

Analisis dan Klasifikasi Kabupaten/Kota di Provinsi Aceh, Sumatera Utara, dan Sumatera Barat Berdasarkan Karakteristik Pendidikan, Ketenagakerjaan, Lingkungan, Kesejahteraan, dan Ekonomi Menggunakan Metode *K-Means*

Raja Van Den Bosch Sihotang^{1*}, M. Fariz Fadillah Mardianto², H. Sediono³,
Idrus Syahzaqi⁴

¹⁻⁴ Program Studi S1 Statistika, Departemen Matematika, Universitas Airlangga,
Surabaya, Indonesia

*Penulis Korespondensi: rajasihotang01@gmail.com, m.farizfadillah.m@fst.unair.ac.id,
sediono101@gmail.com, idrus.syahzaqi@fst.unair.ac.id

Abstract. *Inequality in development characteristics between regions is one of the important issues in regional development planning because differences in the conditions of education, employment, environment, welfare, and economy produce diverse regional characteristics. This condition is increasingly relevant in Aceh Province, North Sumatra, and West Sumatra, which in 2025 face various hydrometeorological disasters, such as floods, flash floods, and landslides, that have the potential to affect social conditions and regional development. This study aims to identify and group regencies/cities based on the similarity of multidimensional characteristics of education, employment, environment, welfare, and economy using the K-Means clustering method with Euclidean distance. The data used are secondary data for 2025 on 75 regencies/cities in the three provinces. The analysis stages include data standardization, determination of the number of clusters, cluster formation using the K-Means algorithm, and interpretation of group characteristics based on centroid values. The analysis results produce five clusters with member proportions of 4.00%, 34.67%, 2.67%, 26.67%, and 32.00%, respectively. The overall Silhouette value of 0.268488 indicates that the cluster structure still has a relatively limited degree of separation, so the clustering results need to be interpreted carefully. Based on the Euclidean distance between cluster centers, the largest distance of 1.474 is between Cluster 1 and Cluster 5, while the smallest distance of 0.323 is between Cluster 2 and Cluster 4. Cluster 1, consisting of Medan, Deli Serdang, and Langkat, is characterized by very high education and employment, while Cluster 5 shows relatively the highest welfare and economic characteristics. These characteristic differences show that development improvement does not occur uniformly across all regions. Therefore, the clustering results can be used as preliminary information to set intervention priorities, identify regions with similar characteristics, and support the formulation of more targeted development policies based on the empirical conditions of the region. These findings confirm the existence of development heterogeneity between regions, so development policies need to be designed based on the specific characteristics and needs of each regional group.*

Keywords: *K-Means, Clustering, Economic Welfare, Regional Development, Regional Heterogeneity.*

Abstrak. Ketimpangan karakteristik pembangunan antarwilayah menjadi salah satu permasalahan penting dalam perencanaan pembangunan daerah karena perbedaan kondisi pendidikan, ketenagakerjaan, lingkungan, kesejahteraan, dan ekonomi menghasilkan karakteristik wilayah yang beragam. Kondisi tersebut semakin relevan pada Provinsi Aceh, Sumatera Utara, dan Sumatera Barat yang pada tahun 2025 menghadapi berbagai bencana hidrometeorologi, seperti banjir, banjir bandang, dan tanah longsor, yang berpotensi memengaruhi kondisi sosial dan pembangunan wilayah. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi dan mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan kemiripan karakteristik multidimensi pendidikan, ketenagakerjaan, lingkungan, kesejahteraan, dan ekonomi menggunakan metode *K-Means* clustering dengan jarak Euclidean. Data yang digunakan berupa data sekunder tahun 2025 pada 75 kabupaten/kota di ketiga provinsi tersebut. Tahapan analisis meliputi standarisasi data, penentuan jumlah cluster, pembentukan cluster menggunakan algoritma *K-Means*, serta interpretasi karakteristik kelompok berdasarkan nilai centroid. Hasil analisis menghasilkan lima cluster dengan proporsi anggota masing-masing sebesar 4,00%, 34,67%, 2,67%, 26,67%, dan 32,00%. Nilai Silhouette keseluruhan sebesar 0,268488 menunjukkan bahwa struktur cluster masih memiliki tingkat pemisahan yang relatif terbatas sehingga hasil pengelompokan perlu diinterpretasikan secara hati-hati. Berdasarkan jarak Euclidean antarpusat cluster, jarak terbesar sebesar 1,474 terdapat antara Cluster 1 dan Cluster 5, sedangkan jarak terkecil sebesar 0,323 terdapat antara Cluster 2 dan Cluster 4. Cluster 1, yang terdiri atas Medan, Deli

Serdang, dan Langkat, dicirikan oleh pendidikan dan ketenagakerjaan yang sangat tinggi, sedangkan Cluster 5 menunjukkan karakteristik kesejahteraan dan ekonomi yang relatif paling tinggi. Perbedaan karakteristik tersebut memperlihatkan bahwa peningkatan pembangunan tidak berlangsung secara seragam di seluruh wilayah. Oleh karena itu, hasil clustering dapat digunakan sebagai informasi awal untuk menetapkan prioritas intervensi, mengidentifikasi wilayah dengan karakteristik serupa, serta mendukung perumusan kebijakan pembangunan yang lebih terarah dan berbasis kondisi empiris daerah. Temuan ini menegaskan adanya heterogenitas pembangunan antarwilayah, sehingga kebijakan pembangunan perlu dirancang berdasarkan karakteristik dan kebutuhan spesifik masing-masing kelompok wilayah.

Kata Kunci : *K-Means*, Clustering, Kesejahteraan Ekonomi, Pembangunan Wilayah, Heterogenitas Wilayah.

1. LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan negara yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap bencana alam karena kondisi geografis, geologis, dan klimatologisnya. Letaknya pada kawasan *Ring of Fire*, karakteristik iklim tropis, serta curah hujan yang relatif tinggi menyebabkan berbagai wilayah rentan terhadap bencana hidrometeorologi, seperti banjir, banjir bandang, dan tanah longsor. Risiko bencana tidak hanya dipengaruhi oleh faktor alam, tetapi juga oleh aktivitas manusia, seperti perubahan tata guna lahan, deforestasi, urbanisasi, dan degradasi lingkungan. UNDRR (2021) menjelaskan bahwa risiko bencana terbentuk melalui interaksi antara bahaya, keterpaparan, kerentanan, dan kapasitas masyarakat. Oleh karena itu, bencana perlu dipandang sebagai persoalan pembangunan yang memiliki dampak sosial dan ekonomi.

Provinsi Aceh, Sumatera Utara, dan Sumatera Barat merupakan wilayah di Pulau Sumatera yang memiliki karakteristik geografis dan sosial ekonomi beragam. Pada tahun 2025, ketiga wilayah tersebut menghadapi berbagai bencana hidrometeorologi yang berdampak terhadap masyarakat dan infrastruktur. Dampak bencana tidak terbatas pada kerusakan fisik, tetapi juga dapat mengganggu pendidikan, aktivitas ekonomi, kesempatan kerja, pertanian, perdagangan, serta distribusi barang dan jasa. World Bank (2022) menyatakan bahwa bencana dapat memberikan dampak ekonomi melalui kerusakan aset, gangguan mata pencaharian, dan penurunan produktivitas masyarakat. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa ketahanan terhadap bencana berkaitan erat dengan kemampuan suatu wilayah mempertahankan kesejahteraan masyarakatnya.

Kesejahteraan ekonomi sendiri merupakan fenomena multidimensional yang tidak hanya ditentukan oleh pendapatan, tetapi juga dipengaruhi oleh kualitas pendidikan, kondisi ketenagakerjaan, kesehatan, serta lingkungan. UNDP (2022) menempatkan pendidikan sebagai salah satu dimensi penting pembangunan manusia karena pendidikan meningkatkan pengetahuan, keterampilan, produktivitas, dan kemampuan masyarakat beradaptasi terhadap perubahan. Di sisi lain, ketenagakerjaan menentukan kemampuan masyarakat memperoleh pendapatan dan mempertahankan stabilitas ekonomi. Lingkungan juga memiliki peranan penting karena degradasi lingkungan dan lemahnya pengelolaan sumber daya alam dapat meningkatkan kerentanan terhadap bencana. OECD (2021) menekankan bahwa kualitas lingkungan dan ketahanan terhadap risiko lingkungan merupakan bagian penting dari pembangunan berkelanjutan.

Permasalahan muncul karena kondisi pembangunan setiap kabupaten/kota tidak seragam. Perbedaan pendidikan, ketenagakerjaan, lingkungan, kesejahteraan, dan ekonomi menghasilkan kombinasi karakteristik yang berbeda antardaerah. Wilayah yang memiliki tingkat risiko bencana relatif sama belum tentu mempunyai kapasitas ekonomi, kualitas sumber daya manusia, dan kondisi lingkungan yang sama. Sebaliknya, wilayah yang berbeda secara geografis dapat memiliki karakteristik pembangunan yang relatif

serupa. Oleh karena itu, analisis pembangunan tidak cukup dilakukan secara parsial, tetapi membutuhkan pendekatan yang mampu mengidentifikasi kemiripan karakteristik secara multidimensional.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode *clustering* dapat digunakan untuk mengidentifikasi kelompok wilayah berdasarkan karakteristik yang serupa. Oktaviany et al. (2025), misalnya, menggunakan *K-Means* untuk mengelompokkan kejadian banjir di Indonesia dan menunjukkan bahwa metode tersebut mampu membentuk kelompok wilayah berdasarkan karakteristik empiris. Namun, masih terdapat ruang penelitian untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Aceh, Sumatera Utara, dan Sumatera Barat berdasarkan kombinasi indikator pendidikan, ketenagakerjaan, lingkungan, kesejahteraan, dan ekonomi, khususnya dalam konteks kondisi tahun 2025 yang diwarnai berbagai bencana hidrometeorologi.

K-Means menjadi metode yang relevan karena mampu mengelompokkan objek berdasarkan kemiripan karakteristik multidimensional. Hasil pengelompokan dapat memberikan gambaran mengenai wilayah yang memiliki kondisi pembangunan relatif serupa sehingga kebijakan dapat dirancang secara lebih spesifik. Pendekatan tersebut juga dapat mengurangi kecenderungan penerapan kebijakan yang seragam terhadap wilayah dengan permasalahan dan kapasitas yang berbeda.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan mengelompokkan 75 kabupaten/kota di Provinsi Aceh, Sumatera Utara, dan Sumatera Barat berdasarkan karakteristik pendidikan, ketenagakerjaan, lingkungan, kesejahteraan, dan ekonomi menggunakan metode *K-Means clustering*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai heterogenitas pembangunan antardaerah serta menjadi informasi pendukung bagi perencanaan pembangunan yang lebih terarah, adaptif terhadap risiko bencana, dan sesuai dengan karakteristik masing-masing kelompok wilayah.

2. KAJIAN TEORITIS

Kesejahteraan

Kesejahteraan menggambarkan terpenuhinya kebutuhan masyarakat dari aspek material, spiritual, sosial, maupun kualitas hidup. UU RI No. 11 Tahun 2009 mendefinisikan kesejahteraan sosial sebagai kondisi terpenuhinya kebutuhan material, spiritual, dan sosial agar masyarakat hidup layak, mengembangkan diri, dan menjalankan fungsi sosialnya. Magrabi et al. (1991) memandang kesejahteraan sebagai keadaan sehat, nyaman, dan menyenangkan terkait konsumsi barang dan pelayanan, sedangkan Badrudin (2012) menjelaskannya melalui kondisi kehidupan dan standar hidup masyarakat. Pengukuran kesejahteraan dapat dilakukan melalui berbagai indikator sosial-ekonomi, salah satunya IPM yang menggambarkan dimensi pendidikan, kesehatan, dan standar hidup (BPS, 2022). Dalam penelitian ini, kesejahteraan menjadi salah satu dimensi karakteristik pembangunan untuk menggambarkan perbedaan kondisi antarkabupaten/kota.

Ekonomi

Ekonomi merupakan dimensi penting dalam menggambarkan perkembangan wilayah karena berkaitan dengan kemampuan menghasilkan barang dan jasa serta menciptakan kesejahteraan masyarakat. Kondisi ekonomi dapat dilihat melalui indikator makroekonomi seperti PDB/PDRB, tingkat pengangguran, inflasi, dan pertumbuhan ekonomi (Smith et al., 2018). Perkembangan ekonomi juga dipengaruhi globalisasi, kebijakan fiskal dan moneter, kualitas SDM, serta ketimpangan ekonomi (Jones et al., 2020; Brown, 2019; Garcia et al., 2019). Pendidikan berperan meningkatkan produktivitas dan pertumbuhan ekonomi jangka panjang melalui peningkatan kualitas

SDM (Wang et al., 2017). Dalam penelitian ini, ekonomi diposisikan sebagai dimensi untuk menggambarkan perbedaan karakteristik pembangunan dan kesejahteraan ekonomi antarkabupaten/kota.

Ketenagakerjaan

Ketenagakerjaan mencakup hal-hal yang berhubungan dengan tenaga kerja sebelum, selama, dan sesudah masa kerja sebagaimana diatur dalam UU RI No. 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan. Tenaga kerja adalah penduduk yang mampu melakukan pekerjaan untuk menghasilkan barang dan jasa, sedangkan keterlibatan penduduk dalam pasar kerja menggambarkan kemampuan wilayah memanfaatkan SDM. Ketenagakerjaan berhubungan erat dengan perekonomian karena tenaga kerja merupakan faktor produksi; tingkat partisipasi angkatan kerja yang tinggi mencerminkan keterlibatan penduduk dalam kegiatan ekonomi, sedangkan peningkatan produktivitas mendorong pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan (Sukirno, 2010). Mankiw (2007) melalui model pertumbuhan Solow menjelaskan tenaga kerja sebagai faktor yang berinteraksi dengan modal dan teknologi dalam menentukan output perekonomian, sementara Todaro (2000) menjelaskan pertumbuhan angkatan kerja dapat mendorong pertumbuhan ekonomi. Dalam penelitian ini, ketenagakerjaan digunakan sebagai dimensi untuk menggambarkan karakteristik pasar kerja dan kapasitas ekonomi kabupaten/kota.

Pendidikan

Pendidikan merupakan proses terencana untuk mengembangkan pengetahuan, keterampilan, kepribadian, dan potensi individu agar mampu berperan dalam kehidupan masyarakat. Ki Hadjar Dewantara memandang pendidikan sebagai tuntunan bagi perkembangan individu untuk mencapai keselamatan dan kebahagiaan, sedangkan Supriyono (2009) menjelaskan pendidikan sebagai usaha terencana untuk mengembangkan potensi individu dalam aspek spiritual, kepribadian, dan keterampilan. Pendidikan tidak hanya meningkatkan pengetahuan, tetapi juga membentuk karakter serta mempersiapkan individu berpartisipasi dalam kehidupan sosial dan pembangunan. Peningkatan pendidikan berkontribusi terhadap kualitas SDM, produktivitas, dan kemampuan masyarakat menghadapi perubahan ekonomi maupun sosial. Sari (2019) menekankan pendidikan berfungsi mengembangkan potensi warga negara dan mempersiapkan individu berkontribusi kepada masyarakat. Dalam penelitian ini, pendidikan digunakan sebagai dimensi karakteristik pembangunan yang mencerminkan kondisi kualitas SDM pada masing-masing kabupaten/kota.

Lingkungan

Lingkungan hidup merupakan bagian penting dalam keberlangsungan kehidupan manusia dan pembangunan wilayah yang perlu dikelola berdasarkan prinsip keberlanjutan. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 menegaskan bahwa lingkungan hidup yang baik dan sehat merupakan hak setiap warga negara serta pembangunan ekonomi harus dilaksanakan dengan memperhatikan prinsip pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Kondisi lingkungan tidak hanya berkaitan dengan kualitas alam, tetapi juga berhubungan dengan kemampuan suatu wilayah dalam mendukung kehidupan dan aktivitas ekonomi masyarakat. Salah satu ukuran yang digunakan untuk menggambarkan kondisi lingkungan adalah Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH), yang menurut BPS (2025) merupakan indikator untuk menggambarkan kualitas lingkungan suatu wilayah pada periode tertentu. Pada tingkat kabupaten/kota, KLHK (2021) menjelaskan bahwa IKLH mencakup beberapa komponen utama, yaitu Indeks Kualitas Air (IKA), Indeks Kualitas Udara (IKU), dan Indeks

Kualitas Lahan (IKL). Dalam penelitian ini, lingkungan digunakan sebagai salah satu dimensi pembangunan untuk menggambarkan perbedaan kondisi lingkungan antarkabupaten/kota.

Analisis K-Means

Analisis kluster merupakan metode analisis multivariat yang digunakan untuk mengelompokkan sejumlah objek berdasarkan tingkat kemiripan karakteristik yang dimiliki. Objek dengan karakteristik yang relatif serupa akan ditempatkan dalam kelompok yang sama, sedangkan objek yang memiliki karakteristik berbeda akan ditempatkan dalam kelompok yang berbeda (Hair *et al.*, 2019). Analisis kluster bersifat eksploratif dan tidak memerlukan variabel dependen karena proses pengelompokan dilakukan berdasarkan informasi yang terdapat pada variabel yang digunakan. Dalam penelitian ini, analisis kluster digunakan untuk mengidentifikasi kelompok kabupaten/kota di Provinsi Aceh, Sumatera Utara, dan Sumatera Barat berdasarkan kemiripan karakteristik pendidikan, ketenagakerjaan, lingkungan, kesejahteraan, dan ekonomi. Pendekatan tersebut memungkinkan karakteristik multidimensi wilayah dianalisis secara bersamaan sehingga pola kemiripan dan perbedaan antardaerah dapat diidentifikasi secara lebih sistematis.

K-Means merupakan salah satu metode *partitioning clustering* yang digunakan untuk membagi objek ke dalam sejumlah kluster berdasarkan kedekatannya terhadap pusat kluster atau *centroid*. Metode ini diperkenalkan oleh MacQueen (1967) dan dilakukan secara iteratif melalui beberapa tahapan, yaitu menentukan jumlah kluster, menetapkan pusat kluster awal, menghitung jarak setiap objek terhadap pusat kluster, mengalokasikan objek ke pusat terdekat, memperbarui *centroid* berdasarkan rata-rata anggota kluster, dan mengulangi proses hingga mencapai kondisi konvergen (MacQueen, 1967; Jain, 2010). Tujuan utama *K-Means* adalah memperoleh kelompok dengan tingkat kemiripan internal yang tinggi dan variasi dalam kluster yang rendah. Dalam penelitian ini, *K-Means* digunakan untuk mengelompokkan 75 kabupaten/kota di Aceh, Sumatera Utara, dan Sumatera Barat berdasarkan kemiripan lima dimensi, yaitu pendidikan, ketenagakerjaan, lingkungan, kesejahteraan, dan ekonomi. Dengan demikian, hasil pengelompokan dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola karakteristik pembangunan yang berbeda antarkabupaten/kota.

3. METODE PENELITIAN

Design Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan desain penelitian deskriptif-eksploratif. Penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan kabupaten/kota berdasarkan kemiripan karakteristik pembangunan multidimensional yang meliputi pendidikan, ketenagakerjaan, lingkungan, kesejahteraan, dan ekonomi. Pendekatan kuantitatif digunakan karena seluruh karakteristik wilayah direpresentasikan dalam bentuk data numerik, sedangkan pendekatan eksploratif digunakan untuk menemukan pola pengelompokan wilayah yang belum diketahui sebelumnya.

Metode analisis utama yang digunakan adalah *K-Means clustering*. Metode ini termasuk *partitioning clustering* yang mengelompokkan objek ke dalam sejumlah *k* kluster berdasarkan tingkat kemiripan karakteristiknya. Dalam penelitian ini, kemiripan antarkabupaten/kota ditentukan berdasarkan jarak Euclidean setelah seluruh indikator distandardisasi. Pemilihan *K-Means* didasarkan pada kemampuannya menghasilkan kelompok wilayah yang memiliki karakteristik relatif homogen di dalam kluster dan relatif berbeda antarkluster. Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa *K-Means*

dapat digunakan untuk melakukan segmentasi wilayah berdasarkan karakteristik multidimensional

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian adalah seluruh kabupaten/kota di Provinsi Aceh, Sumatera Utara, dan Sumatera Barat. Sampel penelitian menggunakan 75 kabupaten/kota dari ketiga provinsi tersebut dengan periode pengamatan tahun 2025. Unit analisis penelitian adalah kabupaten/kota, sehingga setiap kabupaten/kota direpresentasikan sebagai satu objek pengamatan dengan sejumlah indikator yang menggambarkan karakteristik pendidikan, ketenagakerjaan, lingkungan, kesejahteraan, dan ekonomi.

Penggunaan seluruh kabupaten/kota yang tersedia dalam cakupan penelitian dimaksudkan agar proses pengelompokan dapat menggambarkan keragaman karakteristik wilayah secara menyeluruh, bukan hanya berdasarkan sebagian wilayah.

Teknik dan Pengumpulan Data

Penelitian menggunakan data sekunder tahun 2025 yang diperoleh dari sumber data resmi dan publikasi statistik yang relevan. Data dikumpulkan melalui dokumentasi, yaitu dengan mengidentifikasi, mengumpulkan, dan mengompilasi indikator yang diperlukan untuk masing-masing kabupaten/kota.

Instrumen pengumpulan data berupa lembar dokumentasi atau *data extraction sheet* yang digunakan untuk mencatat nilai setiap indikator secara sistematis. Variabel penelitian mencakup lima dimensi utama, yaitu pendidikan (X_1), ketenagakerjaan (X_2), lingkungan (X_3), kesejahteraan (Y_1), dan ekonomi (Y_2). Seluruh indikator kemudian disusun dalam matriks data dengan baris menunjukkan kabupaten/kota dan kolom menunjukkan indikator penelitian.

Pengolahan Analisis Data

Tahapan analisis penelitian dilakukan secara sistematis sebagai berikut:

1. **Pemeriksaan dan preprocessing data**
Data diperiksa untuk memastikan kelengkapan, konsistensi satuan, dan kesesuaian arah indikator. Jika terdapat perbedaan satuan atau skala, data disiapkan untuk standardisasi agar indikator bersatuan besar tidak mendominasi pembentukan kluster.
2. **Standardisasi data**
Dilakukan untuk menyetarakan skala antarindikator yang memiliki satuan dan rentang nilai berbeda, sehingga setiap indikator berkontribusi lebih seimbang dalam penghitungan jarak. Hasilnya membentuk matriks data sebagai input utama algoritma K-Means.
3. **Penentuan jumlah kluster**
Ditentukan dengan membandingkan beberapa alternatif nilai k menggunakan ukuran validitas internal, terutama Silhouette Coefficient (mengevaluasi kedekatan objek dengan klasternya dibanding kluster lain) dan Pseudo-F (membandingkan variasi antarkluster dengan variasi dalam kluster). Jumlah kluster terpilih adalah yang memberikan struktur pengelompokan paling baik serta dapat diinterpretasikan secara substantif.
4. **Pembentukan kluster menggunakan K-Means**
Dilakukan secara iteratif melalui penentuan centroid, pengalokasian setiap kabupaten/kota ke centroid terdekat, pembaruan centroid berdasarkan rata-rata anggota kluster, dan pengulangan hingga konvergen. Jarak antarobjek dengan centroid dihitung menggunakan jarak Euclidean berdasarkan perbedaan nilai pada

seluruh indikator. Tujuannya memperoleh pembagian kluster yang meminimumkan variasi dalam kluster, sehingga kabupaten/kota dalam kluster sama memiliki karakteristik multidimensional yang relatif mirip.

5. Evaluasi hasil pengelompokan

Hasil K-Means dievaluasi menggunakan Silhouette Coefficient (kualitas pemisahan objek dalam kluster) dan Pseudo-F (rasio variasi antarkluster terhadap variasi dalam kluster) sebagai dasar pendukung penentuan kualitas dan jumlah kluster. Evaluasi juga dilakukan berdasarkan ukuran dan karakteristik centroid setiap kluster agar hasil analisis tidak hanya menunjukkan pembagian wilayah, tetapi juga menjelaskan karakteristik pembeda setiap kelompok.

6. Interpretasi karakteristik kluster

Setiap kluster diinterpretasikan berdasarkan nilai centroid pada dimensi pendidikan, ketenagakerjaan, lingkungan, kesejahteraan, dan ekonomi untuk mengetahui indikator yang relatif tinggi atau rendah. Karakteristik tersebut digunakan untuk mendeskripsikan profil setiap kluster secara substantif dan membandingkan kondisi pembangunan antarkelompok wilayah.

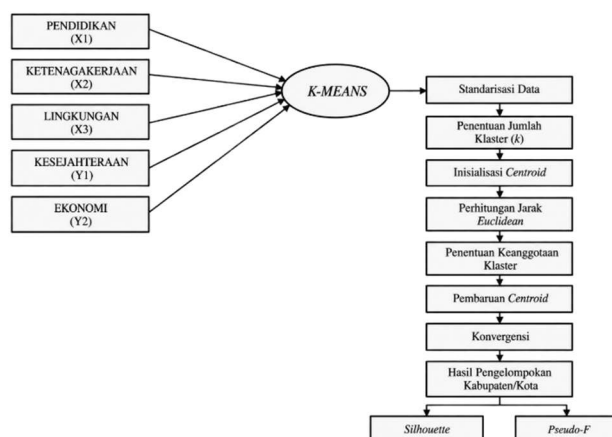
Model Penelitian

Model penelitian berupa model pengelompokan multidimensional, dengan kabupaten/kota sebagai objek yang dikelompokkan berdasarkan lima dimensi karakteristik pembangunan. Pendidikan, ketenagakerjaan, lingkungan, kesejahteraan, dan ekonomi digunakan sebagai variabel pembentuk kluster, bukan sebagai variabel independen dan dependen seperti pada analisis regresi. Secara konseptual, struktur data penelitian dapat dinyatakan sebagai matriks:

$$X_{n \times p} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1p} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{np} \end{bmatrix}$$

dengan n merupakan jumlah kabupaten/kota, yaitu 75 wilayah, sedangkan p merupakan jumlah indikator yang digunakan untuk merepresentasikan pendidikan, ketenagakerjaan, lingkungan, kesejahteraan, dan ekonomi. Setiap baris merepresentasikan satu kabupaten/kota dan setiap kolom merepresentasikan satu indikator.

Alur Analisis



Gambar 1. Diagram Jalur Analisis *K-Means*

Alur analisis penelitian diawali dengan menentukan lima variabel yang digunakan untuk mengelompokkan karakteristik kabupaten/kota, yaitu Pendidikan (X1), Ketenagakerjaan (X2), Lingkungan (X3), Kesejahteraan (Y1), dan Ekonomi (Y2). Data dari masing-masing indikator terlebih dahulu melalui tahap standardisasi untuk menghilangkan pengaruh perbedaan satuan dan skala pengukuran. Selanjutnya, ditentukan jumlah kluster (k) yang optimal dengan mempertimbangkan nilai Silhouette Coefficient dan Pseudo-F. Setelah jumlah kluster ditetapkan, dilakukan inisialisasi *centroid* sebagai pusat awal klaster, kemudian dihitung jarak Euclidean setiap kabupaten/kota terhadap masing-masing *centroid*. Setiap objek ditempatkan pada klaster dengan jarak terdekat.

Proses selanjutnya dilakukan secara iteratif melalui pembaruan *centroid* berdasarkan rata-rata karakteristik anggota pada setiap klaster, kemudian perhitungan jarak dan penentuan keanggotaan diulangi hingga mencapai kondisi konvergensi. Setelah proses *K-Means* selesai, diperoleh pengelompokan kabupaten/kota berdasarkan kemiripan karakteristik multidimensi. Hasil pengelompokan kemudian dievaluasi menggunakan Silhouette Coefficient dan Pseudo-F untuk menilai kualitas struktur klaster. Tahap akhir dilakukan dengan menginterpretasikan karakteristik masing-masing klaster berdasarkan nilai *centroid* pada variabel Pendidikan, Ketenagakerjaan, Lingkungan, Kesejahteraan, dan Ekonomi sehingga dapat diketahui perbedaan karakteristik pembangunan pada setiap kelompok wilayah.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Hasil Pengelompokan

Penelitian ini mengelompokkan 75 kabupaten/kota di Provinsi Aceh, Sumatera Utara, dan Sumatera Barat berdasarkan kemiripan karakteristik multidimensi yang terdiri atas Pendidikan (X1), Ketenagakerjaan (X2), Lingkungan (X3), Kesejahteraan (Y1), dan Ekonomi (Y2). Pengelompokan dilakukan menggunakan metode K-Means setelah data melalui proses standardisasi. Standardisasi diperlukan agar perbedaan skala antarindikator tidak menyebabkan suatu variabel memberikan pengaruh yang lebih besar dalam pembentukan kelompok.



Gambar 2. Peta Klaster tiap Kabupaten/Kota

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh lima klaster wilayah. Komposisi anggota masing-masing klaster menunjukkan bahwa Klaster 2 merupakan kelompok terbesar dengan 26 kabupaten/kota atau 34,67% dari keseluruhan observasi. Selanjutnya, Klaster

5 terdiri atas 24 kabupaten/kota atau 32,00%, Klaster 4 terdiri atas 20 kabupaten/kota atau 26,67%, Klaster 1 terdiri atas 3 kabupaten/kota atau 4,00%, dan Klaster 3 merupakan kelompok terkecil yang hanya terdiri atas 2 kabupaten/kota atau 2,67%.

Klaster	Jumlah Kabupaten/kota	Proporsi
Klaster 1	3	4,00%
Klaster 2	26	34,67%
Klaster 3	2	2,67%
Klaster 4	20	26,67%
Klaster 5	24	32%
Total	75	100,00%

Komposisi tersebut menunjukkan bahwa karakteristik pembangunan pada 75 kabupaten/kota tidak membentuk satu kelompok yang homogen. Sebaliknya, terdapat beberapa pola karakteristik yang relatif berbeda. Perbedaan tersebut menjadi dasar penting dalam penyusunan kebijakan pembangunan karena intervensi yang sama belum tentu sesuai untuk seluruh wilayah.

Penentuan dan Evaluasi Struktur Klaster

Hasil pengelompokan menunjukkan bahwa jumlah klaster yang digunakan adalah lima klaster ($k = 5$). Evaluasi kualitas pengelompokan dilakukan menggunakan ukuran validitas internal, salah satunya Silhouette Coefficient. Berdasarkan hasil analisis, nilai Silhouette keseluruhan sebesar 0,268488.

Nilai tersebut menunjukkan bahwa struktur klaster yang terbentuk memiliki tingkat pemisahan yang masih relatif terbatas. Dengan kata lain, objek yang berada dalam suatu klaster memang memiliki kecenderungan lebih dekat dengan anggota klasternya dibandingkan dengan sebagian klaster lain, tetapi batas antarklaster belum sepenuhnya tegas. Kondisi ini penting untuk diperhatikan dalam interpretasi karena hasil K-Means sebaiknya tidak dipahami sebagai pembagian wilayah yang benar-benar terpisah secara mutlak, melainkan sebagai pengelompokan berdasarkan pola kemiripan relatif.

Kondisi tersebut juga dapat dilihat dari jarak antarpusat klaster. Jarak antarpusat terbesar adalah 1,474, yaitu antara Klaster 1 dan Klaster 5. Besarnya jarak tersebut menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki karakteristik multidimensi yang paling berbeda dibandingkan pasangan klaster lainnya. Sebaliknya, jarak antarpusat terkecil sebesar 0,323 terdapat antara Klaster 2 dan Klaster 4. Hal tersebut menunjukkan bahwa kedua klaster mempunyai karakteristik yang relatif berdekatan sehingga perbedaan antara keduanya perlu dipahami berdasarkan kombinasi seluruh variabel, bukan hanya satu indikator.

Temuan tersebut memberikan penjelasan terhadap nilai Silhouette yang relatif rendah. Walaupun terdapat kelompok yang memiliki perbedaan karakteristik cukup jelas, seperti Klaster 1 dan Klaster 5, terdapat pula kelompok yang karakteristiknya berdekatan, khususnya Klaster 2 dan Klaster 4. Oleh karena itu, hasil klaster perlu diinterpretasikan berdasarkan profil centroid masing-masing kelompok dan tidak hanya berdasarkan jumlah anggota.

Karakteristik Setiap Klaster

Hasil pengelompokan menggunakan metode *K-Means* menghasilkan lima klaster dengan karakteristik multidimensional yang berbeda. Klaster 1 terdiri atas Medan, Deli Serdang, dan Langkat dengan proporsi 4,00% dari seluruh observasi. Kelompok ini dicirikan oleh nilai Pendidikan (X1) dan Ketenagakerjaan (X2) yang relatif tinggi,

sehingga merepresentasikan wilayah dengan karakteristik sumber daya manusia dan pasar tenaga kerja yang menonjol. Namun, tingginya pendidikan dan ketenagakerjaan tidak secara otomatis diikuti oleh capaian kesejahteraan dan ekonomi tertinggi, yang menunjukkan bahwa pembangunan wilayah melibatkan berbagai dimensi yang saling berkaitan.

Klaster 2 merupakan kelompok terbesar yang terdiri atas 26 kabupaten/kota atau 34,67% dari keseluruhan observasi, terutama tersebar di Sumatera Utara dan Sumatera Barat. Anggotanya meliputi Padang Sidempuan, Binjai, Padang Lawas Utara, Dairi, Humbang Hasundutan, Labuhan Batu Selatan, Tapanuli Selatan, Tapanuli Utara, Toba, Padang Lawas, Agam, Dharmasraya, Lima Puluh Kota, Padang Pariaman, Pasaman Barat, Pesisir Selatan, Sijunjung, Solok, Solok Selatan, Tanah Datar, Bukittinggi, Padang Panjang, Pariaman, Payakumbuh, Sawahlunto, dan Kota Solok. Kelompok ini menunjukkan pola karakteristik pembangunan yang relatif berada pada tingkat menengah dan tidak memiliki ekstremitas seperti beberapa klaster lainnya. Meskipun demikian, anggota dalam klaster tidak harus memiliki nilai indikator yang sama karena pengelompokan didasarkan pada kedekatan keseluruhan profil multidimensi terhadap *centroid*.

Klaster 3 merupakan kelompok paling kecil, yaitu Simalungun dan Kota Padang dengan proporsi 2,67%. Kedua wilayah memiliki karakteristik Pendidikan dan Ketenagakerjaan yang relatif tinggi. Simalungun memiliki nilai X1 sebesar 1,448273 dan X2 sebesar 1,646945, sedangkan Kota Padang memiliki X1 sebesar 1,237715 dan X2 sebesar 1,838933. Meskipun demikian, capaian Kesejahteraan dan Ekonomi belum menjadi yang tertinggi dibandingkan seluruh kelompok. Kondisi tersebut menunjukkan adanya perbedaan antara kekuatan pada aspek sumber daya manusia dan ketenagakerjaan dengan capaian kesejahteraan dan ekonomi, sehingga tingginya suatu dimensi pembangunan tidak selalu diikuti oleh keunggulan pada dimensi lainnya.

Klaster 4 terdiri atas 20 kabupaten/kota atau 26,67% dari keseluruhan observasi, yaitu Aceh Timur, Aceh Besar, Aceh Utara, Bireuen, Aceh Tamiang, Kota Banda Aceh, Kota Lhokseumawe, Kota Langsa, Sibolga, Tebing Tinggi, Asahan, Batu Bara, Karo, Labuhan Batu, Labuhan Batu Utara, Mandailing Natal, Nias Selatan, Serdang Bedagai, Tapanuli Tengah, dan Pasaman. Kelompok ini secara umum menunjukkan karakteristik yang relatif kuat pada aspek Ketenagakerjaan. Beberapa wilayah memiliki nilai X2 yang tinggi, seperti Aceh Besar sebesar 1,256630, Aceh Utara sebesar 1,241010, Asahan sebesar 1,383088, Serdang Bedagai sebesar 1,272240, dan Tapanuli Tengah sebesar 1,238000. Namun, karakteristik tersebut tidak berarti bahwa seluruh indikator berada pada tingkat tertinggi karena setiap wilayah tetap memiliki variasi pada dimensi lainnya.

Klaster 5 terdiri atas 24 kabupaten/kota atau 32,00% dari keseluruhan observasi dan menjadi kelompok terbesar kedua. Kelompok ini banyak mencakup wilayah di Aceh dan Sumatera Utara serta menunjukkan karakteristik yang relatif menonjol pada aspek Kesejahteraan dan Ekonomi, sementara Pendidikan dan Ketenagakerjaan pada beberapa wilayah relatif lebih rendah dibandingkan klaster yang memiliki keunggulan pada kedua dimensi tersebut. Beberapa wilayah menunjukkan capaian Y1 yang relatif tinggi, seperti Nias Barat sebesar 1,503953, Gayo Lues sebesar 1,344987, Bener Meriah sebesar 1,335937, dan Pidie sebesar 1,327883. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa capaian kesejahteraan dan ekonomi tidak hanya ditentukan oleh satu dimensi pembangunan, tetapi merupakan hasil dari kombinasi karakteristik wilayah yang beragam.

Perbandingan Antarklaster

Jika dibandingkan secara keseluruhan, kelima klaster menunjukkan pola yang berbeda. Klaster 1 paling menonjol pada dimensi Pendidikan dan Ketenagakerjaan, sedangkan Klaster 3 juga menunjukkan karakteristik Pendidikan dan Ketenagakerjaan yang tinggi tetapi dengan jumlah anggota yang jauh lebih sedikit. Klaster 4 memiliki karakteristik ketenagakerjaan yang relatif kuat dan terdiri atas 20 wilayah. Klaster 5 lebih menonjol pada dimensi Kesejahteraan dan Ekonomi, sedangkan Klaster 2 menjadi kelompok terbesar dengan karakteristik yang relatif lebih umum dan tidak menunjukkan ekstremitas seperti beberapa klaster lainnya.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa kabupaten/kota di Aceh, Sumatera Utara, dan Sumatera Barat tidak dapat diperlakukan sebagai wilayah yang memiliki karakteristik pembangunan yang seragam. Bahkan dalam satu provinsi dapat ditemukan wilayah yang masuk ke dalam klaster berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa batas administratif provinsi tidak selalu mencerminkan kesamaan karakteristik pembangunan.

Dari perspektif perencanaan pembangunan, hasil ini memberikan implikasi bahwa kebijakan yang bersifat seragam (*one-size-fits-all*) berpotensi kurang efektif. Wilayah dalam Klaster 1 dan Klaster 3, misalnya, dapat diarahkan pada penguatan keterkaitan antara kualitas pendidikan, produktivitas tenaga kerja, dan peningkatan kesejahteraan. Sementara itu, wilayah dalam Klaster 5 dapat diarahkan pada penguatan keberlanjutan capaian kesejahteraan dan ekonomi melalui peningkatan kualitas pendidikan, kesempatan kerja, serta perlindungan lingkungan.

Interpretasi Silhouette dan Jarak Antarklaster

Nilai Silhouette sebesar 0,268488 perlu menjadi bagian penting dalam interpretasi hasil. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kualitas pemisahan lima klaster masih relatif terbatas. Artinya, meskipun algoritma K-Means berhasil membentuk lima kelompok berdasarkan jarak Euclidean, terdapat sejumlah wilayah yang karakteristiknya masih cukup dekat dengan kelompok lain.

Hal tersebut konsisten dengan jarak antarpusat klaster. Jarak maksimum sebesar 1,474 antara Klaster 1 dan Klaster 5 menunjukkan adanya perbedaan profil yang relatif besar. Sebaliknya, jarak minimum sebesar 0,323 antara Klaster 2 dan Klaster 4 menunjukkan bahwa kedua kelompok relatif berdekatan secara multidimensi.

Temuan ini memiliki dua implikasi. Pertama, K-Means berhasil mengidentifikasi pola karakteristik yang berbeda, terutama pada kelompok dengan profil yang lebih ekstrem. Kedua, hasil pengelompokan belum dapat dianggap sebagai struktur yang sangat kuat karena masih terdapat kedekatan karakteristik antarklaster. Oleh karena itu, hasil klaster lebih tepat digunakan sebagai segmentasi karakteristik wilayah daripada sebagai klasifikasi wilayah yang bersifat mutlak.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, Karakteristik pembangunan kabupaten/kota di Provinsi Aceh, Sumatera Utara, dan Sumatera Barat tahun 2025 menunjukkan keragaman multidimensional pada aspek pendidikan, ketenagakerjaan, lingkungan, kesejahteraan, dan ekonomi, sehingga setiap wilayah tidak dapat dipandang sepenuhnya homogen. K-Means mampu mengidentifikasi lima kelompok kabupaten/kota berdasarkan kemiripan karakteristik multidimensional dengan pola berbeda mulai dari wilayah yang menonjol pada pendidikan dan ketenagakerjaan, wilayah dengan kesejahteraan dan ekonomi relatif lebih baik, hingga kelompok dengan kombinasi indikator lebih beragam sehingga memberikan gambaran pola kesamaan dan perbedaan pembangunan antarwilayah. Karakteristik pembangunan juga tidak selalu bergerak bersamaan: tingginya capaian

pendidikan dan ketenagakerjaan tidak otomatis diikuti kesejahteraan dan ekonomi tertinggi, dan sebaliknya, sehingga pembangunan wilayah merupakan fenomena kompleks yang melibatkan berbagai dimensi saling berkaitan. Secara keseluruhan, K-Means dapat menggambarkan heterogenitas karakteristik pembangunan antarkabupaten/kota di tiga provinsi penelitian, memperlihatkan kelompok wilayah dengan karakteristik serupa sekaligus perbedaan pola antarkelompok; konteks bencana hidrometeorologi semakin menegaskan pentingnya pemahaman multidimensional setiap wilayah. Hasil penelitian memberikan gambaran empiris mengenai struktur dan keragaman karakteristik pembangunan wilayah yang dapat menjadi dasar penelitian lanjutan mengenai kesejahteraan, ekonomi, lingkungan, pendidikan, ketenagakerjaan, dan ketahanan wilayah.

DAFTAR REFERENSI

- Abdullah, A. S. (2015). *Metodologi penelitian kuantitatif*. Aswaja Pressindo.
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Indeks pembangunan manusia 2022*. Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik. (2025). *Metadata Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH)*. Sirusa BPS.
- Badrudin, R. (2012). *Ekonomika otonomi daerah*. UPP STIM YKPN.
- Becker, J.-M., Rai, A., Ringle, C. M., & Völckner, F. (2013). Discovering unobserved heterogeneity in structural equation models to avert validity threats. *MIS Quarterly*, 37(3), 665–694.
- Caliński, T., & Harabasz, J. (1974). A dendrite method for cluster analysis. *Communications in Statistics*, 3(1), 1–27. <https://doi.org/10.1080/03610927408827101>
- Disnaker Kabupaten Buleleng. (2019). *Jenis-jenis tenaga kerja dan permasalahannya*. <https://web.archive.org/web/20201012000837/https://www.bulelengkab.go.id/detail/artikel/jenis-jenis-tenaga-kerja-dan-permasalahannya-32>
- García-Muñoz, T. M., Milgram-Baleix, J., & Odeh-Odeh, O. (2019). Inequality and life satisfaction in low- and middle-income countries: The role of opportunity. *Societies*, 9(2), 37. <https://doi.org/10.3390/soc9020037>
- Ghozali, I. (2011). *Model persamaan struktural: Konsep dan aplikasi dengan program AMOS 22 update Bayesian SEM*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Ghozali, I. (2014). *Structural equation modelling: Metode alternatif dengan Partial Least Square (PLS)*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage Learning.
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2014). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)*. SAGE Publications.
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., Danks, N. P., & Ray, S. (2022). *Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R: A workbook*. Springer.
- Hair, J. F., Sarstedt, M., Ringle, C. M., & Mena, J. A. (2012). An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling in marketing research. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 40(3), 414–433. <https://doi.org/10.1007/s11747-011-0261-6>

- Hallegatte, S., Vogt-Schilb, A., Bangalore, M., & Rozenberg, J. (2017). *Unbreakable: Building the resilience of the poor in the face of natural disasters*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1003-9>
- Helliwell, J. F., Layard, R., Sachs, J. D., & De Neve, J.-E. (Eds.). (2021). *World happiness report 2021*. Sustainable Development Solutions Network.
- Jain, A. K. (2010). Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern Recognition Letters*, 31(8), 651–666. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2009.09.011>
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2007). *Applied multivariate statistical analysis* (6th ed.). Pearson Prentice Hall.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2021 tentang Indeks Kualitas Lingkungan Hidup*. JDIH Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Magrabi, F. M. (1991). *The economics of household consumption*. Praeger.
- Mankiw, N. G. (2007). *Macroeconomics* (6th ed.). Worth Publishers.
- Oktaviany, W. T., Insani, F., Nazir, A., & Pizaini. (2025). Pengelompokan wilayah bencana banjir di Indonesia menggunakan algoritma K-Means. *Bulletin of Computer Science Research*, 5(4), 542–553. <https://doi.org/10.47065/bulletincsr.v5i4.608>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2021). *OECD environmental performance reviews: Indonesia 2021*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/7b3eae08-en>
- Pemerintah Republik Indonesia. (2009a). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2009 tentang Kesejahteraan Sosial*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2009b). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.
- Rigdon, E. E., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2010). Structural modeling of heterogeneous data with partial least squares. Dalam N. K. Malhotra (Ed.), *Review of marketing research* (Vol. 7, pp. 255–296). Emerald Group Publishing.
- Ringle, C. M., Sarstedt, M., & Mooi, E. A. (2010). Response-based segmentation using finite mixture partial least squares: Theoretical foundations and an application to American Customer Satisfaction Index data. *Annals of Information Systems*, 8, 19–49.
- 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)
- Sari, V. A. (2019). Educational assistance and education quality in Indonesia: The role of decentralization. *Population and Development Review*, 45(S1), 123–154. <https://doi.org/10.1111/padr.12272>
- Sarstedt, M., Hair, J. F., Nitzl, C., Ringle, C. M., & Howard, M. C. (2020). Beyond a tandem analysis of SEM and PROCESS: Use of PLS-SEM for mediation analyses. *International Journal of Market Research*, 62(3), 288–299. <https://doi.org/10.1177/1470785320915686>
- Sukirno, S. (2008). *Mikroekonomi: Teori pengantar*. PT RajaGrafindo Persada.
- Sukirno, S. (2010). *Ekonomi pembangunan: Proses, masalah, dan dasar kebijakan*. Kencana.
- Todaro, M. P., & Smith, S. C. (2000). *Economic development* (7th ed.). Addison-Wesley.

- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan. (2003).
- United Nations Development Programme. (2022). *Human development report 2021–22: Uncertain times, unsettled lives: Shaping our future in a transforming world*. United Nations Development Programme.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2021). *Global assessment report on disaster risk reduction 2021: Our world at risk: Transforming governance for a resilient future*. United Nations.
- Wang, Q., & Zhang, Z. (2024). Government expenditure on education and economic growth: An econometric study. *Journal of Education, Humanities and Social Sciences*. <https://doi.org/10.54097/zhysg377>
- Wilden, R., & Gudergan, S. P. (2015). The impact of dynamic capabilities on operational marketing and technological capabilities: Investigating the role of environmental turbulence. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 43(2), 181–199. <https://doi.org/10.1007/s11747-014-0380-y>
- World Bank. (2017). *Unbreakable: Building the resilience of the poor in the face of natural disasters*. World Bank.
- World Bank. (2021). *Indonesia: Disaster risk management and resilience*. World Bank.
- World Bank. (2022). *Indonesia economic prospects*. World Bank.