

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendidikan merupakan salah satu faktor penting dalam pembangunan sumber daya manusia yang berkualitas dan berdaya saing. Tingkat cakupan pendidikan mencerminkan akses dan partisipasi masyarakat dalam layanan pendidikan di suatu wilayah. Akses tersebut dapat dilihat dari ketersediaan sarana pendidikan, termasuk jumlah sekolah pada setiap jenjang, karena pemenuhan kebutuhan sekolah dan sarana pendidikan berkaitan dengan partisipasi pendidikan masyarakat (Pudyastuti dan Mulyaningsih, 2021). Pembangunan infrastruktur pendidikan melalui penambahan jumlah sekolah juga dapat berkontribusi terhadap penurunan ketimpangan pendidikan antar wilayah (Sihombing dan Kusuma, 2022). Capaian pendidikan selanjutnya dapat dilihat melalui indikator Rata-Rata Lama Sekolah (RLS) dan Harapan Lama Sekolah (HLS). RLS adalah jumlah tahun pendidikan formal yang telah ditempuh penduduk usia 25 tahun ke atas, sedangkan HLS adalah lamanya sekolah yang diharapkan akan dijalani anak pada masa mendatang (Badan Pusat Statistik, 2014). Kedua indikator ini digunakan dalam dimensi pengetahuan pada penghitungan Indeks Pembangunan Manusia, sehingga menjadi ukuran penting dalam menggambarkan capaian pembangunan pendidikan suatu wilayah.

Penyelenggaraan pendidikan di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan, terutama terkait ketimpangan antar wilayah. Ketimpangan tersebut berkaitan dengan belum meratanya akses pendidikan dan fasilitas pendukungnya, sehingga menimbulkan perbedaan kesempatan masyarakat dalam memperoleh

layanan pendidikan (Anwar, 2022). Distribusi sarana pendidikan yang tidak merata dapat menyebabkan akses pendidikan di sejumlah daerah tetap terbatas dan berdampak pada rendahnya partisipasi pendidikan masyarakat (Pudyastuti dan Mulyaningsih, 2021). Ketimpangan tersebut menunjukkan bahwa pembangunan pendidikan belum sepenuhnya merata. Pulau Jawa secara umum memiliki tingkat pembangunan yang relatif lebih tinggi dibandingkan wilayah lain di Indonesia, perbedaan antar kabupaten/kota di dalamnya masih menunjukkan variasi yang nyata dalam capaian pendidikan, termasuk pada indikator harapan lama sekolah dan rata-rata lama sekolah (Adiningtyas dan Budyandra, 2019).

Ketimpangan tingkat cakupan pendidikan di Pulau Jawa menunjukkan perlunya metode statistik yang mampu mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan kemiripan karakteristik antar wilayah. Analisis kluster merupakan teknik multivariat yang bertujuan mengelompokkan objek ke dalam kelompok yang relatif homogen berdasarkan tingkat kemiripan karakteristiknya (Hair *et al.*, 2010). Analisis kluster dibedakan menjadi metode hierarki (*hierarchical method*) dan metode nonhierarki (*non-hierarchical method*). Metode hierarki membentuk struktur pengelompokan bertingkat atau *tree-like structure*, sedangkan metode nonhierarki mengelompokkan data ke dalam sejumlah k kluster yang telah ditentukan sebelumnya (Hair *et al.*, 2010).

Analisis kluster pada data tingkat cakupan pendidikan melibatkan beberapa indikator yang dianalisis secara simultan. Pengolahan data multivariat terkadang mengalami korelasi yang tinggi antar variabel dan menimbulkan redundansi informasi sehingga diperlukan teknik yang mampu menyederhanakan struktur data. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Principal Component Analysis*

(PCA), teknik yang menjelaskan struktur varians-kovarians sejumlah variabel melalui beberapa kombinasi linear dan mentransformasikan variabel yang saling berkorelasi menjadi komponen utama yang saling tidak berkorelasi atau ortogonal (Johnson dan Wichern, 2007). PCA dapat digunakan untuk reduksi dimensi dan membantu mengurangi pengaruh korelasi tinggi antar variabel sebelum proses *clustering* dilakukan. Penggunaan PCA sebagai tahap sebelum *clustering* perlu dilakukan secara hati-hati, karena tidak selalu menjamin peningkatan kualitas pengelompokan pada setiap data (Yeung dan Ruzzo, 2001).

Representasi data yang telah direduksi kemudian digunakan sebagai dasar dalam proses pengelompokan. Karakteristik tingkat cakupan pendidikan memungkinkan adanya tumpang tindih pola antar wilayah, sehingga batas pengelompokan tidak selalu bersifat tegas. Kondisi ini menuntut metode klaster yang mampu memberikan derajat keanggotaan pada setiap objek. Metode *Fuzzy C-Means* (FCM) digunakan dalam penelitian ini untuk mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan kemiripan karakteristik tingkat cakupan pendidikan. Metode FCM cocok digunakan pada data yang tidak memiliki batas tegas antar kelompok, karena setiap objek dapat memiliki derajat keanggotaan pada lebih dari satu klaster. Pendekatan ini dikembangkan dalam kerangka *fuzzy c-partition* oleh Bezdek (1981). FCM memiliki kelemahan karena sensitif terhadap pemilihan pusat klaster awal yang dapat memengaruhi kecepatan konvergensi dan menyebabkan algoritma berhenti pada solusi lokal (Wang *et al.*, 2017). Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan mengintegrasikan *Particle Swarm Optimization* (PSO) ke dalam FCM. PSO diperkenalkan oleh Kennedy dan Eberhart (1995) sebagai metode optimasi berbasis populasi. PSO merupakan metode optimasi yang meniru perilaku

sosial sekelompok partikel dalam mencari solusi optimum melalui proses pembaruan posisi dan kecepatan secara iteratif.

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa integrasi *Particle Swarm Optimization* (PSO) ke dalam *Fuzzy C-Means* (FCM) dapat meningkatkan kualitas hasil klusterisasi. Algoritma hibrida FCM-PSO dilaporkan mampu mengatasi kelemahan FCM konvensional, terutama kecenderungan algoritma untuk terjebak pada solusi optimum lokal (Verma *et al.*, 2021). Pengembangan lebih lanjut melalui integrasi *improved* FCM dan PSO juga menunjukkan kemampuan dalam menangani masalah inisialisasi pusat kluster, data yang mengandung *noise*, serta meningkatkan performa konvergensi (Kumar dan Kumar, 2022). Penelitian terbaru selanjutnya menunjukkan bahwa algoritma *Improved Fuzzy Particle Swarm Optimization Fuzzy C-Means* (IFPSO-FCM) mampu meningkatkan stabilitas klusterisasi dan mengurangi ketergantungan terhadap nilai awal pusat kluster melalui strategi optimasi berbasis *swarm intelligence* dan pemanfaatan *Mahalanobis distance* (Zhang dan Huang, 2025).

Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan kabupaten/kota di Pulau Jawa berdasarkan indikator tingkat cakupan pendidikan tahun 2025 menggunakan metode *Fuzzy C-Means* (FCM) yang dioptimasi dengan *Particle Swarm Optimization* (PSO). Validitas hasil pengelompokan diuji menggunakan *Partition Coefficient* (PC) dan *Modified Partition Coefficient* (MPC) guna memastikan kualitas serta ketepatan kluster yang terbentuk. Hasil pengelompokan diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakteristik wilayah berdasarkan tingkat cakupan pendidikan dan digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam perumusan kebijakan pemerataan pendidikan yang lebih tepat sasaran.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diambil pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil pengelompokan tingkat cakupan pendidikan kabupaten/kota di Pulau Jawa dengan menerapkan metode *Fuzzy C–Means* yang dioptimasi algoritma *Particle Swarm Optimization*?
2. Bagaimana hasil profilisasi kabupaten/kota di Pulau Jawa berdasarkan kluster optimal yang terbentuk?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder mengenai sarana pendidikan (SD, SMP, SMA, dan SMK) serta capaian pendidikan (RLS dan HLS) pada seluruh kabupaten/kota di Pulau Jawa tahun 2025.
2. Metode pengelompokan yang digunakan adalah *Fuzzy C–Means Clustering* yang dioptimasi dengan *Particle Swarm Optimization*, dengan banyak kluster $c = 2,3,4,5,6$, pangkat pembobot $w = 2$, maksimum iterasi (*MaxIter*) sebesar 1000, dan batas kesalahan minimum yang diharapkan sebesar $\varepsilon = 10^{-5}$.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Menentukan pengelompokan tingkat cakupan pendidikan kabupaten/kota di Pulau Jawa dengan menerapkan metode *Fuzzy C–Means* yang dioptimasi algoritma *Particle Swarm Optimization*
2. Memperoleh hasil profilisasi kabupaten/kota di Pulau Jawa berdasarkan kluster optimal yang terbentuk.