

Pengelompokan Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Menggunakan Metode *K-Means Clustering*

Dwi Kartika Widyawati^{1,*}, Akhmad Fauzy¹

¹ Program Studi Statistika, Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang KM 14,5, Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta, 55584, Indonesia

*Corresponding Author: 20611054@students.uii.ac.id



P-ISSN: 2986-4178
E-ISSN: 2988-4004

Riwayat Artikel
Dikirim: 03 April 2024
Direvisi: 03 Mei 2024
Diterima: 02 Juni 2024

ABSTRAK

Tanah longsor sering dipicu oleh adanya curah hujan yang tinggi, lereng yang curam, tanah yang kurang padat, erosi, berkurangnya vegetasi dan getaran yang menyebabkan jatuhnya bebatuan atau potongan tanah yang luas sehingga mengakibatkan kerusakan bangunan rumah, talud (sungai kecil), jalan, fasilitas umum, dan lain-lain. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *K-Means Clustering* untuk mengelompokkan dan memetakan daerah rawan bencana tanah longsor di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Berdasarkan hasil analisis, terbentuk 3 *cluster*. Pada *cluster* pertama terdapat 13 kecamatan dengan indikator daerah rawan bencana tanah longsor sedang, *cluster* kedua terdapat 5 kecamatan dengan indikator daerah rawan bencana tanah longsor tinggi, dan *cluster* ketiga terdapat 60 kecamatan dengan indikator daerah rawan bencana tanah longsor rendah.

Kata Kunci: *Cluster, K-Means, Tanah Longsor.*

ABSTRACT

Landslides are often triggered by high rainfall, steep slopes, less compacted soil, erosion, reduced vegetation and vibrations that cause the fall of rocks or large pieces of soil resulting in damage to houses, talud (small rivers), roads, facilities. general, and others. The method used in this study is K-Means Clustering to classify and map landslide-prone areas in the Province of Yogyakarta Special Region. Based on the results of the analysis, 3 clusters were formed. In the first cluster there are 13 sub-districts with indicators of moderate landslide-prone areas, in the second cluster there are 5 sub-districts with indicators of high landslide-prone areas, and in the third cluster there are 60 sub-districts with indicators of low landslide-prone areas.

Keywords: *Cluster, K-Means, Landslide.*

1. Pendahuluan

Indonesia terletak di lempeng dunia dimana Indonesia dibatasi oleh 2 benua yaitu benua Australia dan benua Asia, tidak hanya itu Indonesia juga dibatasi oleh 2 samudra yaitu Samudra Hindia dan Samudra Pasifik. Indonesia merupakan negara yang rentan terhadap musibah alam dan hampir setiap tahunnya mengalami musibah alam seperti, tanah longsor, gempa bumi, aktivitas vulkanik, banjir, angin topan, dan masih banyak lagi jenis musibah lainnya [11]. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat sebanyak 5.402 bencana dari seluruh provinsi dan kabupaten/kota pada tahun 2021, dan 99,5% bencana pada tahun 2021 merupakan bencana hidrometeorologi [1]. Badan Penanggulangan Bencana Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta (BPBD) secara umum mencatat bencana alam pada tahun 2021, yaitu tanah longsor 253 kali, gempa bumi 203 kali tidak diketahui, kebakaran 151 kali, angin kencang 141 kali, dan pohon tumbang 69 kali. Peristiwa bencana yang paling banyak tahun 2021 adalah tanah longsor [4].

Longsor adalah peristiwa geologi yang disebabkan oleh pergerakan berbagai jenis batuan atau massa tanah, seperti jatuhnya batu besar atau potongan tanah yang luas. Tanah longsor dipicu oleh curah hujan yang tinggi, lereng yang curam, tanah yang kurang padat, erosi, berkurangnya vegetasi dan guncangan. Tanah longsor biasanya terjadi begitu cepat sehingga membatasi evakuasi diri, material longsor mengubur semua yang ada di jalur longsor [3]. Kejadian tanah longsor dapat merusak rumah, taluk (sungai kecil), jalan, ruang publik, dan lainnya. Oleh karena itu, untuk mengetahui persebaran kejadian longsor di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta diperlukan data yang tersimpan di Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Daerah Istimewa Yogyakarta. Informasi tersebut dapat disajikan sebagai pemetaan wilayah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang rawan longsor, sehingga tindakan pengurangan (mitigasi) risiko bencana pada daerah rawan bencana tersebut dapat diprioritaskan.

Melihat dari permasalahan tersebut, penelitian ini mengelompokkan daerah rawan bencana dengan tingkatan tinggi, sedang, dan rendah. Pada penelitian ini menggunakan metode *K-Means Clustering*. *K-Means Clustering* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengelompokkan data, dengan menggunakan metode *K-Means Clustering* dapat mengelompokkan data tanpa memerlukan label, efisiensi dalam menangani data skala besar, kemudahan implementasi, interpretasi yang mudah, dan setiap objek akan diklasifikasikan ke dalam *cluster* yang paling dekat dengan pusat *cluster*. Pusat *cluster* dapat dianggap sebagai representasi atau rata-rata dari objek-objek dalam *cluster* tersebut.

Clustering ialah satu teknik dalam data mining yang memisahkan data ke dalam kumpulan atau klaster tertentu. Semua data yang ada dikelompokkan berdasarkan persamaannya dengan data lain. Data yang memiliki ciri-ciri sama akan ditempatkan pada klaster yang sama, sedangkan data yang memiliki ciri-ciri yang berlainan akan ditempatkan pada klaster yang berbeda juga. *Clustering* menggunakan banyak metode, satu metode yang biasa digunakan ialah *K-Means* [12]. *K-Means* adalah metode yang sering digunakan untuk pengelompokan. Algoritma *K-Means* merupakan metode *clustering non-hierarchical* dengan kecepatan penghitungan yang relatif cepat. *K-Means clustering* adalah *clustering* yang membutuhkan k parameter masukan dan mempartisi sekumpulan n objek ke dalam k klaster sedemikian rupa sehingga kesamaan anggota klaster tinggi dan kesamaan dengan anggota klaster lainnya sangat rendah. Kemiripan anggota dengan klaster diukur dengan kedekatan target dengan rata-rata pusat klaster [9].

Penelitian serupa dilakukan FN Dheawayani, D Amelia, D N Alifah, B N Sari, dan M Jajuli pada tahun 2022, tentang implementasi *k-means clustering* untuk pengelompokan daerah rawan bencana kebakaran menggunakan model CRISP-DM, diperoleh 5 *cluster*

yaitu *cluster* 1 yaitu 108 data, *cluster* 2 dengan 13 data, *cluster* 5 dengan 8 data, *cluster* 3 dengan 4 data, dan *cluster* 5 dengan 8 data, dan didapatkan potensi daerah tingkat bencana kebakaran tertinggi ditujukan kepada *cluster* 3 dengan kriteria sangat tinggi dengan indeks kebakaran di setiap kota tercatat mencapai 87 kejadian setiap tahunnya [5]. Penelitian berikutnya tentang pengelompokan data bencana alam berdasarkan wilayah, waktu, jumlah korban dan kerusakan fasilitas dengan algoritma *k-means* oleh Murdianty, Angela, dan Chatrine Sylvia pada tahun 2020, diperoleh 3 *cluster* diantaranya *cluster* 1 yaitu Jawa Tengah yang menjadi provinsi yang mengalami kejadian bencana alam paling sering terutama tanah longsor, puting beliung, dan banjir, *cluster* 2 yaitu Jawa Barat dan Jawa Timur yang jumlah kejadian bencana alamnya sedang dengan pengecualian kejadian gelombang pasang/abrasi, gempa bumi, dan tsunami yang sedikit lebih sering terjadi, dan *cluster* 0 merupakan provinsi-provinsi lain yang jumlah kejadian bencana alamnya rendah [11]. Penelitian selanjutnya oleh Amiril Motoi Siregar pada tahun 2018, yaitu penerapan algoritma *k-means* untuk mengelompokkan daerah rawan bencana di Indonesia, diperoleh 5 *cluster* yang dimana hasil *clustering K-means* menunjukkan luka luka dan rusak berat masuk kedalam *cluster* 1 yaitu Jawa barat dan Jawa tengah, kemudian yang menunjukkan korban meninggal, mengungsi, rusak sedang, rusak ringan, terendam masuk kedalam *cluster* 1 yaitu propinsi Aceh, Jawa timur, NTB, dan daerah yang paling aman masuk kedalam *cluster* 4 yaitu propinsi Bengkulu, Lampung, Kepri, Babel, DIY, Bali, Kalbar, Kalut, Sulteng, Sulbar, Maluku, Maluku Utara. Papua, Papua Barat [13].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menerapkan algoritma *K-Means Clustering* untuk mengelompokkan dan memetakan daerah rawan bencana tanah longsor di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan menggunakan data kejadian longsor di setiap Kecamatan Daerah Istimewa Yogyakarta tahun 2021 yang terdiri dari 4 variabel yaitu kecamatan di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, jumlah kejadian bencana tanah longsor, jumlah kerusakan rumah akibat bencana tanah longsor, dan jumlah kerusakan jalan akibat bencana tanah longsor. Diharapkan hal ini dapat membantu pemerintah mengambil tindakan mitigasi lebih cepat saat ada peningkatan aktivitas tanah longsor, terutama di daerah rawan gempa. Oleh karena itu, penulis mengambil judul dalam penelitian ini adalah “Pengelompokan Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Menggunakan Metode *K-Means Clustering*”.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yaitu data kejadian longsor di setiap Kecamatan Daerah Istimewa Yogyakarta tahun 2021 yang diperoleh dari Pusat Pengendalian Operasi Daerah Istimewa Yogyakarta (Pusdalops).

2.2 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini data diklasifikasikan menurut 78 Kecamatan di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

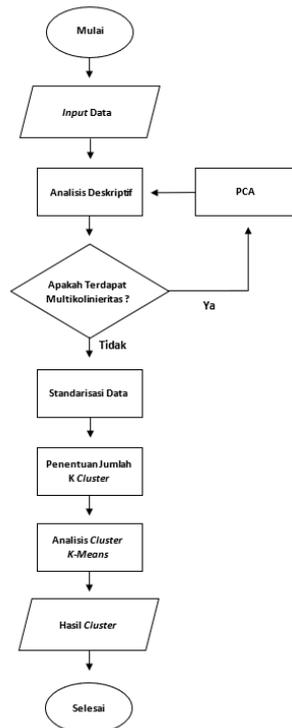
Tabel 1 Variabel Penelitian

No	Variabel	Keterangan
1	X_1 (Kecamatan)	Nama kecamatan yang berada di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang terdiri dari 78 Kecamatan
2	X_2 (Jumlah Kejadian Bencana)	Jumlah Kejadian Bencana Tanah Longsor tiap kecamatan di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta
3	X_3 (Jumlah Kerusakan Rumah)	Jumlah Kerusakan Rumah Akibat Bencana Tanah Longsor tiap kecamatan di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta
4	X_4 (Jumlah Kerusakan Jalan)	Jumlah Kerusakan Jalan Akibat Bencana Tanah Longsor tiap kecamatan di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

2.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan untuk mengelompokkan kecamatan di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dalam menentukan daerah mana saja yang rawan terjadi bencana tanah longsor adalah metode *K-Means Clustering* dengan bantuan *software* RStudio, QGIS, dan Microsoft Excel.

Langkah-langkah dalam metode penelitian di atas kemudian divisualisasikan ke dalam *flowchat* sebagai berikut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Adapun tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan berdasarkan **Gambar 1** sebagai berikut:

1. Meng-*input* variabel yang akan dianalisis, yaitu Jumlah Kejadian Bencana, Rumah, dan Jalan.
2. Melakukan analisis deskriptif untuk mengetahui gambaran umum setiap variabel.
3. Melakukan uji asumsi yaitu uji *non* multikolinearitas.
4. Melakukan standarisasi dikarenakan terdapat perbedaan variansi yang cukup jauh pada data.
5. Menentukan jumlah *cluster* menggunakan metode *Silhouette*.
6. Melakukan *clustering* dengan menggunakan metode *K-Means*.
7. Interpretasi hasil *cluster*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif bertujuan untuk memberikan gambaran tentang suatu informasi sehingga mudah dipahami dan informatif bagi pembaca [6]. Berikut hasil analisis deskriptif data kejadian longsor di Daerah Istimewa Yogyakarta tahun 2021.

Tabel 2 Statistika Deskriptif Data Kejadian Bencana Tanah Longsor di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

	Jumlah Kejadian Bencana	Jumlah Kerusakan Rumah	Jumlah Kerusakan Jalan
<i>Min</i>	0.00	0.00	0.00
<i>Max</i>	36.00	21.00	11.00

Berdasarkan **Tabel 2** dapat dilihat bahwa minimal jumlah kejadian bencana tanah longsor sebesar 0 kejadian dan maksimal jumlah kejadian bencana tanah longsor sebesar 36 kejadian. Kemudian, minimal jumlah kerusakan rumah akibat kejadian tanah longsor sebanyak 0 rumah dan maksimal jumlah kerusakan rumah akibat kejadian tanah longsor sebanyak 21 rumah, sedangkan minimal jumlah kerusakan jalan akibat kejadian tanah longsor sebanyak 0 jalan dan dengan maksimal jumlah kerusakan jalan akibat kejadian tanah longsor sebanyak 11 jalan.

3.2. Asumsi Analisis *Cluster*

Berikut merupakan asumsi yang harus terpenuhi dalam analisis *cluster*.

▪ Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas bertujuan untuk memeriksa apakah terdapat keterkaitan antar variabel. Variabel dalam analisis klaster dianggap bagus bila tidak terdapat multikolinearitas antar variabel. Suatu data (variabel) dapat dikatakan tidak terjadi multikolinearitas apabila nilai *Varians Inflation Factor* (VIF) < 10 [2]. Berikut adalah hasil dari perhitungan nilai uji multikolinearitas terhadap data kejadian bencana tanah longsor di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

Tabel 3 Hasil Uji Multikolinearitas

Variabel	Tahun	VIF
Jumlah Kejadian Bencana		2.257947
Jumlah Kerusakan Rumah	2021	1.868254
Jumlah Kerusakan Jalan		6.674824

Berdasarkan **Tabel 3** dapat dilihat bahwa nilai VIF untuk setiap variabel < 10 , maka tidak terjadi multikolinearitas antar variabel yang digunakan. Dari sini dapat disimpulkan bahwa asumsi multikolinearitas terpenuhi.

3.3. Analisis K-Means Clustering

3.3.1. Penentuan Jumlah Cluster

Penentuan jumlah kluster optimal dengan metode *silhouette* dilakukan dengan melihat nilai rata-rata *silhouette* yang mengasumsikan bahwa semakin tinggi rata-rata maka nilai k (kluster) semakin optimal. Akan tetapi, dalam menentukan banyaknya *cluster* yang terbentuk bersifat subjektif atau tergantung dari peneliti. Oleh karena itu, pada penelitian ini *cluster* yang digunakan sebanyak 3 atau $k = 3$, dikarenakan peneliti akan membagi 3 tingkat resiko bencana yaitu tinggi, sedang dan rendah.

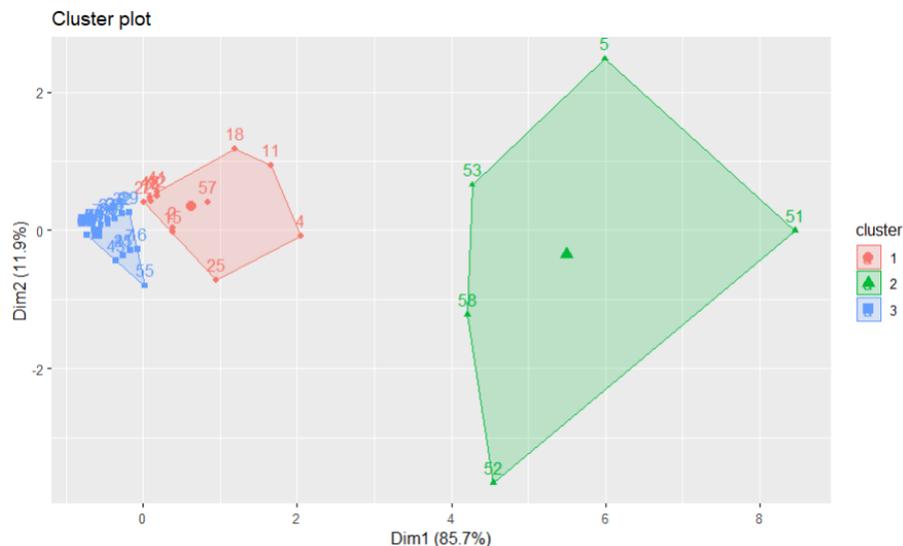
3.3.2. Analisis K-Means

K-Means bertujuan untuk mengelompokkan data kedalam *cluster*, dimana dalam satu *cluster* memiliki karakteristik tiap data yang semipip mungkin. Berikut adalah hasil dari pengelompokan dari data yang telah distandarisasi dan titik *centroid cluster* dengan menggunakan k optimal sebanyak 3.

Tabel 4 Hasil Titik Pusat *Cluster (Centroids)*

<i>Cluster</i>	Jumlah Kejadian Bencana	Jumlah Kerusakan Rumah	Jumlah Kerusakan Jalan
1	0.6059596	0.3935058	0.06120579
2	3.0615860	3.2125815	3.26022829
3	-0.3864234	-0.3529747	-0.28494694

Berdasarkan **Tabel 4** dapat dilihat hasil titik pusat (*centroid*) pada setiap *cluster* untuk masing-masing variabel berdasarkan kesamaan atau kemiripan terdekat, dimana pengelompokan tersebut menggunakan data yang telah distandarisasikan dengan menggunakan data *Z-Score*. Berikut adalah hasil pengelompokan tersebut dalam bentuk visualisasi.



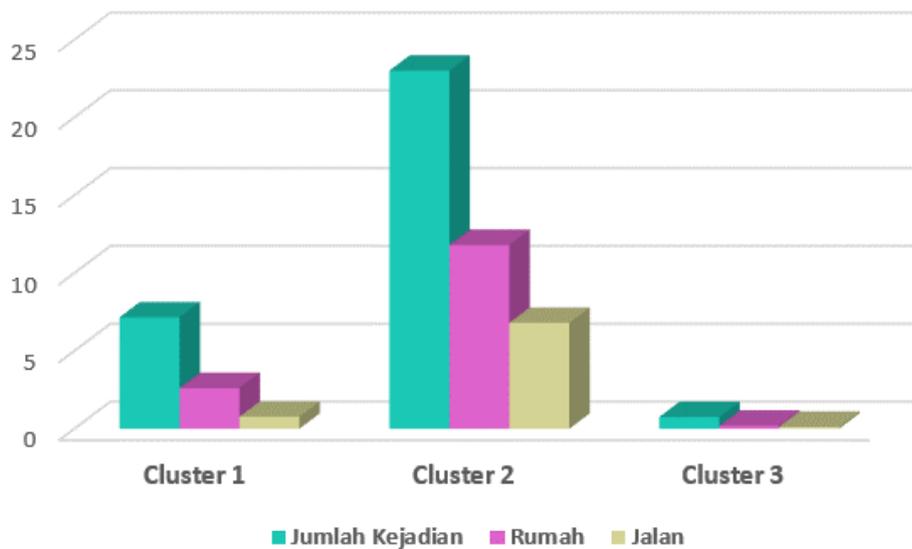
Gambar 2 Plot *K-Means Clustering*

Pada **Gambar 2** menunjukkan bahwa grafik hasil kluster berisi tiga warna, yang pertama berwarna merah sebagai kluster 1, yang kedua berwarna hijau sebagai kluster 2, dan yang ketiga berwarna biru sebagai kluster 3. Berikut adalah hasil *cluster K-Means* dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5 Hasil Cluster K-Means

Cluster	Jumlah	Anggota Cluster
1	13	Banguntapan, Dlingo, Piyungan, Pleret, Sedayu, Gedangsari, Nglipar, Patuk, Kotagede, Tegalrejo, Umbulharjo, Pengasih, Prambanan.
2	5	Imogiri, Girimulyo, Kalibawang, Kokap, Samigaluh.
3	60	Bambangliporo, Bantul, Jetis Bantul, Kasihan, Kretek, Pajangan, Pandak, Pundong, Sanden, Sewon, Srandakan, Gilisubo, Karangmojo, Ngawen, Paliyan, Panggang, Playen, Ponjong, Purwosari, Rongkop, Saptosari, Semanu, Semin, Tanjungsari, Tepus, Wonosari, Danurejo, Gedongtengen, Gondokusuman, Gondomanan, Jetis, Kraton, Matrijeron, Mergangsan, Ngampilan, Pakualaman, Wirobrajan, Galur, Lendah, Naggulan, Panjatan, Sentolo, Temon, Wates, Berbah, Cangkringan, Depok, Gamping, Godean, Kalasan, Minggir, Mlati, Moyudan, Ngaglik, Ngemplak, Pakem, Seyegan, Sleman, Tempel, Turi

Tabel 5 menunjukkan bahwa terdapat tiga klaster pada data longsor di DI Yogyakarta. *Cluster 1* memiliki 13 Kecamatan, *cluster 2* memiliki 5 Kecamatan, dan *cluster 3* memiliki 60 Kecamatan. Peneliti kemudian membuat *profilisasi* data untuk menggambarkan karakteristik masing-masing kelompok dengan menggunakan rata-rata dari setiap *cluster*. Berikut adalah hasil dari karakteristik (Profilisasi) masing-masing *cluster* yang ditunjukkan pada **Gambar 4**.



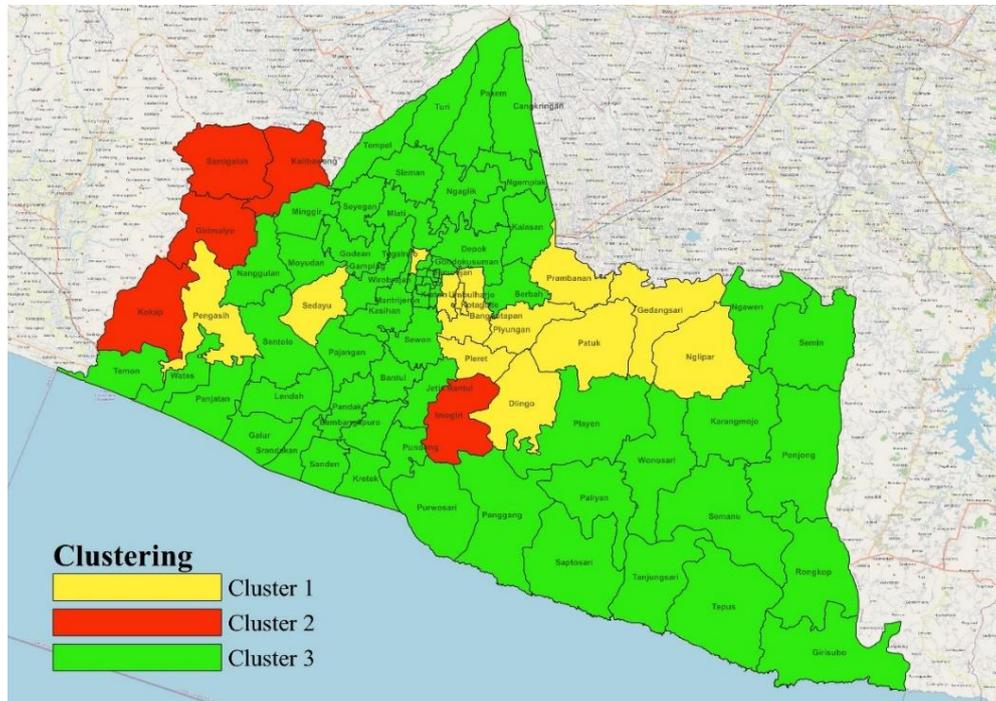
Gambar 3 Hasil Profilisasi

Pada **Gambar 3** dapat dilihat hasil profilisasi dari dampak tanah longsor terdapat perbedaan signifikan dari ketiga *cluster* yang terbentuk. Pada *cluster 2* dengan karakteristik variabel jumlah kejadian tanah longsor dan variabel jumlah dampak kerusakan rumah akibat tanah longsor, serta variabel jumlah dampak kerusakan jalan akibat tanah longsor memiliki jumlah tertinggi dibandingkan dengan *cluster* lainnya. Hal ini menunjukkan pada *cluster 2* adalah *cluster* dengan tingkat indikator daerah rawan bencana tanah longsor tingkat tinggi. Kemudian pada *cluster 3* dengan karakteristik variabel jumlah kejadian tanah longsor dan variabel jumlah dampak kerusakan rumah akibat tanah longsor, serta variabel jumlah dampak kerusakan jalan akibat tanah longsor memiliki jumlah terendah dibandingkan dengan *cluster* lainnya. Hal ini menunjukkan pada *cluster 3* adalah *cluster* dengan tingkat indikator daerah rawan bencana tanah longsor tingkat rendah. Selanjutnya, Pada *cluster 1* dengan karakteristik variabel jumlah kejadian tanah longsor dan variabel jumlah dampak kerusakan rumah akibat tanah longsor, serta variabel jumlah dampak kerusakan jalan akibat tanah longsor memiliki jumlah sedang diantara *cluster 2* dan *cluster 3*. Hal ini menunjukkan

pada *cluster* 1 adalah *cluster* dengan tingkat indikator daerah rawan bencana tanah longsor tingkat sedang.

3.4. Visualisasi dengan QGIS

Berikut adalah hasil dari pemetaan persebaran *cluster* berdasarkan kategori tingkat tinggi, sedang, dan rendah.



Gambar 2 Peta Persebaran Hasil *Cluster*

Pada **Gambar 4** merupakan peta persebaran pengelompokan Kecamatan di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan kejadian bencana tanah longsor pada tahun 2021. Kecamatan-Kecamatan dengan indikator daerah rawan bencana tanah longsor tingkat tinggi terdapat pada *cluster* 2 ditandai dengan daerah yang berwarna merah. Kemudian, untuk Kecamatan-Kecamatan dengan indikator daerah rawan bencana tanah longsor tingkat sedang terdapat pada *cluster* 1 ditandai dengan daerah yang berwarna kuning. Kemudian untuk Kecamatan-Kecamatan dengan indikator daerah rawan bencana tanah longsor tingkat rendah terdapat pada *cluster* 3 ditandai dengan daerah yang berwarna hijau.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis diperoleh 3 *cluster* yang terbentuk yaitu *cluster* 1 dengan karakteristik Kecamatan yang jumlah kejadian bencana sedang, jumlah kerusakan rumah sedang, dan jumlah kerusakan jalan sedang serta dikategorikan dengan indikator daerah rawan bencana tanah longsor tingkat sedang, yang dimana memiliki jumlah anggota sebanyak 13 Kecamatan yang diantaranya terdapat Kecamatan Banguntapan, Kecamatan Dlingo, Kecamatan Piyungan, Kecamatan Pleret, Kecamatan Sedayu, Kecamatan Gedangsari, Kecamatan Nglipar, Kecamatan Patuk, Kecamatan Kotagede, Kecamatan Tegalrejo, Kecamatan Umbulharjo, Kecamatan Pengasih, Kecamatan Prambanan. Kemudian *cluster* 2 dengan karakteristik Kecamatan yang jumlah kejadian bencana tinggi, jumlah kerusakan rumah tinggi, dan jumlah kerusakan jalan tinggi serta dikategorikan

dengan indikator daerah rawan bencana tanah longsor tingkat tinggi, yang dimana memiliki jumlah anggota sebanyak 5 Kecamatan yang diantaranya terdapat Kecamatan Imogiri, Kecamatan Girimulyo, Kecamatan Kalibawang, Kecamatan Kokap, Kecamatan Samigaluh. Kemudian *cluster* 3 dengan karakteristik Kecamatan yang jumlah kejadian bencana rendah, jumlah kerusakan rumah rendah, dan jumlah kerusakan jalan rendah serta dikategorikan dengan indikator daerah rawan bencana tanah longsor tingkat rendah yang dimana memiliki jumlah anggota sebanyak 60 Kecamatan yang diantaranya terdapat Kecamatan Bambangliporo, Kecamatan Bantul, Kecamatan Jetis Bantul, Kecamatan Kasihan, Kecamatan Kretek, Kecamatan Pajangan, Kecamatan Pandak, Kecamatan Pundong, Kecamatan Sanden, Kecamatan Sewon, Kecamatan Srandakan, Kecamatan Gilisubo, Kecamatan Karangmojo, Kecamatan Ngawen, Kecamatan Paliyan, Kecamatan Panggang, Kecamatan Playen, Kecamatan Ponjong, Kecamatan Purwosari, Kecamatan Rongkop, Kecamatan Saptosari, Kecamatan Semanu, Kecamatan Semin, Kecamatan Tanjungsari, Kecamatan Tepus, Kecamatan Wonosari, Kecamatan Danurejo, Kecamatan Gedongtengen, Kecamatan Gondokusuman, Gondomanan, Kecamatan Jetis, Kecamatan Kraton, Kecamatan Matrijeron, Kecamatan Mergangsan, Kecamatan Ngampilan, Kecamatan Pakualaman, Kecamatan Wirobrajan, Kecamatan Galur, Kecamatan Lendah, Kecamatan Naggulan, Kecamatan Panjatan, Kecamatan Sentolo, Kecamatan Temon, Kecamatan Wates, Kecamatan Berbah, Kecamatan Cangkringan, Kecamatan Depok, Kecamatan Gamping, Kecamatan Godean, Kecamatan Kalasan, Kecamatan Minggir, Kecamatan Mlati, Kecamatan Moyudan, Kecamatan Ngaglik, Kecamatan Ngemplak, Kecamatan Pakem, Kecamatan Seyegan, Kecamatan Sleman, Kecamatan Tempel, Kecamatan Turi.

Dari hasil persebaran *cluster* berdasarkan kejadian bencana tanah longsor di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta tahun 2021 dapat divisualisasikan dalam bentuk peta persebaran dengan karakteristik indikator daerah rawan bencana tanah longsor tingkat tinggi digambarkan dengan warna merah, kemudian karakteristik indikator daerah rawan bencana tanah longsor tingkat sedang digambarkan dengan warna kuning, serta karakteristik indikator daerah rawan bencana tanah longsor tingkat rendah digambarkan dengan warna hijau.

5. Daftar Pustaka

- [1] BNPB. (2022, Februari 17). *BNPB Verifikasi 5.402 Kejadian Bencana Sepanjang Tahun 2021*. Diambil kembali dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana: <https://bnpb.go.id/berita/bnpb-verifikasi-5-402-kejadian-bencana-sepanjang-tahun-2021>.
- [2] Diah Safitri, T. W. (2012). Analisis Cluster pada Kabupaten/Kota di Jawa Tengah Berdasarkan Produksi Palawija. *Jurnal Media Statistika*, 11-16.
- [3] DIY, B. (2019, April 16). *Tanah Longsor*. Diambil kembali dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta: <http://bpbd.jogjaprov.go.id/tanah-longsor>.
- [4] DIY, B. (2021, Desember 20). *Tren Kejadian dan Bencana Tahun 2021*. Diambil kembali dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta: <http://bpbd.jogjaprov.go.id/tren-kejadian-dan-bencana-tahun-2021#:~:text=Jadi%20intinya%20potensi%20bencana%20di,Pusdalops%20per%2017%20Desember%202021>).
- [5] F N Dhewayani, D. A. (2022). Implementasi K-Means Clustering untuk Pengelompokkan Daerah Rawan Bencana Kebakaran Menggunakan Model CRISP-DM. *Jurnal Teknologi dan Informasi*, 3-12.

- [6] Hakim, A. (2010). Dalam *Statistika Deskriptif untuk Ekonomi & Bisnis*. Yogyakarta: Ekonisia.
- [7] Hu, Z. (2024). Comparison of K-Means, K-Medoids and K-Means++ algorithms based on the Calinski-Harabasz index for COVID-19 epidemic in China. *International Conference on Signal Processing and Machine Learning*.
- [8] Jannah, L. & Supriyono (2024). The Implementation of K-Means Clustering on E-Learning Feature Development for Outstanding Student Recommendation. *Applied Information System and Management (AISM)*.
- [9] Khalif, A. dkk, (2024). Klasterisasi Tingkat Kemiskinan di Indonesia Menggunakan Algoritma K-Means. *Generation Journal*.
- [10] Khoiriyah, D.H. & Sukmono, R.A (2024). Analisis Segmentasi Dinamis Untuk Layanan Ekspedisi: Mengintegrasikan K-Means dan Decision Tree. *UMSIDA*.
- [11] Murdiaty, A. C. (2020). Pengelompokan Data Bencana Alam Berdasarkan Wilayah, Waktu, . *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 3-9.
- [12] Santoso, S. (2010). *Statistik Multivariat*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- [13] Siregar, A. M. (2018). Penerapan Algoritma K-Means untuk Pengelompokan Daerah Rawan Bencana di Indonesia. *Information System Journal*, 3-9.
- [14] Thakur, P.S., dkk. (2024). A Comparison Between the Fuzzy C-Means Clustering Algoritma and the K-Means Clustering Algorithm. *Engineering Mathematics Letters*.
- [15] Wahyudi, N.R., Rahmawati, Y. (2024). Implementasi RapidMiner Untuk Menentukan Siswa Unggulan Menggunakan Metode K-Means. *UMSIDA*.
- [16] Witarasyah, D. dkk. (2024). Cluster Analysis of Japanese Whiskey Product Review Using K-Means Clustering. *International Journal on Informatics Visualization*.