



ANALISIS KERENTANAN TERHADAP BAHAYA GEMPABUMI DAN TSUNAMI DENGAN METODE SELF ORGANIZING MAP DI KABUPATEN BANTUL

Yohana Noradika Maharani^{1*}, Yody Rizkianto²⁾, Ikhsan³⁾

¹Magister Manajemen Bencana, Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN Veteran Yogyakarta

²Teknik Gologi, Fakultas Teknik Mineral, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta

³Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika

*E-mail: yohanam@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Kabupaten Bantul merupakan salah satu wilayah di Yogyakarta yang memiliki potensi bencana gempabumi dan tsunami cukup tinggi, karena wilayahnya dilintasi patahan aktif (Sesar Opak) dan juga berdekatan dengan zona subduksi yang merupakan zona tumbukan lempeng Indo Australia dan lempeng Eurasia yang dapat menyebabkan tsunami. Sebagai salah satu tujuan pariwisata favorit di Yogyakarta, peningkatan kepadatan penduduk dan lahan terbangun baru juga semakin tinggi. Kondisi tersebut sebagian besar didominasi oleh permukiman, perdagangan, dan pariwisata. Meningkatnya aktivitas di Kabupaten Bantul tentunya membuat kawasan tersebut memiliki tingkat kerentanan yang tinggi akibat pemanfaatan lingkungan yang tidak terkendali dan tidak diatur. Percepatan pertumbuhan tanpa manajemen risiko dan aset yang semakin menua merupakan pendorong utama meningkatnya jumlah korban, kerusakan bangunan, dan kemiskinan akibat bencana. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi tingkat kerentanan dan variabel dominan yang menyebabkan rentan ditinjau dari aspek sosial, ekonomi dan kepadatan bangunan dengan menggunakan 13 variabel kerentanan dan dianalisis dengan metode "Self-Organizing Maps (SOM)" untuk mengelompokkan (*cluster*) wilayah penelitian. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa daerah yang memiliki kerentanan tertinggi terdapat di *cluster* 2 dan 3 yaitu Kecamatan Bantul, Kasihan, Imogiri, Banguntapan dan Sewon, dengan variabel dominan yang berpengaruh yaitu disabilitas 12,73 % dan fasilitas rumah ibadah 9.24%. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai dukungan praktis kepada praktisi, para pemangku kepentingan dan pengambil keputusan dalam upaya mitigasi dan perencanaan kontinjensi dimasa yang akan datang.

Kata Kunci: Bahaya gempabumi dan tsunami; *Cluster*; Kabupaten Bantul; Kerentanan; *Self Organizing Maps*.

ABSTRACT

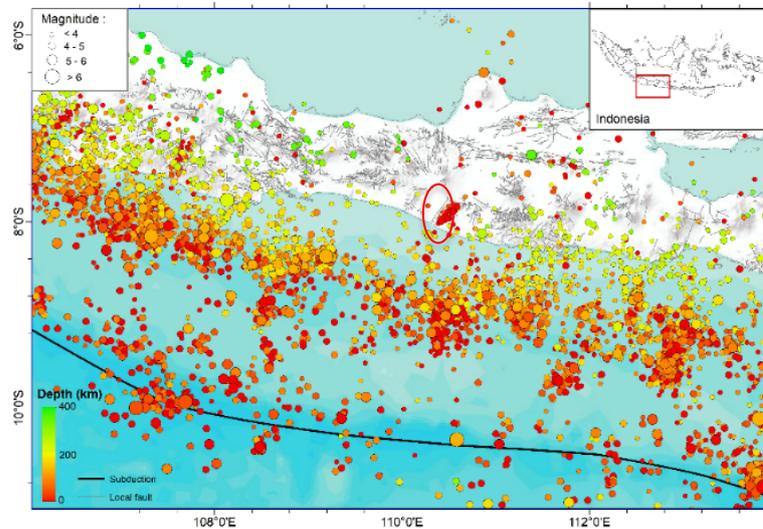
Bantul Regency is one of the areas in Yogyakarta which has quite high potential for earthquake and tsunami disasters, because the area is crossed by an active fault (Opak Fault) and is also close to the subduction zone which is the collision zone of the Indo plate. Australia and the Eurasian plate which can causes tsunamis. As one of the favorite tourism destinations in Yogyakarta, population density and new built-up land are also increasing. Those community conditions are mostly dominated by settlements, trade, services and tourism. The increasing activity in Bantul Regency certainly makes the area have a high level of vulnerability due to uncontrolled and unregulated environmental use. Accelerated growth without risk management and aging assets are the main drivers of the increasing number of victims, building damage and poverty due to disasters. Therefore, the aim of this research is to identify the level of vulnerability and the dominant variables that cause vulnerability in terms of social, economic and building density aspects using 13 vulnerability variables and analyzed using the "Self-Organizing Maps (SOM)" method to cluster research area. The results of this research show that the areas with the highest vulnerability are in clusters 2 and 3, namely Bantul, Kasihan, Imogiri, Banguntapan and Sewon sub-districts, with the dominant variables are the disabled 12.73 % and facilities of worship 9.24%. The results of this research can be used as practical support to practitioners, stakeholders and decision makers in mitigation efforts and contingency planning in the future.

Keywords: *Bantul Regency; Clusters; Earthquake and tsunami hazards; Self Organizing Maps; Vulnerability.*

I. PENDAHULUAN

Wilayah Kabupaten Bantul merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki potensi bencana gempabumi dan tsunami cukup tinggi, hal ini disebabkan karena Kabupaten Bantul dilewati patahan aktif di darat yaitu sesar opak yang berarah barat daya timur laut dan wilayah pesisir Kabupaten Bantul juga berdekatan dengan zona subduksi yang merupakan pertemuan lempeng Indo Australia yang menujam kebagian bawah lempeng Eurasia, zona subduksi di selatan Jawa memiliki kegempaan yang sangat aktif yang dapat menimbulkan tsunami. Berdasarkan pemuktahiran segmentasi *megatrush* peta gempa nasional tahun 2017 wilayah pesisir Bantul memiliki potensi gempabumi dengan magnitudo

maksimum 8.7 (Pusgen, 2017). Gambar 1 menunjukkan kegempaan di Kabupaten Bantul dan sekitarnya selama kurun waktu 2009-2020, di mana adanya aktivitas kegempaan yang relatif tinggi di wilayah tersebut.



Gambar 1. Seismisitas wilayah Bantul dan sekitarnya, kurun waktu 2009–2020
(Sumber: BMKG Earthquake Catalog 2019)

Menilik tingginya seismisitas gempabumi di daerah Bantul tentunya akan meningkatkan kerentanan bagi masyarakat yang bermukim di daerah tersebut. Bencana di suatu wilayah dapat menimbulkan berbagai dampak mulai dari korban jiwa, kerusakan bangunan dan meningkatnya permasalahan sosial dan ekonomi baik secara individu maupun kelompok masyarakat. Individu maupun kelompok yang termasuk dalam kategori kurang mampu secara sosial dan ekonomi memiliki suatu cenderung kurang tangguh dan lebih sulit menghadapi dan pulih dari dampak bencana. Banyak orang atau kelompok tidak mampu mengatasi kehidupan sehari-hari secara umum karena minimnya pendapatan, keterampilan rendah, disabilitas dll. Ketimpangan sosial ekonomi dan akar penyebabnya tidak selalu merupakan kerawanan sosial ekonomi yang berujung pada bencana, tetapi juga berujung pada kondisi sosial yang timpang secara keseluruhan termasuk dalam kemampuan membangun infrastruktur yang baik. Perbedaan kemampuan tersebut juga mempengaruhi kemampuan orang untuk merespons dan pulih dari kejadian buruk bencana. Sosial, ekonomi dan faktor multidimensi lainnya seringkali, meskipun tidak selalu, mengakibatkan kerentanan terhadap bencana yang menimpa kelompok tertentu seperti perempuan, anak-anak, orang lanjut usia, orang cacat, migran, dll, namun dalam jangka panjang, kerentanan sosial, ekonomi dan bangunan dapat memperburuk kerentanan masyarakat terhadap dampak bahaya, yang mengakibatkan hilangnya nyawa dan harta benda yang lebih besar (Maharani *dkk*, 2020). Oleh karena itu, jelas bahwa studi tentang kerentanan sosial, ekonomi dan bangunan perlu dimasukkan untuk mengurangi efek yang dapat diprediksi dari kelompok rentan dan mengidentifikasi intervensi yang meningkatkan ketahanan mereka terhadap efek bahaya.

Dampak meningkatkan pembangunan di suatu wilayah juga ikut andil dalam peningkatan kerentanan suatu wilayah, namun pembangunan infrastruktur tentu sangat diperlukan untuk mempercepat putaran roda ekonomi. Namun, pembangunan tersebut seyogyanya harus memperhatikan potensi bencana yang ada. Menurut Davidson (1997) dan *Sendai Report* (World Bank, 2012), meningkatnya pertumbuhan tanpa adanya manajemen risiko dan semakin menua aset tersebut merupakan penyebab utama meningkatnya kerusakan pada saat bencana. Nugroho (2013) menyatakan besarnya kerusakan dan kerugian akibat bencana gempa bumi di Indonesia setiap kejadian adalah 5 - 8 kali biaya untuk membangun jembatan besar, sehingga dampak akibat bencana alam ini tentu berpengaruh terhadap laju pembangunan

Studi tentang kerentanan bencana akibat aktivitas sosial, ekonomi, dan kepadatan pembangunan perlu dilakukan sebagai bagian dari mitigasi bencana. Mitigasi bencana merupakan suatu pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak bencana alam, berupa jatuhnya korban jiwa maupun kerugian ekonomi yang lebih besar dalam jangka pendek maupun jangka panjang, yang meliputi hancurnya infrastruktur, sarana dan prasarana serta bangunan lainnya yang dapat mengganggu roda perekonomian akibat trauma maupun kerusakan sumber daya alam lainnya. Mitigasi bencana tidak dapat dilakukan secara parsial namun harus dilakukan secara komprehensif yang membutuhkan persiapan dan perencanaan yang baik dan terorganisir dengan melibatkan seluruh pemangku kepentingan seperti pemerintah, swasta dan masyarakat. Salah satu faktor penting yang harus dianalisis dalam upaya mitigasi bencana yakni penilaian kerentanan wilayah terhadap bencana yang akan terjadi sebagai suatu tindakan preventif yang dapat meningkatkan sikap waspada dan kesiapsiagaan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kerentanan sosial, ekonomi dan kepadatan bangunan di daerah penelitian. Hasil penelitian tentang kerentanan ini dapat bermanfaat sebagai dukungan praktis kepada praktisi, para pemangku kepentingan dan pengambil keputusan dalam upaya mitigasi dan perencanaan kontingensi dimasa yang akan datang.

II. DATA dan METODE

2.1 Akuisisi Data

Penelitian ini meliputi 17 kecamatan di Kabupaten Bantul yaitu Kecamatan Srandakan, Sanden, Kretek, Pundong, Bambanglipuro, Pandak, Bantul, Imogiri, Jetis, Dlingo, Pleret, Piyungan, Banguntapan, Sewon, Kasihan, Pajangan, dan Sedayu. Jenis penelitian yang digunakan adalah kuantitatif.

Untuk mendapatkan variabel kerentanan di wilayah penelitian melalui studi *literatur* dan sumber data sekunder dari instansi terkait. Data statistik yang digunakan dalam analisis kerentanan sosial, ekonomi dan kepadatan bangunan diambil dari BPS Kabupaten Bantul Dalam Angka tahun 2022, BMKG dan informasi lain tentang bencana gempa bumi di wilayah penelitian. Sumber-sumber tersebut sangat berguna dalam memberikan informasi yang komprehensif mengenai jumlah bangunan, jumlah penduduk dan perekonomian dan kepadatan bangunan. Karena penelitian membutuhkan bahan yang terwakili untuk beberapa variabel di wilayah yang lebih kecil yaitu kecamatan. Informasi yang diperoleh diperoleh dan dikoreksi berdasarkan populasi masing-masing, adapun variabel penelitian tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1 Variabel Kerentanan Sosial, Ekonomi dan Bangunan

Label	Variabel Kerentanan	Konsep Kerentanan	Rasionalisasi Kerentanan
FEMALE	Jumlah populasi perempuan	Gender	Berkorelasi dengan kurangnya sumber daya
MALE	Jumlah populasi laki-laki	Gender	Berkorelasi dengan kurangnya sumber daya
TODDLER	Jumlah bayi dan balita	Usia	Memerlukan lebih banyak bantuan selama bencana
ELDRY	Jumlah lansia (>60 tahun)	Usia	Memerlukan lebih banyak bantuan selama bencana
DISBLD	Penyandang disabilitas (buta, tuli, cacat fisik, sakit)	Disabilitas	Mebutuhkan dukungan dan bantuan tambahan dalam mengatasi dampak bahaya
HOUSE	Jumlah bangunan tempat tinggal	Infrastruktur	Berkorelasi dengan tingkan kerentanan bangunan
EDUCTN	Jumlah bangunan permanen fasilitas pendidikan,	Infrastruktur	Berkorelasi dengan tingkan kerentanan bangunan
HEALTHFAC	Jumlah bangunan permanen fasilitas kesehatan	Infrastruktur	Berkorelasi dengan tingkan kerentanan bangunan
WRSSHP	Jumlah bangunan permanen fasilitas ibadah	Infrastruktur	Berkorelasi dengan tingkan kerentanan bangunan
HLTHWORK	Jumlah tenaga kesehatan	Pelayaman kesehatan	Diperlukan selama keadaan darurat dan fase pemulihan
HOTEL	Jumlah perhotelan	Perekonomian	Berkorelasi fengan tingkat ekonomi
TOURISM	Jumlah pariwisata	Perekonomian	Berkorelasi fengan tingkat ekonomi dan pemulihan
RESTO	Jumlah usaha restoran	Perekonomian	Berkorelasi dengan tingkat ekonomi dan pemulihan

2.2 Analisis Data: *Self Organizing Maps (SOM)*

Untuk melakukan pengolahan dan analisa makan digunakan training *Self Organizing Maps (SOM)* untuk mendapatkan pengelompokan (*Clustering*) lokasi berdasarkan 13 varibel kerentanan dalam peta heksagonal dan mendapatkan variabel dominan dari tinggi ke rendah.

SOM juga dikenal sebagai peta Kohonen (Kohonen, 1982), adalah teknik pemrosesan data yang digunakan dalam analisis data dan pembelajaran mesin tanpa pengawasan, SOM digunakan untuk memetakan dan memvisualisasikan data

multidimensi menjadi representasi yang lebih sederhana, membantu memahami pola dalam data. SOM juga digunakan sebagai platform yang efektif untuk mengidentifikasi lokasi studi kasus berdasarkan kesamaannya dan untuk mengidentifikasi variabel-variabel kunci yang menggambarkan kerentanan sosial setiap *cluster*. Dalam SOM, teknik reduksi berpedoman pada upaya mereduksi dimensi data atau membuat representasi lebih sederhana dari data asli. Hal ini dapat membantu memahami data yang kompleks atau mengurangi beban komputasi ketika memiliki data yang sangat besar.

2.2.1. Menentukan Ukuran Peta dengan SOM

Ukuran peta dalam SOM penting karena akan mempengaruhi cara memetakan dan menampilkan. Ukuran peta biasanya ditentukan oleh jumlah unit SOM (neuron) pada grid. Dalam Penelitian ini menentukan Ukuran peta menggunakan metode *grid search*. Metode ini dengan melakukan eksperimen dengan berbagai ukuran peta SOM dan memilih yang memberikan hasil terbaik. Ini melibatkan percobaan berbagai ukuran dan mengukur kualitas pemetaan atau kesalahan SOM seperti tingkat kesalahan kuantifikasi atau *quantification error* (Q_e) dan kesalahan topografi atau *topographic error* (T_e) untuk masing-masing ukuran, kemudian memilih ukuran yang memberikan hasil paling optimal.

Mengukur seberapa baik SOM dapat mewakili setiap vektor data dalam kumpulan data. Q_e dihitung sebagai jarak rata-rata antara vektor data dan vektor satuan berat SOM terdekat untuk setiap vektor data dalam kumpulan data Q_e yang lebih rendah menunjukkan bahwa SOM dapat merepresentasikan data dengan lebih baik karena vektor data cenderung lebih dekat dengan unit SOM yang bersangkutan. Secara matematis Q_e dihitung sebagai berikut:

$$Q_e = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \|X_i - W_{BMU(i)}\| \dots\dots\dots (1)$$

Di mana:

- N = jumlah vektor data.
- X_i = vektor data ke- i
- $W_{BMU(i)}$ = vektor bobot unit SOM yang merupakan pemenang terdekat (Best Matching Unit - BMU) untuk vektor data X_i .
- $\|-\|$ = norma Euclidean (jarak Euclidean) antara dua vektor

Topographic error (T_e) mengukur sejauh mana peta SOM mempertahankan struktur topologis data asli. T_e mengukur sejauh mana unit SOM yang tetangga dalam data asli juga tetangga dalam peta SOM., Semakin rendah nilai T_e , semakin baik peta SOM mempertahankan topologi data (Kiviluoto, 1996). Kesalahan topologi umumnya dihitung dengan mengukur sejauh mana unit SOM yang tetangga dalam data asli juga tetangga dalam peta SOM, dan kemudian dihitung sebagai persentase unit SOM yang tidak memenuhi kriteria tersebut. Nilai T_e yang lebih kecil lebih diinginkan. Meskipun peningkatan ukuran menjamin kesalahan yang lebih rendah (kuantifikasi kumpulan data yang baik), ini tidak selalu diinginkan karena neuron yang berlebihan atau kurang signifikan juga meningkat secara paralel (Ki, S.J. dkk., 2011).

2.2.2. Pemilihan Ukuran Sample

Saat bekerja dengan Self-Organizing Maps (SOM) untuk analisis data, pemilihan ukuran sampel (*sample size*) sangat penting karena akan memengaruhi bagaimana SOM memahami pola dalam data. Ukuran sampel merujuk pada jumlah vektor data yang digunakan untuk melatih SOM. Memastikan ukuran sampel yang dipilih sesuai dengan jumlah data yang di miliki. Hal ini agar ukuran sampel terlalu kecil sehingga tidak mencakup variasi yang mencukupi dalam data atau terlalu besar sehingga membutuhkan sumber daya komputasi yang berlebihan.

2.2.3. Relative Important Pie Chart

Relative important pie chart dalam SOM merupakan jenis jaringan saraf tiruan yang digunakan untuk analisis dan visualisasi data. Untuk membuat *relative important pie chart* dalam SOM, perlu memvisualisasikan kepentingan relatif dari berbagai kluster atau komponen. Dalam penelitian ini visualisasi SOM melalui pembelajaran tanpa pengawasan dalam peta grid 2D dan ruang data (Carreira-Perpinan, 2001). Metode ini menawarkan keunggulan *unsupervised learning* dan *intuitive interface* yang memungkinkan pengaturan dan mengkonfigurasi jeda kelas dengan mudah berdasarkan pengamatan yang dilakukan melalui visualisasi. Hasilnya bahwa pentingnya parameter yang besar berkontribusi atas batas yang telah direkomendasikan (Vesanto dkk., 2000). sehingga dapat diperkirakan kontribusi variabel individu terhadap pembentukan batas lingkaran yang terbesar.

2.2.4. Analisis Pengelompokan (Clustering)

Analisis *clustering* pada SOM merupakan proses memahami dan mengevaluasi hasil clustering yang dihasilkan oleh SOM. SOM merupakan algoritma yang digunakan untuk memetakan data multidimensi ke dalam ruang dua dimensi (biasanya berbentuk *grid*) dengan tujuan untuk mengidentifikasi pola, hubungan, dan pengelompokan data ke dalam kelompok-kelompok atau *cluster-cluster* berdasarkan kesamaan fitur atau pola (Lin & Chen, 2006). Ini memungkinkan data yang serupa dikelompokkan bersama untuk analisis lebih lanjut. Salah satu langkah kunci dalam pengelompokan unit SOM adalah menentukan metrik atau pengukuran kesamaan yang digunakan untuk menilai sejauh mana unit-unit SOM serupa (Vesanto dkk., 2000). Untuk mencapai pengelompokan yang unik dan partisi data yang bermakna, ada dua metode utama pengelompokan data, yaitu pengelompokan aglomeratif hierarkis dan pengelompokan positif menggunakan *k-means*. Dengan pengelompokan aglomeratif ini dapat dibangun pohon pengelompokan (dendrogram). Visualisasi dendrogram dapat digunakan untuk menginterpretasikan struktur data dan menentukan jumlah kelompok dengan mengiris dendrogram ke level tertentu. Pengelompokan dengan *k-means*, dengan menggunakan,

$$E = \sum_{k=1}^C \sum_{x \in Q_k} \|x - c_k\|^2 \dots\dots\dots (2)$$

dimana *C* adalah jumlah dan pusat kelompok adalah *k*. Untuk meminimalisasi pengelompokan terbaik digunakan indeks *clustering Davies-Bouldin* untuk jarak dalam kelompok dan jarak antar kelompok, sehingga menurut indeks validitas Davies-Bouldin pengelompokan terbaik diminimalkan dengan,

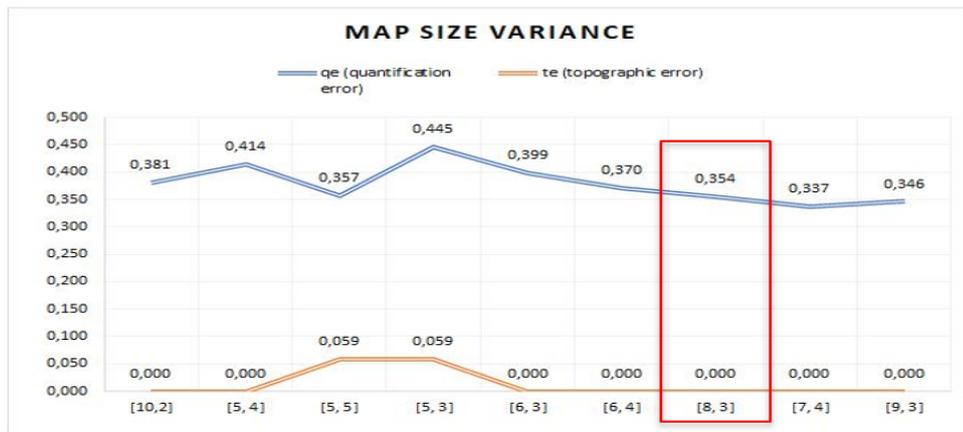
$$\frac{1}{C} \sum_{k=1}^C \max_{l \neq k} \left\{ \frac{S_c(Q_k) + S_c(Q_l)}{d_{ce}(Q_k, Q_l)} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

Indeks Davies-Bouldin berguna untuk mengevaluasi partisi *k-means* karena memberikan nilai rendah yang menunjukkan hasil pengelompokan yang baik. Hasil pengolahan data dengan SOM digunakan untuk klasifikasi, analisis data lebih dalam, atau bahkan dalam sistem rekomendasi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

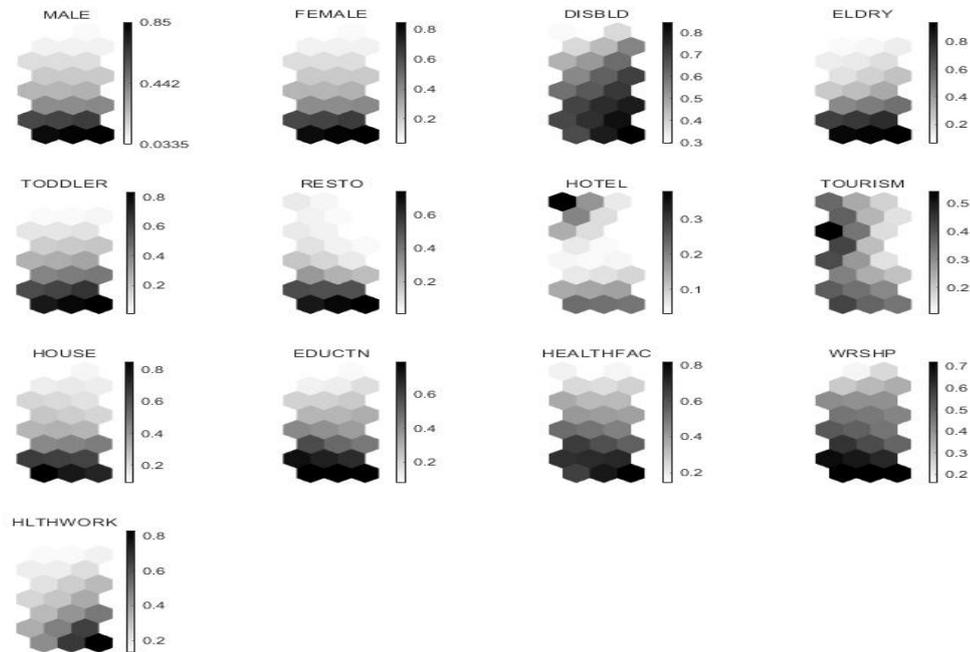
3.1 Penentuan Ukuran Peta Segi Delapan (Hexagonal Map)

Dalam proses SOM *training* dibentuk jaringan saraf tiruan maka yang pertama dilakukan adalah melakukan simulasi untuk menentukan *Quantification error (Qe)* dan *topographic error (Te)* dalam peta segi delapan (*hexagonal map*) dua dimensi dengan struktur pada lingkungan segi delapan (Heksagonal). *Quantification error (Qe)* dan *topographic error (Te)* merupakan dua besaran 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 belum tentu mendapatkan hasil terbaik atau yang di inginkan, hal ini dikarenakan adanya neuron yang redundan atau kurang signifikan juga akan menyebabkan peningkatan secara paralel (Lin dan Chen, 2005). Serangkaian percobaan penentuan *Qe* dan *Te* dilakukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, dimana didapatkan representasi hasil yang cukup baik melalui ukuran peta [8 3] dengan *Qe* 0,354 dan *Te* 0,000.



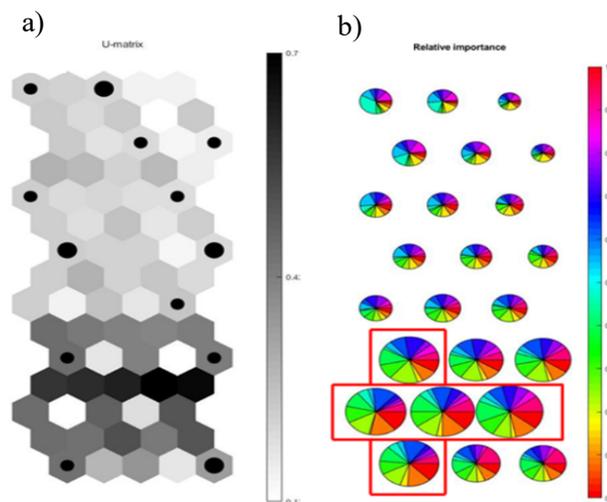
Gambar 2. Seleksi ukuran peta yang efektif.

Setelah pemilihan ukuran peta ditentukan, maka selanjutnya adalah visualisasi dari 13 variabel kerentanan untuk menentukan kontribusinya dalam membangun peta heksagonal, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Visualisasi komponen setiap variabel kerentanan.

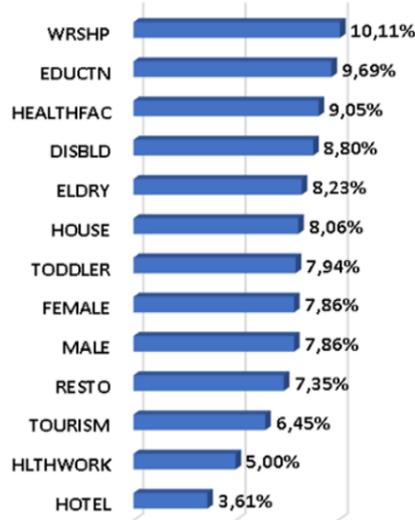
Dari hasil visualisasi 13 variabel tersebut, kemudian dilakukan proses selanjutnya melalui *relative important pie chart* dalam *training* SOM yang akan terbentuk variasi spasial variabel kerentanan. Untuk menunjukkan distribusi hasil yang sebenarnya pada peta maka dilakukan penambahan 'hit' ke *U-Matrix* (Ultsch, 1993). Dengan menggunakan hit, dimungkinkan dapat mendeteksi perbedaan spasial dalam distribusi unit data peta, dan variabel yang mempengaruhi perbedaan dijelaskan dengan jelas seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. 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

Untuk menentukan variabel yang dominan dalam kontribusi kerentanan di area penelitian, maka dilakukan identifikasi terhadap pengaruh variabel individu yang dilakukan berdasarkan kriteria seleksi perbatasan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4b (kotak merah) yang menunjukkan diagram lingkaran untuk tiga belas variabel dalam unit peta

kepentingan relatif setiap variabel dijelaskan oleh ukuran dan warna grafik yang berbeda. SOM selanjutnya akan mensortir menurut kepentingannya untuk perangkingan variabel dominan (Gambar 5) yang mempengaruhi kerentanan pada daerah penelitian.

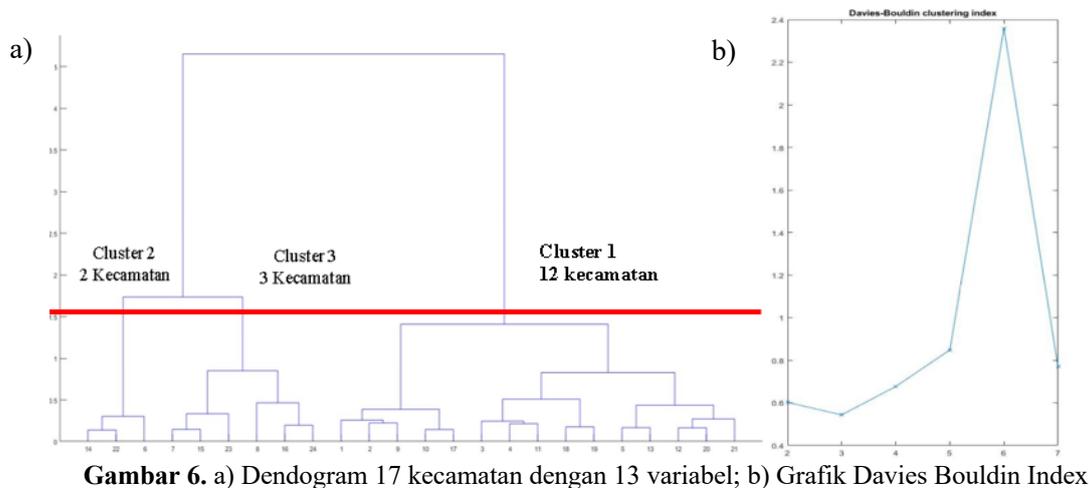


Gambar 5. Perangkingan variabel dominan

Gambar 5 menunjukkan variabel yang paling dominan yang memengaruhi kerentanan sosial, ekonomi dan bangunan dalam wilayah penelitian. Perangkingan 5 besar variable tersebut antara lain jumlah bangunan permanen fasilitas ibadah (WRSHP) 10.11%. Urutan kedua adalah jumlah fasilitas pendidikan (EDUCTN) 9.69%, ketiga fasilitas kesehatan (HEALTHFAC) 9.65%. Sementara itu urutan ke empat adalah disabilitas (DISBLD) 15.24%, dan yang terakhir adalah jumlah lansia (ELDRY) 8.23%.

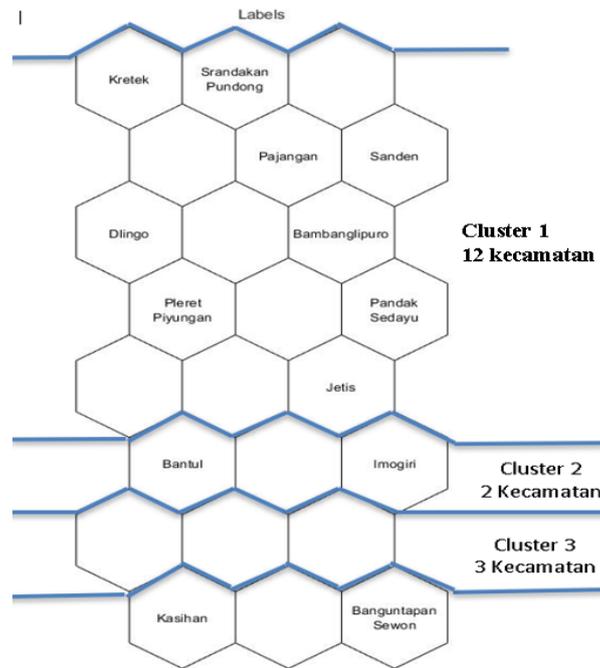
3.2 Pengelompokan Lokasi dan Variabel Dominan

Dalam pengelompokan lokasi maka digunakan metode dendrogram dan Davies Bouldin Index untuk melakukan klasifikasi sampel sedemikian rupa sehingga unit yang serupa dengan nilai terdekat variabel/komponen akan diatur sebagai tetangga seperti Gambar 6.

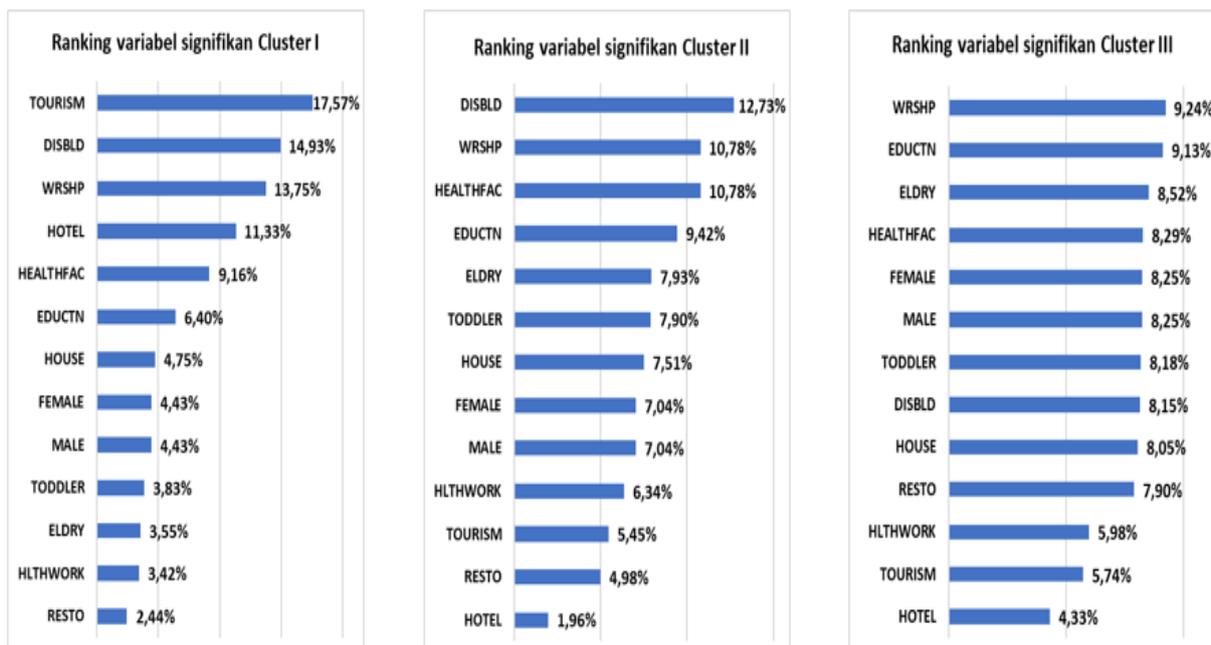


Gambar 6. a) Dendrogram 17 kecamatan dengan 13 variabel; b) Grafik Davies Bouldin Index

Dari peta dendogram dan grafik Davies Boudin kemudian dilakukan plot cluster pada peta heksagonal dalam jumlah cluster untuk mendistribusi label yang merupakan nama kecamatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



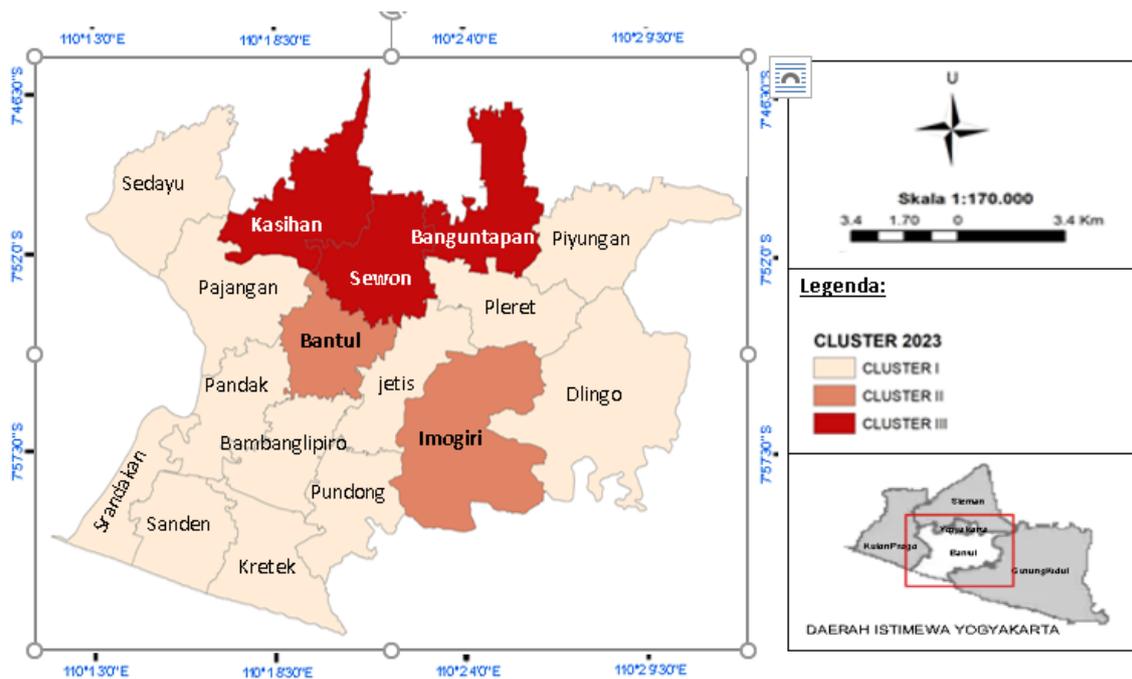
Gambar 7. Peta heksagonal klasifikasi *cluster* 17 kecamatan dengan 13 variabel terpilih



Gambar 8. Perangkingan variabel signifikan pada masing-masing *cluster*

Tabel 2 Perangkingan 5 Besar Variabel Dominan Masing-Masing *Cluster*

Kategori Cluster	Kecamatan	Ranking 5 besar variabel yang berpengaruh
Cluster I	1) Kretek	1) TOURISM (pariwisata) 17,57% 2) DISBLD (disabilitas) 14,93% 3) WRSHF (fasilitas ibadah) 13,75% 4) HOTEL (usaha perhotelan) 11,33% 5) HEALTHFAC (fasilitas kesehatan) 9,16%
	2) Srandakan	
	3) Pundong	
	4) Pajangan	
	5) Sanden	
	6) Dlingo	
Cluster II	1) Bantul	1) DISBLD (disabilitas) 12,73% 2) WRSHF (fasilitas ibadah) 10,78% 3) HEALTHFAC (fasilitas kesehatan) 10,78% 4) EDUCTN (fasilitas pendidikan) 9,42% 5) ELDRY (lansia) 7,93%
	2) Imogiri	
Cluster III	1) Kasihan	1) WRSHF (fasilitas ibadah) 9,24% 2) EDUCTN (fasilitas pendidikan) 9,13% 3) ELDRY (lansia) 8,52% 4) HEALTHFAC (fasilitas kesehatan) 8,29% 5) FEMALE (perempuan) 8,25%
	2) Banguntapan	
	3) Sewon	



Gambar 9. Pemetaan *Cluster* I, II, dan III di Kabupaten Bantul

Gambar 8 dan Tabel 2 menunjukkan persentase kontribusi variabel pada masing-masing *cluster*. Berdasarkan hasil analisis menggunakan SOM maka didapatkan bahwa tingkat kerentanan sosial, ekonomi dan kepadatan bangunan di Kabupaten Bantul terbagi dalam 3 *clusters*. Berdasarkan Gambar 7 dan Gambar 4a, maka tingkat kerentanan tertinggi berada pada peta hexagonal map U-matrix dengan gradasi warna lebih gelap yaitu *cluster* 2 meliputi Kecamatan Bantul dan Kecamatan Imogiri dengan variabel dominan tertinggi adalah disabilitas (DISBLD) sebesar 12.73% dan *cluster* 3 yaitu Kecamatan Kasihan, Banguntapan, dan Sewon dengan variabel dominan tertinggi adalah fasilitas rumah ibadah (WRSHF) sebesar 9.24%. Kerentanan terendah berada di *cluster* 1 yang berada di gradasi warna lebih terang pada U-matrix, meliputi Kecamatan Kretek, Srandakan, Pundong, Pajangan, Sanden, Dlingo, Bambanglipuro, Pleret, Piyungan, Pandak, Sedayu dan Jetis, dengan variabel dominan tertinggi adalah pariwisata (TOURISM) sebesar 17,57%. Selanjutnya hasil dari SOM akan di *overlay* menggunakan *Geospasial Information System (GIS)* dengan plot *clustering* ke dalam peta

administrasi Kabupaten Bantul untuk memvisualisasikan kondisi kerentanan di masing-masing wilayah penelitian (Gambar 9).

IV. KESIMPULAN

SOM dengan jelas membedakan kumpulan data yang dihasilkan dari kesamaan dan ketidaksamaan masing-masing variabel, menyediakan pengelompokan (*clustering*) yang unik dan partisi data yang masuk akal, mampu memperjelas kontribusi variabel terhadap kerentanan. Berdasarkan hasil analisis SOM pada kerentanan sosial, ekonomi dan kepadatan bangunan di Kabupaten Bantul terbagi menjadi 3 *cluster* lengkap dengan masing-masing nilai persentase variabel dominannya. Pendekatan ini bermanfaat bagi pengambil kebijakan dan pemangku kepentingan sebagai pengambil keputusan dalam merencanakan dan menyiapkan prioritas dalam perspektif waktu dan sumber daya terkait bahaya dan keadaan darurat. Dalam konteks bencana, dapat membantu memastikan rencana dan anggaran pembangunan, membantu menentukan tempat mana yang memerlukan perhatian khusus dan tindakan segera, serta selama pemulihan jangka panjang pasca bencana, mengingat sensitivitas populasi. Secara konteks yang lebih luas, maka hal ini dapat bermanfaat dalam identifikasi lokasi komunitas yang paling membutuhkan layanan sosial.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh dana hibah dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM), Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta melalui “Hibah Penelitian Dosen Pemula UPN Veteran Yogyakarta Tahun 2023”.

DAFTAR PUSTAKA

- BMKG Earthquake Catalog: http://repogempa.bmkg.go.id/repo_new/ 2021
- Carreira-Perpinan, M.A. 2001. Continuous Latent Variable Models for Dimensionality Reduction and Sequential Data Reconstruction, (Ph.D. thesis), University of Sheffield, Sheffield, UK.
- Davidson, R. 1997. AN Urban Earthquake Disaster Risk Index. Department of Civil and Environmental Engineering Stanford University
- Kiviluoto, K. 1996. Topology preservation in Self-Organizing Map. International Conference on Neural Networks, 294-299.
- Ki, S.J., J.H. Kang, S.W. Lee, Y.S. Lee, K.H. Cho, K.G. An, and J.H. Kim. 2011. Advancing Assessment and Design of Stormwater Monitoring Programs Using A Self-Organizing Map: Characterization of Trace Metal Concentration Profiles in Stormwater Runoff. *Water Research*, 45, 4183-4197
- Kohonen, T. 1982. Self-Organized Formation of Topologically Correct Feature Maps. *Biological Cybernetics*, 43(1), 59-69
- Lin, G.F. and L.H. Chen. 2006. Identification of Homogeneous Regions for Regional Frequency Analysis Using the Self-Organizing Map. *Journal of Hydrology*, 324, 1-9
- Maharani, Y.N., Nugroho A.R.B., Adiba, D.F., dan Sulistyowati, I. 2020. Pengaruh Kerentanan Sosial Terhadap Ketangguhan Masyarakat dalam Menghadapi Bencana Erupsi Gunung Merapi di Kabupaten Sleman. *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*, Vol. 11, No. 1
- Nugroho, S.P. Pusat Data dan Informasi BNPB. 2013. Dampak Bencana Terhadap Ekonomi Indonesia.
- Pusgen. 2017. Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, ISBN978- 602-5489-01-3
- Ultsch, A. 1993. Self-Organizing Neural Networks for Visualization and Classification, (Opitz, O., Lausen, B., and Klar, R., Eds.). *Information and classification*, 307-313, Springer-Verlag, Berlin
- Vesanto, J. and E. Alhoniemi. 2000. Clustering of the Self-Organizing Map. *IEEE Transaction on Neural Networks*, 11(3), 586-600
- World Bank. 2012. The Sendai Report: Managing Disaster Risks for a Resilient Future