

Clustering Daerah Bencana Alam Di Indonesia Menggunakan Metode Fuzzy C-Means

Tony Yulianto¹, Alfiana Faizzatur Rahmah², Faisol³, Rica Amalia⁴

¹Jl. Ponpes Miftahul Ulum Bettet Pamekasan, Madura, Indonesia, toniyulianto65@gmail.com

² Jl. Ponpes Miftahul Ulum Bettet Pamekasan, Madura, Indonesia,
alfianafaizzaturrahmah@gmail.com

³ Jl. Ponpes Miftahul Ulum Bettet Pamekasan, Madura, Indonesia, faisolmunif@gmail.com

⁴ Jl. Ponpes Miftahul Ulum Bettet Pamekasan, Madura, Indonesia, ricaamalia5@gmail.com

Abstract. Natural disasters are extraordinary events caused by natural factors or human factors that have an impact on the environment and humans themselves. Indonesia is one of the countries prone to natural disasters such as landslides, floods, flash floods, earthquakes, tsunamis, droughts, fires, volcanic eruptions, tornadoes and tidal waves, causing environmental damage, loss of property, psychological impacts, and even cause casualties. In this research, natural disasters can be clustered between safe, quite safe, vulnerable and very vulnerable, so that the distribution of aid can be right on target. In grouping here many methods can be used, but in this study researchers used the Fuzzy C-Means method. From the results of this study there were 11 provinces included in cluster 1, 4 provinces included in cluster 2, 13 provinces included in cluster 3 and 6 provinces included in cluster 4. Based on the clustering results, several provinces that were most prone to disasters were Aceh province, North Sumatra, Riau, South Sumatra, Lampung, West Java, Central Java, East Java, East Nusa Tenggara, Southeast Sulawesi, South Sulawesi, Papua and West Papua.

Keywords: *Natural Disasters, Clustering, Fuzzy C-Means.*

Abstrak. Bencana alam merupakan kejadian luar biasa yang disebabkan oleh faktor alam ataupun faktor dari ulah manusia yang berdampak pada lingkungan dan manusia itu sendiri. Indonesia menjadi salah satu negara yang menjadi rawan bencana alam seperti tanah longsor, banjir, banjir bandang, gempa bumi, tsunami, kekeringan, kebakaran, gunung meletus, puting beliung dan gelombang pasang laut, Sehingga menimbulkan kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dampak psikologis, dan bahkan menimbulkan korban jiwa. Dalam penelitian ini dapat mengcluster bencana alam antara aman, cukup aman, rawan dan sangat rawan, sehingga dalam penyaluran bantuan bisa tepat sasaran. Dalam melakukan pengelompokan disini banyak metode yang bisa digunakan, namun dalam penelitian ini peneliti menggunakan metode Fuzzy C-Means. Dari hasil penelitian tersebut ada 11 provinsi yang masuk pada cluster 1, 4 provinsi yang masuk pada cluster 2, 13 provinsi yang masuk pada cluster 3 dan 6 provinsi yang masuk pada cluster 4. Berdasarkan hasil clustering terdapat beberapa provinsi yang paling rawan bencana adalah provinsi Aceh, Sumatera Utara, Riau, Sumatera Selatan, Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Selatan, Papua, dan Papua Barat.

Kata Kunci: *Bencana Alam, Clustering, Fuzzy C-Means.*

1. Latar Belakang

Bencana alam merupakan kejadian luar biasa yang dapat mengancam dan mengganggu kehidupan serta penghidupan masyarakat yang disebabkan oleh faktor alam ataupun faktor dari ulah manusia yang berdampak pada lingkungan dan manusia itu sendiri. Sehingga mengakibatkan dampak besar bagi populasi manusia dan menimbulkan korban jiwa. Seperti gempa bumi yang terjadi akibat tekanan yang disebabkan oleh lempengan yang bergerak. Banjir akibat dari penebangan pohon tanpa izin dan tingginya curah hujan. Serta tanah longsor akibat dari hutan yang dialih fungsikan menjadi lahan perumahan atau gedung lain.

Indonesia merupakan salah satu negara yang banyak memiliki keindahan dan keberagaman alam seperti bukit, gunung, pantai, danau, dan laut yang dapat di nikmati oleh semua makhluk hidup khususnya manusia. Namun, keindahan dan keragaman tersebut dapat menyebabkan terjadinya bencana alam di Indonesia. Indonesia menjadi salah satu negara yang menjadi rawan bencana alam karena keadaan iklim, tanah, hidrologi, geologi, serta geomorfologinya. Letak astronomis menjadikan Indonesia mempunyai iklim tropis yang berdampak pada curah hujan yang tinggi. Apabila keadaan alam mulai rusak, maka curah hujan yang tinggi akan menyebabkan bencana banjir, ataupun longsor. Sedangkan secara geologis, Indonesia berada diantara tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng Indo-Australia. Sehingga pertemuan antara tiga lempeng tersebut dapat menyebabkan Indonesia rawan akan terjadinya gempa bumi, tsunami, dan bencana lainnya [1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 19].

Clustering merupakan salah satu cabang ilmu data mining. Clustering merupakan proses membagi data dalam suatu himpunan ke dalam beberapa kelompok yang kesamaan datanya dalam suatu kelompok lebih besar dari pada kesamaan data tersebut dengan data dalam kelompok lain. Tetapi clustering juga dapat digunakan untuk menghimpun data dengan label kelas yang diketahui [14, 17].

Maka dari itu untuk mengetahui aman, cukup aman, rawan dan sangat rawan pada bencana alam di Indonesia diperlukan suatu metode yang dapat digunakan untuk mengcluster data bencana alam di Indonesia metode yang peneliti gunakan dalam penelitian ini adalah metode fuzzy C-Means karena metode ini sangat relevan dengan data yang digunakan peneliti pada kasus ini.

Metode yang dapat digunakan untuk mengcluster data bencana alam yaitu fuzzy C-Means. Metode fuzzy C-Means pernah dilakukan oleh Arwan Ahmad Khoiruddin (2007) mengenai Menentukan Nilai Akhir Kuliah Dengan Fuzzy C-Means dengan hasil bahwa metode Fuzzy C-Means dapat digunakan untuk menentukan nilai akhir kuliah dalam bentuk huruf dan dapat ditentukan secara alami karena berdasarkan kecenderungan masing-masing cluster-clusternya. Penelitian lain juga pernah dilakukan oleh Sasmita (2011) penelitian tersebut menerapkan Perbandingan Metode Fuzzy C-Means dan Fuzzy C-Shell Menggunakan Data Citra Satelit Quickbird, dari hasil penelitiannya bahwa pengujian FCM dan FCS dengan nilai parameter yang sama membuktikan bahwa metode FCM lebih akurat dibandingkan FCS untuk 5 kelas pengelompokan.

Berdasarkan uraian tersebut peneliti akan melakukan penelitian tentang Clustering Bencana Alam di Indonesia Menggunakan Metode Fuzzy C-Means

2. Kajian Pustaka

2.1 Bencana Alam

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana menjelaskan bencana alam adalah rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan oleh faktor alam, faktor non-alam maupun faktor manusia. Sehingga mengakibatkan adanya korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Selain itu, BPS juga menyebutkan bahwa bencana alam adalah serangkaian peristiwa yang kejadiannya tidak terduga, yang mengancam masyarakat disebabkan oleh faktor alam yang menimbulkan banyaknya kerusakan lingkungan sekitarnya dan rasa khawatir untuk sebagian besar penduduk.

Bencana Alam terdapat 3 jenis pertama bencana Alam Geologi yaitu bencana alam yang terjadi di permukaan bumi seperti tsunami, gempa bumi, gunung meletus, dan tanah longsor. Kedua bencana Alam Meteorologi/hidrometeorologi yaitu bencana alam yang berhubungan dengan iklim, bencana alam ini umumnya tidak terjadi pada suatu tempat yang khusus. Bencana alam yang bersifat meteorologis ini paling banyak terjadi diseluruh dunia seperti banjir dan kekeringan. Bencana Alam Ekstraterestrial yaitu bencana alam yang terjadi di luar angkasa. Seperti datangnya berbagai benda langit, misalnya asteroid, atau gangguan badai matahari [1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 19].

2.2 Data Mining

Data mining berkaitan dengan bidang ilmu seperti: Database System, artificial intelligence, Statistic, Machine Learning, Information Retrieval, dan Komputasi Tingkat Tinggi. Selain itu, data mining didukung oleh ilmu lain seperti Neural Network, K-means, C4.5 Decision tree, KNN, Naïve Bayes dan lain-lain. Pengenalan Pola, Spatial Data Analysis, Image Database, Signal Processing. Beberapa survey tentang proses pemodelan dan metodologi menyatakan bahwa, "Data mining digunakan sebagai penunjuk, dimana data mining menyajikan intisari atas sejarah, deskripsi dan sebagai standar petunjuk mengenai masa depan dari sebuah proses model data mining. Definisi sederhana dari data mining adalah ekstraksi informasi atau pola yang penting atau menarik dari data yang ada di database yang besar. Dalam jurnal ilmiah, data mining juga dikenal dengan nama Knowledge Discovery in Databases (KDD). Kehadiran data mining dilatarbelakangi dengan problema data explosion yang dialami akhir-akhir ini dimana banyak organisasi telah mengumpulkan data sekian tahun lamanya (data pembelian, data penjualan, data nasabah, data transaksi) [15].

2.3 Clustering

Clustering merupakan salah satu cabang ilmu data mining. Clustering merupakan proses membagi data dalam suatu himpunan ke dalam beberapa kelompok yang kesamaan datanya dalam suatu kelompok lebih besar dari pada kesamaan data tersebut dengan data dalam kelompok lain. Berbeda dengan klasifikasi, teknik clustering yaitu teknik mengelompokkan data secara otomatis sebelum mengetahui label kelasnya. Tetapi clustering juga dapat digunakan untuk menghimpun data dengan label kelas yang diketahui [14, 17].

2.4 Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan salah satu komponen pembentukan soft computing. logika fuzzy pertama diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh 1965. Dasar logika fuzzy adalah teori himpunan fuzzy. Pada teori himpunan fuzzy peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau membership function menjadi ciri utama dari penalaran dengan logika fuzzy tersebut. Dalam banyak hal, logika fuzzy digunakan sebagai suatu cara untuk memetakan permasalahan dari input menuju ke output yang diharapkan [20].

2.5 Fuzzy C-Means

Fuzzy C-Means (FCM) adalah suatu teknik pengelompokan data yang mana keberadaan tiap-tiap data dalam suatu *cluster* ditentukan oleh nilai keanggotaan. Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh Jim Bezdek pada tahun 1981. Konsep dasar FCM, pertama kali adalah menentukan pusat *cluster* yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap-tiap *cluster*. Pada kondisi awal, pusat cluster masih belum akurat. Tiap-tiap data memiliki derajat keanggotaan untuk tiap-tiap *cluster*. Dengan cara memperbaiki pusat cluster dan nilai keanggotaan tiap-tiap data secara berulang, maka akan dapat dilihat bahwa pusat cluster akan bergerak menuju lokasi yang tepat. Perulangan ini didasarkan pada minimasi fungsi objektif yang menggambarkan jarak dari titik data yang diberikan kepusat *cluster* yang terbobot oleh derajat keanggotaan titik data tersebut (Mirza,2009). *Output* dari *Fuzzy C-Means* bukan merupakan *Fuzzy Inference System*, namun merupakan deretan pusat cluster dan beberapa derajat keanggotaan untuk tiap-tiap titik data. Fungsi objektif yang digunakan pada FCM adalah [7, 8, 9, 10, 13, 16, 18]:

$$J_w(U, V; X) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (\mu_{ik})^w (d_{ik})^2 \text{ Dengan } w \in [1, \infty),$$

$$d_{ik} = d(X_k - V_i) = [\sum_{j=1}^m (X_{kj} - V_{ij})^2]^{1/2} \quad (1)$$

X adalah data yang akan di cluster:

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & \dots & X_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & \dots & X_{nm} \end{bmatrix}$$

Dan V adalah matriks pusat *cluster*:

$$V = \begin{bmatrix} V_{11} & \dots & V_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{c1} & \dots & V_{cm} \end{bmatrix}$$

Nilai J_w terkecil adalah yang terbaik, sehingga:

$$J_w^*(U^*, V^*; X^*) = \min_{U, V} J(U, V, X)$$

sehingga berada pada titik yang tepat. Setiap data akan memiliki derajat keanggotaan untuk setiap *clusternya*.

2.5.1 Algoritma Fuzzy C-Means

Algoritma *C-Means* merupakan salah satu algoritma clustering yang digunakan untuk mempartisi data kedalam beberapa cluster, dimana data yang memiliki tingkat kemiripan yang tinggi dikelompokkan dalam satu cluster sedangkan data yang memiliki karakteristik yang berbeda dikelompokkan ke dalam cluster yang berbeda [7, 8, 9, 10, 13, 16, 18].

Diberikan sebagai berikut:

1. Tentukan

- a. Matriks X berukuran $n \times m$, dengan n = jumlah data yang akan dicluster ; m = jumlah variabel (kriteria).
- b. Jumlah cluster yang akan dibentuk = $C (\geq 2)$.
- c. Pangkat (pembobot) $w = (> 1)$.
- d. Maksimum iterasi
- e. Kriteria penghentian = ξ (nilai positif yang sangat kecil)
- f. Iterasi awal, $t = 1, \Delta = 1$;

2. Bentuk matrik partisi awal, U^0 , sebagai berikut:

$$U = \begin{bmatrix} \mu_{11}(X_1) & \mu_{12}(X_2) & \dots & \mu_{1n}(X_n) \\ \mu_{21}(X_1) & \mu_{22}(X_2) & \dots & \mu_{2n}(X_n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{c1}(X_1) & \mu_{c2}(X_2) & \dots & \mu_{cn}(X_n) \end{bmatrix} \quad (2)$$

(matriks partisi awal biasanya dipilih secara acak)

3. Hitung pusat cluster, V , untuk setiap cluster:

$$V_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^w \cdot X_{kj}}{\sum_{k=1}^n ((\mu_{ik})^w)} \quad (3)$$

4. Perbaiki derajat keanggotaan setiap data pada setiap cluster (perbaiki matriks partisi), sebagai berikut:

$$\mu_{ij} = \left[\sum_{j=1}^c \left(\frac{d_{ik}}{d_{jk}} \right)^{\frac{2}{w-1}} \right]^{-1} \quad (4)$$

5. Tentukan kriteria berikut, yaitu perubahan matriks partii pada iterasi sekarang dengan iterasi sebelumnya, sebagai berikut:

$$\Delta = \|U^t - U^{t-1}\| \quad (5)$$

Apabila $\Delta \leq \xi$, maka iterasi dihentikan, namun apabila $\Delta > \xi$, maka naikkan iterasi ($t = t + 1$) dan kembali ke langkah-3.

Pencarian nilai Δ dapat dilakukan dengan mengambil elemen terbesar dari nilai mutlak selisih antara $\mu_{ik}(t)$ dengan $\mu_{ik}(t - 1)$.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengumpulan Data

Pada bagian ini data yang dikumpulkan adalah data tentang bencana alam di Indonesia dalam hal ini data akan di terapkan pada metode Fuzzy C-Means, adapun kriteria-kriteria yang digunakan dalam peneliti adalah: tanah longsor, banjir, banjir bandang, gempa bumi, tsunami, gelombang pasang laut, angin puting beliung, gunung meletus, kebakaran hutan, dan kekeringan.

3.2 Penerapan Metode FCM

Dalam hal ini data yang sudah didapat akan diterapkan kedalam metode FCM sebagai contoh sebagai berikut:

1. Tentukan Matriks

- a. Matriks X berukuran $n \times m$, dengan n jumlah data yang akan dicluster dan m jumlah variabel.

Tabel 1 Data bencana alam

Data	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
1	198	1435	81	493	2	106	108	1	43	173	4406
2	483	732	52	964	4	78	483	0	59	127	3827
3	222	342	65	364	0	57	248	0	18	43	513
4	21	455	1	0	0	15	53	0	194	51	1224
5	57	476	17	36	0	2	44	0	16	16	1001

• **Keterangan Data:**

- Data 1: Provinsi Aceh
- Data 2: Provinsi Sumatera Utara
- Data 3: Sumatera Barat
- Data 4: Riau
- Data 5: Jambi

• **Keterangan:**

- C1: Tanah Longsor
- C2: Banjir
- C3:Banjir Bandang
- C4: Gempa Bumi
- C5: Tsunami
- C6: Gelombang Pasang Laut
- C7: Angin Puting Beliung
- C8: Gunung Meletus
- C9: Kebakaran Hutan
- C10: Kekeringan
- C11: Tidak Ada Bencana

2. Membentuk matriks partisi awal, U^0 sebagai berikut

Matriks dibuat dengan cara mengkalikan banyak data dikalikan jumlah *cluster* yang diinginkan seperti dalam contoh ini, banyak data yang akan dicari ada 5 dan jumlah clusternya 4 berarti matriks yang akan dibentuk adalah 4x5.

$$U = \begin{bmatrix} 0.7803 & 0.0965 & 0.5752 & 0.8212 & 0.6491 \\ 0.3897 & 0.1320 & 0.0598 & 0.0154 & 0.7317 \\ 0.2417 & 0.9421 & 0.2348 & 0.0430 & 0.6477 \\ 0.4039 & 0.9561 & 0.3532 & 0.1690 & 0.4509 \end{bmatrix}$$

3. Menghitung pusat *cluster* V untuk setiap *cluster*

V didapat dengan mengkalikan banyaknya *cluster* dengan banyaknya cluster (i=4) data per kriteria (j=11) dengan menggunakan persamaan (3)

Ketika i=1, j=1

$$\begin{aligned} V_{11} &= \frac{\sum_{k=1}^5 (\mu_{1k})^w \cdot X_{k1}}{\sum_{k=1}^5 (\mu_{1k})^w} \\ &= \frac{(\mu_{11})^w X_{11} + (\mu_{12})^w X_{21} + (\mu_{13})^w X_{31} + (\mu_{14})^w X_{41} + (\mu_{15})^w X_{51}}{(\mu_{11})^w + (\mu_{12})^w + (\mu_{13})^w + (\mu_{14})^w + (\mu_{15})^w} \\ &= \frac{(0.7803)^3 198 + (0.0965)^3 483 + (0.5752)^3 222 + (0.8212)^3 21 + (0.6491)^3 57}{(0.7803)^3 + (0.0965)^3 + (0.5752)^3 + (0.8212)^3 + (0.6491)^3} \\ &= \frac{94.06975 + 0.424039 + 42.24824 + 11.62964 + 15.58869}{0.4751 + 0.000899 + 0.190308 + 0.552792 + 0.273486} \\ &= \frac{163.9705}{1.492584} = 148.9 \end{aligned}$$

⋮
⋮

Karena pada penelitian ini cluster yang diinginkan sebanyak 4 cluster, maka V dicari sampai $i=4, j=11$ dengan hasil:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} 148.9 & 403.1 & 24.2 & 199.7 & 0.1 & 53.0 & 105.5 & 2.4 & 37.0 & 51.8 & 1575.9 \\ 286.9 & 480.6 & 40.3 & 229.4 & 0.1 & 727 & 181.6 & 3.6 & 34.5 & 111.2 & 1304.5 \\ 203.2 & 424.5 & 27.7 & 246.5 & 0.4 & 474 & 128.4 & 0.4 & 35.8 & 74.7 & 1361.1 \\ 187.7 & 420.7 & 31.3 & 342.0 & 0.6 & 676 & 144.6 & 1.1 & 31.3 & 56.3 & 1419.4 \end{bmatrix}$$

4. Perbaiki derajat keanggotaan setiap data pada setiap cluster (perbaiki matriks partisi) (μ_{ik}), dapat dicari ketika hasil d sudah didapat. d dihitung dengan mengkalikan banyaknya cluster ($i=4$) dengan banyaknya kriteria perdata ($k=5$), dengan menggunakan persamaan (2.4) dengan (2.1). untuk mencari d nilai i diambil dari hasil V_{ij} .

Ketika $i=1, k=1$

$$\begin{aligned} d_{11} &= \left[\sum_{j=1}^{11} |X_{1j} - V_{1j}| \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= \left[|X_{11} - V_{11}| + |X_{12} - V_{12}| + |X_{13} - V_{13}| + |X_{14} - V_{14}| + |X_{15} - V_{15}| + \right. \\ &\quad \left. |X_{16} - V_{16}| + |X_{17} - V_{17}| + |X_{18} - V_{18}| + |X_{19} - V_{19}| + |X_{1,10} - V_{1,10}| + \right. \\ &\quad \left. |X_{1,11} - V_{1,11}| \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= \left[|198 - 148.9| + |1435 - 403.1| + |81 - 24.2| + |493 - 199.7| + \right. \\ &\quad \left. |2 - 0.1| + |106 - 53.0| + |108 - 105.5| + |1 - 2.4| + |43 - 37.0| + \right. \\ &\quad \left. |173 - 51.8| + |4406 - 1575.9| \right]^{1/2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= [49.1 + 1031.9 + 56.8 + 293.3 + 1.9 + 53 + 2.5 + 1.4 + 6 + 121.2 + 2830.1]^{\frac{1}{2}} \\ &= [4444.4]^{\frac{1}{2}} = 2222.2 \end{aligned}$$

⋮
⋮

$$d = \begin{bmatrix} 2222.2 & 2103.7 & 364.8 & 293.8 & 468.3 \\ 2150.25 & 1836.75 & 436.75 & 365.75 & 540.25 \\ 2247.95 & 2129.45 & 339.05 & 268.05 & 442.55 \\ 2171.8 & 2053.3 & 415.2 & 344.2 & 518.7 \end{bmatrix}$$

Dengan hasil d diatas dapat dicari μ_{ik} nya, μ_{ik} dicari dengan cara mengkalikan banyak cluster ($i=4$) dikalikan banyaknya data ($k=5$).

Ketika $i=1, k=1$

$$\begin{aligned} \mu_{11} &= \left[\sum_{j=1}^4 \left(\frac{d_{11}}{d_{j1}} \right)^{\frac{2}{(3-1)}} \right]^{-1} \\ &= \left[\left(\frac{d_{11}}{d_{11}} \right)^{2/(3-1)} + \left(\frac{d_{11}}{d_{21}} \right)^{2/(3-1)} + \left(\frac{d_{11}}{d_{31}} \right)^{2/(3-1)} + \left(\frac{d_{11}}{d_{41}} \right)^{2/(3-1)} \right]^{-1} \\ &= \left[\left(\frac{2222.2}{2222.2} \right)^{2/(3-1)} + \left(\frac{2222.2}{2150.25} \right)^{2/(3-1)} + \left(\frac{2222.2}{2247.95} \right)^{2/(3-1)} + \left(\frac{2222.2}{2171.8} \right)^{2/(3-1)} \right]^{-1} \\ &= [0.5 + 0.534021 + 0.488611 + 0.523476]^{-1} \\ &= [2.046108]^{-1} \\ &= 1.0000 \end{aligned}$$

⋮
⋮
⋮

μ_{ik} dicari secara berulang sampai $i=4$ $k=5$ sehingga didapat hasil μ_{ik} adalah sebagai berikut:

$$\mu_{ik} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0.5082 & 0.5087 & 0.4551 & 0.4454 & 0.4643 \\ 0.3271 & 0.3268 & 0.3695 & 0.3780 & 0.3617 \\ 0.2530 & 0.2531 & 0.2318 & 0.2274 & 0.2358 \end{bmatrix}$$

5. Menentukan kriteria berhenti

Kriteria berhenti dihasilkan dengan cara mengurangi U lama dengan U baru (μ_{ik}), dengan menggunakan persamaan (2.5)

$$\Delta = \|U^t - U^{t-1}\|$$

$$\Delta = \sqrt{(1 - 0.7803)^2 + (1 - 0.0965)^2 + (1 - 0.5752)^2 + (1 - 0.8212)^2 + (1 - 0.6491)^2 + (0.5082 - 0.1320)^2 + (0.5087 - 0.1320)^2 + (0.4551 - 0.0598)^2 + (0.4454 - 0.0154)^2 + (0.4643 - 0.7317)^2 + (0.3271 - 0.2417)^2 + (0.3268 - 0.9421)^2 + (0.3695 - 0.2348)^2 + (0.3780 - 0.0430)^2 + (0.3617 - 0.6477)^2 + (0.2530 - 0.4039)^2 + (0.2531 - 0.9561)^2 + (0.2318 - 0.3532)^2 + (0.2274 - 0.1690)^2 + (0.2358 - 0.4509)^2}$$

$$\Delta = \sqrt{\begin{matrix} 0.048268 + 0.816312 + 0.180455 + 0.031969 + 0.123131 + 0.014042 \\ + 0.141903 + 0.156262 + 0.1849 + 0.071503 + 0.007293 + 0.378594 + \\ 0.018144 + 0.112225 + 0.081796 + 0.022771 + 0.494209 + 0.014738 + \\ 0.003411 + 0.046268 \end{matrix}}$$

$$\Delta = \sqrt{2.94819}$$

$$= 1.7170210$$

Karena $\Delta > \xi$ maka naikkan iterasi ($t = t + 1$) dan kembali ke langkah ke-3

3.3 Hasil Simulasi

Pada langkah ini, data yang telah diterapkan dengan metode *Fuzzy C-Means* diselesaikan menggunakan *Matlab R2019a*. adapun hasil dari simulasi dari 34 data dengan menggunakan *Matlab R2019a* dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 2 Data hasil cluster

FCM: Iterasi ke-36 ----> error = 5.3015e-												
Jenis Data	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	Cluster
Data ke-1	198	1435	81	493	2	106	108	1	43	173	4406	3
Data ke-2	483	732	52	964	4	78	483	0	59	127	3827	3
Data ke-3	222	342	65	364	0	57	248	0	18	43	513	1
Data ke-4	21	455	1	0	0	15	53	0	194	51	1224	3
Data ke-5	57	476	17	36	0	2	44	0	16	16	1001	4
.
.

Data ke-32	80	270	20	589	0	124	42	1	16	12	423	1
Data ke-33	72	138	0	318	0	30	6	0	12	5	1482	3
Data ke-34	146	204	9	57	0	57	11	0	14	9	5142	3

• **Keterangan Cluster:**

1. Aman
2. Cukup Aman
3. Rawan
4. Sangat Rawan

• **Keterangan:**

- X1: Tanah Longsor
- X2: Banjir
- X3: Banjir Bandang
- X4: Gempa Bumi
- X5: Tsunami
- X6: Gelombang Pasang Laut
- X7: Angin Puting Beliung
- X8: Gunung Meletus
- X9: Kebakaran Hutan
- X10: Kekeringan
- X11: Tidak Ada Bencana

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari simulasi dari 34 data, dengan menggunakan Matlab R2019a yaitu ada 11 provinsi (Sumatera Barat, Kep. Bangka Belitung, Kep. Riau, DKI Jakarta, DI Yogyakarta, Bali, Kalimantan Utara, Sulawesi Tengah, Gorontalo, Maluku Utara, Sulawesi Barat) yang masuk dalam cluster 1 (aman), 4 provinsi (Banten, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Utara, Maluku) yang masuk dalam cluster 2 (cukup aman), 13 provinsi (Aceh, Sumatera Utara, Riau, Sumatera Selatan, Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Selatan, Papua, Papua Barat) yang masuk dalam cluster 3 (rawan), dan 6 provinsi (Jambi, Bengkulu, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur) yang masuk cluster 4 (sangat rawan).

5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada LPPM UIM dan Jurusan Matematika FMIPA Universitas Islam Madura yang telah memberikan dukungan dalam penelitian ini.

6. Daftar Pustaka

- [1] Abdi, H., 2021. Penyebab Tanah Longsor dan Cara Mencegahnya yang Perlu Dipahami. liputan 6.
- [2] Amanda, P., & Robert, K., 2017. Pengelompokan Daerah Rawan Bencana Banjir di Indoneia Tahun 2013 Menggunakan Fuzzy C-Mean
- [3] Andryanto, S. D., 2019. Penyebab Banjir Bandang. Jakarta: Tempo.com.
- [4] BNPB, 2019. Tanggap Tangkas Tangguh Menghadapi Bencana., Jakarta: s.n.
- [5] BPBD, 2021. Mengenal Bencana Kebakaran. bpbd.kulonprogokab.go.id. Diskominfo Kabupaten Bogor.
- [6] BPS, 2022. Bencana Alam. Jakarta: sirusa.bp.go.id.
- [7] Butarbutar, N., Windarto, A. P., Hartama, D. & S., 2017. Komparasi Kinerja Algoritma Fuzzy C-Means Dan K-Means Dalam Pengelompokan Data Siswa Berdasarkan Prestasi Nilai Akademik Siswa. Jurnal Riset Sistem Informasi & Teknik Informatia, Juli, 1(1), pp. 46-55.
- [8] Gultom, S., Sriadhi, S., Martiano, m. & Simarmata, J., 2018. Comparison analysis of K-Means and K-Medoid with Ecludiience Distance Algorithm, Chanberry Distance, and Chebyshev Distance for Big Data Clustering. pp. 1-7.
- [9] Kosub, S., 2018. Catatan tentang pertidaksamaan segitiga untuk jarak Jaccard. www.elsevier.com/locate/patrec, Desember, pp. 36-38.
- [10] Khoiruddin, A., 2007. Menentukan Nilai Akhir Kuliah Dengan Fuzzy C-Means. Seminar nasional dan informatika, 238.
- [11] Kustianingsih, R., 2018. Estimator Deret Fourier dalam Regresi Semiparametrik untuk Mempredkisi Angka Kriminalitas di Pamekasan. Pamekasan: Universitas Islam Madura.
- [12] Masdin., 2017. Kenali Perbedaan Gelombang Pasang Surut Air Laut dan Tsunami.. Januari.
- [13] Nelson, B., Agus, W., & Dedi, H., 2016. Komparasi Kinerja Algoritma Fuzzy C-Means dan K-Means Dalam Pengelompokan Data Siswa Berdasarkan Prestasi Nilai Akademik Siswa. Juli 2016, Volume 1, No. 1.
- [14] Oktaviana, E., 2022. Clustering Bencana Alam di Indonesia Menggunakan Algoritma K-Means. pp. 1-42.
- [15] Ramadhan, M. I. & P., 2017. Penerapan Data Mining untuk Analisi Data Bencana Milik BNPB Menggunakan Algoritma K-Means dan Linear Regression. April, 22(01), pp. 57-65.
- [16] Risma, R., & Mustakim., 2017. Penerapan Algoritma Fuzzy C-Means Untuk Analisis Permasalahan Simpanan Wajib Anggota Koperasi. Volume 5, No. 2, pp. 171-176.
- [17] Sadewo, M. G., Windarto, A. P. & Wanto, A., 2018. Penerapan Algoritma Clustering Dalam Mengelompokkan Banyaknya Desa/Kelurahan Menurut Upaya Antisipasi/Mitigasi Bencana Alam MenurutT Provinsi Dengan K-Means. KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer), 2(1), pp. 311-319.
- [18] Sasmita, R., Sofyan, H., & Subianto, M., 2011. Perbandingan Metode Fuzzy C-Means Dengan Fuzzy C-Sell Menggunakan Data Citra Satelit Quickbird. Aceh: Universitas Syiah Kuala, Darussalam, Banda Aceh.
- [19] Unisdr, 2019. Lembaga Perserikatan Bangsa Bangsa (PBB) yang bergerak dalam pengurangan resiko bencana..

- [20] Yulianto, T., Komariyah, S. & Ulfaniyah, N., 2017. Application of fuzzy inference system by Sugeno method on estimating of salt production. AUGUST, Volume 1867, pp. 1-8.