

CLUSTERING DATA METEOROLOGI WILAYAH INDONESIA TIMUR DENGAN METODE *K-MEANS* DAN *FUZZY C-MEANS*

Gion Andrian¹; Desi Arisandi²; Teny Handhayani^{3*}

Fakultas Teknologi Informasi^{1,2,3}
Universitas Tarumanagara^{1,2,3}
<https://untar.ac.id/>^{1,2,3}

gion.535200024@stu.untar.ac.id¹, desi@fti.untar.ac.id², tenyh@fti.untar.ac.id^{3*}



Abstract—Climate change is a global issue that affect human life and the environment. Signs of climate change can be observed from long-term meteorological data. This research uses clustering techniques with the *K-Means* and *Fuzzy C-Means* methods to group cities in the Eastern Indonesia region based on numerical daily time series meteorological data from 1 January 2010 to 31 August 2023. The variables are minimum temperature, maximum temperature, temperature average, humidity, rainfall, duration of sunlight, maximum wind speed, and average wind speed. The dataset was collected from 28 meteorological stations. The *K-Means* and *Fuzzy C-Means* methods obtained the same results, namely the highest silhouette value of 0.218 with the number of clusters $k = 2$. In general, the annual trend shows an increase in temperature and a decrease in wind speed which are signs of climate change. This research is an early study of climate change in East Indonesia. The results of this research are expected to contribute to the study of climate change in Indonesia.

Keywords: climate change, clustering, fuzzy c-means, k-means, meteorology.

Abstrak—Perubahan iklim merupakan masalah global yang dapat mempengaruhi kehidupan manusia dan lingkungan. Tanda-tanda perubahan iklim dapat diamati dari data meteorologi jangka panjang. Penelitian ini menggunakan teknik *clustering* dengan metode *K-Means* dan *Fuzzy C-Means* untuk mengelompokkan kota-kota di wilayah Indonesia Timur berdasarkan nilai numerik data meteorologi *time series* harian periode 1 Januari 2010–31 Agustus 2023. Variabel yang digunakan meliputi *temperature* minimum, *temperature* maksimum, *temperature* rata-rata, kelembaban, curah hujan, lamanya penyinaran matahari, kecepatan angin maksimum, dan kecepatan angin rata-rata. Dataset dikumpulkan dari 28 stasiun meteorologi BMKG. Metode *K-Means* dan *Fuzzy C-Means* memperoleh hasil yang sama yaitu nilai *silhouette* tertinggi sebesar 0.218 dengan jumlah *cluster* $k = 2$. Secara umum, tren tahunan menunjukkan adanya kenaikan temperatur dan penurunan kecepatan angin yang merupakan tanda-tanda terjadinya perubahan iklim. Penelitian ini merupakan studi awal perubahan iklim di wilayah Indonesia bagian timur temuan penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap kajian perubahan iklim di Indonesia dan wilayah tropis.

Kata kunci: perubahan iklim, clustering, fuzzy c-means, k-means, meteorologi.

PENDAHULUAN

Meteorologi merupakan ilmu yang memahami kondisi atmosfer, melibatkan pengamatan beberapa parameter yang paling umum adalah suhu, kelembaban, dan curah hujan dalam jangka waktu yang singkat (Faeni, et.al., 2019). Kondisi meteorologi yang diamati dalam waktu tertentu, biasanya harian, biasa dikenal dengan nama cuaca, sementara cuaca yang di amati dalam jangka yang panjang disebut dengan iklim (Utami & Windraswara, 2019). Perubahan iklim dapat diidentifikasi dengan mengamati pola data

meteorologi untuk mengenali tanda-tanda awal terjadinya perubahan iklim. Tanda-tanda awal terjadinya perubahan iklim suhu atmosfer, laut, dan daratan, yang memiliki dampak serius pada berbagai sektor (Ainurrohmah & Sudarti, 2022).

Perubahan iklim menimbulkan kerugian ekonomi yang signifikan. Bencana seperti banjir, badai, kekeringan, dan kebakaran hutan telah menyebabkan kerugian yang diperkirakan mencapai \$131,7 miliar. Sebanyak 68,5 juta orang terdampak oleh perubahan iklim ini (Fawzy, et.al., 2020). *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) adalah konvensi

internasional yang dianggap sebagai solusi utama dalam mengatasi perubahan iklim, melibatkan berbagai negara termasuk Indonesia untuk melakukan mitigasi bersama. Indonesia telah menunjukkan komitmen yang kuat terhadap penanganan perubahan iklim dengan mengadopsi strategi holistik, berlandaskan kearifan lokal, serta melibatkan berbagai pemangku kepentingan (Legionosuko, et.al., 2019). Selain itu mitigasi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan beralih ke teknologi rendah emisi sejalan dengan upaya yang tercantum dalam Paris Agreement UNFCCC.

Upaya adaptasi dan mitigasi terus dilakukan di kota-kota Indonesia seperti Jakarta, Surabaya, dan Semarang, yang terdampak perubahan iklim dan semakin diperparah oleh terjadinya kerusakan lingkungan dikarenakan perubahan penggunaan lahan, dan urbanisasi yang tidak terkendali (Muzaky & Jaelani, 2019). Diperlukan upaya adaptasi dan mitigasi terkait perubahan iklim di Indonesia, yang tidak hanya difokuskan di kota-kota besar tetapi juga merambah ke berbagai daerah di seluruh negeri. Salah satu contohnya adalah wilayah Indonesia timur. Keadaan alam yang masih terjaga di wilayah ini menjadi salah satu kelebihan yang dimanfaatkan sebagai daya tarik pariwisata. Labuan Bajo, yang terletak di Provinsi Nusa Tenggara Timur, merupakan salah satu destinasi wisata yang menjadi program prioritas pemerintah Indonesia (Sugiarto & Mahagangga, 2020). Meskipun kondisi alamnya masih terjaga perubahan iklim mulai dirasakan di wilayah Kabupaten Lombok Timur, Provinsi Nusa Tenggara Barat, para petani telah mengadaptasi praktik pertanian mereka terhadap perubahan iklim, mengubah jadwal tanam, pola tanam, metode pengairan, pengolahan tanah, serta pendekatan dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman (Arsianty, 2023).

Kemampuan mendeteksi perubahan iklim dengan cepat memungkinkan para ahli mengambil langkah adaptasi yang efektif. Deteksi dini sebagai kunci untuk merencanakan strategi mitigasi yang efisien. Penerapan metode data mining, misalnya *clustering* wilayah di Indonesia Timur berdasarkan pola dan tren meteorologi dapat memudahkan identifikasi dini perubahan iklim serta karakteristik iklim di setiap wilayah. *Clustering* adalah metode pengelompokan data berdasarkan karakteristik yang mirip, berbeda dengan klasifikasi yang melibatkan data yang sudah memiliki label. Dalam *clustering*, data belum memiliki label dan dikelompokkan berdasarkan kemiripan terhadap cluster data tertentu. Salah satu metode *clustering* yang umum digunakan adalah K-Means (Handayanna, 2023; Handhayani & Rusdi, 2023). Teknik *clustering* dengan metode K-means juga

dibandingkan dengan metode *K-Medoids* dalam melakukan pengelompokan data meteorologi yaitu suhu menghasilkan algoritma k-means yang lebih unggul (Faisal, et al., 2022). Selain itu, penggunaan metode *Fuzzy C-Means* untuk melakukan *clustering* provinsi Indonesia berdasarkan indikator kesejahteraan menghasilkan 2 *cluster*, yaitu kelompok sejahtera dan kurang sejahtera (Dwitiyanti, et.al., 2019). Penerapan teknik *clustering* dengan metode K-Means juga digunakan dalam pengelompokan peringatan dini banjir di Kota Padang, menggunakan data meteorologi BMKG dengan 8 variabel termasuk curah hujan, suhu minimum, suhu maksimum, suhu rata-rata, kelembaban, kecepatan angin, dan arah angin, dan menghasilkan 3 kelompok tinggi, sedang, dan rendah (Nozomi, 2023).

Algoritma *K-Means*, yang pertama kali diusulkan oleh Stuart Lloyd dan dikemukakan oleh Macqueen pada tahun 1967. Algoritma K-Means dirancang untuk mengelompokkan M titik dalam N dimensi menjadi k cluster dengan tujuan utama meminimalkan jumlah kuadrat dalam klaster (*within-cluster sum of squares*). Algoritma ini berupaya mencapai solusi konvergen di mana tidak ada perpindahan titik dari satu klaster ke klaster lainnya. *K-Means clustering* telah digunakan untuk melakukan pengelompokan data cuaca ekstrim di Indonesia (Chusyairi, 2023).

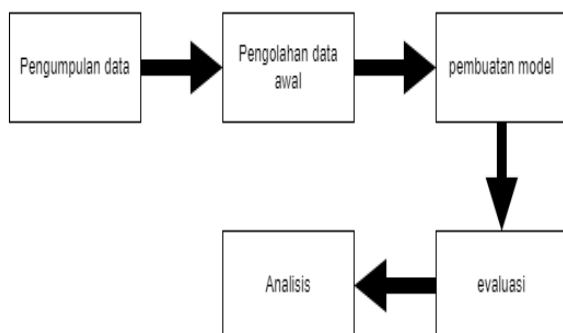
Fuzzy C-Means (FCM) adalah metode analisis klasifikasi yang memperluas algoritma K-Means. Dalam FCM, setiap elemen data dapat ditugaskan ke beberapa kelompok atau klasifikasi berdasarkan karakteristiknya. Berbeda dengan K-Means yang menggunakan ambang biner, FCM menggunakan ambang *fuzzy*, memungkinkan setiap data memiliki keanggotaan parsial terhadap setiap cluster. Algoritma ini pertama kali diusulkan oleh James C. Bezdek pada tahun 1973 dan merupakan variasi dari K-Means. FCM memperkenalkan fungsi keanggotaan *fuzzy*, memungkinkan representasi yang lebih nuansa tentang sejauh mana suatu data point termasuk dalam setiap cluster (Krasnov, et al., 2023).

Silhouette score digunakan untuk mengukur sejauh mana suatu pengelompokan (*clustering*) pada suatu kumpulan data memiliki kepadatan dan pemisahan yang baik antar kluster. Penggunaan umum Koefisien *Silhouette* adalah untuk menilai performa pengelompokan dalam sebuah kumpulan data dan membandingkannya dengan pengelompokan lain dalam kumpulan data yang sama (Handhayani & Rusdi, 2023). Nilai *Silhouette* berkisar pada rentang -1 sampai dengan 1. Semakin tinggi nilai *Silhouette* menunjukkan struktur cluster yang dihasilkan semakin kuat.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada fokus lokasi dan metode *clustering*. Penelitian sebelumnya membahas pola meteorologi di pulau Jawa dengan menggunakan teknik K-Means dengan perhitungan jarak Dynamic Times Warping (Handhayani & Rusdi, 2023). Fokus utama penelitian ini adalah penerapan metode *clustering K-Means* dan *Fuzzy C-Means* menggunakan perhitungan jarak Euclidean untuk melakukan pengelompokan kota - kota di wilayah Indonesia bagian timur berdasarkan kondisi meteorologinya. Tujuan utama penelitian ini adalah mendapatkan karakteristik dan pola dari setiap cluster yang berguna untuk mendeteksi adanya perubahan iklim. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kedua metode dalam mengelompokkan kota sesuai dengan karakteristik yang dimiliki.

BAHAN DAN METODE

Alur kerja pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Pada tahap pertama, dataset meteorologi dikumpulkan melalui situs resmi Data Online Pusat Database-BMKG yang dimiliki oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Data tersebut dapat diakses melalui laman https://dataonline.bmkg.go.id/data_iklim. Dataset dikumpulkan dari 28 stasiun meteorologi di wilayah Indonesia timur periode 1 Januari 2010 sampai 31 Agustus 2023. Sekali mengunduh data, dataset hanya dapat diunduh setiap satu bulan dari setiap stasiun, sehingga dataset yang sudah dikumpulkan harus digabungkan untuk menyatukan data. Dataset merupakan data time series harian yang memiliki nilai numerik. Variabel yang digunakan lain: temperatur minimum (°C), temperatur maksimum (°C), temperatur rata-rata (°C), curah hujan (mm), kelembapan rata-rata (%), lamanya penyinaran matahari (jam), kecepatan angin maksimum (m/s), dan kecepatan angin rata-rata (m/s).



Sumber: (Andrian et al., 2024)
Gambar 1. Alur Penelitian

Pra-pemrosesan data meliputi pembersihan data, pemilihan, integrasi data, dan transformation data. Dalam tahap pembersihan data dilakukan penghapusan data outlier dan mengganti data yang tidak valid menjadi missing value seperti 8888 dan 9999 yang meidentifikasikan data tidak tercatat atau error. Nilai - nilai yang hilang (missing values) diisi dengan metode *forward fill* dan *backward fill*. Penelitian ini menggunakan fungsi *ffill()* dan *bfill* dari Python. Variabel curah hujan memiliki nilai missing values lebih dari 35% sehingga tidak diikuti sertakan dalam proses *clustering* tetapi variabel tersebut tetap diamati pada saat analisis. Dataset dinormalisasi menggunakan teknik normalisasi nilai minimum dan maksimum. Dataset yang sudah lengkap kemudian dilakukan integrasi dan transformasi. Teknik integrasi yang digunakan yaitu integrasi data berbasis kolom (Handhayani & Lewenusa, 2023). Setiap stasiun terdiri atas 7 variabel dan 4991 sampel. Data dari setiap stasiun digabungkan menjadi rangkaian larik 1 dimensi yang merupakan integrasi nilai dari 7 variabel. Larik dari masing - masing stasiun digabungkan untuk membentuk format data baru yang menjadi input bagi model *clustering*. Format data yang baru memiliki dimensi 28×34937 .

Model *clustering* yang digunakan yaitu K-Means dan *Fuzzy C-Means* (FCM). Penelitian ini menggunakan metode *K-Means* dan *Fuzzy C-Means* yang menerapkan perhitungan jarak *Euclidean*. Eksperimen dijalankan menggunakan pustaka *scikit-learn* dalam bahasa pemrograman Python. Eksperimen dilakukan pada lingkungan Google Colab Python. Metode *Silhouette* dijalankan untuk memilih mengevaluasi kinerja algoritma *clustering* dan jumlah cluster terbaik. Metode *Silhouette* dibuat oleh Peter J. Rousseeuw pada tahun 1987. Nilai *Silhouette* dapat dihitung menggunakan rumus $s(i) = \frac{b(i)-a(i)}{\max(a(i),b(i))}$, di mana $a(i)$ adalah rata-rata jarak antara i dan elemen lain dalam cluster yang sama dan $b(i)$ adalah rata-rata minimum jarak yang dihitung antara i dan elemen setiap cluster lainnya (Biabiany, et.al., 2020). *Silhouette* memiliki rentang nilai 1- sampai dengan 1. Nilai *Silhouette* semakin tinggi menunjukkan hasil *clustering* semakin baik. Jumlah cluster optimal atau jumlah cluster terbaik ditentukan berdasarkan nilai rata-rata *Silhouette* yang tertinggi. Algoritma *clustering* yang memiliki nilai *Silhouette* semakin tinggi dapat dikatakan memiliki kinerja yang baik. Hasil *clustering* dengan nilai *silhouette* tertinggi kemudian dianalisis untuk menemukan informasi menarik tentang pola data meteorologi di masing-masing *cluster*.

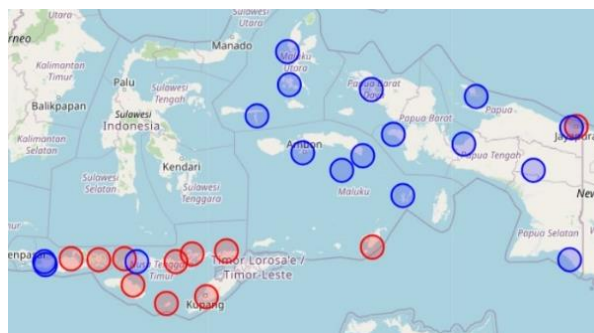
HASIL DAN PEMBAHASAN

Clustering menggunakan metode K-Means dan Fuzzy C-Means dijalankan dengan jumlah cluster $k = \{2,3,4,5\}$. Tabel 1 menampilkan hasil evaluasi metode K-Means dan Fuzzy C-Means. Berdasarkan nilai Silhouette, metode K-Means bekerja lebih baik dari pada Fuzzy C-Means. K-Means dan Fuzzy C-Means memperoleh rata - rata nilai Silhouette tertinggi sebesar 0.218 ketika jumlah cluster $k = 2$. Metode K-Means dan Fuzzy C-Means mendapatkan nilai silhouette dengan kelompok kota yang sama di masing - masing cluster. Pada saat jumlah cluster $k = 3$, K-Means memperoleh nilai Silhouette sebesar 0.229, tetapi hanya ada 1 kota yang berada di Cluster 3 sehingga hasil ini kurang representatif untuk analisis. Analisis dilakukan pada hasil clustering ketika jumlah cluster $k = 2$.

Tabel 1. Hasil Evaluasi K-Means dan Fuzzy C-Means

Algoritma	Cluster	Silhouette
K-Means	2	0.218
K-Means	3	0.229
K-Means	4	0.117
K-Means	5	0.128
Fuzzy C-Means	2	0.218
Fuzzy C-Means	3	0.131
Fuzzy C-Means	4	0.146
Fuzzy C-Means	5	0.033

Sumber: (Andrian et al., 2024)



Sumber: (Andrian et al., 2024)

Gambar 2. Visualisasi Cluster

Tabel 2 menunjukkan kota-kota di Indonesia bagian timur beserta label cluster dari K-Means dengan jumlah cluster $k = 2$. Nilai elevasi merupakan elevasi dari letak stasiun yang ada di dataset. Visualisasi cluster ditampilkan pada Gambar 2. Sebagian besar kota-kota di Indonesia timur bagian selatan berkumpul di Cluster 1, sedangkan kota-kota di bagian utara menjadi anggota di Cluster 0. Kota Jayapura dan Kabupaten Jayapura serta kota Manggarai dan Manggarai Barat yang secara geografis letaknya berdekatan tetapi memiliki label cluster yang berbeda karena memiliki kondisi meteorologi yang berbeda. Hal ini

dapat disebabkan oleh elevasi yang jauh berbeda dari lokasi pengambilan data.

Tabel 2. Kota-kota dan Label Cluster

Kota	Provinsi	Elevasi	Cluster
Ambon	Maluku	14	0
Seran Timur	Maluku	2	0
Maluku Tenggara Barat	Maluku	24	1
Maluku Tenggara	Maluku	10	0
Maluku Tengah	Maluku	15	0
Kota Ternate	Maluku Utara	33	0
Sula	Maluku Utara	2	0
Halmahera Selatan	Maluku Utara	14	0
Kota Jayapura	Papua	3	1
Kab. Jayapura	Papua	96	0
Mimika	Papua	30	0
Biak	Papua	3	0
Numfor	Papua	3	0
Nabire	Papua	3	0
Marauke	Papua	0	0
Sorong	Papua Barat	0	0
Fakfak	Papua Barat	126	0
Kota Kupang	Nusa Tenggara Timur	102	1
Kab. Kupang	Nusa Tenggara Timur	15	1
Manggarai Barat	Nusa Tenggara Timur	67	1
Manggarai	Nusa Tenggara Timur	1070	0
Sumbawa Timur	Nusa Tenggara Timur	10	1
Sikka	Nusa Tenggara Timur	28	1
Flores Timur	Nusa Tenggara Timur	9	1
Alor	Nusa Tenggara Timur	10	1
Mataram	Nusa Tenggara Barat	92	0
Lombok Barat	Nusa Tenggara Barat	55	0
Sumbawa	Nusa Tenggara Barat	3	1
Bima	Nusa Tenggara Barat	5	1

Sumber: (Andrian et al., 2024)

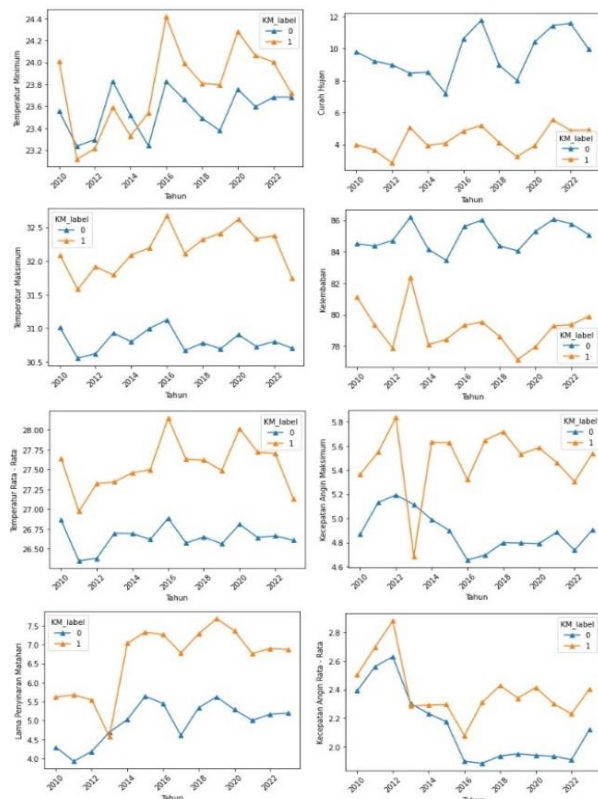
Korelasi koefisien antar variabel ditampilkan pada Tabel 3, di mana T_n = temperatur minimum, T_m = temperatur maksimum, T_r = temperatur rata-rata, K = kelembaban, C = curah hujan, S = lamanya penyinaran matahari, A_m = kecepatan angin maksimum, dan A_r = kecepatan angin rata - rata. Kelembaban dan temperatur maksimum/rata - rata memiliki korelasi -0.4 yang berarti semakin tinggi temperatur, maka kelembaban semakin rendah.

Sedangkan curah hujan dan kelembaban memiliki nilai korelasi 0.3 sehingga dapat dikatakan jika curah hujan tinggi maka kelembaban juga tinggi. Semakin tinggi kelembaban maka kecepatan angin semakin rendah dan sebaliknya. Korelasi antara lamanya penyinaran matahari dan kelembaban yaitu -0.4. Hal ini menjelaskan bahwa di musim kemarau kelembaban semakin rendah karena penyinaran matahari yang semakin tinggi.

Tabel 3. Koefisien Korelasi Antar Variabel

	Tn	Tm	Tr	K	C	S	Am	Ar
Tn	1.0	0.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
Tm	0.5	1.0	0.8	-0.4	-0.2	0.3	0.1	0.0
Tr	0.8	0.8	1.0	-0.4	-0.2	0.2	0.1	0.1
K	0.0	-0.4	-0.4	1.0	0.3	-0.4	-0.2	-0.3
C	0.0	-0.2	-0.2	0.3	1.0	-0.2	-0.1	-0.1
S	0.0	0.3	0.2	-0.4	-0.2	1.0	0.1	0.1
Am	0.1	0.1	0.1	-0.2	-0.1	0.1	1.0	0.6
Ar	0.0	0.0	0.1	-0.3	-0.1	0.1	0.6	1.0

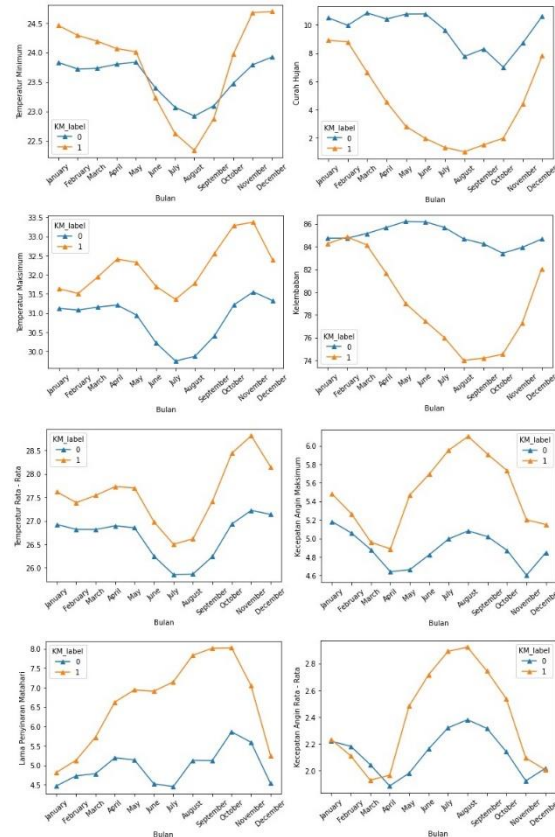
Sumber: (Andrian et al., 2024)



Sumber: (Andrian et al., 2024)
 Gambar 3. Pola Tahunan Data Meteorologi Setiap Cluster

Tren tahunan kondisi meteorologi setiap cluster ditampilkan pada Gambar 3. Kota-kota di Cluster 1 memiliki nilai rata-rata temperatur, lamanya penyinaran matahari, dan kecepatan angin yang lebih tinggi dari kota-kota di Cluster 0. Kota-kota di Cluster 1 juga memiliki rata-rata curah

hujan dan kelembaban yang lebih rendah dari kota-kota di Cluster 0. Secara umum, tren kenaikan temperatur dan penurunan kecepatan angin terjadi di kota-kota cluster 0 dan cluster 1.



Sumber: (Andrian et al., 2024)
 Gambar 4. Pola Bulanan Data Meteorologi Tiap Cluster

Pola data meteorologi bulanan dari masing-masing cluster ditampilkan pada Gambar 4. Secara umum, wilayah Indonesia bagian timur memiliki dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Musim hujan terjadi pada bulan Oktober – Maret dan musim kemarau jatuh pada bulan April – September. Temperatur minimum terendah terjadi pada bulan Agustus. Sedangkan temperatur maksimum terendah terjadi pada bulan Juli. Bulan November merupakan bulan yang memiliki temperatur rata-rata terpanas. Sedangkan bulan Juli–Agustus memiliki temperatur rata-rata terendah dalam kurun waktu satu tahun. Kecepatan angin tertinggi terjadi pada bulan Agustus dan kecepatan angin terendah terjadi pada bulan April–Mei.

Suhu maksimum tertinggi sebesar 37.7°C terjadi di kabupaten Sumbawa pada bulan November 2018. Sedangkan suhu minimum

terendah sebesar 8°C di kota Manggarai terjadi pada musim kemarau.

Trend tahunan di Indonesia Timur yang menunjukkan adanya pola kenaikan temperatur dan penurunan kecepatan angin mirip dengan hasil penelitian analisis data meteorologi di pulau Jawa. Dalam penelitian tersebut, beberapa wilayah di pulau Jawa juga menunjukkan adanya trend kenaikan temperatur dan penurunan kecepatan angin yang merupakan tanda-tanda adanya perubahan iklim (Handhayani & Rusdi, 2023).

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu metode *K-Means* dan *Fuzzy C-Means* berhasil digunakan untuk mengelompokkan kota-kota di wilayah Indonesia bagian timur berdasarkan kondisi meteorologi dengan memperoleh rata-rata nilai *Silhouette* tertinggi sebesar 0.218 ketika jumlah cluster $k = 2$. Kota-kota di Cluster 1 memiliki tren tahunan temperatur, lamanya penyinaran matahari dan kecepatan angin yang lebih tinggi dibanding kan Cluster 0. Kota-kota Cluster 1 juga memiliki curah hujan yang kelembaban yang lebih rendah dari Cluster 0. Trend tahunan menunjukkan adanya sedikit kenaikan temperatur dan penurunan kecepatan angin. Hal ini merupakan tanda adanya perubahan iklim. Kontribusi penelitian ini yaitu hasil analisis *clustering* wilayah di Indonesia bagian timur berdasarkan data meteorologi dan menemukan adanya trend tahunan yang menunjukkan adanya kenaikan temperatur dan penurunan kecepatan angin. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi yang berguna bagi pemangku kepentingan dan masyarakat dalam mengurangi dampak perubahan iklim. Penelitian ini akan dilanjutkan untuk mempelajari hubungan sebab akibat dalam variabel meteorologi menggunakan metode Bayesian Network.

REFERENSI

- Ainurrohmah, S., & Sudarti, S. (2022). Analisis Perubahan Iklim dan Global Warming yang Terjadi sebagai Fase Kritis. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Terapan*, 3(1), 96-105.
- Arsianty, C. (2023). *Peran Dan Strategi Kelompok Tani Dalam Menghadapi Perubahan Iklim Di Desa Masbagik Selatan Kecamatan Masbagik Kabupaten Lombok Timur*. Mataram: Universitas Mataram.
- Biabiany, E., Bernard, D. C., Page, V., & Paugam-Moisy, H. (2020). Design of an expert distance metric for climate clustering: The case of rainfall in the Lesser Antilles. *Computers & Geosciences*, 145, 1-15.
- Chusyairi, A. (2023). Clustering Data Cuaca Ekstrem Indonesia dengan K-Means dan Entropi. *Journal of Informatics and Communication Technology*, 5(1), 1-10.
- Dwityanti, N., Selvia, N., & Andrari, F. R. (2019). Penerapan Fuzzy C-Means Cluster dalam Pengelompokan Provinsi Indonesia Menurut Indikator Kesejahteraan Rakyat. *Faktor Exacta*, 201-209.
- Faeni, Y. A., Astasia, A., & Riadi, M. (2019). Pengaruh Parameter Meteorologi Terhadap Penurunan Kasus COVID-19 di DKI Jakarta. *Seminar Nasional Official Statistics* (pp. 132 - 137). Jakarta: Seminar Nasional Official Statistics.
- Faisal, F., Giopani, L. A., Fitriah, M., Dwyne, Z. C., Helma, S. S., & Mustakim, M. (2022). Perbandingan Algoritma K-Means dan K-Medoids Untuk Pengelompokan Suhu di Provinsi Riau. *Indonesian Journal of Informatic Research and Software Engineering (IJIRSE)*, 128 - 134.
- Fawzy, S., Osman, A. I., Doran, J., & Rooney, D. W. (2020). Strategies for mitigation of climate change: a review. *Environmental Chemistry Letters*, :2069-2094.
- Handayanna, F. (2023). Penerapan Algoritma K-Means Untuk Klasterisasi Penduduk Miskin di Provinsi Banten. *Jurnal INTI Nusa Mandiri*, 93-99.
- Handhayani, T., & Lewenusa, I. (2023). An Intelligent Clustering Approach For Analyzing A Multivariate Time Series Dataset, Case Study COVID-19 Outbreak in Indonesia. *The 17th International Conference on Telecommunication Systems Services and Applications (TSSA)* (pp. 1-7). Mataram: IEEE.
- Handhayani, T., & Rusdi, Z. (2023). K-Means Using Dynamic Time Warping For Clustering Cities in Java Island According to Meteorological Conditions. *Computer Science and Information Science (ICIC)* (pp. 1-6). Malang: IEEE.
- Krasnov, D., Davis, D., Malott, K., Chen, Y., Shi, X., & Wong, A. (2023). Fuzzy C-Means Clustering: A Review of Applications in Breast Cancer Detection. *Entropy*, 25(7), 1-14.
- Legionosuko, T., Madjid, M. A., Asmoro, N., & Samudro, E. G. (2019). Posisi dan Strategi Indonesia dalam Menghadapi Perubahan Iklim guna Mendukung Ketahanan

- Nasional. *Jurnal Kesehatan Nasional*, 295-312.
- Muzaky, H., & Jaelani, L. M. (2019). Analisis Pengaruh Tutupan Lahan terhadap Distribusi Suhu Permukaan: Kajian Urban Heat Island di Jakarta, Bandung dan Surabaya. *Jurnal Penginderaan Jauh Indonesia*, 1(2), 45-51.
- Nozomi, I. (2023). Penerapan Data Mining Untuk Peringatan Dini Banjir Menggunakan Metode Klastering K-Means (Studi Kasus Kota Padang). *Jurnal Sains Informatika Terapan*, 39-44.
- Sugiarto, A., & Mahagangga, I. (2020). Kendala Pengembangan Pariwisata di Destinasi Pariwisata Labuan Bajo Nusa Tenggara Timur (Studi kasus komponen produk pariwisata). *Jurnal Destinasi Pariwisata*, 18-25.
- Utami, H. T., & Windraswara, R. (2019). Korelasi Meteorologi dan Kualitas Udara dengan Pneumonia Balita di Kota Semarang Tahun 2013-2018. *HIGEIA Journal of Public Health Research and Development*, 3(4), 588-598.