

## Analisis dan Visualisasi Periodisitas Gempa Bumi di Maluku Utara

Ika Arfiani\*<sup>1</sup>, Dwi Normawati<sup>2</sup>, Muhammad Dzikrullah Suratin<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan

<sup>3</sup>Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Maluku Utara

\*<sup>1</sup>ika.arfiani@tif.uad.ac.id, <sup>2</sup>dwi.normawati@tif.uad.ac.id, <sup>3</sup>irul.dzi@gmail.com

\*) Corresponding author

(received: 03-04-24, revised: 08-05-24, accepted: 20-05-24)

### Abstract

*An earthquake can also be understood as an event where the earth shakes due to a sudden release of energy, which is characterized by the breaking of rock layers in the earth's crust. Earthquakes are usually caused by movements of the earth's crust or plates. Indonesia is a country prone to earthquakes because Indonesia passes through the meeting of 3 tectonic plates: Indo-Australian, Eurasian and Pacific. Several studies on earthquakes in Indonesia have linked earthquakes to data mining and machine learning. However, earthquakes are natural events that cannot be predicted or predictable, so to reduce the risk of earthquakes it is necessary to carry out clustering analysis in suspected areas. The contribution in this research aims to visualize data from processing earthquake datasets into a geospatial map of the North Maluku region by applying data mining stages, so that we can find out the list of areas that are included in disaster-prone areas as an anticipatory step for disaster mitigation in the North Maluku area. Apart from that, the results of this research can also be used as a dataset to carry out other data mining processes such as grouping and classifying earthquake data in the North Maluku region.*

**Keyword:** Earthquake, Data Mining, North Maluku

### Abstrak

Gempa bumi juga dapat dipahami sebagai suatu peristiwa terjadinya guncangan bumi akibat pelepasan energi secara tiba-tiba, yang ditandai dengan pecahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Gempa bumi biasanya disebabkan oleh pergerakan kerak atau lempeng bumi. Indonesia termasuk negara rawan gempa karena Indonesia dilalui pertemuan 3 lempeng tektonik: Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Beberapa penelitian tentang gempa bumi di Indonesia telah menghubungkan gempa bumi dengan data mining dan pembelajaran mesin. Namun gempa bumi merupakan peristiwa alam yang tidak dapat diprediksi atau diprediksi, sehingga untuk mengurangi risiko terjadinya gempa bumi perlu dilakukan analisis clustering pada daerah yang dicurigai. Kontribusi dalam penelitian ini bertujuan untuk memvisualisasikan data hasil pengolahan dataset gempa bumi kedalam peta geospasial wilayah Maluku Utara dengan menerapkan tahapan data mining, sehingga bisa mengetahui daftar wilayah yang termasuk dalam kawasan rawan bencana sebagai langkah antisipasi untuk mitigasi bencana di daerah Maluku Utara. Selain itu hasil penelitian ini juga dapat digunakan sebagai dataset untuk melakukan proses data mining lain seperti pengelompokan maupun klasifikasi data gempa bumi di wilayah Maluku Utara.

**Kata Kunci:** Gempa Bumi, Data Mining, Maluku Utara

### I. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan lebih dari 17.000 pulau yang terletak di pertemuan tiga lempeng: lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng Indo-Australia [1]. Karena letak geografisnya, Indonesia rawan terhadap gempa bumi akibat aktivitas vulkanik dan aktivitas tektonik bumi. Berdasarkan catatan Badan Pusat Statistik (BPS), frekuensi gempa yang terjadi di Indonesia sepanjang tahun 2021 sebanyak 10.519 kali. Jumlah tersebut meningkat 25,7% dibandingkan tahun sebelumnya dengan frekuensi 8.368 gempa. Peningkatan gempa tertinggi sepanjang tahun 2021 terjadi di Sulawesi sebanyak 925 gempa. Sedangkan 80,93% gempa bumi di Indonesia tergolong gempa berkekuatan rendah, dimana magnitudo

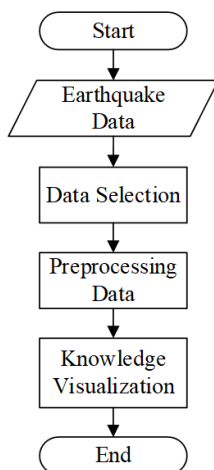
gempanya kurang dari 40 SR [2]. Catatan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) menunjukkan Maluku Utara merupakan daerah rawan gempa. BMKG menjelaskan mengapa gempa sering mengguncang Maluku. Zona gempa ini membentang dari utara ke selatan, ditopang oleh zona subduksi ganda. Zona ini menekuk ke Pulau Halmahera di sebelah timur dan di bawah Arc Sangihe di sebelah barat[3]. Zona penunjaman ganda ini terbentuk akibat adanya tekanan Lempeng Laut Filipina dari arah timur di zona Halmahera [3]. Sedangkan Lempeng Sangihe terdorong ke Timur dari Barat. Akibat dorongan tersebut, terbentuk akumulasi medan tegangan akibat gaya tekan pada batuan kerak samudera di tengah Zona Tabrakan Laut Maluku. Akumulasi medan tegangan di sepanjang jalur Mayu Ridge akhirnya memicu dislokasi batuan di dalam lempeng. Pada zona ini terdapat banyak sebaran pusat gempa. Episentrum gempa ini memiliki mekanisme patahan dorong. BMKG Kota Ternate diambil sebagai lokasi penelitian karena Kota Ternate merupakan kota di Provinsi Maluku Utara yang banyak mengalami gempa bumi.

Gempa bumi dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan, terutama di daerah yang dekat dengan pusat gempa. Gempa bumi harus menjadi perhatian utama bagi pemerintah dan masyarakat untuk meminimalisir dampaknya. Penanggulangan gempa dan kesiapsiagaan prakiraan gempa masih sangat rendah, sehingga masih diperlukan road map yang terencana dan sistematis. Untuk memprediksi terjadinya gempa bumi dan akibatnya, perlu dilakukan studi gempa regional. Gempa bumi mengandung sejumlah besar informasi, terutama data deret waktu. Dengan berkembangnya teknologi informasi, pengolahan data dalam jumlah besar atau data mining semakin meningkat. Pada penelitian ini material dianalisis menggunakan klasifikasi seismik berdasarkan lokasi dan intensitas gempa. Secara statistik, kejadian gempa bumi terdekat dan titik karakteristik dapat dikelompokkan menggunakan analisis cluster [4], [5]. Terjadinya gempa ini tidak dapat diprediksi, karena terjadi di tempat yang tidak terduga, pada waktu yang tidak terduga dan dengan intensitas yang tidak terduga. Oleh karena itu, untuk mengurangi resiko gempa perlu dilakukan analisis klaster pada daerah yang mencurigakan [6].

Kontribusi penelitian ini adalah sebaran data gempa yang diperoleh dari BMKG Kota Ternate untuk jangka waktu 2 tahun sejak 8 Juni 2020 sampai dengan 30 Juni 2022 yang telah dilakukan proses transformasi ke data numerik untuk atribut lokasi gempanya sehingga bisa digunakan sebagai dataset untuk melakukan penelitian selanjutnya seperti melakukan clustering maupun klasifikasi dan akan banyak kontributor yang mendapatkan impact dari penelitian ini.

## II. Metodologi Penelitian

Secara lengkap penelitian yang dilakukan hanya fokus kepada membuat visualisasi persebaran lokasi data gempa bumi yang ada di wilayah Maluku Utara seperti yang terlihat pada Gambar 1, untuk menghasilkan visualisasi tersebut maka dilakukan tahapan penelitian yang dimulai dari proses pengambilan dataset gempa bumi dari BMKG Kota Ternate, kemudian dataset tersebut dilakukan seleksi terkait dengan atribut yang akan digunakan, selanjutnya dilakukan preprocessing data untuk mendapatkan data yang bersih dari noise dan mentransformasikan atribut lokasi yang bertipe Text kedalam bentuk numerik tujuannya untuk memberikan kemudahan dalam plotting lokasi ke dalam peta selain itu juga memudahkan bagi peneliti selanjutnya yang akan menerapkan dataset ini kedalam algoritma yang hanya mampu mengolah data numerik seperti K-Means, dan yang terakhir melakukan visualisasi hasil preprocessing kedalam bentuk peta.



Gambar 1. Tahapan penelitian yang dilakukan

### 2.1. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data berupa dataset gempa bumi pada kurun waktu 2 tahun mulai dari tanggal 08/06/2020 sampai dengan tanggal 30/06/2022 yang diperoleh dari BMKG Kota Ternate.

### 2.2. Data Selection

Pada tahap pemilihan data, data diseleksi dengan cara mereduksi atribut yang tidak digunakan dalam proses data mining atau hanya mengambil atribut yang sesuai untuk dilanjutkan ke tahap berikutnya [7].

### 2.3. Preprocessing Data

Tahap penyiapan data dilakukan dengan pembersihan data dan transformasi data. Pembersihan data adalah pengolahan data untuk menangani data yang memiliki nilai hilang pada suatu record dan menghilangkan noise, memastikan record data yang digunakan bersih dari data yang memiliki nilai karakter "-", format record data yang tidak konsisten, mengoreksi data yang tidak mencocokkan atribut, kemudian diambil data informasi gempa bumi yang hanya terjadi di provinsi Maluku Utara. Pembersihan data ini juga digunakan untuk mengisi data yang kosong, mengulang data, memperbaiki data yang tidak sesuai dengan ketentuan atau salah ketik (seperti surat kurang dan berlebih), mengubah dan memodifikasi persyaratan konfirmasi data. Data yang diolah adalah data yang tidak sesuai dengan ketentuan atau kesalahan cetak. Menjaga konsistensi data, mengurutkan data dengan kapitalisasi tidak beraturan, dan mengubah format angka dan huruf sesuai kebutuhan [8]. Pembersihan data juga menghilangkan data yang berlebihan [9].

Tahapan selanjutnya adalah transformasi data, memecah record data pada parameter deskripsi untuk membentuk parameter baru yaitu lokasi, kemudian mengubah data abjad seperti nama lokasi menjadi angka, tujuannya agar dataset yang dihasilkan nantinya dapat digunakan oleh penelitian lain misal pada penerapan algoritma K-Means clustering, maka data yang dapat diolah hanya data yang berbentuk digital, sedangkan data yang memiliki nilai pada atribut masih berupa teks/kategori, sehingga penulis harus mengubah data tersebut menjadi bentuk digital [10]. Langkah pertama yang penulis lakukan adalah mengubah alamat atau lokasi bencana menjadi titik koordinat latitude longitude dengan bantuan google maps [11], kemudian dilakukan pengecekan berdasarkan kedekatan lokasi gempa untuk menentukan urutan transformasinya nilai-nilai.

### 2.4. Visualisasi Pengetahuan.

Visualisasi digunakan untuk menyajikan hasil transformasi ke dalam bentuk peta yang sesuai dengan hasil data yang diperoleh.

## III. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Dataset gempa bumi wilayah Maluku Utara

Sumber data utama (Dataset) yang digunakan dalam penelitian ini berupa kumpulan data gempa bumi yang didapat dari BMKG Kota Ternate pada kurun waktu 2 tahun mulai dari tanggal 08/06/2020 sampai dengan tanggal 30/06/2022 sebanyak 2715 data gempa bumi dalam format .xlsx. Pada dataset dalam Tabel 1 terdapat sembilan atribut yaitu, nomor, tanggal, waktu (UTC), lintang, bujur, kedalaman pusat gempa bumi yang dinyatakan dalam satuan kilometer (km), magnitudo dalam satuan skala richter (SR), keterangan, dan informasi.

Tabel 1. Dataset Kejadian Gempa Bumi dari BMKG

Date	.....	Latitude	Longitude	Depth	Magnitude	Location	Note
01/01/2020	.....	1,99	126,7	10	4,2	134 Km Baratlaut Jailolo-Malut	-
02/01/2020	.....	1,53	126,66	38	3,7	104 Km Baratlaut Jailolo-Malut	-
02/01/2020	.....	-1,09	126,98	30	3,1	76 Km Baratdaya Labuha-Malut	-
02/01/2020	.....	2,63	128,79	10	4,9	85 Km Timurlaut Daruba-Malut	MMI: II Morotai Utara Morotai Jaya
02/01/2020	.....	2,61	128,69	10	4,2	77 Km Timurlaut Daruba-Malut	-
02/01/2020	.....	3,48	127,4	80	4	99 Km Tenggara Melonguane-Sulut	-
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
30/06/2022	.....	-0,02	123,76	118	4,4	55 Km Baratdaya Molibagu-Sulut	-
30/06/2022	.....	4,26	127,72	123	4,7	119 Km Timurlaut Melonguane-Sulut	-
30/06/2022	.....	0,94	126,77	24	3,5	69 Km Baratlaut Ternate-Malut	-

### 3.2. Data Selection

Pada tahap ini data diseleksi dengan cara mengurangi atribut yang tidak digunakan dalam proses data mining atau hanya mengambil atribut yang sesuai untuk dilanjutkan ke tahap berikutnya. Pada proses ini hanya diambil 3 atribut yakni *Depth*, *Magnitude*, and *Location*. Hasil dari Data selection dapat dilihat pada Tabel 2.

Table 2. Hasil seleksi Data

Depth	Magnitude	Location
10	4,2	134 km Baratlaut JAILOLO-MALUT
38	3,7	104 km Baratlaut JAILOLO-MALUT
30	3,1	76 km Baratdaya LABUHA-MALUT
10	4,9	85 km Timurlaut DARUBA-MALUT
10	4,2	77 km Timurlaut DARUBA-MALUT
80	4	99 km Tenggara MELONGUANE-SULUT
10	4,3	88 km Timurlaut DARUBA-MALUT
10	4,7	110 km Tenggara TUTUYAN-SULUT
94	3,6	41 km Barat LABUHA-MALUT
10	4,1	122 km Timur BITUNG-SULUT
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
118	4,4	55 km BaratDaya MOLIBAGU-SULUT
123	4,7	119 km TimurLaut MELONGUANE-SULUT
24	3,5	69 km BaratLaut TERNATE-MALUT

### 3.3. Preprocessing Data

Tahapan pada proses persiapan data dimulai dengan Data Cleaning. Data Cleaning merupakan suatu pemrosesan terhadap data untuk penanganan terhadap data yang mempunyai missing value pada suatu record dan menghilangkan noise, memastikan record data yang digunakan bersih dari data yang bernilai karakter “-”, format record data yang inkonsisten, mengoreksi data yang tidak sesuai dengan atribut, lalu mengambil data info Gempa yang hanya terjadi pada provinsi Maluku Utara saja.

Tahap selanjutnya adalah transformasi data, dilakukan split terhadap record data pada parameter keterangan untuk membentuk satu parameter baru yaitu lokasi kemudian dilakukan transformasi data yang berjenis alfabet seperti nama lokasi ke dalam bentuk angka.

#### a. Data Cleaning

Pembersihan data adalah proses pada tahap preprocessing untuk mengisi data blank, mengulang data, mengoreksi data yang tidak sesuai dengan ketentuan atau salah ketik (seperti huruf yang tidak mencukupi dan huruf yang berlebihan), mengubah dan memodifikasi persyaratan konfirmasi data. Data yang diolah merupakan data yang tidak sesuai dengan ketentuan atau kesalahan pencetakan. Jaga konsistensi data, sortir data dengan kapitalisasi tidak beraturan, dan ubah format angka dan huruf sesuai kebutuhan. Dalam data cleaning juga melakukan penghapusan data yang redundan. Data kejadian gempa bumi sebanyak 2715 record yang didapatkan dari BMKG, ditemukan terdapat noise berupa adanya gabungan data kejadian gempa yang terjadi di Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Gorontalo, missing value, dan data yang tidak konsisten. Pada Tabel 3 ditunjukkan sampel record data yang bercampur dengan kejadian di daerah Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Gorontalo, dan missing value pada kolom informasi dengan simbol “-”. Oleh karena itu setelah dilakukan penghapusan terhadap record data kejadian yang tidak perlu maka jumlah data menjadi 2000 record seperti Tabel 4

Tabel 3. Data noise & tidak konsisten

No.	Date	Time	... .	Magni tude	Location	Note
489	23 June 2020	05:55:11	...	4,3	120 km Selatan MELONGUANE- SULUT	-

No.	Date	Time	Magnitudo	Location	Note
490	23 June 2020	07:43:29	6,3	47 km Baratdaya MOLIBAGU-SULUT	2020-06-25,11:15:53,0.16,125.93,11.0,3.1,160 km Tenggara RATAHAN-SULUT,-
					2020-06-25,15:17:25,0.52,126.01,10.0,3.2,138 km Tenggara BITUNG-SULUT,-
					2020-06-25,17:22:28,-0.72,124.55,10.0,4.7,135 km Tenggara MOLIBAGU-SULUT,-
					2020-06-26,11:24:57,1.29,126.15,6.0,3.0,109 km Timur BITUNG-SULUT,-
					2020-06-28,13:14:51,0.73,126.15,10.0,4.0,134 km Tenggara BITUNG-SULUT,-
					2020-06-28,15:27:25,1.0,126.03,55.0,3.5,106 km Tenggara BITUNG-SULUT,-
					2020-06-29,18:57:41,0.72,126.12,10.0,3.2,132 km Tenggara BITUNG-SULUT,-
					2020-06-30,1:13:27,-1.46,126.46,10.0,2.7,82 km Timurlaut SANANA-MALUT,-
					2020-06-30,4:55:19,2.44,126.6,2.0,3.7,142 km Timur ONDONGSIAU-SULUT,-
					2020-07-01,0:58:58,0.24,125.4,10.0,4.0,105 km Tenggara TUTUYAN-SULUT,-
					2020-07-01,7:07:04,-0.22,124.67,34.0,3.4,96 km Tenggara MOLIBAGU-SULUT,-
					2020-07-02,9:23:06,0.53,125.34,10.0,4.6,83 km Tenggara RATAHAN-SULUT,-
					2020-07-02,16:41:06,1.24,126.16,10.0,2.8,111 km Timur BITUNG-SULUT,-
					2020-07-03,12:26:14,1.54,126.35,13.0,3.2,130 km Timur BITUNG-SULUT,-
					2020-07-04,20:43:51,2.54,126.78,10.0,3.5,159 km Timur ONDONGSIAU-SULUT,-
					2020-07-06,4:55:05,2.12,126.53,10.0,3.4,147 km Tenggara ONDONGSIAU-SULUT,-
					2020-07-06,6:21:22,3.21,126.53,9.0,4.2,90 km Selatan MELONGUANE-SULUT,-

Tabel 4. Hasil pembersihan data

Depth	Magnitude	Location
10	4,2	134 km Baratlaut JAILOLO-MALUT
38	3,7	104 km Baratlaut JAILOLO-MALUT
30	3,1	76 km Baratdaya LABUHA-MALUT
10	4,9	85 km Timurlaut DARUBA-MALUT
10	4,2	77 km Timurlaut DARUBA-MALUT
10	4,3	88 km Timurlaut DARUBA-MALUT
94	3,6	41 km Barat LABUHA-MALUT
10	3	84 km Selatan SANANA-MALUT
72	3,7	122 km Barat TERNATE-MALUT
10	3,8	19 km Selatan LABUHA-MALUT
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
12	4	50 km TimurLaut DARUBA-MALUT
177	3,5	79 km TimurLaut DARUBA-MALUT
24	3,5	69 km BaratLaut TERNATE-MALUT

**b. Transformasi Data**

Tahap selanjutnya adalah transformasi data, dilakukan split terhadap record data pada parameter keterangan untuk membentuk satu parameter baru yaitu lokasi kemudian dilakukan transformasi data yang berjenis alfabet seperti nama lokasi ke dalam bentuk angka. Langkah pertama yang penulis lakukan adalah merubah alamat atau lokasi bencana menjadi titik koordinat latitude longitude dengan bantuan google maps, kemudian melakukan

pengcekan berdasarkan kedekatan lokasi kejadian gempa untuk menentukan urutan nilai transformasinya. Untuk tranformasi jenis kategori menjadi numeric atribut lokasi bisa dilihat pada Table 5.

Tabel 5. Inisiasi Lokasi

No.	Lokasi	Inisiasi
1	jailolo-malut	9
2	labuha-malut	3
3	daruba-malut	11
4	tobelo-malut	10
5	sanana-malut	2
6	ternate-malut	8
7	sofifi-malut	6
8	tidore-malut	7
9	maba-malut	5
10	weda-malut	4
11	bobong-malut	1

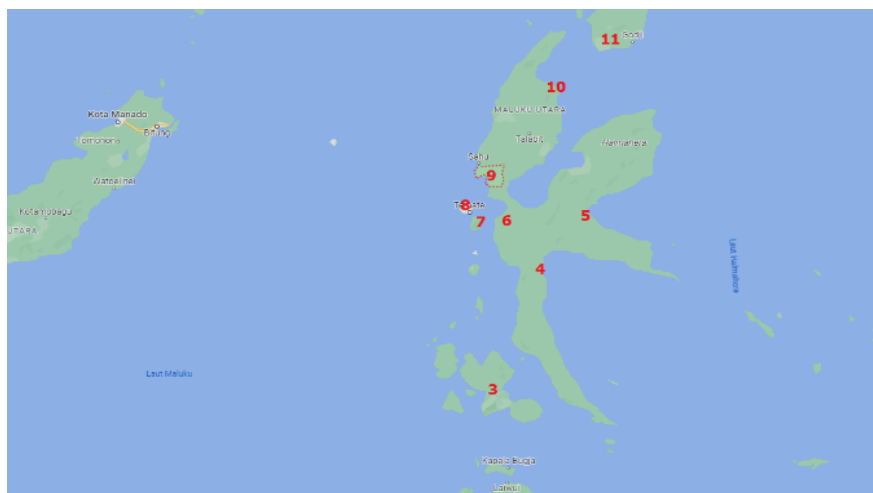
Setelah dilakukan transformasi maka jika digabungkan semua datanya menjadi seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Dataset akhir hasil transformasi

No.	Depth	Magnitude	Location
1	10	4,2	1
2	38	3,7	1
3	30	3,1	2
4	10	4,9	3
5	10	4,2	3
6	10	4,3	3
7	94	3,6	2
8	10	3	5
9	72	3,7	6
10	10	3,8	2
..	...	...	...
..	...	...	...
2001	12	4	3
2002	177	3,5	3
2003	24	3,5	6

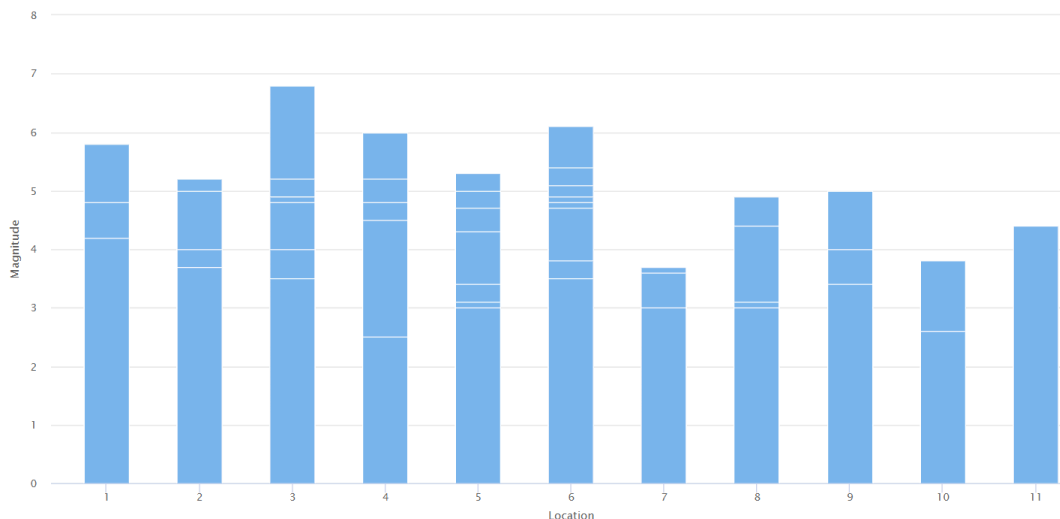
### 3.4. Visualisasi

Data hasil dari proses transformasi diplotkan ke dalam peta wilayah Maluku Utara sehingga dapat dilihat hasil visualisasi persebaran data gempanya. Seperti pada Gambar 2 terlihat visualisasi dari titik lokasi kejadian gempa bumi hasil transformasi yang telah dimasukkan kedalam gambar peta wilayah Maluku Utara.



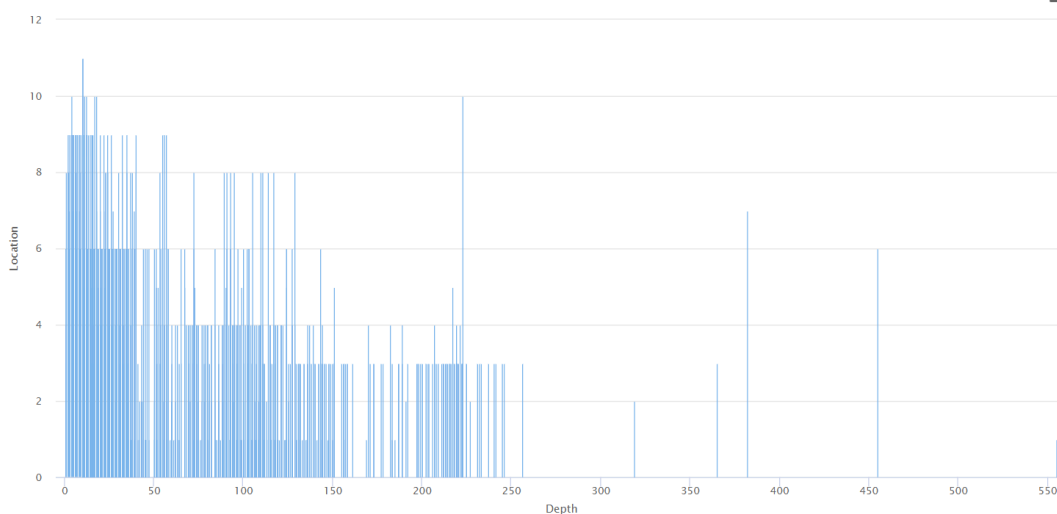
Gambar 2. Transformasi Lokasi kejadian gempa

Jumlah gempa pada Gambar 3. menunjukkan bahwa wilayah kabupaten Labuha yang paling sering terjadi gempa bumi. Kejadian gempa bumi dengan magnitudo 3,5 SR hampir mendominasi kejadian selama periode penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 4. Dengan magnitudo paling besar yakni 6,8 SR pernah terjadi di Kabutapen Labuha.



Gambar 3. Histogram hubungan magnitudo dengan lokasi kejadian gempa menggunakan data dan BMKG

Sedangkan kedalaman gempa paling besar terjadi di Kabupaten Bobong dengan kedalaman 555Km, diikuti Kabupaten Sofifi dengan kedalaman 455Km. Kabupaten Labuha mempunyai intensitas gempa paling sering dengan kedalaman dibawah 250Km seperti yang ditunjukkan gambar 4.



Gambar 4. Intensitas gempa bumi berdasar kedalamannya

#### IV. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan yakni telah berhasil dilakukan proses *selection*, *preprocessing*, *cleaning* dan *transformation* terhadap dataset gempa bumi di wilayah Maluku Utara sehingga dihasilkan 11 titik lokasi rawan bencana gempa bumi yang ada di wilayah Maluku Utara, dengan Kabupaten Labuha sebagai lokasi yang paling sering mengalami kejadian gempa dengan intensitas paling besarnya 6,8SR dan Kabupaten Bobong pernah mengalami kejadian gempa dengan kedalaman paling jauh sebesar 555Km.

#### Daftar Pustaka

- [1] Brilliantina, M. V., Pratiwi, H., & Susanti, Y. (2021). Analisis Seismisitas pada Data Gempa Bumi di Provinsi Maluku Utara Penerapan Model Epidemic Type Aftershock Sequence (ETAS). Prosiding Pendidikan Matematika Dan Matematika.



- [2] Rizaty, M. A. (2022). 10.519 Gempa Bumi Guncang Indonesia Sepanjang 2021. Databoks. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/06/20/10519-gempa-bumi-guncang-indonesia-sepanjang-2021#:~:text=Berdasarkan catatan Badan Pusat Statistik,Pulau Sulawesi%2C yaitu 925 kali>.
- [3] Douwe G. van der Meer, Douwe J.J. van Hinsbergen, Wim Spakman, Atlas of the underworld: Slab remnants in the mantle, their sinking history, and a new outlook on lower mantle viscosity, *Tectonophysics*, Volume 723, 2018, Pages 309-448, ISSN 0040-1951, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2017.10.004>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040195117304055>)
- [4] E. Irwansyah and E. Winarko, "Spatial Data Clustering and Zonation of Earthquake Building Damage Hazard Area," in *EPJ Web of Conferences*, 2014, pp. 1–6.
- [5] M. Affan, M. Syukri, L. Wahyuna, and H. Sofyan, "Spatial Statistic Analysis of Earthquakes in Aceh Province Year 1921-2014: Cluster Seismicity," *Aceh Int. J. Sci. Technol.*, vol. 5, no. 2, Aug. 2016, doi: 10.13170/aijst.5.2.4878.
- [6] H. Pratiwi, S. S. Handajani, I. Susanto, S. Sangadji, R. Meilawati, and I. S. Khairunnisa, "Hierarchical Clustering Algorithm for Analyzing Risk of Earthquake on Sumatra Island," in *2021 International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME)*, Oct. 2021, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICECCME52200.2021.9590890.
- [7] M. S. Geetha Devasena, R. Kingsy Grace, and G. Gopu, "PDD: Predictive Diabetes Diagnosis using Datamining Algorithms," in *2020 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)*, Jan. 2020, pp. 1–4. doi: 10.1109/ICCCI48352.2020.9104108.
- [8] P. Prihandoko and B. Bertalya, "A Data Analysis of the Impact of Natural Disaster using K-Means Clustering Algorithm," *Kursor*, vol. 8, no. 4, p. 169, Oct. 2017, doi: 10.28961/kursor.v8i4.109.
- [9] Prihandoko, Bertalya, and M. I. Ramadhan, "An analysis of natural disaster data by using K-means and K-medoids algorithm of data mining techniques," in *2017 15th International Conference on Quality in Research (QIR): International Symposium on Electrical and Computer Engineering*, Jul. 2017, pp. 221–225. doi: 10.1109/QIR.2017.8168485.
- [10] N. Puspitasari, J. A. Widians, and N. B. Setiawan, "Customer segmentation using bisecting k-means algorithm based on recency, frequency, and monetary (RFM) model," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 8, no. 2, pp. 78–83, Apr. 2020, doi: 10.14710/jtsiskom.8.2.2020.78-83.
- [11] B. E. V. Comendador, L. W. Rabago, and B. T. Tanguilig, "An educational model based on Knowledge Discovery in Databases (KDD) to predict learner's behavior using classification techniques," in *2016 IEEE International Conference on Signal Processing, Communications and Computing (ICSPCC)*, Aug. 2016, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICSPCC.2016.7753623.