

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Otonomi daerah yang diatur dalam Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah memberikan kewenangan kepada pemerintah kabupaten/kota untuk mengelola keuangan daerahnya secara mandiri melalui Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (APBD). Realisasi Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (APBD) merupakan aspek penting dalam pelaksanaan pembangunan daerah, karena mencerminkan alokasi sumber dana dalam berbagai sektor pembangunan yang berdampak langsung terhadap pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. Realisasi belanja daerah, sebagai bagian dari APBD, menjadi indikator kinerja keuangan pemerintah daerah dalam mewujudkan program-program pembangunan yang telah direncanakan (Lubis *et al.*, 2025). APBD berperan sebagai instrumen kebijakan fiskal yang mendukung peningkatan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) melalui alokasi belanja untuk pendidikan, kesehatan, dan infrastruktur dasar yang menjadi kebutuhan masyarakat (Hardiyan, 2023).

Salah satu provinsi dengan jumlah kabupaten/kota terbanyak di Indonesia adalah Provinsi Jawa Tengah yang terdiri dari 35 kabupaten/kota, memiliki karakteristik yang beragam baik dari segi kapasitas fiskal, tingkat pembangunan, maupun kondisi makro ekonomi. Perbedaan karakteristik ini menyebabkan ketimpangan dalam alokasi dan realisasi belanja daerah antar kabupaten/kota. Penelitian yang dilakukan oleh (Mahmudah dan Yordani, 2016) menunjukkan

bahwa perbedaan kondisi ekonomi regional di Jawa Tengah dapat dipetakan menggunakan pendekatan *clustering* untuk memahami pola pertumbuhan ekonomi di tingkat provinsi. Keberagaman ini menciptakan tantangan dalam perumusan kebijakan pembangunan yang tepat sasaran dan efektif untuk seluruh wilayah.

Indikator makro ekonomi merupakan variabel fundamental yang mencerminkan kinerja perekonomian dan kesejahteraan masyarakat di suatu daerah. Hubungan antara realisasi belanja daerah dengan indikator makro ekonomi sangatlah erat dalam konteks pembangunan daerah. Belanja daerah dapat mempengaruhi kondisi makro ekonomi melalui berbagai mekanisme, seperti belanja modal yang dapat meningkatkan PDRB per kapita melalui pembangunan infrastruktur dan peningkatan produktivitas, belanja sosial yang dapat mengurangi tingkat kemiskinan, serta belanja pendidikan dan kesehatan yang dapat meningkatkan IPM (Handayani dan Woyanti, 2021). Penelitian oleh (Roseline dan Maimunah, 2022) menunjukkan bahwa PDRB per kapita, TPT, dan IPM memiliki pengaruh signifikan terhadap tingkat kemiskinan, yang mengindikasikan adanya keterkaitan kompleks antar variabel ekonomi. Pengelompokan kabupaten/kota berdasarkan realisasi belanja daerah dan indikator makro ekonomi sangat diperlukan untuk dapat memberikan gambaran komprehensif tentang efektivitas kebijakan fiskal dalam mendorong pembangunan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat.

Pengelompokan atau *clustering* kabupaten/kota berdasarkan karakteristik tertentu telah banyak dilakukan untuk mendukung perumusan kebijakan yang lebih tepat sasaran. *Clustering* adalah proses untuk menempatkan sekumpulan *record* data kedalam satu himpunan atau kelompok yang disebut *cluster*, sehingga dalam satu

cluster memiliki *record* data dengan karakteristik yang sama dan berbeda dengan *cluster* lainnya (Munawar, 2015). Metode *clustering* memungkinkan identifikasi pola kesamaan dan perbedaan karakteristik antar daerah, sehingga dapat menjadi dasar bagi pemerintah dalam merancang intervensi kebijakan yang sesuai dengan kondisi spesifik masing-masing kelompok daerah. Berbagai penelitian *clustering* telah dilakukan di Jawa Tengah dengan menggunakan metode seperti *K-Means* dan *Hierarchical Clustering*, namun kebanyakan hanya berfokus pada satu dimensi saja, baik aspek fiskal atau aspek ekonomi.

Permasalahan fundamental dalam *clustering* melibatkan pembagian sekumpulan data ke dalam kelompok-kelompok yang memiliki kesamaan atribut sebanyak mungkin. Berbagai algoritma *clustering* tersedia untuk menangani tantangan ini, salah satunya adalah *Self-Organizing Map* (SOM). Algoritma SOM, yang pertama kali diperkenalkan pada tahun 1981 oleh Prof. Teuvo Kohonen, melakukan proses pengelompokan dengan membentuk jaringan Kohonen yang mengorganisir data berdasarkan karakteristik atau fitur-fitur intrinsiknya. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, SOM terbukti efektif untuk aplikasi *clustering* di mana *output* tidak memerlukan pengawasan atau supervisi (*unsupervised*) (Munawar, 2015).

SOM merupakan salah satu bentuk topologi dari *Unsupervised Artificial Neural Network* (*Unsupervised ANN*) yang bekerja tanpa memerlukan target *output* atau label data sebagai pemandu. Berdasarkan prinsip pengorganisasian mandiri, algoritma ini mampu mentransformasikan representasi data *input* multidimensi yang kompleks ke dalam grid topologi berdimensi rendah, biasanya satu atau dua dimensi (Kohonen, 2013). Karakteristik utama SOM terletak pada kemampuannya

untuk mempertahankan hubungan topologis, di mana data dengan kemiripan fitur yang tinggi dipetakan pada neuron yang berdekatan, sehingga organisasi struktur data muncul secara otomatis tanpa intervensi pengawasan eksternal. Salah satu kelebihan metode *Self-Organizing Map* (SOM) adalah tingkat fleksibilitasnya yang tinggi dalam proses paralelisasi, sehingga mampu meningkatkan *throughput* atau kecepatan transfer data secara efektif. Peningkatan kinerja ini umumnya diukur dalam satuan bit per second (bps) pada aplikasi yang digunakan. Metode SOM juga dikenal memiliki konsumsi daya yang relatif rendah, sehingga efisien untuk diterapkan pada berbagai sistem komputasi.

Self-Organizing Map (SOM) memiliki kemampuan yang baik dalam memetakan struktur data multidimensi ke dalam representasi berdimensi rendah, namun dalam praktiknya metode ini sering dikombinasikan dengan teknik *clustering* lain untuk meningkatkan kualitas hasil pengelompokan. Pendekatan dua tahap (*two-stage clustering*) memanfaatkan SOM untuk membentuk representasi awal data melalui vektor bobot neuron (*codebook vectors*), yang selanjutnya digunakan sebagai *input* dalam metode partisi guna menghasilkan kluster akhir yang lebih stabil dan terstruktur (Slavova, 2021)

Metode partisi seperti *K-Means* pada tahap kedua memiliki keterbatasan karena sensitif terhadap nilai pencilan (*outlier*), sehingga tidak selalu sesuai untuk data dengan distribusi yang tidak homogen. Penelitian ini menggunakan metode *K-Medoids* sebagai alternatif yang lebih *robust* terhadap pencilan, karena pusat kluster ditentukan berdasarkan medoid aktual yang merepresentasikan objek dalam data (Kaufman dan Rousseeuw, 1990). Metode deteksi *outlier* klasik berbasis jarak Mahalanobis konvensional tidak selalu mampu mengidentifikasi *outlier* secara

tepat karena mean dan matriks kovarians yang digunakan turut dipengaruhi oleh keberadaan *outlier* itu sendiri, sehingga *outlier* justru tidak terdeteksi. Penelitian ini menggunakan *Robust Mahalanobis Distance* berbasis Minimum Covariance Determinant (MCD) yang mengestimasi lokasi dan kovarians dari subset data paling representatif sehingga terbebas dari pengaruh *outlier* ekstrem sebelum tahap pengelompokan dilakukan (Rousseeuw dan Van Zomeren, 1990). Integrasi metode SOM dan *K-Medoids* diharapkan mampu menghasilkan pengelompokan yang lebih stabil, representatif, serta sesuai untuk analisis karakteristik kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah.

Performa SOM sangat dipengaruhi oleh pemilihan *hyperparameter* seperti ukuran *grid (map size)*, *learning rate*, dan *radius neighborhood*. Pemilihan *hyperparameter* yang tidak optimal dapat menghasilkan *clustering* yang kurang akurat dan tidak stabil. Mengatasi hal ini, diperlukan teknik optimasi *hyperparameter* yang sistematis. Implementasi *Grid Search* dalam *Self-Organizing Map (SOM)* krusial untuk meningkatkan kualitas pengelompokan serta menjamin ketepatan pemilihan *hyperparameter*. Sebagai metode optimasi yang bersifat sistematis dan komprehensif, *Grid Search* melakukan eksplorasi menyeluruh terhadap seluruh kombinasi *hyperparameter* yang telah didefinisikan dalam ruang pencarian. Proses ini dilakukan melalui evaluasi performa pada setiap titik dalam grid multidimensi kandidat untuk menentukan konfigurasi yang paling optimal (Bergstra dan Bengio, 2012).

Penelitian yang dilakukan oleh (Faqih dan Mahdy, 2024) tentang pengelompokan provinsi di Indonesia berdasarkan aspek pendidikan berhasil mengidentifikasi empat klaster utama. Hasil penelitian tersebut menekankan

perbedaan signifikan pada variabel angka partisipasi sekolah dan tingkat literasi, serta menunjukkan keunggulan *Self-Organizing Map* (SOM) dalam memvisualisasikan data multidimensi yang kompleks menjadi representasi dua dimensi yang mudah diinterpretasi. Sejalan dengan temuan tersebut, studi oleh (Hernanda *et al.*, 2023) yang memfokuskan pada indikator Pemerlu Pelayanan Kesejahteraan Sosial (PPKS) di Provinsi Jawa Barat menunjukkan bahwa SOM dapat menghasilkan klasterisasi yang stabil dengan mengelompokkan wilayah ke dalam tiga klaster berdasarkan karakteristik masalah sosial yang serupa. Temuan dari kedua penelitian ini menegaskan bahwa algoritma SOM sangat relevan untuk analisis regional karena kemampuannya dalam mempertahankan hubungan topologi data tanpa memerlukan pengawasan (*unsupervised learning*), sehingga menghasilkan pengelompokan wilayah yang lebih representatif dibandingkan dengan metode konvensional.

Dalam menentukan jumlah klaster optimal, mayoritas penelitian terdahulu cenderung mengandalkan penggunaan metrik validasi internal secara tunggal, seperti *Silhouette Coefficient*, *Davies-Bouldin Index* (DBI), atau *Dunn Index*. Padahal, studi ekstensif oleh (Arbelaitz *et al.*, 2013) terhadap 30 *Cluster Validity Indices* (CVI) menunjukkan bahwa tidak ada satu pun metrik yang secara konsisten mengungguli metrik lainnya dalam seluruh konteks data, meskipun *Silhouette Index* sering kali memberikan hasil yang lebih stabil. Secara teknis, *Silhouette Coefficient* mengevaluasi kualitas klasifikasi objek melalui perbandingan antara kohesi internal (*tightness*) dan separasi antar klaster, di mana nilai yang mendekati satu mencerminkan penempatan objek yang presisi (Rousseeuw, 1987). Metode DBI berfungsi sebagai parameter kesamaan antar klaster yang berbasis pada kerapatan

data (*data density*), sehingga efektif dalam membandingkan ketepatan relatif dari berbagai partisi data (Davies dan Bouldin, 1979). Di sisi lain, *Dunn Index* digunakan untuk mengidentifikasi klaster yang bersifat *compact* dan *well-separated* dengan mengukur rasio jarak minimum antar klaster terhadap diameter maksimumnya (Arbelaitz *et al.*, 2013)

Ketergantungan pada metrik tunggal berisiko menimbulkan bias dalam penilaian kualitas klasterisasi akibat keterbatasan inheren pada masing-masing indeks. Meskipun analisis signifikansi statistik mengelompokkan *Silhouette*, DBI, *Calinski-Harabasz*, *generalized Dunn*, COP, dan SDbw sebagai metrik dengan performa superior dibandingkan kelompok indeks lainnya (Arbelaitz *et al.*, 2013), penggunaan satu metrik saja belum mampu merepresentasikan kualitas klaster secara menyeluruh. Pendekatan yang mengintegrasikan beberapa metrik evaluasi untuk memperoleh penilaian yang lebih komprehensif dan objektif terhadap struktur data yang kompleks sangat diperlukan.

Dalam penelitian ini, penentuan jumlah klaster optimal dilakukan dengan menggunakan pendekatan *aggregate score*, yaitu dengan menggabungkan beberapa indeks validasi internal melalui mekanisme perankingan. Indeks yang digunakan meliputi *Silhouette Coefficient*, *Davies-Bouldin Index*, *Dunn Index*, dan *Balance Ratio* yang masing-masing merepresentasikan aspek kohesi dan separasi klaster. Proses agregasi peringkat dari keempat indeks tersebut, diperoleh penilaian yang lebih stabil dan tidak bergantung pada satu metrik tertentu, sehingga hasil klasterisasi yang dihasilkan menjadi lebih representatif dan dapat diandalkan.

Integrasi dimensi keseimbangan bertujuan menyelaraskan signifikansi statistik murni dengan kebutuhan aplikasi praktis dalam pengambilan kebijakan,

sehingga struktur cluster yang terbentuk tidak hanya optimal secara matematis tetapi juga memiliki distribusi ukuran yang proporsional dan bermakna secara substansial. Penelitian ini memberikan kontribusi ganda, baik secara sektoral melalui integrasi variabel realisasi belanja daerah dengan indikator makroekonomi seperti PDRB per kapita, tingkat pengangguran terbuka (TPT), kemiskinan, dan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) menggunakan metode *Self-Organizing Map* (SOM) yang secara metodologis melalui standarisasi evaluasi kualitas *clustering* yang lebih objektif, komprehensif, dan aplikatif.

Urgensi penelitian ini terletak pada pentingnya memetakan pola karakteristik kabupaten dan kota di Jawa Tengah sebagai instrumen strategis dalam perumusan kebijakan pembangunan yang lebih presisi dan tepat sasaran. Dengan mensinergikan variabel realisasi belanja daerah serta indikator makroekonomi tahun 2024, penelitian ini mengimplementasikan metode *Self-Organizing Map* (SOM) untuk menghasilkan pengelompokan wilayah yang lebih akurat dan objektif. Pendekatan ini tidak hanya bertujuan untuk mengidentifikasi topologi daerah berdasarkan kemiripan kinerja fiskal dan kondisi ekonomi, tetapi juga memberikan kontribusi metodologis dalam peningkatan kualitas klasterisasi melalui optimasi *hyperparameter* serta penanganan *outlier* multivariat ekstrem secara eksplisit menggunakan *Robust Mahalanobis Distance* berbasis MCD sebelum proses pengelompokan dilakukan. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran komprehensif serta rekomendasi strategis bagi pemerintah daerah dalam merancang intervensi kebijakan yang lebih efektif guna mendorong peningkatan kesejahteraan masyarakat secara merata di Provinsi Jawa Tengah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan tersebut, sehingga didapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengidentifikasi pola pengelompokan (*clustering*) kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah dengan mengintegrasikan variabel realisasi belanja daerah dan indikator makroekonomi tahun 2024?
2. Bagaimana menentukan jumlah klaster optimal yang tidak hanya unggul secara statistik tetapi juga memiliki keseimbangan distribusi melalui pendekatan *Agregat Score* yang mengintegrasikan metrik *Silhouette*, *Davies-Bouldin Index*, dan *Dunn Index* dan mempertimbangkan balance?
3. Bagaimana karakteristik topologi dari setiap klaster yang terbentuk dan apa rekomendasi kebijakan yang dapat dirumuskan bagi pemerintah daerah di Provinsi Jawa Tengah?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek penelitian dibatasi pada 35 kabupaten/kota yang berada di wilayah administrasi Provinsi Jawa Tengah.
2. Data yang digunakan adalah data sekunder tahun 2024 yang bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) serta data realisasi belanja yang disalurkan melalui Kantor Wilayah Direktorat Jenderal Perbendaharaan (DJPb) Provinsi Jawa Tengah
3. Variabel penelitian mencakup total realisasi belanja yang disalurkan kepada setiap kabupaten/kota serta indikator makroekonomi yang terdiri dari PDRB

per kapita, Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT), persentase penduduk miskin, dan Indeks Pembangunan Manusia (IPM).

4. Penentuan jumlah klaster optimal dievaluasi menggunakan pendekatan *aggregate score* melalui mekanisme perankingan beberapa indeks validasi internal, yaitu *Silhouette Coefficient*, *Davies-Bouldin Index (DBI)*, dan *Dunn Index*, serta mempertimbangkan *Balance Quality*.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, dapat ditentukan bahwa tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan algoritma *Self-Organizing Map (SOM)* untuk memetakan karakteristik kabupaten/kota di Jawa Tengah berdasarkan integrasi variabel realisasi belanja yang disalurkan pemerintah dan kondisi makroekonomi daerah.
2. Mengimplementasikan pendekatan *Aggregate Score* berbasis perankingan beberapa indeks validasi internal guna memperoleh jumlah klaster yang optimal, objektif, dan memiliki distribusi yang seimbang.
3. Mengidentifikasi profil dari setiap klaster yang terbentuk sebagai dasar untuk memberikan rekomendasi strategis mengenai pola distribusi anggaran dan dampaknya terhadap indikator kesejahteraan masyarakat di Provinsi Jawa Tengah.