

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) mengalami perkembangan yang semakin pesat di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Perkembangan tersebut dapat diamati melalui tingkat penetrasi internet (Listari *et al.*, 2024). Tingkat penetrasi internet adalah persentase penduduk yang sudah terkoneksi internet dibandingkan total jumlah penduduk. Tingkat penetrasi internet di Indonesia pada tahun 2025 mencapai 80,66% dari total populasi, meningkat 1,16% dibandingkan tahun 2024 (Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII), 2025). Peningkatan penetrasi internet tersebut menunjukkan semakin terbukanya akses masyarakat terhadap teknologi digital.

Perkembangan TIK telah mendorong transformasi digital yang membawa perubahan besar dalam cara masyarakat beraktivitas, berinteraksi, bekerja, dan berorganisasi (Kementerian Komunikasi dan Digital, 2025). Transformasi digital bahkan menjadi salah satu fokus utama dalam pembangunan nasional yang tercantum dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2025–2029 dan sebagai salah satu penggerak dalam mewujudkan Visi Indonesia Emas 2045 yang memerlukan kesiapan yang seimbang di seluruh wilayah. Keberhasilan implementasi transformasi digital tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan teknologi, melainkan juga oleh dukungan sumber daya manusia (SDM) yang memiliki kompetensi digital memadai (Bappenas, 2025; Kementerian Komunikasi dan Digital, 2025).

Kementerian Komunikasi dan Digital (Komdigi) mengembangkan Indeks Masyarakat Digital Indonesia (IMDI) untuk mendukung transformasi digital. Indeks Masyarakat Digital Indonesia merupakan instrumen yang memberikan gambaran mengenai tingkat kematangan digital masyarakat Indonesia, mencakup aspek infrastruktur dan ekosistem, literasi digital, pemberdayaan, dan pekerjaan (Kementerian Komunikasi dan Digital, 2025). Nilai IMDI tahun 2025 tercatat mencapai 44,53 poin meningkat dari 43,34 poin pada tahun 2024 atau naik sebesar 1,19 poin. Kenaikan tersebut menunjukkan adanya perkembangan positif dalam kompetensi digital masyarakat Indonesia (Kementerian Komunikasi dan Digital, 2025). Meskipun demikian, capaian peningkatan nasional belum sepenuhnya mencerminkan pemerataan kematangan digital antardaerah. Pemerataan kematangan digital masyarakat di seluruh wilayah Indonesia masih menjadi tantangan. Berdasarkan data IMDI, pada tahun 2024 nilai indeks tertinggi tercatat di Provinsi DKI Jakarta sebesar 50,50 poin, sedangkan nilai terendah berada di Provinsi Papua Pegunungan sebesar 32,48 poin sehingga terdapat selisih sebesar 18,02 poin. Pada tahun 2025, nilai IMDI tertinggi masih tercatat di Provinsi DKI Jakarta sebesar 56,97 poin dan nilai terendah berada di Provinsi Papua Pegunungan sebesar 31,11 poin dengan selisih sebesar 25,86 poin. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kesenjangan tingkat kematangan digital masyarakat di Indonesia semakin melebar (Kementerian Komunikasi dan Digital, 2025).

Provinsi Jawa Barat terdiri dari 27 kabupaten/kota dengan jumlah penduduk mencapai 50,759 juta jiwa menjadikan Jawa Barat sebagai provinsi dengan jumlah penduduk terbanyak di Indonesia pada tahun 2025 (Badan Pusat Statistik, 2025). Provinsi Jawa Barat menempati posisi ketiga dengan IMDI tertinggi di Indonesia

tahun 2025 dengan nilai IMDI 52,05 dari 100 poin. Kota Bandung yang berada di Provinsi Jawa Barat tercatat sebagai daerah dengan nilai IMDI tertinggi di wilayah Indonesia bagian barat, yaitu sebesar 64,77 dari 100 poin. Namun, masih terdapat kabupaten/kota yang memiliki nilai di bawah rata-rata nasional, salah satunya Kabupaten Subang dengan nilai IMDI 40,82 poin. Kondisi ini menunjukkan kesenjangan tidak hanya terjadi antar provinsi tetapi di dalam suatu provinsi ada kesenjangan (Kementerian Komunikasi dan Digital, 2025).

Kesenjangan yang terjadi dan pencapaian indeks yang masih jauh dari 100 menjadi alarm bagi pemerintah untuk melakukan langkah-langkah strategis pemerataan dan peningkatan digital masyarakat. Analisis lebih lanjut mengenai dinamika perkembangan digital diperlukan untuk mengidentifikasi pola kesamaan karakteristik tersembunyi pada kematangan digital antar daerah. Informasi tersebut diperlukan bagi pemerintah daerah untuk mendukung perumusan kebijakan pemerataan dan pengembangan digital masyarakat yang tepat sasaran sesuai karakteristik dan kebutuhan daerah. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kesamaan karakteristik tersebut adalah analisis pengelompokan atau *clustering*. *Clustering* adalah proses mengelompokkan data ke dalam beberapa *cluster* atau kelompok sehingga data yang mirip berada di dalam kelompok yang sama, sedangkan data yang berbeda dikelompokkan ke kelompok berbeda (Rokach & Maimon, 2005). Teknik pengelompokan dibagi menjadi dua jenis, yaitu *hard clustering* dan *soft clustering* (Johra, 2021). *Hard clustering* menempatkan data ke dalam *cluster* secara tegas hanya pada satu *cluster*, sedangkan *soft clustering* menjadikan data memiliki tingkat keanggotaan yang berbeda pada setiap *cluster* (Kurniasari *et al.*, 2021; Li & Wang, 2024). Contoh teknik *soft clustering* antara

lain *Fuzzy C-Means* (FCM) dan *Gaussian Mixture Model* (GMM) (Ambarsari *et al.*, 2023).

Fuzzy C-Means adalah metode pengelompokan data yang menggunakan logika *fuzzy* untuk menentukan derajat keanggotaan setiap data dalam *cluster* tertentu. Data bisa masuk ke dalam lebih dari satu *cluster* dengan derajat keanggotaan yang berbeda-beda (Damiri *et al.*, 2024). FCM juga menawarkan prosedur yang sederhana dan cocok untuk data variabel kontinu (Kumar & Kumar, 2022; Lathifaturrahmah, 2014). *Gaussian Mixture Model* (GMM) adalah model berbasis probabilitas yang mengasumsikan bahwa data terbentuk dari gabungan beberapa distribusi *Gaussian* dengan parameter yang belum diketahui (Muthahharah *et al.*, 2022). GMM mampu memodelkan distribusi probabilitas dari variabel kontinu, mengakomodasi keanggotaan data yang saling tumpang tindih melalui probabilitas keanggotaan, serta memodelkan *cluster* dengan bentuk yang bervariasi (Cai *et al.*, 2026; Huang *et al.*, 2023). Keduanya menyajikan pendekatan *soft clustering* yang membuat setiap objek memiliki derajat keanggotaan/probabilitas pada lebih dari satu *cluster*. Pada berbagai situasi, pendekatan *soft clustering* dinilai lebih realistis dibandingkan dengan *hard clustering* seperti *K-Means* disebabkan objek yang berada pada batas antara beberapa kelompok tidak sepenuhnya dimasukkan ke dalam satu kelompok tertentu (Ariel & Handayani, 2025; Bora & Gupta, 2014).

Metode *Fuzzy C-Means* (FCM) dan *Gaussian Mixture Model* (GMM) telah digunakan dalam penelitian terdahulu untuk keperluan pengelompokan daerah berdasarkan kesamaan karakteristik. Ningtyas *et al.* (2022) menggunakan algoritma *Fuzzy C-Means* (FCM) untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Pulau

Kalimantan berdasarkan indikator kemiskinan. Penelitian tersebut menghasilkan dua *cluster* yang mencerminkan perbedaan tingkat kemiskinan di Pulau Kalimantan. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa FCM mampu mengenali pola kedekatan antar daerah dengan cukup baik. Rochayani & Utami (2025) melakukan penelitian dengan menggunakan metode *Gaussian Mixture Model* untuk memprofilkan risiko stunting di seluruh provinsi di Indonesia. Penelitian tersebut menghasilkan jumlah *cluster* sebanyak 2 berdasarkan nilai BIC terendah, yaitu 1358,24.

Penelitian oleh Ambarsari *et al.* (2023) membandingkan performa metode *Fuzzy C-Means* (FCM) dan *Gaussian Mixture Model* (GMM) dalam pengelompokan tingkat kesejahteraan masyarakat Indonesia. Penelitian tersebut menggunakan tiga metode pengujian validitas, yaitu indeks *Silhouette Coefficient*, indeks *Davies-Bouldin*, dan indeks *Calinski-Harabasz*. Metode FCM dan GMM menemukan bahwa pengelompokan optimal adalah 2 dan 6. Berdasarkan konsistensi hasil ketiga uji validitas yang digunakan mengindikasikan bahwa GMM memiliki performa pengelompokan yang lebih baik dibandingkan FCM. Penelitian oleh Candrawengi *et al.* (2025) membandingkan performa metode *Fuzzy C-Means* (FCM) dan *Gaussian Mixture Model* (GMM) untuk segmentasi konsumen *zero waste* berdasarkan preferensi dan perilaku pembelian. Hasil segmentasi konsumen dengan FCM dan GMM menunjukkan adanya tiga kelompok konsumen yang berbeda. Metode GMM memberikan kinerja yang lebih efektif dibandingkan dengan FCM dalam mengidentifikasi segmen konsumen.

Penelitian yang memanfaatkan data Indeks Masyarakat Digital Indonesia (IMDI) untuk analisis pengelompokan masih terbatas. Penelitian oleh Sari *et al.*

(2025) menggunakan data IMDI 2024 untuk menyusun pengelompokan kabupaten/kota di Indonesia dengan PCA dan *K-Means clustering*. Hasil validasi menunjukkan bahwa dua *cluster* merupakan jumlah *cluster* terbaik, tetapi penelitian tersebut menggunakan tiga *cluster* agar pengelompokan wilayah digital lebih mudah dipahami, yaitu tinggi, menengah, dan rendah. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa data IMDI dapat digunakan untuk analisis pengelompokan wilayah digital. Penelitian mengenai pengelompokan wilayah berbasis empat variabel dimensi pembentuk Indeks Masyarakat Digital Indonesia (IMDI) masih relatif terbatas, khususnya pada tingkat analisis yang lebih rinci seperti kabupaten/kota dalam lingkup provinsi tertentu, dan penelitian ini melakukan perbandingan metode *clustering* berbasis *soft clustering*, seperti *Fuzzy C-Means* (FCM) dan pendekatan berbasis model probabilistik seperti *Gaussian Mixture Model* (GMM) yang masih belum banyak dieksplorasi secara komparatif dalam konteks pengelompokan IMDI.

Penelitian ini berupaya membandingkan performa metode *Fuzzy C-Means* (FCM) dan *Gaussian Mixture Model* (GMM) dalam pengelompokan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat berdasarkan indeks masyarakat digital tahun 2025 yang dipublikasikan oleh Kementerian Komunikasi dan Digital (Komdigi). Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas empat aspek utama IMDI, yakni infrastruktur dan ekosistem, literasi digital, pemberdayaan, dan pekerjaan. Uji validitas yang digunakan dalam penelitian yaitu *Silhouette Coefficient* untuk menentukan jumlah *cluster* optimal. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran mengenai pola karakteristik kematangan digital masyarakat di Provinsi Jawa Barat sekaligus menghasilkan pengelompokan daerah dengan karakteristik

serupa yang dapat mendukung penyusunan strategi transformasi digital dan program pengembangan SDM digital yang lebih tepat sasaran dan sesuai kebutuhan daerah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

- a. Bagaimana penerapan metode *Fuzzy C-Means* (FCM) dan *Gaussian Mixture Model* (GMM) dalam pengelompokan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat berdasarkan indeks masyarakat digital Provinsi Jawa Barat tahun 2025?
- b. Bagaimana perbandingan performa metode *Fuzzy C-Means* (FCM) dan *Gaussian Mixture Model* (GMM) dalam pengelompokan berdasarkan *Silhouette Coefficient*?
- c. Bagaimana hasil *profilisasi clustering* kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat berdasarkan indeks masyarakat digital Provinsi Jawa Barat tahun 2025?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini berfokus pada pengelompokan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat berdasarkan kesamaan karakteristik aspek penyusun indeks masyarakat digital Provinsi Jawa Barat tahun 2025 yang dipublikasikan oleh Komdigi. Data yang digunakan mencakup empat aspek utama dalam Indeks Masyarakat Digital Indonesia (IMDI), yaitu infrastruktur dan ekosistem, literasi digital, pemberdayaan, serta pekerjaan. Data tersebut merupakan data sekunder yang diperoleh dari *website* resmi IMDI Komdigi. Ruang lingkup penelitian terbatas pada 27 kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat tanpa menganalisis daerah lain. Metode yang digunakan untuk mengelompokkan data adalah *Fuzzy C-Means* (FCM) dan *Gaussian Mixture Model*

(GMM) dengan uji validitas menggunakan *Silhouette Coefficient*. Penelitian ini juga difokuskan untuk membandingkan performa kedua metode dalam mengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat berdasarkan indeks masyarakat digital. Seluruh pengolahan data dilakukan menggunakan RStudio.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menerapkan metode *Fuzzy C-Means* (FCM) dan *Gaussian Mixture Model* (GMM) dalam pengelompokan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat berdasarkan indeks masyarakat digital Provinsi Jawa Barat tahun 2025.
- b. Membandingkan performa hasil pengelompokan metode *Fuzzy C-Means* (FCM) dan *Gaussian Mixture Model* (GMM) dalam mengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat berdasarkan indeks masyarakat digital Provinsi Jawa Barat tahun 2025 menggunakan *Silhouette Coefficient*.
- c. Mengidentifikasi hasil *profilisasi clustering* kabupaten/kota di Provinsi Jawa Barat berdasarkan indeks masyarakat digital Provinsi Jawa Barat tahun 2025.