

PENGELOMPOKAN KEJADIAN GEMPA BUMI MENGUNAKAN *FUZZY C-MEANS CLUSTERING*

Ryan Rifqi Arista¹, Rosa Andrie Asmara², Dwi Puspitasari³

Program Studi Teknik Informatika, Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Malang.

ryanrfq5@gmail.com¹, rosa_andrie@polinema.ac.id², dwi.puspitasari@polinema.ac.id³

Abstract

The region of Indonesia has a high degree of earthquake vulnerability when compared with other countries. This is because the position of Indonesia is at the meeting of three large tectonic plates of the Eurasian plate, the Indo-Australian plate, and the Pacific plate. This high earthquake vulnerability is evidenced by significant earthquake events data from 2005 to 2009, recorded in the period of 26 significant earthquakes with magnitude ranges between 4.8 to 8.6 on the Richter scale. The earthquake incident also caused impacts such as casualties, injuries, damage to homes and the destruction of houses. Earthquake event clustering system is a system that serves to classify earthquake events based on two main parameters, namely earthquake strength parameters and earthquake impact parameters. Both parameters are grouped separately, so the grouping process produces two kinds of groupings. Stages of this system start from preprocessing data to eliminate noise, then take clustering parameters from user in the form of cluster number, minimum error value, and maximum iteration limit. Grouping is done using fuzzy c-means method. The grouping results are then displayed in table form and in the form of coordinate points in Google Maps. This earthquake event clustering has been tested by comparing the result of grouping the system with manual grouping results. Testing is done by inputting the number of different maximum iterations. Based on the test results obtained that the greater the maximum iteration value will affect the accuracy of the grouping.

Kata Kunci: Data Mining, Clustering, Fuzzy C-Means, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

1. Pendahuluan

Berdasarkan peta seismik dunia, diketahui bahwa wilayah Indonesia memiliki tingkat kerawanan gempa yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan negara-negara lainnya. Hal tersebut disebabkan posisi Indonesia berada pada pertemuan tiga lempeng besar yang terus-menerus bergerak (Naryanto, H. & Wisyanto. 2005). Ketiga lempeng tektonik besar tersebut yaitu Lempeng Tektonik Eurasia, Lempeng Tektonik Indonesia Indo-Australia, dan Lempeng Tektonik Pasifik. Selain lempeng-lempeng tersebut, masih ada lempeng-lempeng tektonik kecil lainnya yaitu Filipina, Laut Maluku, Halmahera, dan Sangehe. Pergerakan lempeng-lempeng tektonik tersebut merupakan penyebab terjadinya gempa bumi tektonik di Indonesia dan akibatnya Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai tingkat kegempaan yang tinggi di dunia (Santoso, E 2005).

Pada tahun 2007 tercatat 1.177 gempa dengan magnitudo lebih besar dari 4 Skala Richter (SR) dengan rincian 613 kejadian diatas 5,0 SR, 57 kejadian diatas 6,0 SR, dan 5 kali kejadian di atas 7,0 SR. Berdasarkan data tersebut, 411 kejadian diantaranya merupakan gempa yang signifikan yang

dapat dirasakan manusia dan termasuk diantaranya gempa yang bersifat merusak (Setiawan, K. 2009).

Mengetahui fakta diatas, maka dapat dilakukan pengelompokan kejadian gempa bumi menggunakan parameter kekuatan gempa dan dampak akibat gempa. Kedua parameter utama tersebut nantinya dilakukan proses pengelompokan secara terpisah. Hasil pengelompokan ini tidak dapat menentukan tingkat keparahan suatu kejadian gempa, namun dari hasil pengelompokan kedua parameter tersebut dapat dicari keterkaitan antara kelompok parameter kekuatan gempa dan kelompok parameter dampak gempa.

Metode yang akan digunakan untuk penelitian ini adalah Fuzzy C-Means (FCM). Metode ini jika dibandingkan dengan metode K-Means lebih baik karena memiliki hasil pengelompokan yang lebih stabil karena inialisasi matriks u dilakukan secara random dan konsep yang digunakan adalah derajat keanggotaan. Sedangkan pada metode K-Means inialisasi matriks dilakukan dengan mengambil nilai salah satu record dari dataset yang dikelompokkan, sehingga nilai awal ini sangat berpengaruh dan jika diubah juga dapat mengubah hasil akhir pengelompokan. Algoritma FCM memberi kebebasan dalam hal jumlah cluster yang

Pengelompokan Kejadian Gempa Bumi Menggunakan Fuzzy C-Means Clustering

akan dibuat. Kelebihan lainnya adalah ia dapat melakukan clustering lebih dari satu variabel secara sekaligus[5]. Data-data beserta parameter-parameternya dapat dikelompokkan dalam cluster-cluster sesuai dengan kecenderungannya. FCM juga memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan waktu komputasi yang cepat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian Hepita Artatia (2015) yang berjudul “Pengelompokan Dampak Gempa Bumi dari Segi Kerusakan Fasilitas pada Provinsi yang Berpotensi Gempa di Indonesia Menggunakan K-Means-Clustering” menunjukkan penerapan metode k-means dalam pemetaan daerah terdampak gempa bumi berdasarkan tingkat kerusakan rumah, kerusakan jalan, dan kerusakan lahan.

Penelitian Indra Setiawan yang berjudul “Penerapan Metode Clustering untuk Memetakan Potensi Tanaman Kedelai di Jawa Tengah dengan Algoritma Fuzzy C-Means” menunjukkan pemetaan daerah penghasil tanaman kedelai terbesar dengan menggunakan algoritma fuzzy c-means. Data yang dianalisis adalah nama kabupaten/kota, luas panen, hasil panen per hektar, produksi per ton, dan tahun. Perhitungan dilakukan dengan fuzzy c-means, yang menghasilkan pengelompokan daerah-daerah yang menghasilkan kedelai.

Penelitian Emha Taufiq Luthfi (2007) yang berjudul “Fuzzy C-Means untuk Clustering Data (Studi Kasus Data Performance Mengajar Dosen)” menghitung performa mengajar dosen berdasarkan lima kriteria yaitu penguasaan materi, kemampuan menjawab pertanyaan, kemampuan memberi motivasi, kedisiplinan hadir, dan kemampuan membuat suasana kelas menyenangkan. Data dari kelima kriteria tersebut kemudian dihitung menggunakan fuzzy c-means, sehingga menghasilkan empat cluster nilai IPK dosen.

Penelitian Hanna dan Irhamah (2013) yang berjudul “Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Indikator Pendidikan SMA/SMK/MA dengan Metode C-Means dan Fuzzy C-Means” menggunakan metode Fuzzy C-Means untuk mengelompokkan Kabupaten/Kota di Jawa Timur berdasarkan pendidikannya.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Gempa Bumi

Gempa bumi adalah getaran bumi yang dihasilkan oleh percepatan energi yang dilepaskan,

energi ini menyebar ke segala arah dari pusat sumbernya. Gempa bumi di Indonesia seringkali dijumpai, mengingat Indonesia merupakan pertemuan tiga buah lempeng tektonik yang membentuk jalur-jalur gempa dan jalur vulkanik yang memberikan dampak besar terhadap distribusi penyebaran gempa di Indonesia. Gempa bumi yang perlu mendapatkan perhatian karena memiliki kemungkinan dampak kerusakan yang besar adalah gempa tektonik. Hal yang perlu diketahui adalah besarnya frekuensi yang terjadi, energi yang dibebaskan, dan luas pengaruhnya dalam kaitannya dengan pergerakan lempeng tektonik. Pusat-pusat gempa bumi tektonik berkaitan erat dengan tempat-tempat yang sering terjadi pergerakan pada kulit bumi yaitu di zona subduksi dan patahan.

2.2.2. NOAA

NOAA adalah lembaga pemerintahan Amerika Serikat yang memiliki tugas untuk mengamati perubahan iklim, cuaca, serta ekosistem laut dan pantai. NOAA memiliki cabang yang bernama NCEI (*National Centers for Environmental Information*) yang bertugas untuk menyimpan arsip tentang data lingkungan dan bumi yang dapat diakses oleh publik. NCEI sendiri terbagi menjadi beberapa bagian, salah satunya adalah NGDC (*National Geophysical Data Center*) yang menyimpan data-data kejadian geofisikal, salah satunya adalah kejadian gempa bumi yang dibahas pada penelitian ini.

2.2.3. 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.

2.2.4. Clustering

Clustering adalah salah satu alat bantu pada data mining yang bertujuan mengelompokkan obyek-obyek ke dalam cluster-cluster. Cluster adalah sekelompok atau sekumpulan obyek-obyek data yang similar satu sama lain dalam cluster yang sama dan dissimilar terhadap obyek-obyek yang berbeda cluster. Obyek akan dikelompokkan ke dalam satu atau lebih cluster sehingga obyek-obyek yang berada dalam satu cluster akan mempunyai kesamaan yang tinggi antara satu dengan lainnya. Obyek-obyek dikelompokkan berdasarkan prinsip memaksimalkan kesamaan obyek pada cluster yang sama dan memaksimalkan ketidaksamaan pada cluster yang berbeda. Kesamaan obyek biasanya diperoleh dari nilai-nilai atribut yang menjelaskan obyek data, sedangkan obyek-obyek data biasanya direpresentasikan sebagai sebuah titik dalam ruang multidimensi.

Tujuan utama dari metode clustering adalah pengelompokan sejumlah data/obyek ke dalam cluster (group) sehingga dalam setiap cluster akan berisi data yang semirip mungkin. Dalam clustering metode ini berusaha untuk menempatkan obyek yang mirip (jaraknya dekat) dalam satu klaster dan membuat jarak antar klaster sejauh mungkin. Ini berarti obyek dalam satu cluster sangat mirip satu sama lain dan berbeda dengan obyek dalam cluster-cluster yang lain. Dalam metode ini tidak diketahui sebelumnya berapa jumlah cluster dan bagaimana pengelompokannya.

2.2.5. Fuzzy C-Means

Fuzzy C-means Clustering (FCM) dikenal juga sebagai Fuzzy ISODATA. FCM menggunakan model pengelompokan fuzzy sehingga data dapat menjadi anggota dari semua kelas atau cluster terbentuk dengan derajat atau tingkat keanggotaan yang berbeda antara 0 hingga 1. Tingkat keberadaan data dalam suatu kelas atau cluster ditentukan oleh derajat keanggotaannya. Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh Jim Bezdek pada tahun 1981.

Konsep dasar FCM, pertama kali adalah menentukan pusat cluster yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap-tiap cluster. Pada kondisi awal, pusat cluster ini masih belum akurat. Tiap-tiap data memiliki derajat keanggotaan untuk tiap-tiap cluster. Dengan cara memperbaiki pusat cluster dan nilai keanggotaan tiap-tiap data secara berulang, maka dapat dilihat bahwa pusat cluster akan menuju lokasi yang tepat. Perulangan ini didasarkan pada minimasi

fungsi obyektif yang menggambarkan jarak dari titik data yang diberikan ke pusat *cluster* yang terbobot oleh derajat keanggotaan titik data tersebut.

Output dari *Fuzzy C-Means* bukan merupakan *fuzzy inference system*, namun merupakan deretan pusat *cluster* dan beberapa deret keanggotaan untuk tiap-tiap titik data. Informasi ini dapat digunakan untuk membangun suatu *fuzzy inference system*. FCM menggunakan model pengelompokan *fuzzy* sehingga data dapat menjadi anggota dari semua kelas atau *cluster* tersebut dengan derajat keanggotaan yang berbeda antara 0 hingga 1.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Analisa Data

Pada tahap ini akan dilakukan analisis data mulai dari memasukan data sampai menjadi hasil yang berupa informasi, yaitu:

a) *Preprocessing*

Pada tahap ini struktur basis data akan dipersiapkan sehingga mempermudah proses mining. Proses preprocessing ini mencakup tiga hal utama yaitu:

1) Seleksi Data

Memilih data yang akan digunakan dalam proses data mining. Dalam penelitian ini dipilih 6 variabel yaitu kedalaman gempa dan magnitudo gempa, jumlah korban meninggal, jumlah korban luka-luka, jumlah rumah rusak dan jumlah rumah hancur.

2) *Cleaning*

Proses *cleaning* data perlu dilakukan agar data bersih dari duplikasi data, data yang tidak konsisten, atau kesalahan cetak. Sehingga data yang telah melewati proses ini siap untuk di proses di data mining. Pada penelitian ini proses pembersihan data dilakukan pada tabulasi dan spasi yang berlebihan, serta menghapus baris pertama file yang tidak digunakan oleh sistem.

3) Integrasi data

Setelah melakukan pembersihan data yang menyeluruh, maka akan dilakukan tahapan selanjutnya yaitu integrasi data, karena data lebih dari satu tabel maka dilakukan tahap penggabungan data dari berbagai tabel. Kemudian data padi diberi kode agar tidak ada data yang memiliki nama yang sama. Pada penelitian ini tidak dilakukan proses integrasi data karena data berasal dari satu tabel saja.

b) *Data Mining*

Proses data mining yang dilakukan pada penelitian ini adalah menerapkan teknik clustering

Pengelompokan Kejadian Gempa Bumi Menggunakan Fuzzy C-Means Clustering

dengan algoritma Fuzzy C-Means untuk mendapatkan karakteristik dari data. Cluster yang digunakan pada penelitian ini sebanyak tiga klaster.

Konsep dasar FCM (Fuzzy C-Means) pertama kali adalah menentukan pusat cluster yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap cluster. Pada kondisi awal, pusat cluster ini masih belum akurat. Tiap-tiap titik data memiliki derajat keanggotaan untuk tiap-tiap cluster. Dengan cara memperbaiki pusat cluster dan derajat keanggotaan tiap-tiap titik data secara berulang, maka akan dapat dilihat bahwa pusat cluster akan bergerak menuju lokasi yang tepat. Perulangan ini didasarkan pada derajat keanggotaan yang menggambarkan jarak dari titik data yang diberikan ke pusat cluster yang terbobot oleh derajat keanggotaan titik data tersebut.

Pada perhitungan menggunakan FCM dengan menggunakan data yang sama tetapi diolah dengan jumlah cluster yang berbeda, maka hasil pengelompokannya akan sedikit berbeda, karena data tidak diolah dengan satu variabel saja tetapi dengan semua variabel. Perbedaan hasil pengelompokan itu dikarenakan data pada kelompok tertentu kemungkinan akan berpindah pada kelompok lain jika diolah dengan jumlah cluster yang berbeda, ini menunjukkan bahwa sistem aplikasi sudah berjalan dengan benar.

Output dari pengelompokan ini adalah cluster-cluster dari parameter kekuatan gempa dan parameter dampak gempa:

1) Input Data

input data yang akan dicluster yaitu data kejadian gempa (X) berupa matrik berukuran $n \times m$ (n = jumlah data, m = atribut setiap data). X_{ij} = data ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$), atribut ke- j ($j = 1, 2, \dots, m$).

2) Batasan

- a) Jumlah cluster (c) = 3
- b) Pangkat (w) =
- c) Maksimum iterasi ($MaxIter$) = 30
- d) Fungsi obyektif awal (P_0) = 0
- e) Iterasi awal (t) = 1

3) Membangkitkan bilangan random μ_{ik} , $i = 1, 2, \dots, n$; $k = 1, 2, \dots, c$; sebagai elemen-elemen matrik partisi awal U , dengan jumlah setiap nilai elemen kolom dalam satu baris adalah 1 (satu)

$$\sum_{i=1}^c \mu_{ci} = 1 \quad (1)$$

4) Menghitung pusat cluster ke- k : V_{kj} dengan $k = 1, 2, \dots, c$; dan $j = 1, 2, \dots, m$.

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n ((u_{ik})^w) X_{ij}}{\sum_{i=1}^n (u_{ik})^w} \quad (2)$$

5) Menghitung fungsi obyektif pada iterasi ke- t , P_t :

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

6) Menghitung perubahan matrik partisi:

$$\mu_{ik} = \frac{\left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c \left[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2 \right]^{\frac{-1}{w-1}}} \quad (4)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, n$; dan $k = 1, 2, \dots, c$.

7) Mengecek kondisi berhenti:

1. Jika $(|P_t - P_{t-1}| < \xi)$ atau $(t > MaxIter)$ maka berhenti;
2. Jika tidak, $t = t + 1$, ulangi langkah ke-d (menghitung V_{kj}).

c) *Postprocessing*

Postprocessing bertujuan untuk membantu pengguna dalam memahami informasi. *Postprocessing* dalam penelitian ini berupa *output* dalam bentuk tabel dan dalam koordinat Google Maps.

3.2. Implementasi

3.2.1. Implementasi Basis Data

Basis data yang dibuat diberi nama `db_clusteringgempa`. Basis data tersebut berisi tiga tabel yaitu ``tb_datagempa``, ``tb_hasiltraining`` dan ``tb_minmax``.

Tabel ``tb_datagempa`` yang menampung data hasil upload dari user. Tabel ini berisi field yang digunakan saat proses pengelompokan.

Tabel 3.1. Struktur tabel ``tb_datagempa``

Nama Kolom	Tipe Data
ID_DATAGEMPA	int(4)
TANGGAL	date
FOCAL_DEPTH	int(4)
EQ_PRIMARY	double
LOCATION_NAME	varchar(50)
LATITUDE	double
LONGITUDE	double

Nama Kolom	Tipe Data
TOTAL_DEATHS	int(6)
TOTAL MISSING	int(2)
TOTAL_INJURIES	int(5)
TOTAL_HOUSES_DESTROYED	int(6)
TOTAL_HOUSES_DAMAGED	int(6)

Tabel `tb_hasiltraining` yang menampung data hasil pengelompokan *fuzzy c-means*. Field 'ID_DATAGEMPA' merupakan *foreign key* yang referensinya di tabel 'tb_datagempa'. Field 'cluster_kekuatan' menyimpan hasil pengelompokan dari parameter kekuatan, sedangkan field 'cluster_dampak' menyimpan hasil pengelompokan dari parameter dampak gempa.

Tabel 3.2. Struktur tabel `tb_hasiltraining`

Nama Kolom	Tipe Data
ID_DATAGEMPA	int(4)
cluster_kekuatan	int(2)
cluster_dampak	int(2)

Tabel `tb_minmax` digunakan untuk menyimpan nilai maksimum dan minimum dari suatu parameter untuk sebuah *cluster*, misalnya magnitudo maksimum dan minimum dari *cluster 1* untuk parameter kekuatan.

Tabel 5.1 Struktur tabel `tb_minmax`

Nama Kolom	Tipe Data
param	varchar(20)
cluster	int(2)
jml_record	int(3)
EQ_PRIMARY_MAX	double
EQ_PRIMARY_MIN	double
FOCAL_DEPTH_MAX	int(4)
FOCAL_DEPTH_MIN	int(4)
TOTAL_DEATHS_MAX	int(6)
TOTAL_DEATHS_MIN	int(6)
TOTAL_MISSING_MAX	int(2)
TOTAL_MISSING_MIN	int(2)
TOTAL_INJURIES_MAX	int(5)

TOTAL_INJURIES_MIN	int(5)
TOTAL_DAMAGE_MILLIONS_DOLLARS_MAX	int(8)
TOTAL_DAMAGE_MILLIONS_DOLLARS_MIN	int(8)
TOTAL_HOUSES_DESTROYED_MAX	int(6)
TOTAL_HOUSES_DESTROYED_MIN	int(6)
TOTAL_HOUSES_DAMAGED_MAX	int(6)
TOTAL_HOUSES_DAMAGED_MIN	int(6)

3.2.2. Implementasi Antarmuka

a) Implementasi Antarmuka Halaman Home

Halaman *Home* adalah halaman awal yang terbuka ketika *user* mengakses website. Halaman ini berisi informasi singkat mengenai sistem yang dibuat.

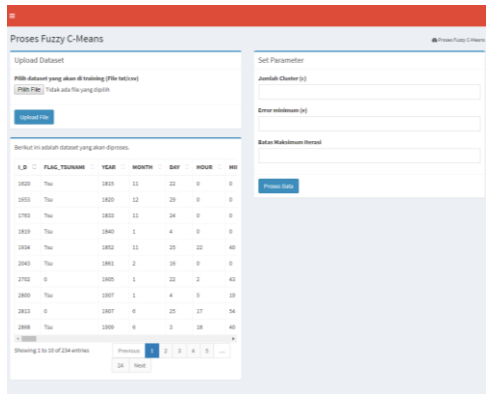


Gambar 3.1. Antarmuka *Home*

b) Implementasi Antarmuka Halaman Proses Fuzzy C-Means

Pada halaman Training Data ini user dapat melakukan upload dataset melalui form yang telah disediakan, serta terdapat tabel yang berfungsi untuk menampilkan data dari file yang telah diupload. User juga melakukan input parameter pengelompokan *fuzzy c-means* melalui halaman ini.

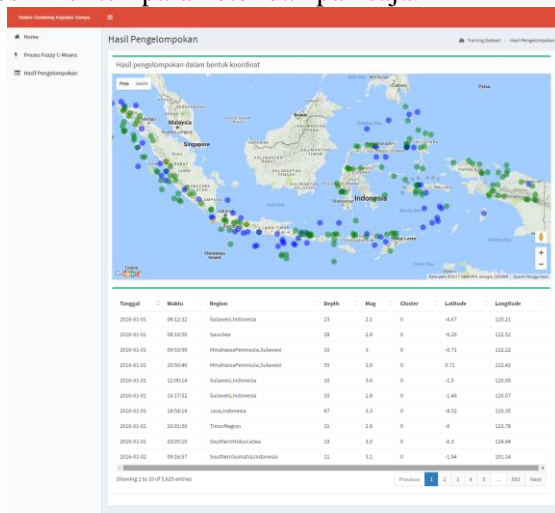
Pengelompokan Kejadian Gempa Bumi Menggunakan Fuzzy C-Means Clustering



Gambar 3.2. Antarmuka Proses Fuzzy C-Means

c) Implementasi Antarmuka Halaman Hasil Pengelompokan

Halaman hasil pengelompokan adalah halaman untuk menampilkan hasil perhitungan fuzzy c-means. Hasil pengelompokan ditampilkan dalam bentuk tabel dan dalam bentuk koordinat peta Google Maps. Bentuk peta ini dibagi menjadi tiga, peta yang pertama menampilkan koordinat gempa serta cluster yang dimiliki oleh koordinat tersebut untuk kedua parameter. Bentuk peta kedua menampilkan data gempa spesifik untuk parameter kekuatan. Tiap koordinatnya dapat memiliki warna yang berbeda-beda tergantung cluster yang dimiliki oleh koordinat tersebut. Bentuk peta ketiga hampir sama dengan bentuk yang kedua, hanya saja data yang ditampilkan spesifik untuk parameter dampak saja.



Gambar 3.3. Antarmuka Rekapitulasi

3.3. Pengujian

Untuk memastikan apakah perhitungan dengan metode fuzzy c-means sudah benar dilakukan uji coba perhitungan secara manual menggunakan MS. Excel. Selain itu pengujian juga dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan antara parameter

kekuatan gempa dan parameter dampak gempa. Pengujian dilakukan untuk menghindari kesalahan dari sistem yang dibuat. Apabila terjadi kesalahan, maka sistem akan diperbaiki kembali sampai hasil proses sesuai dengan apa yang diharapkan.

3.3.1. Pengujian Black Box

Pengujian *black box* ini menguji performa sistem dalam hal ketepatan dalam proses *clustering*, yaitu ketepatan sistem dalam melakukan pengecekan iterasi. Berikut ini adalah hasil dari pengujian *black box* terhadap sistem, dengan jumlah *cluster* sebanyak 3 dan nilai *error* minimum adalah 0,01.

Iterasi ke	Selisih (kekuatan)	FO (dampak)
1	591017,636544	44721575607,6
2	10848,7555858	136269840,106
3	62082,8158558	5788701551,97
4	119563,276615	36309482603,16
5	241229,644875	60427513667,8
16	97208,054432707	6207322812,013
17	57750,177414415	2029881036,564
18	36431,744450458	1009603257,754
19	24426,365132004	584711708,0376
20	17232,350037528	354058046,7041
31	993,03202192485	2086243,612548
32	779,23883805051	1317991,766601
33	611,65983665548	832809,2119140
34	480,22940542456	526308,1596679
35	377,10581168439	332643,8515625
36	296,1664244337	210257,4663085
37	232,62336159684	132906,7399902
38	182,7282485608	84015,56298828
39	143,5440528756	53111,06323242
50	10,108949913643	342,4091796875

Iterasi ke	Selisih (kekuatan) FO	Selisih (dampak) FO
51	7,9428842226043	216,474609375
52	6,24096249789	136,8537597656
53	4,9037218010053	86,52197265625
54	3,8530157050118	54,695556640625
55	3,0274452902377	34,58056640625
66	0.21336473058909	0,218994140625
67	0.16764864884317	0,144287109375
68	0.13172781467438	0,089111328125
69	0.10350348055363	0,055419921875
70	0.081326597370207	0,033203125
78	0.011815511621535	
79	0.0092839077115059	

Berdasarkan hasil pengujian diatas, iterasi untuk parameter kekuatan berhenti pada iterasi ke 79 dengan nilai fungsi obyektif sebesar 0,009. Sedangkan iterasi untuk parameter dampak berhenti pada iterasi ke 74 dengan nilai fungsi obyektif sebesar 0,003. Iterasi perhitungan kedua parameter tersebut berhenti sesuai dengan syarat penghentian iterasi, yaitu jika nilai fungsi obyektif lebih kecil dari nilai *error* minimum.

3.3.2. Pengujian Algoritma Fuzzy C-Means

Pengujian metode dimaksudkan untuk mengetahui apakah algoritma *fuzzy c-means* telah diimplementasikan dengan benar sesuai dengan dasar teori algoritma *fuzzy c-means*. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil perhitungan sistem dengan perhitungan manual. Pengujian dilakukan beberapa kali dengan jumlah cluster yang berbeda-beda.

Data yang digunakan untuk pengujian diambil dari dataset yang digunakan untuk sistem sebanyak 15 *record*. Pengujian dilakukan pada sistem dengan parameter jumlah *cluster* adalah 3, *error* minimum adalah 0,01, dan jumlah iterasi maksimum adalah 1.

Proses pengujian metode ini menggunakan matriks partisi *U* yang nilainya sudah ditentukan. Hal

ini dilakukan agar nilai nilai yang muncul tidak acak, sehingga hasil perhitungan sistem dapat dibandingkan dengan hasil perhitungan pada excel.

a. Pengujian metode *fuzzy c-means* pada sistem

No.	I_D	cluster kekuatan	cluster dampak
1	3010	0	2
2	3046	0	2
3	3047	0	2
4	3064	1	2
5	3572	1	2
6	3600	1	1
7	3745	0	2
8	3749	1	1
9	3955	1	2
10	4178	1	0
11	4240	1	2
12	4307	1	2
13	4334	0	1
14	4394	1	1
15	4396	0	2

b. Pengujian Algoritma *fuzzy c-means* pada excel

No.	I_D	cluster kekuatan	cluster dampak
1	3010	0	2
2	3046	0	2
3	3047	0	2
4	3064	1	2
5	3572	1	2
6	3600	1	1
7	3745	0	2
8	3749	1	1
9	3955	1	2
10	4178	1	0
11	4240	1	2
12	4307	1	2
13	4334	0	1
14	4394	1	1
15	4396	0	2

Berdasarkan kedua tabel diatas dapat disimpulkan bahwa perhitungan *clustering fuzzy c-means* antara sistem dengan excel menghasilkan nilai *cluster* yang sama untuk kedua parameter yang digunakan.

Dari hasil pengujian diatas dapat dilihat perbandingan hasil pengelompokan dari kedua parameter. Dari 15 data yang dikelompokkan, hanya tiga data yang masuk kedalam kelompok yang sama yaitu data dengan ID 3600, 3749, dan 4394. Sehingga dapat disimpulkan bahwa antara hasil

Pengelompokan Kejadian Gempa Bumi Menggunakan Fuzzy C-Means Clustering

pengelompokan parameter kekuatan dengan parameter dampak kurang memiliki keterkaitan.

DAFTAR PUSTAKA

- Naryanto, H S dan Wisyanto. 2005. Kajian dan Analisis Potensi Bencana Tsunami, Konfigurasi Pantai serta Mitigasi Bencana di Pantai Selatan Jawa Timur: Belajar dari Pengalaman Bencana Tsunami Banyuwangi Tahun 1994. Jurnal Alami. Vol 10 No 2 th. 2005. Jakarta.
- Santoso, E.W. 2005. Penataan Ruang Kota Meulaboh Pasca Gempa Bumi dan Tsunami 26 Desember 2004. Usulan Rekomendasi. Jurnal Air, Lahan, Lingkungan, dan Mitigasi Bencana. P3TPSLK BBPT. Jakarta.
- Setiawan, K. 2009. Waspada Bencana Bersama BMKG. Pustaka Cakra. Surakarta.
- National Geophysical Data Center (NGDC). Diakses pada 13 Juli 2017. <https://www.ngdc.noaa.gov/hazard/earthqk.shtml>.
- Nurjanah, dkk. 2014. Implementasi Metode Fuzzy C-Means pada Sistem Clustering Data Varietas Padi. Kumpulan Jurnal Ilmu Komputer (KLIK). Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- Hadi, HY. 2005. Pembagian Kelas Kuliah Mahasiswa Menggunakan Algoritma Pengklasteran *Fuzzy*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Perdana, Sukma. 2016. Sumber Belajar Penunjang PLPG 2016: Hubungan Letak Astronomis, Geografis, Geologis dan Luas Wilayah dengan Sumberdaya di Indonesia.
- Lutgens. 1982. *Essentials of Geology*. A Bell & Howell Company. Ohio.
- Hidayat, Nur dan Santoso, Eko Widi. 1997. Gempa Bumi dan Mekanismenya. Jurnal ALAMI: Jurnal Air, Lahan, Lingkungan, dan Mitigasi Bencana. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Supartoyo, dan Surono. 2008. Katalog Gempa Bumi Merusak di Indonesia tahun 1629 – 2007. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Badan Geologi Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Winardi, A. 2006. Gempa Jogja, Indonesia & Dunia. Gramedia. Jakarta.
- Utami, Putri. 2014. Rancang Bangun Spasial Web Service Ancaman dan Resiko Bencana Alam (Studi Kasus: Wilayah Pemantauan Badan Nasional Penanggulangan Bencana).
- Munir, Badrul. 2016. Analisis Hasil Pengamatan Hilal Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Pusat pada Tahun 2010M – 2015M.
- Nugroho, Bunafit. 2004. Aplikasi Pemrograman Web Dinamis dengan PHP dan MySQL, Gava Media, Yogyakarta.
- Peranginangin, Kasiman. 2006. Aplikasi Web dengan PHP dan MySQL. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Turban, E. 2005. *Decision Support System and Intelligent Systems*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Davies, and Paul Beynon, 2004, Database Systems Third Edition, Palgrave Macmillan, New York.
- Pramudiono, I. 2007. Pengantar Data Mining: Menambang Permata Pengetahuan di Gunung Data.
- Santosa, Budi, 2007, Data Mining Teknik Pemanfaatan Data untuk Keperluan Bisnis, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Witten, I. H and Frank, E. 2005. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques Second Edition. Morgan Kauffman: San Fransisco.
- Luhfi, Emha Taufiq, 2007. Fuzzy C-Means untuk Clustering Data (Studi Kasus: Data Performance Mengajar Dosen).
- Henjaya, R. 2010. Penerapan Algoritma K-Means pada Clustering Berita Berbahasa Indonesia. Universitas Indonesia. Jakarta.