



PEMETAAN DAERAH RAWAN BENCANA DI JAWA TENGAH DENGAN ALGORITMA FUZZY C MEANS

Yuli Kartika*, Universitas Negeri Yogyakarta
Agus Maman Abadi, Universitas Negeri Yogyakarta
*e-mail: yuli0949fmipa.2019@student.uny.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan daerah rawan bencana alam di Provinsi Jawa Tengah yang terdiri dari 35 kabupaten/kota berdasarkan jumlah kejadian bencana, jumlah korban bencana, dan jumlah kerusakan bencana. Data penelitian diperoleh dari website BNPB tahun 2018-2022. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Fuzzy C-Means* (nilai $w = 2$, $MaxIter = 1000$, $\epsilon = 10^{-5}$, dan c setiap tahun secara berurutan adalah $c = 2,2,2,4,5$) dengan menggunakan bantuan *software* R untuk menganalisis data dan *ArcGis* untuk membuat peta rawan bencana. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa (1) 2018: 14 daerah cukup rawan bencana dan 21 daerah tidak rawan bencana; (2) 2019: 23 daerah tidak rawan bencana dan 12 daerah rawan bencana; (3) 2020: 11 daerah rawan bencana dan 24 daerah tidak rawan bencana; (4) 2021: 2 daerah sangat tidak rawan bencana, 1 daerah cukup rawan bencana, 5 daerah sangat rawan bencana, dan 27 daerah tidak rawan bencana; (5) 2022: 1 daerah rawan bencana, 1 daerah sangat rawan bencana, 2 daerah cukup rawan, 4 daerah tidak rawan bencana, dan 27 daerah sangat tidak rawan bencana. Hasil pemetaan ditampilkan dalam bentuk peta rawan bencana setiap tahun 2018-2022. Terdapat beberapa kenaikan tingkat kerawanan di kabupaten/kota, seperti Kabupaten Batang, Kabupaten Jepara, dan Kabupaten Kebumen.

Kata kunci: *Fuzzy C-Means, clustering, bencana alam, pemetaan.*

Abstract. This research maps natural disasters-prone in Central Java Province, analyzing 35 districts/cities based on disaster events, victims counts, and damage costs using BNPB data from 2018-2022. The method used in this research is *Fuzzy C-Means* (value $w = 2$, $MaxIter = 1000$, $\epsilon = 10^{-5}$, and c varies by year $c = 2,2,2,4,5$) with using R software for data analysis and *ArcGis* for disaster-prone map creation. The findings indicate: (1) 2018: 14 areas are quite disaster prone and 21 areas are not disaster prone; (2) 2019: 23 areas not prone to disasters and 12 areas prone to disasters; (3) 2020: 11 disaster-prone areas and 24 non-disaster-prone areas; (4) 2021: 2 areas are not very prone to disasters, 1 area is quite prone to disasters, 5 areas are very prone to disasters, and 27 areas are not prone to disasters; (5) 2022: 1 area prone to disasters, 1 area very prone to disasters, 2 areas quite vulnerable, 4 areas not prone to disasters, and 27 areas not very prone to disasters. The mapping results are displayed in the form of a disaster risk map every year 2018-2022. There have been several increases in the level of vulnerability in districts/cities, such as Batang Regency, Jepara Regency and Kebumen Regency.

Keywords: *Fuzzy C-Means, clustering, natural disasters, mapping.*

PENDAHULUAN

Bencana adalah suatu peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mangancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan manusia karena faktor alam, faktor nonalam, maupun faktor manusia sehingga menimbulkan korban jiwa, kerusakan lingkungan hidup, kehilangan harta benda, dan dampak psikologis (Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007). Bencana alam adalah bencana yang disebabkan oleh peristiwa atau rangkaian peristiwa alam antara lain gempa bumi, tsunami, letusan gunung berapi, banjir, kekeringan, badai, dan tanah longsor. Mitigasi merupakan serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik dan penyadaran, serta dengan peningkatan kemampuan mengatasi ancaman bencana. Pemerintah Indonesia membentuk Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) untuk merespon kejadian bencana yang terjadi. Dalam penyelesaian permasalahan bencana BNPB, setiap daerah diberikan pendekatan yang *iteratif* terhadap daerah lainnya. Setiap daerah mempunyai karakteristik kejadian bencana yang berbeda-beda. Berdasarkan kajian BNPB, Provinsi Jawa Tengah merupakan provinsi yang paling banyak terkena dampak bencana alam pada tahun 2016 hingga 2020, yaitu sebanyak 3.693 bencana terjadi. Disusul Jawa Timur (2.319 kasus), Jawa Barat (2.282 kasus), Aceh (776 kasus), dan Sulawesi Selatan (498 kasus).

Dengan melakukan pengelompokkan wilayah kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah berdasarkan jumlah kejadian seluruh bencana alam (seperti banjir, tanah longsor, banjir dan tanah longsor, abrasi, puting beliung, kekeringan, kebakaran hutan dan lahan, gempa bumi, tsunami, gempa bumi dan tsunami, serta letusan gunung api), jumlah korban (korban meninggal, hilang, terluka, menderita, mengungsi kerusakan rumah), dan jumlah kerusakan fasilitas (rumah, fasilitas Pendidikan, fasilitas kesehatan, fasilitas peribadatan, fasilitas umum, perkantoran, jembatan, pabrik, kios) yang telah terjadi sebelumnya dengan banyak Kabupaten/kota di Jawa Tengah ada 35. Penelitian ini diharapkan menghasilkan pemetaan atau pengelompokan daerah rawan bencana alam di Provinsi Jawa Tengah. Dan diharapkan dapat memberi masukan bagi BNPB ataupun pemerintah untuk menanggulangi bencana alam dengan lebih efektif.

METODE

Fuzzy C-Means (FCM) merupakan salah satu teknik *clustering* data yang keberadaan setiap klaster data ditentukan oleh nilai keanggotaannya. Nilai anggota mencakup bilangan real pada rentang [0-1]. *Fuzzy C-Means* (FCM) adalah salah satu teknik pengelompokan data atau *clustering* yang dikembangkan oleh James C. Bezdek pada tahun 1981. Metode ini merupakan variasi dari *algoritma K-Means* yang memungkinkan elemen data untuk dimasukkan ke dalam lebih dari satu *cluster* dengan tingkat keanggotaan yang dapat berubah-ubah (probabilitas atau nilai keanggotaan).

Prinsip utama FCM adalah membagi data ke dalam kelompok berdasarkan kesamaan atau jarak di antara elemen data. FCM menerapkan konsep "*fuzziness*" (kabur) dengan memberikan nilai keanggotaan pada setiap elemen data terhadap setiap kelompok. Sebagai contoh, elemen data A dapat menjadi bagian dari kelompok 1 sebesar 0,8 dan kelompok 2 sebesar 0,2, menunjukkan tingkat ketidakpastian atau "kabur" dalam pengelompokannya (Bezdek, 1981).

Menurut Kusumadewi (2010), algoritma dari *Fuzzy C-Means* (FCM) adalah sebagai berikut:

- a. Memasukkan data yang akan diklaster, berupa matriks \mathbf{X} berukuran $n \times p$ (n = jumlah sampel data, p = jumlah variabel setiap data) pada persamaan (1) sebagai berikut:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \cdots & x_{np} \end{bmatrix} \quad (1)$$

b. Menentukan:

- 1) Jumlah kluster ($1 < c < n$)
- 2) Pangkat pembobot ($m > 1$)
- 3) Maksimum iterasi (*MaxIter*)
- 4) Galat terkecil yang diharapkan ($\varepsilon > 0$)
- 5) Fungsi objektif awal ($P_0 = 0$)
- 6) Iterasi awal ($t = 1$)

c. Membangkitkan bilangan acak μ_{ik} sebagai elemen-elemen matriks partisi awal U . Matriks partisi awal U pada persamaan (2).

$$U = \begin{bmatrix} \mu_{11}(x_1) & \mu_{12}(x_1) & \cdots & \mu_{1c}(x_1) \\ \mu_{21}(x_2) & \mu_{22}(x_2) & \cdots & \mu_{2c}(x_2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{n1}(x_n) & \mu_{n2}(x_n) & \cdots & \mu_{nc}(x_n) \end{bmatrix} \quad (2)$$

dengan aturan persamaan (3):

$$\sum_{k=1}^c \mu_{ik} = 1 \quad (3)$$

d. Menghitung pusat kluster ke k pada variabel ke j (v_{kj}) dengan rumus persamaan (4).

$$v_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((\mu_{ik})^m x_{ij})}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^m} \quad (4)$$

Sehingga diperoleh matriks pusat kluster V pada persamaan (5)

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & \cdots & v_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{c1} & \cdots & v_{cp} \end{bmatrix} \quad (5)$$

e. Menghitung nilai fungsi objektif pada iterasi ke t (P_t) dengan rumus persamaan (6).

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c ((\mu_{ik})^m d_{ik}) \quad (6)$$

f. Menghitung perubahan matriks keanggotaan μ_{ik} dengan rumus persamaan (7).

$$\mu_{ik} = \left[\frac{[\sum_{j=1}^p d_{ik}]^{\frac{1}{m-1}}}{\sum_{k=1}^c [\sum_{j=1}^p d_{ik}]^{\frac{1}{m-1}}} \right] \quad (7)$$

g. Memeriksa kondisi berhenti:

- 1) Jika $(|P_t - P_{t-1}| < \varepsilon)$ atau $t > \text{MatIter}$ maka iterasi berhenti.
- 2) Jika tidak, maka $t = t + 1$ dan kembali ke langkah 4.

Menurut Wu & Yang (2005), *Partition Coefficient Index* (PCI) adalah indeks validitas yang hanya mengevaluasi nilai derajat keanggotaan, tanpa memandang nilai vektor (data) yang biasanya mengandung informasi sebaran data. Persamaan (8) yang digunakan untuk menghitung *Partition Coefficient Index* (PCI) yaitu sebagai berikut:

$$PCI = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^2 \quad (8)$$

PCI memiliki rentang nilai antara 0 sampai 1 dengan jumlah kluster yang optimal ditunjukkan oleh nilai PCI yang paling besar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1. Perhitungan Fuzzy C-Means

Dengan nilai parameter $W = 2, MaxIter = 100, \epsilon = 0,00001$ dengan C masing-masing tahun berurutan adalah 2,2,2,4, dan 5. Diperoleh centroid dan kelompok cluster yang disajikan pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 1. Centroid data tahun 2018-2022

Tahun	Cluster	Kejadian	Korban	Kerusakan
2018	1	0,095544631	-0,178804523	0,30718442
	2	0,145123661	0,010399047	-0,181299161
2019	1	1,0297260	1,6203883	-0,4696764
	2	-0,7522473	-0,6319843	-0,2763860
2020	1	0,61702030	-0,45743712	0,18295230
	2	2,43348210	-0,05506785	1,26520540
2021	1	-0,1475446	-0,3877418	-0,3642346
	2	-0,6383436	3,9096723	-0,4314897
	3	0,8980708	-0,1798663	5,0968824
	4	3,4587613	0,6319582	-0,2465381
2022	1	-0,4764821	-0,2757048	-0,3718909
	2	3,0084755	4,5680297	3,2700459
	3	-0,1104820	3,0760990	0,5211319
	4	2,1809969	-0,2757048	-0,2970566
	5	-0,1423081	-0,2757048	3,6392285

Tabel 2. Hasil pengelompokan 2 cluster data tahun 2018-2019

No	Kabupaten/Kota	2018		Cluster	2019		Cluster
		μ_{i1}	μ_{i2}		μ_{i1}	μ_{i2}	
1	Banjarnegara	0,41162530	0,58837470	2	0,71343106	0,28656894	1
2	Banyumas	0,04338498	0,95661502	2	0,73258245	0,26741755	1
3	Batang	0,95487793	0,04512207	1	0,06359646	0,93640354	2
4	Blora	0,47901664	0,52098336	2	0,01786517	0,98213483	2
...
35	Kota Tegal	0,96905513	0,03094487	1	0,05245362	0,94754638	2

Tabel 3. Hasil pengelompokan 2 cluster data tahun 2020

No	Kabupaten/Kota	μ_{i1}	μ_{i2}	Cluster
1	Banjarnegara	0,9927828	0,007217182	1
2	Banyumas	0,2114225	0,788577519	2

3	Batang	0,9749930	0,025007024	1
4	Blora	0,4167148	0,583285160	2
...
35	Kota Tegal	0,9624479	0,037552096	1

Tabel 4. Hasil pengelompokan 4 cluster data tahun 2021

No	Kabupaten/Kota	μ_{i1}	μ_{i2}	μ_{i3}	μ_{i4}	Cluster
1	Banjarnegara	0,98768988	0,003057779	0,001672981	0,007579358	1
2	Banyumas	0,05810394	0,011946002	0,009626505	0,920323552	4
3	Batang	0,98555548	0,003628753	0,001975021	0,008840746	1
4	Blora	0,99342685	0,001433008	0,000785249	0,004354892	1
...	1
35	Kota Tegal	0,98552049	0,003644883	0,001977336	0,008857292	1

Tabel 5. Hasil pengelompokan 5 cluster data tahun 2022

No	Kabupaten/Kota	μ_{i1}	μ_{i2}	μ_{i3}	μ_{i4}	μ_{i5}	Cluster
1	Banjarnegara	0,9964816	0,00022756	0,00096280	0,0014619'	0,0008660!	1
2	Banyumas	0,0249866	0,00692171	0,01298023	0,9430185!	0,0120930'	4
3	Batang	0,1216284	0,04711259	0,17137920	0,0743431'	0,5855366!	5
4	Blora	0,9974155	0,00016662	0,00070142	0,0010804'	0,0006332!	1
...
35	Kota Tegal	0,9964482	0,00022756	0,00096280	0,0014619'	0,0008660!	1

2. Validasi Cluster

Berdasarkan perhitungan menggunakan software Rstudio dengan package fclust (Ferraro, et al., 2022) diperoleh nilai PCI data tahun 2019, 2020, 2021, dan 2022 berturut-turut sebesar 0,7673337799; 0,748942; 0,7791122; 0,8358954; dan 0,8847083. Oleh karena itu, kualitas cluster data tahun 2019, 2020, 2021, dan 2022 dengan jumlah cluster berturut-turut adalah 2, 2, 4, 5 memiliki kualitas custer yang baik.

Pembahasan

Berdasarkan pada hasil diperoleh pengelompokan kabupaten/kota di Provinsi Jawa Tengah dan tingkat kerawanan kelompok yang ditunjukkan dalam Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Hasil pengelompokan kabupaten/kota di Jawa Tengah tahun 2018-2022

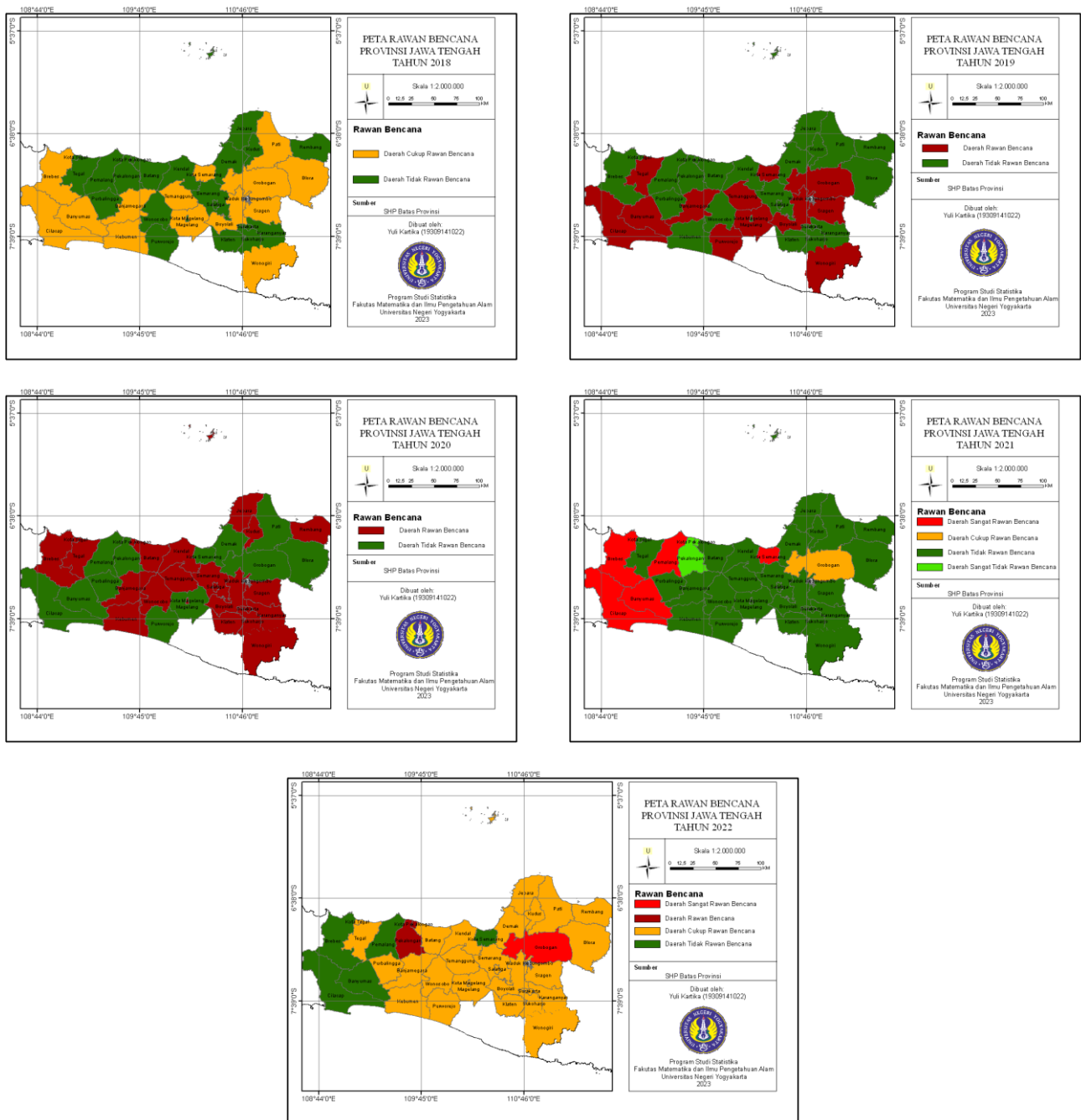
Tahun	Cluster	Kabupaten/Kota
2018	1	Kabupaten Tegal, Pemalang, Purbalingga, Pekalongan, Batang, Kendal, Demak, Semarang, Kudus, Jepara, Rembang, Karanganyar, Sukoharjo, Klaten, Purworejo, Wonosobo, Kota Salatiga, Kota Surakarta, Kota Pekalongan, Kota Magelang dan Kota Tegal.
	2	Kabupaten Brebes, Banyumas, Cilacap, Kebumen, Banjarnegara, Temanggung, Magelang, Boyolali, Sragen, Grobogan, Pati, Blora, Wonogiri, dan Kota Semarang.
2019	1	Kabupaten Banjarnegara, Banyumas, Boyolali, Cilacap, Grobogan, Magelang, Purworejo, Sragen, Tegal, Temanggung, Wonogiri, dan Kota Semarang.

	2	Kabupaten Batang, Blora, Brebes, Demak, Jepara, Karanganyar, Kebumen, Kendal, Klaten, Kudus, Pati, Pekalongan, Pemalang, Purbalingga, Rembang, Semarang, Sukoharjo, Wonosobo, Kota Surakarta, Kota Salatiga, Kota Tegal, Kota Magelang, dan Kota Pekalongan.
2020	1	Kabupaten Banjarnegara, Batang, Boyolali, Brebes, Jepara, Karanganyar, Kebumen, Kendal, Klaten, Kudus, Purworejo, Rembang, Semarang, Sragen, Sukoharjo, Wonosobo, Tegal, Temanggung, Wonogiri, Kota Surakarta, Kota Salatiga, Kota Tegal, Kota Pekalongan, dan Kota Magelang.
	2	Kabupaten Banyumas, Blora, Cilacap, Demak, Grobogan, Magelang, Pati, Pekalongan, Pemalang, Purbalingga, dan Kota Semarang.
2021	1	Kabupaten Banjarnegara, Batang, Blora, Boyolali, Demak, Jepara, Karanganyar, Kebumen, Kendal, Klaten, Kudus, Magelang, Pati, Purbalingga, Purworejo, Rembang, Semarang, Sragen, Sukoharjo, Wonosobo, Tegal, Temanggung, Wonogiri, Kota Surakarta, Kota Salatiga, Kota Tegal, dan Kota Magelang.
	2	Kabupaten Pekalongan dan Kota Pekalongan.
	3	Kabupaten Grobogan
	4	Kabupaten Banyumas, Brebes, Cilacap, Pemalang, dan Kota Semarang
2022	1	Kabupaten Wonogiri, Temanggung, Tegal, Wonosobo, Sukoharjo, Sragen, Semarang, Purworejo, Purbalingga, Pemalang, Pekalongan, Magelang, Kudus, Klaten, Kendal, Karanganyar, Grobogan, Demak, Brebes, Boyolali, Blora, Banjarnegara, Kota Magelang, Kota Pekalongan, Kota Salatiga, Kota Tegal dan Kota Surakarta
	2	Kabupaten Kebumen
	3	Kabupaten Jepara
	4	Kabupaten Cilacap, Banyumas, Rembang, dan Kota Semarang
	5	Kabupaten Batang dan Kabupaten Pati

Tabel 7. Rata-rata cluster dan tingkat kerawanan bencana

Tahun	Cluster	Kejadian	Korban	Kerusakan	Tingkat Kerawanan
2018	1	7,666666667	41262,14286	32,38095238	Tidak Rawan
	2	31,64285714	72975,21429	258,2142857	Rawan
2019	1	48,83333333	32856,25	652,5833333	Rawan
	2	15,43478261	5182,652174	158,6086957	Tidak Rawan
2020	1	20,00000000	2559,666667	61,70833333	Tidak Rawan
	2	53,90909091	28285,90909	293,7272727	Rawan
2021	1	13,74074074	11321,96296	58,66666667	Tidak Rawan
	2	12,5	348047	16	Sangat Tidak Rawan
	3	74	17310	1644	Cukup Rawan
	4	129,4	21582,4	246,2	Sangat Rawan
2022	1	8,962962963	0,740740741	12,77777778	Sangat Tidak Rawan
	2	223	1922	730	Sangat Rawan
	3	27	1330	179	Rawan
	4	162,5	0,25	5	Tidak Rawan
	5	23	278	667,5	Cukup Rawan

Berdasarkan Tabel 6 dan Tabel 7 di peroleh peta rawan bencana yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta rawan bencana alam di Jawa Tengah tahun 2018-2022

Berdasarkan Gambar 1 diperoleh bahwa terdapat kenaikan dan penurunan tingkat kerawanan bencana. Daerah yang mengalami kenaikan tingkat kerawanan di kabupaten/kota seperti, Kabupaten Batang, Kabupaten Jepara, dan Kabupaten Kebumen. Daerah yang mengalami penurunan atau tetap, yaitu Kabupaten Karanganyar, Kendal, Klaten, Rembang, Semarang, Sukoharjo, Wonosobo, Kota Magelang, Kota Pekalongan, Kota Salatiga, dan Kota Semarang. Adapun daerah yang mengalami naik turun, yaitu Kabupaten Banjarnegara,

Banyumas, Blora, Boyolali, Brebes, Cilacap, Demak, Grobogan, Kudus, Magelang, Pati, Pekalongan, Pemalang, Purbalingga, Purworejo, Sragen, Tegal, Temanggung, Wonogiri, Kota Semarang, dan Kota Surakarta.

SIMPULAN

Pengelompokan daerah rawan bencana tahun 2018-2022 masing-masing tahun secara berurutan adalah 2, 2, 2, 4, dan 5 kelompok daerah kerawanan. Hasil pengelompokan ditampilkan dalam bentuk peta rawan bencana. Tingkat kerawanan bencana mengalami kenaikan dan penurunan yang terjadi pada kabupaten/kota tertentu. Daerah yang mengalami kenaikan tingkat kerawanan di kabupaten/kota seperti, Kabupaten Batang, Kabupaten Jepara, dan Kabupaten Kebumen.

DAFTAR PUSTAKA

- Bezdek, C James.(1981). *Objective function clustering pattern recognition with fuzzy objective function algorithms journal*. US: Springer
- BNPB. (2022). <https://dibi.bnpb.go.id/>
- Ifadah, C., Ratnasri, C. D., & Novitasari, D. C. R. (2022). *Clustering daerah banjir di Jawa Timur dengan algoritma Fuzzy C-Means*. *Dinamika Informatika*, 14(2), 99–104. <https://doi.org/https://doi.org/10.35315/informatika.v14i2.8885>
- Kusumadewi, S. (2010). *Aplikasi logika fuzzy untuk pendukung keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Republik Indonesia. (2007). *Undang-Undang RI Nomor 24, Tahun 2007, tentang Penanggulangan Bencana*
- Wu, K.L. & Yang, M.S. 2005. A cluster validity index for fuzzy clustering. *Pattern Recognition Letters*, 26(9), 1275-1291. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2004.11.022>.