

Pengelompokan Wilayah di Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Penyakit Menular Menggunakan Algoritma *Fuzzy C-Means*

Naila Mughnifa Qalbi¹, Mohammad Idhom², Aviolla Terza Damalian³

Sains Data, Universitas Pembangunan Negeri Veteran Jawa Timur

¹22083010022@student.upnjatim.ac.id

² aviolla.terza.sada@upnjatim.ac.id

Corresponding author email: 22083010022@student.upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Kesehatan merupakan kondisi sejahtera baik secara fisik, mental, spiritual, maupun sosial, yang memungkinkan individu beraktivitas secara produktif. Penyakit menular merupakan salah satu permasalahan kesehatan yang dapat menyebar dari individu yang terinfeksi ke individu yang sehat, sehingga perlu mendapatkan perhatian khusus dari pemerintah daerah. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengelompokan wilayah di Jawa Timur berdasarkan jenis penyakit menular. Pengelompokan wilayah digunakan untuk memahami pola distribusi penyakit menular dan mengidentifikasi daerah dengan tingkat risiko. Berdasarkan data persentase penduduk yang memiliki keluhan kesehatan pada tahun 2023 yang diperoleh dari website BPS Provinsi Jawa Timur sebesar 27,31% dan meningkat menjadi 28,75% pada tahun 2024 dengan 9 kasus jenis penyakit menular. Angka keluhan tersebut tergolong tinggi dibandingkan 38 provinsi lainnya di Indonesia, sehingga Pemerintah Provinsi Jawa Timur perlu mengambil langkah untuk menurunkan jumlah kasus keluhan penyakit. Salah satu upaya yang dapat dilakukan dengan identifikasi terhadap wilayah-wilayah di Jawa Timur yang memiliki karakteristik jenis penyakit menular yang serupa pada setiap kabupaten atau kota menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means*. Hasil analisis yaitu menghasilkan dua cluster, cluster pertama dengan kategori tingkat penyebaran tinggi dan cluster kedua dengan kategori tingkat penyebaran rendah. Nilai validitas klaster menggunakan *Modified Partition Coefficient* (MPC) sebesar 0,789 menunjukkan bahwa hasil pengelompokan yang diperoleh sudah valid.

Kata Kunci: Kesehatan masyarakat, Penyakit Menular, Klasterisasi, Fuzzy C-Means, Jawa Timur.

I. PENDAHULUAN

Kesehatan merupakan kondisi sejahtera baik secara jasmani maupun rohani yang memungkinkan seseorang menjalani aktivitas sehari-hari serta berperan produktif dalam kehidupan bermasyarakat. Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2023, Pasal 1 Ayat (1) kesehatan didefinisikan sebagai keadaan sehat, baik fisik, mental, spiritual, maupun sosial yang memungkinkan setiap individu untuk hidup produktif secara sosial dan ekonomi. Definisi tersebut menegaskan bahwa upaya dalam bidang kesehatan tidak hanya berfokus pada penanganan penyakit, tetapi juga mencakup aspek pencegahan, edukasi, serta pemerataan akses layanan kesehatan bagi seluruh masyarakat. Salah satu tujuan strategis yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan dalam mendukung pembangunan sektor kesehatan tahun 2020–2024 adalah memperkuat upaya pencegahan dan pengendalian penyakit, serta pengelolaan kedaruratan kesehatan masyarakat[1]. Namun demikian, pengendalian penyakit khususnya penyakit menular masih menjadi tantangan yang belum sepenuhnya terselesaikan dalam sektor kesehatan nasional[2]. Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu daerah yang menghadapi tantangan dalam pengendalian penyakit menular. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Jawa Timur, persentase penduduk yang memiliki keluhan kesehatan pada tahun 2023 mencapai 27,31%, dan meningkat menjadi 28,75% pada

tahun 2024. Peningkatan pada tahun 2024 menunjukkan adanya pergeseran kondisi kesehatan masyarakat yang perlu mendapatkan perhatian khusus dari pemerintah daerah sebagai dasar dalam evaluasi kebijakan pembangunan kesehatan.

Penanganan kesehatan merupakan tanggung jawab bersama seluruh masyarakat, termasuk pemerintah di tingkat provinsi. Pemerintah Provinsi Jawa Timur memiliki peran penting dalam mengawasi mutu layanan serta ketersediaan fasilitas kesehatan di wilayahnya agar sesuai dengan pedoman dan standar nasional yang berlaku. Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur memiliki tanggung jawab dalam memantau berbagai kasus penyakit di daerah masing-masing. Berdasarkan data badan pusat statistik (BPS) 2024 terdapat sekitar 9 jenis penyakit menular yang wajib dipantau secara rutin. Adapun jenis penyakit menular yang dijadikan bahan penelitian ini diantaranya malaria, TB Paru (*Tuberculosis*), *Pneumonia*, Kusta, Campak, Diare, *Demam Berdarah Dengue* (DBD), *Acquired Immune Deficiency Syndrome* (AIDS) dan Infeksi Menular Seksual (IMS)[3].

Keluhan kesehatan adalah perasaan tidak nyaman, gangguan, atau gejala yang dirasakan oleh seseorang terhadap kondisi tubuh baik yang bersifat ringan maupun berat. Perkembangan persentase keluhan kesehatan di Provinsi Jawa Timur pada periode 2022–2024. Pada tahun 2022 menunjukkan 32,14%, kemudian pada tahun 2023 keluhan menurun 4,83% dengan jumlah keluhan menjadi 27,31%, untuk tahun 2024 mengalami peningkatan 1,44% dengan total keluhan menjadi 28,75%. Berdasarkan data dari BPS Provinsi Jawa Timur, jumlah kasus penyakit menular di Jawa Timur menunjukkan bahwa penyakit diare memiliki jumlah kasus tertinggi dengan jumlah total kasus yaitu 490,965, kemudian penyakit pneumonia sebagai urutan kedua terbanyak. Sementara itu, penyakit campak dan kusta tercatat memiliki jumlah kasus paling rendah dibandingkan sembilan jenis penyakit lainnya. Angka-angka tersebut merupakan persebaran kasus penyakit di Provinsi Jawa Timur. Setiap kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur memiliki karakteristik yang beragam, baik dari segi kondisi lingkungan, kepadatan penduduk, jumlah penduduk dan ketersediaan pelayanan kesehatan yang mempengaruhi jumlah penyebaran kasus menular.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [4] mengelompokkan penyakit menular di Indonesia menggunakan algoritma k-means clustering. Pada penelitian tersebut menghasilkan 3 cluster dengan kategori penyakit rawan, cukup rawan, dan sangat rawan. Hasil dari cluster yang terbentuk digunakan untuk kontribusi dalam memahami dinamika penyakit menular dan mendukung upaya pencegahan, pengendalian penyakit, serta memberikan landasan bagi perbaikan kebijakan kesehatan di tingkat provinsi. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh [5] mengelompokkan penyakit menular di DKI Jakarta menggunakan algoritma k-means menghasilkan 3 cluster dengan karakteristik yang berbeda. Hasil dari pengelompokan dapat memberikan informasi ke pihak berwenang dalam merencanakan strategi penanganan dan berkontribusi pada peningkatan efektivitas program kesehatan di DKI Jakarta. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh [6] menggunakan algoritma fuzzy c-means dan mampu menghasilkan 3 cluster dalam mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan indikator kesehatan.

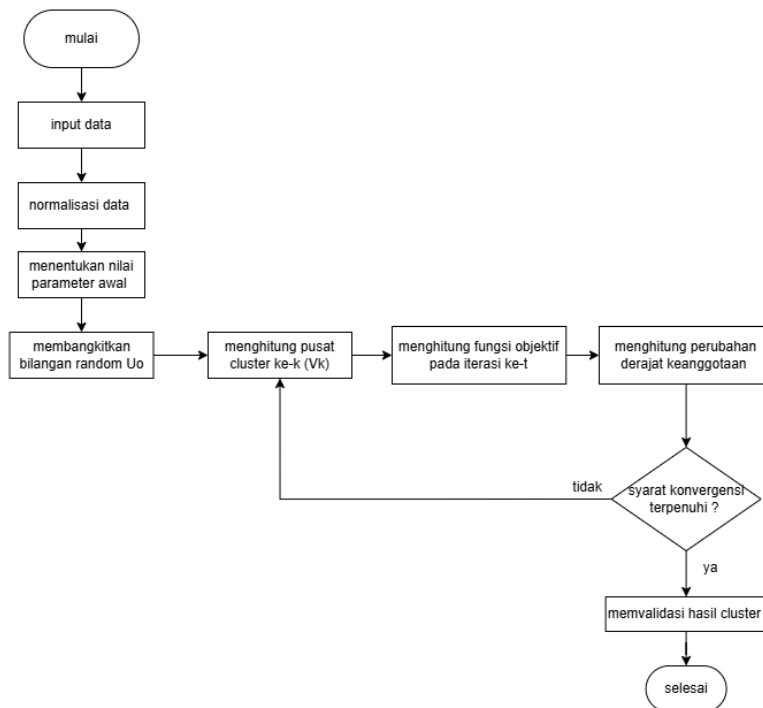
Oleh karena itu, pengelompokan wilayah berdasarkan persebaran kasus penyakit menular perlu dilakukan di Jawa Timur untuk mengidentifikasi daerah dengan tingkat risiko tinggi maupun rendah, sehingga intervensi kebijakan dapat dilakukan secara tepat sasaran. Analisis cluster merupakan salah satu teknik analisis multivariat yang berfokus pada pengelompokan objek berdasarkan tingkat kemiripan karakteristik[7]. Teknik ini bertujuan untuk memastikan bahwa objek yang memiliki kemiripan paling tinggi dikelompokkan bersama, sedangkan objek dengan karakteristik yang berbeda ditempatkan dalam kelompok yang terpisah. Dengan demikian, clustering atau klusterisasi berfungsi sebagai metode analisis data untuk mengelompokkan objek ke dalam kelompok tertentu sesuai dengan kesamaan antar objek.

Dalam penelitian ini digunakan metode *fuzzy c-means* untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Timur berdasarkan karakteristik jumlah kasus penyakit menular dan penentuan jumlah cluster optimal menggunakan MPC. *Fuzzy C-Means* mengukur jarak dari data pengamatan ke pusat cluster menggunakan fungsi jarak

Euclidean. Metode ini memungkinkan satu data termasuk ke dalam lebih dari satu kluster, di mana tingkat nilai derajat keanggotaan menentukan tiap titik data dalam suatu cluster. Nilai derajat keanggotaan setiap data diperbaiki secara berulang hingga diperoleh fungsi objektif yang minimal. Nilai derajat keanggotaan yang tinggi mengindikasikan bahwa semakin dekat jarak titik data terhadap pusat cluster [8]. Validasi hasil *cluster* menggunakan MPC (*Modified Partition Coefficient*) untuk mengukur seberapa baik data terbagi ke dalam cluster tertentu dengan menghitung jarak antara derajat keanggotaan. Penelitian yang dilakukan oleh [9] mengelompokkan tingkat kemiskinan menggunakan metode *Fuzzy C-Means* dan membandingkan indeks validitas *PC*, *PE*, dan *MPC* untuk menentukan jumlah kluster optimal. Berdasarkan hasil analisis, indeks validitas yang menunjukkan nilai paling stabil dan konsisten dalam penentuan jumlah kluster optimal adalah validitas *Modified Partition Coefficient* (MPC).

II. METODOLOGI PENELITIAN

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari publikasi Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2024. Data tersebut mencakup jumlah dan jenis penyakit menular di Provinsi Jawa Timur berdasarkan kabupaten/kota. Adapun variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis penyakit menular yaitu malaria, TB Paru, pneumonia, kusta, campak, diare, DBD, infeksi menular seksual (IMS) dan AIDS. Di bawah ini merupakan tahapan analisis data menggunakan *fuzzy c-means*:



Gambar 1. Flowchart tahapan *Fuzzy C-Means*

Penjelasan mengenai tahapan pada Gambar 1 flowchart di atas disajikan sebagai berikut:

1. Menentukan:
 - a. Banyak kelompok (c) dengan $2 \leq c \leq n$ yang akan dibentuk sesuai kebutuhan pengelompokkan
 - b. Nilai pangkat (m) dengan $1 < m < \infty$ untuk mengontrol adanya irisan pembentukan antar kelompok yang terbentuk.

- c. Batas iterasi tertinggi (t_{max}) = 1, yaitu pengulangan akan berhenti jika perubahan nilai fungsi objektif antar iterasi sudah sangat kecil, yang menandakan bahwa hasil klaster sudah stabil.
 - d. Error kesalahan terkecil (ε) yaitu batasan nilai untuk pengulangan akan berakhir setelah di dapatkan nilai error yang diharapkan.
 - e. Fungsi objektif awal (P_0), yaitu fungsi akan dioptimumkan (maksimum atau minimum), nilai 0 yaitu untuk mendapatkan nilai minimum.
2. Membangkitkan nilai acak atau bilangan random α_{ik} . dimana $i = 1, 2, \dots, n$ merupakan jumlah data dan $k = 1, 2, \dots, c$ merupakan jumlah kelompok, dengan simbol matriks (U_0) pada persamaan (1).

$$U_0 = \begin{bmatrix} \alpha_{1,1} & \alpha_{1,2} & \dots & \alpha_{1,c} \\ \alpha_{2,1} & \alpha_{2,2} & \dots & \alpha_{2,c} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{n,1} & \alpha_{n,2} & \dots & \alpha_{n,c} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Nilai awal derajat keanggotaan setiap data terhadap klaster ditentukan secara acak antara 0 dan 1, dengan ketentuan bahwa jumlah seluruh derajat keanggotaan untuk setiap data sama dengan 1 dengan rumusnya $\sum_{k=1}^c \alpha_{ik} = 1$ dan Matriks hasilnya disebut matriks partisi awal (U_0), yang menjadi titik awal proses iterasi dalam algoritma Fuzzy C-Means.

3. Menghitung nilai pusat cluster ke-k (v_k) pada persamaan (2)

$$v_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_{ik})^m x_{ij}}{\sum_{i=1}^n (\alpha_{ik})^m} \quad (2)$$

Keterangan:

v_{kj} = nilai pusat klaster ke-k

α_{ik} = derajat keanggotaan data ke-i terhadap klaster ke-k dengan nilai antara 0 dan 1.

m = parameter yang mengatur tingkat kekaburan (*fuzziness*). Semakin besar nilai m , semakin kecil perbedaan nilai keanggotaan antar klaster sehingga data tampak seperti berada di antara dua klaster, bukan hanya di satu *cluster*.

x_{ij} = nilai data ke-i pada variabel

n = total data yang dianalisis

$\sum_{i=1}^n$ = penjumlahan data pertama hingga data ke- p untuk menghitung

v_k = vektor pusat klaster ke-k yang berisi nilai v_{kj} untuk setiap diemnsi

4. Menghitung nilai kuadrat jarak Euclidean pada persamaan (3).

$$D_{ik}^2 = \|x_{ij} - v_{kj}\|^2 = \left(\sqrt{\sum_{j=1}^p (x_{ij} - v_{kj})^2} \right)^2 \quad (3)$$

Keterangan :

D_{ik}^2 = jarak kuadrat antara data ke-I dan pusat klaster ke-k

x_{ij} = nilai data ke-i pada variabel ke-j

v_{kj} = nilai pusat klaster ke-k pada variabel ke-j

p = jumlah variabel untuk mengukur jarak

Tujuan perhitungan nilai kuadrat jarak ini untuk menghitung seberapa besar perbedaan nilai antar data dan pusat klaster berdasarkan semua variabel yang digunakan (p). Semakin kecil jarak yang dihasilkan, semakin mirip data tersebut dengan pusat klaster, sehingga derajat keanggotaannya dalam klaster tersebut semakin besar

5. Menghitung fungsi objektif pada iterasi $ke-t$ dengan persamaan (4).

$$J_{(t)} = \sum_{k=1}^c \sum_{j=1}^p (\mu_{ik})^m D_{ik}^2 \quad (4)$$

Keterangan:

$J_{(t)}$ = nilai fungsi objektif pada iterasi ke- t

c = jumlah kluster

p = jumlah variabel

μ_{ik} = derajat keanggotaan data ke- i pada kluster ke- k

m = parameter yang mengatur tingkat kekaburan (*fuzziness*).

D_{ik}^2 = jarak kuadrat antara data ke- i dan pusat kluster ke- k

Fungsi objektif digunakan untuk menilai seberapa optimal hasil klusterisasi pada setiap iterasi. Nilai ini menunjukkan total jarak berbobot antara setiap data dan pusat klasternya. Semakin kecil nilai fungsi objektif, semakin baik hasil pengelompokan yang diperoleh.

6. Menghitung nilai dari fungsi keanggotaan yang baru pada Persamaan (5)

$$U_{t+1} = \frac{\left[\sum_{j=1}^p D_{ik}^2 \right]^{\frac{-1}{m-1}}}{\sum_{k=1}^c \left[\sum_{j=1}^p D_{ik}^2 \right]^{\frac{-1}{m-1}}} \quad (5)$$

Keterangan :

U_{t+1} = matriks keanggotaan baru pada iterasi berikutnya (hasil pembaruan dari U_t). Semakin kecil jarak suatu data terhadap pusat kluster, semakin besar pula nilai keanggotaannya terhadap kluster tersebut.

7. Cek kondisi berhenti, jika :

- Apabila $|J_{(t)} - J_{(t-1)}| < \varepsilon$ atau dengan ($t > t_{max}$) maka dikatakan konvergen
- Apabila $|J_{(t)} - J_{(t-1)}| \geq \varepsilon$, maka kembali ke langkah 3 yaitu mencari nilai pusat *cluster*

8. Validasi hasil cluster menggunakan MPC (*Modified Partition Coefficient*) untuk mengukur seberapa baik data terbagi ke dalam cluster tertentu menggunakan persamaan 6 dibawah ini:

$$MPC = 1 - \frac{c}{c-1} (1 - PC) \quad (6)$$

Persamaan nilai indeks PC dapat dilihat pada persamaan 7

$$PC = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^c \sum_{i=1}^s \mu_{ik}^2 \quad (7)$$

Skala Nilai Validitas MPC pada tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1. Skala Nilai Validitas MPC

Nilai	Status
0,0 - 0,2	Buruk
0,3 - 0,5	Cukup
0,6 - 0,8	Baik
0,9 - 1,0	Sangat Baik

III. HASIL DAN ANALISIS

Langkah pertama dalam pengelompokan data menggunakan *Fuzzy C-Means* yaitu menentukan komponen-komponen yang dijabarkan pada poin 3.1 sebagai berikut :

3.1 Menentukan:

- Jumlah cluster = 2
- Pangkat pembobot = 2
- Maksimum iterasi = 100
- Error terkecil yang diharapkan = 1×10^{-6}
- Fungsi objektif awal = 0
- Iterasi awal = 1

Setelah menentukan komponen yang akan di pakai langkah selanjutnya yaitu melakukan pengelompokan wilayah yang akan dijabarkan pada point 3.2.

3.2 Penyebaran penyakit menular

Dalam menentukan keoptimalan suatu klaster, perlu dilakukan suatu validasi. Pada penelitian ini, metode yang digunakan dalam melakukan validasi ialah *Modified Partition Coefficient* (MPC). Jika nilai yang didapatkan mendekati 1 maka hasil pengelompokkan akan semakin bagus.

Tabel 2. Validitas index cluster

Jumlah cluster	<i>Modified Partition Coefficient (MPC)</i>
2	0.785329
3	0.746169
4	0.776429
5	0.711777

Berdasarkan tabel 2 pada kasus penyebaran penyakit menular, nilai paling optimal hasil cluster berada pada jumlah cluster sebanyak 2 dengan nilai validitas MPC sebesar 0.785 yang mengidentifikasi bahwa hasil cluster sudah baik. pada cluster 2 iterasi berhenti pada iterasi ke-61 dengan pusat titik cluster ditampilkan pada tabel 3. Tabel berwarna merah menunjukkan titik pusat cluster dengan penyebaran penyakit yang tinggi, warna hijau menunjukkan titik pusat cluster yang rendah.

Tabel 3. Titik pusat cluster penyebaran penyakit

	Malaria	Tb Paru	Pneumonia	Kusta	Campak	Diare	IMS	Aids
Cluster 1	154.9928	5866.813	6713.924	57.9667	46.6004	40377.128	365.5598	204.31944
Cluster 2	314.1308	1818.706	2012.944	52.2442	10.2836	8940.256	107.1544	80.5132

Berdasarkan Tabel 3. Dari pusat cluster masing-masing variabel dapat diketahui bahwa cluster 1 dikategorikan sebagai cluster yang memiliki tingkat penyebaran penyakit tinggi dan cluster 2 merupakan tingkat penyebaran penyakit yang rendah. Setelah menentukan pusat cluster, langkah selanjutnya yaitu menentukan derajat keanggotaan pada tiap kabupaten/kota,. Hasil dari derajat keanggotaan tersebut pada tabel 4.

Tabel 4 Hasil pengelompokkan masing-masing wilayah

Kabupaten/kota	Tingkat penyebaran
Pacitan	Rendah
ponorogo	Rendah
trenggalek	Rendah
Tulungagung	Rendah
blitar	Rendah
kediri	Rendah
malang	Tinggi
lumajang	Rendah
jember	Rendah
banyuwangi	Rendah
bondowoso	Rendah
situbondo	Rendah
probolinggo	Rendah
pasuruan	Tinggi
sidoarjo	Tinggi
mojokerto	Rendah
Jombang	Rendah
nganjuk	Tinggi
madiun	Rendah
magetan	Rendah
ngawi	Rendah
bojonegoro	Tinggi
tuban	Rendah
lamongan	Rendah
gresik	Rendah
bangkalan	Rendah
sampang	Rendah
pamekasan	Rendah
sumenep	Rendah
kota kediri	Rendah
kota blitar	Rendah
kota malang	Rendah
kota probolinggo	Rendah
kota pasuruan	Rendah
kota mojokerto	Rendah
Kota madiun	Rendah
Kota surabaya	Tinggi
Kota batu	Rendah

Dari hasil Tabel 4. diperoleh bahwa dalam cluster 1 terdiri dari 6 wilayah yaitu kota Surabaya, kab. Sidoarjo, kab. Bojonegoro, kab. Malang, Kab Pasuruan dan kab. Nganjuk. Sedangkan pada cluster 2 terdiri dari 29 wilayah.

IV. KESIMPULAN

Hasil analisis pengelompokan wilayah di Provinsi Jawa Timur menggunakan algoritma Fuzzy C-Means menunjukkan terdapat dua klaster utama berdasarkan karakteristik penyebaran penyakit menular:

- Cluster 1 memiliki titik pusat (centroid) yang relatif tinggi untuk sejumlah jenis penyakit, antara lain malaria (154,99 kasus), TB Paru (5.866,81), pneumonia (6.713,92), diare (40.377,13), IMS (365,56) dan AIDS (204,32) yang mengidentifikasi bahwa cluster 1 termasuk cluster wilayah dengan nilai penyakit menular yang tinggi atau wilayah yang harus di prioritaskan untuk pencegahan.
- Cluster 2, di sisi lain, memiliki nilai yang lebih rendah pada hampir semua variabel: malaria (314,13), TB Paru (1.818,71), pneumonia (2.012,94), diare (8.940,26), IMS (107,15) dan AIDS (80,51).

Dengan membandingkan titik pusat tersebut, dapat disimpulkan bahwa Cluster 2 mewakili wilayah dengan tingkat penyebaran yang rendah, dan Cluster 1 mewakili wilayah-wilayah dengan tingkat penyebaran yang tinggi. Dari hasil derajat keanggotaan masing-masing kabupaten/kota, hanya wilayah seperti Kota Surabaya, Kabupaten Sidoarjo, Kabupaten Bojonegoro, Kota Pasuruan, Kab. Malang, dan Kab. Madiun yang tergolong dalam Cluster 1, yaitu kategori tingkat penyebaran penyakit menular tinggi. Hal ini dapat dikaitkan dengan jumlah penduduk yang besar, di mana Surabaya memiliki sekitar 2.922,0 jiwa, Sidoarjo 1.325,3 jiwa, Malang 2.736 jiwa, kab. Nganjuk 1.131,8 jiwa, kab pasuruan 1.657,2 jiwa dan Bojonegoro 1.325,3 jiwa pada tahun 2024 [10]. Dengan demikian, pengelompokan wilayah berdasarkan karakteristik jenis penyakit menular yang serupa melalui algoritma Fuzzy C-Means telah berhasil mengidentifikasi secara wilayah penyebaran yang risiko tinggi dan rendah di Provinsi Jawa Timur.

Hasil pengelompokan ini dapat dijadikan dasar saran bagi pemerintah daerah maupun Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Timur untuk menetapkan prioritas intervensi kesehatan masyarakat. Dengan mengetahui bahwa wilayah seperti Kota Surabaya, Kabupaten Sidoarjo, dan Kabupaten Bojonegoro termasuk dalam Cluster 1 (kategori tinggi), pemerintah dapat memfokuskan kebijakan pada pengendalian aktif penyakit menular melalui peningkatan kapasitas fasilitas kesehatan, intensifikasi program surveilans epidemiologi, serta penyediaan tenaga kesehatan dan alat deteksi cepat di wilayah padat penduduk. Selain itu, diperlukan peningkatan cakupan vaksinasi, penanganan cepat kasus penyakit menular, serta kampanye kesehatan berskala besar yang menjangkau lingkungan kerja, industri, dan permukiman padat.

Untuk wilayah dengan kategori rendah Cluster 2, kebijakan yang dapat diterapkan oleh pemerintah daerah berfokus pada upaya pencegahan dan pemeliharaan kondisi kesehatan masyarakat agar tingkat penyebaran penyakit tetap rendah. Pemerintah perlu memperkuat program promotif dan preventif seperti edukasi perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS), vaksinasi rutin, serta peningkatan kesadaran masyarakat terhadap pencegahan penyakit menular. Selain itu, pemantauan dan pemeliharaan kualitas lingkungan untuk mencegah munculnya penyakit baru. Pemerintah daerah dapat meningkatkan sistem surveilans berbasis komunitas guna mendeteksi dini perubahan pola penyakit, menjaga ketersediaan fasilitas kesehatan dasar seperti puskesmas dan layanan kesehatan keliling, serta mendorong kolaborasi lintas sektor antara dinas kesehatan, pendidikan, dan lingkungan hidup. Dengan demikian, wilayah berisiko rendah perlu dipertahankan statusnya melalui langkah-langkah preventif dan monitoring berkelanjutan agar tidak terjadi peningkatan kasus penyakit menular di masa mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Tim DISCOVER dalam pembuatan template ini.

REFERENSI

- [1] Kementerian Kesehatan, “Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2020 tentang Rencana Strategis Kementerian Kesehatan Tahun 2020–2024,” 2020.
- [2] DITJEN PENCEGAHAN DAN PENGENDALIAN PENYAKIT, “RENCANA AKSI PROGRAM (RAP) TAHUN 2020-2024.”
- [3] Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, “provinsi jawa timur dalam angka 2025,” 2025.
- [4] sylfia hafiz, muhammad, anggraini, “KLAUSTERISASI PENYAKIT MENULAR DI INDONESIA MENGGUNAKAN METODE K-MEANS CLUSTERING,” *J-Com (Journal Comput.*, vol. Vol. 4 No..
- [5] M. A. Ramadhan, E. Poerwandono, Y. Akbar, and A. Z. Hidayat, “Analisis Clustering Penyakit Menular pada Manusia di Jakarta Timur Menggunakan Algoritma K-Means,” *J. JTIK (Jurnal Teknol. Inf. dan Komunikasi)*, vol. 9, no. 1, pp. 52–58, 2024, doi: 10.35870/jtik.v9i1.3007.
- [6] G. S. Nugraha and B. A. Riyandari, “Implementasi Fuzzy C-Means Untuk Pengelompokan Daerah Berdasarkan Indikator Kesehatan,” *J. Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 52–62, 2020, doi: 10.36294/jurti.v4i1.1222.
- [7] R. K. Dinata, S. Safwandi, N. Hasdyna, and N. Azizah, “Analisis K-Means Clustering pada Data Sepeda Motor,” *INFORMAL Informatics J.*, vol. 5, no. 1, p. 10, 2020, doi: 10.19184/isj.v5i1.17071.
- [8] A. Nurzida, I. T. Utami, and M. Y. Rochayani, “Perbandingan Metode Fuzzy C-Means Dan Gustafson-Kessel Dalam Penentuan Cluster Tingkat Risiko Penularan Tuberculosis Terhadap Penyakit Di Jawa Timur,” *J. Gaussian*, vol. 13, no. 2, pp. 373–382, 2024, doi: 10.14710/j.gauss.13.2.373-382.
- [9] R. D. Faturahman and N. Hidayati, “Implementasi Fuzzy C-Means Dalam Pengelompokan Tingkat Kemiskinan Pada Kabupaten/Kota Di Provinsi Jawa Tengah,” *JIPi (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.*, vol. 10, no. 1, pp. 137–149, 2025, doi: 10.29100/jipi.v10i1.5747.
- [10] Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, “Penduduk, Laju Pertumbuhan Penduduk, Distribusi Persentase Penduduk Kepadatan Penduduk, Rasio Jenis Kelamin Penduduk Menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur, 2024,” 2024. [Online]. Available: <https://jatim.bps.go.id/id/statistics-table/3/V1ZSbFRUY3ITbFpEYTNsVWNGcDZjek53YkhsNFFUMDkjMyMzNTAw/jumlah-penduduk--laju-pertumbuhan-penduduk--distribusi-persentase-penduduk--kepadatan-penduduk--rasio-jenis-kelamin-penduduk-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-jawa-timur.html?year=2024>