



PENERAPAN METODE *CLUSTERING* UNTUK PEMETAAN DAERAH RAWAN BENCANA DI KABUPATEN BOJONEGORO

Alif Yuanita Kartini¹, Deby Fakhriyana²

Corresponding author : Alif Yuanita Kartini

¹Program Studi Statistika, Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri, alifyuanita@unugiri.ac.id

²Program Studi Statistika, Universitas Diponegoro, deby.fryn@gmail.com

Received : 22 September 2023, Revised : 23 April 2024, Accepted : 23 April 2024

Abstract

Currently, the disaster event data in the Regional Disaster Management Agency of Bojonegoro regency is only in the form of natural disaster event figures and has not been presented in the form of a map. Therefore, research is needed to map disaster-prone areas in Bojonegoro regency. This research will become a reference in accommodating disaster mitigation activities in Bojonegoro regency. This study used clustering analysis, namely the K-Means, K-Medoids, and X-Means methods to evaluate the optimal number of clusters and develop grouping results in the form of maps. The data used is data on the number of disaster events in Bojonegoro regency in 2022 which includes the number of events due to floods, the number of events due to extreme weather, the number of events due to forest and land fires, the number of events due to house fires, the number of events due to drought, the number of events due to landslides and the number of miscellaneous events. Based on the value of the Davies Bouldin Index, the results were obtained that X-Means is the best method in grouping disaster-prone areas in Bojonegoro district. The number of clusters formed is 4 clusters, namely cluster 0 consisting of 18 sub-districts, cluster 1 consisting of 7 sub-districts, cluster 2 consisting of 1 sub-district and cluster 3 consisting of 2 sub-districts. Based on the characteristics of the grouping results, it can be concluded that the most disaster-prone areas in Bojonegoro regency are Bojonegoro district followed by Kedungadem and Temayang districts.

Keywords: disaster, cluster, mapping

Abstrak

Saat ini data kejadian bencana yang ada di Badan Penanggulangan Bencana Daerah kabupaten Bojonegoro hanya berupa angka-angka kejadian bencana alam dan belum disajikan dalam bentuk peta. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk melakukan pemetaan daerah rawan bencana di kabupaten Bojonegoro. Dari penelitian ini akan menjadi acuan dalam mengakomodir kegiatan mitigasi bencana di kabupaten Bojonegoro. Pada penelitian ini menggunakan metode clustering yakni metode K-Means, K-Medoids, dan X-Means untuk melakukan evaluasi banyaknya cluster yang optimal dan mengembangkan hasil pengelompokan dalam bentuk peta. Data yang digunakan adalah data jumlah kejadian bencana di kabupaten Bojonegoro tahun 2022 yang meliputi jumlah kejadian akibat banjir, jumlah kejadian akibat cuaca ekstrim, jumlah kejadian akibat kebakaran hutan dan lahan, jumlah kejadian akibat kebakaran rumah, jumlah kejadian akibat kekeringan, jumlah kejadian akibat tanah longsor dan jumlah kejadian lain-lain. Berdasarkan nilai Davies Bouldin Index didapatkan hasil bahwa X-Means merupakan metode terbaik dalam pengelompokan wilayah rawan bencana di kabupaten Bojonegoro. Adapun banyaknya cluster yang terbentuk adalah 4 cluster yakni cluster 0 yang terdiri dari 18 kecamatan, cluster 1 yang terdiri dari 7 kecamatan, cluster 2 yang terdiri dari 1 kecamatan dan cluster 3 yang terdiri dari 2 kecamatan. Berdasarkan karakteristik dari hasil pengelompokan dapat disimpulkan bahwa daerah yang paling rawan terjadi bencana di kabupaten Bojonegoro adalah kecamatan Bojonegoro disusul dengan kecamatan Kedungadem dan Temayang.

Kata kunci: bencana, cluster, pemetaan

1. Pendahuluan

Kabupaten Bojonegoro berada di provinsi Jawa Timur yang dikelilingi oleh Sungai Bengawan Solo. Di kabupaten Bojonegoro juga terdapat beberapa pegunungan kapur di sebelah utara dan selatan. Selain itu di kabupaten Bojonegoro juga dikelilingi oleh kawasan hutan [1]. Hal ini menyebabkan kabupaten Bojonegoro mempunyai potensi rawan terhadap berbagai macam bencana alam. Berdasarkan data kawasan rawan bencana dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), bencana alam yang sering terjadi di kabupaten Bojonegoro adalah banjir luapan, banjir bandang, cuaca ekstrim (angin kencang dan/atau puting beliung), gempa bumi, kebakaran hutan dan lahan, serta kekeringan dan juga tanah longsor. Pada tahun 2020 jumlah kejadian bencana di kabupaten Bojonegoro sebesar 538, dan pada tahun 2021 jumlah kejadian bencana turun menjadi 203. Sementara itu pada tahun 2022 jumlah kejadian bencana di kabupaten Bojonegoro kembali naik yaitu sebesar 243 [2].

Pada saat musim penghujan, kabupaten Bojonegoro mempunyai potensi banjir baik itu banjir luapan maupun banjir bandang karena letaknya yang dilewati oleh sungai Bengawan Solo. Selain itu pada saat musim penghujan, di daerah pegunungan maupun di daerah kawasan hutan juga rawan terjadi tanah longsor. Ketika musim kemarau, di kabupaten Bojonegoro sering terjadi kebakaran hutan maupun lahan dan juga kekeringan. Hal ini karena kabupaten Bojonegoro terletak di dataran rendah dengan rata-rata suhu harian sebesar 31°C yang mengakibatkan cuaca menjadi sangat panas. Selain itu cuaca ekstrim yang melanda daerah-daerah di Indonesia khususnya di kabupaten Bojonegoro juga menyebabkan terjadinya angin kencang atau puting beliung [3].

Informasi tentang berbagai jenis bencana alam diperlukan untuk membuat rencana mitigasi bencana. Tingginya resiko bencana alam mendesak pemerintah untuk menjadi pelindung masyarakat dari berbagai jenis ancaman bencana alam. Ulasan tentang resiko akibat dari bencana alam, menjadi tolak ukur dalam menilai kemungkinan dan besaran kerugian akibat bencana alam yang terjadi.

Penyajian ancaman bencana per wilayah juga akan sangat menguntungkan bagi masyarakat. Hal ini karena masyarakat bisa secara langsung mengenali kondisi wilayah yang berpotensi rawan bencana. Untuk saat ini data yang ada di Badan Penanggulangan Bencana Daerah hanya berupa angka-angka kejadian bencana alam yang menunjukkan persentase bencana alam dan belum disajikan dalam bentuk pengelompokan wilayah yang berupa peta. Dengan adanya kondisi tersebut, diperlukan penelitian untuk melakukan pemetaan daerah rawan bencana di kabupaten Bojonegoro.

Metode yang dapat digunakan untuk melakukan pemetaan salah satunya adalah metode *clustering*. *Clustering* merupakan sebuah metode pengelompokan data ke dalam beberapa cluster sehingga data dalam satu cluster memiliki tingkat kemiripan yang tinggi serta data antar cluster memiliki kemiripan yang rendah [4]. Metode *clustering* dapat digunakan sebagai prediksi serta analisis masalah dalam bisnis tertentu seperti pada segmentasi pasar, marketing maupun pemetaan zonasi wilayah [5]. Beberapa metode *clustering* diantaranya adalah *K-Means*, *K-Medoids* dan *X-Means* [6]. *K-Means* merupakan metode *clustering* yang digunakan untuk membagi data menjadi beberapa kelompok berdasarkan karakteristiknya. Hasil pengelompokan metode *K-Means* dapat mengurangi variasi dalam sebuah *cluster* dan meningkatkan variasi antar *cluster* [7]. Sedangkan *K-Medoids* merupakan sebuah metode dalam *clustering* yang digunakan untuk menentukan titik pusat *cluster* (*medoids*) dalam sebuah *cluster*. *K-Medoids* digunakan untuk menanggulangi kekurangan dari *K-Means* yang sangat peka terhadap nilai *outlier* [8]. Dalam beberapa penelitian metode *K-Medoids* lebih baik dibandingkan dengan metode *K-Means* [9], [10], [11]. Namun dalam beberapa penelitian yang lain metode *K-Medoids* tidak lebih baik dibandingkan dengan metode *K-Means* [12], [13], [14]. Sementara itu *X-Means* merupakan pengembangan dari *K-Means* yang dapat mengestimasi nilai *k* dengan lebih cepat dan tepat [15].

Pada beberapa penelitian terdahulu,

metode *clustering* digunakan untuk mengidentifikasi dan mengelompokkan daerah rawan bencana [16], [17], [18], [19]. Dalam penelitian tersebut belum ada yang memvisualisasikan hasil pengelompokan daerah rawan bencana dalam bentuk peta. Dalam penelitian ini akan menerapkan metode *clustering* yaitu dengan menggunakan metode *K-Means*, *K-Medoids* dan *X-Means* untuk melakukan evaluasi jumlah *cluster* yang optimal dan mengembangkan hasil pengelompokan dalam bentuk peta daerah rawan bencana. Dari penelitian ini diharapkan menjadi acuan dalam mengakomodir kegiatan mitigasi bencana di kabupaten Bojonegoro. Daerah yang masuk dalam cluster paling rawan terjadi bencana diharapkan dapat mengambil langkah yang dapat mencegah dan meminimalisir akibat dari terjadinya bencana.

2. Metode

Data sekunder pada penelitian ini menggunakan data jumlah kejadian bencana di kabupaten Bojonegoro tahun 2022 yang bersumber dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah kabupaten Bojonegoro. Adapun variabel yang digunakan jumlah kejadian akibat banjir, jumlah kejadian akibat cuaca ekstrim, jumlah kejadian akibat kebakaran hutan dan lahan, jumlah kejadian akibat kebakaran rumah, jumlah kejadian akibat kekeringan, jumlah kejadian akibat tanah longsor dan jumlah kejadian lain-lain. Unit penelitian yang digunakan adalah 28 kecamatan yang ada di kabupaten Bojonegoro.

Pada penelitian ini menggunakan bantuan software rapidminer dengan langkah analisis sebagai berikut.

- a. Mendeskripsikan kejadian bencana di kabupaten Bojonegoro
- b. Melakukan *praprocessing* data
- c. Melakukan pengelompokan daerah rawan bencana di kabupaten Bojonegoro menggunakan *K-Means* dengan algoritma sebagai berikut [7]
 - 1) Menentukan jumlah cluster sebanyak k
 - 2) Menentukan nilai *centroid* awal secara acak, kemudian menghitung nilai pusat *cluster* pada setiap *cluster* menggunakan rumus:

$$C_i = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M x_j, i = 1, 2, \dots, k$$

Dimana C_i adalah rata-rata data pada masing-masing cluster, i adalah banyaknya cluster dan M adalah banyaknya data pada cluster

- 3) Menghitung jarak *euclidean* yaitu jarak antara titik *centroid* dengan titik setiap objek dengan rumus:

$$D(x_1 - c_i) = \sqrt{\sum_{j=1}^q (x_{ij} - c_{ij})^2}, i = 1, 2, \dots, k$$

Dimana x_1 merupakan data yang akan dihitung jaraknya, c_i merupakan nilai rata-rata pada cluster ke- i , x_{1j} merupakan data pada setiap dimensi, c_{1j} merupakan rata-rata pada setiap dimensi, dan q merupakan banyaknya dimensi dari data

- 4) Mengelompokkan objek, yaitu menentukan jumlah *cluster* dengan jarak paling pendek diantara objek
- 5) Menghitung data dengan pusat *cluster* baru, yaitu setelah mendapatkan titik pusat baru dari setiap *cluster*, maka akan dilakukan perulangan sampai dihasilkan nilai *centroid* yang tetap dan anggota dari *cluster* tidak ada yang berpindah ke *cluster* lain
- 6) Mendapatkan hasil *cluster* beserta anggota dari masing-masing *cluster*
- d. Melakukan pengelompokan daerah rawan bencana di kabupaten Bojonegoro menggunakan *K-Medoids* dengan algoritma sebagai berikut [8]
 - 1) Menentukan jumlah cluster sebanyak k
 - 2) Menentukan *medoids* sebanyak jumlah *cluster*
 - 3) Menghitung jarak *euclidean* untuk menempatkan objek ke *cluster* yang paling dekat
 - 4) Memilih objek sebagai calon *medoids* baru pada setiap *cluster*
 - 5) Menghitung jumlah total simpangan yaitu dengan cara mengurangi nilai total jarak yang baru dengan nilai total

- jarak yang lama
- 6) Mengulangi langkah 3 sampai langkah 5 hingga tidak terjadi perubahan *medoids*
 - 7) Mendapatkan hasil *cluster* beserta anggota pada setiap *cluster*
- e. Melakukan pengelompokan daerah rawan bencana di kabupaten Bojonegoro menggunakan *X-Means* dengan algoritma sebagai berikut [15]
- 1) Menentukan nilai range cluster k
 - 2) Menentukan nilai k yaitu sama dengan nilai k minimum
 - 3) Melakukan algoritma *K-Means* hingga anggota *cluster* tidak terjadi perubahan letak *cluster*
 - 4) Melakukan perbaikan struktur dengan membandingkan nilai *Bayesian Information Criterion* (BIC)
 - 5) Melakukan pembaruan nilai k , apabila nilai k lebih besar dari nilai k maksimum maka iterasi akan berhenti dan apabila tidak maka akan kembali pada langkah 3
- f. Evaluasi hasil pengelompokan daerah rawan bencana di kabupaten Bojonegoro dengan menggunakan *K-Means*, *K-Medoids* dan *X-Means* dilihat dari nilai *Davies Bouldin Index* (DBI) yang paling kecil untuk mendapatkan hasil *cluster* yang optimal. Rumus DBI untuk menghitung kualitas clustering antara dua cluster C_i dan C_j adalah sebagai berikut.

$$R_{ij} = \frac{S_i + S_j}{d_{ij}}$$

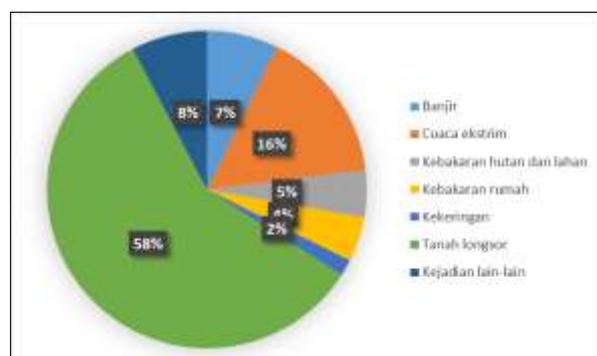
Dimana R_{ij} adalah nilai *Davies Bouldin Index* (DBI) antara Cluster C_i dan C_j , S_i adalah ukuran dispersi atau sebaran data dalam cluster C_i yang dapat dihitung dengan variasi atau jarak rata-rata antara titik data dalam cluster dengan pusat cluster, S_j adalah ukuran dispersi atau sebaran data dalam cluster C_j yang dapat dihitung dengan variasi atau jarak rata-rata antara titik data dalam cluster dengan pusat cluster dan d_{ij} adalah jarak antara pusat cluster.

- g. Visualisasi hasil pengelompokan daerah rawan bencana di kabupaten Bojonegoro dari metode yang paling baik

3. Pembahasan

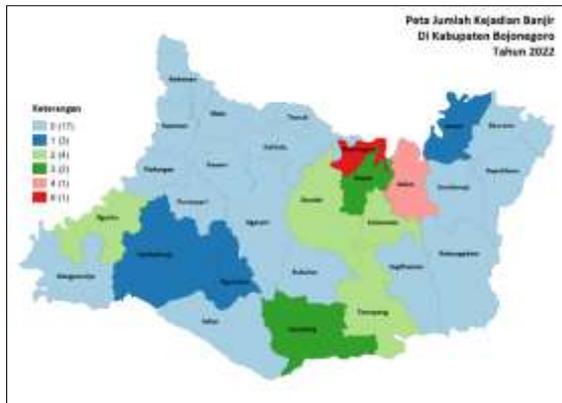
3.1 Deskripsi Kejadian Bencana di Kabupaten Bojonegoro

Kabupaten Bojonegoro merupakan salah satu daerah yang sering mengalami bencana. Pada tahun 2022 jumlah seluruh kejadian bencana yang menimpa kabupaten Bojonegoro sebanyak 243. Adapun rincian untuk masing-masing kejadian bencana yang diakibatkan oleh banjir, cuaca ekstrim, kebakaran hutan dan lahan, kebakaran rumah, kekeringan, tanah longsor, serta kejadian lain-lain sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa kejadian bencana yang paling sering terjadi di kabupaten Bojonegoro sepanjang tahun 2022 adalah tanah longsor yaitu sebesar 58% dari total kejadian bencana. Selanjutnya kejadian bencana yang disebabkan oleh cuaca ekstrim yaitu sebesar 16% dari total kejadian bencana. Untuk bencana yang disebabkan kejadian lain-lain yaitu sebesar 8% dari seluruh kejadian bencana. Kejadian lain-lain ini adalah kejadian ditemukannya korban meninggal yang tidak diketahui penyebabnya. Kejadian berikutnya yaitu kejadian yang disebabkan oleh banjir sebesar 7% dari total kejadian bencana. Pada tahun 2022 kejadian bencana yang disebabkan oleh kebakaran hutan dan lahan yaitu sebesar 5% dari total seluruh kejadian bencana di kabupaten Bojonegoro. Kejadian bencana yang disebabkan oleh kebakaran rumah yaitu sebesar 4% dari total seluruh kejadian. Serta kejadian bencana yang disebabkan oleh kekeringan yaitu sebesar 2% dari seluruh total kejadian yang ada di kabupaten Bojonegoro pada tahun 2022.



Gambar 1. Persentase Kejadian Bencana di Kabupaten Bojonegoro.

Selanjutnya untuk mengetahui pemetaan kecamatan berdasarkan jumlah kejadian bencana yang disebabkan oleh banjir sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Hasil Pemetaan Berdasarkan Jumlah Kejadian Banjir

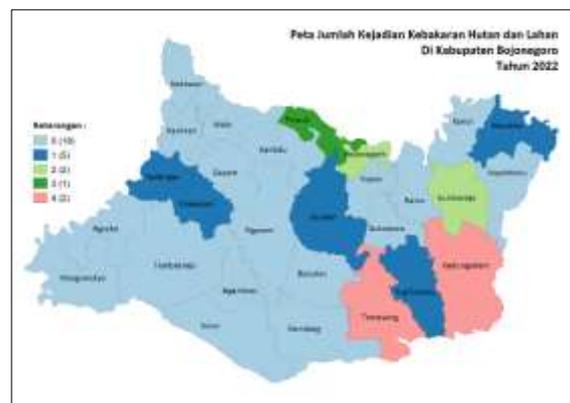
Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa kejadian bencana yang disebabkan oleh banjir dikelompokkan menjadi 6, dimana kelompok pertama adalah kecamatan yang tidak dilanda banjir selama tahun 2022 yang terdiri dari 17 kecamatan dan kelompok ke-6 adalah kecamatan yang mengalami kejadian banjir selama 9 kali sepanjang tahun 2022 yang terdiri dari 1 kecamatan yakni kecamatan Bojonegoro. Selanjutnya untuk hasil pemetaan kecamatan di kabupaten Bojonegoro berdasarkan jumlah kejadian bencana yang disebabkan oleh cuaca ekstrim sepanjang tahun 2022 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Hasil Pemetaan Berdasarkan Jumlah Kejadian Cuaca Ekstrim

Gambar 3 menunjukkan bahwa berdasarkan jumlah kejadian cuaca ekstrim, kecamatan-kecamatan yang ada di kabupaten

Bojonegoro dikelompokkan menjadi 8. Kelompok pertama adalah kecamatan-kecamatan yang tidak pernah dilanda cuaca ekstrim sebanyak 10 kecamatan dan kelompok ke-8 adalah kecamatan yang mengalami kejadian bencana yang disebabkan oleh cuaca ekstrim sebanyak 11 kali selama tahun 2022 yang terdiri dari 1 kecamatan yakni kecamatan Bojonegoro. Berikutnya untuk hasil pemetaan kecamatan di kabupaten Bojonegoro berdasarkan jumlah kejadian bencana yang disebabkan oleh kebakaran hutan dan lahan sepanjang tahun 2022 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Hasil Pemetaan Berdasarkan Jumlah Kejadian Kebakaran Hutan dan Lahan

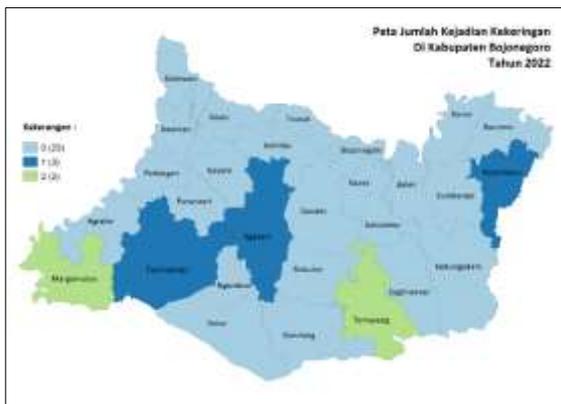
Gambar 4 menunjukkan bahwa berdasarkan jumlah kejadian bencana yang disebabkan oleh kebakaran hutan dan lahan, kecamatan di kabupaten Bojonegoro dikelompokkan menjadi 5. Adapun kelompok 5 adalah kecamatan yang mengalami kejadian kebakaran hutan dan lahan sebanyak 4 kali sepanjang tahun 2022 yakni kecamatan Temayang dan Kedungadem.



Gambar 5. Hasil Pemetaan Berdasarkan Jumlah Kejadian Kebakaran Rumah

Selanjutnya hasil pemetaan jumlah kejadian bencana yang disebabkan oleh kebakaran rumah, ditunjukkan pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa kecamatan yang mengalami jumlah kejadian bencana yang disebabkan oleh kebakaran rumah sebanyak 4 kali sepanjang tahun 2022 adalah kecamatan Baureno. Berikutnya untuk hasil pemetaan berdasarkan jumlah kejadian bencana yang disebabkan oleh kekeringan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Hasil Pemetaan Berdasarkan Jumlah Kejadian Kekeringan

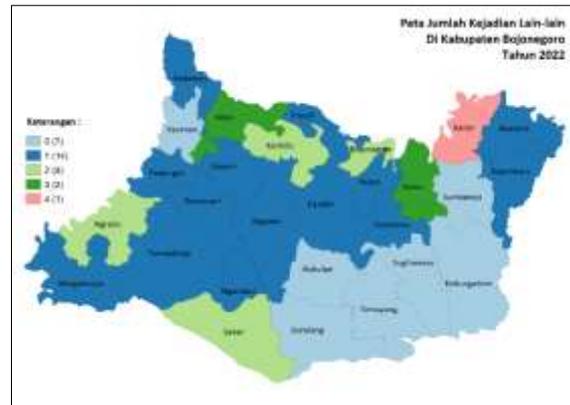
Gambar 6 menunjukkan bahwa kecamatan yang mengalami kejadian bencana yang disebabkan oleh kekeringan sebanyak 2 kali sepanjang tahun 2022 adalah kecamatan Margomulyo dan kecamatan Temayang. Selanjutnya hasil pemetaan berdasarkan jumlah kejadian tanah longsor sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Hasil Pemetaan Berdasarkan Jumlah Kejadian Tanah Longsor

Gambar 7 menunjukkan bahwa berdasarkan jumlah kejadian tanah longsor,

kecamatan di kabupaten Bojonegoro dikelompokkan menjadi 16 kelompok, dimana kelompok ke-16 adalah kecamatan yang mengalami kejadian tanah longsor sebanyak 28 kali sepanjang tahun 2022 yakni kecamatan Bojonegoro. Dan selanjutnya untuk hasil pemetaan berdasarkan jumlah kejadian lain-lain sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8. Menurut Gambar 8 dapat dilihat bahwa kecamatan dengan kejadian lain-lain yang paling sering terjadi sepanjang tahun 2022 yakni kecamatan Kanor dengan kejadian sebanyak 4.



Gambar 8. Hasil Pemetaan Berdasarkan Jumlah Kejadian Lain-lain

3.2 Pemetaan Daerah Rawan Bencana di Kabupaten Bojonegoro menggunakan Data Mining

Pada penelitian ini untuk melakukan pengelompokan daerah rawan bencana di kabupaten Bojonegoro menggunakan *data mining* yaitu metode *K-Means*, *K-Medoids* dan *X-Means*. Langkah awal untuk melakukan pengelompokan dengan menggunakan ketiga metode tersebut adalah melakukan *preprocessing* data. *Preprocessing* data ini adalah mempersiapkan data dan melakukan proses *standardize*. Proses *standardize* dilakukan untuk memperkecil nilai *standard deviasi* sehingga data dapat diterapkan di model *clustering*.

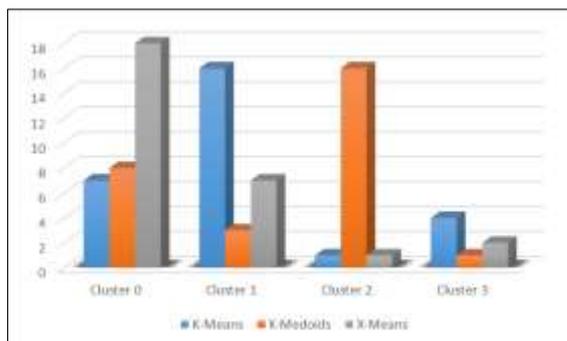
Langkah berikutnya setelah melakukan *preprocessing* data yaitu melakukan pengolahan data menggunakan bantuan *software RapidMiner* hingga didapatkan hasil pengelompokan data untuk masing-masing metode. Jumlah *cluster (k)* yang digunakan sebanyak 2, 3 dan 4. Selanjutnya untuk melakukan evaluasi terhadap hasil

pengelompokan yang optimal dilihat dari nilai *Davies Bouldin Index* (DBI) yang paling kecil. Adapun hasil DBI dari masing-masing jumlah *cluster* untuk masing-masing metode sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perbandingan DBI

<i>Cluster (k)</i>	<i>K-Means</i>	<i>K-Medoids</i>	<i>X-Means</i>
2	1,577	1,755	1,367
3	1,226	1,470	0,986
4	1,031	1,189	0,955

Dari Tabel 1 terlihat bahwa baik dengan menggunakan metode *K-Means*, *K-Medoids* maupun *X-Means* yang mempunyai nilai DBI paling kecil adalah ketika jumlah *cluster* yang digunakan sebanyak 4. Dengan demikian $k=4$ merupakan jumlah *cluster* terbaik. Selanjutnya untuk menentukan metode mana yang paling baik yaitu dengan membandingkan nilai DBI dari masing-masing metode untuk nilai $k=4$. Berdasarkan nilai DBI sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 terlihat bahwa *X-Means* merupakan metode terbaik yang dapat digunakan untuk melakukan pengelompokan daerah rawan bencana di kabupaten Bojonegoro pada tahun 2022 dengan jumlah *cluster* sebanyak 4. Adapun perbandingan jumlah anggota untuk masing-masing *cluster* dengan menggunakan metode *K-Means*, *K-Medoids* dan *X-Means* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Jumlah Anggota Cluster Untuk Masing-Masing Metode

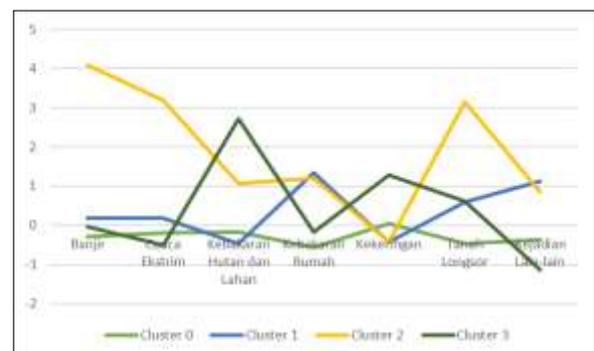
Berdasarkan Gambar 9 terlihat bahwa jumlah anggota *cluster* 0 dengan metode *K-Means* sebanyak 7, dengan metode *K-Medoids* sebanyak 8 dan dengan metode *X-Means* sebanyak 18. Sementara itu jumlah anggota *cluster* 1 dengan metode *K-Means* sebanyak 16, dengan metode *K-Medoids* sebanyak 3 dan dengan metode *X-Means*

sebanyak 7. Berikutnya jumlah anggota *cluster* 2 dengan metode *K-Means* sebanyak 1, dengan metode *K-Medoids* sebanyak 16 dan dengan metode *X-Means* sebanyak 1. Serta jumlah anggota *cluster* 3 dengan metode *K-Means* sebanyak 4, dengan metode *K-Medoids* sebanyak 1 dan dengan metode *X-Means* sebanyak 2. Adapun anggota untuk masing-masing *cluster* dari metode terbaik *X-Means* sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Anggota Masing-Masing Cluster Menggunakan Metode X-Means

<i>Cluster</i>	Anggota Cluster
<i>Cluster 0</i>	Bubulan, Dander, Gayam, Gondang, Kasiman, Kedewan, Kepohbaru, Margomulyo, Ngambon, Ngasem, Padangan, Purwosari, Sekar, Sugihwaras, Sukosewu, Sumberejo, Tambakrejo, Trucuk
<i>Cluster 1</i>	Balen, Baurenno, Kalitidu, Kanor, Kapas, Malo, Ngraho
<i>Cluster 2</i>	Bojonegoro
<i>Cluster 3</i>	Kedungadem, Temayang

Selanjutnya untuk menentukan tingkat kerawanan bencana dari *cluster* yang terbentuk dengan menggunakan metode *X-Means* dapat dilihat plot dari nilai *centroid* yang ditunjukkan pada Gambar 10 berikut.



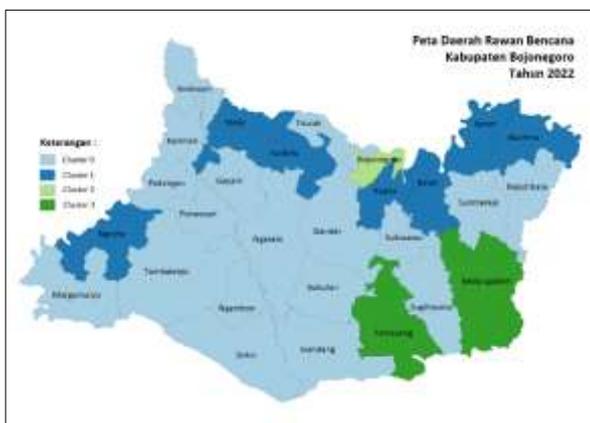
Gambar 10. Plot Tingkat Kerawanan Bencana Berdasarkan Nilai Centroid

Berdasarkan Gambar 10 menunjukkan bahwa *cluster* 2 mempunyai posisi garis paling tinggi. Hal ini berarti bahwa *cluster* 2 merupakan wilayah yang paling rawan terhadap bencana. Berikutnya diikuti dengan *cluster* 3 yang merupakan wilayah rawan bencana kedua setelah *cluster* 2. Kemudian diikuti dengan *cluster* 1 dan yang terakhir adalah *cluster* 0 yang mempunyai tingkat kerawanan bencana yang paling rendah di

kabupaten Bojonegoro, dengan anggota dari masing-masing *cluster* sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Gambar 10 juga menunjukkan bahwa kejadian bencana yang paling sering terjadi di *cluster 2* adalah banjir, diikuti dengan cuaca ekstrim dan tanah longsor. Sementara itu di *cluster 3*, kejadian bencana yang paling sering terjadi adalah kebakaran hutan dan lahan serta kekeringan. Di *cluster 1* kejadian bencana yang sering terjadi adalah kebakaran rumah dan kejadian lain-lain. Serta di *cluster 0* kejadian yang sering terjadi adalah kekeringan namun dengan jumlah yang sangat kecil.

Selanjutnya hasil pemetaan daerah rawan bencana kabupaten Bojonegoro tahun 2022 berdasarkan hasil pengelompokan menggunakan metode *X-Means* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 11. Pada Gambar 11 sebagaimana mengacu pada Tabel 2, menunjukkan bahwa wilayah rawan bencana di kabupaten Bojonegoro dibagi menjadi 4 *cluster* yaitu *cluster 0*, *cluster 1*, *cluster 2* dan *cluster 3*. Adapun urutan *cluster* berdasarkan tingkat kerawanan bencana mulai dari yang paling tinggi ke paling rendah adalah *cluster 2*, *cluster 3*, *cluster 1* dan *cluster 0*.



Gambar 11. Peta Daerah Rawan Bencana Kabupaten Bojonegoro Tahun 2022

4. Penutup

Hasil pengelompokan daerah rawan bencana di kabupaten Bojonegoro dibagi menjadi 4 *cluster* dengan metode terbaik menggunakan *X-Means*. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa wilayah di kabupaten Bojonegoro yang paling rawan terjadi bencana adalah kecamatan Bojonegoro, diikuti dengan kecamatan

Kedungadem dan Temayang. Sehingga dengan memperhatikan karakteristik dari kejadian bencana di wilayah-wilayah tersebut, diharapkan dapat mengambil langkah dan upaya yang tepat untuk mencegah terjadinya bencana. Selain itu juga dapat melakukan tindakan untuk meminimalisir akibat yang ditimbulkan oleh bencana.

Referensi

- [1] B. P. S. BPS, "Bojonegoro dalam angka 2016," pp. 1–180, 2016.
- [2] W. S. Widarmanto, "Efektivitas Program Desa Tangguh Bencana Dalam Mitigasi Bencana Di Kabupaten Bojonegoro Provinsi Jawa Timur." Institut Pemerintahan Dalam Negeri, 2022.
- [3] S. Amanda, "Rencana Mitigasi Dan Kesiapsiagaan Badan Penanggulangan Bencana Daerah Bojonegoro Untuk Menangani Bencana Kekeringan," *Chemviro J. Kim. dan Ilmu Lingkung.*, vol. 1, no. 1, pp. 12–16, 2023.
- [4] I. T. Julianto, D. Kurniadi, M. R. Nashrulloh, and A. Mulyani, "Comparison Of Data Mining Algorithm For Forecasting Bitcoin Crypto Currency Trends," *J. Tek. Inform.*, vol. 3, no. 2, pp. 245–248, 2022.
- [5] G. K. Gupta, *Introduction to data mining with case studies*. PHI Learning Pvt. Ltd., 2014.
- [6] M. E. Celebi and K. Aydin, *Unsupervised learning algorithms*, vol. 9. Springer, 2016.
- [7] K. P. Sinaga and M.-S. Yang, "Unsupervised K-means clustering algorithm," *IEEE access*, vol. 8, pp. 80716–80727, 2020.
- [8] P. Arora and S. Varshney, "Analysis of k-means and k-medoids algorithm for big data," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 78, pp. 507–512, 2016.
- [9] D. Marlina, N. F. Putri, A. Fernando, and A. Ramadhan, "Implementasi Algoritma K-Medoids dan K-Means untuk Pengelompokan Wilayah Sebaran Cacat pada Anak," *J. CoreIT*, vol. 4, no. 2, p. 64, 2018.
- [10] R. A. Farissa, R. Mayasari, and Y. Umaidah, "Perbandingan Algoritma K-

- Means dan K-Medoids Untuk Pengelompokan Data Obat dengan Silhouette Coefficient di Puskesmas Karangsambung,” *J. Appl. Informatics Comput.*, vol. 5, no. 2, pp. 109–116, 2021.
- [11] S. Ramadhani, D. Azzahra, and Z. Tomi, “Comparison of K-Means and K-Medoids Algorithms in Text Mining based on Davies Bouldin Index Testing for Classification of Student’s Thesis,” *Digit. Zo. J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 13, no. 1, pp. 24–33, 2022.
- [12] A. Supriyadi, A. Triayudi, and I. D. Sholihati, “Perbandingan algoritma k-means dengan k-medoids pada pengelompokan armada kendaraan truk berdasarkan produktivitas,” *JUPI (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 229–240, 2021.
- [13] C. A. Sugianto, A. H. Rahayu, and A. Gusman, “Algoritma k-means untuk pengelompokan penyakit pasien pada puskesmas cigugur tengah,” *J. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 39–44, 2020.
- [14] S. Rahayu and A. Y. Kartini, “Algoritma K-Means Dan K-Medoids Untuk Pengelompokan Kecamatan Penerima Bantuan Sosial Di Kabupaten Bojonegoro,” *Media Bina Ilm.*, vol. 16, no. 5, pp. 6815–6822, 2021.
- [15] M. Mughnyanti, S. Efendi, and M. Zarlis, “Analysis of determining centroid clustering x-means algorithm with davies-bouldin index evaluation,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, vol. 725, no. 1, p. 12128.
- [16] A. M. Siregar, “Penerapan Algoritma K-Means Untuk Pengelompokan Daerah Rawan Bencana di Indonesia,” *Intern. (Information Syst. Journal)*, vol. 1, no. 2, pp. 1–10, 2018.
- [17] M. S. Yana, L. Setiawan, E. M. Ulfa, and A. Rusyana, “Penerapan Metode K-Means dalam Pengelompokan Wilayah Menurut Intensitas Kejadian Bencana Alam di Indonesia Tahun 2013-2018,” *J. Data Anal.*, vol. 1, no. 2, pp. 93–102, 2018.
- [18] M. Herviany, S. P. Delima, T. Nurhidayah, and K. Kasini, “Perbandingan Algoritma K-Means dan K-Medoids untuk Pengelompokan Daerah Rawan Tanah Longsor Pada Provinsi Jawa Barat: Comparison of K-Means and K-Medoids Algorithms for Grouping Landslide Prone Areas in West Java Province,” *Malcom Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 34–40, 2021.
- [19] C. Sukmayadi, A. Primajaya, and I. Maulana, “Penerapan Algoritma K-Medoids dalam Menentukan Daerah Rawan Banjir di Kabupaten Karawang,” *Informal Informatics J.*, vol. 6, no. 3, pp. 187–196, 2021.