

Skenario matriks perbandingan berpasangan dalam analisis risiko aliran piroklastik Gunung Api Semeru, Jawa Timur

Matrices scenario of pairwise comparison in risk analysis of pyroclastic flows of Semeru Volcano, East Java

Novie N. Afatia¹, Albertus Deliar², dan Riantini Virtriana²

¹Badan Geologi, Jln. Diponegoro 57 Bandung

²Kelompok Keilmuan Penginderaan Jauh dan Sains Informasi Geografis-Fakultas Ilmu Teknologi Kebumihan-Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesa No 10 Bandung, 40132

ABSTRAK

Penduduk Indonesia yang bermukim di lingkungan gunung api disebabkan kawasan gunung api merupakan daerah subur untuk pertanian dan berpotensi bahan galian/tambang. Salah satunya adalah Gunung Semeru yang merupakan gunungapi tertinggi (3.676 m dpl.) di Pulau Jawa. Mahameru merupakan puncak tertinggi Gunung Semeru, dengan kawahnya yang disebut Jonggring Seloko yang terbuka ke arah tenggara. Pada saat terjadi erupsi salah satu produk yang dominannya adalah aliran piroklastik. Ancaman bahaya aliran piroklastik di gunung api berpotensi menimbulkan bencana berupa korban jiwa dan kerugian harta benda. Kerugian akibat bencana tersebut perlu dilakukan analisis risiko aliran piroklastik. Analisis ini dilakukan dengan melakukan pembobotan pada masing-masing kriterianya dengan menggunakan metode perbandingan berpasangan dalam konteks *Analytic Hierarchy Process*. Analisis risiko ini memberikan beberapa macam alternatif skenario pada matriks perbandingan berpasangannya. Matriks perbandingan berpasangan digunakan untuk membandingkan antara berbagai kriteria yang akan diberi bobot, untuk menunjukkan seberapa penting satu kriteria terhadap kriteria yang lain. Pembobotan pada subkriteria dari masing-masing kriteria dengan menggunakan ranking, yaitu metoda *Rank Sum*. Kriteria yang dibandingkan adalah bahaya, kerentanan, dan kapasitas. Subkriteria dibagi menjadi indikator dan klasifikasi. Indikator dari kriteria bahaya berupa aliran piroklastik, indikator dari kriteria kerentanan berupa tataguna lahan, dan indikator dari kriteria kapasitas berupa alat pemantauan, akses jalan serta lembaga kebencanaan. Hasil penelitian ini adalah adanya beberapa alternatif pilihan yang akan dihasilkan dari lima skenario yang telah disusun. Semua desa memiliki daerah yang mempunyai nilai risiko paling tinggi, kecuali Desa Sidomulyo dan Desa Taman Ayu. Desa Oro Oro Ombo memiliki daerah yang paling luas dengan nilai risiko tertinggi, yaitu sebesar 187.993,7756 m².

Kata kunci: analisis risiko, ranking, perbandingan berpasangan, aliran piroklastik, bencana, Gunung Semeru

ABSTRACT

The Indonesia's population prefer to live in volcanic areas because of their fertile soil which is good for agriculture and it is potential in mineral deposits/mining. One of them is Mt. Semeru (3.676 m asl), the highest volcano in Java Island. Mahameru is the highest peak of Mt. Semeru, its crater is called Jonggring Seloko which open southeastward. Pyroclastic flow is the dominant product erupted during eruption. Pyroclastic flows are potential threat to cause loss of life and property. Due to loss of life and property a risk analysis of pyroclastic flows is required. This analysis is carried out by weighing on each criterion using pairwise comparison method in the context of Analytic Hierarchy Process. This risk analysis provides several kinds of alternative scenarios on its pairwise matrix comparison. Pairwise comparison matrix is used to compare between various criteria which will be weighed, to show how important a criterion to others. Weighing on subcriteria of each criterion by using ranking, namely Rank Sum method. The compared criteria are hazards, vulnerabilities and capacities. Subcriteria is divided into indicator and classification. Indicator of hazard criteria is pyroclastic flow, indicator of vulnerability criteria is land use, and indicator of capacity criteria is in the form of monitoring instruments, access roads and disaster management agencies. The results of this study that there are several options that would be resulted from five scenarios that had been prepared. All villages have the highest risk value areas, except Sidomulyo and Taman Ayu villages. Oro-oro Ombo has the most extensive area with the highest risk namely 187,993.7756 m².

Keywords: risk analysis, ranking, pairwise comparison, pyroclastic flows, disaster, Mount Semeru

PENDAHULUAN

Penduduk Indonesia yang bermukim di lingkungan gunung api disebabkan oleh karena kawasan gunung api merupakan daerah subur untuk pertanian dan juga kaya akan bahan galian/tambang. Salah satunya adalah Gunung Semeru yang merupakan gunung api tertinggi (3.676 m dpl.) di Pulau Jawa. Mahameru merupakan puncak tertinggi Gunung Semeru, dengan kawahnya yang disebut Jonggring Seloko yang terbuka ke arah tenggara. Pada saat terjadi erupsi salah satu produk yang dominannya adalah aliran piroklastik. Ancaman bahaya aliran piroklastik di gunung api berpotensi menimbulkan bencana berupa korban jiwa dan kerugian harta benda. Kerugian akibat bencana tersebut perlu dilakukan

analisis risiko aliran piroklastik. Analisis ini dilakukan dengan melakukan pembobotan pada masing-masing kriterianya dengan menggunakan metode perbandingan berpasangan dalam konteks *Analytic Hierarchy Process* (Saaty, 2008).

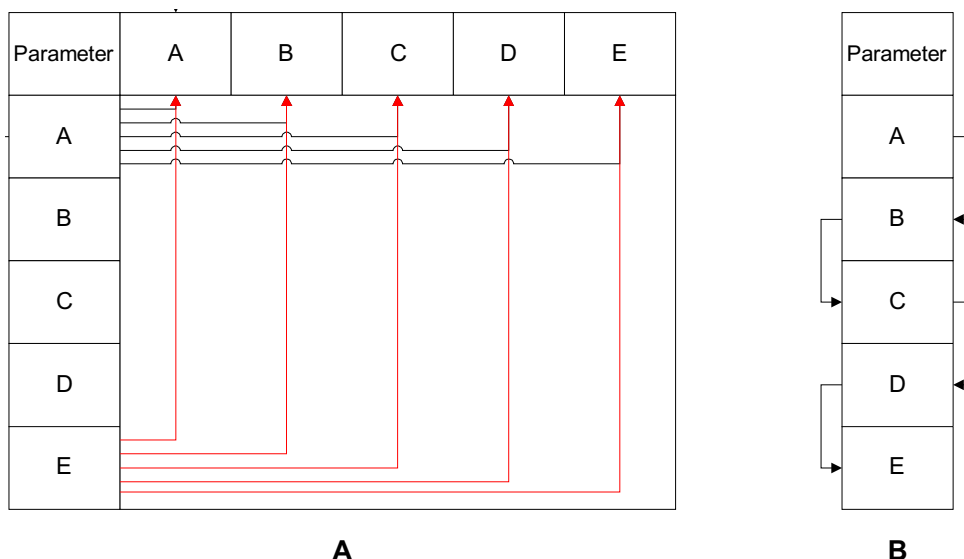
Analisis risiko pernah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya dengan menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (Suganda, 2000, Aisyah, 2010, dan Firmansyah, 2011). Metode tersebut memiliki ketergantungan terhadap *input* utamanya, yaitu persepsi seorang ahli. Dengan demikian metoda tersebut menjadi tidak konsisten. Disamping itu, metode ini juga memiliki kelemahan pada matriks perbandingan berpasangannya (*pairwise comparison*), dimana

semakin banyak parameter yang dibandingkan dalam suatu kriteria maka semakin besar matriks yang terbentuk, karena untuk membuat matriks dengan n kriteria maka matriks yg terbentuk berupa matriks $n \times n$. Selain itu, setiap parameter yang ada harus dibandingkan dengan semua parameter yang lainnya (Gambar 1A.). Dengan semakin besar matriks yang terbentuk maka kemungkinan ketidak konsistenan matriksnya semakin besar karena akan membandingkan tingkat kepentingan parameter yang lebih banyak. Dan semakin banyak kriteria yang digunakan semakin banyak pula matriks perbandingan berpasangan yang harus dibuat.

Metoda ranking adalah metode yang praktis penggunaanya, dapat digunakan untuk menghitung nilai bobot masing-masing in-

dikator terutama yang sudah memiliki nilai kepentingan yang tetap seperti baik, sedang, dan buruk serta tinggi, sedang, dan rendah. Selain itu metode ranking lebih sederhana, hanya dua parameter yang harus dipertimbangkan dalam satu kali perbandingan, sehingga dapat mengurangi ketidakkonsistenan penilaian perbandingan kepentingan (Gambar 1B), seperti tinggi hanya dibandingkan dengan sedang dan sedang dibandingkan dengan rendah.

Berdasarkan pada hal-hal yang telah diuraikan di atas, maka pada penelitian ini digunakan gabungan antara metode ranking dan metode perbandingan berpasangan untuk mengatasi kelemahan pada matriks perbandingan berpasangan yang ada di metoda AHP.



Gambar 1. Perbandingan parameter pada metode *pairwise comparison* yang membandingkan satu parameter terhadap parameter yang lain (A) dan perbandingan antar indikator pada metode ranking (B).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan analisis risiko bencana aliran piroklastik Gunung Semeru dengan menggunakan metode pembobotan kriteria, yaitu menggunakan metode ranking dan metode perbandingan berpasangan. Dengan gabungan dua metode ini, diharapkan metode perbandingan berpasangan dapat memberikan variasi dan juga batasan bagi pemberian nilai bobot pada masing-masing kriteria. Manfaat penelitian ini adalah membuat peta nilai risiko aliran piroklastik Gunung Semeru dengan berbagai alternatif skenario penilaian sehingga hasil dari analisis ini dapat menjadi bahan pertimbangan para pembuat keputusan dalam melakukan pemilihan daerah risiko Gunung Semeru.

Daerah penelitian adalah Kecamatan Pronojiwo, Kabupaten Lumajang, Provinsi Jawa Timur. Alasan diambilnya daerah ini sebagai daerah penelitian, adalah dikarenakan daerah bahaya aliran piroklastik yang dominan berada pada daerah Kecamatan Pronojiwo (Gambar 2)

METODOLOGI

Metodologi penelitian secara garis besar (Gambar 3) adalah:

1. Penentuan komponen yang digunakan dalam analisis risiko yang ditentukan dari data masukan yang telah diubah dari data kualitatif maupun garis ke dalam data poligon.
2. Penilaian bobot terhadap subkriteria menggunakan metode ranking.
3. Penyusunan skenario matriks perbandingan berpasangan pada masing-masing kriteria berdasarkan perbandingan berpasangan dengan mengacu pada ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan.
4. Pembuatan peta alternatif nilai risiko aliran piroklastik Gunung Semeru dengan berbagai macam alternatif skenario.

Dilakukan juga uji sampel pengisian kuisisioner kepada para peneliti risiko bencana gu-



Gambar 2. Peta Gunung Semeru (kiri), dan daerah penelitian Kecamatan Pronojiwo, Kabupaten Lumajang (kanan).

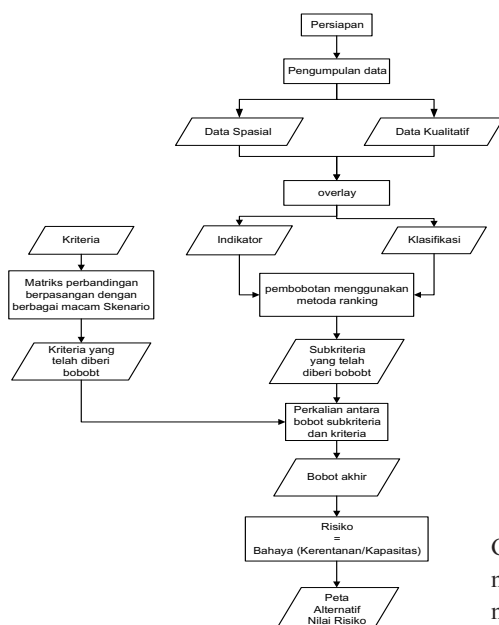
nung api, tujuannya adalah sebagai verifikasi dari skenario yang telah dibuat (Tabel 2), di luar dari metode analisis risiko yang telah diutarakan diatas (Gambar 3)

ALIRAN PIROKLASTIK

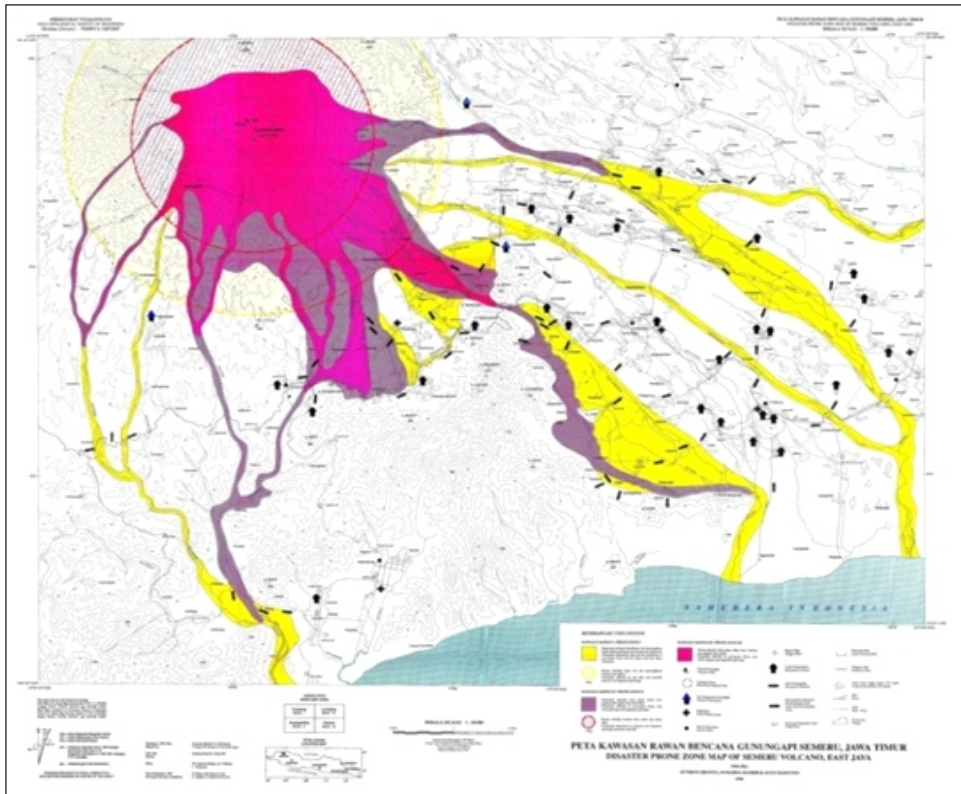
Aliran piroklastik adalah aliran campuran material dari batuan vulkanik lepas berasal dari erupsi gunung api yang mengalir mengikuti bentuk morfologi, dengan pola sebaran aliran piroklastik hampir sepenuhnya dikontrol oleh topografi, dan pergerakan alirannya akan berhenti pada daerah yang relatif datar hingga datar (daerah kaki gunung) (Blong, 1984). Aliran piroklastik mempunyai sifat bahaya yang dapat menghancurkan atau merusak segala sesuatu yang berada pada jalur alirannya karena kecepatan Bergeraknya lebih dari 100 km/jam dengan temperatur lebih dari 500° C (Blong, 1984). Dikarenakan sifatnya yang berupa aliran maka dipengaruhi oleh

topografi yang merupakan jalur yang dilalui oleh massa dan energi kinetik dari massa yang mengalir. Berdasarkan morfologi puncak dan sekitarnya pada saat ini, distribusi awan panas pada waktu yang akan datang mungkin melalui bukaan kawah yang mengarah ke selatan tenggara (Solikhin, *et al.*, 2011).

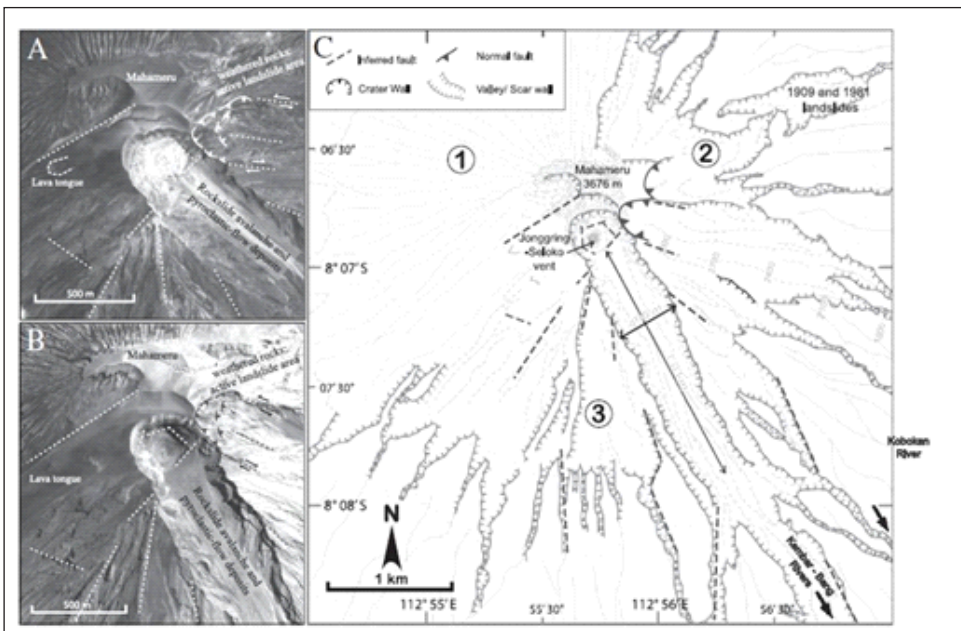
Peta Kawasan Rawan Bencana Gunung (KRB) Semeru terbitan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi tahun 1996, digunakan untuk menentukan daerah bahaya aliran piroklastik. Dalam peta Kawasan Rawan Bencana Gunung Api Semeru, aliran piroklastik termasuk kedalam kawasan rawan III (Gambar 4). Pada peta KRB ini aliran piroklastik digambarkan bersama dengan bahaya erupsi aliran lainnya, seperti lava dan guguran batu (pijar). Maka untuk mengekstrak daerah bahaya aliran piroklastik dibutuhkan peta kontur dan data puncak terkini (Gambar 5) serta sejarah erupsi yang berupa



Gambar 3. Bagan alir penelitian, mulai dari persiapan sampai dengan menghasilkan peta nilai risiko.



Gambar 4. Peta Kawasan Rawan Bencana Gunung Semeru, Jawa Tengah (PVMBG, 1996).



Gambar 5. Kondisi dan morfologi puncak serta kawah Gunung Semeru (Solikhin *et al.*, 2011).

aliran piroklastik. Peta daerah bahaya aliran piroklastik ini dibatasi oleh batas daerah administrasi, yaitu Kecamatan Pronojiwo sehingga luas daerah bahaya aliran piroklastik yang diekstrak seluas Kecamatan Pronojiwo.

ANALISIS RISIKO

Pada saat terjadi erupsi Gunung Semeru, aliran piroklastik mengalir ke lembah-lembah yang lebih rendah dengan kecepatan yang sangat tinggi dan arah alirannya sesuai dengan bukaan kawah dan lembah-lembah di Gunung Semeru. Ancaman bahaya aliran piroklastik di gunung api berpotensi menimbulkan bencana berupa korban jiwa dan kerugian harta benda, maka guna menganalisis kerugian akibat bencana tersebut perlu dilakukan analisis risiko aliran piroklastik.

Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Sedangkan risiko bencana adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dalam kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta dan gangguan kegiatan masyarakat (Undang-Undang no. 24, 2007). Formula umum yang digunakan dalam analisis risiko berdasarkan United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR) adalah:

$$\text{Risiko} = \text{Bahaya} \times \text{Kerentanan} \quad (1.1)$$

Tetapi selain elemen bahaya dan kerentanan, terdapat elemen yang berperan dalam mengurangi kerentanan terhadap bahaya yang ditimbulkan yaitu elemen kapasitas yang merupakan sisi positif dari kerentanan tersebut, sehingga persamaannya berubah menjadi (BNPB, 2012):

$$\text{Risiko} \approx \text{Bahaya} \times \left| \frac{\text{Kerentanan}}{\text{Kapasitas}} \right| \quad (1.2)$$

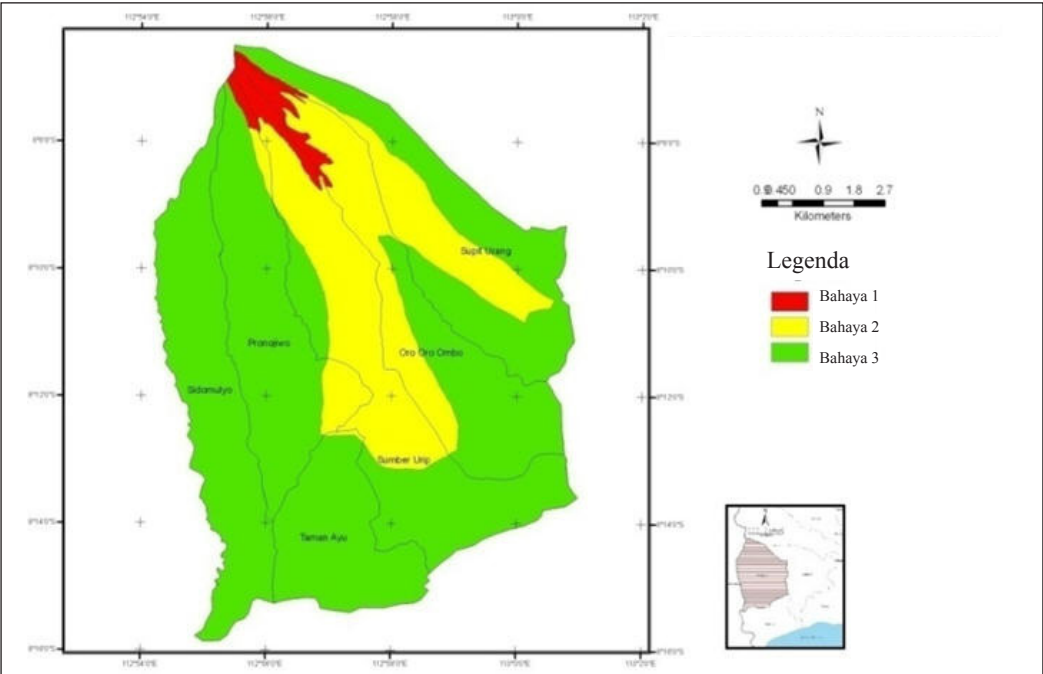
Kriteria untuk menentukan risiko bencana gunung api didasarkan pada:

- a. Kriteria bahaya adalah suatu fenomena alam dan atau bentuk aktivitas manusia yang dapat menimbulkan potensi bencana. Dalam penelitian ini, yang menjadi kriteria bahaya adalah bahaya aliran piroklastik. Kawasan bahaya aliran piroklastik, yaitu kawasan yang pernah terlanda atau diidentifikasi berpotensi terancam bahaya baik secara langsung maupun tidak langsung. Pada penelitian ini, yang menjadi kriteria bahaya adalah aliran piroklastik. Berdasarkan morfologi puncak dan sekitarnya pada saat ini, distribusi awan panas pada waktu akan datang mungkin melalui bukaan kawah yang mengarah ke selatan tenggara. Dengan asumsi bahwa potensi bahaya yang mungkin terjadi di daerah penelitian memberikan kontribusi terhadap adanya elemen bahaya yang telah tergambar dalam Peta Rawan Bencana, maka dengan *overlay* antara peta KRB dengan peta kontur dan dibatasi oleh batas administrasi (peta batas administrasi), akan

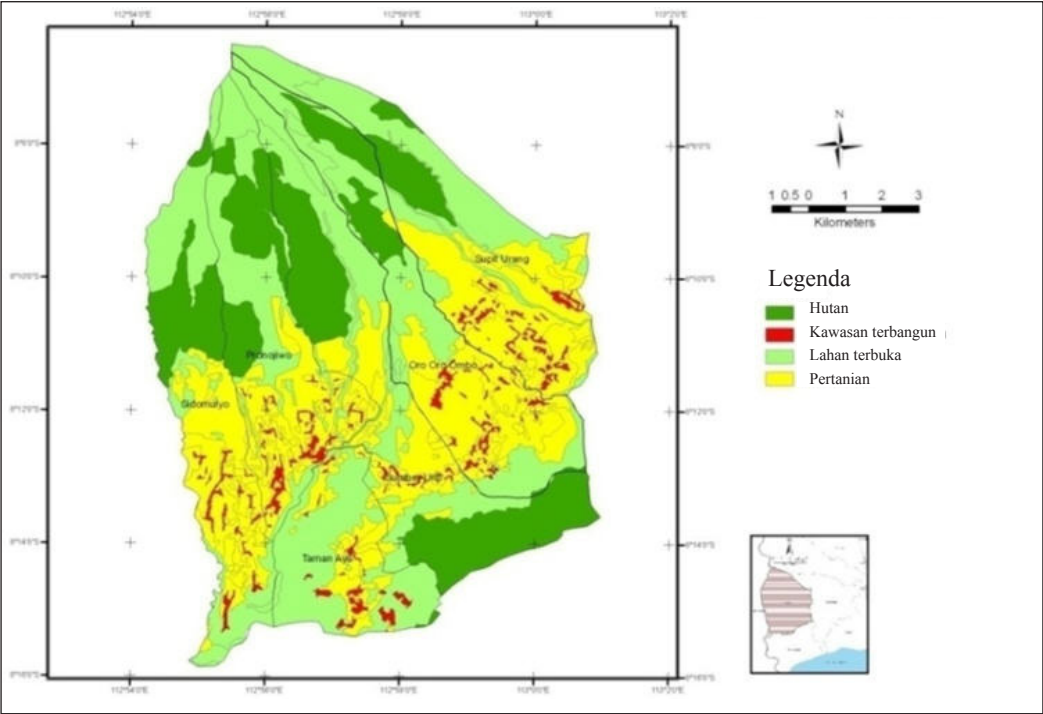
didapat indikator untuk kriteria bahaya, yaitu bahaya aliran piroklastik. Untuk bahaya aliran piroklastik memiliki klasifikasi, yaitu daerah yang sering terlanda (bahaya 1), perluasan landaan (bahaya 2), dan tidak terlanda (bahaya 3) (Gambar 6).

- b. Kriteria Kerentanan adalah kondisi atau karakteristik biologis, geografis, sosial, ekonomi, politik, budaya, dan teknologi suatu masyarakat di suatu wilayah untuk jangka waktu tertentu yang mengukur kemampuan masyarakat tersebut untuk mencegah, meredam, mencapai kesiapan dan menanggapi bahaya tertentu. Pada penelitian ini yang menjadi kriteria kerentanan adalah tata guna lahan Kecamatan Pronojiwo, Kabupaten Lumajang. Pada penelitian ini yang menjadi sub kriteria dari kriteria kerentanan adalah tata guna lahan Kecamatan Pronojiwo, Kabupaten Lumajang. Kriteria ini didapat dari hasil ekstraksi dari peta rupa bumi Skala 1:25.000 (Bakosurtanal, 2000) dan dibatasi oleh batas administrasi (peta batas administrasi), yang menghasilkan indikator dari kriteria kerentanan yaitu tata guna lahan beserta dengan klasifikasinya. Klasifikasi untuk tata guna lahan adalah kawasan terbangun, pertanian, hutan dan lahan terbuka (Gambar 7).
- c. Kriteria Kapasitas adalah perpaduan kekuatan, karakter, dan sumber daya yang tersedia di masyarakat, komunitas atau organisasi yang dapat digunakan untuk mencapai tujuan. Pada penelitian ini

yang menjadi sub kriteria dari kriteria kapasitas adalah alat pemantauan bahaya, akses jalan, dan lembaga kebencanaan. Alat pemantauan digunakan untuk mengetahui keadaan aktivitas gunung api, yang terdapat di pos pengamatan berupa Seismometer dan Tiltmeter. Lembaga kebencanaan berguna untuk mengetahui ada atau tidaknya lembaga yang mengkoordinir dan membantu proses evakuasi sebelum dan ketika terjadinya bencana, lembaga yang ada adalah Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), Taruna Siaga Bencana (TAGANA), dan Search and Rescue (SAR). Akses jalan termasuk kedalam kapasitas berdasarkan potensi jalan sebagai sarana aksesibilitas sebelum dan ketika terjadinya letusan. Kriteria ini didapat dari hasil *overlay* antara peta batas administrasi dengan data alat pemantauan, dengan data akses jalan, serta dengan data lembaga kebencanaan, akan didapat indikator dari kriteria kapasitas berupa alat pemantauan, akses jalan, dan lembaga kebencanaan beserta klasifikasinya masing-masing. Klasifikasi dari alat pemantauan dan lembaga kebencanaan adalah baik, sedang, dan buruk. Klasifikasi dari akses jalan adalah aspal, batu, aspal berlubang, batu bergelombang, dan jalan setapak. Masing-masing klasifikasi dimasukkan ke dalam atribut peta administrasi, sehingga menjadi suatu peta tematik dengan atribut alat pemantauan bahaya, akses jalan, dan lembaga kebencanaan.



Gambar 6. Peta daerah bahaya aliran piroklastik Gunung Semeru yang dibagi menjadi tiga daerah bahaya, yaitu Bahaya 1 (yang sering terlanda), Bahaya 2 (perluasan landaan), dan Bahaya 3 (tidak terlanda).



Gambar 7. Tata guna lahan Kecamatan Pronojiwo yang terdiri dari hutan, kawasan terbangun, lahan terbuka dan pertanian.

METODE PEMBOBOTAN

Analisis risiko bencana aliran piroklastik Gunung Semeru ini menggunakan metode ranking untuk pembobotan sub kriterianya dan menggunakan metode perbandingan berpasangan untuk pembobotan kriterianya. Pembobotan pada sub kriteria dari setiap kriteria dengan menggunakan metode ranking, yang digunakan adalah metoda *Rank Sum* (Stillwell et al., 1981 dalam Malczewski, 1999). Perhitungannya menggunakan rumus:

$$w_j = \frac{n - r_j + 1}{\sum(n - r_k + 1)} \quad (1.3)$$

Dimana:

w_j = bobot kriteria ke j yang telah dinormalisasi

n = jumlah kriteria yang terlibat ($k = 1, 2, 3, \dots, n$)

r_j = posisi ranking kriteria

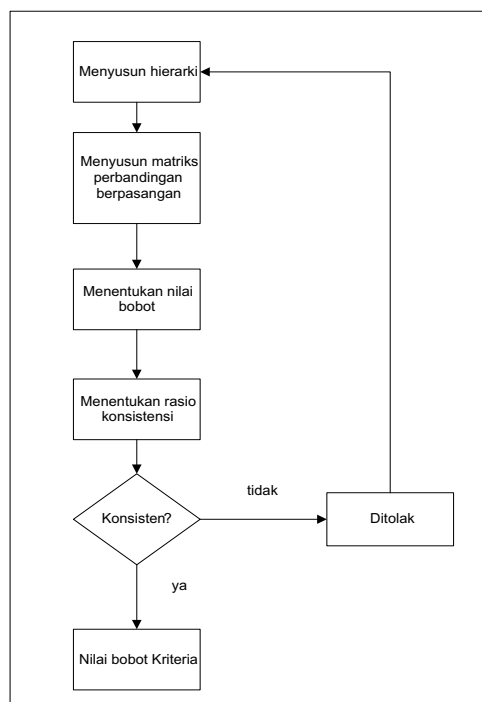
Pada metode ini, setiap indikator dan klasifikasi diberikan ranking sesuai dengan tingkat kepentingannya, kemudian nilai masing-masing bobotnya akan dikalikan untuk mendapatkan bobot subkriteria untuk masing-masing kriteria. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Bobot Masing-Masing Indikator dan Klasifikasi Menggunakan Metode Ranking

Sub kriteria						
Indikator			Klasifikasi			
Jenis	Ranking	Bobot	Jenis	Keterangan	Ranking	Bobot
Bahaya Aliran Piroklastik (AT1)	1	1,0000	Sering terlanda		1	0,5000
			Perluasan landaan		2	0,3333
			Tidak terlanda		3	0,1667
Tataguna lahan (AT2)	1	1,0000	Kawasan Terbangun		1	0,4000
			Pertanian		2	0,3000
			Hutan		3	0,2000
			Lahan terbuka		4	0,1000
Alat pemantauan bahaya (AT3)	1	0,5000	Baik	Ada seismo dan tilt	1	0,5000
			Sedang	Ada seismo saja	2	0,3333
			Buruk	Tidak ada alat	3	0,1667
Akses jalan (AT4)	2	0,3333	Aspal		1	0,3333
			Batu		2	0,2667
			Aspal berlubang		3	0,2000
			Batu bergelombang		4	0,1333
			Jalan setapak		5	0,0667
Lembaga kebencanaan (AT5)	3	0,1667	Baik	BPBD, TAGANA, SAR	1	0,5000
			Sedang	Ada 2 dari 3 lembaga	2	0,3333
			Buruk	Hanya satu atau tidak ada	3	0,1667

Untuk pembobotan pada masing-masing kriteria dilakukan dengan menggunakan metode perbandingan berpasangan dalam konteks *Analytic Hierarchy Process* (Saaty, 2008). Analisis risiko ini memberikan beberapa macam alternatif skenario pada matriks perbandingan berpasangannya. Matriks perbandingan berpasangan digunakan untuk membandingkan antara berbagai kriteria yang akan diberi bobot, untuk menunjukkan seberapa penting satu kriteria terhadap kriteria yang lain. Prosedur untuk membuat keputusan dengan menggunakan metode pembobotan kriteria dengan perbandingan berpasangan (Gambar 8), yaitu:

1. Menyusun hierarki,
2. Membangun perbandingan berpasangan antar kriteria,
3. Perhitungan bobot kriteria,



Gambar 8. Bagan alir proses pembobotan dengan metode perbandingan berpasangan.

4. Perkiraan rasio konsistensi.

Adanya skenario-skenario dimaksudkan untuk memberikan penilaian dari sudut pandang yang berbeda-beda sesuai dengan kepentingan pengambil keputusan. Yang dibandingkan adalah kriteria bahaya, kerentanan, dan kapasitas dengan menggunakan beberapa alternatif skenario (Tabel 2).

HASIL PENELITIAN

Dilakukan 15 kali percobaan dengan lima macam skenario. Sebagai contoh perbandingan berpasangan pada kriteria analisis risiko adalah Skenario 1, dengan tingkat kepentingan antara bahaya, kerentanan, dan kapasitas sama maka ranking dan nilai bobot masing-masing kriteria juga akan sama (Tabel 3). Dari perhitungan menggunakan metoda pembobotan perbandingan berpasangan dengan menggunakan data pada tabel 3, maka didapat bobot masing-masing kriteria adalah sama, yaitu 0,3333 dengan nilai rata-rata dari vektor konsistensi (λ) = 3,0000, indeks konsistensi (CI) = 0,0000, dan rasio konsistensi (CR) = 0,0000. Maka, matriks perbandingan berpasangan dianggap konsisten.

Apabila dengan menggunakan Skenario 4, dengan tingkatan nilai kepentingannya adalah Bahaya, kemudian Kerentanan, dan terakhir Kapasitas, yang digunakan adalah tingkat kepentingan kriteria bahaya paling penting, kemudian kerentanan dan kriteria kapasitas yang paling tidak penting (Tabel 4). Dari perhitungan menurut tabel 4, maka didapat nilai rata-rata dari vektor konsistensi (λ) = 3,1200, indeks konsistensi (CI) = 0,0600, dan rasio konsistensi (CR) = 0,1035. Maka, matriks

Tabel 2. Skenario Urutan Kepentingan pada Matriks Perbandingan Berpasangan antara Kriteria Bahaya, Kerentanan dan Kapasitas beserta Kemungkinan Skenarionya

	Urutan Kepentingan Kriteria	Kemungkinan
Skenario 1	1. Bahaya = Kerentanan = Kapasitas	Tingkat kepentingan sama
Skenario 2	1. Bahaya = Kerentanan 2. Kapasitas	1. Bahaya dan kapasitas paling penting 2. Bahaya, kerentanan lebih penting dari kapasitas
Skenario 3	1. Bahaya 2. Kerentanan = Kapasitas	1. Bahaya paling penting 2. Bahaya lebih penting
Skenario 4	1. Bahaya 2. Kerentanan 3. Kapasitas	1. Kapasitas paling tidak penting 2. Bahaya, kerentanan, kapasitas
Skenario 5	1. Kerentanan 2. Bahaya 3. Kapasitas	1. Kapasitas paling tidak penting 2. Kerentanan, bahaya, kapasitas

Tabel 3. Matriks Berpasangan serta Nilai Bobot Kriteria, dimana Kriteria Bahaya Kerentanan dan Kapasitas Mempunyai Tingkat Kepentingan Yang Sama

Kriteria	Bahaya	Kerentanan	Kapasitas	Bobot
Bahaya	1/1	1/1	1/1	0,3333
Kerentanan	1/1	1/1	1/1	0,3333
Kapasitas	1/1	1/1	1/1	0,3333

Tabel 4. Matriks Berpasangan serta Nilai Bobot Kriteria, dimana Tingkat Kepentingan Kriteria Bahaya Paling Penting, kemudian Kerentanan dengan Nilai Lima Kali Lebih Penting dari Kapasitas dan Kriteria Kapasitas yang Paling Tidak Penting

Kriteria	Bahaya	Kerentanan	Kapasitas	Bobot
Bahaya	1/1	5/1	9/1	0,7231
Kerentanan	1/5	1/1	5/1	0,2157
Kapasitas	1/9	1/5	1/1	0,0612

perbandingan berpasangan dianggap tidak konsisten dan harus dilakukan pemilihan ulang tingkat kepentingan.

PETA NILAI RISIKO

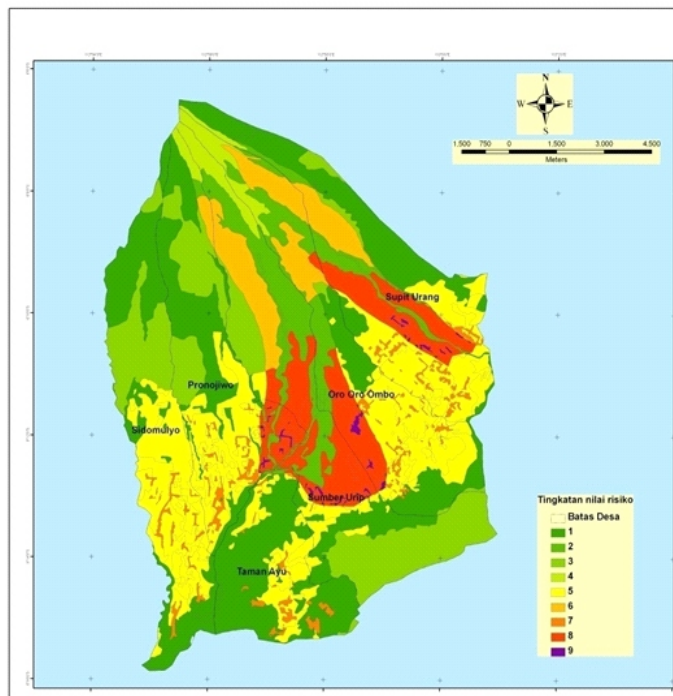
Setelah melakukan penilaian bobot kriteria maka langkah selanjutnya adalah membuat peta nilai risiko untuk masing-masing skenario. Dengan proses GIS dan menggunakan rumus analisis risiko, maka didapat peta-peta yang berbeda untuk masing-masing skenario. Perbedaannya hanya pada nilai bobotnya saja, sedangkan luasan poligon dan lokasi nilainya tidak berubah (Gambar 9).

Untuk skenario 1, dengan bobot yang didapat dari Tabel 3, maka nilai risiko untuk skenario 1 adalah nilai risiko terendah = 0,0125 dan

nilai risiko tertinggi = 1,0000. Untuk skenario 2, skenario 3, skenario 4, dan skenario 5 juga memiliki nilai masing-masing (Tabel 5). Nilai risiko tertinggi dan terendah adalah:

- Nilai risiko tertinggi ada pada skenario 2 percobaan pertama, dengan perbandingan nilai kepentingan bahaya = kerentanan, dan bahaya serta kerentanan sembilan kali lebih penting dari kapasitas
- Nilai risiko terendah ada pada skenario 1 dengan perbandingan nilai kepentingan kriterianya sama.

Apabila dibagi berdasarkan luas dari setiap nilai risiko dalam satuan administrasi desa maka akan terlihat nilai risiko mana yang dominan pada tiap desa (Tabel 6). Semua desa memiliki daerah yang memiliki nilai risiko



Gambar 9. Peta tingkat nilai risiko yang memiliki posisi yang sama untuk setiap skenario, yang berbeda adalah nilai untuk tiap tingkatan nilai risiko.

Tabel 5. Nilai Risiko Masing-Masing Skenario

Tingkat Nilai Risiko	Skenario 1	Skenario 2 Percobaan 1	Skenario 2 Percobaan 2	Skenario 2 Percobaan 3	Skenario 3 Percobaan 1
1	0,01250	0,16001	0,04822	0,08523	0,03068
2	0,02499	0,31992	0,09640	0,17042	0,06135
3	0,02500	0,32001	0,09643	0,17047	0,06137
4	0,03749	0,47993	0,14462	0,25565	0,09204
5	0,03750	0,48003	0,14465	0,25571	0,09206
6	0,04999	0,63984	0,19281	0,34084	0,12271
7	0,05000	0,64004	0,19286	0,34094	0,12275
8	0,07499	0,95977	0,28921	0,51126	0,18407
9	0,09998	1,27969	0,38561	0,68169	0,24543

	Skenario 3 Percobaan 2	Skenario 3 Percobaan 3	Skenario 4 Percobaan 1	Skenario 4 Percobaan 2	Skenario 4 Percobaan 3
1	0,02250	0,02679	0,09559	0,07090	0,03669
2	0,04499	0,05356	0,19112	0,14176	0,07336
3	0,04500	0,05358	0,19118	0,14181	0,07338
4	0,06750	0,08035	0,28671	0,21267	0,11005
5	0,06751	0,08037	0,28677	0,21271	0,11008
6	0,08999	0,10713	0,38225	0,28353	0,14673
7	0,09001	0,10716	0,38236	0,28362	0,14677
8	0,13498	0,16070	0,57337	0,42530	0,22009
9	0,17998	0,21427	0,76450	0,56707	0,29346

	Skenario 4 Percobaan 4	Skenario 5 Percobaan 1	Skenario 5 Percobaan 2	Skenario 5 Percobaan 3	Skenario 5 Percobaan 4
1	0,05826	0,09559	0,07090	0,03669	0,05826
2	0,11649	0,19112	0,14176	0,07336	0,11649
3	0,11653	0,19118	0,14181	0,07338	0,11653
4	0,17476	0,28671	0,21267	0,11005	0,17476
5	0,17479	0,28677	0,21271	0,11008	0,17479
6	0,23299	0,38225	0,28353	0,14673	0,23299
7	0,23306	0,38236	0,28362	0,14677	0,23306
8	0,34949	0,57337	0,42530	0,22009	0,34949
9	0,46598	0,76450	0,56707	0,29346	0,46598

yang paling tinggi, kecuali Desa Sidomulyo dan Desa Taman Ayu. Desa Oro Oro Ombo memiliki daerah yang paling luas untuk nilai risiko tertinggi, yaitu sebesar 187.993,7756 m² (Gambar 10).

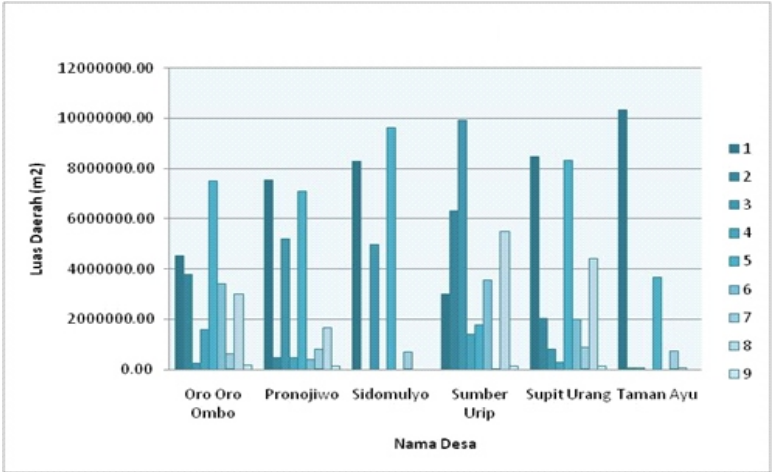
Untuk menentukan ranking dan nilai bobot juga dilakukan uji sampel pengisian kuisioner kepada para peneliti risiko bencana gunung

api, tujuannya adalah sebagai verifikasi dari skenario yang telah dibuat (Tabel 2). Kuisioner yang diedarkan berjumlah sembilan kuisioner, dan hasilnya semua responden mewakili skenario yang telah dibuat, tetapi tidak semua kemungkinan yang diajukan dipilih oleh responden (Tabel 7), sehingga untuk skenario skornya 100% terwakili, sedangkan untuk kemungkinan skornya 60% terwakili.

Tabel 6. Luas Tiap Nilai Risiko pada Masing-Masing Desa

Oro Oro Ombo		Pronojiwo		Sidomulyo	
Nilai Risiko	luas m²	Nilai Risiko	luas m²	Nilai Risiko	luas m²
0,01250140599	4546193,9291	0,01250140599	7534264,8395	0,01250140599	8302851,5831
0,02499531263	3784175,9736	0,02499531263	471058,0359	0,02499531263	0.0000
0,02500281197	269024,5276	0,02500281197	5219732,5077	0,02500281197	4984651,1476
0,03749671862	1614360,2025	0,03749671862	481134,3880	0,03749671862	0.0000
0,03750421796	7487473,1699	0,03750421796	7081426,0083	0,03750421796	9608704,1463
0,04999062526	3425421,0203	0,04999062526	426320,0631	0,04999062526	0.0000
0,05000562395	603257,6044	0,05000562395	798532,6350	0,05000562395	679406,3212
0,07498593789	3012874,315	0,07498593789	1658721,9331	0,07498593789	0.0000
0,09998125052	187993,7756	0,09998125052	142361,7243	0,09998125052	0.0000

Sumber Urip		Supit Urang		Taman Ayu	
Nilai Risiko	luas m²	Nilai Risiko	luas m²	Nilai Risiko	luas m²
0,01250140599	3005731,0476	0,01250140599	8468043,0092	0,01250140599	10338497,1685
0,02499531263	6314242,8059	0,02499531263	2038694,4269	0,02499531263	87198,8570
0,02500281197	9902127,2780	0,02500281197	819470,5079	0,02500281197	91217,7560
0,03749671862	1420062,3056	0,03749671862	297973,1350	0,03749671862	0.0000
0,03750421796	1778636,2786	0,03750421796	8326309,165	0,03750421796	3679162,2057
0,04999062526	3567786,6567	0,04999062526	2012596,103	0,04999062526	0.0000
0,05000562395	17707,6684	0,05000562395	870188,3595	0,05000562395	721956,1006
0,07498593789	5504893,9003	0,07498593789	4415615,7539	0,07498593789	62560,7293
0,09998125052	143896,8278	0,09998125052	147250,7844	0,09998125052	0.0000



Gambar 10. Luas daerah tiap nilai risiko berdasarkan batas administrasi desa.

KESIMPULAN

1. Analisis risiko aliran piroklastik Gunung Semeru dengan menggunakan metode perbandingan berpasangan dan metode ranking dapat dilakukan dan menghasilkan lima skenario matriks perbandingan berpasangan dengan sembilan kemungkinan, dan 15 alternatif percobaan, sehingga menghasilkan 15 peta nilai risiko yang memiliki nilai yang berbeda.
2. Ada beberapa percobaan matriks perbandingan berpasangan yang memiliki nilai $CR > 0,1$, sehingga percobaan diulang lagi dengan menggunakan nilai yang berbeda sehingga menghasilkan nilai $CR < 0,1$.
3. Penggunaan beberapa macam skenario bertujuan untuk mencari alternatif nilai kepentingan antar kriteria sehingga dianggap dapat merepresentasikan alternatif penilaian kepentingan dari para pengambil keputusan. Berdasarkan hasil uji sampel dengan memberikan kuisio-ner kepada para ahli maka untuk skenario skornya 100% terwakili, sedangkan untuk kemungkinan skornya 60% terwakili.

SARAN

1. Penelitian ini hanya menggunakan satu jenis bahaya sehingga untuk penelitian selanjutnya bisa dikembangkan dengan menggunakan semua macam bahaya.
2. Kerentanan yang digunakan pada penelitian ini hanya kerentanan fisik, pengem-

banan kedepannya dapat digabungkan dengan jenis-jenis kerentanan yang lain seperti kerentanan ekonomi dan sosial.

3. Masih banyak kemungkinan-kemungkinan skenario lain yang dapat dikembangkan selain yang sudah dilakukan pada penelitian ini, seperti kriteria kapasitas dianggap lebih penting dari kriteria kerentanan, serta penggunaan nilai skala perbandingan kepentingan yang lain selain yang telah digunakan dalam penelitian ini (Skala nilai perbandingan kepentingan adalah 1-9).

ACUAN

- Bakosurtanal, 2000, Peta Rupa Bumi Digital Indonesia Skala 1:25.000 lembar Ranupane.
- Bakosurtanal, 2000, Peta Rupa Bumi Digital Indonesia Skala 1:25.000 lembar Pronojiwo.
- Bakosurtanal, 2000, Peta Rupa Bumi Digital Indonesia Skala 1:25.000 lembar Tempursari.
- BNPB, 2012, Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana, Badan Nasional Penanggulangan Bencana, Jakarta.
- Bronto, S., Hamidi, S., dan Martono, A., 1996, Peta Kawasan Rawan Bencana Gunung Semeru, Jawa Timur, Direktorat Vulkanologi, Bandung.
- Blong, R. J., 1984, Volcanic Hazard, A Source Book on the Effects of Erupion, Accademic Press Australia.
- Firmansyah, 2011, Identifikasi Tingkat Risiko Bencana Letusan Gunung Api Gamalama di Kota Ternate, Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi, Vol. 2 No. 3 Desember 2011. h. 203 - 219
- Malczewski, J., 1999, GIS and Multicriteria

Decision Analysis, John Willey and Sons Inc.

Saaty, T.L., 2008, Decision making with the analytic hierarchy process, *Int.J. Service Sciences*, Vol.1, No.1.

Solikhin, A., Thouret, J.C., Gupta, A., Harris, A.J.L., dan Liew, S.C., 2011, Geology, tectonics, and the 2002-2003 eruption of the Semeru volcano, Indonesia: Interpreted from high-spatial resolution satellite imagery, *Geomorphology*, Elsevier B.V.

Suganda, B.R., 2000, Identifikasi Tingkat Resiko Kawasan Rawan Bencana Alam Letusan Gunung Gede di Kabupaten Cianjur, Tesis Magister, ITB.

Major Volcanoes of Indonesia, 2004, [http://vulcan.](http://vulcan.wr.usgs.gov/Volcanoes/Indonesia/Maps/map_in-)

[donesia_volcanoes.html](http://vulcan.wr.usgs.gov/Volcanoes/Indonesia/Maps/map_in-donesia_volcanoes.html) [2004]

UNISDR, 2007, Terminology on Disaster Risk Reduction.

UNISDR, 2011, <http://www.unisdr.org/eng/library/lib-terminology-eng%20home.htm#top/> [19 September 2011].

Undang-Undang no.24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana.

USGS, 2008, Pyroclastic Flows and Their Effects. <http://volcanoes.usgs.gov/hazards/pyroclastic-flow/index.php>, [19 September 2011].

