

PEMETAAN KELOMPOK SEBARAN TITIK GEMPA BUMI MENTAWAI DENGAN METODE *K-MEDOIDS CLUSTERING*

Safroni Aziz Suprianto, Arie Vatesia, Yudi Setiawan

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Secara geologis Kepulauan Indonesia berada pada jalur penunjaman lempeng bumi, seperti penunjaman Lempeng Samudra Indo-Australia dengan Lempeng Benua Eurasia yang memanjang dari pantai barat Sumatera hingga pantai selatan Jawa terus ke timur sampai Nusa Tenggara. Jalur penunjaman lempeng bumi di wilayah Kepulauan Indonesia merupakan jalur penyebab gempa tektonik yang mana bersifat regional dan umumnya kerusakan yang ditimbulkan sangat parah. Sebagian jalur gempa bumi tersebut berada di laut sehingga sangat berpotensi menimbulkan bencana tsunami (Nur, 2010).

Di Indonesia sendiri, Daerah yang sangat rawan terjadinya gempa bumi dari dasar laut adalah Kepulauan Mentawai di Sumatera Barat. Pada tahun 2010 Mentawai mengalami sejumlah gempa, yaitu gempa berkekuatan 6,8 SR pada 5 Maret 2010, disusul 6.5 SR pada 5 Mei 2010 dan terakhir gempa berkekuatan 7,8 SR pada 25 oktober 2010 yang diikuti dengan bencana tsunami (Septiningrum & Cahyadi, 2016). Berdasarkan data dan informasi dari posko BNPB bencana gempa bumi dan tsunami pada 25 oktober 2010 mengakibatkan korban jiwa sebanyak 509 meninggal dunia, 17 orang mengalami luka-luka, dan masyarakat mengungsi sebanyak 11.425 yang tersebar di titik pengungsian di kecamatan Sipora Selatan, Pagai Selatan, Pagai Utara dan Sikakap (BNPB, 2010).

United States Geological Survey (USGS) adalah sebuah agensi ilmiah pemerintah Amerika Serikat yang didirikan pada 3 Maret 1879. Organisasi ini memiliki empat disiplin ilmiah utama, yaitu biologi, geografi, geologi, dan air. Salah satu program dari *USGS* adalah memonitor aktivitas gempa bumi di seluruh dunia, tak terkecuali data gempa kepulauan mentawai yang disediakan dalam bentuk datasheet.

Pengelompokkan wilayah terjadinya gempa bumi di kepulauan Mentawai, peneliti menggunakan metode *K-Medoids Clustering*. Metode *K-Medoids*

Clustering diciptakan untuk mengatasi kelemahan algoritma *K-Means* yang sensitif terhadap *outlier*, karena nilai yang sangat besar dapat secara substansial mendistorsi distribusi data. Untuk mengatasi hal tersebut algoritma *K-Medoids* tidak mengambil nilai rata – rata dari objek dalam sebuah *cluster* sebagai titik acuan melainkan menggunakan objek yang sebenarnya untuk mewakili *cluster*, menggunakan satu objek perwakilan per *cluster*. Setiap objek yang tersisa berkumpul dengan objek perwakilan yang paling mirip dengan dirinya. Lalu metode partisi dilakukan berdasarkan prinsip meminimalkan jumlah ketidaksamaan antara tiap objek dengan titik referensinya (Han, Kamber, & Pei, 2012).

Penelitian terkait dilakukan sebelumnya oleh (Arista, Asmara, & Puspitasari, 2017) yang melakukan penelitian tentang pengelompokkan kejadian gempa bumi dengan menggunakan metode *Fuzzy C-Means Clustering*. Hasil pengelompokan ditampilkan dalam bentuk tabel dan dalam bentuk koordinat peta *Google Maps*. Untuk penelitian terkait selanjutnya dilakukan oleh (Simamora, Furqon, & Priyambadha, 2017) yang melakukan penelitian mengenai *Clustering* data kejadian tsunami yang disebabkan oleh gempa bumi dengan menggunakan algoritma *K-Medoids*. Subjek yang terdapat pada penelitian ini adalah aplikasi pengelompokan data dengan menggunakan *K-Medoids* untuk mengelompokkan data kejadian tsunami yang disebabkan oleh gempa bumi. Lalu terdapat peneliti (Sitorus, 2018) yang berjudul Budaya Kerentanan dan Kapasitas Masyarakat Kepulauan Mentawai Menghadapi Bencana Gempa Bumi dan Tsunami, dari penelitian tersebut didapatkan simpulan yaitu Kabupaten Kepulauan Mentawai merupakan daerah yang memiliki risiko terjadinya gempa bumi besar yang mengakibatkan terjadinya tsunami. Desa Maileppet dan Desa Tuapeijat merupakan daerah yang memiliki risiko untuk terjadi bencana tersebut. Bahaya yang bisa terjadi sewaktu-waktu membuat masyarakat harus waspada dan bersiap menghadapi ancaman tersebut. Yang terakhir terdapat penelitian dari (Fidia, Pujiastuti, & Z.Sabarani, 2018) yang berjudul Korelasi Tingkat Seismisitas dan Periode Ulang Gempa Bumi di Kepulauan Mentawai dengan Menggunakan Metode Guttenberg Richter yang dapat disimpulkan bahwa : Nilai parameter aktivitas gempa bumi untuk daerah penelitian diperoleh nilai b sebesar 0,8372 dan nilai a sebesar 6,8094 serta nilai indeks seismisitas untuk magnitudo 5 - 8 berkisar antara 2,1580 – 0,0066, Kondisi

ini menunjukkan bahwa daerah Kepulauan Mentawai dan sekitarnya diprediksi memiliki tingkat keaktifan gempa yang tinggi dan memiliki energi besar yang masih tersimpan sehingga berpeluang terjadi gempa besar di wilayah tersebut. Hasil perhitungan periode ulang gempa bumi berbeda-beda untuk magnitudo 5-8 berkisar antara 0,4633 tahun – 150,5033 tahun.

Penelitian yang diusulkan berupa Pemetaan Pola Sebaran Titik Gempa Bumi Mentawai Berdasarkan Kedalaman dan Kekuatan Gempa Dengan Mengimplementasikan metode *K-Medoids Clustering* dengan studi kasus Gempa di kepulauan Mentawai 2009-2019 dengan menggunakan *datasheet usgs.gov* sebagai alternatif-alternatif penentuan gempa bumi berdasarkan kedalaman dan kekuatan gempa.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di sebutkan di atas, maka rumusan Berdasarkan uraian pada latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penilitan ini adalah:

1. Bagaimana memetakan pola sebaran kejadian gempa bumi mentawai tahun 2009-2019.
2. Bagaimana mengimplementasikan metode *K-Medoids Clustering* untuk mengidentifikasi dan memetakan pola penyebaran kejadian gempa bumi di pulau Mentawai 2009-2019.

3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang diberikan pada penelitian ini adalah :

1. *Datasheet* gempa mentawai bersumber dari usgs.gov
2. Menentukan daerah sebaran gempa bumi berdasarkan kekuatan dan kedalaman gempa bumi.
3. Penelitian ini di lakukan pada *datasheet* Gempa Mentawai 2009-2019.
4. Metode yang digunakan adalah *K-Medoids Clustering* dan data yang digunakan pada penelitian ini adalah data kedalaman dan kekuatan gempa mentawai (tahun 2009 – 2019).
5. Hasil dari penelitian ini akan menampilkan kelompok sebaran gempa bumi dengan 3 (tiga) *cluster*, *cluster* 1 rendah yaitu gempa dalam, *cluster* 2 gempa

sedang dan *cluster* 3 tinggi yaitu gempa dangkal. Dengan keterangan semakin dangkal gempa bumi semakin terasa kuat getaran gempanya ke permukaan.

6. Penelitian ini hanya mengidentifikasi dan memetakan pola sebaran gempa, dan tidak berfokus pada dampak dari gempa.

4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah untuk menjawab rumusan masalah yakni :

1. Membangun Sistem Informasi pemetaan pola sebaran gempa bumi mentawai tahun 2009 – 2019.
2. Mengimplementasikan metode *K-Medoids Clustering* untuk menganalisis dan memetakan pola Sebaran gempa bumi mentawai tahun 2009 – 2019.

5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Secara umum

Secara umum manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai pola penyebaran gempa bumi Gempa Mentawai 2009-2019 kepada masyarakat umum.

b. Secara akademis

Secara akademis manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai bahan pertimbangan kepada pembaca yang ingin menggunakan metode *K-Medoids Clustering* dalam menerapkan ilmu data minig.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gempa Bumi

Secara keilmuan, gempa bumi adalah suatu peristiwa pelepasan energi gelombang *seismic* yang terjadi secara tiba-tiba. Pelepasan energi ini diakibatkan karena adanya deformasi lempeng tektonik yang terjadi pada kerak bumi. Bumi kita walaupun padat, namun selalu bergerak. Gerakan bumi ini akan menimbulkan suatu tekanan. Apabila tekanan yang terjadi itu sudah terlalu besar untuk dapat ditahan oleh lempeng tektonik, maka gempa bumilah yang akan terjadi. Proses pelepasan energi ini berupa gelombang elastis, yaitu gelombang seismik atau gempa yang sampai ke permukaan bumi dan menimbulkan getaran sehingga menimbulkan

kerusakan pada benda-benda atau bangunan di permukaan bumi. Besarnya kerusakan sangat bergantung dengan besar dan lamanya getaran yang sampai ke permukaan bumi. Rusaknya bangunan akibat gempa juga sangat bergantung dengan kekuatan struktur bangunan itu sendiri. Para ahli gempa mengklasifikasikan gempa menjadi dua kategori, yaitu gempa intralempeng (*intraplate*) dan gempa antarlempeng (*interplate*). Gempa intraplate adalah gempa yang terjadi di dalam lempeng itu sendiri. Sedangkan gempa interplate adalah gempa yang terjadi di batas antara dua lempeng (Hartuti, 2009).

2.2 Klasifikasi Gempa

Gempa bumi dapat digolongkan menjadi beberapa kategori, yaitu berdasarkan proses terjadinya, bentuk episentrumnya, kedalaman hiposentrumnya, jarak, dan lokasinya. Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing kategorinya (Hartuti, 2009):

1. Menurut Proses Terjadinya

Menurut proses terjadinya, gempa bumi dapat diklasifikasikan menjadi lima. Berikut ini klasifikasi gempa tersebut (Hartuti, 2009):

- a. Gempa tektonik, yaitu gempa yang terjadi akibat adanya tumbukan lempeng-lempeng di lapisan litosfer kulit bumi oleh tenaga tektonik.
- b. Gempa vulkanik, yaitu gempa yang terjadi akibat aktivitas gunung berapi. Oleh karena itu, gempa ini hanya dapat dirasakan di sekitar gunung berapi saat akan meletus, saat meletus, dan setelah terjadi letusan.
- c. Gempa runtuh atau longsor, yaitu gempa yang terjadi karena adanya runtuh tanah atau batuan. Lereng gunung atau pantai yang curam memiliki energi potensial yang besar untuk runtuh. Gempa ini sering terjadi di kawasan rawan akibat runtuhnya dinding atau reruntuhan pada tambang-tambang bawah tanah sehingga dapat menimbulkan getaran di sekitar daerah runtuh. Gempa ini mempunyai dampak yang tidak begitu membahayakan. Namun, dampak yang berbahaya justru akibat dari timbunan batuan atau tanah longsor itu sendiri.
- d. Gempa jatuhnya, yaitu gempa yang terjadi akibat adanya benda langit yang jatuh ke bumi, misalnya meteor. Seperti kita ketahui bahwa ada ribuan meteor atau batuan yang berterbangan mengelilingi orbit bumi. Sewaktu-waktu meteor

tersebut jatuh ke atmosfer bumi, bahkan terkadang sampai ke permukaan bumi. Meteor yang jatuh ini akan menimbulkan getaran bumi jika massa meteor cukup besar. Getaran ini disebut gempa jatuhan. Gempa seperti ini jarang sekali terjadi.

- e. Gempa buatan, yaitu gempa yang memang sengaja dibuat oleh manusia. Suatu percobaan peledakan nuklir bawah tanah atau laut dapat menimbulkan getaran bumi yang dapat tercatat oleh *seismograf* seluruh permukaan bumi tergantung dengan kekuatan ledakan, sedangkan ledakan dinamit di bawah permukaan bumi juga dapat menimbulkan getaran namun efek getarannya sangat lokal.

2. Menurut Episentrum

Menurut bentuk episentrumnya, gempa dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu gempa sentral, gempa yang episentrumnya berbentuk titik dan gempa linear yaitu gempa yang episentrumnya berbentuk garis (Hartuti, 2009).

3. Menurut Kedalaman Hiposentrum

Menurut kedalaman hiposentrumnya, gempa dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu gempa bumi dalam, dengan kedalaman hiposentrum lebih dari 300 km di bawah permukaan bumi. Selanjutnya adalah gempa bumi menengah, yaitu gempa dengan kedalaman hiposentrum berada diantara 60-300 km di bawah permukaan bumi. Yang terakhir adalah gempa bumi dangkal, yaitu gempa dengan kedalaman hiposentrum kurang dari 60 km di bawah permukaan bumi (Hartuti, 2009).

4. Menurut Jarak Episentrum (Pusat Gempa)

Menurut jarak episentrumnya, gempa dapat dibagi menjadi tiga kelompok yaitu gempa sangat jauh, yaitu gempa yang jarak episentrumnya lebih dari 10.000 km. Selanjutnya terdapat gempa jauh, yaitu gempa yang jarak episentrumnya sekitar 10.000 km. Dan gempa lokal, yaitu gempa yang jarak episentrumnya kurang dari 10.000 km (Hartuti, 2009).

5. Menurut Lokasi Episentrum

Menurut lokasi episentrumnya, gempa dapat dikelompokkan menjadi dua. Kedua kelompok gempa tersebut adalah gempa daratan, yaitu gempa yang lokasi episentrumnya berada di daratan dan gempa lautan, yaitu gempa yang lokasi

episentrumnya berada di dasar laut. Gempa jenis inilah yang dapat berpotensi menimbulkan tsunami (Hartuti, 2009).

2.3 Magnitudo

Magnitudo dilakukan untuk mengukur gempa berdasarkan energi yang dilepaskan dari sumber gempa. Ada bermacam-macam jenis magnitudo gempa, di antaranya adalah:

1. Magnitudo lokal M_L (*Local Magnitude*).
2. Magnitudo gelombang badan M_B (*Body-Wave-magnitude*).
3. Magnitudo gelombang permukaan M_S (*Surface-Wave-magnitude*).
4. Magnitudo momen M_W (*mornent magnitude*).
5. Magnitudo gabungan M (*Unified magnitude*).

Dari kelima jenis *magnitude* di atas, yang paling populer digunakan adalah magnitudo lokal M_L , yaitu Magnitudo *Skala Richter* (SR). Magnitudo ini dikembangkan pertama kali pada tahun 1935 oleh seorang seismologis Amerika, Charles F. Richter, untuk mengukur kekuatan gempa di *California*. Richter mengukur magnitudo gempa berdasarkan nilai amplitudo maksimum gerakan tanah (gelombang) pada jarak 100 km dari *episenter* gempa. Besarnya gelombang ini tercatat pada *seismograf*. *Seismograf* dapat mendeteksi gerakan tanah mulai dari 0,00001 mm (1×10^{-5} mm) hingga 1 m. Untuk menyederhanakan rentang angka yang terlalu besar dalam skala ini, Richter kemudian menggunakan bilangan logaritma berbasis 10. Ini berarti, setiap kenaikan 1 angka pada skala *Richter* menunjukkan amplitudo 10 kali lebih besar. Magnitudo 5 SR sudah termasuk besar. Magnitudo sebesar 6 SR sudah mampu membuarkan kerusakan yang sangat parah. Meskipun nilai dalam SR tidak memiliki batas maksimum, para ahli seismologi menyatakan bahwa lempeng bumi ini tidak memiliki cukup simpanan energi untuk menghasilkan magnitudo gempa sebesar 10 SR. Diperkirakan bahwa magnitudo sebesar 12 SR akan melepaskan energi yang cukup untuk membuarkan bumi kita ini terbelah menjadi dua (Hartuti, 2009).

2.4 Intensitas

Dahulu, sebelum manusia mampu mengukur magnitudo gempa, besarnya gempa hanya dinyatakan berdasarkan efek yang diberikan terhadap manusia, alam, struktur bangunan buatan manusia, dan reaksi hewan. Besarnya gempa yang

ditentukan melalui observasi semacam ini dinamakan dengan intensitas gempa. Skala intensitas pertama kali diperkenalkan pada tahun 1883 oleh seorang seismologis Italia, M.S. Rossi dan ilmuwan Swiss, F. A. Forel yang dikenal dengan skala *Rossi-Forel*. Skala ini kemudian dikembangkan lagi pada tahun 1902 oleh seorang seismologis Itali, Giuseppe Mercalli. Selanjutnya, pada tahun 1931, seismologis Amerika, H. O. Wood dan Frank Neuman mengadaptasi standar yang telah ditetapkan Mercalli untuk kondisi di California, dan menghasilkan skala *Modified Mercalli Intensity (MMI)*. Selain MMI ada beberapa skala intensitas gempa yang lain, seperti:

1. *Japan Meteorological Agency (JMA)*, ditemukan tahun 1951, hingga kini digunakan untuk mengukur kekuatan gempa di Jepang.
2. *Medvedev, Sponbeuer, Karnik (MSK)*, ditemukan tahun 1960-an.
3. *European Microseismic Scale (EMS)*, ditemukan tahun 1990-an.

Karena sifatnya yang kualitatif, skala intensitas sangat subjektif dan sangat tergantung pada kondisi lokasi di mana gempa terjadi. Gempa dengan magnitudo yang sama, namun terjadi di dua tempat yang berbeda mungkin akan memberikan nilai intensitas yang berbeda (Hartuti, 2009)

2.5 Data Mining

Data mining adalah suatu istilah yang digunakan untuk menemukan pengetahuan yang tersembunyi di dalam *database*. *Data mining* merupakan proses semi otomatis yang menggunakan teknik statistik, matematika, kecerdasan buatan, dan machine learning untuk mengekstraksi dan mengidentifikasi informasi pengetahuan potensial dan berguna yang bermanfaat yang tersimpan di dalam database besar. Secara sederhana data mining adalah penambangan atau penemuan informasi baru dengan mencari pola atau aturan tertentu dari sejumlah data yang sangat besar. Data mining juga disebut sebagai serangkaian proses untuk menggali nilai tambah berupa pengetahuan yang selama ini tidak diketahui secara manual dari suatu kumpulan data. Data mining, sering juga disebut sebagai *Knowledge Discovery in Database (KDD)*. *KDD* adalah kegiatan yang meliputi pengumpulan, pemakaian data, historis untuk menemukan keteraturan, pola atau hubungan dalam set data berukuran besar (Arista, Asmara, & Puspitasari, 2017).

2.6 Clustering.

Pada dasarnya *clustering* merupakan suatu metode untuk mencari dan mengelompokkan data yang memiliki kemiripan karakteristik (*similarity*) antara satu data dengan data yang lain. *Clustering* merupakan salah satu metode data mining yang bersifat tanpa arahan (*unsupervised*), maksudnya metode ini diterapkan tanpa adanya latihan (*training*) dan tanpa ada guru serta tidak memerlukan target *output*. Dalam *data mining* ada dua jenis metode *clustering* yang digunakan dalam pengelompokan data, yaitu *hierarchical clustering* dan *non-hierarchical clustering*. *Hierarchical clustering* adalah suatu metode pengelompokan data yang dimulai dengan mengelompokkan dua atau lebih objek yang memiliki kesamaan paling dekat. Kemudian proses diteruskan ke objek lain yang memiliki kedekatan kedua. Demikian seterusnya sehingga *cluster* akan membentuk semacam pohon dimana ada *hierarki* (tingkatan) yang jelas antar objek, dari yang paling mirip sampai yang paling tidak mirip. Secara logika semua objek pada akhirnya hanya akan membentuk sebuah *cluster*. *Dendogram* biasanya digunakan untuk membantu memperjelas proses *hierarki* tersebut (Santosa, Conway, & Trafalis, 2007).

2.7 K-Medoids Clustering

K-medoids tidak menentukan nilai rata-rata dari objek dalam cluster sebagai titik acuan, tapi menggunakan medoids (median), yang merupakan objek yang paling terletak dipusat sebuah cluster. Dengan demikian, metode partisi masih dapat dilakukan berdasarkan prinsip meminimalkan jumlah dari ketidak samaan antara setiap objek dan titik acuan yang sesuai (medoids). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kelompok lapangan pekerjaan utama dengan dua cluster yaitu, cluster tinggi dan cluster rendah (Pulungan, Suhada, & Suhendro, 2019)

1. Inisialisasi pusat cluster sebanyak k (jumlah cluster).
2. Alokasikan setiap data (objek) ke cluster terdekat menggunakan persamaan ukuran jarak *Euclidian Distance* dengan persamaan berikut :

$$d(x,y) = \|x-y\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad ; 1,2,3, \dots, n \quad \dots(2.1)$$

Keterangan :

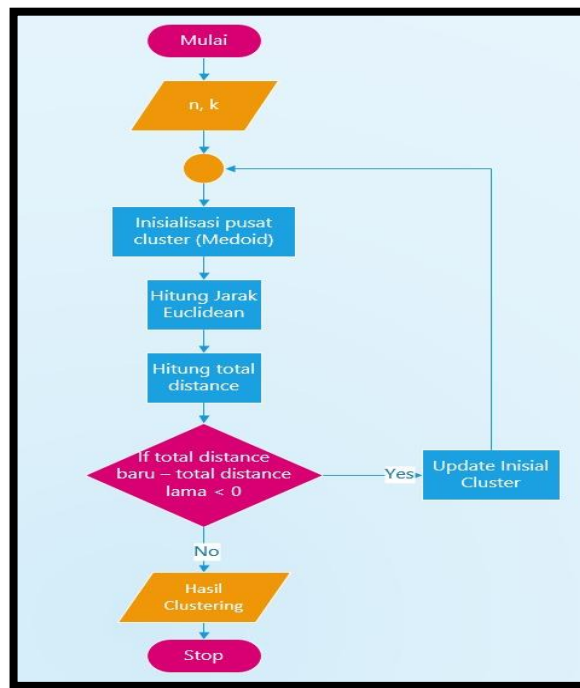
$x = \text{Data}$

$y = \text{Pusat Cluster}$

$n = \text{Jumlah data}$

3. Pilih secara acak objek pada masing-masing cluster sebagai kandidat medoid baru.
4. Hitung jarak setiap objek yang berada pada masing-masing cluster dengan kandidat medoid baru.
5. Hitung total simpangan (S) dengan menghitung nilai total distance baru – total distance lama. Jika $S < 0$, maka tukar objek dengan data cluster untuk membentuk sekumpulan k objek baru sebagai medoid.
6. Ulangi langkah 3 sampai 5 hingga tidak terjadi perubahan medoid, sehingga didapatkan cluster beserta anggota cluster masing-masing.

Berikut merupakan alur kerja dari *K-Medoids Clustering* :



Gambar 2. 1. Flowchart Metode K-Medoids Clustering (Pulungan, Suhada, & Suhendro, 2019)

2.8 Penelitian Terkait

Berikut ini adalah beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan :

- a. Clustering Data Kejadian Tsunami yang Disebabkan Oleh Gempa Bumi Dengan Menggunakan Algoritma K-Medoids oleh (Simamora, Furqon, & Priyambadha, 2017) yang melakukan pengelompokan data kejadian tsunami yang disebabkan oleh gempa bumi dengan metode K-Medoids. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan hasil bahwa jumlah cluster terbaik untuk mengelompokan dataset tsunami adalah 2 *cluster*.
- b. Pengelompokan Kejadian Gempa Bumi Menggunakan *Fuzzy C-Means Clustering* oleh (Arista, Asmara, & Puspitasari, 2017) yang melakukan pengelompokan kejadian gempa bumi dengan metode *Fuzzy C-Means Clustering*. Hasil dari pengelompokan ditampilkan dalam bentuk tabel dan dalam bentuk koordinat peta *Google Maps*.
- c. Implementasi Metode K-Medoids Clustering Untuk Pengelompokan Data Potensi Kebakaran Hutan/Lahan Berdasarkan Titik Panas (Hotspot) oleh (Pramesti, Furqon, & Dewi, 2017) yang memperoleh kualitas *clustering* yang dihasilkan berdasarkan proses pengujian yang dilakukan didapatkan hasil nilai *Silhouette Coefficient* tertinggi yaitu 0.567485053 dengan jumlah cluster 2 dan jumlah data 7352.
- d. Analisis Clustering Gempa Bumi Selama Satu Bulan Terakhir Dengan Menggunakan Algoritma Self-Organizing Maps (Soms) Kohonen oleh (Febriani A & Hakim, 2015). Berdasarkan penelitian ini dapat dilihat pola pola sumber gempa dengan magnitude dan kedalaman masing masing, dimana berdasarkan hasil cluster daerah yang perlu diawasi adalah daerah disekitar Sulawesi karena frekuensi terjadinya gempa selama satu bulan terakhir paling banyak terjadi gempa dengan sumber gempa di Minahasa Penunsula.
- e. Budaya Kerentanan dan Kapasitas Masyarakat Kepulauan Mentawai Menghadapi Bencana Gempa Bumi dan Tsunami oleh (Sitorus, 2018), dari penelitian tersebut didapatkan simpulan yaitu Kabupaten Kepulauan Mentawai merupakan daerah yang memiliki risiko terjadinya gempa bumi besar yang mengakibatkan terjadinya tsunami. Desa Maileppet dan Desa Tuapeijat merupakan daerah yang memiliki risiko untuk terjadi bencana tersebut. Bahaya yang bisa terjadi sewaktu-waktu membuat masyarakat harus waspada dan bersiap menghadapi ancaman tersebut.

f. Korelasi Tingkat Seismisitas dan Periode Ulang Gempa Bumi di Kepulauan Mentawai dengan Menggunakan Metode Guttenberg Richter oleh (Fidia, Pujiastuti, & Z.Sabarani, 2018) yang dapat disimpulkan bahwa : Nilai parameter aktivitas gempa bumi untuk daerah penelitian diperoleh nilai b sebesar 0,8372 dan nilai a sebesar 6,8094 serta nilai indeks seismisitas untuk magnitudo 5 - 8 berkisar antara 2,1580 – 0,0066, Kondisi ini menunjukkan bahwa daerah Kepulauan Mentawai dan sekitarnya diprediksi memiliki tingkat keaktifan gempa yang tinggi dan memiliki energi besar yang masih tersimpan sehingga berpotensi terjadi gempa besar di wilayah tersebut. Hasil perhitungan periode ulang gempa bumi berbeda-beda untuk magnitudo 5-8 berkisar antara 0,4633 tahun – 150,5033 tahun.

Dari beberapa penelitian yang telah disebutkan sebelumnya dapat diketahui bahwa Kabupaten Kepulauan Mentawai merupakan daerah yang memiliki risiko terjadinya gempa bumi besar yang mengakibatkan terjadinya tsunami. Sehingga sangat cocok untuk peneliti melakukan penelitian dengan pola sebaran gempa bumi di Kabupaten Kepulauan Mentawai. Selain itu, dari beberapa penelitian yang telah disebutkan untuk mengelompokkan pola sebaran gempa bumi dapat dilakukan dengan metode *clustering*. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang sudah ada yaitu pada proses pengelompokkan data menggunakan metode K-Medoids.

III. METODE PENELITIAN

1. Jenis Penelitian

Jenis Penelitian yang digunakan adalah penelitian terapan. Penelitian terapan ini bertujuan untuk menerapkan teknologi penginderaan jauh untuk memetakan pola sebaran titik gempa bumi mentawai berdasarkan kedalaman dan kekuatan gempa dengan mengimplementasikan metode *k-medoids clustering*. Penelitian ini dilakukan untuk memberikan informasi kepada masyarakat umum mengenai pola sebaran titik gempa mentawai. Penelitian Terapan dilakukan untuk mencari pemecahan masalah-masalah nyata (riil) dalam kehidupan secara ilmiah. Hasil penelitian yang obyektif mengenai latar belakang dan sebab-sebab suatu masalah, merupakan petunjuk yang dapat dipergunakan dalam menyusun implementasi dan alternatif saran-saran tindakan dalam menyelesaikan masalah tersebut (Nawawi & Martini, 2005).

2. Sarana Pendukung

Dalam penelitian ini, sarana pendukung yang dibutuhkan berupa perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

a. Perangkat lunak (software)

Adapun Perangkat Lunak yang digunakan antara lain: Sistem Operasi Windows 10, *Laragon* 4.0.16, *Visual Studio Code* versi 1.42 (*Text Editor*), *Google Chrome* (*Browser*), *Microsoft Office* 2018, *Microsoft Visio* 2018, *Google Maps*, *Maps API*

b. Perangkat keras (hardware)

Adapun Perangkat Lunak yang digunakan antara lain: *Processor Intel(R) Core™ i5-10210U*, *RAM 8 GB DDR 4*, *512 GB PCIe (R) NVMe™ M.2 SSD* dan printer

3. Metode Pengumpulan Data

Jenis data yang akan digunakan pada penelitian ini adalah data kekuatan dan kedalaman gempa selama 10 tahun terakhir (tahun 2009 – 2019).

Pada Penelitian berdasarkan data yang akan dikumpulkan akan dilaksanakan dengan metode-metode berikut:

a. Studi Pustaka

Metode studi pustaka dilakukan dengan cara mengumpulkan data-data yang akan digunakan dari berbagai literatur, seperti jurnal, media buku dan internet yang berhubungan dengan judul penelitian, sehingga dapat membantu proses pengerjaan tugas akhir. Untuk data kekuatan dan kedalaman gempa mentawai sendiri diambil langsung dari *website usgs.gov*.

b. Metode Studi Analisis

Metode studi analisis ini dilakukan dengan cara melakukan analisis terhadap masalah yaitu *pengclusteran* titik gempa berdasarkan data kekuatan dan kedalaman gempa mentawai dan pembuatan layout peta sebagai tambahan untuk menentukan pola sebaran titik gempa mentawai dengan bantuan *Google Maps*.

4. Metode Pengujian Sistem

Pada penelitian ini digunakan metode pengujian kotak hitam (*Black-Box Testing*) yaitu menguji perangkat lunak dari segi spesifikasi fungsional tanpa menguji desain dan kode program. Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui

apakah fungsi-fungsi, masukan, dan keluaran dari perangkat lunak sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Pengujian kotak hitam dilakukan dengan membuat kasus uji yang bersifat mencoba semua fungsi dengan memakai perangkat lunak apakah sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Kasus uji yang dibuat untuk melakukan pengujian kotak hitam harus dibuat dengan kasus benar dan kasus salah.

5. Diagram Alir Sistem

Adapun gambar diagram alur kerja penelitian per indikator yang digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 1. Flowchart Diagram

IV. ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

1. Analisis Masalah

Hampir setiap tahun kerap kali terjadi gempa bumi di beberapa daerah di kepulauan Mentawai. Gempa bumi yang terjadi sangat bervariasi dengan kekuatan dan kedalaman gempa yang berbeda. Maka dari itu diperlukan adanya kajian untuk mengetahui pusat-pusat gempa yang terjadi di kepulauan mentawai. Hal ini bertujuan untuk memetakan pola sebaran gempa rendah, sedang ataupun tinggi yang akan memberikan informasi daerah-daerah mana saja yang menjadi pusat gempa tersebut. Dengan adanya informasi tersebut diharapkan dapat menjadi pengetahuan bagi masyarakat setempat untuk mewaspadaikan daerah-daerah yang

kerap kali terjadi gempa bumi. Pada penelitian ini digunakan tiga (3) *clustering* gempa yaitu gempa rendah, gempa sedang dan gempa tinggi.

2. Analisis Kebutuhan Sistem

Sebelum membuat sebuah sistem maka sudah dilakukan analisis sistem terlebih dahulu. Dimana analisis sangat penting untuk kebutuhan apakah sistem harus dibuat terbaru atau memperbarui sistem yang ada. Analisis sistem meliputi analisis antarmuka (*interface*) pengguna dan analisis alur kerja sistem.

3. Perancangan Sistem

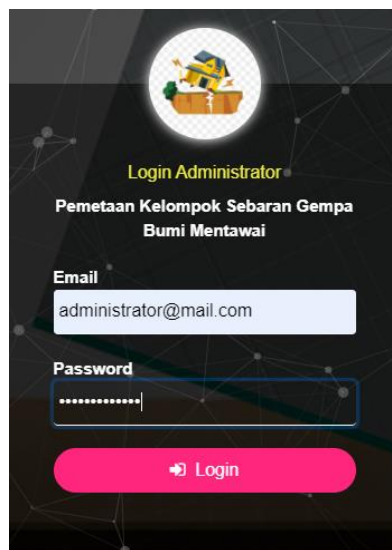
Perancangan yang dilakukan dalam pemetaan pola sebaran titik gempa bumi mentawai berdasarkan kedalaman dan kekuatan gempa dengan mengimplementasikan metode *k-medoids clustering* adalah perancangan *Unified Modeling Diagram (UML)*.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Implementasi Antarmuka

Pada bagian sub menu implementasi sistem ini akan membahas penerapan perancangan kedalam sistem informasi pola sebaran gempa ini. Pada sistem ini, terdapat halaman yang dapat diakses langsung oleh pengguna secara umum dan dapat juga diakses oleh aktor admin untuk melakukan manajemen data. Berikut hasil dari penerapan rancangan antarmuka sistem yang telah diterapkan ke dalam sistem.

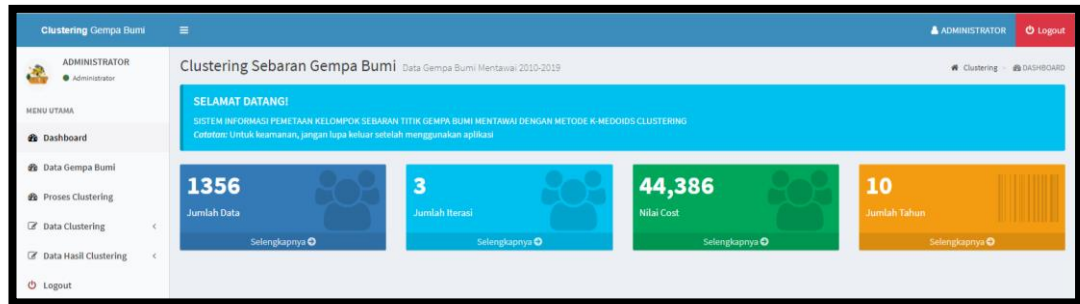
A. Halaman *Login*



Gambar 5. 1. Halaman *Form Login*

Untuk dapat melakukan manajemen sistem admin diharuskan untuk masuk kedalam sistem terlebih dahulu dengan menginputkan *username* dan *password* yang benar.

B. Halaman Dashboard



Gambar 5. 2. Halaman *Dashboard*

Pada gambar 5.2. Halaman Dashboard diatas merupakan tampilan sistem awal yang memuat informasi tentang jumlah data sebanyak 1356 data, jumlah iterasi, jumlah nilai cost dan jumlah tahun sebanyak 10 tahun yaitu tahun 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 san 2019.

C. Halaman Data Gempa Bumi Mentawai

No	Tahun	Latitude	Longitude	Kedalaman	Kekuatan	Nama Lokasi
1	2012	-0.23	98.499	35	4.4	Kepulauan Batu, Indonesia
2	2012	-1.994	100.797	65.3	4.6	southern Sumatra, Indonesia
3	2012	-4.108	101.776	43.5	4.2	southern Sumatra, Indonesia
4	2012	-3.432	100.787	35	4.5	Kepulauan Mentawai region, Indonesia
5	2012	-3.54	100.542	10	4.9	Kepulauan Mentawai region, Indonesia
6	2012	-5.156	102.283	41	4.8	southern Sumatra, Indonesia
7	2012	0.265	97.642	13.5	4.3	Nias region, Indonesia
8	2012	-4.535	102.826	35.3	5.2	southern Sumatra, Indonesia
9	2012	-4.941	102.97	48.4	4.3	southern Sumatra, Indonesia
10	2012	-4.775	103.118	72	4.5	southern Sumatra, Indonesia

Gambar 5. 3. Halaman data gempa bumi mentawai

Pada gambar 5.3. Halaman data gempa bumi mentawai diatas merupakan halaman yang berisi informasi data gempa bumi mentawai berupa koordinat daerah yang terbagi berdasarkan *latitude* dan *longitude*, kedalaman dan kekuatan gempa dan yang terakhir terdapat informasi nama lokasi terjadinya gempa tersebut.

D. Halaman Proses *Clustering*

Clustering Sebaran Gempa Bumi Data Gempa Bumi Mentawai 2010-2019

Perkataan : Iterasi ke 4 sudah berhasil silahkan lanjutkan iterasi jika diperlukan !!

Clustering Data Gempa

JUMLAH ITERASI: 4 Iterasi

CLUSTER SATU: 123 Data

CLUSTER DUA: 292 Data

CLUSTER TIGA: 941 Data

Data Clustering 1

Show 10 entries

No	Tahun	Latitude	Longitude	Kedalaman	Kekuatan
1	2010	-0.897	99.845	79.5	4.8
2	2010	-2.695	101.031	79.4	4.4
3	2010	-0.847	99.943	77.5	4.8
4	2010	-4.616	103.197	67.2	4.1
5	2010	-0.572	99.527	68.3	4.2
6	2010	0.336	98.854	75.9	4.5
7	2010	-2.223	100.859	74.1	4.7
8	2010	-4.954	102.888	63.2	4.2

Gambar 5. 4. Halaman Proses *Clustering*

Pada gambar 5.4. Halaman Proses *Clustering* tersebut merupakan halaman yang berisi tentang jumlah iterasi yang dilakukan, jumlah iterasi ini akan berhenti jika nilai *cost* saat ini lebih besar dari jumlah *cost* sebelumnya, pada gambar memberikan informasi terdapat 3 iterasi, selait itu terdapat juga hasil dari jumlah *clustering* 1, *clustering* 2 dan *clustering* 3 karena penelitian ini membagi menjadi 3 *clustering*. Selain itu, juga akan memberikan informasi mengenai data latitude, longitude, kedalaman, kekuatan dan tahun terjadi gempa.

E. Halaman Data *Clustering* (Pusat Cluster)

Clustering Sebaran Gempa Bumi Data Gempa Bumi Mentawai 2010-2019

Data Pusat Cluster

Show 10 entries

No	Iterasi Ke	Cluster Ke	Kedalaman	Kekuatan
1	1	1	14.7	4.8
2	1	2	10.5	4.1
3	1	3	57.83	5
4	2	1	35.16	4.7
5	2	2	56.8	4
6	2	3	60.33	4.5
7	3	1	67.2	4.1
8	3	2	96.52	4.1
9	3	3	67.16	4.8

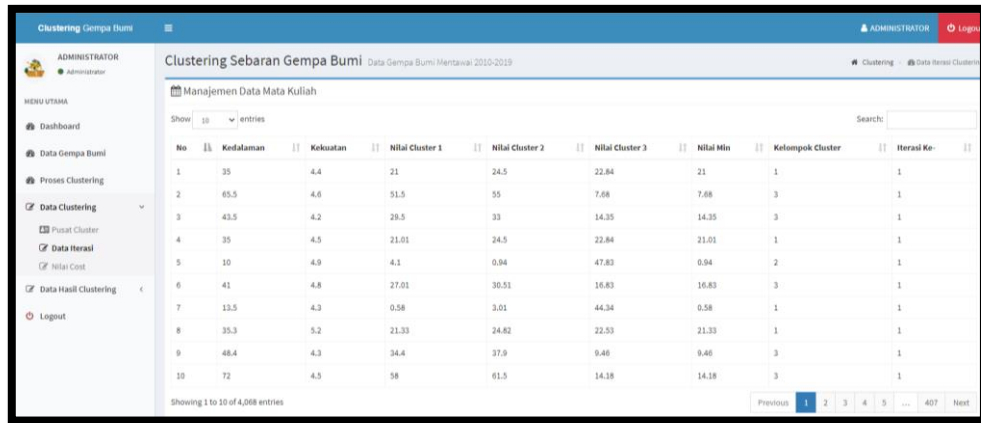
Showing 1 to 9 of 9 entries

Previous 1 Next

Gambar 5. 5. Data *Clustering* (Pusat Cluster)

Pada gambar 5.5. Halaman Data *Clustering* (Pusat *Cluster*) diatas memberikan informasi data-data pusat cluster yang dipilih secara random data yang ditampilkan berupa data iterasi ke, cluster ke, dan data kedalaman serta kekuatannya.

F. Halaman Data *Clustering* (Data Iterasi)

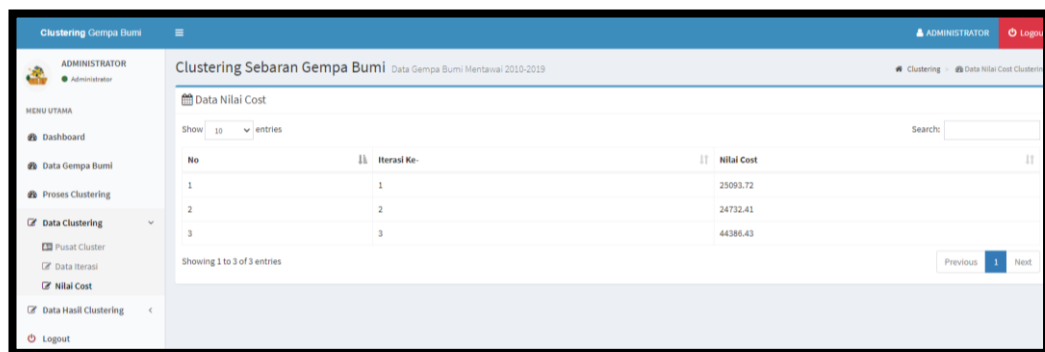


No	Kedalaman	Kekuatan	Nilai Cluster 1	Nilai Cluster 2	Nilai Cluster 3	Nilai Min	Kelompok Cluster	Iterasi Ke-
1	35	4.4	21	24.5	22.84	21	1	1
2	65.5	4.6	51.5	55	7.68	7.68	3	1
3	43.5	4.2	29.5	33	14.35	14.35	3	1
4	35	4.5	21.01	24.5	22.84	21.01	1	1
5	10	4.9	4.1	0.94	47.83	0.94	2	1
6	41	4.8	27.01	30.51	16.83	16.83	3	1
7	13.5	4.3	0.58	3.01	44.34	0.58	1	1
8	35.3	5.2	21.33	24.82	22.53	21.33	1	1
9	48.4	4.3	34.4	37.9	9.48	9.48	3	1
10	72	4.5	58	61.5	14.18	14.18	3	1

Gambar 5. 6. Halaman Data Clustering (Data Iterasi)

Pada gambar 5.6. Halaman Data *Clustering* (Data Iterasi) diatas memberikan informasi dari data kedalaman, kekuatan, nilai cluster 1, nilai cluster 2, nilai cluster 3, nilai minimal dari nilai cluster 1, cluster 2 dan cluster 3. Mengambil nilai minimal karena mencari jarak terkecil antara objek dan pusat cluster. Selanjutnya terdapat informasi kelompok cluster. Kelompok cluster disini maksudnya data tersebut termasuk kedalam cluster berapa, jika nilai minimal terdapat pada cluster 3 misalnya, maka data tersebut termasuk dalam kelompok cluster 3. Serta yang terakhir memberikan informasi mengenai iterasi seberapa.

G. Halaman Data Clustering (Nilai Cost)



No	Iterasi Ke-	Nilai Cost
1	1	25093.72
2	2	24732.41
3	3	44386.43

Gambar 5. 7. Halaman Data Clustering (Data Iterasi)

Pada gambar 5.7. Halaman Data Clustering (Data Iterasi) menampilkan informasi mengenai data iterasi ke dan nilai cost dari data iterasinya.

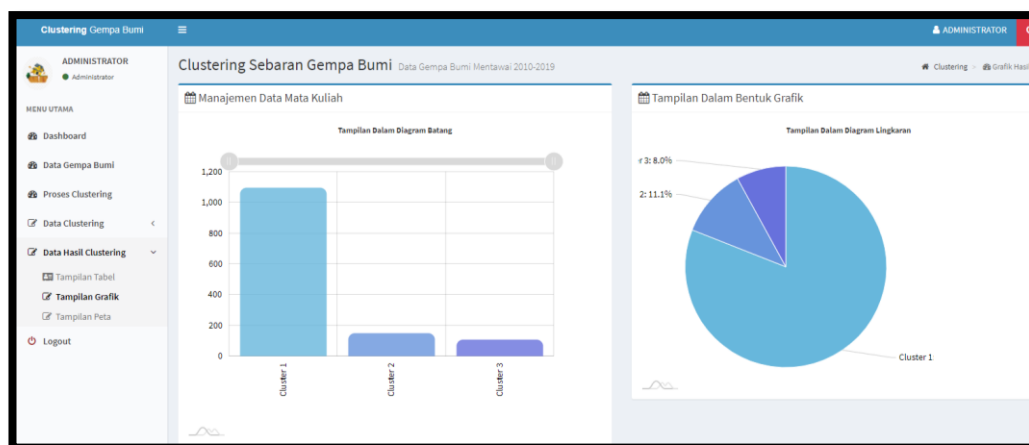
H. Halaman Tampilan Data Dalam Bentuk Tabel

No	Kedalaman	Kekuatan	Nilai Cluster 1	Nilai Cluster 2	Nilai Cluster 3	Nilai Min	Kelompok Cluster	Iterasi Ke-
1	35	4.4	21	24.5	22.84	21	1	1
2	65.5	4.6	51.5	55	7.68	7.68	3	1
3	43.5	4.2	29.5	33	14.35	14.35	3	1
4	35	4.5	21.01	24.5	22.84	21.01	1	1
5	10	4.9	4.1	0.94	47.83	0.94	2	1
6	41	4.8	27.01	30.51	16.83	16.83	3	1
7	13.5	4.3	0.58	3.01	44.34	0.58	1	1
8	35.3	5.2	21.33	24.82	22.53	21.33	1	1
9	48.4	4.3	34.4	37.9	9.46	9.46	3	1
10	72	4.5	58	61.5	14.18	14.18	3	1

Gambar 5. 8. Halaman Tampilan Data Dalam Bentuk Tabel

Pada gambar 5.8. Halaman tampilan data dalam bentuk tabel diatas memberikan informasi mengenai data kedalaman, kekuatan, nilai cluster 1, nilai cluster 2, nilai cluster 3, nilai min, kelompok cluster dan iterasi keberapa data tersebut berjalan.

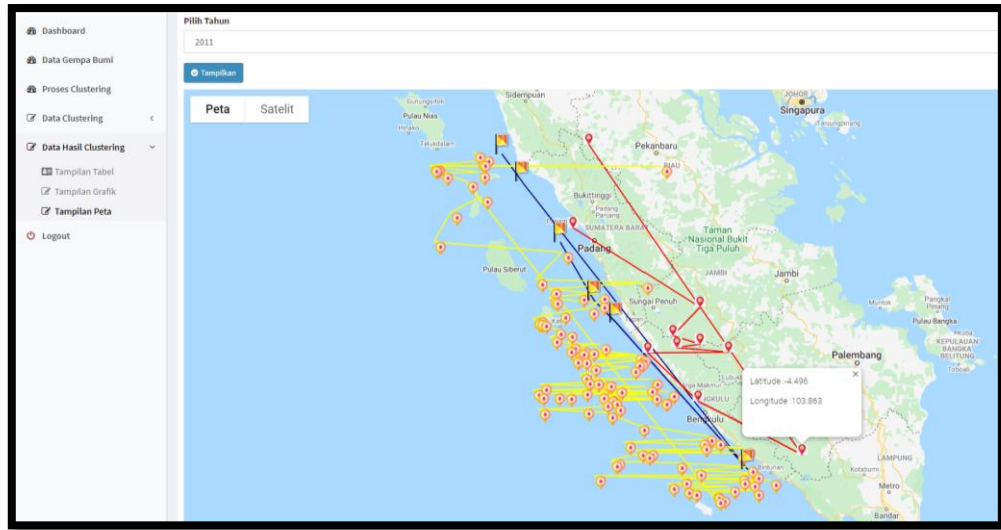
I. Halaman Tampilan Data Dalam Bentuk Grafik



Gambar 5. 9. Halaman Tampilan Data Dalam Bentuk Grafik

Pada gambar 5.9. Halaman tampilan data dalam bentuk grafik diatas memberikan informasi mengenai jumlah data setiap *cluster* yang terdapat pada *cluster 1*, *cluster 2* dan *cluster 3*. Data tersebut disajikan kedalam bentuk grafik batang dan grafik lingkaran.

J. Halaman Tampilan Data Dalam Bentuk Peta



Gambar 5. 10. Tampilan data dalam bentuk peta

Pada gambar 5.10. Tampilan data dalam bentuk peta diatas memberikan informasi pola sebaran yang dihasilkan dari 3 *cluster*, dengan masing-masing warna garis biru, merah dan kuning. Setiap titik koordinat akan dihubungkan dengan garis.

2. Hasil Pengujian Implementasi *K-Medoids*

Pada penelitian ini, akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode *K-Medoids Clustering*, maka akan dilakukan perhitungan dengan mencari pusat *cluster* sebanyak *k* yaitu samadengan 3. Sebelum ketahapan perhitungan, berikut merupakan data yang akan diolah nantinya :

Tabel 5. 1. Data Penelitian

Tahun	latitude	Longitude	depth	Mag
2019	-2.0879	100.618	64.65	4.5
2019	-4.2173	102.1178	73.43	4.2
2019	-2.2276	99.3207	10	4.4
2019	-2.8469	100.9598	35	4.4
2019	-2.9702	100.9448	40.28	5.6
2019	0.5676	99.8691	167.24	4.7
2019	-4.5951	102.2283	42.56	4.7
2019	-0.9072	97.9212	10	5
2019	-0.9122	97.8908	10	4.7
2019	-5.2035	103.6705	69.84	4.8

a. Inisialisasi Pusat *Cluster* sebanyak *k*

Pada penelitian ini digunakan 3 cluster yaitu gempa rendah, gempa sedang dan gempa tinggi. Jadi $k = 3$. Berikut merupakan tabel pusat *cluster* :

Tabel 5. 2. Pusat Cluster

Cluster	Kedalaman	Kekuatan
1	69.02	4.6
2	46.15	4.1
3	59.2	5

- b. Alokasikan setiap data (objek) ke cluster terdekat menggunakan persamaan ukuran jarak *Euclidian Distance* sebagai berikut :

$$d(x,y) = \|x-y\| = x = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad ; 1,2,3, \dots, n$$

Untuk mendapatkan jarak *Euclidian distance* lakukan perhitungan dengan persamaan 2.1 seperti diatas antara tabel 5.1. data penelitian pada kolom *depth* dan *mag* dengan tabel 5.2. pusat *cluster* kolom kedalaman dan kekuatan. Perhatikan perhitungan dibawah berikut :

- c. Proses Jarak Minimal

Untuk mencari jarak minimum sebaiknya buatlah tabel perbandingan nilai antara *cluster* 1, 2, dan 3. Selanjutnya pilih nilai paling kecil dari 3 *cluster* tersebut. Perhatikan nilai minimum yang diambil, jika nilai minimum berasal dari *distance* pertama artinya data tersebut termasuk kedalam *cluster* ke-1 begitu seterusnya. Perhatikan tabel berikut :

Tabel 5. 3. Jarak Minimal

Distance 69.02 dan 4.6	Distance 46.15 dan 4.1	Distance 59.2 dan 5	Nilai Minimum	Cluster ke-
4.371144015	18.50432382	5.47288772	4.371144015	1
4.428103431	27.28018328	14.25246996	4.4281031431	1
59.02033887	36.15124479	49.56	36.15124479	2
34.02058788	11.15403514	24.56	11.15403514	2

Untuk distance 69.02 dan 4.6

$$\sqrt{(64.65 - 69.02)^2 + (4.5 - 4.6)^2}$$

$$\sqrt{(73.43 - 69.02)^2 + (4.2 - 4.6)^2}$$

$$\sqrt{(10 - 69.02)^2 + (4.4 - 4.6)^2}$$

$$\sqrt{(35 - 69.02)^2 + (4.4 - 4.6)^2}$$

$$\sqrt{(40.28 - 69.02)^2 + (5.6 - 4.6)^2}$$

$$\sqrt{(167.24 - 69.02)^2 + (4.7 - 4.6)^2}$$

$$\sqrt{(42.56 - 69.02)^2 + (4.7 - 4.6)^2}$$

$$\sqrt{(10 - 69.02)^2 + (5 - 4.6)^2}$$

$$\sqrt{(10 - 69.02)^2 + (4.7 - 4.6)^2}$$

$$\sqrt{(69.84 - 69.02)^2 + (4.8 - 4.6)^2}$$

Untuk distance 46.15 dan 4.1

$$\sqrt{(64.65 - 46.15)^2 + (4.5 - 4.1)^2}$$

$$\sqrt{(73.43 - 46.15)^2 + (4.2 - 4.1)^2}$$

$$\sqrt{(10 - 46.15)^2 + (4.4 - 4.1)^2}$$

$$\sqrt{(35 - 46.15)^2 + (4.4 - 4.1)^2}$$

$$\sqrt{(40.28 - 46.15)^2 + (5.6 - 4.1)^2}$$

$$\sqrt{(167.24 - 46.15)^2 + (4.7 - 4.1)^2}$$

$$\sqrt{(42.56 - 46.15)^2 + (4.7 - 4.1)^2}$$

$$\sqrt{(10 - 46.15)^2 + (5 - 4.1)^2}$$

$$\sqrt{(10 - 46.15)^2 + (4.7 - 4.1)^2}$$

$$\sqrt{(69.84 - 46.15)^2 + (4.8 - 4.1)^2}$$

Untuk distance 59.2 dan 5

$$\sqrt{(64.65 - 59.2)^2 + (4.5 - 5)^2}$$

$$\sqrt{(73.43 - 59.2)^2 + (4.2 - 5)^2}$$

$$\sqrt{(10 - 59.2)^2 + (4.4 - 5)^2}$$

$$\sqrt{(35 - 59.2)^2 + (4.4 - 5)^2}$$

Dengan pers $\sqrt{(x_i - y_i)^2 + (x_i - y_i)^2}$

$$= \sqrt{19.0969 + 0.01} = 4.371144015$$

$$= \sqrt{19.4481 + 0.16} = 4.428103431$$

$$= \sqrt{3483.3604 + 0.04} = 59.02033887$$

$$= \sqrt{1157.3604 + 0.04} = 34.02058788$$

$$= \sqrt{825.9876 + 1} = 28.75739209$$

$$= \sqrt{9647.1684 + 0.01} = 98.22005091$$

$$= \sqrt{700.1316 + 0.01} = 26.46018896$$

$$= \sqrt{3483.3604 + 0.16} = 59.02135546$$

$$= \sqrt{3483.3604 + 0.01} = 59.02008472$$

$$= \sqrt{0.6724 + 0.04} = 0.844037914$$

Dengan Pers $\sqrt{(x_i - y_i)^2 + (x_i - y_i)^2}$

$$= \sqrt{342.25 + 0.16} = 18.50432382$$

$$= \sqrt{744.1984 + 0.01} = 27.28018328$$

$$= \sqrt{1306.8225 + 0.09} = 36.15124479$$

$$= \sqrt{124.3225 + 0.09} = 11.15403514$$

$$= \sqrt{34.4569 + 2.25} = 6.058621956$$

$$= \sqrt{14662.7881 + 0.36} = 121.0914865$$

$$= \sqrt{12.8881 + 0.36} = 3.63979395$$

$$= \sqrt{1306.8225 + 0.81} = 36.16120158$$

$$= \sqrt{1306.8225 + 0.36} = 36.15497891$$

$$= \sqrt{561.2161 + 0.49} = 23.70033966$$

Dengan Pers $\sqrt{(x_i - y_i)^2 + (x_i - y_i)^2}$

$$= \sqrt{29.7025 + 0.25} = 5.47288772$$

$$= \sqrt{202.4929 + 0.64} = 14.25246996$$

$$= \sqrt{2420.64 + 0.36} = 49.2036584$$

$$= \sqrt{585.64 + 0.36} = 24.20743687$$

$$\begin{aligned}
\sqrt{(40.28 - 59.2)^2 + (5.6 - 5)^2} &= \sqrt{357.9664 + 0.36} = 18.92951135 \\
\sqrt{(167.24 - 59.2)^2 + (4.7 - 5)^2} &= \sqrt{11672.6416 + 0.09} = 108.0404165 \\
\sqrt{(42.56 - 59.2)^2 + (4.7 - 5)^2} &= \sqrt{276.8896 + 0.09} = 16.64270411 \\
\sqrt{(10 - 59.2)^2 + (5 - 5)^2} &= \sqrt{2420.64 + 0} = 49.2 \\
\sqrt{(10 - 59.2)^2 + (4.7 - 5)^2} &= \sqrt{2420.64 + 0.09} = 49.20091463 \\
\sqrt{(69.84 - 59.2)^2 + (4.8 - 5)^2} &= \sqrt{113.2096 + 0.04} = 10.64187953
\end{aligned}$$

28.75739209	6.058621956	19.28	6.058621956	2
98.22005091	121.0914865	108.13	98.22005091	1
26.46018896	3.63979395	16.73	3.63979395	2
59.02135546	36.16120158	49.2	36.16120158	2
59.02008472	36.15497891	49.20091463	36.15497891	2
0.844037914	36.15497891	10.68	0.844037914	1

d. Hitunglah Total Simpangan

Untuk menghitung jumlah total simpangan adalah dengan menjumlahkan semua data yang termasuk kedalam kolom nilai.

$$\begin{aligned}
\text{Nilai cost} &= 4.371144015 + 4.4281031431 + 36.15124479 + 11.15403514 + \\
&+ 6.058621956 + 98.22005091 + 3.63979395 + 36.16120158 + 36.15497891 + \\
&+ 0.844037914 = 237.1832123.
\end{aligned}$$

Setelah didapatkan total simpangan (*cost*) maka clustering sudah terbentuk seperti pada tabel 5.4. jarak minimal. Akan tetapi lakukan iterasi selanjutnya dengan melakukan perhitungan seperti pada poin b sampai poin d untuk mendapatkan nilai *cost* yang baru. Selanjutnya setelah nilai *cost* baru didapatkan lakukanlah pengurangan antara total simpangan (*cost*) lama dengan total simpangan (*cost*) baru. Jika $S < 0$, maka tukar objek dengan data cluster untuk membentuk sekumpulan k objek baru sebagai *medoid*.

e. Ulangi langkah a sampai d untuk mendapatkan nilai total simpangan baru.

f. Hitung total simpangan (S) dengan menghitung nilai total *distance* baru – total *distance* lama. Jika $S < 0$, maka tukar objek dengan data *cluster* untuk membentuk sekumpulan k objek baru sebagai *medoid*.

g. Ulangi semua langkah diatas hingga tidak terjadi perubahan *medoid*, sehingga didapatkan *cluster* beserta anggota *cluster* masing-masing.

3. Hasil Pengujian *Matriks Confusion*

Confusion matrix adalah suatu metode yang biasanya digunakan untuk melakukan perhitungan akurasi pada konsep data mining. (Rahman, Darmawidjadja, & Alamsah, 2017).

Tabel 5. 4. Jumlah Data Gempa Pada masing-masing cluster

	Cluster 1 (sedang)	Cluster 2 (rendah)	Cluster 3 (Tinggi)
Rendah	0	6	0
Sedang	3	0	0
Tinggi	3	5	111

Berdasarkan pada tabel 5.5. Jumlah Data Gempa Pada Masing-Masing *Cluster* diatas *cluster* 1 mewakili rendah yaitu gempa dangkal, *cluster* 2 mewakili sedang yaitu gempa sedang, dan *cluster* 3 mewakili gempa dalam. Selanjutnya akan dilakukan penentuan jumlah data *true positive*, *true negative*, *false positive*, dan *false negative* untuk setiap gempa yang dapat dilihat pada perhitungan berikut :

Tabel 5. 5. Data Arsir Abu-abu Merupakan True Positive

	Cluster 1 (sedang)	Cluster 2 (rendah)	Cluster 3 (Tinggi)
Rendah	0	6	0
Sedang	3	0	0
Tinggi	3	5	111

Nilai yang terdapat dalam arsir abu-abu merupakan nilai *true positive* dari *renda*, *sedang* dan *tinggi*.

Tabel 5. 6. Data arsir merah (sedang), kuning (rendah), hijau tua (tinggi) merupakan *True Negative*

	Cluster 1 (sedang)	Cluster 2 (rendah)	Cluster 3 (Tinggi)
Rendah	0	6	0
Sedang	3	0	0
Tinggi	3	5	111

Untuk mengetahui nilai *true negative* dari gempa rendah jumlahkan angka yang diarsir merah arsir kuning untuk *true negatif* gempa sedang dan arsir hijau tua untuk mendapatkan nilai *true negative* gempa tinggi.

Tabel 5. 7. Data arsir biru (rendah), jingga (sedang), coklat (tinggi) merupakan *False Positive*

	Cluster 1 (sedang)	Cluster 2 (rendah)	Cluster 3 (Tinggi)
Rendah	0	6	0
Sedang	3	0	0
Tinggi	3	5	111

Jumlahkan angka pada kolom biru untuk mendapatkan nilai *false positive cluster* rendah, kolom berwarna jingga untuk mendapatkan *false positive cluster* sedang dan kolom cokelat untuk mendapatkan nilai *false positive cluster* tinggi.

Tabel 5. 8. Data merah muda (rendah), hijau muda (sedang), ungu (tinggi) merupakan *False Negative*

	Cluster 1 (sedang)	Cluster 2 (rendah)	Cluster 3 (Tinggi)
Rendah	0	6	0
Sedang	3	0	0
Tinggi	3	5	111

Jumlahkan angka pada kolom berwarna merah muda untuk mendapatkan nilai *false negative cluster* rendah, kolom berwarna hijau muda untuk mendapatkan *false negative cluster* sedang, dan kolom berwarna ungu untuk mendapatkan nilai *false negative cluster* tinggi.

Tabel 5. 9. Hasil Akhir TP, TN, FP, FN

	<i>True Positive</i>	<i>True Negative</i>	<i>False Positive</i>	<i>False Negative</i>
Rendah	6	117	3	0
Sedang	3	116	5	0
Tinggi	111	9	0	8

True positive adalah data yang memiliki hasil prediksi positif dan nilai sebenarnya positif. *True negative* adalah data yang memiliki hasil prediksi salah

dan nilai sebenarnya juga salah. *False positive* adalah data yang memiliki hasil prediksi benar sedangkan nilai yang sebenarnya salah. *False negative* adalah data yang memiliki hasil prediksi salah sedangkan nilai yang sebenarnya benar (Rahman, Darmawidjadja, & Alamsah, 2017).

Setelah itu, dilakukan perhitungan akurasi per *cluster* dengan menggunakan data pada Tabel-tabel diatas dengan menggunakan rumus Akurasi pada *Confusion Matrix*.

$$\begin{aligned} \text{Cluster A} &= \frac{TP \text{ data A} + TN \text{ data A}}{n} \times 100\% \\ \text{Cluster Rendah} &= \frac{6+117}{128} \times 100\% = 96.09\% \\ \text{Cluster Sedang} &= \frac{3+116}{128} \times 100\% = 92.96\% \\ \text{Cluster Tinggi} &= \frac{11+9}{128} \times 100\% = 93.75\% \\ \text{Akurasi sistem} &= \frac{96.09\%+92.96\%+ 93.75\%}{3} = 94.267 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, persentase akurasi sistem dalam mengenal *cluster* rendah adalah 96.09%, *cluster* sedang 92.96% dan *cluster* tinggi 93.75%. *Cluster* rendah memiliki tingkat presentasi akurasi paling rendah karena banyak data *cluster* lain yang dikelompokkan pada *cluster* ini (*false positive*). Persentase akurasi keseluruhan sistem dalam mengelompokkan ketiga *cluster* (rendah, sedang, tinggi) adalah 94.267 %.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya sebagai berikut :

- Terbentuknya peta pola sebaran titik gempa bumi Mentawai tahun 2009 – 2019 sebanyak tiga (3) *cluster* yaitu *cluster* 1 rendah yang merupakan gempa dalam, *cluster* 2 gempa sedang dan *cluster* 3 tinggi yaitu gempa dangkal
- Terbentuknya grafik dengan diagram batang dan diagram lingkaran hasil analisis terhadap pola sebaran titik gempa Mentawai tahun 2009 – 2019 dengan mengimplementasikan metode *K-Medoids Clustering*.

2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada penelitian ini, maka saran yang dapat diberikan untuk bahan pertimbangan pengembangan penelitian selanjutnya, adalah sebagai berikut :

1. Penambahan indikator yang diteliti selain kedalaman dan kekuatan gempa
2. Studi kasus lebih diluaskan lagi dengan data terbaru
3. Menggunakan metode penelitian lainnya yang dapat mengclustering data sebaran gempa bumi lebih baik lagi
4. Sistem dapat dikembangkan menjadi aplikasi berbasis *android/iOS*.

VII. DAFTAR PUSTAKA

Arista, R. R., Asmara, R. A., & Puspitasari, D. (2017). Pengelompokan Kejadian Gempa Bumi Menggunakan Fuzzy C-Means Clustering. *Jurnal Teknologi Informatika Dan Terapan* , 4, 103-110.

BNPB, B. N. (2010). *Rencana Aksi Rehabilitasi Dan Rekonstruksi Pasca Bencana, Serta Percepatan Pembangunan Wilayah Kepulauan Mentawai Provinsi Sumatera Barat*. Sumatera Barat.

Febriani A, B. S., & Hakim, R. F. (2015). ANALISIS CLUSTERING GEMPA BUMI SELAMA SATU BULAN TERAKHIR DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA SELF-ORGANIZING MAPS (Soms) KOHONEN. 715-722.

Fidia, R., Pujiastuti, D., & Z.Sabarani, A. (2018). Korelasi Tingkat Seismisitas Dan Periode Ulang Gempa Bumi Di Kepulauan Mentawai Dengan Menggunakan Metode Guttenberg Richter . *Jurnal Fisika Unand*, 7, 84-89.

Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). Data Mining Concepts And Techniques . Dalam D. Cerra (Penyunt.), *Third Edition* (Hal. 454-457). San Francisco: Elsevier.

Hartuti, E. R. (2009). *Buku Pintar Gempa*. Jogjakarta: DIVA Press.

- Nawawi, H., & Martini, M. (2005). *Penelitian Terapan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Nur, A. M. (2010). GEMPA BUMI, TSUNAMI DAN MITIGASINYA. *Jurnal Geografi* , 7, 66-73.
- Pramesti, D. F., Furqon, M., & Dewi, C. (2017). Implementasi Metode K-Medoids Clustering Untuk Pengelompokan Data Potensi Kebakaran Hutan/Lahan Berdasarkan Persebaran Titik Panas (Hotspot) . *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 1, 723-732.
- Pulungan, N., Suhada, & Suhendro, D. (2019). PENERAPAN ALGORITMA K-MEDOIDS UNTUK MENGELOMPOKKAN PENDUDUK 15 TAHUN KEATAS MENURUT LAPANGAN PEKERJAAN UTAMA. *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi Dan Komputer)*, 329-344.
- Rahman, M. F., Darmawidjaja, M. L., & Alamsah, D. (2017). KLASIFIKASI UNTUK DIAGNOSA DIABETES MENGGUNAKAN METODE BAYESIAN REGULARIZATION NEURAL NETWORK (RBNN). *Jurnal Informatika*, 11, 36-45.
- Santosa, B., Conway, T., & Trafalis, T. (2007). A Hybrid Knowledge Based-Clustering Multi-Class SVM Approach For Genes Expression Analysis. *Data Mining In Biomedicine*, 7, 261-274.
- Septiningrum, L., & Cahyadi, M. N. (2016). Analisis Perubahan Lonosfer Akibat Gempa. *Journal Teknik Vol 5, No.2, (2016) ISSN, C176*.
- Simamora, A. D., Furqon, M. T., & Priyambadha, B. (2017). Clustering Data Kejadian Tsunami Yang Disebabkan Oleh Gempa Bumi Dengan Menggunakan Algoritma K-Medoids. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 1, 635-640.
- Sitorus, P. B. (2018). Budaya Kerentanan Dan Kapasitas Masyarakat Kepulauan Mentawai Menghadapi Bencana Gempa Bumi Dan Tsunami. *Jurnal Vokasi Indonesia*, 6, 25-32.