

Self Organizing Maps Method for Grouping Provinces in Indonesia Based on the Landslide Impact

Suwanda Risky, Syafriandi*, Dony Permana, Dina Fitria

Departemen Statistika, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

*Corresponding author: syafriandi_math@fmipa.unp.ac.id

Submitted : 21 Agustus 2022

Revised : 24 Januari 2023

Accepted : 20 Februari 2023

ABSTRACT

Due to climatic, soil, hydrological, geological, and topographical factors, Indonesia is a disaster-prone country. A disaster is an event or series of events that endangers and disrupts people's lives and ways of life. Landslides are examples of events that fall into the category of natural disasters. Each province in Indonesia has different characteristics, so the number of landslide disasters varies from province to province. The effects of landslide disasters are correspondingly diverse. Classification and profiling are therefore important to identify landslide-prone states. For grouping, this study used the self-organizing map technique. Three clusters are constructed based on the ideal values of the inner cluster validation (Dunn, Connectivity, and Silhouette Index). Cluster 1 has 31 provinces. On average, landslides have little impact. Cluster 2 consists of 2 provinces and has 4 effects, which are even more important. Provinces from Cluster 3 have a more significant dominant influence. Therefore, it can be said that landslides usually have little impact on rural areas of Indonesia. West Java, Central Java, and East Java are three provinces particularly affected by landslides.

Keywords: Cluster Validation, Landslide, Self Organizing Maps



This is an open access article under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2022 by author and Universitas Negeri Padang.

I. PENDAHULUAN

Indonesia menjadi negara yang rawan bencana dikarenakan keadaan iklim, tanah, hidrologi, geologi, dan geomorfologinya (Heraldi dkk, 2019). Bencana adalah kejadian atau rangkaian kejadian yang membahayakan dan mengganggu kehidupan dan tata kehidupan masyarakat. Bencana alam dan/atau non alam dapat menimbulkan korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Bencana alam adalah peristiwa yang disebabkan oleh kejadian alam, seperti gempa bumi, tsunami, letusan gunung berapi, banjir, kekeringan, badai, atau tanah longsor (Kementerian Pekerjaan Umum, 2012). Tanah longsor merupakan bencana yang diakibatkan oleh curah hujan yang tinggi (Rahayu, 2019). Banyaknya kejadian bencana tanah longsor di Indonesia berbeda-beda pada setiap provinsi, hal ini diakibatkan karena perbedaan karakteristik dari setiap provinsi di Indonesia. Sehingga dampak yang ditimbulkan oleh bencana tanah longsor juga berbeda-beda. Bencana tanah longsor memberikan dampak yang sangat negatif bagi masyarakat seperti adanya korban jiwa (meninggal dunia, hilang, atau luka-luka), kerusakan rumah, atau kerusakan fasilitas umum. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengelompokkan dan profilisasi agar dapat diketahui provinsi mana yang memiliki dampak korban jiwa, rumah-rumah yang rusak ataupun fasilitas umum yang paling banyak.

Pengelompokkan dan profilisasi dapat menjadi acuan penanganan bencana bagi pemerintah untuk meminimalkan risiko korban jiwa akibat tanah longsor. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk pengelompokkan adalah *Self Organizing Maps* (SOM). Metode SOM cocok digunakan dalam melakukan pengelompokkan dikarenakan metode ini memiliki keunggulan dalam memvisualisasi hasil kluster, sehingga kita dapat mengetahui variabel dominan dari setiap kluster yang terbentuk tanpa melihat data yang digunakan (Nugroho dkk, 2012). *Self Organizing Maps* menggunakan konsep analisis jaringan saraf tiruan dengan *single layer* (layar tunggal) (Setiani, 2015). Metode ini terdiri neuron *output*, neuron *output* tersebut disusun kedalam sebuah neuron kelompok yang memiliki jarak kemiripan terdekat dengan anggota kelompok tersebut (Larose, 2014). Jumlah kelompok atau kluster yang akan dibentuk berdasarkan nilai optimal dari validasi kluster internal. Menurut Jain dan Dubes (1988), Hasil pengelompokkan dalam konsep kuantitatif yang berasal dari data dinilai menggunakan validasi internal. Dikarenakan data longsor yang digunakan dalam penelitian ini juga berupa data kuantitatif, maka validasi ini layak untuk digunakan. Validasi internal terdiri dari Indeks *Dunn*, *Connectivity*, dan *Silhouette* (Brock dkk, 2011).

Penggunaan metode SOM dalam melakukan analisis kluster telah dilakukan sebelumnya oleh para peneliti. Nugroho dkk (2012) melakukan pengelompokan kelompok swadaya masyarakat dalam menentukan kebijakan bantuan badan pemberdayaan masyarakat. Hafiludien (2018) melakukan pengelompokan untuk pemetaan penyandang kesejahteraan sosial. Penelitian ini merupakan pengembangan materi pada penelitian sebelumnya yang belum menampilkan dan menjelaskan bagaimana cara menghitung dengan menggunakan radius ketetanggaan lebih dari 0.

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai metode SOM yang diharapkan dapat memberikan hasil kluster dari permasalahan dampak bencana tanah longsor di Indonesia Tahun 2012-2021. Secara umum, *output* penelitian berupa hasil kluster yang menggambarkan karakteristik masing-masing provinsi di Indonesia berdasarkan dampak bencana tanah longsor tahun 2012-2021.

II. METODE PENELITIAN

A. Sumber Data dan Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini, data sekunder yang berupa informasi dampak tanah longsor di Indonesia dari tahun 2012 hingga 2021 menurut provinsi diambil dari situs Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Berdasarkan informasi tersebut, provinsi-provinsi di Indonesia akan diklasifikasi menurut dampak bencana tanah longsor tersebut. Lima variabel dampak tanah longsor yang digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah korban meninggal, luka-luka, hilang, rumah rusak, dan fasilitas umum yang terdampak.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam analisis SOM adalah:

1. Melakukan statistika deskriptif

Statistika deskriptif dilakukan untuk melihat ringkasan data secara umum mengenai variabel yang digunakan dalam data dampak bencana tanah longsor di Indonesia.

2. Melakukan standardisasi data

Jika pada data penelitian terdapat perbedaan rentang nilai yang cukup besar antara variabel maka perlu dilakukan standardisasi data. Hal ini dikarenakan perhitungan jarak pada analisis kluster menjadi tidak valid jika terdapat rentang nilai yang besar (Yulianto & Hidayatullah, 2014). Untuk melakukan standardisasi data dapat dilakukan menggunakan persamaan (1),

$$z_{ik} = \frac{x_{ik} - \bar{x}_k}{s_k} \quad (1)$$

dimana z_{ik} merupakan nilai z baris ke- i variabel ke- k , x_{ik} merupakan nilai x baris ke- i variabel ke- k , \bar{x}_k merupakan rata-rata variabel ke- k , dan s_k merupakan simpangan baku variabel ke- k .

3. Menentukan jumlah kluster

Validasi kluster internal digunakan untuk menentukan jumlah kluster terbaik yang akan dibentuk. Menurut Brock (2011) validasi kluster internal terdiri dari beberapa metode, yaitu;

a) Indeks *Dunn*

Jika nilai dari indeks *Dunn* yang diperoleh lebih tinggi, maka indeks *Dunn* menghasilkan jumlah kluster terbaik. Indeks *Dunn* dapat dirumuskan pada persamaan (2),

$$Dunn = \frac{d_{min}}{d_{max}} \quad (2)$$

dimana d_{min} merupakan jarak terkecil antara observasi pada kluster yang berbeda, dan d_{max} merupakan jarak terbesar pada masing-masing kluster data.

b) Indeks *Connectivity*

Jika nilai akhir lebih kecil dari nilai kluster lainnya, Indeks *Connectivity* menghasilkan jumlah kluster terbaik. Indeks *Connectivity* dapat dirumuskan pada persamaan (3),

$$Conn(C) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^L X_{i,nni(j)} \quad (3)$$

dimana $nni(j)$ merupakan pengamatan tetangga terdekat (*nearest neighbour*) dari data ke- j ke data ke- i , jika dalam satu kluster bernilai 0 dan jika berbeda bernilai $1/j$. N merupakan banyak pengamatan dan L merupakan jumlah kluster.

c) Indeks *Silhouette*

Jika nilai indeks pada indeks *Silhouette* mendekati 1, dapat dikatakan bahwa jumlah kluster terbentuk dengan baik, dan jika mendekati -1 dikatakan terbentuk dengan buruk. Indeks *Silhouette* dapat dirumuskan pada persamaan (4),

$$S_{(i)} = \frac{b_{(i)} - a_{(i)}}{\max(a_{(i)}, b_{(i)})} \quad (4)$$

dimana $S_{(i)}$ merupakan indeks *Silhouette* pada objek ke- i , $a_{(i)}$ merupakan rata-rata kemiripan antara objek ke- i dengan objek lain di dalam klasternya, dan $b_{(i)}$ merupakan nilai minimum dari rata-rata kemiripan antara objek ke- i dengan objek lain di luar klasternya.

4. Menentukan jenis topologi, ukuran topologi (x,y), nilai α , dan nilai ukuran ketetanggaan (R)

Menurut Kahraman (2012) terdapat dua bentuk topologi dalam SOM, yaitu Rectangular topology dan Hexagonal topology. Ukuran topologi disesuaikan berdasarkan jumlah kluster yang akan dibuat, yaitu lebih banyak atau sama dengan jumlah kluster yang akan dibuat. Sedangkan untuk nilai ukuran ketetanggaan (R) awal adalah 0, hal ini dapat berubah dengan ketentuan hasil kluster yang dihasilkan terdapat kluster yang tidak memiliki anggota.

5. Menginisialisasikan bobot neuron output secara acak

Bobot acak pada setiap neuron ditentukan dengan rentang nilai antara 0 dan 1 dengan ukuran matriks yang sama dengan jumlah variabel (N) x jumlah neuron (K) (Larose, 2014).

6. Menghitung jarak minimum antara data input terhadap neuron

Untuk menghitung jarak terdekat antara data input terhadap neuron melalui bobot dengan menggunakan jarak euclidean pada persamaan (5),

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (w_{ik} - x_{ik})^2} \quad (5)$$

dimana D_{ij} merupakan jarak antara data input pada baris ke i dan neuron ke j , w_{ik} merupakan bobot dari baris ke i dan kolom ke k , x_{ik} merupakan data input baris ke i dan kolom ke k .

Neuron yang memiliki jarak terdekat dengan data input disebut neuron pemenang, bobot neuron pemenang akan diperbarui.

7. Memperbarui nilai bobot neuron yang menjadi neuron pemenang dan neuron tetangga

Untuk memperbarui nilai bobot neuron pemenang menggunakan persamaan (6),

$$w_{ij,new} = w_{ij,current} + \alpha(x_{ij} - w_{ij,current}) \quad (6)$$

dimana $w_{ij,new}$ merupakan bobot baru dari neuron baris ke i dan kolom ke j , $w_{ij,current}$ merupakan bobot lama dari neuron baris ke i dan kolom ke j , dan x_{ij} merupakan data input pada baris ke i dan kolom ke j .

Dalam metode SOM ini setiap neuron akan saling berbagi yang diperoleh dari neuron pemenang sebagai pusatnya. Sehingga neuron tetangga terdekat dari neuron pemenang akan ikut diperbarui, hal ini digunakan untuk meningkatkan peluang neuron tetangga agar terpilih menjadi neuron pemenang pada iterasi berikutnya (Larose, 2014). Untuk memperbarui neuron tetangga menggunakan persamaan (7),

$$w_{ij,new} = w_{ij,current} + \alpha * h_{ci}(x_{ij} - w_{ij,current}) \quad (7)$$

dimana h_{ci} merupakan nilai fungsi untuk neuron pemenang c dengan neuron tetangga ke- i , untuk menghitung nilai h_{ci} dapat menggunakan persamaan (8),

$$h_{ci} = \exp\left(\frac{d_{ci}^2}{2R^2}\right)$$

(8)

dimana d_{ci} merupakan jarak antara neuron pemenang c dengan neuron tetangga ke- i .

8. Mengelompokkan neuron yang telah diperbarui menjadi beberapa kluster

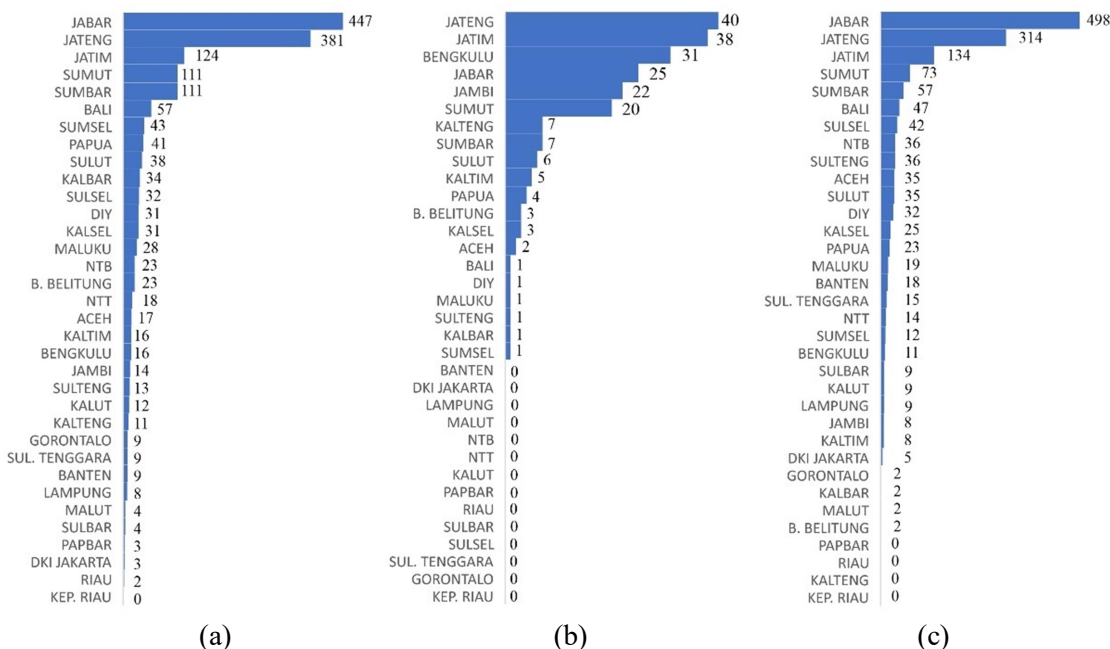
Jika jumlah neuron lebih banyak dari jumlah kluster yang akan dibentuk, maka perlu dilakukan pengelompokkan terhadap neuron tersebut berdasarkan karakteristik antar neuron. Untuk mengelompokkan neuron yang memiliki karakteristik terdekat dapat menggunakan persamaan (5).

9. Membuat kesimpulan

Dalam membuat kesimpulan didasari dari seluruh rangkuman pada bagian hasil dan pembahasan terhadap permasalahan yang terjadi pada bagian pendahuluan.

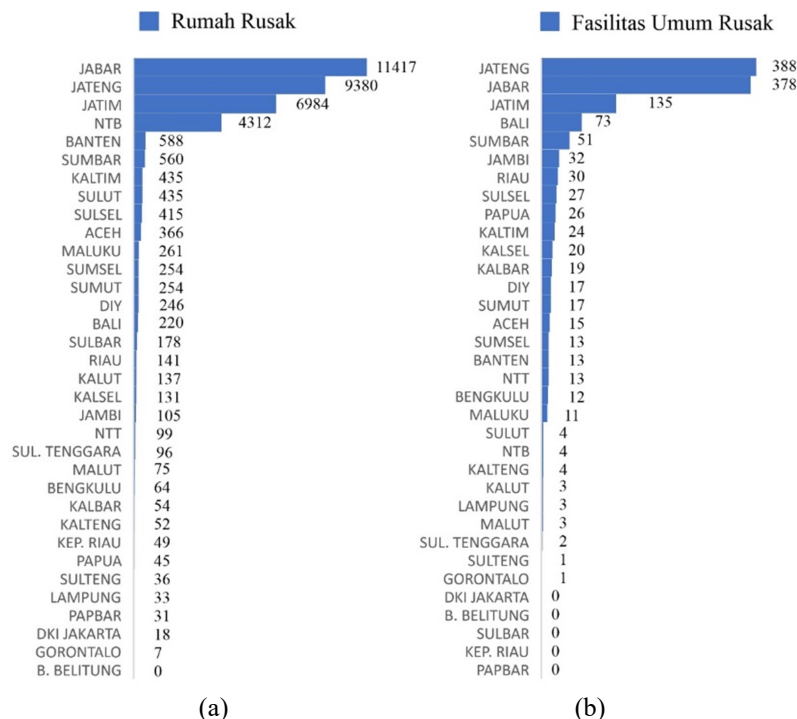
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui perbedaan dampak bencana tanah longsor pada setiap provinsi di Indonesia maka perlu dilihat ringkasan data secara umum mengenai variabel yang digunakan. Gambar 1 dan 2 menunjukkan gambaran lima faktor yang mempengaruhi seberapa besar kerusakan akibat tanah longsor di 34 provinsi Indonesia antara tahun 2012 dan 2021.



Gambar 1. (a) Jumlah Korban Meninggal Akibat Bencana Tanah Longsor Tahun 2012-2021, (b) Jumlah Korban Hilang Akibat Bencana Tanah Longsor Tahun 2012-2021, (c) Jumlah Korban Terluka Akibat Bencana Tanah Longsor Tahun 2012-2021

Berdasarkan Gambar 1, daerah longsor dengan jumlah korban meninggal dan luka-luka terbanyak masing-masing 447 dan 498 berada di Jawa Barat, sedangkan daerah dengan jumlah korban luka terbanyak 40 adalah Jawa Tengah. Tidak ada korban jiwa di Kepulauan Riau, tidak ada orang hilang (Banten, DKI Jakarta, Lampung, Maluku Utara, NTB, NTT, Kalimantan Utara, Papua Barat, Riau, Sulawesi Barat, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Gorontalo, dan Kepulauan Riau), dan tidak ada korban jiwa di daerah longsor yang menimbulkan korban jiwa paling sedikit (Papua Barat, Riau, Kalimantan Tengah, Kepulauan Riau).



Gambar 2. (a) Jumlah Rumah Rusak Akibat Bencana Tanah Longsor Tahun 2012-2021, (b) Jumlah Fasilitas Umum Rusak Akibat Bencana Tanah Longsor Tahun 2012-2021

Selain mengakibatkan korban jiwa, bencana tanah longsor juga berdampak pada kerusakan bangunan maupun fasilitas umum yang ada. Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa rumah yang rusak paling banyak adalah 11.417 rumah di Jawa Barat. Tidak ada rumah yang rusak di Bangka Belitung. Fasilitas umum yang paling terdampak ada di Jawa Tengah maksimal 338 unit, sedangkan DKI Jakarta, Bangka Belitung, Sulawesi Barat, Kepulauan Riau, dan Papua Barat sedikitnya tidak ada fasilitas umum yang rusak.

Setelah dilihat gambaran umum dari masing-masing variabel, selanjutnya adalah melakukan standarisasi data. Standarisasi data dilakukan karena variabel memiliki ukuran satuan yang berbeda. Hasil standarisasi ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Standarisasi Data

Amatan	Meninggal	Hilang	Terluka	Rumah Rusak	Fasum Rusak
1	-0,35	-0,39	-0,1	-0,27	-0,27
2	0,06	-0,48	0,02	-0,32	0,37
3	-0,43	-0,56	-0,28	-0,19	-0,29
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
32	0,62	0,05	0,12	-0,2	0,13
33	-0,08	0,48	-0,34	-0,31	-0,29
34	0,62	1,19	0,29	-0,31	-0,25

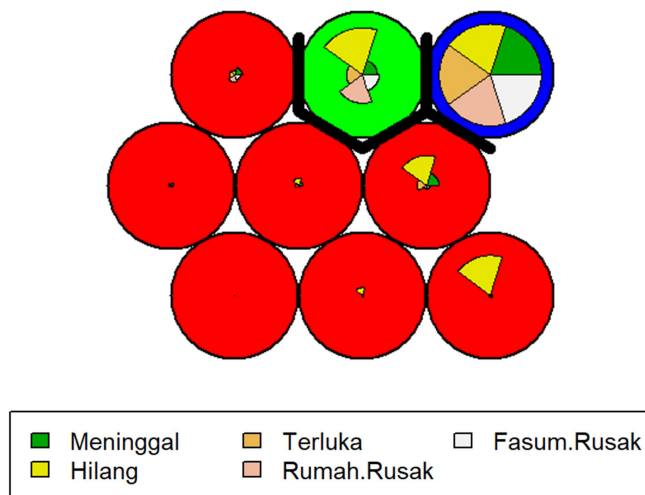
Sebelum masuk ke algoritma *Self Organizing Maps* (SOM), perlu ditentukan terlebih dahulu jumlah kluster yang akan dibentuk. Penentuan jumlah kluster pada metode SOM disesuaikan berdasarkan nilai optimal metode validasi kluster internal. Metode validasi kluster internal tersebut antara lain, Indeks *Dunn*, *Connectivity*, dan *Silhouette*. Hasil dari validasi kluster internal tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Validasi Kluster Internal

Metode	Ukuran Kluster			
	3	4	5	6
Connectivity	9,9905	11,8238	28,8385	28,5139
Dunn	0,3432	0,4847	0,0604	0,0737
Silhouette	0,7066	0,6751	0,2978	0,3802

Validasi kluster ditunjukkan pada Tabel 2 dimana indeks *Connectivity* terkecil yaitu 9,9905 pada kluster 3, indeks *Dunn* terbesar yaitu 0,4847 pada kluster 4, dan indeks *Silhouette* yang mendekati 1 yaitu 0,7066 pada kluster 3. Hasil validasi kluster menunjukkan nilai kluster yang optimal adalah 3, sehingga metode kluster menggunakan 3 kluster untuk menilai dampak bencana tanah longsor tahun 2012 hingga 2021.

Setelah menentukan jumlah kluster yang akan dibentuk, langkah selanjutnya adalah menggunakan algoritma SOM dalam mengelompokkan provinsi di Indonesia berdasarkan dampak bencana tanah longsor. Pada proses ini akan menghasilkan suatu diagram kipas (*fan*) yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Kipas (*fan*) tentang kluster yang terbentuk dan besarnya dampak bencana tanah longsor pada masing-masing kluster

Peneliti menggunakan perspektif heksagonal dengan ukuran topologi 3x3 dan ukuran tetangga (R) sebesar 0, bersama dengan nilai α sebesar 0,5. Dari diagram kipas tersebut kita dapat mengetahui karakteristik dari setiap kluster tanpa mengetahui data dari setiap kluster. Diagram kipas menampilkan bagaimana variabel didistribusikan pada pemetaan yang mana semakin besar ukuran kipas, semakin tinggi nilai variabelnya. Pada diagram kipas tersebut terdapat neuron yang berbentuk lingkaran dan di dalamnya terdapat karakteristik dari setiap anggota neuron. Neuron-neuron tersebut dikelompokkan dengan neuron lain yang memiliki kemiripan paling banyak sehingga terbentuk tiga kluster neuron dan diberi warna yang berbeda untuk setiap kluster. Berdasarkan Gambar 3 terdapat tiga warna yang berbeda (merah, biru, hijau) dan dibatasi oleh garis hitam. Tiga warna berbeda mewakili keadaan atau karakteristik dari setiap kluster yang terbentuk.

Berdasarkan Gambar 3 dapat disimpulkan bahwa terdapat 3 kluster (merah, biru, hijau) yang terbentuk. Pada kluster berwarna biru menunjukkan diagram kipas dari setiap variabel yang besar, hal ini menunjukkan bahwa pada kluster berwarna biru memiliki rata-rata dampak bencana tanah longsor yang tinggi. Pada kluster berwarna hijau menunjukkan diagram kipas dari setiap variabel yang lebih kecil dibandingkan dengan kluster berwarna biru. Namun pada variabel korban hilang memiliki bentuk kipas yang lebih besar, hal ini menunjukkan bahwa pada kluster berwarna hijau memiliki dampak korban hilang yang lebih besar dibandingkan dengan kluster berwarna biru. Pada kluster berwarna merah rata-rata ukuran diagram kipas yang terbentuk relatif kecil dibandingkan kedua kluster sebelumnya. Meskipun terdapat variabel korban hilang yang memiliki bentuk kipas yang cukup besar pada salah

satu neuron, namun variabel dampak bencana tanah longsor lainnya memiliki ukuran yang sangat kecil. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada kluster berwarna merah rata-rata memiliki dampak bencana tanah longsor yang kecil.

Tabel 3 dan 4 menunjukkan informasi lebih lanjut tentang kluster yang dihasilkan dan sifat dari masing-masing kluster.

Tabel 3. Jumlah dan Anggota Kluster

Kluster	Jumlah Anggota	Anggota Kluster
1	31	Aceh, Bali, Banten, Bengkulu, DI Yogyakarta, DKI Jakarta, Gorontalo, Jambi, Kepulauan Bangka Belitung, Kalimantan Timur, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Kalimantan Utara, Kalimantan Tengah, Kepulauan Riau, Lampung, Maluku Utara, Maluku, Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Riau, Sulawesi Barat, Sulawesi Selatan, Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, Sumatera Barat, Sumatera Utara, Sumatera Selatan, Papua Barat, dan Papua.
2	2	Jawa Tengah, Jawa Barat
3	1	Jawa Timur

Jumlah dan identitas setiap anggota dari setiap kluster yang dibuat tersedia pada Tabel 3. Anggota kluster dipilih berdasarkan kemiripan semua variabel yang mempengaruhi tanah longsor. Pembagian kluster dihasilkan dari temuan klusterisasi perangkat lunak RStudio menggunakan algoritma SOM. Kluster 1 (merah) dalam penelitian ini berisi 31 provinsi, kluster 2 (biru) berisi 2 provinsi, dan kluster 3 (hijau) berisi 1 provinsi.

Selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata setiap kluster untuk menentukan karakteristik setiap kluster (profilisasi) berdasarkan dampak bencana longsor yang dapat dilihat pada Tabel 4. Hal ini dilakukan setelah mengetahui jumlah anggota dan anggota tiap kluster.

Tabel 4. Profilisasi Hasil Kluster

Variabel	Kluster 1	Kluster 2	Kluster 3
Korban Meninggal (X1)	25	414	124
Korban Hilang (X2)	4	33	38
Korban Terluka (X3)	19	406	134
Rumah Rusak (X4)	313	10399	6984
Fasum Rusak (X5)	14	383	135

Keterangan: karakter bercetak tebal menandakan variabel yang dominan

Profilisasi atau karakteristik yang menonjol pada setiap kluster ditunjukkan pada Tabel 4. Kluster 1 tidak menunjukkan ciri-ciri bahwa pada kluster tersebut memiliki efek tanah longsor yang besar. Dapat dikatakan bahwa kluster 1 mengalami longsor yang sangat sedikit dibandingkan dengan kluster lainnya dan setiap anggota kluster mengalaminya secara setara. kluster 2 menunjukkan dampak paling besar dibandingkan kluster lain, dari 5 variabel dampak bencana tanah longsor terdapat 4 variabel dampak yang dominan dibandingkan dengan kluster lain yaitu korban meninggal, korban terluka, rumah rusak, dan fasilitas umum rusak. Sedangkan pada kluster 3 terdapat 1 variabel dampak bencana tanah longsor yang dominan yaitu korban hilang.

IV. KESIMPULAN

Pengelompokkan provinsi di Indonesia berdasarkan dampak bencana tanah longsor menggunakan metode *Self Organizing Maps* (SOM) didapatkan jumlah kluster sebanyak 3 kluster berdasarkan nilai optimal dari validasi kluster internal yaitu indeks *dunn*, *connectivity*, dan *silhouette*. Hasil pengelompokkan dengan menggunakan metode SOM memperlihatkan bahwa sebagian besar provinsi di Indonesia memiliki dampak bencana tanah longsor yang rendah. Hal ini dikarenakan sebanyak 31 provinsi merupakan anggota dari kluster 1. Pada kluster 1 tidak terdapat variabel dampak bencana tanah longsor yang dominan. Namun, masih terdapat beberapa provinsi yang mengalami dampak bencana tanah longsor yang tinggi. Pada kluster 2 beranggotakan provinsi Jawa Barat dan Jawa Tengah memiliki dampak bencana tanah longsor dominan yaitu pada dampak korban meninggal, korban terluka, rumah rusak, dan fasilitas umum rusak. Sedangkan pada kluster 3 beranggotakan Provinsi Jawa Timur memiliki dampak bencana tanah longsor dominan yaitu pada dampak korban hilang.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). "Data Bencana Tanah Longsor Tahun 2012-2021". Publikasi BNPB diakses dari <http://www.gis.bnpb.go.id/>, tanggal 10 februari 2022.
- Brock, G., Pihur, V., Datta, S., Datta, S., & others. (2011). CIVValid, an R package for cluster validation. *Journal of Statistical Software* (Brock et al., March 2008).
- Hafiludien, A., Istiawan, D. (2018). Penerapan Algoritma Self Organizing Maps Untuk Pemetaan Penyandang Kesejahteraan Sosial (PMKS) di Provinsi Jawa Tengah Tahun 2016.
- Heraldi, H. Y., Nabila, C. A., & Hasih, P. (2019). Analisis Cluster Intensitas Kebencanaan di Indonesia Menggunakan Metode K-Means. *Indonesian Journal of Applied Statistics*, 2(2), 137-144.
- Jain, A.K. & Dubes, R.C. 1988. *Algorithms for Clustering Data*. Prentice Hall: A Division of Simon & Schuter Englewood Cliffs, New Jersey.
- Kahraman, C. (2012). *Computational Intelligence Systems in Industrial Engineering With Recent Theory and Applications*. Turkey: Atlantis Press.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2012). *Petunjuk Tindakan dan Sistem Mitigasi Banjir Bandang*. Semarang: Jica Project.
- Larose, D.T. (2014). *Discovering Knowledge in Data*. USA: A John Wiley & Sons, Inc Publication.
- Nugroho, C. A., Rully, A. Hendrawan & Irmasari, H. (2012). Clustering Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) dalam Menentukan Kebijakan Bantuan Badan Pemberdayaan Masyarakat di Kota Surabaya dengan Menggunakan Metode Self-Organizing Map (SOM) dan K-Means. *Jurnal Teknik ITS*, 1(1), 368-373
- Rahayu, Bunga. (2019). *Pengelompokan Dampak Bencana Tanah Longsor Di Indonesia Menggunakan Kohonen Self Organizing Maps (SOM)*. *Skripsi*. Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta.
- Setiani, D. (2015). *Jurnal: Clustering Indikator Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia Menggunakan Algoritma SOM Kohonen*. *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika UMS*, 614-628.
- Yulianto, S & Hidayatullah, K. H. (2014). Analisis Kluster untuk Pengelompokan Kabupaten/Kota di Provinsi Jateng berdasarkan Indikator Kesejahteraan Rakyat. *Jurnal Akd. Statistika Muhammadiyah Semarang*, 2(1), 58-59.