

Measuring and Profiling Social Vulnerability to Natural Disaster in Indonesia in 2019

Pengukuran dan Profiling Kerentanan Sosial Terhadap Bencana Alam di Indonesia Tahun 2019

Yuliagnis Transver Wijaya^{1*}, Ian Tryaldi Halim^{2*}

¹Politeknik Statistika STIS, ²BPS Kabupaten Jeneponto
Email address : Yuliagnis@stis.ac.id, Ianhalim06@gmail.com

Abstract

Nowadays, natural hazards are often seen from the nature perspective only. However, it is necessary to know not only about the hazards, but also the community resilience to prepare for, respond to, and recover from disasters based on the social characteristics which are called social vulnerability. This study provides the identification of social vulnerability to natural hazards condition and characterization of the dominant factors at the district level in Indonesia using secondary data. The principal component analysis (PCA) is used to reduce 13 district-level variables into 4 components that represents the driving factors of social vulnerability. The results of PCA are used to quantify the social vulnerability level of the districts in Indonesia using social vulnerability index (SoVI), followed by the deeper exploration of social vulnerability problem using K-Means Clustering. The SoVI and cluster results were mapped by using QGIS to identify the social vulnerability at districts level. The research shows that most districts in Indonesia are at a low-level vulnerability. The districts with low vulnerability are spread in the Sumatera and Kalimantan area. However, there are 43 Districts in Eastern Indonesia are in a high-level vulnerability. These districts also suffer many problems, such low socioeconomic status. The results of this study support not only the previous social vulnerability studies but also the government as the policymakers by setting priority regions and allocating the policies according to main social vulnerability problem of each district, especially in the most vulnerable regions.

Keywords: Indonesia, K-means clustering, Natural Disasters, Social Vulnerability, SoVI.

Abstrak

Hingga saat ini, bencana alam masih sering dilihat dari perspektif alam saja. Namun, perlu diketahui bahwa bencana alam tidak hanya tentang bahaya, tetapi juga ketahanan masyarakat untuk mempersiapkan, merespons, dan pulih dari bencana berdasarkan karakteristik sosial yang disebut sebagai kerentanan sosial. Penelitian ini memberikan identifikasi kerentanan sosial terhadap bencana alam dan karakteristik dari faktor-



faktor yang dominan mempengaruhi kerentanan pada tingkat kabupaten/kota di Indonesia menggunakan data sekunder. *Principal Component Analysis* (PCA) digunakan untuk mereduksi 13 variabel ditingkat kabupaten/kota menjadi 4 komponen yang mewakili faktor pendorong kerentanan sosial di Indonesia. Hasil dari PCA digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kerentanan sosial di Indonesia dengan menggunakan *Social Vulnerability Indeks* (SoVI). Kemudian dilanjutkan dengan analisis yang lebih dalam menggunakan *K-Means Clustering*. Hasil SoVI dan *Cluster* kemudian dipetakan dengan menggunakan QGIS untuk mengidentifikasi kerentanan sosial ditingkat kabupaten/kota di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar kabupaten/kota di Indonesia berada pada level tingkat kerentanan yang rendah. Kabupaten/kota dengan tingkat kerentanan yang rendah tersebar di wilayah Sumatera dan Kalimantan. Namun, terdapat 43 kabupaten/kota di Indonesia timur yang memiliki tingkat kerentanan sosial sangat tinggi terhadap bencana alam. Kabupaten/kota ini juga mengalami beberapa masalah seperti rendahnya status sosial ekonomi. Hasil penelitian ini tidak hanya mendukung studi kerentanan sosial sebelumnya tetapi juga pemerintah sebagai pembuat kebijakan dengan menetapkan wilayah prioritas dan mengalokasikan kebijakan sesuai dengan masalah kerentanan sosial utama pada setiap kabupaten/kota, terutama wilayah yang paling rentan.

Kata kunci: Indonesia, K-Means Clustering, Bencana Alam, Kerentanan Sosial, SoVI.

1. Pendahuluan

Bencana alam merupakan fenomena yang penuh dengan ketidakpastian dan terkait dengan kejadian bahaya seperti besarnya kejadian bahaya alam dan tingkat spasial dari bahaya alam. Bencana alam mengacu pada peristiwa alam yang dapat mempengaruhi suatu lokasi pada waktu tertentu [23]. Namun, hingga saat ini, bencana alam masih sering dilihat dari perspektif alam saja. Padahal perlu diketahui bahwa bencana alam tidak hanya tentang bahaya, tetapi juga ketahanan masyarakat dalam mempersiapkan, menanggapi dan pulih dari bencana alam berdasarkan karakteristik sosial yang disebut sebagai kerentanan sosial [2], [5]–[7], [18], [23].

Kerentanan sosial merupakan potensi kerugian atau dampak merugikan lainnya saat terjadi bencana alam [3], [5]. Kerentanan sosial merupakan produk yang diakibatkan oleh ketidaksetaraan sosial antar kelompok yang sering dikaitkan dengan ras, jenis kelamin, usia, etnis, dan karakteristik sosial lainnya yang pada akhirnya mempengaruhi kemampuan masyarakat untuk merespon bencana alam [2], [6], [23]. Selain itu, kerentanan sosial juga merupakan salah satu faktor yang dapat mengubah bahaya alam menjadi bencana alam [14].

Potensi bahaya yang dapat memicu terjadinya bencana alam dimasa yang akan datang sangatlah besar dan kemungkinan akan menimbulkan variasi kerugian yang berbeda antar wilayah karena perbedaan kerentanan sosial [10], [24]. Identifikasi wilayah yang rentan secara sosial terhadap bencana alam perlu untuk dilakukan sebagai salah satu upaya untuk menunrunkan risiko terhadap bencana alam dan membangun ketahanan masyarakat terhadap bencana alam [1], [14], [15]. Selain itu, identifikasi wilayah yang rentan secara sosial juga bertujuan agar pemerintah sebagai pembuat kebijakan dapat menetapkan wilayah prioritas dan mengalokasikan kebijakan sesuai dengan masalah kerentanan sosial utama yang dihadapi oleh kabupaten/kota di Indonesia, terutama pada wilayah yang paling rentan. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk memetakan kerentanan sosial terhadap bencana alam dan melakukan *profiling* kerentanan sosial terhadap bencana alam di Indonesia.

2. Metode Penelitian

Wilayah Indonesia merupakan wilayah yang rawan terhadap bencana alam, akan tetapi gambaran dan *profiling* mengenai kerentanan sosial masyarakat Indonesia terhadap bencana alam masih belum banyak dibahas. Penelitian mengenai perhitungan indeks komposit kerentanan sosial terhadap bencana masyarakat Indonesia untuk level kabupaten/kota pun masih jarang dilakukan, padahal pengukuran kerentanan sosial terhadap bencana alam di Indonesia sangat penting sebagai dasar informasi untuk menunjang upaya preventif sebelum, sesaat dan setelah terjadinya bencana alam dan dapat membantu pemangku kebijakan dalam mengalokasikan sumber daya secara lebih efektif selama fase siklus bencana alam mulai dari mitigasi hingga pemulihan. Oleh sebab itu, penelitian ini menggunakan metode PCA untuk mengukur kerentanan sosial di Indonesia serta

menggunakan metode K-Means *Clustering* untuk membentuk profil kerentanan sosial terhadap bencana alam di Indonesia.

Kajian Teori, Variabel dan Sumber Data

Sumber data yang digunakan merupakan data sekunder yaitu data Survei Susenas Ekonomi Nasional (Susenas) yang bersumber dari Badan Pusat Statistik dan data distribusi peralatan logistik yang bersumber dari BNPB. Penelitian ini mencakup 514 kabupaten/kota di Indonesia pada tahun 2019 sebagai unit analisis. Adapun variabel yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Ringkasan variabel penyusun indeks kerentanan sosial terhadap bencana alam di Indonesia.

Domain	Kajian Teori	Variabel	Sumber
Status sosio ekonomi	Kelompok masyarakat dengan status sosio-ekonomi yang rendah terpengaruh lebih besar oleh dampak bencana alam karena keterbatasan akses ke sumber daya selama siklus bencana alam.	(X1) Persentase penduduk miskin. (X2) Persentase penduduk yang tidak memiliki akses transportasi.	[2], [6], [8], [10], [18]
Pekerjaan	Penduduk yang tidak bekerja terpengaruh lebih besar oleh dampak bencana alam karena tidak memiliki pendapatan ataupun jaminan kesehatan akibat bencana alam. Penduduk yang bekerja di sektor pertanian juga terpengaruh lebih besar oleh dampak bencana alam karena penghasilan yang lebih rendah serta pekerjaan mereka yang terpengaruh oleh peristiwa bencana alam.	(X3) Tingkat pengangguran terbuka (X4) Jumlah penduduk yang bekerja di sektor pertanian.	[2], [4], [6], [7], [10], [17], [25]
Jenis kelamin	Penduduk wanita terpengaruh lebih besar oleh dampak bencana alam karena memiliki mobilitas yang lebih rendah dibandingkan pria untuk merespons bencana alam.	(X5) Persentase penduduk wanita. (X6) Persentase kepala rumah tangga wanita.	[2], [6], [7], [9], [12], [17], [18]
Usia	Kelompok usia tertentu seperti balita atau lansia terpengaruh lebih besar oleh dampak bencana alam karena kendala mobilitas ataupun kesulitan untuk melindungi diri sendiri selama peristiwa bencana alam.	(X7) Persentase penduduk usia 0-4 tahun. (X8) Persentase penduduk usia 65 tahun ke atas	[2], [6], [8], [10], [16], [18], [25]
Pendidikan	Kelompok masyarakat yang memiliki pendidikan yang rendah terpengaruh lebih besar oleh dampak bencana alam karena keterbatasan kemampuan untuk memahami informasi peringatan serta akses ke informasi.	(X9) Persentase penduduk buta huruf	[2], [6]–[8], [10], [12], [16]–[18]
Kepadatan	Kelompok masyarakat yang tinggal di wilayah perkotaan dengan kepadatan penduduk yang tinggi terpengaruh lebih besar oleh dampak bencana alam karena sulitnya proses evakuasi dan penyelamatan saat terjadi bencana alam.	(X10) Tingkat kepadatan penduduk	[2], [6], [7], [12], [17], [25]

Domain	Kajian Teori	Variabel	Sumber
Infrastruktur	Wilayah yang memiliki infrastruktur yang kurang memadai terpengaruh lebih besar oleh dampak bencana alam karena keterbatasan akses saat terjadi bencana alam. wilayah dengan infrastruktur yang kurang memadai mengindikasikan bahwa wilayah tersebut cukup terbelakang, terisolasi dan sulitnya akses untuk mencapai wilayah tersebut.	(X11) Persentase rumah tangga tanpa listrik. (X12) Persentase penduduk tanpa akses komunikasi.	[7], [12], [16] – [19]
Kesiapsiagaan	Wilayah yang memiliki perlengkapan kesiapsiagaan bencana alam yang kurang memadai terpengaruh lebih besar oleh dampak bencana alam karena keterbatasan sumber daya saat terjadi bencana alam	(X13) Jumlah perlengkapan logistik terhadap penanggulangan bencana alam*	[8]

Ket : (*) Menurunkan kerentanan sosial terhadap bencana alam

Data Processing

Setelah semua variabel yang akan digunakan telah terkumpul, maka seluruh variabel tersebut harus dinormalisasi yang bertujuan agar variabel yang digunakan memiliki satuan yang sama. Metode normalisasi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode normalisasi *min-max* karena metode ini cukup mudah untuk digunakan. Seluruh variabel pada tabel 2.1 kemudian dinormalisasi menggunakan rumus 2.1 agar menghasilkan data yang memiliki satuan yang sama.. Metode ini akan menghasilkan nilai yang berkisar antara 0 hingga 1 [21], yang kemudian akan digunakan sebagai input dalam proses pembuatan indeks. Adapun formula *min-max* adalah sebagai berikut :

$$I = \frac{X_{ij} - \min(X_j)}{\max(X_j) - \min(X_j)} \quad 2.1$$

Di mana X_{ij} merupakan data ke-i dari variabel ke-j, $\min X_j$ merupakan nilai minimum dari variabel ke-j dan $\max X_j$ merupakan nilai maksimum dari variabel ke-j.

Principal Component Analysis (PCA)

Indeks kerentanan sosial merupakan suatu indikator kerentanan yang menggambarkan kerentanan suatu masyarakat di suatu wilayah terhadap bencana alam [8]. Penelitian ini menggunakan metode *principal component analysis* (PCA) dalam pembuatan indeks kerentanan sosial yang bertujuan untuk mengidentifikasi komponen yang menyusun faktor kerentanan sosial sehingga dapat membantu pemangku kebijakan dalam mengambil keputusan yang efisien dan efektif selama siklus bencana alam. Langkah-langkah PCA yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada [22]. Adapun tahapan dari PCA adalah sebagai berikut :

1. Pengecekan kesesuaian data untuk PCA menggunakan uji KMO dan *Bartlett's test of sphericity*. Adapun formula dari KMO adalah sebagai berikut :

$$KMO = \frac{\sum_{i=1}^p \sum_{j=i}^p r_{ij}^2}{\sum_{i=1}^p \sum_{j=i}^p r_{ij}^2 + \sum_{i=1}^p \sum_{j=i}^p a_{ij}^2} \quad 2.2$$

Keterangan:

$i = 1, 2, 3, \dots, p$ dan $j = 1, 2, 3, \dots, p$

r_{ij} = koefisien korelasi terobservasi antara variabel i dan j

a_{ij} = koefisien korelasi parsial antara variabel i dan j

KMO merupakan perbandingan antara koefisien korelasi ter-observasi dengan koefisien korelasi parsialnya secara keseluruhan. KMO dapat digunakan sebagai alat ukur untuk menguji apakah kecukupan sampel setiap variabel telah terpenuhi [22].

Sedangkan, formula dari *Bartlett's test of sphericity* adalah sebagai berikut:

$$\text{Bartlett's Test of Sphericity} = - \left[(n - 1) - \frac{2p + 5}{6} \right] \ln|R| \quad 2.3$$

Keterangan:

$|R|$ = determinan matriks korelasi

n = jumlah sampel atau observasi

p = jumlah variabel

Bartlett's Test of Sphericity merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengetahui apakah terdapat korelasi yang signifikan antar variabel yang diteliti. Hipotesis nol pada asumsi ini adalah tidak terdapat korelasi yang signifikan antar variabel yang diteliti. Hasil yang diharapkan dari pengujian ini adalah keputusan tolak hipotesis nol ($p\text{-value} < \alpha (0,05)$). Keputusan tersebut menandakan bahwa terdapat korelasi yang signifikan antar variabel yang diteliti sehingga dapat dilakukan PCA [22].

2. Pengecekan kelayakan dari setiap variabel yang akan digunakan dalam pembuatan indeks menggunakan MSA. Dimana formula dari MSA adalah sebagai berikut :

$$MSA = \frac{\sum_{j=i}^p r_{ij}^2}{\sum_{j=i}^p r_{ij}^2 + \sum_{j=i}^p a_{ij}^2} \quad 2.4$$

Keterangan:

$i = 1, 2, 3, \dots, p$ dan $j = 1, 2, 3, \dots, p$

r_{ij} = koefisien korelasi terobservasi antara variabel i dan j

a_{ij} = koefisien korelasi parsial antara variabel i dan j

3. Ekstraksi faktor dan penentuan jumlah faktor. Penentuan jumlah factor yang akan digunakan merujuk pada persentase kumulatif varians dan *eigen value*. Apabila factor yang terbentuk memiliki *eigen value* kurang dari 1 maka factor tersebut tidak akan dimasukkan ke dalam pemodelan.
4. Rotasi faktor dan Interpretasi serta pemberian nama faktor. Rotasi faktor yang digunakan adalah rotasi faktor *varimax orthogonal*. Adapun formula rotasi faktor *varimax orthogonal* adalah sebagai berikut :

$$\hat{L}^* = \hat{L}T \text{ dimana } TT' = T'T = \mathbf{1} \quad 2.5$$

K-Means Clustering

K-means clustering merupakan suatu metode yang bertujuan untuk mengelompokkan beberapa objek ke K kluster [20]. *Input* dari metode ini adalah objek dan jumlah kluster (K) yang diinginkan, kemudian sebuah titik pusat (*centroid*) akan merepresentasikan setiap kluster yang terbentuk.

Tahapan k-means cluster yang digunakan pada penelitian ini didasarkan pada [20]. Adapun tahapan-tahapannya adalah sebagai berikut :

1. Menetapkan ukuran jarak antar data
2. Melakukan pengklasteran
3. Memberikan nama dan interpretasi pada *cluster* yang terbentuk

3. Hasil dan Pembahasan

Seluruh variabel yang akan digunakan sebagai input pada proses pembuatan indeks terlebih dahulu dinormalisasi menggunakan rumus 2.1 seperti yang dijelaskan pada bagian sebelumnya agar seluruh variabel yang akan digunakan sebagai input memiliki satuan yang sama. Setelah seluruh variabel input memiliki satuan yang sama, kemudian dilanjutkan pada tahapan selanjutnya yaitu PCA. Telihat pada tabel 3.1 bahwa hasil dari KMO menunjukkan nilai sebesar 0,772, nilai tersebut diperoleh menggunakan formula 2.2. Nilai KMO yang berada pada rentang 0,7 hingga 0,8 mengindikasikan bahwa kecukupan sampel dari setiap variabel telah terpenuhi dan data yang digunakan cukup baik untuk PCA [13]. Selain itu, pada tabel 3.1 juga terlihat bahwa *p-value* yang dihasilkan dari formula 2.3 kurang dari α (0,05) yang menunjukkan bahwa tidak terdapat korelasi yang signifikan antar variabel yang diteliti. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data yang digunakan telah sesuai dan dapat dilanjutkan pada pada tahapan selanjutnya.

Pada tabel 3.2 terlihat bahwa nilai MSA dari setiap variabel lebih dari 0,5, nilai tersebut diperoleh menggunakan formula 2.4. Nilai MSA yang lebih dari 0,5 mengindikasikan bahwa variabel yang digunakan masih bisa diprediksi dan bisa dianalisis lebih lanjut [22]. Karena seluruh variabel telah sesuai dan layak untuk digunakan, maka proses selanjutnya adalah ekstraksi faktor dan penentuan jumlah faktor yang akan digunakan dalam pembentukan indeks. Salah satu cara untuk menentukan jumlah faktor yang akan digunakan adalah dengan melihat eigen value dari faktor yang terbentuk. Apabila faktor tersebut memiliki *eigen value* > 1 maka faktor tersebut dapat digunakan untuk pemodelan [22]. Hasil ekstraksi faktor menunjukkan bahwa terdapat empat faktor/komponen yang memiliki *eigen value* lebih dari 1 seperti yang terlihat pada gambar 3.1. Sehingga jumlah faktor yang terpilih adalah sebanyak empat faktor yang mampu menjelaskan 71,93% dari keragaman data.

Tabel 3.1. KMO, Bartlett's Test

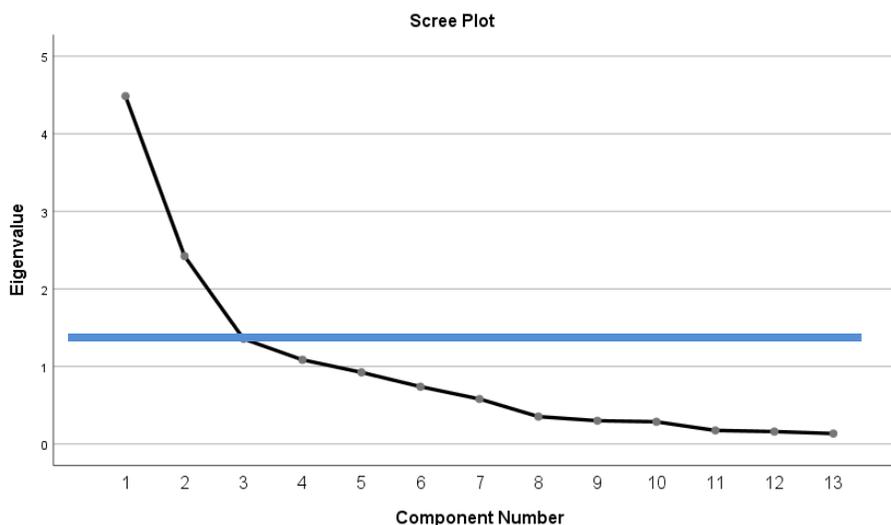
Kaiser Meyer Olkin	Bartlett's Test of Sphericity
0,772	0,000

Sumber: Susenas Maret 2019 (diolah)

Tabel 3.2. Measure of Sampling Adequacy.

Measure of Sampling Adequacy					
X1	0,932	X6	0,726	X11	0,844
X2	0,811	X7	0,520	X12	0,835
X3	0,730	X8	0,686	X13	0,515
X4	0,732	X9	0,802		
X5	0,630	X10	0,732		

Sumber: Susenas Maret 2019 (diolah)



Sumber: Susenas Maret 2019 (diolah)

Gambar 3.1. Cut off scree plot berdasarkan eigen value.

SoVI Faktor

Keempat faktor yang diperoleh menggunakan formula 2.5 kemudian diberi nama yang didasarkan pada variabel utama penyusun faktor tersebut. Keempat faktor kerentanan sosial yang telah terbentuk dapat dilihat pada tabel 3.3. Adapun keempat faktor tersebut adalah:

Tabel 3.3. Faktor kerentanan sosial.

Faktor	Nama Faktor	Variabel Utama dan Korelasi	Percentage Varians
1	Sosio-ekonomi	Persentase penduduk miskin (0,808) Persentase penduduk yang tidak memiliki akses transportasi (0,901) Persentase penduduk buta huruf (0,859) Persentase rumah tangga tanpa listrik(0,851) Persentase penduduk tanpa akses komunikasi (0,836)	29,739
2	Penduduk Wanita	Persentase penduduk wanita (0,896) Persentase kepala rumah tangga wanita (0,850)	16,658
3	Balita dan Lansia	Jumlah penduduk yang bekerja disektor pertanian (0,720) Persentase penduduk usia 0-4 tahun (-0,736) Persentase penduduk usia 65 tahun ke atas (0,669)	13,491
4	Kepadatan penduduk dan kelengkapan perlengkapan logistik	Tingkat pengangguran terbuka (-0,575) Tingkat kepadatan penduduk (-0,703) Jumlah perlengkapan logistik terhadap penanggulangan bencana alam (0,559)	12,043
Total percentage variance			71,930

Sumber: Susenas Maret 2019 (diolah)

Sosio-Ekonomi

Faktor pertama merupakan faktor sosio ekonomi yang terdiri atas variabel persentase penduduk miskin, persentase penduduk yang tidak memiliki akses transportasi, persentase penduduk

buta huruf, persentase rumah tangga tanpa listrik dan persentase penduduk tanpa akses komunikasi. Seluruh variabel pada faktor ini sangat erat kaitannya dengan status sosial ekonomi. Kekurangan kekayaan (kemiskinan) merupakan penyebab utama kerentanan sosial karena memiliki lebih sedikit sumber daya individu dan masyarakat untuk pemulihan yang tersedia, sehingga membuat masyarakat kurang tahan terhadap dampak bahaya [6]. Orang miskin dengan status sosial ekonomi rendah tidak mampu membeli persediaan darurat dan membutuhkan waktu lebih lama untuk pulih dari dampak bencana alam dibandingkan dengan orang dengan status sosial ekonomi tinggi, dan kelangsungan hidup mereka sehari-hari menghabiskan sumber daya fisik dan mental mereka [18].

Penduduk Wanita

Faktor kedua merupakan faktor penduduk wanita yang terdiri atas variabel persentase penduduk wanita dan persentase kepala rumah tangga wanita. Seluruh variabel pada faktor ini sangat erat kaitannya dengan isu gender. Penduduk wanita lebih rentan terhadap bencana alam dibandingkan pria, hal tersebut kemungkinan disebabkan karena wanita memiliki mobilitas yang lebih rendah dibandingkan pria untuk merespons saat terjadi bencana alam [9]. Selain itu, kepala rumah tangga wanita lebih rentan terhadap bencana alam karena mereka tidak setanggap pria saat terjadi bencana alam. Selain itu, mayoritas rumah tangga yang dikepalai oleh wanita merupakan *single parents* dan hidup di bawah garis kemiskinan yang menyebabkan mereka menjadi lebih rentan jika terjadi bencana alam.

Balita dan Lansia

Faktor ketiga merupakan faktor balita dan lansia. Faktor ini terdiri atas variabel jumlah penduduk yang bekerja disektor pertanian, persentase penduduk usia 0-4 tahun, persentase penduduk usia 65 tahun ke atas. Hampir seluruh variabel pada faktor ini berkaitan dengan isu usia. Balita merupakan kelompok usia termuda dalam masyarakat yang belum dapat melindungi diri mereka sendiri selama peristiwa bencana alam karena kurangnya pengetahuan, pengalaman hidup ataupun sumber daya untuk menghadapi bencana alam [6], [11], [24]. Selain Balita, penduduk berusia 65 tahun ke atas atau lansia juga merupakan salah satu kelompok yang lebih rentan terhadap bencana alam karena mobilitas dari lansia yang sudah mulai berkurang seiring bertambahnya usia mereka dan membutuhkan bantuan orang lain saat bencana alam terjadi [7], [10], [18], [25].

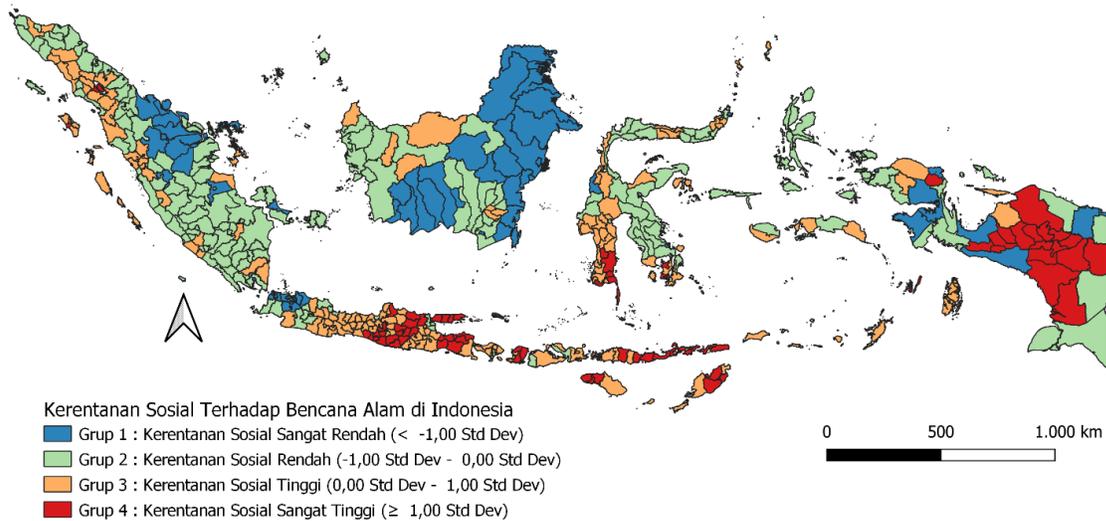
Kepadatan Penduduk dan Kelengkapan Perlengkapan Logistik

Faktor keempat merupakan faktor kepadatan penduduk dan kelengkapan perlengkapan logistik. Faktor ini terdiri atas variabel tingkat pengangguran terbuka, tingkat kepadatan penduduk dan jumlah perlengkapan logistik terhadap penanggulangan bencana alam. Suatu wilayah yang memiliki populasi yang besar dan padat membuat mereka lebih rentan terhadap bencana alam karena sulitnya proses evakuasi atau penyelamatan pasca bencana alam [7]. Peralatan logistik merupakan salah satu faktor yang berperan penting saat terjadi bencana alam karena dapat membantu masyarakat untuk mengurangi ataupun terhindar dari besarnya dampak bencana yang akan terjadi [8].

Variasi Kerentanan Sosial Terhadap Bencana Alam di Indonesia

Kerentanan sosial di Indonesia sangat bervariasi dan tergolong menjadi empat kelompok yaitu kerentanan sosial sangat rendah, kerentanan sosial rendah, kerentanan sosial tinggi dan kerentanan sosial sangat tinggi seperti yang terlihat pada gambar 3.2. Dari gambar 3.2 juga terlihat bahwa sebagian besar wilayah Indonesia memiliki kerentanan sosial yang rendah terhadap bencana alam. Wilayah yang memiliki kerentanan sosial tinggi dan sangat tinggi sebagian besar tersebar di Kepulauan Nias dan Mentawai, Nusa Tenggara, Sulawesi bagian Selatan, Kepulauan Maluku bagian Selatan dan Papua. Rendahnya status sosio-ekonomi merupakan salah satu faktor yang mengakibatkan tingginya tingkat kerentanan sosial di wilayah tersebut. Selain itu, sulitnya akses untuk mencapai wilayah Kepulauan Nias dan pegunungan Tengah di Papua juga menjadi salah satu faktor yang menyebabkan tingginya tingkat kerentanan sosial di wilayah tersebut. Sedangkan wilayah dengan kerentanan sosial rendah dan sangat rendah sebagian besar tersebar di wilayah Pulau

Sumatra bagian tengah, Pulau Kalimantan, dan Jakarta. Rendahnya tingkat kerentanan sosial di wilayah tersebut disebabkan karena tingginya status sosial ekonomi masyarakat dan sudah terdapat banyak peralatan logistik yang memadai dalam menghadapi bencana alam.

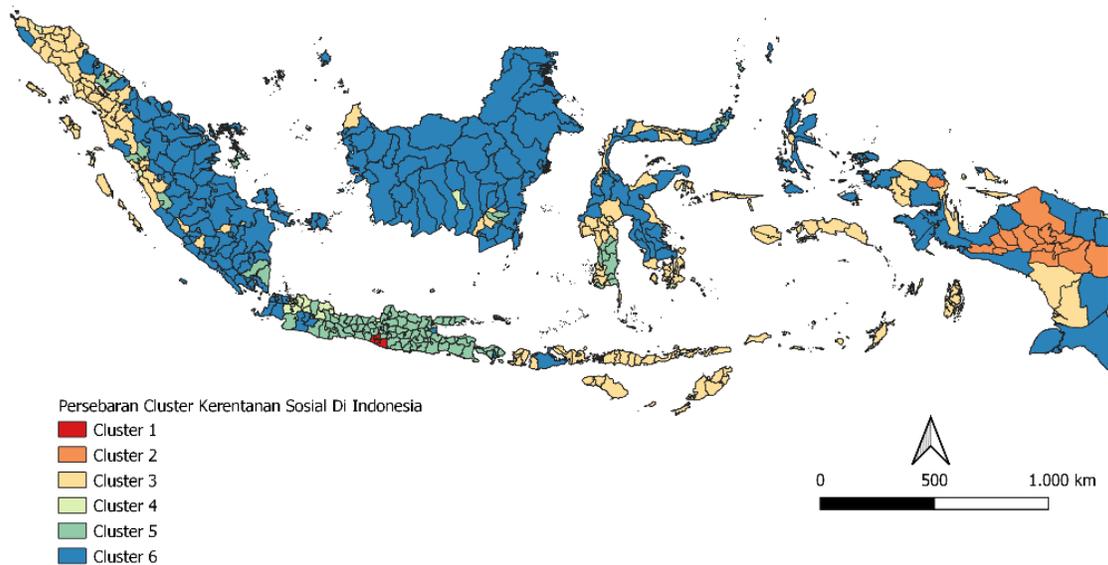


Sumber: Susenas Maret 2019 (diolah)

Gambar 3.2. Persebaran kerentanan sosial terhadap bencana alam menurut tingkat kerentanannya di Indonesia tahun 2019.

K-Means Clustering

Keempat faktor yang telah terbentuk pada bagian sebelumnya, kemudian digunakan sebagai input dalam *k-means clustering*. Hasil dari *clustering* kemudian divisualisasikan ke dalam bentuk *bar chart* dan peta persebaran seperti yang terlihat pada gambar 3.3 dan gambar 3.4. Dari gambar 3.4 terlihat bahwa kluster 1 dan kluster 2 merupakan 2 wilayah prioritas yang memiliki masalah kerentanan berbeda dan perlu penanganan berbeda untuk membentuk ketahanan dalam menghadapi bencana alam. Kluster 1 dicirikan dengan tingginya kerentanan sosial yang disebabkan karena faktor balita dan lansia serta kepadatan penduduk dan kelengkapan perlengkapan logistik. Hal ini mengindikasikan bahwa tingginya tingkat kerentanan sosial pada kluster ini disebabkan oleh faktor balita dan lansia serta kepadatan penduduk dan kelengkapan perlengkapan logistik. Sedangkan kluster 2 dicirikan dengan tingginya kerentanan sosial yang disebabkan karena tingginya kerentanan sosial dari faktor sosio-ekonomi. Hal ini mengindikasikan bahwa faktor sosial ekonomi merupakan faktor yang cukup berpengaruh pada tingginya tingkat kerentanan sosial terhadap bencana alam pada cluster tersebut.



Sumber: Susenas Maret 2019 (diolah)

Gambar 3.3. Persebaran kerentanan sosial terhadap bencana alam menurut cluster di Indonesia tahun 2019.



Sumber: Susenas Maret 2019 (diolah)

Gambar 3.4. Karakteristik cluster kerentanan sosial terhadap bencana alam di Indonesia tahun 2019.

3. Kesimpulan

Secara umum, terdapat empat faktor yang menyusun indeks kerentanan sosial (SoVI) di Indonesia yaitu sosio ekonomi, penduduk wanita, balita dan lansia serta kepadatan penduduk dan kelengkapan perlengkapan logistik. Walaupun sebagian besar wilayah Indonesia memiliki kerentanan yang rendah terhadap bencana alam, masih terdapat beberapa wilayah yang memiliki kerentanan sosial yang sangat tinggi terhadap bencana alam seperti Papua, Nusa Tenggara, Sulawesi bagian selatan dan Jawa bagian tengah. Jika dilihat lebih dalam, tingginya tingkat kerentanan sosial di Papua disebabkan karena faktor sosial ekonomi, sedangkan tingginya tingkat kerentanan di Jawa bagian tengah karena faktor balita dan lansia serta kepadatan penduduk dan kelengkapan

perlengkapan logistik. Kemudian tingginya tingkat kerentanan sosial di Sulawesi bagian selatan disebabkan karena factor tingginya tingkat kepadatan penduduk dan terdapat sebagian daerah yang memiliki jumlah balita dan lansia yang cukup tinggi. Hasil penelitian ini tidak hanya mendukung studi kerentanan sosial sebelumnya tetapi juga pemerintah sebagai pembuat kebijakan dengan menetapkan wilayah prioritas dan mengalokasikan kebijakan sesuai dengan masalah kerentanan sosial utama pada setiap kabupaten/kota, terutama wilayah yang paling rentan

REFERENCES

- [1] Birkmann, J., Kienberger, S., & Alexander, D. E., 2014. Introduction Vulnerability: A key determinant of risk and its importance for risk management and sustainability. In *Assessment of Vulnerability to Natural Hazards: A European Perspective*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410528-7.02001-4>
- [2] Borden, K. A., Schmidlein, M. C., Emrich, C. T., Piegorsch, W. W., & Cutter, S. L., 2007. Vulnerability of U.S. cities to environmental hazards. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 4(2). <https://doi.org/10.2202/1547-7355.1279>
- [3] Burton, C. G., Rufat, S., & Tate, E., 2018. Social {Vulnerability}: {Conceptual} {Foundations} and {Geospatial} {Modeling}. *Cambridge University Press, December*, 37.
- [4] Chen, W., Cutter, S. L., Emrich, C. T., & Shi, P., 2013. Measuring social vulnerability to natural hazards in the Yangtze River Delta region, China. *International Journal of Disaster Risk Science*, 4(4), 169–181. <https://doi.org/10.1007/s13753-013-0018-6>
- [5] Cutter, S. L., 1996. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, 20(4), 529–539. <https://doi.org/10.1177/030913259602000407>
- [6] Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L., 2003. Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242–261. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>
- [7] de Loyola Hummell, B. M., Cutter, S. L., & Emrich, C. T., 2016. Social Vulnerability to Natural Hazards in Brazil. *International Journal of Disaster Risk Science*, 7(2), 111–122. <https://doi.org/10.1007/s13753-016-0090-9>
- [8] Dintwa, K. F., Letamo, G., & Navaneetham, K., 2019. Measuring social vulnerability to natural hazards at the district level in Botswana. *Jamba: Journal of Disaster Risk Studies*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.4102/JAMBA.V11I1.447>
- [9] Dwyer, A., Zoppou, C., & Nielsen, O., 2004. Indicator selection. In *Quantifying social vulnerability: a methodology for identifying those at risk to natural hazards*. http://www.ga.gov.au/webtemp/image_cache/GA4267.pdf
- [10] Flanagan, B. E., Gregory, E. W., Hallisey, E. J., Heitgerd, J. L., & Lewis, B., 2020. A Social Vulnerability Index for Disaster Management. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 8(1). <https://doi.org/10.2202/1547-7355.1792>
- [11] Flanagan, B. E., Hallisey, E. J., Adams, E., & Lavery, A., 2018. Measuring community vulnerability to natural and anthropogenic hazards: The Centers for Disease Control and Prevention’s social vulnerability index. *Journal of Environmental Health*, 80(10), 34–36.
- [12] Guillard-Gonçalves, C., Cutter, S. L., Emrich, C. T., & Zêzere, J. L., 2015. Application of Social Vulnerability Index (SoVI) and delineation of natural risk zones in Greater Lisbon, Portugal. *Journal of Risk Research*, 18(5), 651–674. <https://doi.org/10.1080/13669877.2014.910689>
- [13] Kaiser, H. F., & Rice, J., 1974. Little Jiffy, Mark Iv. *Educational and Psychological Measurement*, 34(1), 111–117. <https://doi.org/10.1177/001316447403400115>
- [14] Lin, W. Y., & Hung, C. T., 2016. Applying spatial clustering analysis to a township-level social vulnerability assessment in Taiwan. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(5), 1659–1676. <https://doi.org/10.1080/19475705.2015.1084542>
- [15] Maharani, Y. N., Lee, S., & Ki, S. J., 2016. Social vulnerability at a local level around the Merapi volcano. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 20(October), 63–77. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.10.012>
- [16] Rabby, Y. W., Hossain, M. B., & Hasan, M. U., 2019. Social vulnerability in the coastal region

- of Bangladesh: An investigation of social vulnerability index and scalar change effects. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 41, 101329. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101329>
- [17] Roncancio, D. J., Cutter, S. L., & Nardocci, A. C., 2020. Social vulnerability in Colombia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 50(March), 101872. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101872>
- [18] Siagian, T. H., Puhadi, P., Suhartono, S., & Ritonga, H., 2014. Social vulnerability to natural hazards in Indonesia: Driving factors and policy implications. *Natural Hazards*, 70(2), 1603–1617. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0888-3>
- [19] Singh, S. R., Eghdami, M. R., & Singh, S., 2014. The Concept of Social Vulnerability: A Review from Disasters Perspectives. *International Journal of Interdisciplinary and Multidisciplinary Studies*, 1(6), 71–82. <http://www.ijims.com>
- [20] Talakua, M. W., Leleury, Z. A., & Talluta, A. W., 2017. Acluster Analysis By Using K-Means Method for Grouping of District/City in Maluku Province Industrial Based on Indicators of Maluku Development Index in 2014. *Barekeng : Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 11(2), 119–128.
- [21] Tate, E., 2013. Uncertainty Analysis for a Social Vulnerability Index. *Annals of the Association of American Geographers*, 103(3), 526–543. <https://doi.org/10.1080/00045608.2012.700616>
- [22] Wiley, A. J., 2003. An Introduction to Multivariate Statistical Analysis Third Edition. In *Data Handling in Science and Technology* (Vol. 2, Issue C). [https://doi.org/10.1016/S0922-3487\(08\)70234-X](https://doi.org/10.1016/S0922-3487(08)70234-X)
- [23] Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I., 1994. At Risk. In *At Risk* (Issue January). <https://doi.org/10.4324/9780203428764>
- [24] Wood, N. J., Burton, C. G., & Cutter, S. L., 2010. Community variations in social vulnerability to Cascadia-related tsunamis in the U.S. Pacific Northwest. *Natural Hazards*, 52(2), 369–389. <https://doi.org/10.1007/s11069-009-9376-1>
- [25] Zhou, Y., Li, N., Wu, W., & Wu, J., 2014. Assessment of provincial social vulnerability to natural disasters in China. *Natural Hazards*, 71(3), 2165–2186. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-1003-5>