

PENERAPAN CENTER DISPLACEMENT FUZZY K-MEANS UNTUK PEMETAAN KEMISKINAN DI PULAU JAWA

Fitri Hidayah Sundawati

Politeknik Manufaktur Bandung

e-mail: fitri.hsundawati@polman-bandung.ac.id

ABSTRAK

Kemiskinan di Pulau Jawa masih menjadi tantangan struktural yang kompleks meskipun ada tren penurunan dengan disparitas antar kabupaten/kota yang signifikan. Tujuan dari penelitian ini adalah memetakan tipologi wilayah berdasarkan indikator kemiskinan melalui pendekatan kuantitatif menggunakan algoritma *Center Displacement Fuzzy K-Means* (CDFKM). Metode tersebut dipilih karena mampu menangani tumpang tindih keanggotaan klaster dengan efisiensi komputasi yang lebih baik dibandingkan Fuzzy K-Means konvensional. Data sekunder bersumber dari BPS (2024) pada 119 kabupaten/kota yang terletak di enam provinsi Pulau Jawa. Variabel dalam penelitian ini meliputi tingkat kemiskinan, pendidikan, kesehatan, akses air bersih, kepadatan hunian, serta pola pengeluaran rumah tangga. Validitas dari klaster hasil pengelompokan dievaluasi menggunakan Koefisien *Silhouette*. Hasil penelitian menunjukkan konfigurasi optimal pada dua klaster. Klaster pertama mencerminkan wilayah urban dengan kemiskinan relatif rendah namun menghadapi kerentanan pada kepadatan hunian, beban pengeluaran pangan, dan keterbatasan jaminan kesehatan. Klaster kedua merepresentasikan wilayah rural dengan tingkat kemiskinan lebih tinggi, akses air bersih yang terbatas, serta beban kesehatan lingkungan yang lebih buruk. Temuan ini menegaskan pentingnya pendekatan berbasis data dalam perumusan kebijakan, dengan intervensi yang disesuaikan terhadap profil kerentanan spesifik tiap wilayah di Pulau Jawa.

Kata Kunci: *Kemiskinan, Center Displacement Fuzzy K-Means, Tipologi wilayah*

ABSTRACT

Poverty in Java Island remains a complex structural challenge despite a downward trend, with significant disparities between districts/cities. This study aims to map regional typologies based on poverty indicators, thus carrying out quantitative research, with the help of the Center Displacement Fuzzy K-Means (CDFKM) algorithm. This method was chosen because it is able to handle overlapping cluster membership with better computational efficiency than conventional Fuzzy K-Means. Secondary data were sourced from BPS (2024) for 119 districts/cities located in six provinces of Java Island. These include poverty levels, education, health, access to clean water, housing density, and household expenditure patterns. The validity of the clustering results was evaluated using the Silhouette Coefficient. The results indicate an optimal configuration of two clusters. The first cluster reflects urban areas with relatively low poverty but facing vulnerabilities in housing density, food expenditure burden, and limited health insurance coverage. The second cluster represents rural areas with higher poverty levels, limited access to clean water, and poorer environmental health conditions. These findings suggest the importance of data-driven approaches in policy formulation, with interventions tailored to the specific vulnerability profiles of each region in Java.

Keywords: *Poverty, Center Displacement Fuzzy K-Means, Regional Typology*

PENDAHULUAN

Kemiskinan masih menjadi sebuah tantangan struktural yang signifikan dan persisten di Indonesia, berfungsi sebagai penghambat utama dalam upaya mencapai pembangunan yang

Copyright (c) 2025 KNOWLEDGE : Jurnal Inovasi Hasil Penelitian dan Pengembangan

adil dan merata. Dalam menghadapi permasalahan yang kompleks ini, pendekatan kebijakan yang berbasis pada bukti dan data (*evidence-based policy*) menjadi sebuah keharusan. Pemerintah dan para pemangku kepentingan tidak lagi dapat mengandalkan strategi yang bersifat umum atau "satu ukuran untuk semua," melainkan dituntut untuk mampu merancang intervensi yang sangat terarah, efisien, dan tepat sasaran. Hal ini menuntut adanya sebuah pemahaman yang mendalam dan bernaluansa mengenai karakteristik kemiskinan di berbagai wilayah. Kemampuan untuk mengidentifikasi, memetakan, dan menganalisis pola-pola kemiskinan secara akurat merupakan langkah awal yang paling fundamental dalam merumuskan kebijakan pengentasan kemiskinan yang efektif. Oleh karena itu, pemanfaatan teknik analisis data yang canggih untuk mengungkap struktur tersembunyi dalam data sosial-ekonomi bukan lagi sebuah pilihan, melainkan sebuah kebutuhan strategis.

Secara khusus, Pulau Jawa menghadirkan sebuah paradoks yang kompleks dalam peta kemiskinan nasional. Sebagai pusat demografi, ekonomi, dan politik negara, Pulau Jawa merupakan episentrum kemajuan sekaligus tempat tinggal bagi mayoritas penduduk Indonesia. Namun, di balik citra kemajuan tersebut, tersembunyi sebuah realitas disparitas atau ketimpangan tingkat kemiskinan yang sangat tajam antar kabupaten dan kota (Muta'ali et al., 2024). Variasi kondisi sosial-ekonomi yang ekstrem ini menciptakan sebuah pola spasial kemiskinan yang sangat tidak seragam, di mana wilayah-wilayah dengan tingkat kemakmuran tinggi dapat bertetangga langsung dengan kantong-kantong kemiskinan yang akut (Triscowati et al., 2019). Heterogenitas yang tinggi ini menegaskan bahwa pendekatan analitik yang mampu menggali dan menggambarkan perbedaan karakteristik antar daerah menjadi sangat vital. Perumusan kebijakan yang lebih presisi dan efektif untuk setiap wilayah akan sangat bergantung pada ketersediaan pemetaan yang detail dan akurat (Eliezer, 2022).

Kondisi ideal yang dicita-citakan adalah tersedianya sebuah sistem perencanaan pembangunan yang mampu merespons secara adaptif terhadap karakteristik unik dari setiap daerah. Namun, realitasnya seringkali menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan akan kebijakan yang terperinci dengan pendekatan yang masih bersifat pukul rata. Studi-studi terkini, misalnya yang dilakukan di Provinsi Jawa Timur, menunjukkan bahwa meskipun angka kemiskinan secara agregat menunjukkan tren penurunan, beban kemiskinan historis di beberapa wilayahnya tetap tinggi, yang mengindikasikan adanya masalah struktural yang belum tersentuh (Hoiroh et al., 2024). Kesenjangan antara data makro yang positif dengan realitas mikro yang masih menantang ini menegaskan perlunya sebuah pendekatan berbasis data yang lebih mendalam untuk dapat membedakan tipologi wilayah dan merancang intervensi yang benar-benar tepat sasaran. Tanpa adanya pemetaan yang detail, sumber daya yang terbatas berisiko dialokasikan secara tidak efisien dan program yang dijalankan tidak menyentuh akar permasalahan yang sesungguhnya (Mayasari, 2023).

Untuk menjembatani kesenjangan ini, teknik klasterisasi (*clustering*) menjadi sebuah pendekatan analitik yang sangat relevan dan kuat. Klasterisasi adalah sebuah metode dalam ilmu data yang bertujuan untuk mengelompokkan sekumpulan objek—dalam hal ini kabupaten atau kota—ke dalam beberapa grup atau klaster berdasarkan kemiripan karakteristik yang dimiliki. Tujuannya adalah agar objek-objek di dalam satu klaster memiliki kemiripan yang tinggi satu sama lain, sementara objek-objek di klaster yang berbeda memiliki perbedaan yang signifikan. Dalam konteks analisis kemiskinan, teknik ini telah terbukti sangat berguna untuk mengidentifikasi wilayah-wilayah prioritas serta karakteristik sosial-ekonomi yang spesifik yang perlu mendapatkan perhatian khusus dalam perumusan kebijakan (Niswatin et al., 2021). Pendekatan berbasis klaster ini mampu mengubah data mentah yang kompleks menjadi sebuah peta tipologi kemiskinan yang lebih mudah dipahami dan dapat ditindaklanjuti oleh para pengambil keputusan (Amelia et al., 2025).

Di antara berbagai algoritma klasterisasi, metode *Fuzzy K-Means (FKM)* seringkali menjadi pilihan yang unggul dalam analisis data sosial-ekonomi. Berbeda dengan metode klasterisasi tradisional yang bersifat "keras" (di mana setiap objek harus masuk ke dalam satu klaster saja), *FKM* menggunakan pendekatan "lunak" atau *fuzzy*. Pendekatan ini memungkinkan sebuah wilayah untuk memiliki derajat keanggotaan pada lebih dari satu klaster secara bersamaan, yang seringkali lebih realistik dalam menggambarkan kondisi sosial yang kompleks dan tidak hitam-putih (Xu, 2016). Namun, di balik keunggulannya dalam menangkap nuansa, metode *FKM* memiliki sebuah kelemahan yang signifikan, yaitu cukup mahal secara komputasi. Prosesnya yang melibatkan perhitungan jarak dari setiap titik data ke setiap pusat klaster pada setiap iterasinya dapat menjadi sangat lambat dan memakan banyak sumber daya, terutama ketika dihadapkan pada dataset yang besar seperti data seluruh kabupaten/kota di Pulau Jawa.

Menjawab tantangan komputasi tersebut, maka nilai kebaruan dan inovasi utama dari penelitian ini terletak pada penerapan sebuah varian algoritma yang lebih efisien, yaitu *Center Displacement Fuzzy K-Means (CDFKM)*. Algoritma *CDFKM* diperkenalkan sebagai sebuah solusi cerdas untuk mempercepat proses konvergensi tanpa harus mengorbankan kualitas hasil klasterisasi. Inovasinya terletak pada mekanisme pemanfaatan informasi perpindahan atau pergeseran posisi pusat klaster pada setiap iterasinya. Algoritma ini mampu membedakan antara pusat klaster yang sudah "stabil" (sedikit bergerak) dengan pusat klaster yang masih "aktif" (bergerak secara signifikan). Dengan memfokuskan kembali perhitungan jarak yang intensif hanya pada data-data yang paling mungkin terpengaruh oleh pergerakan pusat klaster yang aktif, *CDFKM* mampu memangkas sejumlah besar perhitungan yang tidak perlu. Bukti empiris menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat mengurangi waktu komputasi secara drastis dibandingkan dengan algoritma *FKM* konvensional.

Sebuah proses klasterisasi yang baik tidak hanya berhenti pada saat algoritma selesai dijalankan, tetapi harus dilanjutkan dengan tahap validasi untuk memastikan kualitas dari klaster yang terbentuk. Untuk tujuan ini, penelitian ini akan menggunakan *Koefisien Silhouette* sebagai metrik evaluasi utama. *Koefisien Silhouette* adalah sebuah metode yang sangat efektif untuk mengukur seberapa baik sebuah objek ditempatkan di dalam klasternya. Metrik ini secara cerdas menggabungkan dua kriteria penting: *compactness* (kekompakan), yaitu seberapa dekat sebuah objek dengan anggota lain di dalam klasternya sendiri, dan *separation* (keterpisahan), yaitu seberapa jauh objek tersebut dari anggota di klaster tetangga terdekat. Nilai *silhouette* yang tinggi mengindikasikan bahwa klaster yang terbentuk padat dan terpisah dengan baik. Penggunaan metrik ini terbukti sangat membantu dalam memilih jumlah klaster yang paling optimal dan memberikan keyakinan bahwa pembagian klaster yang dihasilkan benar-benar mencerminkan perbedaan kondisi kemiskinan yang nyata antar kabupaten/kota di Pulau Jawa (Tacharri, 2025).

Berdasarkan serangkaian latar belakang masalah, urgensi pendekatan berbasis data, serta inovasi metodologis yang diajukan, maka penelitian ini dirumuskan dengan tujuan yang jelas dan aplikatif. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk melakukan pemetaan kabupaten/kota di Pulau Jawa berdasarkan serangkaian indikator kemiskinan dengan menggunakan algoritma *Center Displacement Fuzzy K-Means (CDFKM)* yang efisien dan divalidasi dengan *Koefisien Silhouette*. Lebih jauh lagi, penelitian ini juga bertujuan untuk menginterpretasikan tipologi wilayah yang dihasilkan dari proses klasterisasi tersebut. Diharapkan, hasil interpretasi ini dapat menjadi sebuah masukan strategis yang berharga bagi para perencana pembangunan dan pengambil kebijakan, baik di tingkat provinsi maupun kabupaten/kota. Landasan empiris dari studi pemetaan kemiskinan sebelumnya mengindikasikan kegunaan praktis dari pendekatan ini dalam menyoroti wilayah-wilayah

prioritas dan membantu merancang respons kebijakan pengentasan kemiskinan yang lebih terarah, efektif, dan berbasis bukti (Amelia et al., 2025; Zenklino & Arifin, 2025).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *unsupervised machine learning* melalui teknik *clustering*. Metode utama yang digunakan adalah *Center Displacement Fuzzy K-Means* (CDFKM) untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Pulau Jawa berdasarkan indikator kemiskinan. Pemilihan metode ini didasarkan pada kemampuannya untuk menangani klaster yang saling tumpang tindih dengan efisiensi komputasi yang lebih baik dibandingkan dengan *Fuzzy K-Means* konvensional (Chang et al., 2011). Validitas hasil klaster diukur menggunakan Koefisien *Silhouette*, yang menilai kualitas pemisahan dan kekompakan antar klaster (Kusuma & Rachmawati, 2021).

Data sekunder yang digunakan bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2024, mencakup 119 kabupaten/kota di enam provinsi di Pulau Jawa. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Persentase penduduk miskin
2. Rata-rata lama sekolah penduduk
3. Persentase penduduk mengalami keluhan kesehatan
4. Persentase penduduk tanpa jaminan kesehatan
5. Persentase rumah tangga memakai sumber air tidak terlindung (sumur/mata air tak terlindung, sungai, hujan, dll.)
6. Persentase rumah tangga padat hunian (< 8 m²/kapita)
7. Persentase pengeluaran per kapita untuk makanan

Seluruh data dinormalisasi menggunakan metode *min-max normalization* untuk memastikan semua variabel memiliki skala yang setara sebelum proses klasterisasi dilakukan (Wongoutong, 2024).

Tahapan algoritma CDFKM

Tahapan dalam perhitungan CDFKM (Chang et al., 2011) dimulai dengan menentukan jumlah klaster k, parameter fuzzifier m (umumnya m=2), dan inisialisasi matriks keanggotaan secara acak. Matriks keanggotaan $U = [u_{ij}]$ diinisialisasi dengan nilai acak antara 0 dan 1. Pusat klaster awal dihitung menggunakan rumus berikut:

$$C_j = \frac{(\sum_{i=1}^n u_{ij}^m \times x_i)}{(\sum_{i=1}^n u_{ij}^m)}$$

Dimana C_j adalah pusat klaster ke-j dan u_{ij} adalah derajat keanggotaan data x_i terhadap klaster C_j . Langkah selanjutnya adalah menentuan *center displacement* pada klaster antar iterasi dan membedakan antara pusat yang aktif dan stabil dengan menggunakan rumus:

$$\Delta C_j = \|C_j^{(t)} - C_j^{(t-1)}\|$$

dimana $C_j^{(t)}$ adalah posisi pusat klaster pada iterasi ke-t dan $C_j^{(t-1)}$ adalah posisi pusat klaster pada iterasi sebelumnya. Kemudian memperbarui matriks keanggotaan dengan menghitung ulang jarak untuk pusat yang aktif.

$$C_j^{(t+1)} = \frac{(\sum_{i=1}^n u_{ij}^m \times x_i)}{(\sum_{i=1}^n u_{ij}^m)}$$

Iterasi dihentikan jika perpindahan pusat klaster lebih kecil dari ambang batas yang ditentukan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Validasi dan Pemilihan Jumlah Klaster

Pada penelitian ini, dilakukan pengklasteran kabupaten/kota di Pulau Jawa menggunakan algoritma *Center Displacement Fuzzy K-Means* (CDFKM). Berdasarkan hasil evaluasi menggunakan Koefisien *Silhouette*, diperoleh nilai *Silhouette* untuk masing-masing jumlah klaster (k) sebagai berikut:

Tabel 1. Koefisien Silhouette

Jumlah Klaster (k)	Koefisien Silhouette
2	0,151
3	0,087
4	0,026
5	0,060
6	0,004

Berdasarkan tabel 1 perhitungan Koefisien *Silhouette*, diperoleh nilai tertinggi pada $k=2$, dengan nilai *Silhouette* 0,151. Ini menunjukkan bahwa dua klaster adalah jumlah yang optimal, memberikan pemisahan yang jelas antara wilayah dengan karakteristik kemiskinan yang berbeda. Penurunan nilai *Silhouette* pada $k>2$ menunjukkan bahwa penambahan klaster tidak meningkatkan kualitas pemisahan antarwilayah secara signifikan.

Profil Klaster (CDFKM, $k=2$)

Setelah dilakukan pengelompokan 119 kabupaten/kota di Pulau Jawa berdasarkan indikator kemiskinan kabupaten/kota di pulau jawa menggunakan algoritma *Center Displacement Fuzzy C-Means Clustering* maka diperoleh keanggotaan kabupaten/kota dalam setiap klaster. Berikut adalah kabupaten/kota dalam setiap klaster:

Tabel 2. Keanggotaan Kabupaten/Kota di Pulau Jawa Berdasarkan Indikator Kemiskinan

Anggota Klaster 1		Anggota Klaster 2			
Bogor	Kota Sukabumi	Kepulauan Seribu	Rembang	Kota Yogyakarta	Bojonegoro
Sukabumi	Kota Bandung	Kota Jakarta Selatan	Pati	Pacitan	Tuban
Cianjur	Kota Cirebon	Kota Jakarta Timur	Kudus	Ponorogo	Gresik
Bandung	Kota Bekasi	Kota Jakarta Pusat	Jepara	Trenggalek	Sampang
Garut	Kota Depok	Kota Jakarta Barat	Demak	Tulungagung	Pamekasan
Tasikmalaya	Kota Cimahi	Kota Jakarta Utara	Semarang	Blitar	Sumenep
Ciamis	Kota Tasikmalaya	Cilacap	Temanggung	Malang	Kota Kediri
Kuningan	Kota Banjar	Banyumas	Kendal	Lumajang	Kota Blitar
Cirebon	Grobogan	Purbalingga	Batang	Jember	Kota Malang
Majalengka	Tegal	Banjarnegara	Pekalongan	Banyuwangi	Kota Probolinggo
Sumedang	Kota Tegal	Kebumen	Pemalang	Bondowoso	Kota Pasuruan
Indramayu	Kediri	Purworejo	Brebes	Situbondo	Kota Mojokerto
Subang	Jombang	Wonosobo	Kota Magelang	Probolinggo	Kota Madiun
Purwakarta	Lamongan	Magelang	Kota Surakarta	Pasuruan	Kota Surabaya
Karawang	Bangkalan	Boyolali	Kota Salatiga	Sidoarjo	Kota Batu

Bekasi	Tangerang	Klaten	Kota Semarang	Mojokerto	Pandeglang
Bandung	Serang	Sukoharjo	Kota Pekalongan	Nganjuk	Lebak
Barat		Wonogiri	Kulon Progo	Madiun	Kota Tangerang
Pangandaran	Kota Serang	Karanganyar	Bantul	Magetan	Kota Cilegon
Kota Bogor		Sragen	Gunung Kidul	Ngawi	Kota Tangerang Selatan
		Blora	Sleman		

Tabel 2 menyajikan hasil pengelompokan atau klastering seluruh kabupaten dan kota di Pulau Jawa ke dalam dua kategori berbeda berdasarkan serangkaian indikator kemiskinan. Pengelompokan ini bertujuan untuk memetakan wilayah dengan karakteristik kemiskinan yang serupa. Klaster 1 secara dominan beranggotakan kota-kota besar dan wilayah metropolitan yang menjadi pusat ekonomi dan industri, seperti seluruh wilayah administrasi di DKI Jakarta, Kota Surabaya, Kota Bandung, serta kota-kota satelit utama lainnya. Keanggotaan ini mengindikasikan bahwa Klaster 1 mewakili daerah-daerah dengan tingkat kemiskinan yang relatif lebih rendah dan kondisi ekonomi yang lebih maju. Sebaliknya, Klaster 2 terdiri dari sebagian besar wilayah kabupaten yang cenderung bersifat agraris atau memiliki tingkat industrialisasi lebih rendah, serta beberapa kota kecil. Wilayah seperti Rembang, Pacitan, Bondowoso, dan Lebak masuk dalam kategori ini, menunjukkan bahwa Klaster 2 mencerminkan kantong-kantong kemiskinan dengan tantangan sosial-ekonomi yang lebih signifikan di Pulau Jawa. Dari klaster yang terbentuk, dihitung nilai rata-rata keseluruhan setiap variabel dan juga rata-rata masing-masing klaster seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 3. Rata-rata Indikator Kemiskinan Masing-Masing Klaster

Indikator Kemiskinan	Rata-rata Pulau Jawa	Klaster 1	Klaster 2
Persentase penduduk miskin	9,07	8,33	9,40
rata-rata lama sekolah penduduk	8,74	8,69	8,77
Persentase penduduk yang mengalami keluhan kesehatan	28,99	27,28	29,76
Persentase penduduk yang tidak memiliki jaminan kesehatan	29,54	46,84	21,73
Persentase rumah tangga menurut sumber penggunaan air minum yang bersumber dari air tidak terlindung	13,54	8,69	15,73
Persentase rumah tangga menurut luas hunian perkapita kurang dari 8m persegi	3,94	4,70	3,60
Persentase pengeluaran perkapita untuk makanan	53,62	61,76	49,94

Berdasarkan tabel 3 klaster yang terbentuk menunjukkan dua kelompok wilayah yang sangat berbeda. Klaster 1 mencakup wilayah dengan tingkat kemiskinan lebih rendah, namun mengalami tekanan dalam pengeluaran makanan dan akses jaminan kesehatan yang terbatas. Sebaliknya, Klaster 2 mencakup wilayah dengan kemiskinan yang lebih tinggi dan menghadapi tantangan besar dalam hal kualitas infrastruktur seperti akses air bersih dan sanitasi.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun tingkat kemiskinan dan keluhan kesehatan lebih rendah dibanding rata-rata, wilayah ini masih menghadapi persoalan serius, terutama terkait pengeluaran rumah tangga yang tinggi untuk pangan, minimnya perlindungan jaminan kesehatan, serta kepadatan hunian yang berlebih. Kondisi ini mengindikasikan bahwa

Klaster 1, yang umumnya berada di kawasan urban padat, mengalami kerentanan finansial yang tidak hanya dipengaruhi oleh tingkat pendapatan, tetapi juga oleh pola perilaku finansial dan pengelolaan pengeluaran rumah tangga. Noerhidajati (2020) menegaskan bahwa meskipun kemiskinan rendah, kerentanan finansial dapat tetap tinggi apabila rumah tangga tidak mampu mengelola keuangan secara efektif, sehingga risiko terhadap guncangan ekonomi tetap signifikan. Kerentanan ini semakin diperparah oleh rendahnya cakupan jaminan kesehatan, terutama pada segmen pekerja sektor informal yang kerap mengalami kesulitan membayar iuran Jaminan Kesehatan Nasional (JKN). Penelitian Muttaqien et al. (2021) menunjukkan bahwa pekerja informal menghadapi risiko *under-insurance* akibat fluktuasi pendapatan yang tidak menentu, sehingga diperlukan mekanisme subsidi dan penyesuaian premi yang lebih responsif terhadap kondisi mereka. Oleh karena itu, intervensi kebijakan di wilayah ini sebaiknya diarahkan pada peningkatan akses layanan kesehatan, perluasan cakupan JKN untuk segmen informal, serta program edukasi pengelolaan keuangan rumah tangga agar masyarakat mampu meningkatkan ketahanan finansial sekaligus kualitas hidupnya.

Sedangkan dalam Klaster 2, meskipun biaya hidup relatif lebih rendah dan akses terhadap asuransi kesehatan lebih baik dibanding wilayah perkotaan, tantangan sosial-ekonomi yang dihadapi masih cukup besar. Tingkat kemiskinan lebih tinggi, salah satu indikasinya terlihat dari keterbatasan akses terhadap air terlindung serta tingginya beban penyakit yang muncul akibat kondisi lingkungan yang kurang sehat. Walaupun akses pendidikan sedikit lebih baik dan kepadatan hunian lebih rendah, klaster ini tetap mencerminkan karakteristik wilayah rural yang membutuhkan intervensi pembangunan lebih mendalam. Upaya perbaikan infrastruktur dasar, terutama pada sektor air bersih dan sanitasi, menjadi sangat krusial. Daniel et al. (2022) menegaskan bahwa keberhasilan program penyediaan air bersih berbasis komunitas seperti PAMSIMAS sangat dipengaruhi oleh kontribusi finansial masyarakat (*in-cash*), yang terbukti lebih menentukan terhadap keberlanjutan sistem dibandingkan kontribusi fisik (*in-kind*). Selain itu, penelitian Daniel et al (2021) menyoroti bahwa dalam kerangka FIETS (Finansial, Institusional, Lingkungan, Teknis, Sosial), faktor institusional menjadi leverage utama yang menentukan keberlanjutan layanan WASH di pedesaan Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa intervensi di Klaster 2 tidak cukup hanya berupa bantuan infrastruktur, melainkan juga harus memperkuat kapasitas kelembagaan lokal dan pemberdayaan ekonomi masyarakat. Dengan demikian, strategi pembangunan yang komprehensif melalui perbaikan sarana air bersih, sanitasi, serta penguatan ekonomi lokal diharapkan mampu mengurangi ketergantungan masyarakat rural terhadap bantuan sosial sekaligus meningkatkan kualitas hidup mereka secara berkelanjutan.

Implikasi Kebijakan

Pada Klaster 1, tantangan utama yang dihadapi berkaitan dengan rendahnya cakupan jaminan kesehatan (*under-insurance*) serta kepadatan penduduk yang memicu berbagai persoalan sosial-ekonomi. Untuk mengatasinya, langkah strategis yang perlu diambil adalah memperluas serta mengaktifkan kembali kepesertaan Jaminan Kesehatan Nasional (JKN), khususnya bagi segmen pekerja informal. Mengingat sifat pendapatan sektor informal yang tidak menentu, strategi kebijakan yang menyesuaikan besaran premi dengan kemampuan bayar menjadi krusial. Hal ini sejalan dengan temuan Muttaqien et al. (2021) yang menekankan perlunya mekanisme subsidi dan fleksibilitas premi agar pekerja informal tetap terlindungi secara berkelanjutan.

Di sisi lain, kepadatan hunian di wilayah urban padat menuntut adanya upaya sistematis untuk meningkatkan kualitas permukiman. Perbaikan ventilasi, sanitasi, dan ruang hunian, disertai regulasi mengenai sewa serta kepemilikan rumah mikro, merupakan langkah yang tidak hanya meningkatkan kualitas hidup, tetapi juga mengurangi risiko kesehatan yang sering

muncul akibat kondisi lingkungan padat. Dalam konteks ini, intervensi berbasis promotif dan preventif menjadi sangat relevan. Noerhidajati (2020) menekankan bahwa kerentanan rumah tangga bukan semata ditentukan oleh tingkat kemiskinan, melainkan juga oleh kemampuan mengelola keuangan dan perilaku adaptif terhadap risiko. Artinya, program kesehatan preventif yang difokuskan pada penyakit berbasis perilaku dan lingkungan di kawasan padat perlu diintegrasikan dengan edukasi finansial dan literasi kesehatan.

Selain itu, memperkuat ketahanan konsumsi rumah tangga juga menjadi prioritas. Edukasi gizi, bantuan sosial yang adaptif terhadap fluktuasi harga pangan, serta program peningkatan produktivitas dan pendapatan bagi sektor informal merupakan pilar penting untuk menciptakan rumah tangga yang lebih resilien. Sejalan dengan temuan Noerhidajati (2020), kombinasi antara inklusi finansial dan literasi memberikan dasar yang kokoh bagi masyarakat untuk menghadapi guncangan ekonomi sekaligus meningkatkan kesejahteraan jangka panjang. Dengan demikian, kebijakan untuk Klaster 1 harus diarahkan pada integrasi antara perluasan akses jaminan kesehatan, perbaikan kualitas permukiman, dan penguatan ketahanan finansial, agar masyarakat urban padat dapat keluar dari lingkaran kerentanan.

Sementara itu, Klaster 2 dihadapkan pada tantangan besar berupa tingginya tingkat kemiskinan dan keterbatasan akses terhadap air bersih. Dalam konteks ini, prioritas utama yang harus segera dilakukan adalah pelaksanaan program *Water, Sanitation, and Hygiene* (WASH), mencakup pembangunan jaringan pipanisasi, penyediaan sumber air terlindung, perlindungan sumur, serta kampanye higienitas yang berkelanjutan untuk meningkatkan kualitas air dan sanitasi. Namun, agar program ini benar-benar berjalan efektif, tidak cukup hanya dengan penyediaan infrastruktur, melainkan juga perlu keterlibatan aktif masyarakat. Daniel et al. (2022) menunjukkan bahwa kontribusi finansial reguler dari komunitas memiliki pengaruh signifikan terhadap keberfungsiannya sistem pasokan air pedesaan, bahkan lebih kuat dibandingkan kontribusi dalam bentuk tenaga atau material. Artinya, desain program WASH di Klaster 2 harus diarahkan pada mekanisme partisipasi masyarakat yang mendorong keberlanjutan melalui iuran dan pengelolaan bersama.

Selain itu, keberhasilan jangka panjang dari intervensi WASH sangat ditentukan oleh kapasitas kelembagaan lokal. Daniel et al (2021) menegaskan bahwa dalam kerangka FIETS (Finansial, Institusional, Lingkungan, Teknis, dan Sosial), faktor institusional merupakan *leverage kritis* dalam menjamin keberlanjutan layanan air bersih dan sanitasi di wilayah pedesaan. Dengan demikian, penguatan institusi lokal seperti *water board* atau lembaga pengelola desa harus menjadi fokus utama, agar infrastruktur yang dibangun tidak hanya berfungsi sesaat, tetapi dapat terus dimanfaatkan dalam jangka panjang.

Sejalan dengan itu, upaya kesehatan masyarakat di Klaster 2 perlu diarahkan pada *community screening* dan pengendalian penyakit berbasis lingkungan, terutama yang terkait dengan kualitas air dan sanitasi. Di sisi lain, penguatan ekonomi rumah tangga juga tidak kalah penting, yakni melalui integrasi bantuan produktif, pelatihan vokasi, serta perluasan akses terhadap pasar dan layanan keuangan mikro, sehingga masyarakat tidak hanya menjadi penerima manfaat, tetapi juga mampu menggerakkan kemandirian ekonomi. Meski cakupan JKN di wilayah ini sudah relatif baik, optimalisasi tetap diperlukan dengan memperluas layanan promotif-preventif serta memperkuat sistem rujukan kesehatan agar lebih efektif. Dengan pendekatan yang holistik—menggabungkan perbaikan infrastruktur dasar, penguatan kelembagaan lokal, peningkatan kesehatan masyarakat, dan pemberdayaan ekonomi—Klaster 2 dapat keluar dari lingkaran kerentanan menuju kondisi yang lebih sejahtera dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kemiskinan di Pulau Jawa memiliki pola spasial yang heterogen dan membutuhkan pendekatan yang lebih presisi. Melalui algoritma *Center Displacement Fuzzy K-Means* (CDFKM), wilayah dapat dipetakan ke dalam dua klaster utama: Klaster 1 mewakili kawasan urban padat dengan tingkat kemiskinan lebih rendah, tetapi rentan akibat tingginya pengeluaran pangan, keterbatasan jaminan kesehatan, dan kepadatan hunian; sedangkan Klaster 2 menggambarkan kawasan rural dengan tingkat kemiskinan lebih tinggi, akses air bersih terbatas, dan beban penyakit yang lebih berat. Hal ini menegaskan bahwa kebijakan pengentasan kemiskinan tidak bisa diseragamkan, tetapi harus disesuaikan dengan tipologi wilayah masing-masing. Hasil ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi penyusunan strategi yang lebih terarah: memperluas cakupan JKN dan memperbaiki kualitas permukiman di wilayah urban, serta memperkuat infrastruktur dasar, program WASH, dan kelembagaan lokal di wilayah rural.

DAFTAR PUSTAKA

Amelia, M., et al. (2025). Penerapan metode K-Means clustering dalam pemetaan kemiskinan kabupaten/kota di Indonesia untuk perencanaan kebijakan yang tepat. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET)*, 13(2), 437–444. <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i2.6231>

Chang, C.-T., et al. (2011). A fuzzy K-means clustering algorithm using cluster center displacement. *Journal of Information Science and Engineering*, 27, 995–1009.

Daniel, D., et al. (2021). A system dynamics model of the Community Based Rural Drinking Water Supply Program (PAMSIMAS) in Indonesia. *Water*, 13(4), 507. <https://doi.org/10.3390/w13040507>

Daniel, D., et al. (2021). Interaction of factors influencing the sustainability of Water, Sanitation, and Hygiene (WASH) services in rural Indonesia: Evidence from small surveys of WASH related stakeholders in Indonesia. *Water*, 13(3), 314. <https://doi.org/10.3390/w13030314>

Daniel, D., et al. (2022). The effect of community contribution on the functionality of rural water supply programs in Indonesia. *Groundwater for Sustainable Development*, 19, Article 100822. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2022.100822>

Eliezer, W. R. (2022). Pemodelan faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kemiskinan di Pulau Jawa dengan mempertimbangkan efek regional tahun 2022. *Indonesian Journal of Applied Statistics*, 5(1), 67–78. <https://doi.org/10.13057/ijas.v7i2.87342>

Hoiroh, H., et al. (2024). Analisis kemiskinan Jawa Timur. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Pembangunan*, 2(1), 40–48. <https://jpwp.jurnal.unej.ac.id/index.php/JPWP/article/view/47928>

Kusuma, D. A., & Rachmawati, R. (2021). Analisis pengelompokan provinsi di Indonesia berdasarkan indikator ketenagakerjaan menggunakan K-Means dan Silhouette Coefficient. *Jurnal Statistika dan Aplikasinya*, 5(2), 150–160. <https://doi.org/10.26740/jsa.v5n2.p150-160>

Mayasari, S. N. (2023). Implementasi K-Means cluster analysis untuk mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan data kemiskinan di Provinsi Jawa Tengah. *Konstelasi: Konvergensi Teknologi dan Sistem Informasi*, 3(2), 324–335. <https://doi.org/10.24002/konstelasi.v3i2.7200>

Muta'ali, L., et al. (2024). Inter-regional poverty disparities in Java, Indonesia: An analysis of key influencing factors (2010–2020). *Planning Malaysia: Journal of the Malaysian Institute of Planners*, 22(2), 45–62. <https://doi.org/10.21837/pm.v22i31.1483>

Muttaqien, M., et al. (2021). Why did informal sector workers stop paying for health insurance in Indonesia? Exploring enrollees' ability and willingness to pay. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252708>

Niswatin, K., et al. (2022). Clustering of districts and cities in Indonesia based on poverty indicators using the K-Means method. *ICMS 2021 Proceedings*.

Noerhidajati, S., et al. (2021). Household financial vulnerability in Indonesia: Measurement and determinants. *Economic Modelling*, 96, 433–444. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2020.03.028>

Rousseeuw, P. J. (1987). Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 20, 53–65. [https://doi.org/10.1016/0377-0427\(87\)90125-7](https://doi.org/10.1016/0377-0427(87)90125-7)

Tacharri, C. (2025). Strategic clustering of poverty areas in Central Java using K-Means and Silhouette Evaluation. *Sinkron: Journal of Regional Studies*. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v9i2.14734>

Triscowati, D. W., et al. (2019). Spatio-temporal poverty in Java Island using geographically and temporally weighted regression. *Journal of Physics: Conference Series*, 1211(1), Article 012093. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1211/1/012093>

Wongoutong, C. (2024). The impact of neglecting feature scaling in k means clustering. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0310839>

Xu, J. (2016). Robust and sparse fuzzy K means clustering. *Proceedings of IJCAI*, 317–323.

Zenklinov, A. P., & Arifin, A. (2025). The Fuzzy-Possibilistic Product Partition c-Means (FPPPCM) algorithm for clustering the welfare levels of regencies in East Java. *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, 21(3), 754–762. <https://doi.org/10.20956/j.v21i3.43339>