.682, Gn. Anyar, Surabaya, Indonesia

³Dinas Komunikasi dan Informatika Jawa Timur

Jl. Ahmad Yani No.242-244, Gayungan, Surabaya, Indonesia

*diancrini@uinsa.ac.id

Abstrak

Ketimpangan distribusi pelayanan kesehatan di Jawa Timur menjadi salah satu tantangan dalam upaya pemerataan akses dan kualitas layanan kesehatan. Penelitian ini bertujuan menggunakan pendekatan *Fuzzy C-Means* (FCM) untuk menentukan kualitas pelayanan kesehatan di 38 kabupaten dan kota di Jawa Timur. Variabel data yang digunakan meliputi kepadatan penduduk, tenaga kesehatan, dan fasilitas kesehatan di tahun 2024. Sebelum proses klusterisasi, dilakukan analisis korelasi untuk menyederhanakan variabel melalui penggabungan kelompok variabel yang saling berkorelasi tinggi. Hasil klusterisasi FCM menunjukkan bahwa wilayah di Jawa Timur terbagi menjadi tiga kluster, yaitu kluster dengan kualitas pelayanan sangat memadai, cukup memadai, dan kurang memadai. Nilai 0,809 diperoleh melalui evaluasi menggunakan *Silhouette Coefficient*, yang menunjukkan bahwa struktur kluster yang dihasilkan memiliki kualitas yang tergolong baik. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah berada dalam kategori cukup memadai, namun masih terdapat beberapa wilayah yang memerlukan perhatian lebih dalam pemerataan tenaga dan fasilitas kesehatan. Penelitian ini diharapkan menjadi dasar pertimbangan kebijakan pemerataan pelayanan kesehatan di Jawa Timur melalui program Jatim Sehat.

Kata kunci: Pelayanan Kesehatan, Pengelompokan, Fuzzy C-Means, Silhouette Coefficient

Abstract

Inequality in the distribution of health services in East Java is one of the challenges in efforts to equalize access and quality of health services. This study aims to identify the quality of health services in 38 districts/cities in East Java using the Fuzzy C-Means (FCM) method. The data variables used include population density, number of health workers, and number of health facilities in 2024. Prior to the clustering process, a correlation analysis was conducted to simplify the variables by merging groups of highly correlated variables. The results of FCM clustering showed that the regions in East Java were divided into three clusters: very adequate, adequate, and inadequate in terms of health service quality. Evaluation using the Silhouette Coefficient resulted in a value of 0,809, indicating that the cluster structure formed is of good quality. The mapping results show that most areas are in the adequate category, but there are still some areas that need more attention in the distribution of health workers and facilities. This research is expected to be the basis for policy considerations for equitable distribution of health services in East Java through the Jatim Sehat program

Keywords: Health Services, Clustering, Fuzzy C-Means, Silhouette Coefficient

I. PENDAHULUAN

Setiap orang dapat memiliki kehidupan sosial dan ekonomi yang produktif ketika mereka berada dalam kondisi sehat, yang ditandai dengan kesejahteraan

jasmani, rohani, dan sosial [1]. Selain itu, salah satu faktor penentu utama kesejahteraan masyarakat dan keberhasilan pembangunan daerah adalah kesehatan. [2]. Distribusi layanan kesehatan di Indonesia masih menghadapi berbagai rintangan, terutama dalam hal

pemerataan akses dan kualitas. Setiap warga negara berhak atas pelayanan kesehatan yang aman, bermutu, dan terjangkau, seperti yang tercantum dalam Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan. Namun, pada kenyataannya, beberapa masyarakat masih mengalami keterbatasan fasilitas dan tenaga medis [3],[4].

Distribusi layanan kesehatan yang belum merata menjadi salah satu isu yang dihadapi Provinsi Jawa Timur, yang merupakan provinsi dengan populasi terbanyak kedua di Indonesia. Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS), Jawa Timur mempunyai jumlah penduduk sekitar 41,81 juta jiwa pada tahun 2024. Meskipun demikian, variasi tingkat kepadatan penduduk di Jawa Timur tidak seimbang dengan ketersediaan fasilitas dan juga tenaga kesehatannya. Sebagai contoh, Kota Batu mengalami kekurangan tenaga kesehatan di beberapa puskesmas, sementara di Jember tercatat kekurangan sekitar 500 dokter spesialis untuk memenuhi standar pelayanan berdasarkan dinas kesehatan setempat [5], [6]. Melalui program Nawa Bhakti Satya, khususnya pada misi Jawa Timur Sehat, Pemerintah Provinsi Jawa Timur berdedikasi untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat melalui pelayanan kesehatan yang merata, mudah diakses, dan berkualitas guna mengatasi permasalahan tersebut. Komitmen ini diperkuat melalui Peraturan Presiden No.59 Tahun 2024 tentang Jaminan Kesehatan, yang menjadi dasar pelaksanaan Jaminan Kesehatan Nasional menuju *Universal Health Coverage* (UHC) di Indonesia [7].

Pemetaan terhadap kondisi wilayah berdasarkan karakteristik pelayanan kesehatan menjadi langkah penting dalam mewujudkan *Universal Health Coverage* (UHC) secara merata. Metode analisis yang tepat untuk melakukan pemetaan tersebut yaitu dengan *clustering*. Metode *clustering* mampu mengelompokkan wilayah ke dalam beberapa klaster berdasarkan kemiripan karakteristik antar objek sesuai dengan kriteria tertentu [8]. Metode pengelompokan *Fuzzy C-Means* (FCM) adalah salah satu pendekatan yang efektif untuk hal ini. Metode FCM memungkinkan satu wilayah memiliki derajat keanggotaan dalam lebih dari satu klaster.

Penelitian sebelumnya telah mengelompokkan produk perkebunan di Indonesia berdasarkan provinsi pada tahun 2017 menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means* (FCM). Pada penelitian tersebut, data dikelompokkan ke dalam tiga klaster, yaitu provinsi dengan produksi hasil perkebunan tinggi, sedang, dan rendah. Evaluasi klaster menggunakan *Silhouette Index* menghasilkan nilai sebesar 0,8432, yang menunjukkan bahwa hasil pengelompokan memiliki kualitas yang sangat baik [9]. Selanjutnya, terdapat penelitian yang melakukan pengelompokan

kota dan kabupaten di Jawa Timur dengan metode FCM berdasarkan fasilitas layanan kesehatan, termasuk jumlah klinik keluarga berencana, rumah sakit, puskesmas, posyandu, dan polindes. Berdasarkan penelitian tersebut, kabupaten dan kota di Jawa Timur dibagi menjadi 3 klaster. Validasi hasil pengelompokan menggunakan *Silhouette Coefficient* dan *Purity* menghasilkan nilai sebesar 0,695 dan 1, yang menunjukkan bahwa hasil klaster tergolong cukup baik [10].

Penelitian ini menerapkan algoritma *Fuzzy C-Means* (FCM) dengan memperluas cakupan variabel, yaitu meliputi aspek demografi (kepadatan penduduk), jumlah tenaga kesehatan, dan jumlah fasilitas kesehatan, sehingga tidak hanya terbatas pada fasilitas kesehatan saja seperti penelitian sebelumnya. Tujuan dari penambahan variabel ini adalah untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai kualitas pelayanan kesehatan di Provinsi Jawa Timur. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat mengidentifikasi wilayah-wilayah yang perlu mendapatkan perhatian lebih dalam hal perencanaan dan distribusi sumber daya kesehatan. Selain itu, penelitian ini merupakan upaya untuk mendukung program Jawa Timur Sehat dari pemerintah provinsi dan dapat menjadi dasar pertimbangan dalam merumuskan strategi dan kebijakan peningkatan layanan kesehatan yang lebih tepat sasaran.

II. METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Sumber data dalam penelitian ini berupa data sekunder tentang pelayanan kesehatan yang diperoleh melalui laman resmi Badan Pusat Statistik (BPS) dan portal *open data* Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Timur [11], [12]. Sampel data pada Tabel 1 berikut diambil dari 38 kabupaten dan kota di Provinsi Jawa Timur pada tahun 2024.

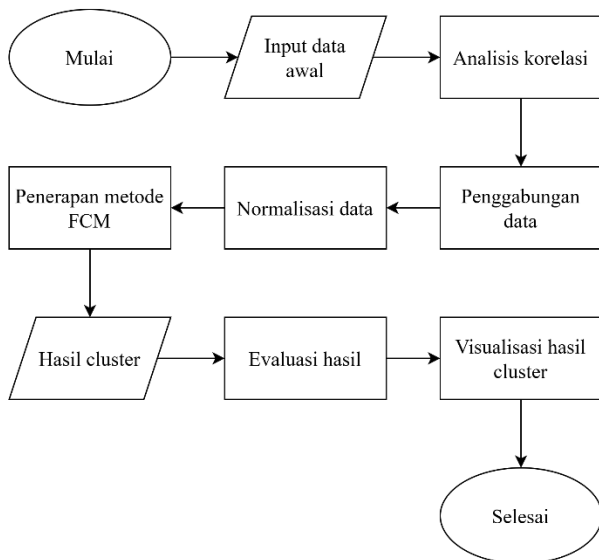
Tabel 1. Sampel Data Penelitian

No	Kabupaten/ Kota	X1	X2	X3	...	X1 5
1	Pacitan	411	185	739	...	847
2	Ponorogo	679	445	183 2	...	113 4
3	Trenggalek	596	233	106 4	...	860
4	Tulungagung	973	589	232 2	...	124 1
5	Blitar	724	455	124 0	...	146 6
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
34	Kota Pasuruan	5626	261	568	...	307

35	Kota Mojokerto	6796	396	954	...	170
36	Kota Madiun	5585	521	145 8	...	269
37	Kota Surabaya	8698	7446	115 70	...	267 2
38	Kota Batu	1147	303	615	...	194

Tabel di atas menggunakan kode variabel untuk mempermudah penyajian data. Variabel-variabel tersebut di definisikan sebagai berikut: X1 adalah kepadatan penduduk; X2 adalah tenaga medis; X3 adalah tenaga keperawatan; X4 adalah tenaga kebidanan; X5 adalah tenaga kefarmasian; X6 adalah tenaga kesehatan masyarakat; X7 adalah tenaga gizi; X8 adalah tenaga kesehatan lingkungan; X9 adalah tenaga teknik biomedik; X10 adalah tenaga terapi fisik; X11 adalah tenaga keteknisian medis; X12 adalah jumlah rumah sakit umum; X13 adalah jumlah puskesmas; X14 adalah jumlah klinik pratama; dan X15 adalah jumlah puskesmas.

Alur penelitian disajikan pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Proses penelitian dimulai dengan mengumpulkan data awal dan melakukan analisis korelasi untuk mengetahui adanya hubungan yang linear antar variabel data. Jika ditemukan korelasi yang tinggi, dilakukan penyederhanaan dengan menggabungkan variabel-variabel tersebut menjadi satu variabel representatif. Data hasil penyederhanaan kemudian dinormalisasi menggunakan metode *Min-Max* untuk menyamakan skala data. Selanjutnya menggunakan algoritma Fuzzy C-Means guna melakukan pengelompokan data. Kemudian, mengevaluasi hasil kluster menggunakan *Silhouette Coefficient* untuk mengukur kualitas kluster. Proses diakhiri dengan memvisualisasikan hasil kluster dalam bentuk peta.

B. Analisis Korelasi

Analisis korelasi digunakan sebagai pendekatan dalam data kuantitatif untuk mengidentifikasi keterkaitan antara dua atau lebih variabel, dengan nilai koefisien antara -1 hingga +1 [13]. Hubungan searah antara dua variabel ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi positif, sedangkan hubungan tidak searah ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi negatif [14]. Sebelum dilakukan analisis *clustering*, korelasi digunakan untuk mengidentifikasi variabel yang memiliki hubungan signifikan. Langkah ini bertujuan untuk menghindari multikolinearitas, yaitu kondisi ketika dua atau lebih variabel saling berkorelasi sangat tinggi dan membawa informasi yang serupa, yang dapat mengganggu hasil pengelompokan. Visualisasi dengan *matrix plot* efektif digunakan untuk mempermudah interpretasi hubungan variabel [15].

C. Normalisasi Data

Normalisasi data merupakan salah satu tahap *preprocessing data* yang bertujuan menyamakan skala atau rentang nilai antarvariabel data. Proses ini dilakukan untuk mencegah variabel dengan nilai numerik besar mendominasi variabel bernilai kecil, sehingga dapat meningkatkan kinerja dan akurasi dari hasil perhitungan [16]. Pada tahap ini menggunakan metode *Min-Max Normalization*, sehingga tiap variabel mempunyai rentang antara 0 dan 1 [17]. Berikut Persamaan 1 yang digunakan untuk normalisasi data [18]:

$$x_n = \frac{x_0 - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (1)$$

x_n : nilai data hasil proses normalisasi

x_0 : nilai data asli

x_{min} : nilai minimum dari data keseluruhan

x_{max} : nilai maksimum dari data keseluruhan

D. Fuzzy C-Means (FCM)

Fuzzy C-Means adalah metode klusterisasi yang memungkinkan setiap titik data menjadi anggota di lebih dari satu kelompok, yang didasarkan pada nilai derajat keanggotaannya yang berkisar dari 0 hingga 1. Nilai derajat keanggotaan pada setiap data menunjukkan seberapa kuat keterkaitan data tersebut dengan masing-masing kluster. Proses iterasi pada metode ini melibatkan pembaruan nilai keanggotaan dan posisi pusat kluster berulang kali sampai pusat kluster berada pada lokasi yang tepat. Tahapan algoritma FCM dijelaskan seperti berikut ini [19]:

- 1) Data yang akan dikelompokkan berbentuk matriks X dengan ukuran $m \times n$, dimana m menunjukkan jumlah atribut pada setiap set data, dan n menunjukkan jumlah sampel data dan. Dengan elemen X_{ij} menyatakan data sampel ke- i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) dan atribut ke- j ($j = 1, 2, \dots, m$).

- 2) Menetapkan parameter awal yang mencakup jumlah kluster (c), nilai bobot pangkat (w), batas maksimum iterasi (MaksIter), toleransi error minimum (ϵ), nilai awal fungsi objektif ($P_0 = 0$), serta iterasi awal ($t = 1$).
- 3) Membangkitkan nilai acak μ_{ik} untuk setiap kombinasi indeks i ($i = 1,2,3, \dots, n$) dan k ($k = 1,2,3, \dots, c$), yang kemudian digunakan sebagai komponen dalam matriks partisi awal U . Selanjutnya menentukan elemen setiap kolom melalui persamaan 2:

$$Q_i = \sum_{i=1}^n \mu_{ik} \quad (2)$$

- 4) Menentukan elemen matriks partisi awal menggunakan persamaan 3 berikut:

$$\mu_{ik} = \frac{\mu_{ik}}{Q_i} \quad (3)$$

- 5) Menentukan pusat kluster ke- k , dimana $k = 1,2,3, \dots, c$ dan $j = 1,2,3, \dots, m$

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^w * X_{ij})}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^w} \quad (4)$$

- 6) Menentukan nilai dari fungsi objektif P_t pada iterasi ke- t

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \left(\left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^w \right) \quad (5)$$

- 7) Melakukan perhitungan terhadap perubahan nilai pada matriks partisi μ_{ik}

$$\mu_{ik} = \frac{[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2]^{-\frac{1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c [\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2]^{-\frac{1}{w-1}}} \quad (6)$$

- 8) Periksa kondisi berhenti dengan ketentuan bahwa apabila $(|P_t - (P_t - 1)| < \epsilon)$ atau $(t > MaksIter)$, proses harus dihentikan. Namun apabila kondisi $(t = t + 1)$, maka dilakukan perulangan atau pembaruan matriks.

E. Silhouette Coefficient

Silhouette coefficient merupakan indikator untuk mengevaluasi seberapa baik data dikelompokkan dalam sebuah kluster dengan melakukan perbandingan antara jarak antarobjek dalam satu kluster dengan jarak objek tersebut terhadap kluster lain. Nilai *Silhouette coefficient* berkisar antara -1 hingga 1. Jika suatu objek memiliki nilai mendekati 1, maka objek tersebut lebih sesuai berada dalam kluster yang ditematinya dibandingkan dengan kluster lain. Sebaliknya, nilai yang mendekati -1 menandakan bahwa objek tersebut lebih tepat

ditempatkan pada kluster yang berbeda [20]. Berikut persamaan untuk perhitungan *silhouette coefficient*:

$$s_i = \frac{(b_i - a_i)}{\max(b_i - a_i)} \quad (7)$$

Dimana:

s_i = *Silhouette Coefficient*

b_i = rata-rata jarak terkecil objek i terhadap objek-objek di kluster lain

a_i = rata-rata jarak objek i dengan objek-objek dalam kluster yang sama

Penjelasan mengenai rentang nilai *Silhouette Coefficient* disajikan di Tabel 2 berikut [21]:

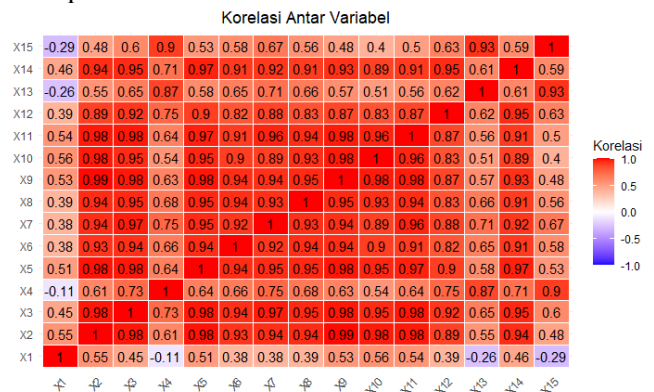
Tabel 2. Penjelasan Subjektif Silhouette Coefficient

Rentang nilai	Penjelasan
0,71 - 1,0	Ditemukan struktur yang sangat kuat dan jelas.
0,51 - 0,70	Ditemukan struktur yang cukup baik dan dapat diterima.
0,26 - 0,50	Struktur yang ditemukan lemah dan mungkin tidak valid.
$\leq 0,25$	Tidak ada struktur yang signifikan ditemukan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Korelasi

Penelitian diawali dengan melihat hubungan antar variabel data penelitian mengguakan visualisasi heatmap. Pada Gambar 2 berikut merupakan hasil analisis korelasi antar variabel.



Gambar 2. Korelasi Antar Variabel

Hasil dari analisis korelasi mengindikasikan adanya keterkaitan linier yang sangat kuat antara sebagian besar variabel, terutama pada kelompok fasilitas kesehatan dan tenaga pelayanan kesehatan. Beberapa pasangan variabel, seperti tenaga keperawatan, tenaga kefarmasian, tenaga medis, dan tenaga kebidanan, memiliki koefisien korelasi di atas 0,9, yang mengindikasikan adanya potensi multikolinieritas dan informasi yang berulang. Mengatasi kondisi tersebut, dilakukan penyederhanaan data dengan menggabungkan

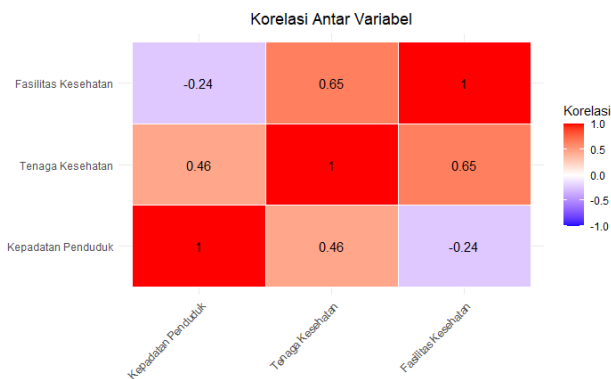
variabel-variabel yang memiliki karakteristik serupa menjadi satu variabel.

Proses penggabungan ini dilakukan dengan cara menambahkan variabel terkait sehingga mencerminkan jumlah keseluruhan dari kategori yang digabungkan. Misalnya, variabel X2 hingga X11, yang merepresentasikan tenaga kesehatan, digabung menjadi satu variabel baru yaitu “tenaga kesehatan”. Sementara itu, variabel X12 hingga X15, yang merepresentasikan fasilitas layanan seperti rumah sakit, puskesmas, dan klinik pratama, disatukan menjadi variabel “fasilitas kesehatan”. Dari hasil penyederhanaan tersebut, diperoleh tiga variabel utama, yaitu kepadatan penduduk, tenaga kesehatan, dan fasilitas kesehatan. Berikut pada Tabel 3 disajikan sampel data yang akan digunakan untuk analisis *clustering*:

Tabel 3. Sampel Data Hasil Penyederhanaan

No	Kabupaten/kota	Kepadatan Penduduk	Tenaga Kesehatan	Fasilitas Kesehatan
1	Pacitan	411	1904	890
2	Ponorogo	679	4159	1222
3	Trenggalek	596	2523	905
4	Tulungagung	973	5378	1336
5	Blitar	724	3321	1524
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
34	Kota Pasuruan	5626	1479	355
35	Kota Mojokerto	6796	2186	204
36	Kota Madiun	5585	3514	318
37	Surabaya	8698	29664	3110
38	Batu	1147	1520	216

Setelah dilakukan penyederhanaan variabel menjadi tiga indikator utama, yaitu kepadatan penduduk, tenaga kesehatan, dan fasilitas kesehatan, dilakukan kembali analisis korelasi untuk memastikan tidak adanya hubungan linier yang sangat kuat antar variabel yang telah disederhanakan.



Gambar 3. Korelasi Antar Variabel Setelah Penyederhanaan

Hasil korelasi pada Gambar 3 menunjukkan bahwa tidak terdapat korelasi yang sangat tinggi antar variabel, dengan nilai koefisien korelasi antara -0,24 hingga 0,65. Nilai koefisien tersebut mengindikasikan tidak adanya multikolinieritas antar variabel yang telah disederhanakan, sehingga ketiga variabel tersebut dapat digunakan secara bersamaan dalam proses analisis *clustering*.

B. Normalisasi Data

Sebelum memasuki tahap klusterisasi menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means*, dilakukan proses normalisasi data. Hal ini diperlukan karena variabel-variabel penelitian memiliki satuan dan rentang nilai yang sangat bervariasi. Tabel 4 berikut merupakan sampel data hasil dari normalisasi menggunakan *min-max*:

Tabel 4. Sampel Data Hasil Normalisasi

No	Kepadatan Penduduk	Tenaga Kesehatan	Fasilitas Kesehatan
1	0	0,015079	0,236063
2	0,03234	0,095086	0,35031
3	0,022324	0,037041	0,241225
4	0,067817	0,138336	0,389539
5	0,03777	0,065354	0,454233
⋮	⋮	⋮	⋮
34	0,629299	0	0,051961
35	0,770484	0,025084	0
36	0,624351	0,072202	0,039229
37	1	1	1
38	0,088814	0,001455	0,004129

C. Metode Fuzzy C-Means

Hasil normalisasi data selanjutnya dilakukan pengelompokan menggunakan metode *Fuzzy C-Means* dengan jumlah kluster yang ditetapkan sebanyak tiga. Proses iteratif berhenti pada iterasi ke-65, dan nilai *centroid* akhir yang diperoleh disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Centroid Akhir Kluster

	Kepadatan Penduduk	Tenaga Kesehatan	Fasilitas Kesehatan
Kluster 1	0,04893	0,07775	0,36340
Kluster 2	0,61518	0,07294	0,06147
Kluster 3	0,13517	0,25983	0,82191

Berdasarkan hasil *centroid* akhir kluster, kluster 1 ditandai dengan kepadatan penduduk yang sangat rendah, tenaga kesehatan yang relatif sedang, dan fasilitas kesehatan yang juga sedang. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun kepadatan penduduknya tidak padat, namun wilayah dalam kluster ini telah memiliki kualitas pelayanan yang

cukup memadai. Klaster 2 menunjukkan kepadatan penduduk yang sangat tinggi, dengan tenaga kesehatan yang rendah, dan fasilitas kesehatan yang sangat rendah. Wilayah pada klaster ini menunjukkan wilayah yang padat penduduk tetapi kualitas pelayanan kesehatannya kurang memadai. Sementara itu, klaster 3 merupakan klaster dengan kepadatan penduduk tingkat sedang, namun memiliki ketersediaan tenaga kesehatan dan fasilitas kesehatan yang paling tinggi. Wilayah yang termasuk pada klaster ini, yaitu memiliki kualitas pelayanan yang sangat memadai.

Tabel 6. Hasil Fuzzy C-Means

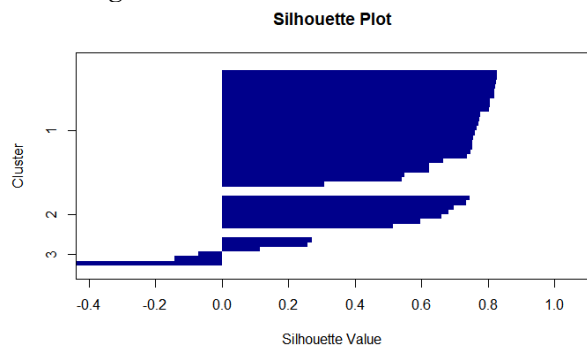
Kategori	Prosentase	Kabupaten/kota
Kurang memadai	18,421%	Kota Madiun, Kota Malang, Kota Kediri, Kota Probolinggo, Kota Blitar, Kota Mojokerto, dan Kota Pasuruan.
Cukup memadai	65,789%	Mojokerto, Lumajang, Pamekasan, Ponorogo, Trenggalek, Gresik, Sampang, Bojonegoro, Kediri, Situbondo, Probolinggo, Bondowoso, Ngawi, Magetan, Jombang, Tulungagung, Lamongan, Batu, Blitar, Pacitan, Tuban, Nganjuk, Bangkalan, Madiun, dan Sumenep.
Sangat memadai	15,789%	Malang, Jember, Banyuwangi, Pasuruan, Sidoarjo, Kota Surabaya

Tabel 6 tersebut menunjukkan bahwa terdapat 7 wilayah dengan prosentase 18,421% memiliki kualitas pelayanan kurang memadai, 25 wilayah dengan prosentase 65,789% memiliki kualitas pelayanan kesehatan yang cukup memadai, dan terdapat 6 wilayah dengan prosentase 15,789% memiliki kualitas pelayanan sangat memadai. Hal ini mencerminkan bahwa sebagian besar wilayah di Jawa Timur telah memiliki ketersediaan layanan kesehatan yang relatif seimbang dengan kepadatan penduduknya. Namun, masih terdapat beberapa

wilayah berpenduduk padat dengan ketersediaan layanan yang kurang memadai, sehingga perlu menjadi perhatian dalam upaya peningkatan infrastruktur serta pemerataan sumber daya kesehatan. Oleh karena itu, fokus pada ketersediaan layanan tidak hanya terbatas pada interaksi langsung dengan fasilitas kesehatan, tetapi juga mencakup distribusi dan aksesibilitas layanan bagi seluruh masyarakat.

D. Silhouette Coefficient

Evaluasi terhadap hasil pengelompokan dilakukan dengan *Silhouette Coefficient* guna mengukur sejauh mana keanggotaan data dalam setiap *cluster* memiliki tingkat kesesuaian yang baik. Gambar 4 berikut merupakan visualisasi nilai *Silhouette* untuk masing-masing data hasil *clustering*:



Gambar 4. Plot Silhouette Coefficient

Setelah diperoleh nilai s_i untuk masing-masing data, dilakukan perhitungan rata-rata guna mendapatkan nilai *Silhouette Coefficient* sebagai representasi kualitas hasil pengelompokan dengan metode FCM. Pada penelitian ini, hasil *Silhouette Coefficient* menunjukkan nilai sebesar 0,809. Karena nilai ini berada di antara nilai rentang 0,71 dan 1, maka dapat disimpulkan bahwa hasil klaster mempunyai kualitas yang baik, dengan tingkat kedekatan data yang cukup tinggi dalam masing-masing klaster.

E. Visualisasi Hasil Klaster

Hasil pengelompokan yang telah didapat, kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta seperti pada Gambar 5 berikut:

Peta Clustering Kabupaten/Kota di Jawa Timur



Gambar 5. Pemetaan Kabupaten/Kota di Jawa Timur

Daerah dengan kualitas pelayanan kesehatan yang cukup memadai ditunjukkan dengan warna kuning pada peta hasil pengelompokan menggunakan metode *Fuzzy C-Means* berdasarkan kualitas pelayanan kesehatan Provinsi Jawa Timur. Wilayah berwarna merah merupakan wilayah dengan kualitas pelayanan kesehatan yang kurang memadai, sedangkan yang berwarna hijau merupakan wilayah dengan kualitas pelayanan kesehatan yang sangat memadai.

Wilayah yang berwarna merah menunjukkan wilayah perkotaan dengan kepadatan penduduk yang bertingkat tinggi. Meskipun populasi di daerah ini padat, kualitas pelayanan kesehatan di wilayah tersebut masih kurang memadai dan merata jika dibandingkan dengan kebutuhan masyarakat. Beberapa faktor dapat menjadi penyebab untuk permasalahan ini, seperti tingginya permintaan layanan kesehatan yang tidak sebanding dengan jumlah tenaga medis dan fasilitas kesehatan yang tersedia. Sebaliknya, wilayah dengan kepadatan penduduk yang lebih rendah memiliki distribusi pelayanan kesehatan yang lebih baik, sehingga tingkat akses dan kualitas pelayanan menjadi lebih optimal.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, metode *Fuzzy C-Means* berhasil mengelompokkan kualitas pelayanan kesehatan di Jawa Timur berdasarkan kepadatan penduduk, tenaga kesehatan, dan fasilitas kesehatan menjadi tiga kluster, yaitu 25 wilayah dalam kluster

1 dengan kualitas cukup memadai, 7 wilayah dalam kluster 2 dengan kualitas kurang memadai, serta 6 wilayah dalam kluster 3 dengan kualitas sangat memadai. Evaluasi menggunakan *Silhouette Coefficient* menghasilkan nilai 0,809 yang menunjukkan kualitas kluster baik dan dapat diterima, sementara visualisasi peta mengungkap adanya ketimpangan distribusi layanan kesehatan antarwilayah, khususnya di perkotaan padat penduduk yang masih memerlukan peningkatan jumlah tenaga kesehatan, fasilitas layanan, serta aksesibilitas pelayanan kesehatan. Dengan demikian, metode FCM terbukti efektif dalam mengidentifikasi kualitas pelayanan kesehatan dan dapat dijadikan dasar pertimbangan kebijakan berbasis data, mendukung program Jatim Sehat untuk pemerataan layanan kesehatan yang berkeadilan, serta pada penelitian selanjutnya disarankan penambahan variabel luas wilayah guna memperoleh gambaran distribusi layanan yang lebih menyeluruh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Dinas Komunikasi dan Informatika Provinsi Jawa Timur atas dukungan dan izin dalam pemberian data kesehatan yang dimanfaatkan pada penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, atas bimbingan dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian. Penelitian ini tidak menerima pendanaan dari skema penelitian

manapun dan tidak memiliki nomor kontrak pendanaan.

REFERENSI

- [1] R. Efendi, D. Andreswari, and A. Mukhtadin, "Pengelompokan Dan Pemetaan Derajat Kesehatan Masyarakat Pada Tingkat Kelurahan Kota Lubuklinggau Dengan Metode Fuzzy C-Means," *Jurnal Rekursif*, vol. 10, no. 2, 2022, [Online]. Available: <http://ejournal.unib.ac.id/index.php/rekursif/>
- [2] S. Enjellin Anathasia and D. Mulyanti, "Faktor-Faktor yang mempengaruhi peningkatan kualitas pelayanan kesehatan di Rumah Sakit: Tinjauan Teoritis," *Jurnal Ilmiah Kedokteran Dan Kesehatan*, vol. 2, no. 2, 2023, Accessed: May 20, 2025. [Online]. Available: <http://ejournal.stietrianandra.ac.id/index.php/>
- [3] A. Septianingsih, "Pemetaan Kabupaten Kota Di Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Tingkat Kasus Penyakit Menggunakan Pendekatan Agglomeratif Hierarchical Clustering," *Jurnal Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika Dan Statistika*, vol. 3, no. 2, pp. 367–386, 2022, doi: 10.46306/lb.v3i2.
- [4] S. D. C. Silalahi, M. Azharuadin, R. D. M. Sihombing, W. E. Khasanah, and R. J. Sianipar, "Analisis Hotspot Cluster: Tinjauan Pola Spasial dari Ketersediaan Fasilitas Kesehatan dan Penduduk di Kalimantan Indonesia," *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, vol. 12, no. 3, pp. 341–351, Dec. 2024, doi: 10.23887/jjjpg.v12i3.83398.
- [5] M. B. Ibrahim, "Puskesmas di Kota Batu Masih Kekurangan Tenaga Kesehatan," detikjatim. Accessed: May 15, 2025. [Online]. Available: <https://www.detik.com/jatim/berita/d-7889335/puskesmas-di-kota-batu-masih-kekurangan-tenaga-kesehatan>
- [6] I. Nawawi, "Jember Kekurangan 500 Dokter Spesialis, Dinkes Beberkan Jumlah Idealnya," *TribunJember*. Accessed: May 15, 2025. [Online]. Available: <https://jatim.tribunnews.com/2025/05/07/jember-kekurangan-500-dokter-spesialis-dinkes-beberkan-jumlah-idealnya>
- [7] A. K. Nurmantika, "Analisis Implementasi Kebijakan Pemerintah Kota Semarang Di Bidang Kesehatan (Studi Kasus: Program Universal Health Coverage (UHC))," *Journal of Politic and Government Studies*, vol. 13, no. 3, pp. 759–775, 2024.
- [8] W. Yustanti, N. Rahmawati, and Y. Yamasari, "Klastering Wilayah Kota/Kabupaten Berdasarkan Data Persebaran Covid-19 di Propinsi Jawa Timur dengan Metode K-Means," *JIEET: Journal Information Engineering and Educational Technology*, vol. 4, no. 1, 2020, [Online]. Available: <http://infocovid19>.
- [9] N. Ulinuha, "Provincial Clustering in Indonesia Based on Plantation Production Using Fuzzy C-Means," *ITSMART: Jurnal Ilmiah Teknologi dan Informasi*, Jun. 2020.
- [10] W. Maghfiroh, N. Ulinuha, and A. Fanani, "Penerapan Fuzzy C-Means dalam Mengelompokkan Kabupaten/Kota Berdasarkan Fasilitas Pelayanan Kesehatan Di Jawa Timur," *Inform: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 4, no. 1, Jan. 2019, doi: 10.25139/inform.v3i2.1010.
- [11] Dinas Komunikasi dan Informatika Jawa Timur, "Open Data Provinsi Jawa Timur." Accessed: May 20, 2025. [Online]. Available: <https://opendata.jatimprov.go.id/>
- [12] Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, *Provinsi Jawa Timur Dalam Angka 2025*, vol. 48. Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, 2025. Accessed: Jun. 06, 2025. [Online]. Available: <https://jatim.bps.go.id>
- [13] D. N. Auw, S. Hafizah, A. M. Leki, A. Makalbani, and J. M. Loban, "Analisis Korelasi Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Tingkat Pendapatan Kepala Keluarga," *Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan*, vol. 20, no. 2, pp. 165–180, Dec. 2023, doi: 10.22487/2540766x.2023.v20.i2.16546.
- [14] S. Pangesti and M. Ridwan Yudhanegara, "Analisis Hubungan Antara Hasil Belajar Matematika Dengan Bahasa Indonesia Menggunakan K-Means Clustering," *Jurnal Didactical Mathematics*, vol. 6, no. 1, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal.unma.ac.id/index.php/dm>
- [15] I. Werdiningsih, D. C. R. Novitasari, and D. Z. Haq, *Pengelolaan Data Mining dengan Pemrograman Matlab*. Airlangga University Press, 2022.
- [16] M. Rais, R. Goejantoro, and S. Prangga, "Optimalisasi K-Means Cluster dengan Principal Component Analysis pada Pengelompokan Kabupaten/Kota di Pulau Kalimantan Berdasarkan Indikator Tingkat Pengangguran Terbuka," *EKSPONENSIAL*, vol. 12, no. 2, pp. 129–136, 2021.
- [17] G. Alasi and R. A. Putri, "Penerapan K-Means Clustering untuk Pengelompokan Pasien Rumah Sakit berdasarkan Tingkat Keparahan Penyakit," *Jurnal Multimedia dan Teknologi Informasi (Jatilima)*, vol. 7, no. 03, pp. 475–486, 2025.
- [18] S. A. Perdana, S. F. Florentin, and A. Santoso, "Analisis Segmentasi Pelanggan Menggunakan K-Means Clustering Studi Kasus Aplikasi Alfagift," *Sebatik*, vol. 26, no. 2, pp. 446–457, 2022.
- [19] J. Inayah, D. A. S. N. Maghfiroh, and D. C. R. Novitasari, "Clustering Daerah Rawan Kriminalitas Menggunakan Algoritma Fuzzy C-Means," *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, vol. 27, no. 2, pp. 95–106, 2022, doi: 10.35760/ik.2022.v27i2.6019.
- [20] 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,” *Jurnal Gaussian*, vol. 13, no. 1, pp. 13–24, Aug. 2024, doi: 10.14710/j.gauss.13.1.13-24.

[21] A. Struyf, M. Hubert, and P. J. Rousseeuw, “Clustering in an Object-Oriented Environment,” *J Stat Softw*, vol. 1, pp. 1–30, 1997.