

Analisis Gempa Bumi Di Indonesia Dengan Metode *Clustering*

Arji Prasetyo, M. Makmun Effendi, M. Najamuddin Dwi M

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pelita Bangsa, Bekasi, Indonesia

Email: ¹ Arjiprasetyo24@gmail.com ² effendiyana@pelitabangsa.ac.id, ³ najamuddindwi@gmail.com

Abstrak– Negara Indonesia disebut sebagai negara kepulauan karena terdiri dari ribuan pulau yang membentang dari Sabang di ujung barat hingga Merauke di ujung timur. Pengujian data gempa dengan algoritma K-Means yang dimana hasilnya juga menunjukkan sebuah wawasan baru yaitu pengelompokan daerah rawan gempa bumi di Indonesia berdasarkan 3 *cluster*. *Cluster 1* merupakan kategori wilayah dengan tingkat daerah rawan gempa bumi di Indonesia cukup rendah atau *Low* yaitu 209 dari 1113 kategori jumlah kasus berdasarkan wilayah yang diuji, kemudian *cluster 2* adalah kategori wilayah dengan tingkat daerah rawan gempa bumi di Indonesia sedang atau *Medium* yaitu 863 dari 1113 kategori jumlah kasus berdasarkan wilayah yang diuji, dan terakhir adalah *cluster 3* merupakan kategori wilayah dengan tingkat daerah rawan gempa di Indonesia cukup tinggi atau *High* yaitu 41 dari 1113 kategori jumlah kasus berdasarkan wilayah yang diuji. Pengujian menggunakan metode *Clusterisasi* gempa bumi dengan algoritma K-Means dapat menghasilkan klaster yang memiliki anggota kelompok klaster sesuai dengan perhitungan manual seperti *Cluster_0* pada Rapid Miner memiliki 209 anggota klaster yang merepresentasikan klaster *Low*, *Cluster_1* memiliki 863 anggota kelompok klaster sebagai representasi klaster *Medium*, dan *Cluster_2* memiliki 41 anggota klaster yang sesuai dengan representasi klaster *High*.

Kata Kunci : Data Mining, K-Means, Gempa Bumi, Indonesia, Clustering.

Abstract–Indonesia is known as an archipelagic country because it consists of thousands of islands stretching from Sabang in the west to Merauke in the east. Testing earthquake data using the K-Means algorithm, where the results also show a new insight, namely the grouping of earthquake-prone areas in Indonesia based on 3 clusters. Cluster 1 is a category of areas with a relatively low level of earthquake-prone areas in Indonesia, namely 209 out of 1113 categories of the number of cases based on the area tested, then cluster 2 is a category of areas with a moderate level of earthquake-prone areas in Indonesia, namely 863 out of 1113 the category of the number of cases based on the area tested, and finally cluster 3 is the category of area with a high level of earthquake-prone areas in Indonesia, namely 41 out of 1113 categories of the number of cases based on the area tested. Tests using the earthquake clustering method with the K-Means algorithm can produce clusters that have cluster group members according to manual calculations such as *Cluster_0* in Rapid Miner has 209 cluster members representing the Low cluster, *Cluster_1* has 863 cluster group members representing the Medium cluster, and *Cluster_2* has 41 cluster members corresponding to the cluster representation High.

Keyword : Data Mining, K-Means, Earthquake, Indonesia, Clustering.

1. PENDAHULUAN

Negara Indonesia disebut sebagai negara kepulauan karena terdiri dari ribuan pulau yang membentang dari Sabang di ujung barat hingga Merauke di ujung timur. Karena terdiri dari pulau-pulau maka Indonesia sangat rawan mengalami bencana alam. Kepulauan yang terletak pada pertemuan empat lempeng yaitu lempeng *Eurasia*, Indo-Australia, Pasifik, dan Laut Filipina. Wilayah tersebut berbatasan langsung dengan laut dan pegunungan sehingga berpotensi mengalami bencana alam dan kesiapsiagaan berarti merencanakan tindakan untuk merespons jika terjadi bencana. Kesiapsiagaan juga didefinisikan sebagai suatu keadaan siap siaga dalam menghadapi krisis, bencana atau keadaan darurat lainnya.

Gempa bumi merupakan suatu fenomena alam yang salah satunya terjadi akibat pergeseran lempeng pada permukaan bumi, gempa bumi bersifat *destruktif*, sehingga pada setiap kejadiannya hampir selalu memberi kerugian *materiil* maupun *imateriil*. Gempa bumi ini memiliki mekanisme sumber yang berbeda dengan gempa bumi besar yang terjadi akibat sesar atau *subduksi megathrust*. Gempa bumi umumnya dapat dipicu dari aktivitas fluida, vulkanik ataupun sesar aktif. Dalam menghadapi bencana alam diperlukan kesadaran masyarakat Indonesia untuk meningkatkan pengetahuan maupun keterampilan mengenai segala sesuatu yang berhubungan dengan mitigasi bencana alam. Sebagian besar masyarakat belum memahami tentang hal-hal yang dapat menyebabkan bencana alam dan upaya penanganan yang harus dilakukan ketika bencana alam terjadi. Hal tersebut menyebabkan masyarakat belum mampu melakukan penanganan segera yang tepat ketika terdapat anggota masyarakat lainnya.

Clustering Dampak Gempa Bumi di Indonesia Menggunakan Kohonen Self Organizing Maps[1]. Indonesia merupakan wilayah yang sangat rawan bencana gempa bumi dan memiliki tingkat kegempaan tinggi. Di Indonesia gempa yang mengakibatkan kerusakan terjadi 3-5 kali dalam setahun. Oleh karena itu, penting dilakukan clustering pada dampak gempa di Indonesia sebagai upaya mitigasi bencana. Adanya clustering ini berguna untuk mengelompokkan gempa atas dasar karakteristik yang dimiliki. Sehingga upaya mitigasi dapat disesuaikan dengan karakteristik yang dimiliki masing-masing provinsi pada tiap cluster. Metode cluster yang digunakan adalah Kohonen Self Organizing Map (SOM). SOM merupakan metode analisis untuk data berdimensi tinggi dan tidak diperlukan asumsi serta dapat menghasilkan visualisasi objek tersebut. Data yang digunakan adalah 14 variabel dampak gempa bumi pada 26 Provinsi di Indonesia

yang mengalami gempa tahun 2000-2016 yang berasal dari publikasi DIBI BNPB. Dari data tersebut didapatkan 4 cluster yang masing-masing memiliki karakteristik tersendiri. Penentuan jumlah cluster dilakukan dengan melakukan validasi cluster menggunakan internal validation. Setelah dilakukan iterasi sebanyak 4000 maka terbentuk cluster 1 yang terdiri dari 2 Provinsi, cluster 2 terdapat 1 Provinsi, cluster 3 terdiri dari 2 Provinsi dan cluster 4 terdiri dari 21 Provinsi.

Klasterisasi Gempa Bumi Di Pesisir Selatan Jawa Dan Lampung Menggunakan Algoritma Self-Organizing Maps (SOM) Kohonen[2]. Indonesia merupakan Negara Kepulauan Terbesar di Dunia dengan jumlah pulau sebanyak 17.508 pulau, yang terletak diantara pertemuan tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Indo- Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik dan juga berada di Ring of Fire (Cincin Api Pasifik) yang menyebabkan Indonesia menjadi rawan bencana terutama bencana gempa bumi. Berdasarkan data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) bahwasannya di Indonesia setiap harinya sering terjadi gempa bumi dengan magnitude 1 Skala Richter sampai 3 Skala Richter dan sering dikatakan sebagai gempa mikro. Kejadian gempa bumi yang terjadi setiap hari di Indonesia perlu dianalisa kedalaman dan magnitude gempa yang terjadi, sehingga perlu dikelompokkan. Pada penelitian ini diambil data gempa bumi selama satu tahun (1 Januari 2018 – 31 Desember 2018) dan selama satu tahun frekuensi terjadinya gempa bumi sebanyak 1025 kejadian gempa bumi. Penelitian ini mengenai clustering gempa bumi menjadi 3 cluster dari data gempa bumi selama satu tahun. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Self- Organizing Maps dengan algoritma Kohonen. Pada penelitian ini clustering kedalaman dan magnitude menghasilkan tiga cluster dimana cluster ke-2 yang paling dominan diantara cluster yang lain. Sehingga diantara 1025 kejadian gempa bumi tersebut diperoleh informasi bahwa lebih sering terjadi gempa bumi dengan kedalaman dangkal (shallow) dan dengan magnitude sebagai gempa bumi kecil.

Analisis Gempa Bumi Pada Pulau Jawa Menggunakan *Clustering* Algoritma K-Means.[3]. Pulau Jawa adalah pulau dengan penduduk terpadat di Indonesia dengan jumlah populasi lebih dari 145 juta. Hal itu menyebabkan mitigasi bencana alam sangat penting dilakukan untuk mengurangi kerugian. Gempa bumi menjadi salah satu bencana alam yang sering terjadi pada Pulau Jawa. Data gempa bumi pulau jawa diambil dari *twitter* Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) yaitu @infobmkg dengan info Gempa, data bemula dari Desember 2018 hingga Maret 2020 Atribut yang digunakan ada empat yaitu Tanggal, Lintang Selatan, Bujur Timur dan Magnitudo. Gempa bumi dikelompokkan berdasarkan daerah terjadinya menggunakan *algoritma K-Means* dan algoritma *DBSCAN* sebagai pembandingnya. Hasil *clustering* ditampilkan dengan peta dan algoritma K-Means lebih unggul dengan nilai indeks *sillhouette* 0.54 sedangkan algoritma *DBSCAN* memiliki nilai *indeks sillhouette* 0.17.

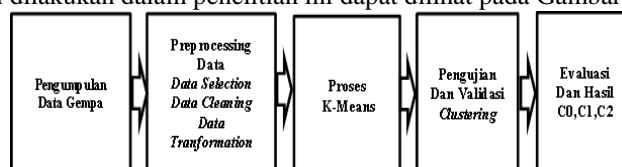
Skala Richter adalah skala yang dilaporkan oleh observatorium seismologi nasional yang diukur pada skala besarnya lokal 5 magnitude. Kedua skala yang sama selama rentang angka mereka valid. Gempa 3 magnitude atau lebih sebagian besar hampir tidak terlihat dan jika besarnya 7 lebih berpotensi menyebabkan kerusakan serius di daerah yang luas, tergantung pada kedalaman gempa. Gempa Bumi terbesar bersejarah besarnya telah lebih dari 9, meskipun tidak ada batasan besarnya. Gempa Bumi besar terakhir besarnya 9,0 atau lebih besar adalah 9,0 magnitudo gempa di Jepang pada tahun 2011 (per Maret 2011), dan itu adalah gempa Jepang terbesar sejak pencatatan dimulai. Intensitas getaran diukur pada modifikasi Skala Mercalli[4]

Gempa Bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak Bumi (lempeng Bumi). Frekuensi suatu wilayah, mengacu pada jenis dan ukuran gempa Bumi yang dialami selama periode waktu. Gempa Bumi diukur dengan menggunakan alat Seismometer. Moment magnitudo adalah skala yang paling umum di mana gempa Bumi terjadi untuk seluruh dunia[5]. Untuk menanggulangi bencana yang terjadi maka diperlukanya clusterisasi daerah yang rawan bencana alam agar masyarakat bisa lebih paham akan keselamatan dan memberikan informasi pemahaman tentang bencana kepada masyarakat yang mempunyai perhatian terhadap pengurangan resiko bencana alam kepada masyarakat. Algoritma *K-Means* dapat dilakukan untuk melakukan klasterisasi pengelompokan daerah rawan gempa guna mengetahui potensi gempa. *Clustering* merupakan salah satu teknik data mining yang bertujuan untuk mengidentifikasi sekelompok objek yang mempunyai kemiripan karakteristik tertentu yang dapat dipisahkan dengan kelompok lainnya, sehingga objek yang berada dalam kelompok yang sama relatif lebih homogen dari pada objek yang berbeda dalam kelompok yang berbeda, jumlah kelompok yang dapat diidentifikasi tergantung pada banyak dan variasi data objek. Dengan hasil *clustering* data mining akan dihasilkan informasi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang akan digunakan dalam membuat model prediksi gempa bumi di indonesia. Tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahap Penelitian

2.2 Pengujian Metode

Pengujian algoritma K-Means ada berapa tahapan yang akan dilakukan dalam proses pengujian data adalah sebagai berikut :

1. Menentukan jumlah *cluster* yang akan dipakai, dalam penelitian ini dipakai 3 jenis *cluster*, antara lain variabel 1 (C1) untuk produk yang memiliki potensi tingkat penjualan yang rendah, variabel 2 (C2) untuk produk yang memiliki potensi tingkat penjualan yang sedang, dan variabel 3(C3) untuk produk yang memiliki potensi gempa bumi.
2. Menentukan nilai centroid pada tahap awal untuk iterasi ke- 0, dilakukan secara random dengan rumus menentukan target awal k-means untuk mendapatkan target data atau jarak antar kelompok, menggunakan rumus berikut :

$$C_n \text{ Awal} = \frac{\text{Jumlah Data}}{\text{Jumlah Class} + 1}$$

3. Menghitung jarak terdekat masing – masing record dengan nilai awal *cluster* dengan menggunakan rumus *Euclidean Distance* seperti berikut :

$$D = \sqrt{(x_i - s_i)^2 + (y_i - t_i)^2}$$

Keterangan :

D = *Euclidean Distance*

i = banyaknya objek

(x,y) = koordinat objek

(s,t) = koordinat centroid

4. Mengelompokkan objek berdasarkan jarak ke *centroid* terdekat.
Jarak hasil perhitungan akan dilakukan perbandingan diantara 3 *cluster* data terdekat dengan pusat *cluster* dengan mengambil nilai terkecil, jarak ini menunjukkan bahwa data tersebut berada dalam 1 kelompok dengan pusat *cluster* terdekat.
5. Kemudian perlu ditentukan titik *cluster* baru yang dihitung dengan mencari nilai rata – rata berdasarkan data anggota tiap – tiap *cluster* menggunakan rumus berikut :

$$V_{ij} = \frac{1}{N_i} \sum_{k=0}^{N_i} X_{kj}$$

Keterangan :

V_{ij} = *Centroid* rata-rata *cluster* ke- i untuk variabel ke- i

N_i = jumlah *cluster* ke - i

i, k = indeks dari cluster

j = indeks dari variabel

X_{kj} = nilai data ke - k variabel ke - j dalam cluster

Konsep dasar dari *clustering* adalah mengelompokkan sejumlah objek ke dalam *cluster* dimana *cluster* yang baik adalah *cluster* yang memiliki tingkat kesamaan yang tinggi antar objek di dalam suatu *cluster* dan tingkat ketidaksamaan yang tinggi dengan objek *cluster* yang lainnya. Terdapat banyak algoritma *clustering* yang dalam penggunaannya tergantung pada tipe data yang akan dikelompokkan dan apa tujuan dari pembuatan aplikasinya. Algoritma tersebut dapat digunakan untuk mengelompokkan objek ke dalam *cluster-cluster*, kemudian dari hasil *clustering* akan dideteksi keberadaan outlier dalam data tersebut. Sedangkan data yang digunakan bertipe data numeric[18].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pembentukan Kelompok Klaster

Dari proses *pra-processing* data didapatkan **1113 Data** yang akan diproses menggunakan algoritma K-Means. Melalui beberapa tahapan seperti pada bagian pemodelan data, didapatkan hasil bahwa proses *clustering* dengan algoritma K-Means berhenti pada iterasi ke-11, karena posisi objek dari masing – masing *cluster* sudah tidak berubah dan mendapatkan nilai yang optimal. Berikut adalah bentuk *cluster* yang didapat:

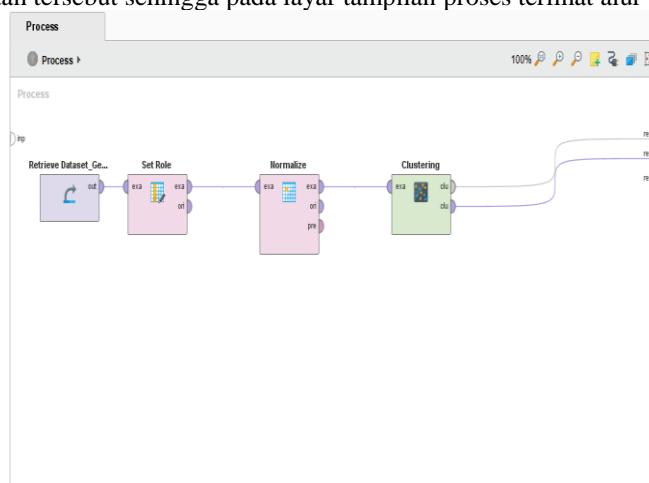
1. *Cluster* pertama memiliki pusat klaster (4, 122, 139, 4), sehingga dapat diartikan pada *cluster* ini adalah kelompok yang memiliki tingkat daerah rawan gempa bumi rendah atau berkategori *Low*. Ada 209 jumlah kasus dari kategori wilayah yang masuk dalam klaster pertama.
2. *Cluster* kedua memiliki pusat klaster (3, 123, 25, 4), sehingga dapat diartikan pada *cluster* ini adalah kelompok yang memiliki tingkat daerah rawan gempa bumi sedang dan cenderung stabil atau berkategori *Medium*. Ada 863 jumlah kasus dari kategori wilayah yang masuk dalam klaster kedua.

Cluster ketiga memiliki pusat (5, 1, 488, 5), yang dimana dapat diartikan pada cluster ini adalah kelompok yang memiliki tingkat daerah rawan gempa bumi tinggi atau berkategori High. Ada 41 jumlah kasus dari kategori wilayah yang masuk dalam klaster ketiga.

3.2. Proses Pengujian Data (Rapid Miner)

Pada proses ini metode *Clusterisasi* dengan algoritma K-Means diterapkan untuk pembentukan kelompok klaster dengan keakurasian yang tepat. Dalam penelitian ini menggunakan pengujian perhitungan dengan *tools* Rapid Miner, hasil pengujian yang didapat dengan menggunakan *tools* Rapid Miner adalah dengan tahapan langkah - langkah sebagai berikut:

1. Melakukan import data yang diperlukan untuk proses pada *tools* Rapid Miner. Pada aplikasi Rapid Miner pilih dan klik **Import Data**, kemudian pilih data yang akan dipakai serta kemudian menentukan atribut dan label yang akan digunakan.
2. Klik menu **Design**, pada tampilan proses, tambahkan dataset pada folder ke layar tampilan proses. Pada menu **Names & Roles** cari fungsi *Set Role* yang nantinya akan dipakai untuk mengatur role atribut, kemudian drag ke layar tampilan proses.
3. Selanjutnya pada menu **Normalization** pilih *Normalize* dan drag ke layar tampilan proses, melalui fungsi ini dapat mengatur normalisasi data yang akan dilakukan dari *dataset* yang dipakai pada proses ini.
4. Kemudian pada menu **Modelling**, dalam submenu **Segmentation**, pilih fungsi *k-Means*, untuk menerapkan algoritma K-Means terhadap proses *Clusterisasi* yang akan dilakukan.
5. Koneksikan semua perintah tersebut sehingga pada layar tampilan proses terlihat alur sebagai berikut:



Gambar 2 Proses Rapid Miner Clusterisasi K-means

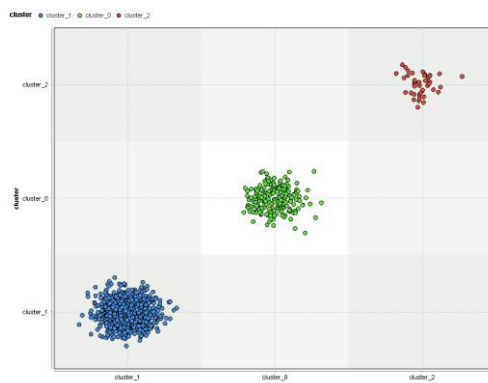
6. Setelah dilakukan **Running Process** pada *tools* Rapid Miner, didapatkan hasil pengelompokkan klaster terhadap 1113 record data yang diproses dan dapat dilihat pada gambar berikut:

Cluster Model

```
Cluster 0: 209 items
Cluster 1: 863 items
Cluster 2: 41 items
Total number of items: 1113
```

Gambar 3. Cluster Model dari 1113 Record Data

7. Dapat dilihat melalui hasil *cluster* model yang terbentuk terhadap 3 cluster yang sudah ditentukan sebelumnya, tiap masing-masing *cluster* memiliki anggota *cluster* (wilayah) yang sesuai dengan kelompoknya.
8. Adapun bentuk visualisasi menggunakan scatter plot untuk masing – masing cluster juga dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. Grafik Scatter Plot dari Klaster yang terbentuk

Setelah melakukan tahapan dalam mencari klaster daerah rawan gempa bumi di Indonesia melalui metode *Clusterisasi*, pemanfaatan algoritma K-Means yang digunakan menghasilkan suatu pengelompokan klaster terhadap masing-masing wilayah. Melalui beberapa tahapan didapatkan hasil bahwa proses *clustering* dengan algoritma K-Means berhenti pada iterasi ke-11, karena posisi objek dari masing – masing *cluster* sudah tidak berubah dan mendapatkan nilai yang optimal. Berikut adalah bentuk *cluster* yang didapat yaitu:

1. *Cluster* pertama memiliki pusat klaster (4, 122, 139, 4), dan terdiri dari 209 jumlah kasus dari kategori wilayah yang masuk dalam klaster pertama.
2. *Cluster* kedua memiliki pusat klaster (3, 123, 25, 4), dari hasil perhitungan data yang digunakan, ada 863 jumlah kasus dari kategori wilayah yang masuk pada klaster ini.
3. *Cluster* ketiga memiliki pusat klaster (5, 1, 488, 5), pada klaster ini memiliki jumlah kasus dari kategori wilayah yang paling sedikit diantara 2 klaster lainnya yaitu ada 41 jumlah kasus dari kategori wilayah.

Pada pengujian dengan *tools* Rapid Miner juga didapatkan hasil yang serupa. Dalam Rapid Miner ditentukan sebanyak 3 klaster untuk pembentukan kelompok klaster daerah rawan gempa bumi di Indonesia yang ada dari *dataset* sebanyak **1113 data** yang digunakan. Untuk Rapid Miner sendiri penamaan klaster dimulai dari Cluster_0, Cluster_1, dan Cluster_2. Anggota dari masing-masing *cluster* juga memiliki kemiripan dengan perhitungan manual yang dilakukan. Hanya saja dalam proses menggunakan *tools* Rapid Miner tidak ditentukan nilai cluster awal sebagaimana yang dilakukan dalam proses perhitungan manual. Namun untuk hasil yang didapatkan tidak jauh berbeda yaitu sebagai berikut :

1. Cluster_0 terdiri dari 209 anggota kelompok klaster daerah rawan gempa bumi di Indonesia yang dimana ini sesuai dengan kelompok klaster *Low* pada tahap perhitungan manual.
2. Cluster_1 terdiri dari 863 anggota kelompok klaster daerah rawan gempa bumi di Indonesia yang dimana ini sesuai dengan kelompok klaster *Medium* pada tahap perhitungan manual.
3. Cluster_2 terdiri dari 41 anggota kelompok klaster daerah rawan gempa bumi di Indonesia yang dimana ini sesuai dengan kelompok klaster *High* pada tahap perhitungan manual.

4. KESIMPULAN

Pengujian data gempa dengan algoritma K-Means yang dimana hasilnya juga menunjukkan sebuah wawasan baru yaitu pengelompokan daerah rawan gempa bumi di Indonesia berdasarkan 3 *cluster*. *Cluster* 1 merupakan kategori wilayah dengan tingkat daerah rawan gempa bumi di Indonesia cukup rendah atau *Low* yaitu 209 dari 1113 kategori jumlah kasus berdasarkan wilayah yang diuji, kemudian *cluster* 2 adalah kategori wilayah dengan tingkat daerah rawan gempa bumi di Indonesia sedang atau *Medium* yaitu 863 dari 1113 kategori jumlah kasus berdasarkan wilayah yang diuji, dan terakhir adalah *cluster* 3 merupakan kategori wilayah dengan tingkat daerah rawan gempa di Indonesia cukup tinggi atau *High* yaitu 41 dari 1113 kategori jumlah kasus berdasarkan wilayah yang diuji. Pengujian menggunakan metode *Clusterisasi* gempa bumi dengan algoritma K-Means dapat menghasilkan klaster yang memiliki anggota kelompok klaster sesuai dengan perhitungan manual seperti Cluster_0 pada Rapid Miner memiliki 209 anggota klaster yang merepresentasikan klaster *Low*, Cluster_1 memiliki 863 anggota kelompok klaster sebagai representasi klaster *Medium*, dan Cluster_2 memiliki 41 anggota klaster yang sesuai dengan representasi klaster *High*.

REFERENCES

- [1] N. N. Halim and E. Widodo, "Clustering dampak gempa bumi di indonesia menggunakan kohonen self organizing maps," *Pros. SI MaNIS (Seminar Nas. Integr. Mat. dan Nilai Islam.*, vol. 1, no. 1, pp. 188–194, 2017.
- [2] T. Ariawan, "Earthquake Clusterization on the South Coast of Java and Lampung Using Kohonen ' s Self-Organizing Maps (SOM) Algorithm," pp. 1–8, 2018.
- [3] C. N. Harahap, F. Reviantika, and Y. Azhar, "Analisis Gempa Bumi Pada Pulau Jawa Menggunakan Clustering Algoritma K-Means," *J. Din. Inform.*, vol. 9, no. 1, pp. 51–60, 2020.

- [4] F. N. ELRIZKI, "Prototype Sistem Peringatan Dini Gempa Bumi Berdasarkan Sinyal Geomagnetik Dan Analisa Pola Waktu Musim Kemarau Dengan Algoritma Radial Basis Function Network Berbasis Internet of Things," vol. 7, no. 1, pp. 1676–1683, 2020.
- [5] J. P. Informatika, J. T. Jabat, P. Retail, M. Clustering, and I. Pendahuluan, "PENERAPAN DATA MINING PADA PENJUALAN PRODUK RETAIL," vol. 8, pp. 26–32, 2019.
- [6] Suyanto, *Data Mining*. Yogyakarta: Informatika, 2017.
- [7] E. Witten, Ian H., Frank, *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques (Google eBook)*. 2011.
- [8] E. Ulfiana, M. Climatological, and G. Agency, "ANALISIS RELOKASI HIPOSENTER GEMPABUMI MENGGUNAKAN ALGORITMA DOUBLE DIFFERENCE WILAYAH SULAWESI TENGAH (Periode Januari-April)," no. November, 2018.
- [9] M. Iqbal, J. Putra, M. M. Anugerah, and A. Akbar, "Penggunaan Citra Satelit Suhu Inframerah dalam Kasus Gempa Bumi di Donggala , Indonesia Thermal Infrared Satellite Imagery Application in Earthquake Case Activity in Donggala , Indonesia," pp. 160–165, 2019.
- [10] K. D. R. Sianipar, S. W. Siahaan, M. Siregar, and P. P. P. A. N. W. F. I. R. H. Zer, "PENERAPAN ALGORITMA K-MEANS DALAM MENENTUKAN TINGKAT KEPUASAN PEMBELAJARAN ONLINE PADA MASA PANDEMI COVID-19," vol. 4, no. 1, pp. 101–105, 2020.
- [11] I. H. Rifa and H. Pratiwi, "Implementasi Algoritma Clara untuk Data Gempa Bumi di Indonesia," *Semin. Nas. Penelit. Pendidik. Mat. 2019 Umt*, no. 2006, pp. 161–166, 2019.
- [12] Retno Tri vulandari, *Data Mining*. Yogyakarta: Gava Media, 2017.
- [13] R. Wijaya *et al.*, "Managemen Pemetaan Sistem Informasi Geografis Distribusi Lahan Terbuka Pasca Bencana Gempa Bumi Kab . Padang Pariaman," no. November, pp. 314–319, 2019.
- [14] G. widi N. Dicky Nofriansyah, *Algoritma Data Mining Dan pengujian*. Yogyakarta: Cv Budi Utama, 2015.
- [15] L. Irawan, L. H. Hasibuan, and F. Fauzi, "Analisa Prediksi Efek Kerusakan Gempa Dari Magnitudo (Skala Richter) Dengan Metode Algoritma Id3 Menggunakan Aplikasi Data Mining Orange," *J. Teknol. Inf. J. Keilmuan dan Apl. Bid. Tek. Inform.*, vol. 14, no. 2, pp. 189–201, 2020, doi: 10.47111/jti.v14i2.1079.
- [16] K. Iot, M. A. Tisnadinata, N. A. Suwastika, and R. Yasirandi, "Sistem Peringatan Dini Gempa Bumi Multi Node Sensor Berbasis Fuzzy Dan," *Indones. J. Comput.*, vol. 4, no. August, pp. 67–80, 2019, doi: 10.21108/indojc.2019.4.2.311.
- [17] F. R. Senduk and F. Nhita, "Clustering of Earthquake Prone Areas in Indonesia Using K-Medoids Algorithm," *Ind. J. Comput.*, vol. 4, no. 2016, pp. 65–76, 2019.
- [18] M. A. K-means, S. M. Hutabarat, and A. Sindar, "Data Mining Penjualan Suku Cadang Sepeda Motor," vol. 2, no. 2, pp. 126–132, 2019.
- [19] M. H. Siregar, "Data Mining Klasterisasi Penjualan Alat-Alat Bangunan Menggunakan Metode K-Means (Studi Kasus Di Toko Adi Bangunan)," *J. Teknol. Dan Open Source*, vol. 1, no. 2, pp. 83–91, 2018, doi: 10.36378/jtos.v1i2.24.
- [20] Wahyu Hadikristanto; Muhammad Suprayogi, "SIGMA - Jurnal Teknologi Pelita Bangsa SIGMA - Jurnal Teknologi Pelita Bangsa," *SIGMA - J. Teknol. Pelita Bangsa* 167, vol. 10, no. September, pp. 167–172, 2019.
- [21] S. Haryati, A. Sudarsono, and E. (2015) Suryana, "Implementasi Data Mining untuk Memprediksi Masa Studi Mahasiswa Menggunakan Algoritma C4.5," *J. Media Infotama*, vol. 11, no. 2, pp. 130–138, 2015.