

Pengelompokan Tingkat Risiko Daerah Tanah Longsor Di Kalimantan Timur Menggunakan *Fuzzy C-Means*

Novianti Puspitasari¹, Rosmasari², Iqbal Virdaus Septian S³, Anindita Septiarini⁴, Masna Wati⁵

¹²³⁴⁵Fakultas Teknik/Program Studi Informatika

Universitas Mulawarman

Samarinda, Indonesia

e-mail: ¹novia.ftik.unmul@gmail.com, ²rosmasari@fkti.unmul.ac.id, ³iqbalvssiregar19@gmail.com

⁴anindita@unmul.ac.id, ⁵masnawati@gmail.com

Abstrak

Bencana longsor merupakan salah satu bencana yang perlu menjadi perhatian serius bagi pemerintah khususnya pemerintah Kalimantan Timur. Pemerintah membutuhkan data yang informatif dan akurat untuk mengetahui daerah yang terkena longsor berdasarkan tingkat kerawannya. Hal ini bertujuan agar pemerintah dapat membuat kebijakan yang tepat untuk mengatasi dan meminimalisir kerugian yang disebabkan oleh bencana tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Fuzzy C-Means* untuk mengelompokkan daerah longsor ke dalam 3 cluster. *Fuzzy C-Means* merupakan metode yang mampu mengelompokkan data ke dalam kategori berdasarkan fungsi obyektif yang dihasilkan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data total kasus bencana tanah longsor di wilayah Kalimantan Timur berjumlah 243 data. Dari penelitian ini diketahui bahwa clustering menggunakan metode *Fuzzy C-Means* menghasilkan 5 kecamatan yang masuk ke dalam daerah beresiko tinggi (C1), sedangkan 46 kecamatan masuk ke dalam cluster beresiko rendah (C2) dan sisanya sebanyak 2 kecamatan masuk ke dalam daerah beresiko sedang (C3). Dengan nilai *Partition Coefficient* sebesar 0,935751561 menunjukkan bahwa metode *Fuzzy C-Means* mampu mengelompokkan daerah yang terkena bencana longsor ke dalam tiga kategori dengan sangat baik. Hasil akhir penelitian ini berupa sistem informasi yang memuat informasi tentang daerah yang beresiko longsor di Kalimantan Timur.

Kata kunci: Clustering, Tanah Longsor, *Fuzzy C-Means*, *Partition Coefficient*

Abstract

Landslide is one of the disasters that need serious attention from the government, especially the government of East Kalimantan. The government needs informative and accurate data to identify areas affected by landslides based on their level of vulnerability. It is so that the government can make the right policies to overcome and minimize the losses caused by the disaster. The method used in this research is *Fuzzy C-Means* to classify landslide areas into 3 clusters. *Fuzzy C-Means* is a method that can group data into categories based on the resulting objective function. The data used in this study is the total data of landslides cases in East Kalimantan, totaling 243 data. This study shows that clustering using the *Fuzzy C-Means* method results in 5 sub-districts being included in the high-risk area (C1). In comparison, 46 sub-districts are included in the low-risk cluster (C2), and the remaining two sub-districts are included in the medium-risk area (C1). C3). The *Partition Coefficient Index* value of 0.935751561 indicates that the *Fuzzy C-Means* method can very well classify areas affected by landslides into three categories. The final result of this study is an information system that contains information about areas at risk of landslides in East Kalimantan..

Keywords: Clustering, Landslide, *Fuzzy C-Means*, *Partition Coefficient*

1. Pendahuluan

Kalimantan Timur termasuk dalam peringkat ke-4 provinsi dengan kejadian bencana tanah longsor terbanyak setelah Propinsi Jawa Tengah, Jawa Barat, Jawa Timur, Sumatera Barat [1]. Pencegahan yang dapat dilakukan oleh masyarakat agar terhindar dari bencana tanah longsor diantaranya tidak mendirikan bangunan atau rumah di daerah yang beresiko longsor [2]. Pembangunan rumah di area risiko tanah longsor bukan tanpa sebab, disamping pertumbuhan penduduk yang menyebabkan kebutuhan lahan tempat tinggal makin berkurang, terbatasnya informasi daerah yang beresiko longsor merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan [3]. Informasi tentang daerah beresiko longsor sangat diperlukan untuk pencegahan timbulnya korban jiwa maupun kerusakan bangunan di Kalimantan Timur [4]. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menyediakan informasi tentang daerah beresiko longsor adalah pengelompokan daerah risiko longsor. Oleh karena itu diperlukan sistem yang membantu Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) dalam menentukan daerah risiko longsor. Metode *fuzzy clustering* sendiri merupakan metode

2.2. Data Penelitian

Pada penelitian ini, data penelitian yang digunakan adalah data keseluruhan kejadian longsor, korban longsor dan kerusakan longsor dari berbagai daerah di provinsi Kalimantan Timur. Data penelitian merupakan data rekapan bencana longsor dari tahun 2014 hingga 2019. Data yang digunakan dalam penelitian terdiri dari 53 kecamatan yang diperoleh dari BPBD Provinsi Kalimantan Timur seperti Tabel 1.

Tabel 2. Data Penelitian

No	Kecamatan	Jumlah Kejadian Longsor (Kasus)	Jumlah Korban (Orang)	Jumlah Kerusakan (Unit)
1	Balikpapan Barat	18	27	37
2	Balikpapan Kota	17	9	25
3	Balikpapan Selatan	10	0	12
4	Balikpapan Tengah	30	31	33
5	Balikpapan Tiimur	2	0	0
6	Balikpapan Utara	26	16	50
7	Barong Tongkok	1	0	1
8	Batu Sopang	2	0	2
9	Muara Muntai	1	0	1
:	:	:	:	:
45	Samarinda Ilir	12	24	21
46	Tanah Grogot	1	0	1
47	Tanjung Palas	1	0	1
48	Tanjung Redeb	1	0	1
49	Tarakan Barat	3	0	1
50	Tarakan Tengah	2	0	0
51	Tarakan Timur	2	0	0
52	Tenggarong	1	0	0
53	Tenggarong Seberang	3	0	8
	Total	243	312	398

Sumber: Data Kebencanaan Kalimantan Timur

Berdasarkan Tabel 1 terdapat tiga variabel yang digunakan untuk mengelompokkan daerah bencana tanah longsor kedalam tiga *cluster*. Variabel pertama adalah variabel jumlah kejadian longsor, variabel ini merupakan jumlah kasus kejadian tanah longsor yang dialami suatu kecamatan. Variabel kedua dan ketiga adalah korban dan kerusakan tanah longsor. Variabel korban merupakan jumlah korban yang terkena bencana longsor. Sementara, variabel kerusakan merupakan jumlah kasus kerusakan yang diakibatkan oleh bencana tanah longsor terhadap rumah maupun bangunan di suatu daerah.

2.3. Analisis Uji Cluster

Evaluasi nilai keanggotaan data pada setiap *cluster* dapat diukur dan dihitung menggunakan koefisien partisi atau *Partition Coefficient* (PC). Nilai PC didasarkan hanya pada evaluasi nilai derajat keanggotaan, tanpa mempertimbangkan vektor (data) yang biasanya mengandung informasi geometrik. Rentang nilai PC berada pada rentang 0 - 1, dimana *cluster* yang memiliki nilai PC mendekati 1 menandakan bahwa kualitas *cluster* yang dihasilkan oleh metode tersebut adalah baik [17]. Nilai PC mengukur jumlah tumpang tindih antar kelompok seperti pada persamaan 6.

$$PC(c) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N u_{ik}^2 \quad (6)$$

N adalah banyak objek penelitian, c adalah banyak kelompok, dan u_{ik} adalah nilai keanggotaan objek ke-k dengan pusat kelompok ke-i. Indeks ini memiliki rentang $1/c$ sampai 1. Jumlah kelompok yang optimal ditunjukkan oleh nilai PC yang paling besar.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Fuzzy C-Means

Pada sub bagian ini, akan diuraikan hasil penerapan metode FCM yang diujikan pada data longsor. Langkah pertama yaitu menentukan jumlah cluster. Dalam penelitian ini data longsor akan dikelompokkan ke dalam 3 cluster dengan maksimum iterasi sebanyak 100 kali. Lebih lanjut, dalam proses clustering, parameter kejadian dijadikan sebagai X_1 , parameter korban dijadikan sebagai X_2 dan parameter kerusakan dijadikan sebagai X_3 . Dari proses clustering yang telah dilakukan, diperoleh hasil berupa nilai fungsi obyektif selama iterasi, pusat cluster serta derajat keanggotaan kecamatan untuk setiap cluster pada iterasi terakhir. Di dalam penelitian ini, proses iterasinya berhenti pada iterasi ke-27 karena selisih nilai fungsi obyektif yang dihitung menggunakan persamaan 4 lebih kecil dari nilai error yang ditetapkan di iterasi ke-27. Derajat keanggotaan kecamatan untuk setiap cluster pada iterasi terakhir (iterasi ke-27) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil *Cluster*

No	Kecamatan	Derajat Keanggotaan			Cluster
		C1	C2	C3	
1	Balikpapan Barat	0,894054	0,001994	9,61E-05	C1
2	Balikpapan Kota	0,426607	0,108851	0,000286	C1
3	Balikpapan Selatan	0,009025	0,805806	5,38E-05	C2
4	Balikpapan Tengah	0,800513	0,007115	0,000438	C1
5	Balikpapan Timur	1,7E-05	0,990661	3,04E-07	C2
6	Balikpapan Utara	0,922438	0,000981	6,79E-05	C1
7	Barong Tongkok	8,64E-06	0,993356	1,51E-07	C2
8	Batu Sopang	1,44E-06	0,997298	2,3E-08	C2
9	Muara Muntai	8,64E-06	0,993356	1,51E-07	C3
:	:	:	:	:	:
45	Samarinda Ilir	0,001489	0,000833	0,869673	C3
46	Tanah Grogot	8,64E-06	0,993356	1,51E-07	C2
47	Tanjung Palas	8,64E-06	0,993356	1,51E-07	C2
48	Tanjung Redeb	8,64E-06	0,993356	1,51E-07	C2
49	Tarakan Barat	6,17E-06	0,994407	1,01E-07	C2
50	Tarakan Tengah	1,7E-05	0,990661	3,04E-07	C2
51	Tarakan Timur	1,7E-05	0,990661	3,04E-07	C2
52	Tenggarong	1,7E-05	0,990661	3,04E-07	C2
53	Tenggarong Seberang	0,000233	0,966583	2,48E-06	C2

Berdasarkan Tabel 2, informasi yang diperoleh sebagai berikut:

- Cluster 1 (C1)* beranggotakan lima kecamatan yaitu Kec. Samarinda Ulu, Kec. Balikpapan Utara, Kec. Balikpapan Kota, Kec. Balikpapan Barat, dan Kec. Balikpapan Tengah.
- Cluster 2 (C2)* beranggotakan 46 kecamatan yaitu Kec. Samarinda Utara, Kec. Samarinda Kota, Kec. Sungai Kunjang, Kec. Sungai Pinang, Kec. Palaran, Kec. Loa Janan Ilir, Kec. Sambutan, Kec. Samarinda Seberang, Kec. Balikpapan Selatan, Kec. Balikpapan Timur, Kec. Tenggarong Seberang, Kec. Samboja, Kec. Tenggarong, Kec. Sanga-Sanga, Kec. Loa Kulu, Kec. Loa Janan, Kec. Long Bagun, Kec. Muara Jawa, Kec. Muara Ancalong, dan Kec. Sebulu.
- Cluster 3 (C3)* hanya beranggotakan dua kecamatan yaitu Kec. Samarinda Ilir dan Kec. Muara Muntai.

Berdasarkan perhitungan menggunakan Persamaan 3 diperoleh nilai pusat *cluster* pada Tabel 3.

Tabel 3. Pusat *Cluster* Iterasi Terakhir

	V_{k1}	V_{i1}	V_{i2}	V_{i3}
<i>Cluster 1</i>	23,72186718	18,9757897	40,51305979	
<i>Cluster 2</i>	2,333359157	1,38464415	2,868939355	
<i>Cluster 3</i>	7,440541926	129,470913	41,38617502	

Tabel 3 menampilkan nilai pusat *cluster* yang merupakan nilai koordinat ketiga titik pusat *cluster* dan memberikan informasi garis besar dari setiap *cluster* yang terbentuk sebagai berikut:

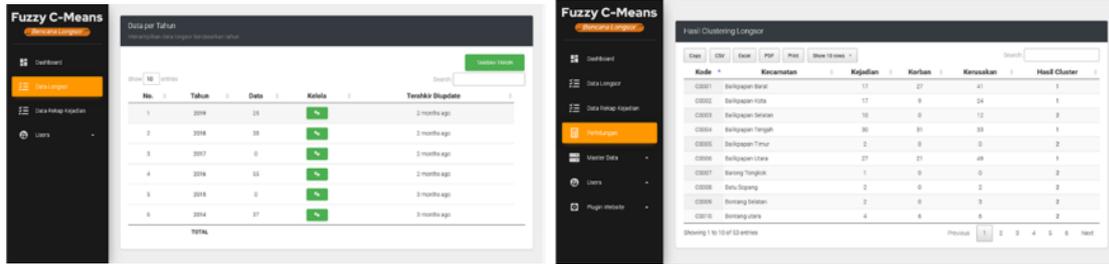
- Cluster 1* berisi wilayah yang memiliki resiko longsor dengan perkiraan jumlah kejadian sebanyak 23 kejadian longsor; korban longsor sekitar 18 jiwa; dan sekitar 40 unit bangunan rusak.
- Cluster 2* berisi wilayah resiko longsor dengan perkiraan 2 kejadian longsor, dengan jumlah korban longsor sekitar 1 jiwa; dan sekitar 2 unit bangunan yang mengalami kerusakan.
- Cluster 3* berisi wilayah resiko longsor dengan perkiraan 7 kejadian longsor; jumlah korban sekitar 129 jiwa; dan sekitar 41 unit bangunan yang mengalami kerusakan.

Berdasarkan hasil pusat *cluster* dari pengelompokan daerah berisiko terkena bencana tanah longsor yang telah dilakukan oleh metode FCM diperoleh hasil bahwa daerah dengan kategori resiko tinggi adalah Kec. Samarinda Ulu, Kec. Balikpapan Utara, Kec. Balikpapan Kota, Kec. Balikpapan Barat dan Kec. Balikpapan Tengah.

3.2. Implementasi Sistem

Implementasi sistem menggambarkan tampilan dari sistem yang dibangun yaitu sistem informasi pengelompokan daerah yang berisiko tanah longsor. Tampilan data longsor yang akan diisi oleh admin

dapat dilihat pada Gambar 1. Selanjutnya, pada Gambar 2 merupakan tampilan hasil *clustering* penerapan metode FCM untuk daerah berisiko tanah longsor yang telah diproses oleh sistem.



Gambar 1. Tampilan Data Longsor

Gambar 2. Tampilan Hasil *Clustering* Daerah Longsor

3.3. Analisis Uji Cluster

Analisis uji *cluster* dilakukan untuk melihat jumlah *overlapping* antar suatu *cluster* atau kelompok yang dihasilkan oleh metode FCM. Perhitungan pengujian *cluster* dilakukan menggunakan PC dengan cara menghitung derajat keanggotaan dari setiap *cluster* pada iterasi terakhir. Derajat keanggotaan pada iterasi terakhir dapat ditampilkan oleh Tabel 4.

Tabel 4. Derajat Keanggotaan Iterasi Terakhir

No	μ_1	μ_2	μ_3
1	0,89405387	0,001993895	9,60936E-05
2	0,426606615	0,108851045	0,000286384
3	0,00902467	0,805806494	5,37947E-05
4	0,800513058	0,007115035	0,00043829
5	1,7046E-05	0,990660938	3,04487E-07
6	0,922437679	0,000981276	6,78726E-05
7	8,63741E-06	0,993355959	1,51018E-07
8	1,44151E-06	0,997297504	2,29625E-08
9	8,3284E-07	0,997952102	1,25156E-08
:	:	:	:
45	0,933167186	0,000891003	1,71772E-05
46	0,994112619	6,11017E-06	2,26729E-07
47	0,99090772	1,44824E-05	5,63917E-07
48	0,99090772	1,44824E-05	5,63917E-07
49	0,995290601	3,93741E-06	1,39268E-07
50	0,992112685	1,09337E-05	4,15833E-07

Berdasarkan Tabel 4. Derajat keanggotaan Iterasi terakhir, diperoleh nilai PC dengan menggunakan persamaan 6 sebesar 0.935751629 yang berarti tingkat akurasi dari nilai keanggotaan dari kluster sangat baik. Kemudian dilakukan uji PC untuk 2, 3 dan 4 *cluster* yang hasil perhitungannya berada pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji *Partition Coefficient*

Jumlah cluster	Pusat Cluster			Evaluasi PCI
2	8,749810219	121,9935395	41,05401949	0,967958619
	3,890397008	2,631129908	5,697735558	
3	23,72186718	18,9757897	40,51305979	0,935751629
	2,333359157	1,38464415	2,868939355	
	7,440541926	129,470913	41,38617502	
4	21,84913289	17,22984229	37,24089421	0,865787648
	7,376594834	129,6490503	41,71032258	
	2,189179573	1,194245027	2,466053274	

Dari Tabel 5. didapatkan informasi hasil evaluasi nilai PC sebesar 0,967958619 untuk 2 *cluster*, 3 *cluster* sebesar 0.935751629, dan 4 *cluster* sebesar 0,865787648. Nilai PC yang dihasilkan ini menunjukkan bahwa *cluster* yang dihasilkan memiliki tingkat akurasi yang baik, karena nilai keanggotaan dari setiap *cluster* mendekati 1. Selain itu, adanya perubahan nilai PC dipengaruhi oleh jumlah *cluster* [18]. Lebih lanjut, hal ini menunjukkan bahwa FCM mampu menampilkan informasi tentang pengelompokan daerah berisiko tanah longsor di Kalimantan Timur.

4. Kesimpulan

Penelitian ini telah membentuk tiga *cluster* yaitu C1, C2 dan C3. *Cluster* pertama dalam penelitian ini disebut sebagai kelompok kecamatan yang memiliki resiko longsor kategori tinggi, *cluster* dua merupakan kecamatan yang memiliki resiko longsor sedang, dan *cluster* tiga termasuk ke dalam kecamatan resiko

longsor rendah. Lebih lanjut, berdasarkan nilai PC diketahui bahwa proses *clustering* dengan metode *Fuzzy C-Means* sangat baik karena memiliki nilai *Partition Coefficient Index* mendekati 1. Hal ini menunjukkan bahwa metode FCM mampu mengelompokkan daerah bencana longsor di Kalimantan Timur kedalam tiga tingkatan resiko. Implikasi kebijakan yang disarankan dari penelitian ini adalah data yang bersumber dari BPBD dapat diolah dan digunakan untuk mengetahui kecamatan atau daerah yang memiliki ancaman terhadap bencana longsor berdasarkan kategori resiko menggunakan metode *Fuzzy C-Means*, sehingga bantuan atau mitigasi pra bencana bisa difokuskan kepada kecamatan-kecamatan yang termasuk ke dalam kelompok resiko dengan kategori tinggi.

Daftar Pustaka

- [1] BNPB, *Indeks Risiko Bencana Indonesia (IRBI)*. 2018.
- [2] D. Triana, T. S. Hadi, and M. K. Husain, "Mitigasi Bencana Melalui Pendekatan Kultural Dan Struktural," 2017.
- [3] N. M. Huwaida and B. I. R. Harsritanto, "Adaptasi Perumahan Pasca Bencana Longsor (Studi Kasus : Perumahan UNDIP Dewi Sartika , Semarang)," pp. 231–236, 2019.
- [4] R. M. Ramadhani and I. K. W. Indah Gustaman, Fitri Andrianti Muhammad Sarip Kodar, "Implementasi Program Sekolah Aman Bencana Di Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 4 Balikpapan Kalimantan Timur," vol. 7, no. 2, pp. 102–118, 2020.
- [5] H. L. Sari, D. Tetap, T. Informatika, and U. D. Bengkulu, "Fuzzy Clustering Dalam Pengclusteran Data Curah Hujan Kota Bengkulu Dengan Algoritma C-Means," pp. 115–124, 2013.
- [6] H. L. Sari and D. Suranti, "Perbandingan Algoritma Fuzzy C-Means (FCM) Dan Algoritma Mixture Dalam Penclusteran Data Curah Hujan Kota Bengkulu," 2016, [Online]. Available: <internal-pdf://180.86.98.151/6228-10763-1-PB.pdf>.
- [7] L. Menggunakan and A. K. Dan, "Klasterisasi Data Pertanian Di Kabupaten Lamongan Menggunakan Algoritma K-Means Dan Fuzzy C Means," vol. V, no. 2, 2019.
- [8] F. W. Nugraha, S. Fauziati, and A. E. Permanasari, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Varietas Kelapa Sawit Dengan Metode Fuzzy C-Means," *Semin. Nas. Inov. Dan Apl. Teknol. DI Ind. 2017 ITN Malang*, p. B.25.1-B.25.7, 2017.
- [9] G. S. Firdaus, "Evaluasi Daerah Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur Menggunakan Metode Fuzzy C-Means (FCM) dan Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution (Topsis)," 2020.
- [10] E. Rouza and L. Fimawahib, "Implementasi Fuzzy C-Means Clustering dalam Pengelompokan UKM Di Kabupaten Rokan Hulu," vol. 19, no. 4, pp. 481–495, 2020.
- [11] S. K. Gusti and R. Abdillah, "Oil Palm Plantation Land Suitability Classification using PCA-FCM," *Semin. Nas. Teknol. ...*, no. November, pp. 229–236, 2018.
- [12] F. Novianti, Y. R. A. Yasmin, and D. C. R. Novitasari, "Penerapan Algoritma Fuzzy C-Means (FCM) dalam Pengelompokan Provinsi di Indonesia berdasarkan Indikator Penyakit Menular Manusia," *JUMANJI (Jurnal Masy. Inform. Unjani)*, vol. 6, no. 1, pp. 23–33, 2022.
- [13] S. Sumiati, Y. Marelita, A. Suhendar, R. Hay's, H. Sigit, and A. Jubaedi, "Implementation of Fuzzy C-Means (FCM) Method For Grouping Heart Disorder Patient Data," 2020, doi: 10.4108/eai.11-7-2019.2298039.
- [14] N. Puspitasari, J. A. Widiars, and P. Pohny, "A Clustering Of Generative and Infectious Diseases Using Fuzzy C-Means," *ITSMART J. Teknol. dan Inf.*, vol. 7, pp. 22–28, 2018.
- [15] E. Irwansyah and M. Faisal, *Advanced Clustering: Teori dan Aplikasi*. DeePublish, 2015.
- [16] N. Puspitasari, "Penentuan Prioritas Perbaikan Jalan Menggunakan Fuzzy C-Means : Studi Kasus Perbaikan Jalan Di Kota Samarinda," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 5, no. 1, p. 7, 2017, doi: 10.14710/jtsiskom.5.1.2017.7-14.
- [17] N. I. Selviana and Mustakim, "Analisis perbandingan K-Means dan Fuzzy C-Means untuk pemetaan motivasi belajar mahasiswa," *Semin. Nas. Teknol. Informasi, Komun. dan Ind.* 8, vol. 01, no. 01, pp. 95–105, 2016.
- [18] A. R. Isnain, A. Sihabuddin, and Y. Suyanto, "Bidirectional long short term memory method and Word2vec extraction approach for hate speech detection," *IJCCS (Indonesian J. Comput. Cybern. Syst.*, vol. 14, no. 2, pp. 169–178, 2020.