Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Utara Berdasarkan Indikator Indeks Pembangunan Manusia Menggunakan Metode Fuzzy C-Means

Diana Syahputri Simamora[1], Faridawaty Marpaung[2]
[1,2] Matematika, Universitas Negeri Medan, Kota Medan, 20221, Indonesia
*Coresponding Author: dianasyahputrismr.4211230016@unimed.ac.id

Abstrak

Petunjuk ini merupakan format sekaligus template manuskrip/artikel yang digunakan pada artikel yang diterbitkan di Prosiding Seminar Nasional Jurusan Matematika Universitas Negeri Medan. Artikel diawali dengan Judul Artikel, Nama Penulis, Alamat Afiliasi Penulis, diikuti Pembangunan manusia merupakan pilar utama kemajuan suatu bangsa, Indeks Pembangunan Manusia (IPM) menjadi tolak ukur keberhasilan pembangunan di suatu wilayah. Variasi capaian IPM antar kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara mengindikasikan adanya disparitas pembangunan yang memerlukan analisis mendalam untuk perencanaan kebijakan yang lebih tepat sasaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara berdasarkan indikator IPM tahun 2024 menggunakan metode Fuzzy C-Means (FCM) serta mendeskripsikan karakteristik masing-masing kelompok. Metode FCM dipilih karena kemampuannya dalam mengatasi data yang tumpang tindih dan menghasilkan pengelompokan yang lebih teliti dibandingkan metode clustering konvensional. Data sekunder diperoleh dari Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara tahun 2024, meliputi enam indikator IPM: Harapan Lama Sekolah (X_1), Rata-rata Lama Sekolah(X_2), Umur Harapan Hidup (X_3), Pengeluaran per Kapita disesuaikan (X_4), Tingkat Pengangguran Terbuka (X_5), dan Tingkat Kemiskinan (X_6). Sebelum analisis FCM, data distandarisasi menggunakan z-score dan diuji multikolinearitasnya untuk memastikan validitas. Hasil uji multikolinearitas menunjukkan tidak ada korelasi antar variabel yang melebihi 0,8, sehingga asumsi terpenuhi. Penentuan jumlah klaster optimal dilakukan menggunakan indeks Modified Partition Coefficient (MPC), yang menunjukkan bahwa tiga klaster adalah jumlah paling optimal dengan nilai MPC tertinggi sebesar 0,290083. Pengelompokan menghasilkan tiga klaster dimana klaster pertama terdiri atas 4 kabupaten/kota, klaster kedua terdiri atas 17 kabupaten/kota, dan klaster ketiga terdiri atas 12 kabupaten/kota
Kata kunci: Indeks Pembangunan Manusia; Fuzzy C-Means; Pengelompokan; Modified Partition Coefficient

Abstract

Human development is a cornerstone of national progress, with the Human Development Index (HDI) serving as a benchmark for development success in a region. Variations in HDI achievements among regencies/cities in North Sumatra Province indicate development disparities that require in-depth analysis for more targeted policy planning. This study aims to cluster regencies/cities in North Sumatra Province based on HDI indicators for 2024 using the Fuzzy C-Means (FCM) method and to describe the characteristics of each cluster. The FCM method was chosen for its ability to handle overlapping data and produce more precise clustering compared to conventional clustering methods. Secondary data was obtained from the North Sumatra Provincial Central Statistics Agency for 2024, covering six HDI indicators: Expected Years of Schooling (X_1), Average Years of Schooling (X_2), Life Expectancy at Birth (X_3), Adjusted Per Capita Expenditure (X_4), Open Unemployment Rate (X_5), and Poverty Rate (X_6). Prior to FCM analysis, data was standardized using z-scores and tested for multicollinearity to ensure validity. The multicollinearity test results showed no correlation between variables exceeding 0.8, thus fulfilling the assumption. The optimal number of clusters was determined using the Modified Partition Coefficient (MPC) index, which indicated that three clusters were the most optimal with the highest MPC value of 0.290083. The clustering resulted in three distinct clusters: Cluster 1 consisted of 4 regencies/cities, Cluster 2 contained 17, and Cluster 3 comprised 12 regencies/cities.
Keywords: Human Development Index, Fuzzy C-Means, Clustering, Modified Partition Coefficient

Citation: Simamora, D. S., & Marpaung, F. (2025). Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Utara Berdasarkan Indikator Indeks Pembangunan Manusia Menggunakan Metode Fuzzy C-Means. *Prodising Seminar Nasional Jurusan Matematika 2025*. 854 – 858.

PENDAHULUAN

Pembangunan Manusia merupakan salah satu upaya memperhatikan dan meningkatkan sumber daya manusia yang telah banyak dilakukan oleh pemerintah. Sumber daya manusia (SDM) merupakan salah satu elemen penting bagi suatu negara yang selalu diperhatikan demi mencapai kemajuan dan kualitas suatu bangsa. Dalam mengukur hasil pembangunan di suatu wilayah dapat menggunakan Indeks Pembangunan Manusia (IPM) sebagai tolak ukur (Kanaya, 2023). IPM merupakan indeks yang dipergunakan untuk hasil pencapaian dari pembangunan suatu wilayah dalam tiga dimensi dasar yaiatu umur panjang dan hidup sehat, pengetahuan, dan standar hidup layak. Ketiga dimensi diukur dari enam komponen yakni Harapan Lama Sekolah, Rata -Rata Lama Sekolah, Pengeluaran per Kapita disesuaikan, dan Umur Harapan Hidup saat Lahir, Tingkat Pengangguran Terbuka, dan Tingkat Kemiskinan (Rahmati & Wijayanto, 2021). Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), Indeks Pembangunan Manusia (IPM) memiliki beberapa manfaat. IPM merupakan indikator

penting untuk mengukur keberhasilan dalam upaya membangun kualitas hidup manusia, baik itu masyarakat maupun penduduk. Selain itu, IPM dapat menentukan peringkat atau level pembangunan suatu wilayah atau negara. Dengan demikian, IPM berfungsi sebagai alat yang efektif untuk merencanakan dan mengevaluasi kebijakan pembangunan yang bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat (Sujarwo, 2025).

IPM Sumatera Utara untuk tahun 2024 tercatat mencapai 75,76%. Angka ini didukung oleh semua dimensi indikator yang menyusun IPM. Dari empat indikator tersebut, terdapat satu yang menunjukkan percepatan laju pertumbuhan, yaitu pengeluaran riil per kapita per tahun (yang disesuaikan) yang meningkat sebesar 3,72%. Sementara itu, tiga indikator lainnya mengalami perlambatan pertumbuhan. Pertama, umur harapan hidup (UHH) saat lahir tumbuh sedikit melambat dari 0,38% menjadi 0,31% pada tahun 2024. Kedua, harapan lama sekolah (HLS) yang tumbuh dari 1,28% pada tahun 2023, hanya meningkat sebesar 0,07% di tahun 2024. Ketiga, rata-rata lama sekolah (RLS) yang tumbuh dari 1,13% pada tahun 2023, hanya meningkat sebesar 1,12% di tahun 2024. Perkembangan ini mengindikasikan adanya kendala dalam meningkatkan kualitas pendidikan dan kesehatan di Sumatera Utara, meskipun ada kemajuan dalam aspek pengeluaran per kapita (BPS Provinsi Sumatera Utara, n.d.).

IPM menjadi dasar tolak ukur bagi pemerintah dalam menentukan keberhasilan pembangunan manusia di setiap daerah. Namun setiap daerah tentunya memiliki tingkat keberhasilan pembangunan manusia yang berbeda (Fatihin & Andayani, 2023). Keberhasilan dalam proses pembangunan dapat dicapai dengan dapat dicapai dengan mengelompokkan wilayah-wilayah yang membutuhkan perhatian khusus. Hasil pengelompokan tersebut dapat menjadi acuan dan sasaran pemerintah dalam memberikan dukungan dan membantu pembangunan di setiap wilayah (Kanaya, 2023). Hasil pengelompokan ini juga nantinya dapat dimanfaatkan pemerintah sebagai bahan evaluasi dan perencanaan sasaran program pemerintah yang sesuai di setiap daerah (Margaretta et al., 2021). Pengelompokan data dilakukan dengan pendekatan yang penting untuk menemukan kesamaan dalam data, sehingga data tersebut dapat ditempatkan ke dalam kelompok tertentu. Dengan demikian, objek-objek yang tergabung dalam *cluster* memiliki karakteristik yang serupa (Mahmudi et al., 2021).

Pada pengelompokan, pengukuran kemiripan karakteristik antar objek yang diteliti dapat dilakukan dengan menggunakan ukuran jarak. Semakin kecil nilai jarak yang diperoleh, maka posisi objek tersebut semakin dekat dengan pusat klaster. Hal lain yang perlu diperhatikan pada proses pengelompokan adalah penentuan banyaknya klaster. Penentuan ini dapat berpengaruh pada tingkat validitas hasil pengelompokan. Validitas tersebut dilakukan agar memperoleh jumlah klaster yang sesuai dengan data yang sedang digunakan (Putri et al., 2022). Metode fuzzy *clustering* (pengelompokan fuzzy) memungkinkan suatu objek menjadi anggota dari suatu klaster atau lebih, sehingga menghasilkan pengklasteran yang lebih teliti. FCM juga dapat mengatasi distribusi data yang tumpang tindih, yang sulit diatasi oleh teknik klustering lainnya. Dalam fuzzy *clustering*, salah satu metode yang telah dikembangkan yaitu Fuzzy C-means (FCM) (Purba et al., 2024). FCM merupakan teknik pengelompokan yang efektif untuk data yang penyebarannya tidak teratur karena ketidakteraturan suatu data memungkinkan data tersebut mempunyai karakteristik tertentu dari klaster lainnya (Fatihin & Andayani, 2023). FCM merupakan salah satu teknik di mana keberadaan setiap data dalam suatu klaster ditentukan oleh nilai derajat keanggotaan (Dwiguna et al., 2022). Metode Fuzzy C-Means sering dipilih untuk pengelompokan data karena mampu menghasilkan klaster yang halus dan cukup efektif. Metode ini juga unggul dalam mengelompokkan data dalam jumlah besar serta lebih tahan terhadap keberadaan data pencilan (*outlier)* (Mahmudi et al., 2021).

Penelitian yang berkaitan dengan metode Fuzzy C-Means pernah dilakukan oleh Margaretta et al., (2021) yang berjudul "Pengklasteran Provinsi-Provinsi Di Indonesia Berdasarkan Indikator Yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia Menggunakan Metode Fuzzy C-Means". Berdasarkan hasil penelitian pengklasteran provinsi-provinsi di Indonesia menggunakan metode Fuzzy C-Means menghasilkan empat klaster. Kanaya (2023) juga pernah melakukan penelitian terkait metode K-Means dan Fuzzy C-Means yang berjudul "Perbandingan K-Means dan Fuzzy C-Means Untuk Mengelompokkan Kabupaten/Kota di Nusa Tenggara Timur Berdasarkan Indikator Indeks Pembangunan Manusia Tahun 2022". Dalam penelitian tersebut ditemukan bahwa metode Fuzzy C-Means menunjukkan hasil pengklasteran yang lebih unggul, yang dibuktikan dengan nilai uji validitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode K-Means.

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan, peneliti bermaksud melakukan penelitian yang berjudul "Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Utara Berdasarkan Indikator Indeks Pembangunan Manusia Menggunakan Metode Fuzzy C-Means" yang bertujuan untuk untuk menentukan pengelompokan kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara berdasarkan indikator Indeks Pembangunan Manusia menggunakan metode fuzzy c-means, sehingga dapat digunakan oleh pemerintah sebagai bahan evaluasi dan perencanaan program pembangunan yang lebih

tepat sasaran dan efisien di setiap daerah. Meskipun telah banyak penelitian terdahulu yang mengkaji pengelompokan IPM di berbagai wilayah menggunakan metode Fuzzy C-Means, namun belum ditemukan penelitian yang secara spesifik mengaplikasikan metode ini untuk mengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara berdasarkan indikator IPM tahun 2024. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi kekosongan tersebut dengan menyediakan analisis yang relevan dan terkini, serta memberikan kontribusi baru dalam pemetaan pembangunan manusia di wilayah Sumatera Utara.

METODE PENELITIAN

Sumber data yang digunakan merupakan data sekunder yang berkaitan dengan indikator-indikator yang mempengaruhi IPM di kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara pada tahun 2024. Variabel-variabel yang yang diterapkan dalam proses pengelompokkan kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara meliputi berdasarkan indikator-indikator Indeks Pembangunan Manusia (IPM) yang terdiri atas enam variabel yaitu, Harapan Lama Sekolah, Rata -Rata Lama Sekolah, Pengeluaran per Kapita disesuaikan, dan Umur Harapan Hidup saat Lahir, Tingkat Pengangguran Terbuka, dan Tingkat Kemiskinan. Tahapan analisis data dalam penelitian ini diawali dengan merumuskan permasalahan secara jelas, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data dan eksplorasi data untuk memahami pola-pola awal yang muncul. Setelah itu, dilakukan tahap praproses data yang mencakup standarisasi data serta uji asumsi klaster sebagai dasar sebelum pengelompokan. Selanjutnya, algoritma fuzzy c-means diaplikasikan untuk proses pengelompokan, lalu jumlah klaster optimal ditentukan berdasarkan nilai tertinggi Modified Partition Coefficient (MPC). Setelah klaster optimal diperoleh, anggota klaster terbaik ditetapkan berdasarkan derajat keanggotaan masing-masing data. Tahap berikutnya adalah menginterpretasikan hasil pengelompokan beserta karakteristik setiap kelompok yang terbentuk. Pada akhirnya, penelitian ditutup dengan penarikan kesimpulan dan penyusunan saran berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan jumlah klaster optimal dapat dilakukan dengan menggunakan indeks validitas klaster, salah satunya adalah indeks MPC (*Modified Partition Coefficient*) yang didasarkan pada nilai keanggotaan data pada setiap klaster. Nilai MPC tertinggi menandakan jumlah klaster paling tepat/optimal. Hasil evaluasi validitas klaster dari metode fuzzy c-means untuk beberapa pilihan jumlah klister; jumlah klister 3 MPC nya 0,290083; jumlah klister 4 MPC nya 0,001204; jumlah klister 5 MPC nya 0,085214; jumlah klister 6 MPC nya 0,042119; jumlah klister 7 MPC nya -0,258005. Berdasarkan hasil ini dapat disimpulkan bahwa jumlah klaster yang paling tepat adalah tiga, dengan nilai MPC sebesar 0,290083. Dengan demikian, pemilihan tiga klaster dianggap paling sesuai untuk analisis selanjutnya. Setelah klaster optimal berhasil diperoleh melalui penerapan metode MPC, tahap selanjutnya adalah menentukan tingkat keanggotaan masing-masing data pada setiap klaster optimal tersebut.

Penentuan ini didasarkan pada nilai derajat keanggotaan yang menunjukkan sejauh mana suatu data termasuk dalam suatu klaster tertentu. Berdasarkan nilai derajat keanggotaan masing-masing kabupaten/kota, dapat diketahui kecenderungan provinsi tersebut untuk masuk ke dalam klaster tertentu. Kabupaten/kota akan dikelompokkan ke dalam klaster yang memiliki nilai derajat keanggotaan tertinggi, yang menunjukkan tingkat keterikatan paling kuat pada klaster tersebut. Misalkan untuk kabupaten/kota NIas menjadi dapat menjadi anggota klaster 1 dengan derajat keanggotaan bernilai 0,90390088, anggota klaster 2 dengan derajat keanggotaan bernilai 0,06163433, anggota klaster 3 dengan derajat keanggotaan bernilai 0,03446479. Derajat keanggotaan tertinggi dari kabupaten/kota Nias terletak pada klaster 1, maka kabupaten/kota Nias akan dimasukkan ke dalam klaster 1. Oleh karena itu, hasil pengelompokan pada klaster optimal dapat dilihat dan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengelompokan Kabupaten/Kota di Sumatera Utara Menggunakan Metode Fuzzy C-Means

Klaster	Kabupaten/Kota
1	Nias, Nias Selatan, Nias Utara, Nias Barat
2	Tapanuli Selatan, Tapanuli Tengah, Labuhan Batu, Asahan, Dairi, Langkat, Humbang Hasundutan, Pakpak Barat, Samosir, Serdang Bedagai, Batu Bara, Padang Lawas Utara, Padang Lawas, Labuhan Batu Selatan, Labuhan Batu Utara, Tanjung Balai, Gunung Sitoli
3	Mandailing Natal, Tapanuli Utara, Toba, Simalungun, Karo, Deli Serdang, Sibolga, Pematang Siantar, Tebing Tinggi, Medan, Binjai, Padang Sidimpuan

Setelah proses pembentukan klaster selesai, langkah berikutnya adalah menghitung rata-rata nilai dari setiap indikator Indeks Pembangunan Manusia (IPM) untuk seluruh objek penelitian, yaitu 33 Kabupaten/Kota di Provinsi Sumatera Utara $(\bar{X})$. . Selanjutnya, rata-rata nilai indikator-indikator tersebut juga dihitung secara terpisah untuk masing-

masing klaster yang telah terbentuk $(\overline{X_c})$, sehingga dapat dilakukan analisis perbandingan karakteristik antar klaster. Pendekatan ini membantu dalam memahami perbedaan dan kesamaan antar kelompok wilayah berdasarkan indikator IPM yang digunakan. Pada setiap variabel yang terdapat di dalam klaster, penandaan diterapkan dengan ketentuan sebagai berikut: jika $\bar{X}_c > \bar{X}$ maka diberi tanda positif (+), jika $\bar{X}_c < \bar{X}$ maka diberi tanda negatif $(-)$, dan jika $\bar{X}_c = \bar{X}$ maka diberi tanda netral $(\pm)$. Karakteristik dari hasil pengelompokan dirangkum dan ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Pengelompokan

Klaster	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
Klaster 1	$-$	$-$	$-$	$-$	$-$	$-$
Klaster 2	$-$	$-$	$\pm$	$+$	$\pm$	$-$
Klaster 3	$+$	$+$	$+$	$+$	$+$	$-$

Dalam penelitian ini, Adapun variabel-variabel harapan lama sekolah (X_1), rata-rata lama sekolah (X_2), umur harapan hidup (X_3), pengeluaran per kapita (X_4), tingkat pengangguran terbuka (X_5), dan tingkat kemiskinan (X_6). Apabila variabel-variabel tersebut bernilai positif atau rata-rata kelompoknya melebihi rata-rata keseluruhan variabel, maka klaster tersebut dapat dikatakan bahwa tingkat keberhasilan pembangunannya relatif lebih baik. Sebaliknya, apabila variabel-variabel tersebut bernilai negatif atau rata-rata pengelompokannya lebih rendah dibandingkan rata-rata variabel maka pada klaster tersebut dapat dikatakan bahwa tingkat keberhasilan pembangunannya relatif kurang baik. Namun, apabila variabel-variabel tersebut bernilai nol $(\pm)$ atau rata-rata pengelompokannya sama dengan rata-rata variabel maka dapat dikatakan bahwa tingkat keberhasilan pembangunan pada klaster tersebut dapat dikatakan berada pada tingkat rata-rata atau sedang.

Dari Tabel 2, terlihat bahwa klaster 1 menunjukkan semua variabel dapat dikatakan tingkat keberhasilan pembangunannya relatif kurang baik. Sedangkan pada klaster 2 tingkat keberhasilan pembangunan dapat dikatakan relatif kurang baik pada variabel harapan lama sekolah (X_1), rata-rata lama sekolah (X_2), dan tingkat kemiskinan (X_6). Pada klaster 3 dapat dilihat bahwa tingkat keberhasilan pembangunannya hampir semua variabel dapat dikatakan baik kecuali pada variabel tingkat kemiskinan (X_6).

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil melakukan pengelompokan kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara untuk tahun 2024 dengan menerapkan metode fuzzy c-means berdasarkan enam indikator variabel IPM. Hasil pengelompokan menunjukkan terbentuknya tiga klaster dengan karakteristik yang berbeda. Klaster 1: Mencerminkan kondisi pembangunan yang relatif kurang baik secara menyeluruh pada semua variabel yang dianalisis (harapan lama sekolah, rata-rata lama sekolah, umur harapan hidup, pengeluaran per kapita disesuaikan, tingkat pengangguran terbuka, dan tingkat kemiskinan). Klaster 2: Menunjukkan keberhasilan pembangunan yang relatif rendah pada variabel harapan lama sekolah, rata-rata lama sekolah, dan tingkat kemiskinan. Namun, klaster ini menunjukkan nilai positif pada pengeluaran per kapita disesuaikan, serta berada pada tingkat rata-rata untuk umur harapan hidup dan tingkat pengangguran terbuka. Klaster 3: Menggambarkan pencapaian pembangunan yang relatif baik pada hampir seluruh variabel (harapan lama sekolah, rata-rata lama sekolah, umur harapan hidup, pengeluaran per kapita disesuaikan, dan tingkat pengangguran terbuka). Meskipun demikian, variabel tingkat kemiskinan pada klaster ini masih memerlukan perhatian khusus. Temuan ini mengindikasikan adanya disparitas pembangunan antar kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara, terutama terkait aspek pendidikan dan kemiskinan. Oleh karena itu, upaya peningkatan pembangunan manusia perlu difokuskan pada variabel-variabel yang masih menunjukkan hasil kurang optimal, guna mendorong pemerataan dan peningkatan kualitas hidup masyarakat di wilayah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

BPS Provinsi Sumatera Utara. (n.d.). *Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Sumatera Utara Tahun 2024*. *63*(61), 1–9.

Dwiguna, I. K. S., Gandhiadi, G. K., & Harini, L. P. I. (2022). Implementasi Fuzzy C-Mean dan Algoritma Particle Swarm Optimization untuk Clustering Kabupaten/Kota di Indonesia Berdasarkan Indikator Indeks Pembangunan Manusia. *E-Jurnal Matematika*, *11*(3), 191. https://doi.org/10.24843/mtk.2022.v11.i03.p380

Fatihin, C., & Andayani, S. (2023). Clustering Kabupaten/Kota di Jawa Timur Berdasarkan Indikator IPM Menggunakan SOM dan FCM. *Jurnal Kajian Dan Terapan Matematika*, *9*(3), 134–147.

Kanaya, P. P. (2023). Perbandingan K-Means dan Fuzzy C-Means Untuk Mengelompokkan Kabupaten/Kota di Nusa Tenggara Timur Berdasarkan Indikator Indeks Pembangunan Manusia Tahun 2022. *UPT Perpustakaan Undana*, 1–

9.

Mahmudi, Goejantoro, R., & Amijaya, F. D. T. (2021). Comparison of C-Means and Fuzzy C-Means Methods in the Districts/Cities on the Island of Kalimantan Based on the 2019 HDI Indicators. *Jurnal EKSPONENSIAL*, *12*(2), 193–1999.

Margaretta, D. A., HG, I. R., & Yozza, H. (2021). Pengklasteran Provinsi-Provinsi di Indonesia Berdasarkan Indikator yang Mempengaruhi Indeks Pembangunan Manusia Menggunakan Metode Fuzzy C-Means. *Jurnal Matematika UNAND*, *10*(1), 79. https://doi.org/10.25077/jmu.10.1.79-86.2021

Purba, F. P., Roder, K., Simamora, E., & Nasution, H. (2024). Implementation of Fuzzy C – Means (FCM) And Fuzzy Possibilistic C – Means (FPCM) for Clustering District / City Based On Health Services And Infectious Diseases in North Sumatera. *Zero : Jurnal Sains , Matematika , Dan Terapan*, *8*(2), 47–56. https://doi.org/10.30829/zero.v8i2.23480

Putri, G. N. S., Ispriyanti, D., & Widiharih, T. (2022). Implementasi Algoritma Fuzzy C-Means dan Fuzzy Possibilistics C-Means Untuk Klasterisasi Data Tweets Pada Akun Twitter Tokopedia. *Jurnal Gaussian*, *11*(1), 86–98. https://doi.org/10.14710/j.gauss.v11i1.33996

Rahmati, R., & Wijayanto, A. W. (2021). Analisis Cluster dengan Algoritma K-Means, Fuzzy C-Means Dan Hierarchical Clustering. *JIKO (Jurnal Informatika Dan Komputer)*, *5*(2), 73–80.

Sujarwo. (2025). Klasifikasi Indeks Pembangunan Manusia Indonesia Tingkat Sumatera Utara dengan Metode K-Means. *Remik: Riset Dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, *9*(1), 151–160.