

Pengaruh Kerentanan Sosial Terhadap Ketangguhan Masyarakat dalam Menghadapi Bencana Erupsi Gunung Merapi di Kabupaten Sleman

Yohana Noradika Maharani¹, Arif Rianto Budi Nugroho², Dzikrina Farah Adiba³, dan In Sulistiyowati⁴

^{1,3,4}Manajemen Bencana, Fakultas Teknologi Mineral, UPN Veteran Yogyakarta

²Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN Veteran Yogyakarta

Email: yohanam101@gmail.com

Kerentanan sosial secara eksplisit berfokus pada faktor demografis dan sosio-ekonomi yang memengaruhi kemampuan suatu populasi dalam menghadapi bencana, dengan kata lain siapa yang berisiko dan sejauh mana masyarakat dapat dirugikan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi lokasi kerentanan sosial dengan variabel-variabel yang ada. Untuk memahami pentingnya proses di mana bencana dalam memiliki pengaruh yang signifikan pada masyarakat dalam hal kerentanan sosial, maka sekitar 17 kecamatan di Kabupaten Sleman diambil sebagai studi kasus kerentanan sosial terhadap erupsi Gunung Merapi. Analisis data terdiri dari 11 variabel kerentanan sosial yang secara kolektif merepresentasikan situasi lokal di wilayah studi, kemudian diolah menggunakan metode komputasi Self Organizing Map (SOM) dan Social Vulnerability Index (SoVI). SOM digunakan untuk mengidentifikasi lokasi berdasarkan kemiripannya dan untuk menentukan variabel yang paling terkait untuk menentukan kerentanan sosial di setiap kluster. Sedangkan SoVI digunakan untuk menyusun indeks kerentanan sosial dari skor tinggi ke rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengangguran (UNEMPLOY) merupakan variabel yang paling dominan memengaruhi kerentanan sosial masyarakat. Variabel-variabel berikutnya adalah masyarakat dengan pendidikan menengah pertama atau lebih rendah, migrasi, usia di bawah 14 tahun, serta jumlah bayi dan balita adalah faktor pendorong yang memengaruhi kerentanan sosial. Dengan demikian, lokasi (kecamatan) dapat diidentifikasi dan dikelompokkan berdasarkan variabel-variabel dominan melalui clustering analysis. Dari segi waktu dan sumber daya, metode ini bermanfaat untuk menilai kerentanan sosial dalam melakukan intervensi aksi pengurangan risiko bencana maupun perencanaan kebijakan yang tepat.

Kata kunci—Clustering analysis, Gunung Merapi, Self organizing map, Kabupaten Sleman, Kerentanan sosial, Social vulnerability index

Social vulnerability explicitly focuses on demographic dan socio-economic factors that affect a population's ability to cope with disaster event, in other words who is at risk dan the extent to which society can be harmed. The purpose of this study is to identify the location of social vulnerability with existing variables. In order to understand the importance of the process by which natural disasters have significant effect on communities in terms of social vulnerability, then 17 districts in Sleman Regency were taken as case studies of social vulnerability to the eruption of Mount Merapi. The data analysis consists of 11 social vulnerability variables that collectively represent the local situation in the study area, using the computational method of Self Organizing Map (SOM) dan Social Vulnerability Index (SoVI). SOM is used to identify locations based on their similarity dan to determine the most related variables to determine social vulnerability in the cluster. Meanwhile, SoVI is used to construct social vulnerability index from high to low. The results show that unemployment (UNEMPLOY) is the most dominant variable affecting the social vulnerability of population. The next variables are people with secondary education or lower, migration, age under 14 years, and the number of infants and toddlers are the driving factors that affect social vulnerability. Thus, locations (districts) can be identified and clustered based on the dominant variables through clustering analysis. In terms of time dan resources, this method is useful for assessing social vulnerability by intervening the actions of disaster risk reduction as well as through appropriate policy planning.

Index Terms—Clustering analysis, Mount Merapi, Self Organizing Map, Sleman Regency, Social vulnerability, Social vulnerability index

I. PENDAHULUAN

Masyarakat yang tinggal di area rawan bencana dikatakan rentan, di mana masyarakat berpotensi mengalami kerugian, kerusakan, maupun kehilangan yang mana sering terjadi secara tidak proporsional pada orang yang paling rentan dalam masyarakat, misalnya faktor kemiskinan, anak-anak, lansia, disabilitas, dll. Ketangguhan yang sering tertanam dalam konsep kerentanan, berbicara tentang kapasitas populasi, sistem, tempat untuk melindungi atau beradaptasi dengan perubahan paparan ancaman atau bahaya. Kelompok-kelompok ini seringkali paling tidak siap menghadapi situasi darurat, memiliki sumber daya paling sedikit yang dapat digunakan untuk menghadapi bahaya. Selain itu mereka cenderung tinggal di lokasi berisiko tinggi di perumahan dengan kondisi di bawah standar, kurang pengetahuan atau koneksi sosial politik yang diperlukan untuk memanfaatkan sumber daya yang akan mempercepat pemulihan mereka (Cutter *et al.*, 2008). Perlu diketahui lebih banyak tentang interaksi antara bahaya dan kerentanan masyarakat. Faktor-faktor multi dimensi kerentanan sosial dan pendorongnya menciptakan kerentanan terhadap dampak bencana, dimana hal ini terkait dengan kelompok-kelompok rentan. Secara jangka panjang, kerentanan tersebut dapat memperburuk kerentanan orang terhadap suatu bahaya, yang mengakibatkan kerugian korban manusia dan properti yang lebih besar. Oleh karena itu, jelas perlu memasukkan studi kerentanan sosial untuk mengurangi dampak yang dapat diduga yang dihadapi oleh masyarakat yang berisiko dan mengidentifikasi upaya yang akan meningkatkan ketangguhan mereka terhadap dampak bahaya.

Penelitian lain juga ditemukan mengenai analisis kerentanan terhadap bahaya erupsi Gunung Merapi. Utami (2008) telah menyusun indeks menggunakan SoVI untuk mengukur indeks kerentanan sosial di tingkat unit desa tanpa melakukan pengurangan variabel berlebihan (*redundant variable*). Penelitian serupa menggunakan SoVI telah dilakukan untuk menyelidiki indeks, distribusi dan penyebab kerentanan sosial pada unit desa (Lee *et al.*, 2014). Selain penggunaan SoVI, Sagala (2009) menggunakan pendekatan *Structural Equation Model* (SEM) untuk mengukur ketangguhan sosial; sementara Donovan (2010) telah melakukan pemetaan kerentanan budaya dengan menggunakan GIS untuk penilaian risiko ter-

integrasi. Tidak ada penelitian yang menggunakan *Self Organizing Map* (SOM) sebagai pendekatan dalam analisis kerentanan sosial di bidang kebencanaan. Sejauh ini SOM banyak digunakan di bidang telekomunikasi, industri, kesehatan, kedokteran, meteorologi, pendidikan, dll (Hu, 2011; Liu & Weisberg, 2011; Meza *et al.*, 2011; Petrilis dan Halatsis, 2011; Sugii *et al.*, 2011; Zak, 2011).

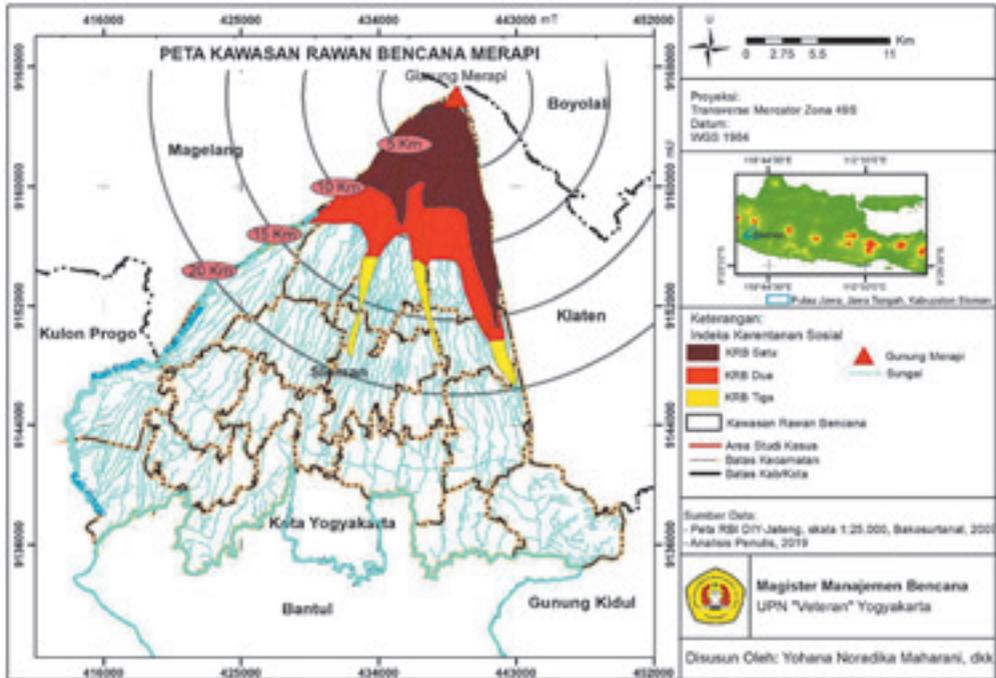
Sebuah permasalahan penelitian muncul tentang bagaimana interdependensi geografis dalam penilaian kerentanan sosial. Seberapa baik variabel kerentanan sosial membedakan tiap lokasi studi kasus berdasarkan analisis pengelompokan (*clustering*) dan indeks kerentanan sosial, serta karakteristik apa saja yang membuat rentan. Untuk menjawab permasalahan tersebut, maka penelitian ini menggunakan SOM dan SoVI dengan tujuan untuk menginvestigasi kerentanan sosial masyarakat yang tinggal di sekitar Merapi, serta menentukan pengelompokan lokasi (kecamatan) berdasarkan variabel-variabel yang dominan memengaruhinya. Penelitian ini dilakukan berdasarkan pengembangan studi yang telah dilakukan sebelumnya (Maharani *et al.*, 2016).

II. METODOLOGI

A. Lokasi Penelitian

Studi ini dilakukan pada bulan Maret hingga Agustus 2019 di Kabupaten Sleman, DIY, Indonesia yang mencakup sekitar 17 kecamatan yang berpotensi terhadap ancaman erupsi Gunung Merapi. Gambar 1 menunjukkan peta Kawasan Rawan Bencana Merapi di Kabupaten Sleman. Gunung Merapi terletak di Pulau Jawa, yang bencana erupsinya telah menimbulkan ribuan korban di wilayah tersebut. Untuk pertama kalinya, letusan Merapi 2010 mengakibatkan gangguan besar lalu lintas udara di Yogyakarta, sehingga berakibat pada kelumpuhan aktivitas kota dan selama krisis vulkanik, sekitar 2.000 penerbangan dibatalkan (Sagita & Malik, 2010).

Pada bulan Mei hingga Juni 2018, Gunung Merapi menunjukkan peningkatan aktivitas kembali dan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Sleman memberikan rekomendasi kepada masyarakat yang tinggal dalam radius 8 kilometer harus dievakuasi (berita nasional Tempo, 2018). Berdasarkan pemantauan BPPTKG (Balai Penyelidi-



Gambar 1. Peta kawasan rawan bencana Merapi di Kabupaten Sleman (modifikasi penulis dari peta KRB BPBD Sleman)

Tabel I
 VARIABEL KERENTANAN SOSIAL

Label	Variabel Kerentanan	Konsep Kerentanan	Rasionalisasi Kerentanan
FEMALE	Jumlah populasi wanita	Gender	Berkorelasi dengan kurangnya sumber daya
BBTDLR	Jumlah bayi dan balita	Usia	Memerlukan lebih banyak bantuan selama bencana
UNDER14	Jumlah usia di bawah 14 tahun	Usia	Mungkin memerlukan lebih banyak bantuan selama bencana
ELDRY	Jumlah usia lebih dari 60 tahun	Usia	Mungkin memerlukan lebih banyak bantuan selama bencana
UNEMPLY	Pengangguran	Kehilangan pekerjaan	Berkontribusi pada pemulihan bencana yang lebih lambat
POPDNSTY	Kepadatan penduduk	Rural/urban	Populasi yang tinggi akan meningkatkan kerentanan sosial
MIGRIN	Jumlah migrasi yang masuk	Rural/urban	Populasi yang tinggi akan meningkatkan kerentanan sosial
MIDSCHL	Jumlah penduduk dengan pendidikan SMP atau lebih rendah	Pendidikan	Pendidikan rendah membatasi kemampuan untuk memahami informasi peringatan dan akses ke informasi pemulihan
DISBLD	Penyandang cacat (buta, tuli, cacat fisik, sakit)	Disabilitas	Membutuhkan dukungan dan bantuan tambahan dalam mengatasi dampak bahaya
FAMSIZE	Jumlah keluarga atau rumah tangga	Rumah tangga	Jumlah keluarga besar akan meningkatkan kerentanan sosial
HEALTHFAC	Jumlah fasilitas kesehatan	Pelayanan kesehatan	Diperlukan selama keadaan darurat dan fase pemulihan

dikan dan Pengembangan Teknologi Kebencanaan Geologi), Gunung Merapi masih menunjukkan peningkatan aktivitas yang harus diwaspadai. Perilaku gunung berapi dan hubungannya yang kuat dengan komunitas lokal membutuhkan perhatian lebih lanjut, terutama dalam kaitannya dengan ancaman yang mereka hadapi dan karakteristik kerentanan yang ada saat ini.

B. Variabel atau Indikator Kerentanan Sosial

Menurut konsensus umum dalam komunitas kerentanan sosial, ada beberapa faktor utama yang memengaruhi kerentanan sosial. Di antara yang diterima secara umum adalah usia, jenis kelamin, ras, dan status sosial ekonomi. Variabel atau indikator biasanya digunakan untuk menilai kerentanan, menyoroti kecenderungan masyarakat dan sistem terhadap risiko tertentu. Sehubungan dengan adanya keterbatasan dalam penelitian ini misalnya ketersediaan data, waktu, dan sumber daya, sehingga variabel yang digunakan dalam analisis kerentanan sosial ini sepenuhnya terdiri dari 11 variabel, yang secara kolektif mewakili situasi lokal di wilayah studi kasus. Kesebelas variabel ini dijabarkan pada Tabel 1. Data statistik diambil dari data BPS Kabupaten Sleman Dalam Angka 2018 dan Kecamatan Dalam Angka 2018. Setelah data tersebut dikompilasikan, selanjutnya diolah lebih lanjut dengan metode SOM dan SoVI, seperti yang dijelaskan di bagian 2.3 dan 2.4 berikut.

C. Self Organizing Map (SOM)

SOM dikenal untuk mengklasifikasikan masalah dan model eksplorasi data melalui algoritma *unsupervised learning* dari model jaringan saraf tiruan atau *artificial neural network* (Kohonen, 1982). SOM adalah bahasa pemrograman dan untuk menjalankan analisis proses dengan menggunakan *SOM toolbox* yang dibangun di lingkungan komputasi MATLAB. SOM diterapkan sebagai *platform* yang efektif untuk mengidentifikasi lokasi-lokasi studi kasus sesuai dengan kesamaan mereka dan untuk menentukan variabel yang paling relevan untuk mengkarakterisasi kerentanan sosial di setiap kluster melalui *clustering analysis* (Vesanto & Alhoniemi, 2000).

Algoritma SOM menghasilkan distribusi sampel pada peta topologi SOM secara langsung. Sifat-sifat algoritma menunjukkan bahwa sampel dalam neuron

atau sel yang sama sangat mirip, dan mirip dengan yang ada di sel tetangga, tetapi kurang mirip dengan sampel dalam sel yang letaknya jauh.

Setiap sel unit pada tahap ini, seperti metode pengelompokan, pengelompokan sampel dalam sel dan sel-sel serupa bersama-sama membentuk sebuah kluster dan prosedur *training SOM*. U-matrix digunakan untuk memvisualisasikan kepadatan atau struktur dari kelompok data (Ultsch, 1993). Setiap bobot koneksi variabel dan deskriptor terkait dihitung untuk setiap vektor virtual selama *training process* komputasi untuk menganalisis kontribusi variabel input.

Pengelompokan unit dilakukan untuk memfasilitasi analisis kuantitatif peta dan data, misalnya dengan *Clustering* (Vesanto dan Alhoniemi, 2000). Dari pengelompokan ini, himpunan bagian (kelompok) objek dalam dataset yang sama ditentukan. Pengelompokan data dilakukan melalui dua jenis pengelompokan, yaitu pengelompokan aglomerasi hierarkis dan pengelompokan positif menggunakan k-means. Dalam pengelompokan aglomeratif dapat diperoleh dari pohon pengelompokan (dendrogram). Visualisasi dendrogram digunakan sebagai penjelasan struktur data dan menentukan jumlah kluster dengan memotong dendrogram pada tingkat tertentu. Untuk meminimalkan pengelompokan terbaik, maka juga mempertimbangkan Davies-Bouldin index.

D. Social Vulnerability Index (SoVI)

SoVI dikembangkan oleh Susan Cutter *et al.* (2003) untuk menyelidiki kerentanan sosial di Amerika Serikat terhadap bahaya lingkungan. SoVI digunakan untuk pembuatan indeks kerentanan dari tinggi ke rendah. Untuk itu, *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) digunakan untuk memproses kumpulan data, dan *Principal Component Analysis* (PCA) digunakan untuk mengurangi variabel yang berkorelasi menjadi beberapa komponen yang tidak berkorelasi dengan menggunakan rotasi varimax dan nilai eigen harus lebih besar dari 1. Komponen dengan nilai eigen lebih besar dari 1 akan diekstraksi, dan kemudian digunakan untuk mengukur kerentanan sosial setiap lokasi. Prosedur ekstraksi biasanya disertai dengan rotasi untuk meningkatkan interpretabilitas, sehingga lebih mudah untuk mengidentifikasi, dimana setiap faktor memiliki muatan absolut yang luas untuk hanya beberapa variabel yang diamati.

Metode SoVI telah digunakan pada penelitian sebelumnya (Maharani *et al.*, 2016), dan ditemukan beberapa kekurangan, antara lain data akan terbukti tidak valid jika ada angka yang tidak tersedia. Selain itu jika jumlah kasus kurang dari jumlah variabel, maka PCA tidak akan memberikan hasil yang dapat diandalkan. Terkadang, data dari sebuah instansi memang tidak tersedia, sehingga sulit untuk menganalisis kumpulan data yang memiliki beberapa celah atau data yang tidak lengkap. Sementara itu SOM mampu menangani ukuran data apa pun, termasuk data yang tidak tersedia (nol), tetapi mayoritas harus ada (Vesanto & Alhoniemi, 2000). Mendapatkan indeks kerentanan sosial adalah hal penting, tetapi akan lebih baik lagi jika analisis dilengkapi dengan pemahaman yang lebih komprehensif tentang variabel kerentanan sosial mana yang membedakan lokasi dengan lokasi sekitarnya, apa saja ketergantungan antar variabel di lokasi tersebut, dan juga bagaimana lokasi-lokasi tersebut dikelompokkan menurut kesamaan dan perbedaannya berdasarkan variabel yang ada. Untuk alasan ini, SOM diterapkan untuk menganalisis kumpulan data yang ada.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

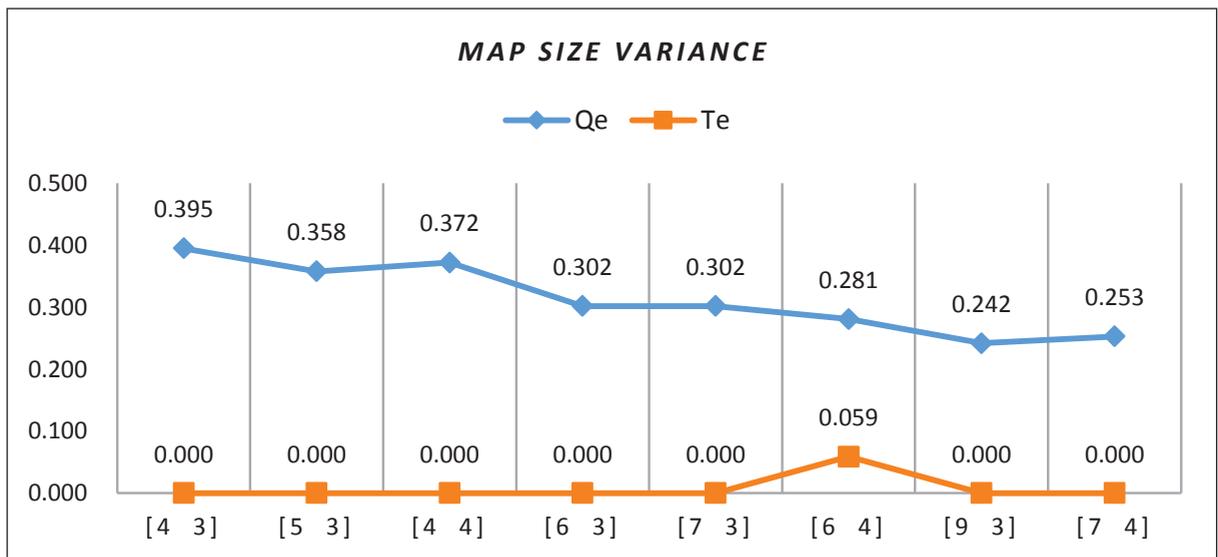
A. Penentuan Ukuran Peta Heksagonal SOM

Awalnya, dalam jaringan saraf tiruan, peta dibangun selama *training process*. Dalam penelitian ini,

semua simulasi dilakukan dengan menggunakan peta heksagonal (*SOM hexagonal map*) dua dimensi dengan struktur lingkungan heksagonal. *Quantification error (Qe)* dan *topographic error (Te)* adalah dua jenis metode untuk memperkirakan indeks kualitas untuk mengevaluasi kinerja selama *training process* pada algoritma SOM. Peningkatan ukuran menjamin kesalahan yang lebih kecil (kuantisasi yang baik dari kumpulan data), tetapi tidak selalu diinginkan karena neuron yang redundan atau kurang signifikan juga meningkat secara paralel (Lin & Chen, 2005). Serangkaian percobaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, menemukan representasi hasil yang cukup baik melalui ukuran peta [7 3] dengan Q_e 0,302 dan T_e 0,000.

B. Pemilihan Ukuran Sampel

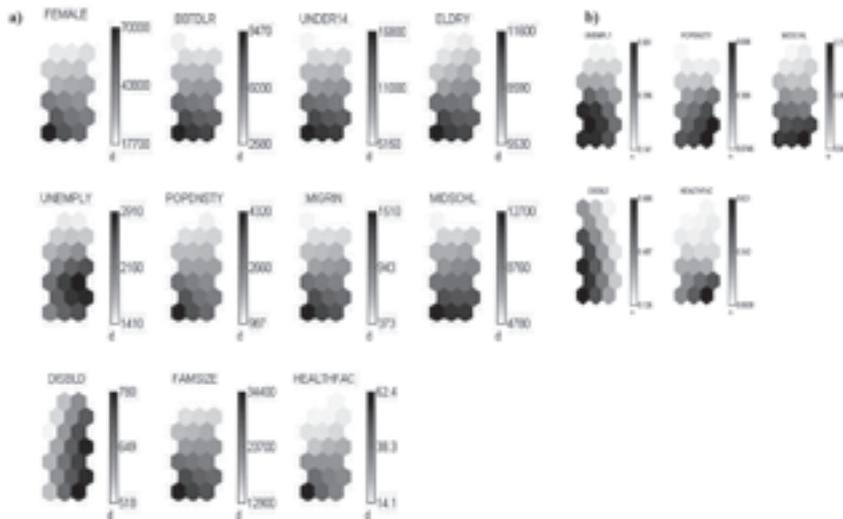
Tujuan dari pengurangan ukuran sampel (dimensi) adalah untuk menemukan representasi yang disederhanakan dari data asli tanpa kehilangan banyak informasi. Dalam penelitian ini, pengurangan dianggap sebagai pengurangan fitur angka yang mewakili item data; dari m item dalam data asli ke n item dalam data yang diperkecil, untuk $n < m$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan mengurangi ukuran sampel juga memengaruhi resolusi peta sensitivitas dan akurasi *clustering*. Untuk memilih ukuran sampel yang efektif, penelitian ini mengusulkan solusi dua arah. Pertama adalah melalui koefisien korelasi (Tabel 2) dan visualisasi komponen (Gambar 3). Kedua adalah



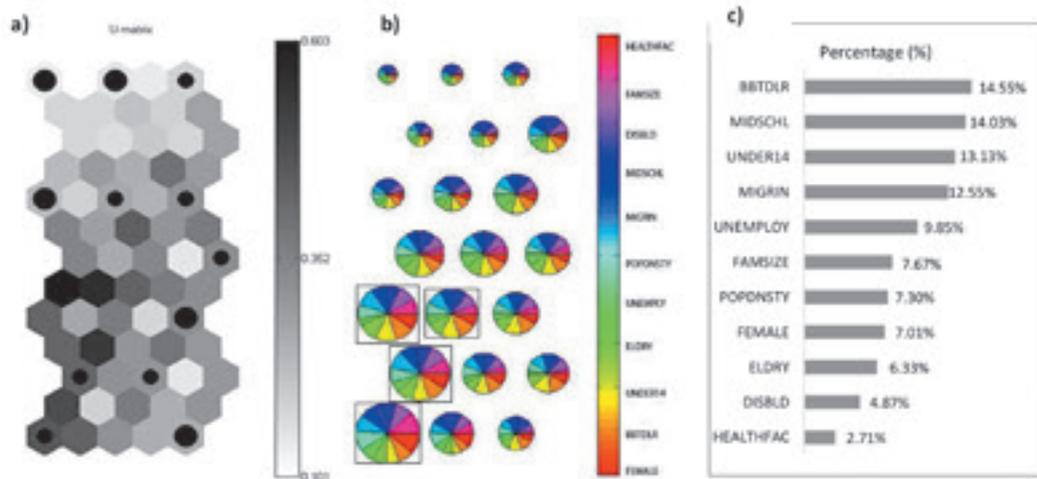
Gambar 2. Seleksi ukuran peta yang efektif

Tabel II
PEMILIHAN MELALUI KOEFISIEN KORELASI DENGAN MASING-MASING NILAI Q_E DAN T_E

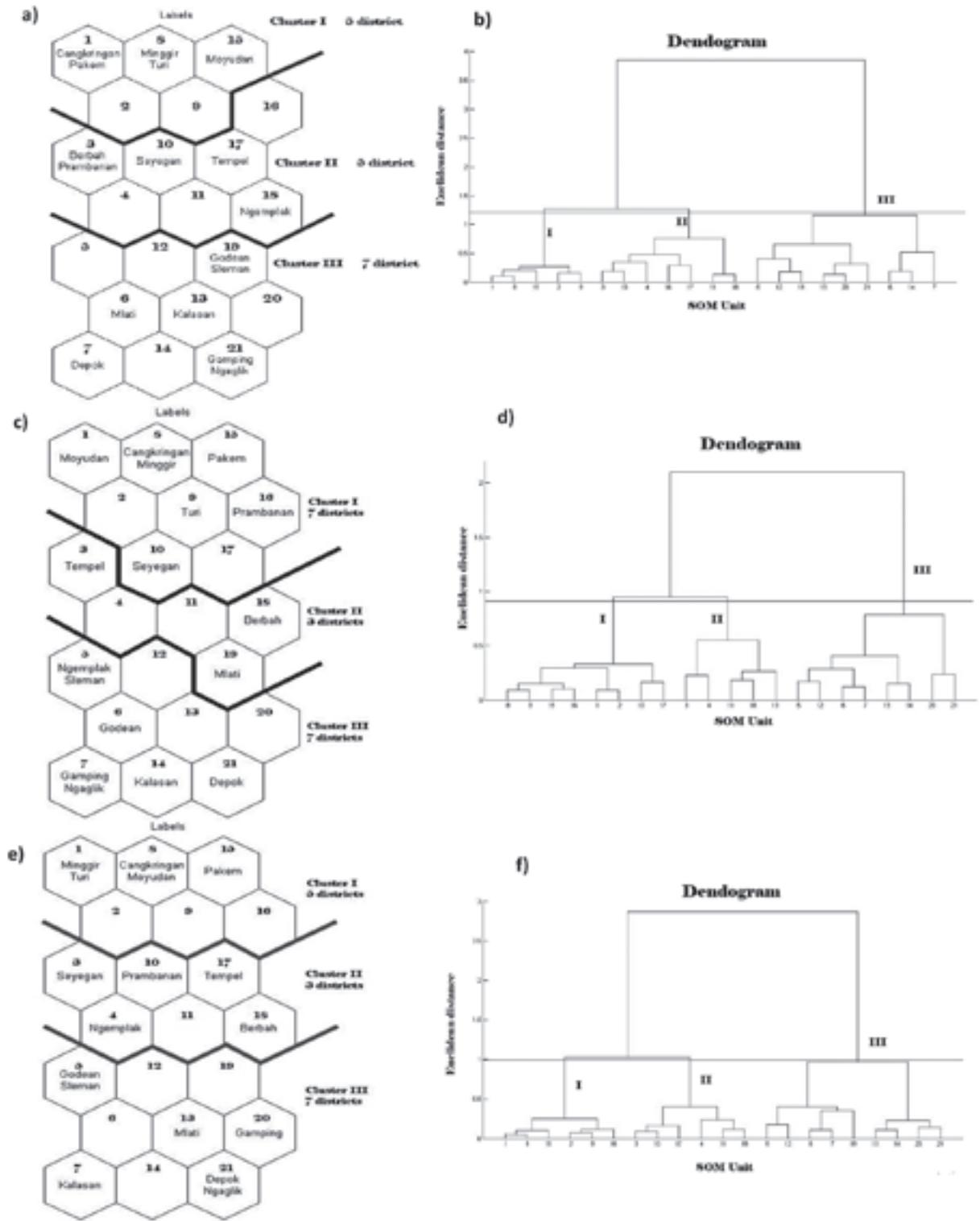
Step	Variables	Map Size	Final Quantization Error (Q _e)	Final Topographic Error (T _e)
1	(11 variables) FEMALE, BBTDLR UNDER14, ELDRY, UNEMPLY, POPDNSTY, MIGRIN, MIDSCHL DISBLD, FAMSIZE, HEALTHFAC	[7 3]	0.302	0.000
2	(5 variables) UNEMPLY, POPDNSTY, MID-SCHL, DISBLD, HEALTHFAC	[7 3]	0.142	0.000



Gambar 3. Visualisasi komponen setiap variabel kerentanan sosial untuk menentukan kontribusinya dalam membangun peta situs: a) Langkah 1 - visualisasi *component planes* dengan 11 variabel, b) Langkah 2 - visualisasi *component planes* dengan 5 variabel



Gambar 4. Variasi spasial variabel kerentanan sosial: (a) hit histogram menunjukkan kepadatan data yang ditunjukkan oleh ukuran lingkaran dalam U-matrix; (b) kepentingan relatif variabel yang ditunjukkan oleh setiap diagram lingkaran dengan ukuran dan warna yang berbeda; dan (c) urutan variabel penting dari tinggi ke rendah.

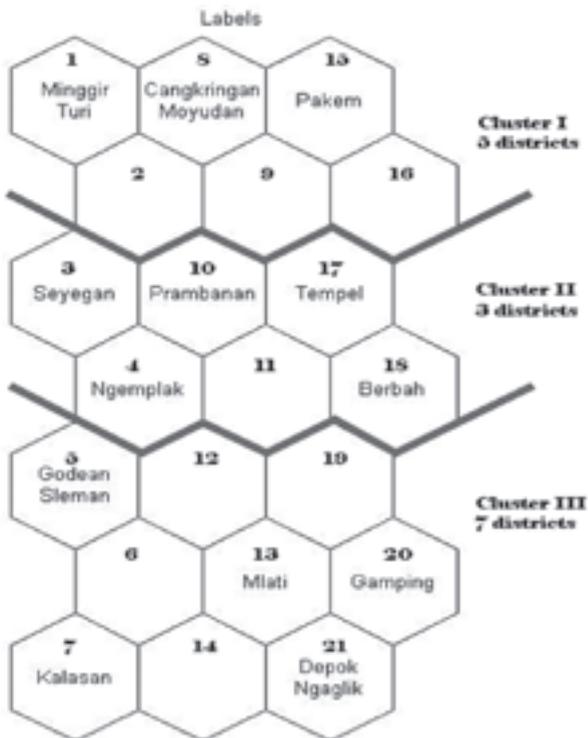


Gambar 5. Klasifikasi 17 sampel kecamatan melalui SOM training meliputi 11 variabel (a, b); 5 variabel terpilih melalui metode korelasi koefisien (c, d); dan 5 variabel terpilih melalui SOM *relative importance pie charts* (e, f).

melalui SOM kepentingan relatif dari diagram lingkaran (*SOM relative important pie charts*) (Gambar 4). Setelah melalui serangkaian investigasi dan seperti yang ditunjukkan di Gambar 5, maka terpilih solusi yang kedubagai ukuran sampel yang efektif karena mendekati kemiripan dengan data asli 11 variabel.

C. Pengelompokan Lokasi (*Clustering*) dan Variabel Dominan

SOM digunakan untuk mengklasifikasikan sampel sedemikian rupa sehingga situs yang serupa dengan nilai variabel dekat/komponen diatur sebagai tetangga pada peta, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, yang menggunakan struktur peta heksagonal dengan distribusi label (nama kecamatan).



Gambar 6. Klasifikasi 17 sampel kecamatan dengan 5 variabel terpilih melalui SOM relatif penting - klasifikasi kecamatan sampel berdasarkan kesamaan dengan nilai variabel/komponen dekat.

Lima variabel yang dipilih melalui diagram lingkaran kepentingan relatif SOM diproses menggunakan prosedur yang identik yang digunakan dalam analisis sebelumnya. Untuk menunjukkan distribusi keputu-

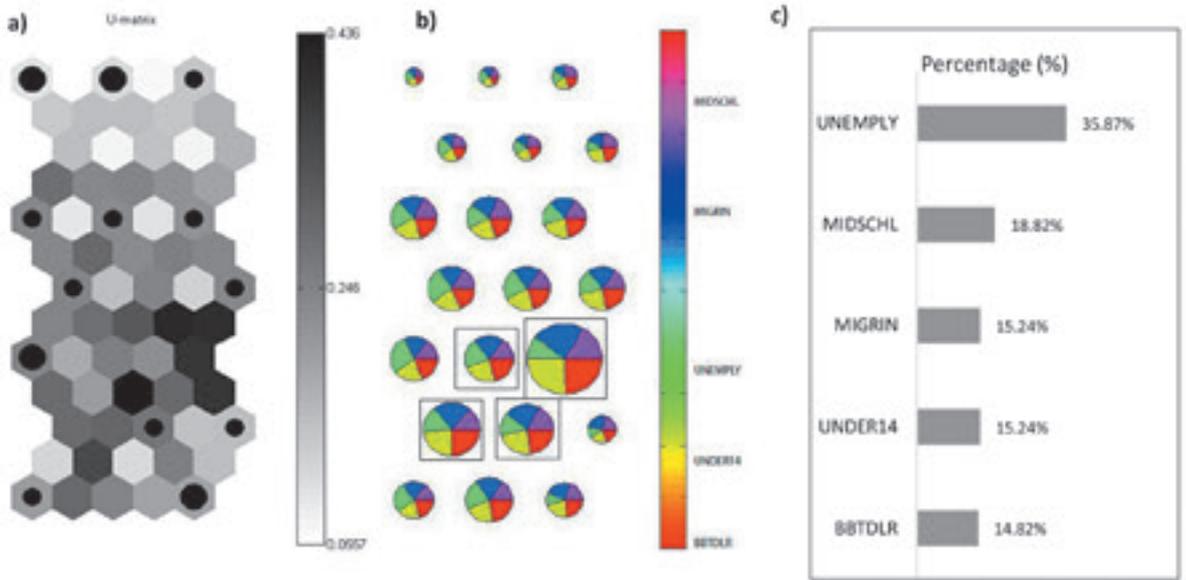
san yang sebenarnya pada peta, '*hit*' ditambahkan ke U-Matrix, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7a. Dengan menggunakan *hit*, dimungkinkan untuk mendeteksi perbedaan spasial dalam distribusi set data peta, dan variabel yang memengaruhi perbedaan dijelaskan dengan jelas, seperti yang terlihat pada Gambar 7c.

Untuk menentukan variabel mana yang secara dominan mendanai kerentanan sosial, penyelidikan terhadap pengaruh variabel individu dilakukan berdasarkan kriteria seleksi perbatasan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4b (kotak hitam solid) yang menunjukkan diagram lingkaran untuk lima variabel dalam unit peta. Dalam unit peta ini, kepentingan relatif setiap variabel dijelaskan oleh ukuran dan warna grafik yang berbeda. Ini kemudian disortir menurut kepentingannya (Gambar 7c). Variabel yang paling dominan memengaruhi meningkatnya kerentanan sosial adalah jumlah pengangguran (UNEMPLY) 35.87%, diikuti oleh jumlah orang dengan pendidikan sekolah menengah atau lebih rendah (MIDSCHL) 18.82%. Urutan ketiga adalah jumlah populasi yang bermigrasi masuk atau pendatang (MIGRIN) 15.24%. Masyarakat dengan beberapa migran di Kabupaten Sleman mungkin tidak memiliki koneksi ke komunitas yang lebih besar dan mungkin tidak percaya diri atau takut untuk mencari bantuan dari luar karena berbagai alasan. Banyaknya migran yang memasuki Kabupaten Sleman memberi tekanan pada pembangunan dan risiko ketika menghadapi bencana. Variabel keempat adalah usia muda (UNDER14) 15.24%, dan yang terakhir adalah jumlah bayi dan balita (BBTDLR) 14.82%.

Peta variabel pengelompokan dan kontribusi dalam setiap klaster dapat dilihat pada Gambar 7. Persentase kontribusi variabel untuk Klaster III memiliki nilai yang hampir mirip satu dengan yang lain, yang tertinggi adalah jumlah pengangguran sebesar 20.32%. Persentase luar biasa ditemukan di Klaster I, di mana jumlah pengangguran adalah yang tertinggi dibandingkan dengan klaster II dan III.

D. Indeks Kerentanan Sosial

Menurut hasil analisis statistik, tes dengan nilai KMO 0.770 dan nilai signifikansi 0.000 menegaskan bahwa analisis PCA untuk kumpulan data dapat diterapkan. Tabel 3 menunjukkan skor atau indeks dari kerentanan tinggi ke rendah, sementara Gambar 9 menunjukkan distribusi peta untuk menggambarkan kerentanan sosial tinggi ke rendah. Indeks skor berk-



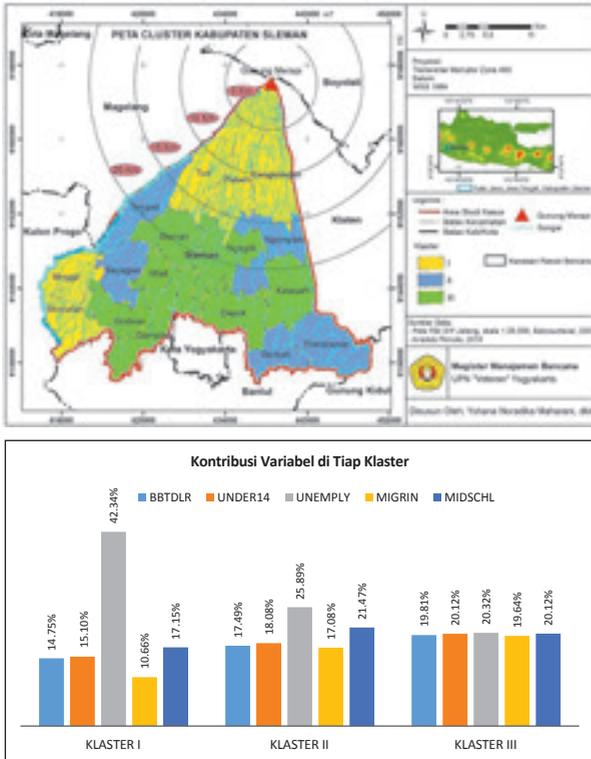
Gambar 7. Perbedaan spasial parameter kerentanan sosial di antara kecamatan: a) hit histogram (kepadatan data yang ditunjukkan oleh ukuran lingkaran) dalam U-matrix, b) kepentingan relatif dari parameter yang ditunjukkan dalam setiap diagram lingkaran melalui ukuran dan warna yang berbeda, dan c) peringkat parameter signifikan dari 5 tertinggi (atas) ke terendah (bawah).

isar mulai kurang dari -1.5 berarti kerentanan sangat rendah dan lebih dari 1.5 berarti kerentanan sangat tinggi. Hasil menunjukkan bahwa kecamatan-kecamatan yang berada dekat dengan puncak gunung berapi Merapi yaitu pada KRB III belum tentu memiliki skor kerentanan yang tinggi. Kecamatan yang berada di Kluster III tergolong sangat rentan secara sosial, misalnya Kabupaten Depok memiliki indeks kerentanan tertinggi 1.89, diikuti oleh Kabupaten Ngaglik 1.56. Sedangkan lima kabupaten lainnya dengan indeks tinggi adalah Gamping (1.08), Kalasan (0.96), Mlati (0.83), Godean (0.42), dan Sleman (0.34).

Tabel III
INDEKS KERENTANAN SOSIAL

Kecamatan	Skor	Kecamatan	Skor
Berbah	-0,23	Ngaglik	1,56
Cangkringan	-1,19	Ngemplak	0,10
Depok	1,89	Pakem	-0,98
Gamping	1,08	Prambanan	-0,47
Godean	0,42	Seyegan	-0,46
Kalasan	0,96	Sleman	0,34
Minggir	-1,16	Tempel	-0,51
Mlati	0,83	Turi	-0,93
Moyudan	-1,25		

Melihat dari hasil di Gambar 8 dan Gambar 9, terdapat suatu hal yang mencolok khususnya di Kluster I dimana Kecamatan Turi, Pakem, Cangkringan berada di kawasan yang dekat dengan puncak Merapi, artinya paling rentan terkena material erupsi Merapi dalam hal jarak kedekatan. Sedangkan Kecamatan Minggir dan Moyudan berada di kawasan yang jauh dari puncak tetapi berada di samping jalur Sungai Progo. Kelima kecamatan ini berada dalam satu kluster yang sama, artinya memiliki kemiripan pengaruh variabel dominan yang kuat yaitu variabel pengangguran (ELDRY), usia muda (UNDER14), dan migrasi/pendatang (MIGRIN) walaupun secara lokasi berjauhan. Keterkaitan ini memiliki alasan kuat mengapa kelima kecamatan tersebut berada di kluster yang sama. Berdasarkan informasi dari BPBD Sleman, ternyata ada hal yang memengaruhi pasca erupsi Merapi 2010. Jadi, Kecamatan Minggir berada di area yang terdampak banjir lahar dan merupakan tempat relokasi atau hunian tetap (proyek rehabilitasi-rekonstruksi) dari 3 kecamatan yang dekat dengan puncak Merapi, sedangkan Kecamatan Moyudan adalah lumbung padi dimana banyak lahan yang rusak. Kecamatan Minggir dan Moyudan merupakan daerah konflik pertambangan yang suplai materialnya berasal dari Gunung Merapi. Area hulu sudah habis ditambang lalu pada area hilir seperti Minggir dan Moyudan pada akhirnya ditambang juga.



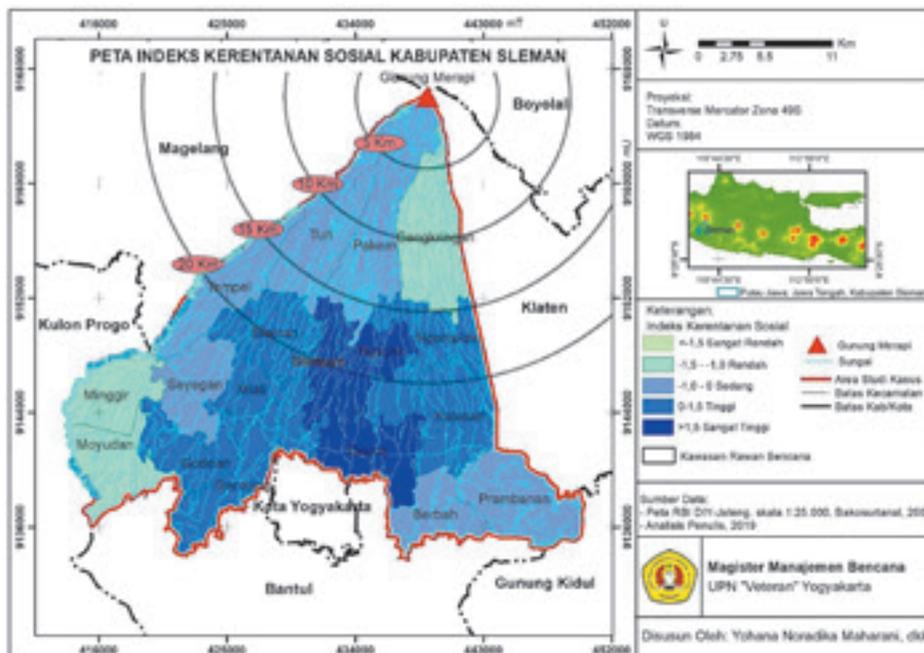
Gambar 8. Distribusi kluster dari 17 Kecamatan di Kabupaten Sleman (gambar atas) beserta kontribusi variabel di tiap kluster (gambar bawah).

Faktor ini juga memicu adanya migrasi karena terkait penghidupan. Sementara itu Kecamatan Tempel berada sejajar dengan Kecamatan Minggir, Moyudan, akan tetapi tidak berada dalam kluster yang sama. Hal ini karena sejak dulu Tempel adalah area sentra salak, dimana tingkat pendapatan memengaruhi kerentanan area di bawahnya yaitu Minggir dan Moyudan.

Sebagai temuan penting dalam studi ini, tanpa mengetahui indeks yang dihasilkan melalui proses SoVI, secara mudah dan cepat dengan hanya melihat sebaran sampel (lokasi) pada U-matrix SOM, maka dapat diketahui bahwa sampel yang berada di area U-matrix yang lebih gelap memiliki kondisi sangat rentan dibandingkan sampel yang terletak di area terang U-matrix (kurang rentan). Seringkali variabel kerentanan sosial adalah *redundant variable*, maka dalam hal pengurangan dimensi (variabel), SOM juga dapat digunakan sebagai alternatif solusi.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menjelaskan aplikasi *Self Organizing Map* (SOM) yang digunakan untuk menganalisis kerentanan sosial yang fungsinya untuk mengenali ketahanan dalam suatu situasi, tetapi masih merupakan tantangan. Studi ini berusaha untuk fokus pada wawasan penting untuk menentukan dimensi data efektif dari



Gambar 9. Distribusi Indeks Kerentanan Sosial

distrik klaster, mengidentifikasi variabel kerentanan sosial yang membuat klaster berbeda dari klaster tetangga, dan menggambarkan ketergantungan antara variabel. Set data yang dihasilkan oleh SOM dapat dengan jelas dibedakan berdasarkan set data yang dihasilkan dari perbedaan dan persamaan dari masing-masing variabel, serta menghasilkan pengelompokan dan pembagian data yang masuk akal. Membuat indeks kerentanan dengan SoVI adalah awal yang membantu ketika mencari kerentanan. Kualitas, ketersediaan data, dan unit analisis yang ditangani sangat berpengaruh dalam pendekatan ini. Hasil dari metode verifikasi SoVI bekerja dengan baik dalam memastikan bahwa nilai-nilai positif menunjukkan kerentanan sosial yang tinggi dan sebaliknya.

Menurut hasil SOM, secara keseluruhan, jumlah pengangguran, masyarakat dengan pendidikan menengah pertama atau lebih rendah, migrasi, usia di bawah 14 tahun, dan jumlah bayi dan balita adalah lima faktor pendorong yang memengaruhi kerentanan sosial. Disarankan agar pemerintah daerah memperhatikan aspek kerentanan ini dalam pembangunan daerah sebagai bagian dari pengurangan risiko bencana. Penggunaan pendekatan ini dapat digunakan untuk meminimalkan penggunaan sumber daya dan waktu, yang berguna untuk penyelidikan lebih lanjut dari kumpulan data besar karena efisiensi dan akurasi. Terakhir, untuk penelitian di masa depan, pertanyaan tentang bagaimana membuktikan apakah kuantifikasi kerentanan sosial dapat dikelola sebagai cara yang efektif untuk memperkirakan kerusakan dan kerugian akibat bahaya tertentu harus ditangani dan diinvestigasi lebih lanjut.

V. UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didukung oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta melalui Hibah Penelitian Dasar UPN Veteran Yogyakarta Nomor B/136/UN.62/PT/V/2019.

DAFTAR PUSTAKA

Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, 18(4), 598- 606.

- Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242- 261.
- Donovan K. H. M. (2010). Cultural Responses to volcanic hazards on Mt. Merapi, Indonesia. *PhD Thesis*, University of Plymouth.
- Hu, D. (2011). Applying SOFM dan Its FPGA Implementation on Event Processing of PET Block Detector. *In Self organizing maps - applications dan novel algorithm design*. IntechOpen.
- Kohonen, T. (1982). Self-organized formation of topologically correct feature maps, *Biological Cybernetics*, 43(1), 59-69.
- Lee, S., Maharani, Y. N., & Yi, W. H. (2014). Assessment of local social vulnerability in facing Merapi volcanic hazard. *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, 27(6), 485-492.
- Lin, G. F., & Chen, L. H. (2005). Identification of homogenous regions for regional frequency analysis using the self-organizing map, *Journal of Hydrology* 324(1-4), 1-9.
- Liu, Y. dan R. H. Weisberg (2011). A Review of Self-Organizing Map Applications in Meteorology dan Oceanography, *In Self organizing maps - applications dan novel algorithm design*. IntechOpen.
- 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, 63-77.
- Meza, L. A., Neto, L. B., Brdan o, L. C., do Valle Silva Andrade, F., de Mello, J. C. B. S., & Coelho, P. H. G. (2011). Modelling with Self-Organising Maps dan Data Envelopment Analysis: a Case Study in Educational Evaluation. *In Self organizing maps - applications dan novel algorithm design*. IntechOpen.
- Petrilis, D., & Halatsis, C. (2011). Combining SOMs dan Ontologies for Effective Web Site Mining. *In Selforganizing maps - applications dan novel algorithm design*. IntechOpen.
- Sagala, S. A. H. (2009). System Analysis of Social Resilience against Volcanic Risks: Case Studies of Mt. Merapi, Indonesia dan Mt. Sakurajima, Japan. *PhD Thesis*, Kyoto University.
- Sagita, D., & Malik, C., AFP, Ash Blows Airlines Merapi di Indonesia Off Course. *Jakarta Globe* (3 November 2010).

- Sugii Y., Kudoh, T., Otani, T., Ikeda, M., Tokutaka, H., & Seno, M. (2011). Clustering Genes, Tissues, Cells dan Bioactive Chemicals by Sphere SOM, *In Self organizing maps - applications dan novel algorithm design*. IntechOpen.
- Ultsch, A. (1993). Self-organizing neural networks for visualization dan classification. *In Information dan classification* (pp. 307-313). Springer.
- Utami, P. (2008). Measuring Social Vulnerability in Volcanic Hazards: The Case Study of Merapi Volcano, Indonesia. *MSc Thesis, University of Bristol*.
- Vesanto J., & Alhoniemi, E. (2000). Clustering of the Self-Organizing Map, *IEEE Transaction on Neural Networks*, 11(3), 586-600.
- Zak A. (2011). Ship's Hydroacoustics Signatures Classification Using Neural Networks. *In Self organizing maps - applications dan novel algorithm design*. IntechOpen.