

CLUSTERING DATA TITIK GEMPA DENGAN METODE FUZZY POSSIBILISTIC C-MEANS

(STUDI KASUS: TITIK GEMPA PULAU SUMATERA TAHUN 2013- 2018)

Sani Putriana¹, Ernawati², Desi Andreswari³

^{1,2,3}Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu.
Jl. WR. Supratman Kandang Limun Bengkulu 38371A INDONESIA
(telp: 0736-341022; fax: 0736-341022)

¹saniputrianaone1@gmail.com

²ernawati@unib.ac.id

³desi.andreswari@unib.ac.id

Abstrak:Berdasarkan data yang dipublikasikan oleh Badan Geologi Amerika Serikat yaitu *United States Geological Survey* (USGS) dalam programnya memonitor aktivitas gempa di seluruh dunia, pada tahun 2013 hingga tahun 2018 tercatat telah terjadi gempa di pulau Sumatera sebanyak 1.443 kali dengan berbagai magnitudo dan kedalaman. Dampak yang disebabkan oleh gempa bumi berbeda-beda bergantung pada magnitudo dan kedalamannya. Untuk mengetahui pengelompokan pola gempa bumi di wilayah pulau Sumatera dapat dilakukan dengan salah satu teknik data mining yaitu *clustering*. Sistem ini dibuat dengan bahasa pemrograman PHP, Tools Google Maps API dan metode pengembangan Waterfall. Pada penelitian ini dilakukan *clustering* data titik gempa menggunakan metode *Fuzzy Possibilistic C-Means*. Sistem ini berhasil mengelompokkan data titik gempa wilayah pulau Sumatera dari tahun 2013 hingga tahun 2018 menjadi 3 kluster. Kluster 1 memuat gempa dangkal dengan kedalaman 3.69 km – 50 km dan kekuatan 2.7 SR – 6.6 SR, kluster 2 memuat gempa dangkal dengan kedalaman 50.09 km – 56.15 km dan kekuatan 4 SR – 5.3 SR, dan kluster 3 memuat gempa dangkal, menengah, dan dalam dengan kedalaman 56.34 km - 365.24 km dan kekuatan 4 SR – 6 SR. Dari hasil *clustering* data titik gempa pulau Sumatera dari tahun 2013 hingga tahun 2018 dengan metode *Fuzzy Possibilistic C-Means* data terkluster berdasarkan kedalaman saja, sedangkan untuk kekuatan gempa bumi menyebar di setiap kluster.

Kata kunci : *Clustering, Fuzzy Possibilistic C-Means, Sumatera, Titik Gempa*

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan peta seismik dunia, diketahui bahwa wilayah kepulauan Indonesia merupakan wilayah yang rawan gempa bumi tektonik, karena kepulauan Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia dan lempeng Pasifik [1]. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari *website* Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

(LIPI), pulau Sumatera merupakan pulau yang rawan terjadi gempa bumi karena posisi pulau Sumatera berada di pertemuan dua lempeng bumi, yakni lempeng Indo-Australia yang terus aktif menunjam ke bawah lempeng Eurasia. Hal ini membuat lempeng Eurasia terus bergeser dan menimbulkan patahan yang memanjang dari ujung utara hingga ke ujung selatan pulau Sumatera. Pulau Sumatera terletak di bagian barat gugusan

kepulauan Indonesia. Secara astronomis pulau Sumatera berada pada posisi 6°LU - 6°LS dan antara 95°BT - 109°BT [2].

Berdasarkan data yang dipublikasikan oleh Badan Geologi Amerika Serikat yaitu *United States Geological Survey* (USGS) dalam programnya memonitor aktivitas gempa di seluruh dunia, pada tahun 2013 hingga tahun 2018 tercatat telah terjadi gempa di pulau Sumatera sebanyak 1.443 kali, yaitu pada tahun 2013 terjadi sebanyak 254 kali, tahun 2014 terjadi sebanyak 288 kali, tahun 2015 sebanyak 236 kali, tahun 2016 sebanyak 221 kali, tahun 2017 sebanyak 192 kali, dan tahun 2018 sebanyak 252 kali dengan berbagai magnitudo dan kedalaman. Rentang kekuatan gempa yang terjadi berkisar antara 2.7 Skala Richter (SR) sampai dengan 6.6 SR dan rentang kedalaman 3.69 km sampai dengan 365.24 km. Dampak yang disebabkan oleh gempa bumi berbeda-beda bergantung pada magnitudo dan kedalamannya. Untuk mengetahui pengelompokan pola gempa bumi di wilayah pulau Sumatera dapat dilakukan dengan salah satu teknik data mining yaitu *clustering* [3].

Penelitian terkait dengan judul “Pengelompokan Kejadian Gempa Bumi Menggunakan *Fuzzy C-Means Clustering*, Studi Kasus Data Gempa Wilayah Indonesia Tahun 1674-2017”, pada penelitian ini pengelompokan kejadian gempa berdasarkan parameter kekuatan dan dampak gempa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter kekuatan gempa dan parameter dampak gempa tidak memiliki keterkaitan [4]. Penelitian terkait lainnya dengan judul “Aplikasi *Fuzzy C-Means Clustering* untuk Mengelompokkan Data Gempa Bumi di Provinsi Bengkulu, Studi Kasus : Data Gempa Bumi di Provinsi Bengkulu Tahun 1971-April 2017”, pada penelitian ini hasil pengklasteran menunjukkan bahwa meskipun

pengklasteran dibentuk berdasarkan letak *latitude*, *longitude*, dan kedalaman, namun data hanya mengelompok berdasarkan kedalaman saja [5].

Penelitian terkait lainnya “Analisis Perbandingan Hasil Penyelesaian Metode *Fuzzy Gustafson –Kessel* Dan *Fuzzy Possibilistic C-Means Clustering*”, pada penelitian ini dilakukan pengelompokkan tingkat kemiskinan di kabupaten Jember menggunakan metode FGM dan FPCM. Hasil analisis berdasarkan kriteria simpangan baku didapatkan hasil metode FPCM lebih baik dari pada FGM [6]. Penelitian terkait lainnya “Perbandingan Metode *Fuzzy C-Means*, *Fuzzy Possibilistics C-Means* dan *Possibilistics Fuzzy C-Means* Pada Noisy Data (Studi Kasus: Fasilitas Tempat Tinggal Setiap Propinsi Tahun 2017)”, pada penelitian ini dilakukan perbandingan tiga metode yaitu Metode *Fuzzy C-Means*, *Fuzzy Possibilistics C-Means* dan *Possibilistics Fuzzy C-Means* pada noisy data fasilitas tempat tinggal setiap Propinsi tahun 2017. Hasilnya perbandingan indeks validitas *cluster Modified Partition Coefficient* (MPC) didapatkan bahwa metode *Fuzzy Possibilistics C Means* (FPCM) merupakan metode terbaik dibandingkan dengan metode *Fuzzy C-Means* (FCM) dan *Possibilistics Fuzzy C Means* (PFCM). Jumlah *cluster* yang optimal pada metode *Fuzzy Possibilistics C Means* (FPCM) ialah 5 *cluster*. Dari kelima *cluster* tersebut, *cluster* 4 merupakan *cluster* dengan fasilitas tempat tinggal paling layak dibandingkan dengan yang lainnya [7].

Dari beberapa penelitian diatas yang telah disebutkan dapat diketahui bahwa Algoritme *Fuzzy C-Means Clustering* dapat diterapkan untuk mengelompokkan data atau kejadian gempa bumi berdasarkan parameter kedalaman dan kekuatan gempa. Algoritme *Fuzzy C-Means Clustering* dapat mengelompokkan beberapa data menjadi beberapa *cluster* yang telah ditentukan. Kelemahan dari

metode FCM yang di perbaiki dengan metode PCM membentuk algoritme baru yang kemudian disebut *Fuzzy Possibilistic C-Means* (FPCM). Metode *Fuzzy Possibilistic C-Means* merupakan gabungan dari metode FCM dan PCM, gabungan kedua metode ini dari hasil penelitian diatas memperoleh hasil yang lebih baik.

Oleh karena itu, pada penelitian kali ini peneliti mencoba menggunakan metode *Fuzzy Possibilistic C-Means* untuk mengelompokkan data titik gempa di wilayah pulau Sumatera berdasarkan kedalaman dan kekuatan gempa. *Clustering* dilakukan untuk mengetahui pengelompokkan pola gempa yang terjadi di wilayah pulau Sumatera dari tahun 2013 hingga tahun 2018. Hasil pengelompokkan ditampilkan dalam bentuk tabel dan dalam bentuk titik koordinat dalam *google maps*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Gempa Bumi

Gempa bumi (*earthquake*) adalah peristiwa bergetar atau bergoncangnya bumi karena pergerakan/pergeseran lapisan batuan pada kulit bumi secara tiba-tiba akibat pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Gempa bumi yang disebabkan oleh aktivitas pergerakan lempeng tektonik disebut gempa bumi tektonik. Namun selain itu, gempa bumi bisa saja terjadi akibat aktifitas gunung berapi yang disebut sebagai gempa bumi vulkanik. Pergerakan tiba-tiba dari lapisan batuan di dalam bumi menghasilkan energi yang dipancarkan ke segala arah berupa gelombang gempa bumi atau gelombang seismik. Ketika gelombang ini mencapai permukaan bumi, getarannya dapat merusak segala sesuatu di permukaan bumi seperti bangunan dan infrastruktur lainnya sehingga dapat menimbulkan korban jiwa dan harta benda [8].

1. Kedalaman dan Kekuatan Gempa Bumi

Menurut BMKG klasifikasi gempa bumi berdasarkan kedalaman fokus (*hypocentre*) sebagai berikut:

- Gempa Bumi Dangkal (*shallow*) kurang dari 70 km dibawah permukaan bumi.
- Gempa Bumi Menengah (*intermediate*) antara 70 km - 300 km dibawah permukaan bumi.
- Gempa Bumi Dalam (*deep*) lebih dari 300 km dibawah permukaan bumi.

Gempa bumi dangkal menimbulkan efek guncangan dan kehancuran yang lebih dahsyat dibanding gempa bumi dalam. Ini karena sumber gempa bumi lebih dekat ke permukaan bumi sehingga energi gelombangnya lebih besar. Untuk mengetahui intensitas kekuatan gempa, maka digunakan skala intensitas gempa. Salah satu skala yang biasa digunakan adalah *Ritcher Magnitude Scale* (Skala Richter). Semakin besar angka maka semakin besar magnitudonya [8].

Menurut BMKG, berdasarkan kekuatannya atau magnitudo (M) berskala Richter (SR) dapat dibedakan atas : [8].

- Gempa bumi sangat besar $M > 8$ SR
- Gempa bumi besar $M 7 - 8$ SR
- Gempa bumi merusak $M 5 - 6$ SR
- Gempa bumi sedang $M 4 - 5$ SR.
- Gempa bumi kecil $M 3 - 4$ SR
- Gempa bumi mikro $M 1 - 3$ SR
- Gempa bumi ultra mikro $M < 1$ SR

B. *Clustering*

Clustering atau klasterisasi adalah suatu teknik atau metode untuk mengelompokkan data. Menurut Than 2006, *clustering* adalah sebuah proses untuk mengelompokkan data kedalam beberapa *cluster* atau kelompok sehingga data dalam suatu kluster memiliki tingkat kemiripan

yang maksimum dan data antar kluster memiliki kemiripan yang minimum [9].

Clustering berbeda dengan klasifikasi, klasifikasi adalah suatu teknik atau metode untuk menentukan sebuah *record* data baru ke salah satu dari beberapa kategori (kelas) yang telah didefinisikan sebelumnya. Disebut juga dengan '*supervised learning*'. Sedangkan *clustering* adalah suatu teknik atau metode untuk mempartisi data-set menjadi beberapa sub-set atau kelompok sedemikian rupa sehingga elemen-elemen dari suatu kelompok tertentu memiliki tingkat similaritas yang tinggi dalam satu kelompok dan tingkat similaritas antar kelompok yang rendah. Disebut juga dengan '*unsupervised learning*' [10].

C. Algoritme Fuzzy Possibilistic C-Means

a) Fuzzy C-Means

Fuzzy C-Means (FCM) adalah suatu teknik pengklusteran data yang mana keberadaan tiap-tiap data dalam suatu *cluster* ditentukan oleh derajat keanggotaan. Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh Jim Bedzek pada tahun 1981 [11].

Algoritme *Fuzzy C-Means Clustering* adalah sebagai berikut: [11].

- Input data yang akan di kluster X, berupa matriks berukuran $n \times m$ (n = jumlah sampel data, m = atribut setiap data). X_{ij} = data sampel ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$), atribut ke- j ($j = 1, 2, \dots, m$).
- Tentukan :
 - Jumlah *cluster* = c ;
 - Pangkat = w ;
 - Maksimum iterasi = $MaxIter$;
 - Error terkecil yang diharapkan = ϵ ;
 - Fungsi objektif awal = $P_0 = 0$;
 - Iterasi awal = $t = 1$;

- Bangkitkan bilangan random μ_{ik} , $i = 1, 2, \dots, n$; $k = 1, 2, \dots, c$; sebagai elemen-elemen matrik partisi awal U.
- Hitung Pusat kluster ke- k : V_{kj} , dengan $k = 1, 2, \dots, c$; dan $j = 1, 2, \dots, m$.

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^w \cdot X_{ij}}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^w} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

V_{kj} = Pusat Kluster ke- k dan kriteria ke- j

X_{ij} = Data ke- i dan kriteria ke- j

μ_{ik} = Bilangan random data ke- i dan kluster ke- k

W = Nilai pangkat

- Hitung fungsi objektif pada iterasi ke- t :

$$P_t =$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \left(\left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu_{ik})^w \right) \dots \dots (2)$$

Keterangan :

P_t = Fungsi objektif pada iterasi ke- t

X_{ij} = Data ke- i dan kriteria ke- j

V_{kj} = Pusat kluster ke- k dan kriteria ke- j

μ_{ik} = Bilangan random data ke- i dan kluster ke- k

W = Nilai pangkat

- Hitung perubahan matriks partisi :

$$\mu_{ik} = \frac{\left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c \left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

μ_{ik} = Elemen matriks baru data ke- i dan kluster ke- k

X_{ij} = Data ke- i dan kriteria ke- j

V_{kj} = Pusat Kluster ke- k dan kriteria ke- j

W = Nilai pangkat

- Cek kondisi berhenti :

o Jika : $(| P_t - P_{t-1} | < \epsilon)$ atau $(t < MaxIter)$ maka berhenti;

o Jika tidak : $t = t + 1$, ulangi langkah ke-d.

Keterangan :

Pt = Fungsi Objektif pada iterasi ke t

t = Iterasi ke-

MaxIter = Iterasi maksimum

b) *Fuzzy Possibilistic C-Means*

Fuzzy Possibilistic C-Means (FPCM) adalah pengembangan dari algoritme *Fuzzy C-Means* (FCM) dengan *Possibilistic C-Means* (PCM). Pada algoritme FCM, nilai μ_{ik} dipengaruhi oleh x_k dan semua pusat *cluster*. Namun tidak demikian dengan PCM. Pada algoritme PCM, nilai t_{ik} hanya dipengaruhi oleh x_k , pusat *cluster* ke- i dan γ_i saja. Dari sini dapat dikatakan bahwa, μ_{ik} merupakan kekhasan relatif, sedangkan t_{ik} merupakan kekhasan absolut (atau sering disebut dengan kekhasan) terhadap *cluster* ke- i . Algoritme FPCM selain menghasilkan pusat *cluster* juga nilai derajat keanggotaan dan nilai kekhasan untuk menentukan setiap titik data yang termasuk pada suatu *cluster* tertentu [12].

Adapun fungsi objektif pada metode *Fuzzy Possibilistic C-Means* (FPCM) ialah :

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c \left(\left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] \mu_{ik}^w t_{ik}^\eta \right) \dots (4)$$

Langkah-langkah *Fuzzy Possibilistic C-Means* (FPCM) adalah [12] :

- Menentukan data yang akan dikelompokkan berupa matriks X berukuran $n \times m$ (n = jumlah sample data, m = atribut setiap data). X_{kj} = data sampel ke- k ($k = 1, 2, 3, \dots, n$), atribut ke- j ($j = 1, 2, 3, \dots, m$).
- Menentukan:
 - Jumlah *cluster* yang akan dibentuk = c
 ≥ 2
 - Pangkat (pembobot) = w dan η (> 1)
 - Iterasi maksimal (MaxIter)
 - Error terkecil yang diharapkan (ϵ)

5) Fungsi objektif awal (P_0) = 0

6) Iterasi awal ($t = 1$) dan $\Delta = 1$

- c. Memanggil matriks partisi U dan pusat *cluster* pada hasil akhir algoritme FCM, untuk menghitung matriks kekhasan absolut, T , sebagai berikut:

dengan elemen matriksnya sebagai berikut :

$$t_{ik} = \left[\sum_{j=1}^n \left(\frac{d_{ik}}{d_{ij}} \right)^{2/(n-1)} \right]^{-1} \dots \dots \dots (6)$$

dengan :

$$d_{ik} = d(x_k - v_i) = \left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{1/2}$$

- d. Memperbaiki pusat kluster V sebagai berikut:

dengan elemen matriks didapat dari persamaan:

$$v_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{ik}^w + t_{ik}^\eta) X_{kj}}{\sum_{k=1}^n (u_{ik}^w + t_{ik}^\eta)} \quad 1 \leq i \leq c; \quad 1 \leq j \leq m.$$

- e. Memperbaiki matriks kekhasan relatif U
- f. Menentukan kriteria berhenti, yaitu perubahan matriks partisi pada iterasi sekarang dengan iterasi sebelumnya, sebagai berikut:

$$\Delta = \|U^t - U^{t-1}\|$$

Apabila $\Delta \leq \epsilon$, maka iterasi dihentikan, namun apabila $\Delta \geq \epsilon$ maka naikan iterasi ($t = t + 1$) dan kembali ke langkah ke-d.

III. METODE PENELITIAN

A. Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data yaitu metode dokumentasi, yaitu suatu teknik untuk memperoleh sebuah informasi tentang hal-hal yang berkaitan dengan data yang digunakan dengan melihat kembali laporan tertulis baik berupa angka maupun keterangan [13]. Dalam penelitian ini data yang diolah berupa data titik gempa wilayah pulau Sumatera dari tahun 2013 hingga tahun 2018 yang diambil dari *website* USGS. Data yang digunakan dalam melakukan *clustering* yaitu berupa koordinat titik gempa yaitu lokasi (latitude dan longitude), tanggal dan waktu, tempat, kedalaman, dan kekuatan gempa. Data tersebut berformat (.csv) yang dapat diolah dalam aplikasi Microsoft Excel.

B. Metode Pengolahan Data

Pengolahan data bertujuan mengubah data mentah dari hasil pengukuran menjadi data yang lebih halus sehingga memberikan arah untuk pengkajian lebih lanjut [14]. Tahap ini dilakukan untuk menghapus atribut data titik gempa yang tidak diperlukan dengan menggunakan perangkat lunak *microsoft excel*. Data titik gempa yang digunakan adalah lokasi (*latitude* dan *longitude*), tanggal dan waktu, tempat, kedalaman, dan kekuatan gempa. Setelah data bersih, data dalam format excel (.xml) tersebut di transformasi kedalam format dalam basis data (.csv).

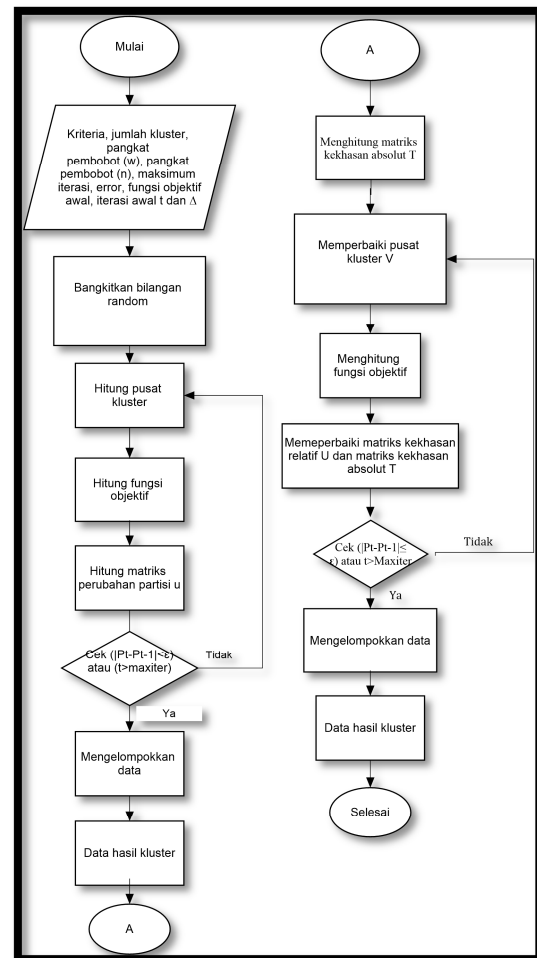
Data yang sudah bersih akan di inputkan kedalam database *MySQL* kemudian dilanjutkan dengan pembuatan program menggunakan bahasa pemrograman *PHP* dan *Framework Codeigniter* yang selanjutnya akan diimplementasikan kedalam bentuk *website* yang akan menampilkan hasil *clustering* menggunakan metode *Fuzzy Possibilistic C-Means*.

IV. ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

A. Analisis Sistem

Analisis sistem adalah suatu proses analisis beberapa bagian sistem yang akan dibangun. Analisis meliputi analisis permasalahan dan analisis kebutuhan sistem.

B. Diagram Alir Metode *Fuzzy Possibilistic C-Means*

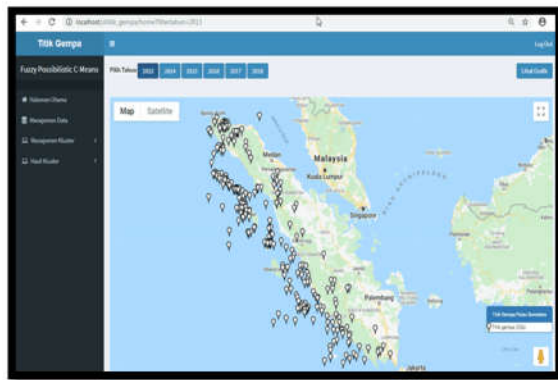


Gambar 1. Diagram Alir Metode *Fuzzy Possibilistic C-Means*

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem

a) Halaman Utama



Gambar 2. Halaman Utama

Halaman utama adalah halaman yang pertama kali pengguna akses ketika menggunakan sistem informasi ini. Pada halaman utama ini terdapat informasi titik-titik gempa wilayah pulau Sumatera dari tahun 2013 hingga tahun 2018. Pada halaman ini pengguna dapat melihat titik-titik gempa pertahun dalam bentuk peta dan grafik. Pada Gambar 2 dapat dilihat titik-titik gempa yang terjadi di wilayah pulau Sumatera pada tahun 2013 sebanyak 254.

b) Halaman Grafik Data Titik Gempa

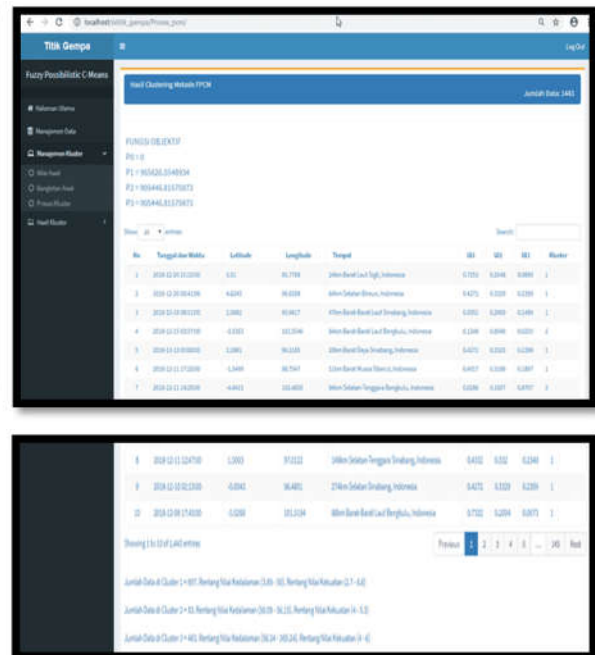


Gambar 3. Grafik Data Titik Gempa

Gambar 3 merupakan halaman grafik data titik gempa wilayah pulau Sumatera dari tahun 2013 hingga tahun 2018. Dapat dilihat pada grafik bahwa jumlah gempa terbanyak terjadi pada tahun 2014 yaitu sebanyak 288 kali dan jumlah gempa paling

sedikit terjadi pada tahun 2017 yaitu sebanyak 192 kali.

c) Halaman Hasil *Clustering* FPCM



Gambar 4. Hasil *Clustering* FPCM

Gambar 4 merupakan tampilan halaman yang menampilkan derajat keanggotaan baru berupa *clustering* data titik gempa yang diperoleh dari proses *Fuzzy Possibilistic C-Means*. Perhitungan berhenti pada iterasi 3, dikarenakan fungsi objektif kurang dari 0.001 yaitu $905446.81575873 - 905446.81575873 = 0$. Pada Gambar 4 dapat dilihat hasil *clustering* data titik gempa dari tahun 2013 hingga tahun 2018 terbentuk 3 kluster. Dengan rentang kedalaman di kluster 1 yaitu 3.69 km – 50 km, rentang kedalaman di kluster 2 yaitu 50.09 km – 56.15 km, dan rentang kedalaman kluster 3 yaitu 56.34 km - 365.24 km. Rentang kekuatan di kluster 1 yaitu 2.7 SR – 6.6 SR, rentang kekuatan di kluster 2 yaitu 4 SR – 5.3 SR, dan rentang kekuatan di kluster 3 yaitu 4 SR – 6 SR.

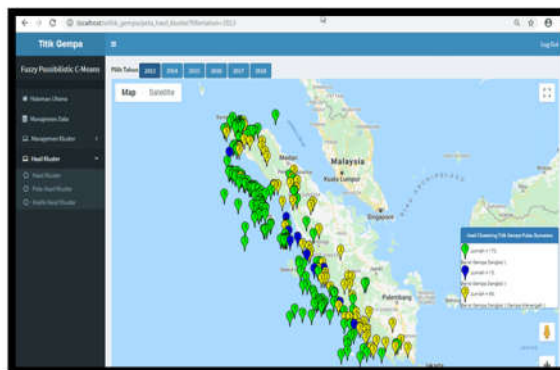
d) Halaman Tabel Hasil *Clustering*

No	Tanggal dan Waktu	Lokasi	Longitude	Tempat
1	2013-12-01 07:40:00	27084	95.765	Selat Bawak Daya, Indonesia
2	2013-12-01 08:00:00	27085	95.765	Selat Bawak Daya, Indonesia
3	2013-12-01 08:00:00	27086	95.765	Selat Bawak Daya, Indonesia
4	2013-12-01 08:00:00	27087	95.765	Selat Bawak Daya, Indonesia
5	2013-12-01 08:00:00	27088	95.765	Selat Bawak Daya, Indonesia
6	2013-12-01 08:00:00	27089	95.765	Selat Bawak Daya, Indonesia
7	2013-12-01 08:00:00	27090	95.765	Selat Bawak Daya, Indonesia
8	2013-12-01 08:00:00	27091	95.765	Selat Bawak Daya, Indonesia
9	2013-12-01 08:00:00	27092	95.765	Selat Bawak Daya, Indonesia
10	2013-12-01 08:00:00	27093	95.765	Selat Bawak Daya, Indonesia

Gambar 5. Halaman Tabel Hasil *Clustering*

Gambar 5 merupakan tampilan hasil *clustering* data titik gempa dengan metode *Fuzzy Possibilistic C-Means*. Halaman ini menampilkan hasil akhir dari proses *Fuzzy Possibilistic C-Means*. Hasil dari metode *Fuzzy Possibilistic C-Means* berupa nilai derajat keanggotaan baru untuk masing-masing kluster. Hasil *clustering* data titik gempa terbentuk 3 kluster, data pada masing-masing kluster memiliki tingkat kedekatan nilai dan karakteristik yang sama. Pada halaman ini pengguna dapat memilih data hasil *clustering* pertahun. Hasil *clustering* data titik gempa dapat berubah ketika pengguna melakukan perubahan terhadap parameter nilai awal dari metode *Fuzzy Possibilistic C-Means*.

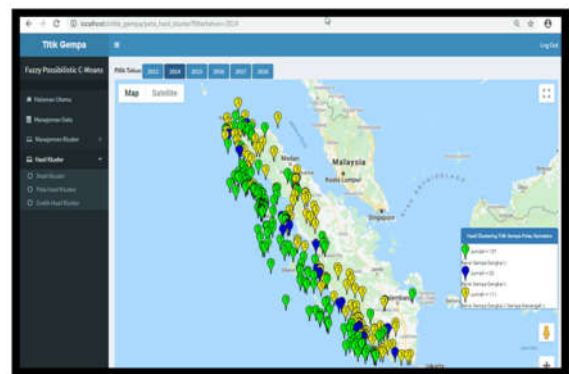
e) Halaman Peta Hasil *Clustering* Tahun 2013



Gambar 6. Halaman Peta Hasil *Clustering* Tahun 2013

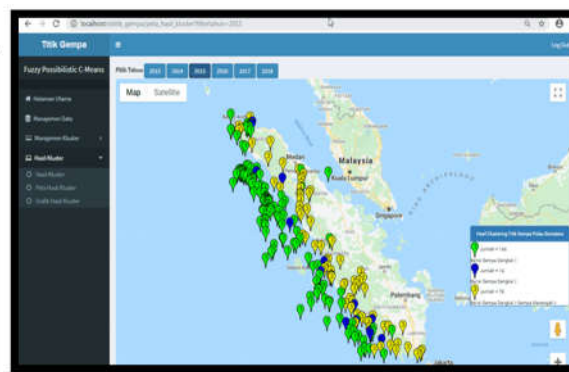
Halaman ini menampilkan peta hasil dari proses *clustering* data titik gempa dengan metode *Fuzzy Possibilistic C-Means*. Gambar 6 merupakan peta hasil *clustering* data titik gempa tahun 2013. Pada peta ditampilkan 3 warna titik yang menunjukkan hasil *clustering* data titik gempa. Warna hijau untuk *cluster* 1, warna biru untuk *cluster* 2, dan warna kuning untuk *cluster* 3. Dapat dilihat pada peta tersebut hasil *clustering* data titik gempa pada tahun 2013 yang ada di *cluster* 1 yaitu sebanyak 170 data dengan kedalaman dangkal. *Cluster* 2 sebanyak 15 data dengan kedalaman dangkal. *Cluster* 3 sebanyak 69 data dengan kedalaman dangkal dan menengah.

f) Halaman Peta Hasil *Clustering* Tahun 2014



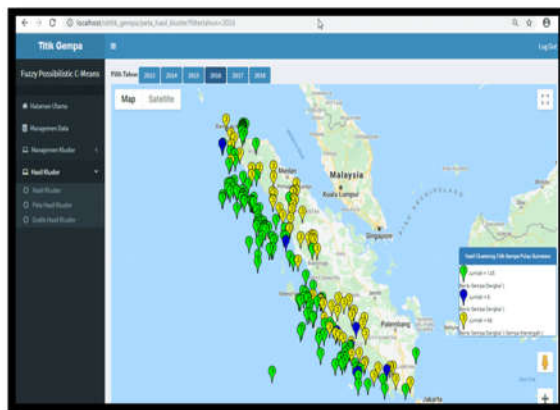
Gambar 7. Peta Hasil *Clustering* Data Titik Gempa Tahun 2014

g) Halaman Peta Hasil *Clustering* Tahun 2015



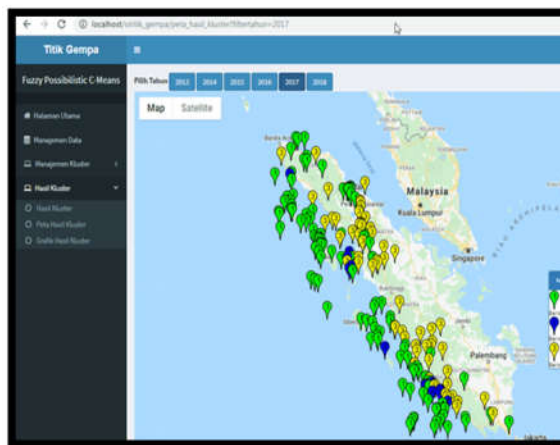
Gambar 8. Peta Hasil *Clustering* Data Titik Gempa Tahun 2015

h) Halaman Peta Hasil *Clustering* Tahun 2016



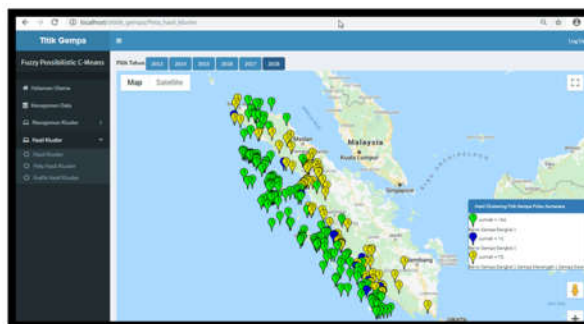
Gambar 9. Peta Hasil *Clustering* Data Titik Gempa Tahun 2016

i) Halaman Peta Hasil *Clustering* Tahun 2017



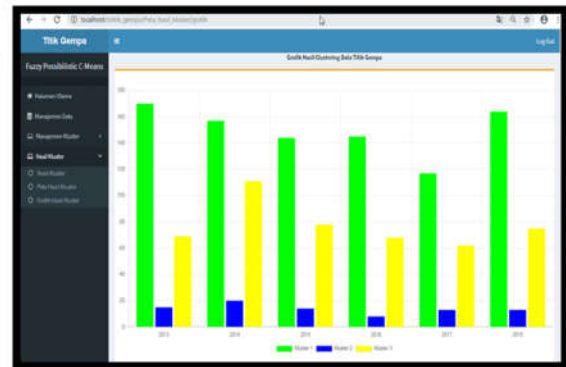
Gambar 10. Peta Hasil *Clustering* Data Titik Gempa Tahun 2017

j) Halaman Peta Hasil *Clustering* Tahun 2018



Gambar 11. Peta Hasil *Clustering* Data Titik Gempa Tahun 2018

k) Halaman Grafik Hasil *Clustering*



Kluster	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Kluster 1	Jumlah Data = 170, Rentang Nilai Kedalaman (4,32 - 50), Rentang Nilai Kekuatan (2,7 - 6,6), Rentang Nilai Kekuatan (3,7 - 4,1), Basis Gempa Dangkal	Jumlah Data = 157, Rentang Nilai Kedalaman (3,59 - 48,81), Rentang Nilai Kekuatan (2,7 - 6,6), Rentang Nilai Kekuatan (3,7 - 4,1), Basis Gempa Dangkal	Jumlah Data = 146, Rentang Nilai Kedalaman (3,27 - 49,06), Rentang Nilai Kekuatan (2,7 - 6,6), Rentang Nilai Kekuatan (3,7 - 4,1), Basis Gempa Dangkal	Jumlah Data = 145, Rentang Nilai Kedalaman (3,27 - 49,06), Rentang Nilai Kekuatan (2,7 - 6,6), Rentang Nilai Kekuatan (3,7 - 4,1), Basis Gempa Dangkal	Jumlah Data = 117, Rentang Nilai Kedalaman (3,49 - 46,29), Rentang Nilai Kekuatan (2,7 - 6,6), Rentang Nilai Kekuatan (3,7 - 4,1), Basis Gempa Dangkal	Jumlah Data = 104, Rentang Nilai Kedalaman (3,88 - 46,29), Rentang Nilai Kekuatan (2,7 - 6,6), Rentang Nilai Kekuatan (3,7 - 4,1), Basis Gempa Dangkal
Kluster 2	Jumlah Data = 15, Rentang Nilai Kedalaman (50,77 - 55,8), Rentang Nilai Kekuatan (4,2 - 5), Basis Gempa Dangkal	Jumlah Data = 20, Rentang Nilai Kedalaman (50,48 - 56,04), Rentang Nilai Kekuatan (4,2 - 5), Basis Gempa Dangkal	Jumlah Data = 14, Rentang Nilai Kedalaman (50,29 - 56,04), Rentang Nilai Kekuatan (4,2 - 5), Basis Gempa Dangkal	Jumlah Data = 8, Rentang Nilai Kedalaman (50,29 - 56,04), Rentang Nilai Kekuatan (4,2 - 5), Basis Gempa Dangkal	Jumlah Data = 13, Rentang Nilai Kedalaman (50,12 - 56,04), Rentang Nilai Kekuatan (4,2 - 5), Basis Gempa Dangkal	Jumlah Data = 13, Rentang Nilai Kedalaman (50,12 - 56,04), Rentang Nilai Kekuatan (4,2 - 5), Basis Gempa Dangkal
Kluster 3	Jumlah Data = 69, Rentang Nilai Kedalaman (56,56 - 270,1), Rentang Nilai Kekuatan (5,4 - 6,6), Basis Gempa Dangkal	Jumlah Data = 111, Rentang Nilai Kedalaman (56,46 - 292,74), Rentang Nilai Kekuatan (5,4 - 6,6), Basis Gempa Dangkal	Jumlah Data = 76, Rentang Nilai Kedalaman (56,3 - 292,74), Rentang Nilai Kekuatan (5,4 - 6,6), Basis Gempa Dangkal	Jumlah Data = 88, Rentang Nilai Kedalaman (56,3 - 292,74), Rentang Nilai Kekuatan (5,4 - 6,6), Basis Gempa Dangkal	Jumlah Data = 65, Rentang Nilai Kedalaman (56,48 - 292,74), Rentang Nilai Kekuatan (5,4 - 6,6), Basis Gempa Dangkal	Jumlah Data = 75, Rentang Nilai Kedalaman (56,24 - 292,74), Rentang Nilai Kekuatan (5,4 - 6,6), Basis Gempa Dangkal

Gambar 12. Grafik Hasil *Clustering*

Gambar 12 menampilkan hasil *clustering* data titik gempa dari tahun 2013 hingga tahun 2018. Kluster 1 memuat gempa dengan kedalaman yang dangkal, kluster 2 memuat gempa dengan kedalaman dangkal, dan kluster 3 memuat gempa dengan kedalaman dangkal, menengah, dan dalam.

Pada tahun 2013 rentang kedalaman di kluster 1 yaitu 4.32 km – 50 km, rentang kedalaman di kluster 2 yaitu 50.77 km – 55.8 km, dan rentang kedalaman pada kluster 3 yaitu 56.56 km – 270.1 km. Jumlah data di kluster 1 sebanyak 170 data, kluster 2 sebanyak 15 data, dan kluster 3 sebanyak 69 data.

Pada tahun 2014 rentang kedalaman di kluster 1 yaitu 5.59 km – 48.81 km, rentang kedalaman di kluster 2 yaitu 50.48 km – 56.04 km, dan rentang kedalaman di kluster 3 yaitu 56.46 km – 292.74 km. Jumlah data di kluster 1 sebanyak 157 data, kluster 2 sebanyak 20 data, dan kluster 3 sebanyak 111 data.

Pada tahun 2015 rentang kedalaman di kluster 1 yaitu 6.27 km – 49.94 km, rentang kedalaman di kluster 2 yaitu 50.09 km – 56.15 km, dan rentang kedalaman di kluster 3 yaitu 56.5 km – 212.94 km. Jumlah data di kluster 1 sebanyak 144 data, kluster 2 sebanyak 14 data, dan kluster 3 sebanyak 78 data.

Pada tahun 2016 rentang kedalaman di kluster 1 yaitu 6.78 km – 50 km, rentang kedalaman di kluster 2 yaitu 51.19 km – 55.83 km, dan rentang kedalaman di kluster 3 yaitu 56.53 km – 197.97 km. Jumlah data di kluster 1 sebanyak 145 data, kluster 2 sebanyak 8 data, dan kluster 3 sebanyak 68 data.

Pada tahun 2017 rentang kedalaman di kluster 1 yaitu 3.69 km – 49.34 km, rentang kedalaman di kluster 2 yaitu 50.12 km – 56.12 km, dan rentang kedalaman di kluster 3 yaitu 56.68 km – 306.36 km. Jumlah data di kluster 1 sebanyak 117 data, kluster 2 sebanyak 13 data, dan kluster 3 sebanyak 62 data.

Pada tahun 2018 rentang kedalaman di kluster 1 yaitu 6.68 km – 49.87 km, rentang kedalaman di kluster 2 yaitu 50.13 km – 55.8 km, dan rentang kedalaman di kluster 3 yaitu 56.34 km – 365.24 km. Jumlah data di kluster 1 sebanyak 164 data, kluster 2 sebanyak 13 data, dan kluster 3 sebanyak 75 data.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian dan pembahasan hasil yang sudah dilakukan, maka kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian ini telah menghasilkan sistem informasi *clustering* data titik gempa di wilayah pulau Sumatera menggunakan metode *Fuzzy Possibilistic C-Means* berbasis *website*.
2. Metode *Fuzzy Possibilistic C-Means* berhasil diterapkan untuk menentukan *clustering* data titik gempa di wilayah Pulau Sumatera. Sistem ini berhasil mengelompokkan data titik gempa

wilayah pulau Sumatera dari tahun 2013 hingga tahun 2018 menjadi 3 kluster. Kluster 1 memuat gempa dangkal dengan kedalaman 3.69 km – 50 km dan kekuatan 2.7 SR – 6.6 SR, kluster 2 memuat gempa dangkal dengan kedalaman 50.09 km – 56.15 km dan kekuatan 4 SR – 5.3 SR, dan kluster 3 memuat gempa dangkal, menengah, dan dalam dengan kedalaman 56.34 km - 365.24 km dan kekuatan 4 SR – 6 SR. Dari hasil *clustering* data titik gempa pulau Sumatera dari tahun 2013 hingga tahun 2018 dengan metode *Fuzzy Possibilistic C-Means* data terkluster berdasarkan kedalaman saja, sedangkan untuk kekuatan gempa bumi menyebar di setiap kluster.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan dalam pengembangan sistem ini kedepannya. Berikut saran yang diberikan :

1. Diharapkan pada penelitian kedepannya *clustering* data titik gempa dapat dilakukan untuk seluruh wilayah Indonesia dengan menggunakan metode *clustering* yang lain seperti *Subtractive Fuzzy C-Means*, *K-Means*, dan lain-lain.
2. Dalam sistem ini dapat diterapkan dengan menggunakan bahasa pemrograman yang lain seperti *RStudio*, *Matlab*, *C* dan lain-lain untuk mendapatkan hasil pengujian yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Setiyono, U., dkk. (2019). *Katalog Gempa Bumi Signifikan dan Merusak 1821 - 2018*. Jakarta Pusat: Pusat Gempa Bumi dan Tsunami Kedeputusan Bidang Geofisika Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- [2] Sosilawati, dkk. (2017). *Sinkronisasi Program dan Pembiayaan Pembangunan Jangka Pendek 2018 - 2020 Keterpaduan Pengembangan Kawasan Dengan Infrastruktur PUPR Pulau Sumatera*. Jakarta: Pusat Pemrograman dan Evaluasi Keterpaduan Infrastruktur

-
- PUPR, Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah, Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [3] Rifa, I. H. (2019). *Implementasi Algoritme CLARA untuk Data Gempa Bumi di Indonesia*. Solo: Universitas Sebelas Maret.
- [4] Arista, R. R., Rosa, A. A., Dwi, Puspitasari. (2017). Pengelompokan Kejadian Gempa Bumi Menggunakan Fuzzy C-Means Clustering. *Jurnal Teknik Informatika dan Terapan*, Vol. 04, No 02.
- [5] Afandi, N. (2017). Aplikasi Fuzzy C-Means Clustering Untuk Mengelompokkan Data Gempa Bumi di Provinsi Bengkulu. *EKSAKTA*, Vol. 18 No. 2.
- [6] Savitri, R. (2016). *Analisis Perbandingan Hasil Penyelesaian Metode Fuzzy Gustafson-Kessel dan Fuzzy Possibilistic C-Means Clustering (Studi Kasus: Desa dan Kelurahan Kabupaten Jember Berdasarkan Indikator Kemiskinan)*. Jember: Universitas Jember.
- [7] Nuansari, K. H. (2018). *Perbandingan Metode Fuzzy C-Means, Fuzzy Possibilistic C-Means dan Possibilistic Fuzzy C-Means Pada Noisy Data (Studi Kasus : Fasilitas Tempat Tinggal Setiap Provinsi Tahun 2017)*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- [8] Sunarjo, Gunawan, M. T., & Pribadi, S. (2012). *Gempa Bumi Edisi Populer*. Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- [9] Irwansyah, E., & Faisal, M. (2015). *Advanced Clustering Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: Deepublish.
- [10] Hermawati, F.A.(2013). *Data Mining*. Yogyakarta: Andi.
- [11] Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [12] Kusumadewi, S., dkk. (2006). *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (FUZZY MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [13] Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, CV.
- [14] Sudjana. (2001). *Metode & Teknik Pembelajaran Partisipatif*. Bandung : Falah Production.