

ANALISIS BAHAYA DAN RESIKO BENCANA GUNUNGAPI PAPANDAYAN (STUDI KASUS: KECAMATAN CISURUPAN, KABUPATEN GARUT)

Hazard and Disaster Risk Analysis of Papandayan Volcano (Case Study: Cisurupan, Garut Regency)

Saut Aritua Hasiholan Sagala dan Hadian Idhar Yasaditama

Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota

Sekolah Arsitektur, Perencanaan, dan Pengembangan Kebijakan

Institut Teknologi Bandung

E-mail: Saut.Sagala@gmail.com

ABSTRACT

Risk assessment is an important step to be carried out for disaster management. It provides information for decision makers and communities in pre-disaster, during disaster and post disaster event. Nevertheless, risk assessment in Indonesia, especially on active volcanoes is still limited. This paper presents the risk assessment of Mt. Papandayan (2.665 m), the most active volcano in West Java. The unit of analysis in this study follows the administrative boundaries of village so that the identification can be applied at village level using GIS. Hazard analysis refers to the official hazard map produced by PVMBG while the vulnerability analysis is carried out in 3 sub-analysis, physical vulnerability (7 indicators), social vulnerability (7 indicators), and economic vulnerability. The hazard and vulnerability were overlaid in order to produce the risk which is subsequently made into risk map. The findings indicate that the villages located near and on the direction of the crater have relatively higher risk compared to other villages. The risk map can be incorporated as one of references for spatial planning that integrates disaster mitigation.

Keywords: GIS, hazard, Papandayan, risk assessment, vulnerability

ABSTRAK

Analisis risiko merupakan sebuah tahap penting di dalam manajemen bencana. Analisis risiko memuat informasi yang berguna bagi pengambil keputusan dan komunitas pada masa sebelum bencana, saat bencana, dan setelah bencana terjadi. Akan tetapi keberadaan analisis risiko di Indonesia sendiri, khususnya terkait gunungapi aktif masih sangatlah terbatas. Tulisan ini menyajikan analisis risiko pada Gunung Papandayan (2.665 m), sebuah gunungapi yang paling aktif di Jawa Barat. Unit analisis di dalam penelitian ini mengikuti batas administrasi desa, sehingga hasil penelitian dapat dimanfaatkan sampai pada level desa dengan menggunakan SIG. Analisis bahaya dilakukan dengan mengacu pada peta bahaya resmi yang diproduksi PVMBG, sementara itu analisis kerentanan dilakukan pada 3 sub-analisis, yaitu kerentanan fisik (7 indikator), kerentanan sosial (7 indikator), dan kerentanan ekonomi. Analisis bahaya dan kerentanan ditumpang-susunkan untuk menghasilkan risiko, yang kemudian dibuat menjadi peta risiko. Temuan menunjukkan bahwa desa-desa yang berlokasi dekat dengan arah kawah memiliki nilai risiko yang relatif lebih besar dibanding desa lain. Hasil dari peta risiko ini nantinya dapat diintegrasikan sebagai sebuah referensi dalam membuat perencanaan tata ruang berbasis mitigasi bencana.

Kata kunci: bahaya, kerentanan, papandayan, penilaian risiko, SIG

PENDAHULUAN

Indonesia sangat rawan terhadap fenomena vulkanik, ditandai dengan keberadaan 129 gunung api di wilayahnya (ESDM, 2009). Bencana gunungapi adalah bencana alam yang disebabkan oleh erupsi gunungapi, yaitu proses keluarnya magma dan atau gas vulkanik dari dalam bumi ke permukaan-nya. Potensi ancaman erupsi memiliki 4 tingkatan mulai dari yang terendah sampai tertinggi, yakni tingkatan normal, waspada, siaga, dan awas (Permen ESDM No 15 Tahun 2011). Pemetaan risiko bencana akan berguna untuk perencanaan tata ruang di dalam menghasilkan perencanaan yang berbasis mitigasi bencana (UU No 26/2007; Sagala dan Bisri, 2011) yang sejalan dengan amanat *Hyogo Framework for Action* (UNISDR 2005). Proses mitigasi dalam rencana tata ruang seharusnya memiliki upaya pengurangan risiko bencana didalamnya (Pasal 42 UU 24/2007).

Provinsi Jawa Barat dengan jumlah penduduknya 18,16% dari total jumlah penduduk Indonesia, memiliki 7 gunungapi yang masih aktif yaitu Papandayan, Guntur, Galunggung, Gede, Ceremai, Salak, dan Tangkuban Perahu yang sebagian besar terbentang di bagian selatan provinsi ini.

Gunung Papandayan (2.665 m) terletak di Kecamatan Cisarupan, Kabupaten Garut dan tergolong gunung api golongan A, yakni tercatat pernah mengalami erupsi sekurang-kurangnya satu kali sesudah tahun 1600. Erupsi dahsyat pada tahun 1772 mengakibatkan 2.951 korban jiwa dan kehancuran sedikitnya 40 perkampungan (PVMBG, 1998). Terakhir sejak erupsi tahun 2002, Gunung Papandayan memiliki status yang cukup fluktuatif, dimana saat ini pun masih direpresentasikan dengan status siaga.

Kondisi dan struktur bentang alamnya dengan beberapa kawah belerang aktif yang relatif mudah dijangkau, keberadaan hamparan padang tumbuhan edelweiss serta deretan lembah yang terbentuk dari gunung-gunung kecil disekitarnya, membuat kawasan ini cukup populer untuk dijadikan kawasan kegiatan pariwisata (Dinas Pariwisata Jawa Barat, 2010). Selain itu banyak terdapatnya aktivitas pertanian dan perkebunan yang dilakukan masyarakat disekitar gunung ini pada akhirnya dapat meningkatkan potensi paparan ancaman bahaya Gunung Papandayan terhadap kerentanan fisik, sosial, maupun ekonomi wilayah studi. Jika mengacu pada kondisi potensi bahaya Gunung Papandayan terhadap kerentanan wilayah sekitar tersebut khususnya Kecamatan Cisarupan pada saat ini, maka risiko terhadap bencana Gunung Papandayan dikhawatirkan akan meningkat.

Penelitian ini menyajikan proses identifikasi zona tingkatan risiko bencana Gunung Papandayan di wilayah studi sebagai salah satu upaya mitigasi. Selanjutnya metodologi yang dilakukan untuk menjawab tujuan studi akan dibahas pada bagian metode penelitian dalam tulisan ini. Hasil temuan akan memberi gambaran mengenai zona tingkatan risiko dari bencana Gunung Papandayan di wilayah studi serta elaborasinya dengan proses perencanaan berbasis mitigasi bencana. Pada bagian akhir tulisan, kesimpulan dari studi ini akan memberikan beberapa rekomendasi terkait upaya pengurangan risiko melalui utilisasi peta risiko sebagai salah satu keluaran pada penelitian ini.

METODE PENELITIAN

Wilayah Studi

Secara geografis Kabupaten Garut terletak

di sebelah tenggara Kota Bandung dan secara administratif terdiri dari 42 kecamatan didalamnya. Kabupaten Garut mempunyai posisi geomorfologi yang dikelilingi oleh rangkaian-rangkaian gunungapi, dengan keberadaan 2 gunungapi yang masih aktif yakni Gunung Papandayan, dan Gunung Guntur.

Sektor Pertanian saat ini masih menjadi andalan sebagai penyumbang terbesar PDRB (Pemerintah Kabupaten Garut, 2011). Pada tahun 2009 Kabupaten Garut tercatat sebagai produsen padi terbesar urutan ke 5 di Provinsi Jawa Barat (BPS Jawa Barat, 2009). Hal ini sangat berkaitan erat dengan komposisi penggunaan lahan untuk sektor pertanian yang hampir mencapai 75% dari luas wilayahnya dan mengindikasikan bahwa perekonomian masyarakat masih sangat bergantung pada basis pertanian (Pemerintah Kabupaten Garut, 2011).

Kecamatan Cisarupan terletak di ± 20 km sebelah barat daya Ibukota Kabupaten Garut. Wilayah ini berada di arah bukaan kawah Papandayan di arah timur laut serta berada di sepanjang beberapa aliran sungai yang berhulu di kawah tersebut seperti Sungai Ciparugpug dan Cibeureum Gede dengan Sungai Cimanuk sebagai hilirnya, sehingga potensi aliran lahar dingin juga akan meningkat di ketiganya (PVMBG, 1998). Secara geografis wilayah studi memiliki luas wilayah sekitar 4.521,04 Ha, berbatasan dengan Kecamatan Sukaresmi di sebelah utara, sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Bayongobong dan Cigedug, sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Cikajang, dan sebelah barat dengan Kabupaten Bandung. Secara administratif Kecamatan Cisarupan terdiri dari 16 desa didalamnya.

Secara historis, beberapa erupsi Gunung Papandayan yang pernah terjadi pun

memiliki hampir sebagian besar dampaknya di wilayah Kecamatan Cisarupan. Erupsi tahun 1772 menelan 2.951 korban jiwa dan mengakibatkan sekitar 10 desa beserta 40 dusun di wilayah studi ketika itu terkena dampaknya (PVMBG, 1998). Erupsi pada tahun 2002 menyebabkan sekitar 3.349 penduduk dari 5 desa mengungsi, serta mengakibatkan kerusakan berbagai infrastruktur seperti rumah, jembatan, masjid, pondok pesantren, dan beberapa jenis lahan persawahan maupun perkebunan di wilayah studi (PKPU, 2002).

Sejak letusan tahun 2002, Gunung Papandayan memiliki pergerakan status yang fluktuatif. Tiap kurun waktu 1 sampai 2 tahun, selalu terjadi peningkatan dan penurunan 1 level, dari status normal menjadi waspada maupun sebaliknya. Status waspada pernah ditetapkan dalam kurun waktu 3 tahun pada periode April 2008 sampai pertengahan Agustus 2011. Sejak 13 Agustus 2011 sampai saat ini (Januari 2012) status Gunung Papandayan ditingkatkan menjadi siaga (Gambar 1).

Kecamatan Cisarupan terpilih menjadi wilayah studi mengingat baik secara geografis maupun historis potensi besar bahaya Gunung Papandayan memang berada di wilayah tersebut. Selain itu struktur perekonomian wilayah studi yang sangat didominasi oleh sektor pertanian (Cisarupan dalam Angka 2010), memunculkan kekhawatiran bahwa potensi besar bencana Gunung Papandayan tersebut kedepannya dan dalam jangka waktu yang panjang akan dapat mempengaruhi stabilitas baik terhadap perekonomian lokal maupun basis pertanian Kabupaten Garut itu sendiri.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui

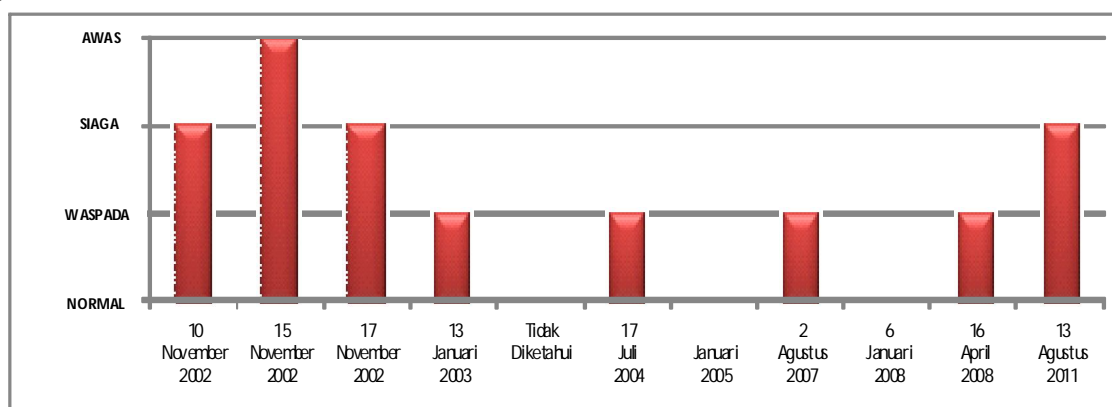
survei data primer dan sekunder. Survei data primer ini meliputi kegiatan observasi melalui penggunaan Global Positioning System (GPS) untuk mendapatkan data titik lokasi dari infrastruktur pendidikan dan kesehatan (salah satu data kerentanan fisik) serta perhitungan perkiraan luas dari setiap infrastruktur pendidikan dan kesehatan tadi melalui perhitungan jumlah lantai masing-masing infrastruktur tersebut. Selain itu, dilakukan juga wawancara untuk mendapatkan data terkait kerentanan ekonomi di wilayah studi seperti biaya bangun (rata-rata biaya keseluruhan yang dibutuhkan untuk membangun infrastruktur) serta jumlah produksi dan harga jual dari komoditas pertanian unggulannya (rata-rata hasil penjualan komoditas pertanian). Proses wawancara sendiri dilakukan terhadap 16 perangkat desa di wilayah studi.

Adapun survei data sekunder dilakukan melalui tinjauan literatur dan survei instansional terhadap instansi terkait (BAPEDA, BPS, PVMBG) untuk mendapatkan peta kawasan rawan bencana Gunung Papandayan, data RTRW, data demografi, dan perpetaan wilayah studi Kecamatan Cisarupan.

Analisis Bahaya

Bahaya adalah sebuah kejadian, fenomena atau aktivitas manusia, yang berpotensi merusak secara fisik, dimana dapat menyebabkan kerugian jiwa atau cedera, kerusakan infrastruktur, gangguan sosial dan ekonomi, atau degradasi lingkungan (United Nations, 2002). Sheets et al (1979) dan Wittiri (2004) mengategorikan bahaya gunung api kedalam 2 jenis yakni bahaya primer dan sekunder. Bahaya primer merupakan bahaya yang ditimbulkan secara langsung oleh letusan gunung api, meliputi: lava, awan panas, gas vulkanik, abu vulkanik, lahar letusan, dan lontaran piroklastika (Permen ESDM No 15 Tahun 2011). Bahaya sekunder terdiri atas bahaya yang ditimbulkan secara tidak langsung oleh letusan gunung api, yaitu meliputi lahar dingin, tsunami, dan longsor.

Permen ESDM No. 15 (2011) tentang Pedoman Mitigasi Bencana Gunung Api, Gerakan Tanah, Gempa Bumi, dan Tsunami menyebutkan bahwa salah satu pertimbangan dalam penilaian risiko bencana gunung api adalah hasil analisis kawasan rawan bencana (KRB), dimana dalam hal ini prosesnya seperti yang telah



Sumber: ESDM 2007, ESDM 2008, Kompas 2011, Hasil Interpretasi 2011

Gambar 1. Fluktuasi Status Gunung Papandayan dalam 10 Tahun Terakhir

disesuaikan dengan SNI. Oleh sebab itu Peta KRB Gunung Papandayan Tahun 1998 (*Hazard Map 1998*) terbitan resmi PVMBG dijadikan acuan pada proses analisis faktor bahaya ini.

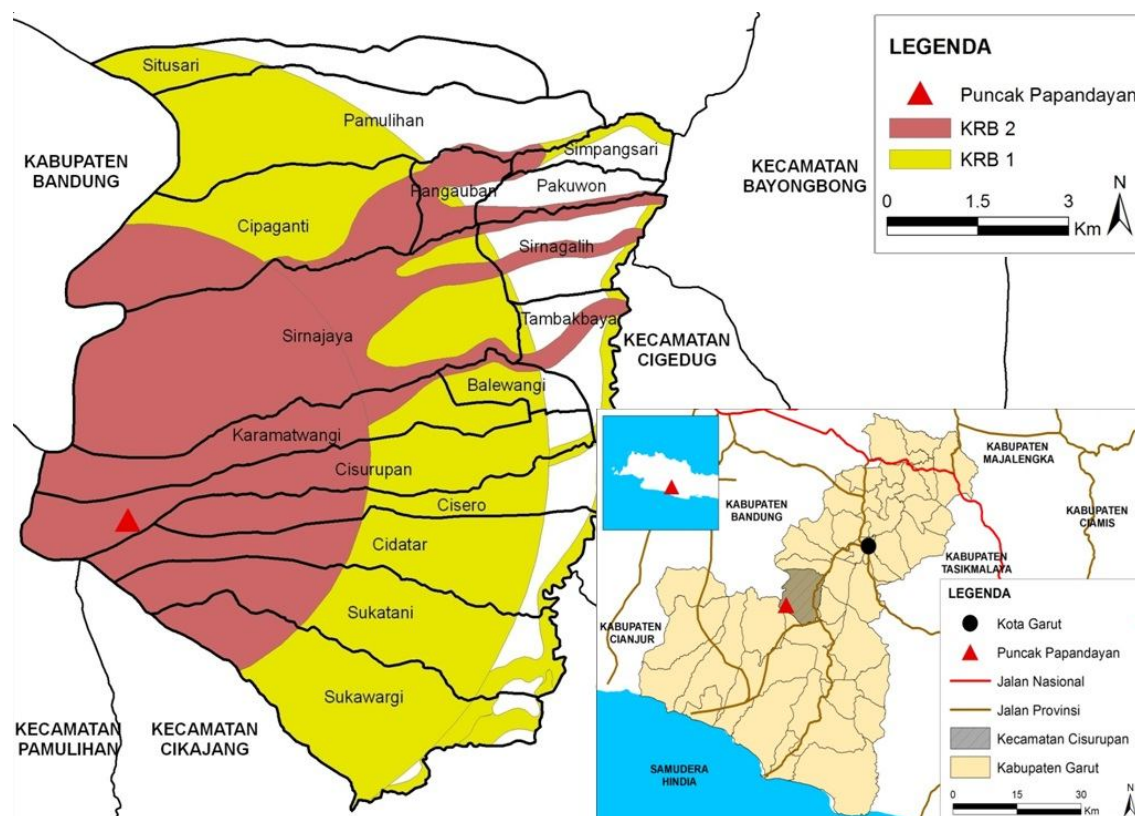
Peta KRB Gunung Papandayan Tahun 1998 terbagi menjadi 2 tingkatan KRB yaitu KRB 2 dan KRB 1 (Hadisantono et al, 1998). Setiap tingkatan KRB tersebut, merepresentasikan sifat bahaya dari faktor bahaya yang dimaksud, akan diberi nilai (Gambar 2). Karena KRB 2 merepresentasikan jenis faktor bahaya yang lebih berbahaya dibandingkan KRB 1, maka zona KRB 2 diberikan nilai yang lebih besar (Nilai 2) dibandingkan zona KRB 1 (Nilai 1). Adapun karena penelitian ini memiliki unit analisis desa, maka pemahaman spasial

yang didapatkan memungkinkan setiap unit desa untuk memiliki zona non KRB didalamnya. Karena zona non KRB sama sekali tidak merepresentasikan jenis faktor bahaya apapun, maka zona ini diberikan nilai 0.

Melalui berbagai fungsi GIS (Fauzi et. al, 2009; Mutalazimah et. al, 2009) yang digunakan, perpaduan dari penilaian setiap tingkatan zona KRB tersebut selanjutnya akan menghasilkan nilai faktor bahaya per unit analisis desa sebagai hasil akhirnya.

Analisis Kerentanan

Kerentanan adalah karakteristik manusia atau kelompok dan situasinya yang dapat mempengaruhi kapasitas mereka dalam mengantisipasi, mengatasi, bertahan, dan



Sumber: BAPEDA Kabupaten Garut dan Hasil Analisis, 2011

Gambar 2. Penilaian Tingkatan Kawasan Rawan Bencana Gunung Papandayan

pulih dari pengaruh bahaya alami (kejadian maupun prosesnya) (Wisner et al., 2004). Kerentanan juga dapat berarti ukuran kecenderungan dari objek, tempat, individu, grup, komunitas, negara, atau entitas lainnya untuk terkena konsekuensi bahaya (Coppola 2007).

Merujuk pada Coppola (2007), analisis kerentanan pada penelitian ini terbagi menjadi 3 subfaktor, yakni kerentanan fisik, sosial, dan ekonomi. Selain itu berdasarkan berbagai sumber penelitian lebih lanjut, setiap subfaktor juga akan terdiri dari beberapa indikator penyusun. Subfaktor kerentanan fisik akan terdiri dari 7 indikator penyusun yakni luas permukiman, lahan pertanian, lahan perkebunan, lahan ladang, jumlah infrastruktur pendidikan, kesehatan, dan panjang jalan. Subfaktor kerentanan sosial akan terdiri dari 7 indikator penyusun yakni jumlah penduduk, kepadatan penduduk, persentase penduduk wanita, penduduk usia < 15 tahun, penduduk usia > 65 tahun, penyandang cacat, dan persentase jumlah pra Keluarga Sejahtera (pra KS). Sedangkan subfaktor kerentanan ekonomi akan terdiri dari indikator biaya bangun infrastruktur, biaya konstruksi jalan, jumlah produksi dan harga jual komoditas di bidang pertanian.

Khusus untuk indikator kerentanan ekonomi, setiap indikator yang digunakan pada dasarnya memiliki tujuan untuk merepresentasikan nilai ekonomi langsung dari satuan tiap indikator fisik. Indikator biaya bangun misalnya, merupakan perkiraan keseluruhan biaya untuk membangun tiap sebuah infrastruktur (digunakan untuk menilai risiko ekonomi indikator permukiman, infrastruktur pendidikan, dan kesehatan). Biaya konstruksi, merupakan perkiraan keseluruhan biaya untuk membangun tiap infrastruktur jalan (digunakan untuk

menilai risiko ekonomi indikator infrastruktur jalan). Adapun indikator nilai produksi pertanian yang merupakan perpaduan dari data jumlah produksi dan harga jual komoditas, merupakan bentuk representasi dari nilai ekonomi langsung lahan pertanian. Pemahamannya yaitu ketika lahan pertanian tidak dinilai dari harga lahannya saja, melainkan nilai dari produktivitas lahannya (hasil penjualan dari produksi komoditasnya), dimana dalam penelitian ini hanya untuk masa 1 kali musim panen saja.

Faktor kerentanan selanjutnya dapat diterjemahkan kedalam berbagai tingkat skala sehingga penggunaannya dapat disesuaikan dengan berbagai jenis dan ketersediaan data. UNDRO (1979), Smith (1992) dalam Thouret et al (2000) pernah menggunakan skala terkecil 0 (potensi tidak ada kerusakan) sampai skala terbesar 1 (potensi rusak total). Utami (2008) yang pernah menggunakan 5 tingkat skala dalam penilaian kerentanan kawasan Gunung Merapi. Dalam penelitian kali ini nilai faktor kerentanan untuk setiap indikatornya (kecuali kerentanan ekonomi yang hanya berupa data hasil wawancara) akan didapatkan melalui proses klasifikasi besaran setiap indikator kerentanan kedalam 3 tingkatan nilai (1/2/3), dimana nilai 1 menunjukkan potensi kerusakan terkecil (kerentanan terkecil) sampai pada nilai 3 yang menunjukkan potensi terbesar (kerentanan terbesar).

Metode klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *natural breaks* dalam aplikasi GIS. Prahasta (2002) Menyebutkan keunggulan metode ini kemampuannya untuk meminimalkan variansi di dalam satu tingkatan serta di sisi lain mampu memaksimalkan variansi antar tingkatannya (batas antara tingkat kerentanan rendah, sedang, dan tinggi), sehingga dinilai mampu untuk meng-

Tabel 1. Indikator Kerentanan yang Digunakan

Indikator	Justifikasi dan Referensi Penelitian	Relevansi dengan Peningkatan Kerentanan
Indikator Fisik (7 Indikator)		
Luas Permukiman	Permukiman dapat menunjukkan lokasi keberadaan segala bentuk aktivitas utama dari penduduk di suatu wilayah. Merupakan bentuk representasi dari kawasan budidaya terbangun dari suatu wilayah. Sumber: Lirer et al (1997), Lavigne (1999), Pareschi et al (2000), Cutter et al (2003)	(+)
Luas Lahan Persawahan, Perkebunan, Perladangan,	Sektor pertanian memiliki peranan penting dalam perkembangan wilayah studi, baik terkait perkembangan struktur ekonominya maupun terkait kehidupan sosial ekonomi hampir sebagian besar penduduknya yang bermatapencaharian di sektor ini. Sumber: Lirer et al (1997), Lavigne (1999), Quesada et al (2007)	(+)
Jumlah Infrastruktur Pendidikan	Infrastruktur ini dapat meningkatkan tingkat pendidikan dan pemahaman penduduk terhadap bencana. Dengan tingkat pendidikan yang memadai tentu masyarakat akan lebih tanggap dan sigap dalam menghadapi setiap kejadian bencana. Sumber: Lavigne (1999), Westen (2002), Cutter et al (2003), Quesada et al (2007)	(+)
Jumlah Infrastruktur Kesehatan	Infrastruktur kesehatan berperan dalam peningkatan kondisi fisik penduduk, dimana dalam konteks kebencanaan yaitu ketika pelayanan kesehatan yang dihasilkannya mampu meningkatkan kesiapan fisik penduduk dalam menghadapi bencana. Sumber: Lavigne (1999), Westen (2002), Cutter et al (2003), Quesada et al (2007)	(+)
Panjang Infrastruktur Jalan	Infrastruktur ini berperan penting dalam peningkatan akses penduduk untuk mencapai segala sumberdaya saat menghadapi bencana, selain juga dapat mempermudah segala bentuk upaya dalam tahapan kesiapsiagaan bencana, misalnya proses evakuasi. Sumber: Lavigne (1999), Quesada et al (2007)	(+)
Indikator Sosial (7 Indikator)		
Jumlah Penduduk	Kerentanan sosial akan muncul dengan sendirinya ketika terdapat keberadaan individu manusia sebagai objek, yang selanjutnya mungkin dapat terkena konsekuensi dari sebuah bencana. Sumber: Lavigne (1999), Wisner et al (2004), Quesada et al (2007)	(+)
Kepadatan Penduduk	Tingginya kepadatan penduduk mampu mengurangi tingkat pelayanan sosial wilayahnya dimana misalnya akses masyarakat untuk mendapatkan pelayanan sosial seperti kesehatan dan pendidikan pun berkurang, sehingga hal ini mampu mengurangi kesiapan fisik dan pemahaman penduduk dalam menghadapi kejadian bencana. Kepadatan penduduk yang tinggi juga dapat mempersulit proses evakuasi. Sumber: Lirer et al (1997), Lavigne (1999), Thouret et al (2000), Cutter et al (2000), Pareschi et al (2000), Cutter et al (2003), Utami (2008)	(+)
Presentase Jumlah Penduduk Wanita	Wanita memiliki rasa kekhawatiran yang lebih tinggi dibanding penduduk laki-laki. Oleh sebab itu penduduk wanita akan cenderung lebih sulit dalam berbagai pengambilan keputusan pada situasi darurat bencana. Selain itu wanita cenderung dapat memiliki keterbatasan mobilitas dalam proses evakuasi. Sumber: Fothergill et al (1996), Cutter et al (2003), Wisner et al (2004), Utami (2008)	(+)
Presentase Jumlah Penduduk Muda (<15 Tahun)	Penduduk usia muda memiliki resistensi yang kecil terhadap penyakit dan seringkali memiliki sumber daya serta mobilitas yang terbatas sehingga nantinya dapat mengurangi kesiapannya dalam menghadapi setiap kejadian bencana. Sumber: Thouret et al (2000), Cutter et al (2003), Wisner et al (2004), Utami (2008)	(+)
Presentase Jumlah Penduduk Lansia (>65 Tahun)	Penduduk lansia memiliki mobilitas yang terbatas dan memiliki kecenderungan untuk enggan meninggalkan tempat tinggalnya, sehingga dapat mempersulit misalnya dalam proses evakuasi. Sumber: Thouret et al (2000), Cutter et al (2003), Wisner et al (2004), Utami (2008)	(+)
Presentase Jumlah Penyandang Cacat	Penyandang cacat memiliki kemungkinan terpengaruh yang tak sebanding ketika terjadi bencana karena sifat keterbelakangannya di masyarakat serta ketidakmampuannya dalam mengidentifikasi maupun bertindak pada situasi bencana. Sumber: Cutter et al (2003), ISDR 2002b:76 dalam Wisner et al (2004), Utami (2008)	(+)
Presentase Jumlah Pra KS (Keluarga Sejahtera)	Golongan pra KS dengan segala keterbatasan sumber dayanya khususnya ekonomi, cenderung memiliki resiliensi yang rendah terhadap kejadian bencana. Kecenderungan terhadap akses pendidikan dan kesehatan yang terbatas juga mampu mempengaruhi kesiapannya terhadap kejadian bencana. Sumber: Cutter et al (2003), ISDR 2002b:76 dalam Wisner et al (2004), Utami (2008)	(+)

Sumber: hasil analisis

identifikasi kelas yang sebenarnya (*real*) dari setiap data indikator kerentanan yang digunakan.

Analisis Risiko

Analisis risiko dilakukan untuk mengetahui seberapa besar potensi berbagai jenis kerugian yang dapat ditimbulkan oleh kejadian bencana Gunung Papandayan, dimana risiko bencana secara skematis digambarkan melalui kombinasi antara kerentanan dan ancaman bahaya bencana (Wisner et al, 2004):

$$R = H \times V$$

R : Risiko

H : Faktor Bahaya

V : Faktor Kerentanan

Mengacu pada pembagian faktor kerentanan kedalam 3 subfaktor (Coppola, 2007), maka proses analisis risiko juga akan terbagi menjadi analisis risiko fisik, sosial, dan ekonomi.

Proses penilaian risiko dilakukan melalui konsep tumpang susun (*overlay*) antara faktor bahaya dan tingkat kerentanan yang telah didapatkan pada analisis sebelumnya, dimana pada dasarnya operasi hanya diaplikasikan melalui penggunaan perhitungan nilai atribut untuk memberikan penilaian risiko yang lebih bersifat kuantitatif serta akurat.

Hasil yang didapat dari proses tersebut yaitu berupa nilai risiko dari setiap indikator fisik dan sosial di setiap desa di wilayah studi. Nilai risiko ini akan dinyatakan dalam bentuk nilai ordinal 0-3 sebagai rentang nilai dari hasil perkalian antara nilai faktor bahaya dan nilai kerentanan. Selain itu akan disajikan pula bentuk peta risiko setelah nilai risiko tersebut diklasifikasikan terlebih dahulu kedalam 3 tingkatan risiko melalui metode natural breaks dalam aplikasi GIS,

yaitu tingkat risiko rendah, risiko sedang, dan risiko tinggi.

Selanjutnya nilai risiko dari setiap indikator fisik dan sosial tadi akan digeneralisasi kedalam nilai risiko fisik dan sosial keseluruhan. Nilai risiko fisik keseluruhan akan mempertimbangkan nilai risiko dari 7 indikator fisik yang telah didapatkan sebelumnya. Adapun nilai risiko sosial keseluruhan akan mempertimbangkan nilai risiko dari 7 indikator sosial didalamnya. Dalam penelitian ini setiap indikator yang digunakan dianggap memiliki bobot yang sama, Ini berarti bahwa setiap indikator tersebut dianggap memiliki kontribusi yang sama satu sama lainnya dalam membentuk sebuah risiko kebencanaan di wilayah studi. Oleh sebab itu maka penyusunan nilai risiko fisik dan sosial keseluruhan tadi selanjutnya dapat disistematisasikan sebagai berikut:

$$R \text{ Fisik} = \frac{\sum R \text{ Indikator Fisik}}{7}$$

$$R \text{ Sosial} = \frac{\sum R \text{ Indikator Sosial}}{7}$$

Adapun khusus untuk penilaian risiko ekonomi, prosesnya akan dilakukan melalui fungsi tumpang susun (*overlay*) pada aplikasi GIS antara peta faktor bahaya (Hazard Map Tahun 1998) dengan peta persebaran dari setiap indikator fisik yang digunakan. Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa khusus untuk indikator fisik infrastruktur pendidikan dan kesehatan, data mengenai lokasi serta perkiraan luasan bangunannya masing-masing didapatkan melalui kegiatan observasi, melengkapi data lokasi serta luasan dari indikator fisik lainnya yang telah didapatkan sebelumnya dari BAPEDA Kabupaten Garut.

Proses tumpang susun tadi selanjutnya akan menghasilkan persebaran dan luas dari

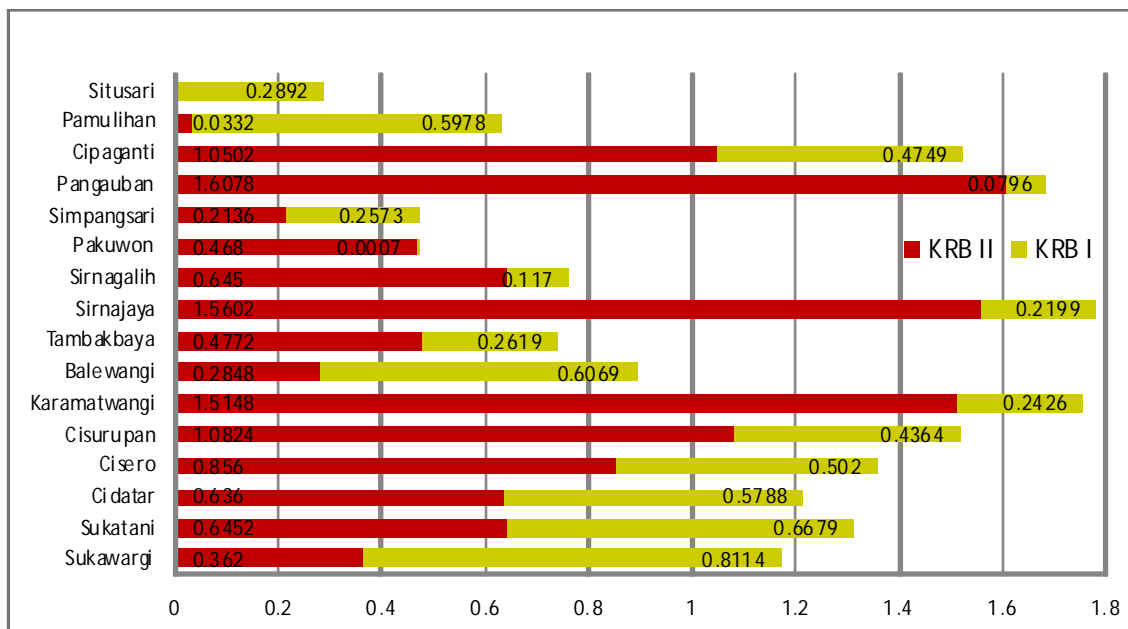
setiap indikator fisik yang terkena faktor bahaya Gunung Papandayan. Pemahaman yang diberikan bahwa setiap indikator fisik yang terkena setiap faktor bahaya Gunung Papandayan ini pada akhirnya akan mengalami kerugian baik secara fisik (kehancuran, kerusakan) maupun finansial. Oleh sebab itu maka setiap besaran dari indikator fisik yang terkena faktor bahaya ini selanjutnya akan dikalikan dengan nilai satuan kerugian untuk masing-masing jenis indikator fisik tersebut (data kerentanan ekonomi; biaya bangun, nilai produksi hasil pertanian, dan biaya konstruksi). Hasil perkalian ini yang selanjutnya dapat disebut sebagai nilai risiko ekonomi yang dinyatakan dalam satuan rupiah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor Bahaya

Potensi ancaman faktor bahaya (H) dari bencana Gunung Papandayan yang direpresentasikan melalui nilai faktor

bahaya, memperlihatkan bahwa desa dengan nilai faktor bahaya terbesar adalah desa-desa yang secara geografis terletak di bagian timur laut wilayah studi Kecamatan Cisurupan, yaitu di arah bukaan kawah, selain juga tentunya yang memiliki jarak lebih dekat dengan kawah tersebut (Gambar 3). Desa-desa dengan nilai faktor bahaya terbesar yang dimaksud, berurutan dari yang terbesar yaitu Desa Sirnajaya, Karamat-wangi, Pangauban, Cipaganti, dan Cisurupan memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap besarnya nilai faktor bahaya di Desa Sirnajaya, Cipaganti Pangauban, dan Karamatwangi. Sedangkan faktor geografis jarak dengan kawah memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap besarnya nilai faktor bahaya di beberapa desa seperti Cisurupan, Cisero, dan Sukatani. Nilai faktor bahaya yang didapatkan pada analisis bahaya ini merepresentasikan tingkatan bahaya dari segala bentuk jenis bahaya yang dimiliki erupsi Gunung Papandayan, artinya beberapa zona (dalam penelitian ini



Sumber: Hasil Analisis, 2011

Gambar 3. Nilai Faktor Bahaya Gunung Papandayan di Kecamatan Cisurupan

didefinisikan desa) yang memiliki nilai faktor bahaya tertinggi akan memiliki potensi terpapar yang lebih tinggi pula dibanding zona lainnya.

Beberapa desa seperti Desa Sukawargi dan Sukatani, dimana berada pada kondisi proporsi nilai KRB II yang lebih kecil dibandingkan nilai KRB I, ternyata mampu menghasilkan nilai faktor bahaya keseluruhan yang tergolong tinggi. Hal ini tidak lain disebabkan ketika hampir seluruh luas wilayah dari masing-masing desa tersebut berada pada zona rawan bencana secara umum. Adapun Desa Sitisari yang berada di batas utara wilayah studi memiliki nilai faktor bahaya terkecil dengan komposisi zona KRB I secara keseluruhan yang mengindikasikan bahwa Desa Sitisari merupakan zona yang berpotensi terkena paparan paling sedikit dari berbagai jenis bahaya.

Faktor Kerentanan

Nilai faktor kerentanan yang teridentifikasi menunjukkan adanya perbedaan tingkat kerentanan secara keseluruhan untuk setiap indikator kerentanan fisik, sosial, maupun ekonomi di wilayah studi. Artinya setiap jenis indikator kerentanan memiliki zonasi tingkat kerentanan yang cenderung berbeda-beda di wilayah studi.

Untuk indikator fisik persawahan misalnya, sebagian besar zona tingkat kerentanan tingginya berada di bagian utara wilayah studi. Temuan ini dapat didefinisikan bahwa di bagian utara wilayah studi akan lebih banyak lahan persawahan yang berpotensi terpapar bahaya erupsi Gunung Papandayan. Pemahaman serupa nantinya juga akan digunakan untuk mendefinisikan zonasi tingkat kerentanan dari indikator kerentanan lainnya.

Berbeda dengan persawahan, untuk indikator fisik perkebunan misalnya,

sebagian besar zona tingkat kerentanan tingginya berada di bagian selatan wilayah studi. Akan berbeda pula untuk indikator sosial jumlah penduduk, dimana sebagian besar zona tingkat kerentanan tingginya berada di desa-desa yang berdekatan dengan pusat kegiatan kecamatan. Adapun untuk indikator ekonomi biaya bangun, temuan yang didapatkan bahwa nilainya akan lebih besar di wilayah-wilayah yang sifatnya lebih perkotaan.

Perbedaan kecenderungan zonasi tingkat kerentanan untuk setiap indikator di wilayah studi selanjutnya dapat dilihat pada tabel 2 yang direpresentasikan melalui legenda warna, nilai kerentanan, serta klasifikasinya, dengan masing-masing keterangan indikatornya adalah sebagai berikut:

1. Luas Permukiman
2. Luas Persawahan
3. Luas Perkebunan
4. Luas Perladangan
5. Jumlah Infrastruktur Pendidikan
6. Jumlah Infrastruktur Kesehatan
7. Panjang Infrastruktur Jalan
8. Jumlah Penduduk
9. Kepadatan Penduduk
10. Persentase Wanita
11. Persentase Usia < 15 Tahun
12. Persentase Usia > 65 Tahun
13. Persentase Penyandang Cacat

Risiko Fisik

Desa Sirnajaya memiliki nilai risiko fisik yang terbesar, dilanjutkan Desa Cisurupan serta Sukawargi dan Cipaganti, dimana kesemuanya diklasifikasikan pada zona risiko fisik tinggi (Gambar 4). Adapun Desa Sitisari memiliki nilai risiko fisik paling rendah. Hal ini kemudian dapat diartikan bahwa Desa Sirnajaya adalah desa

yang memiliki potensi kerusakan atau kehancuran fisik terbesar. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa nilai risiko fisik Desa Sirnajaya berada cukup jauh dengan nilai risiko fisik kedua terbesar setelahnya, artinya bahwa selain memang dipengaruhi nilai faktor bahayanya yang terbesar, Desa Sirnajaya juga memiliki rata-rata nilai faktor kerentanan fisik yang tergolong cukup besar perbedaannya dengan desa lainnya. Hal ini dapat diindikasikan mengingat perbedaan nilai faktor bahayanya yang tidak terlalu signifikan dengan desa lainnya di wilayah studi serta memang secara geografis Desa Sirnajaya memiliki luasan wilayah yang paling besar, sehingga diperkirakan akan lebih banyak terdapat keberadaan setiap jenis indikator fisik di wilayah tersebut.

Adapun secara keseluruhan dalam penilaian risiko fisik ini, faktor bahaya (H) diperkirakan memiliki pengaruh yang lebih besar karena rata-rata desa yang tergolong memiliki kategori risiko fisik tertinggi adalah desa-desa yang memang hampir

sebagian besar memiliki nilai faktor bahaya terbesar seperti Desa Sirnajaya, Karamatwangi, dan Cipaganti. Adapun hanya untuk nilai risiko fisik besar dari Desa Sukawargi saja yang dalam prosesnya lebih dipengaruhi oleh faktor kerentanan (V).

Risiko Sosial

Desa Pangauban memiliki nilai risiko sosial yang terbesar dilanjutkan Karamatwangi, Cisero, Sirnajaya, Sukatani, serta Cipaganti, dimana kesemuanya diklasifikasikan pada zona risiko sosial tingkat tinggi (Gambar 4). Hal ini kemudian dapat diartikan bahwa Desa Pangauban adalah desa yang memiliki potensi gangguan sosial terbesar bila bencana Gunung Papandayan terjadi.

Hasil menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang cukup besar diantara setiap nilai risiko sosial dari masing-masing desa di wilayah studi. Hal ini mengindikasikan bahwa setiap desa di wilayah studi memiliki rata-rata nilai faktor kerentanan sosial yang tidak jauh berbeda satu sama lainnya karena memang nilai faktor bahaya diantara desa dengan nilai risiko sosial terbesarnya pun

Tabel 2. Nilai Kerentanan Fisik dan Sosial

Indikator / Desa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sukawargi	3	1	3	2	3	2	3	3	2	1	2	1	1	1
Sukatani	1	1	3	1	2	1	2	2	1	3	2	1	3	2
Cidatar	2	1	2	2	3	2	3	3	2	1	2	1	1	1
Cisero	2	1	2	2	3	1	1	2	2	2	1	2	3	3
Cisurupan	3	1	1	2	3	2	2	2	1	1	2	1	2	1
Karamatwangi	2	1	1	2	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1
Balewangi	2	1	1	1	2	2	1	1	3	2	3	1	2	1
Tambakbaya	1	2	1	1	3	2	1	1	2	2	3	1	2	2
Sirnajaya	2	3	2	3	2	2	2	2	1	1	2	1	1	3
Sirmagalih	1	1	2	1	3	2	2	2	2	2	1	3	1	3
Pakuwon	1	1	1	1	2	2	1	1	3	2	2	1	1	3
Simpangsari	1	1	1	1	2	2	1	2	3	1	2	1	2	2
Pangauban	1	1	1	1	2	3	1	1	2	2	1	2	2	3
Cipaganti	2	3	1	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	2
Pamulihan	2	3	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	3
Situsari	1	2	1	2	1	2	2	1	1	2	1	1	3	2

Legenda Warna & Nilai Kerentanan	Klasifikasi
3	Kerentanan Tinggi
2	Kerentanan Sedang
1	Kerentanan Rendah

Sumber: hasil analisis, 2011

tidak memiliki perbedaan yang cukup signifikan diantaranya.

Beberapa desa yang berada pada kategori risiko tinggi seperti Desa Sirnajaya, Karamatwangi, Cipaganti, dan Pangauban memang merupakan 4 desa dengan nilai faktor bahaya terbesar di wilayah studi. Temuan ini selanjutnya kembali memperlihatkan bahwa secara keseluruhan faktor bahaya memiliki pengaruh yang lebih besar dalam memunculkan wilayah yang berisiko tinggi.

Risiko Ekonomi

Kerugian finansial terbesar dari bencana erupsi Gunung Papandayan di wilayah studi akan diberikan oleh indikator fisik permukiman, disusul oleh indikator fisik perkebunan (Tabel 3).

Selanjutnya bila nilai risiko ekonomi tersebut diklasifikasikan berdasarkan desa, maka Desa Cipaganti akan memiliki nilai risiko ekonomi yang terbesar, disusul oleh Desa Karamatwangi, Sukawargi serta

Tabel 3. Nilai Risiko Ekonomi Bencana Gunung Papandayan (dalam Miliar Rupiah)

Indikator / Desa	1	2	3	4	5	6	7	Total Risiko Ekonomi
Sukawargi	259,1	-	94,4	1,6	1,6	0,09	41,6	398,7
Sukatani	147,1	-	121,9	0,3	1,0	-	24,5	294,9
Cidatar	243,7	-	41,3	1,0	2,8	-	37,6	326,5
Cisero	46,2	0,2	71,3	0,6	0,5	-	15,9	134,7
Cisurupan	153,0	0,1	46,3	1,3	1,6	0,03	36,3	238,8
Karamatwangi	371,7	-	8,5	0,8	1,1	-	19,6	401,9
Balewangi	238,7	0,1	-	0,4	1,3	-	4,6	245,3
Tambakbaya	19,0	0,3	-	0,07	0,2	0,05	10,5	30,4
Sirnajaya	123,4	1,5	0,3	4,1	0,3	0,01	75,4	205,4
Sirnalih	46,1	-	0,1	0,2	0,1	0,1	22,2	69,0
Pakuwon	1,1	-	0,7	-	-	-	2,4	4,3
Simpangsari	37,7	-	-	-	-	-	4,0	41,7
Pangauban	191,7	-	-	-	1,1	0,1	6,5	199,5
Cipaganti	406,2	2,7	-	0,1	0,5	0,1	17,0	426,8
Pamulihan	4,6	2,7	-	0,2	-	-	15,3	22,9
Situsari	-	-	-	0,06	-	-	1,1	1,1

Sumber: hasil analisis, 2011

Keterangan Indikator

- | | |
|----------------|-----------------------------|
| 1) Permukiman | 5) Infrastruktur Pendidikan |
| 2) Persawahan | 6) Infrastruktur Kesehatan |
| 3) Perkebunan | 7) Infrastruktur Jalan |
| 4) Perladangan | |

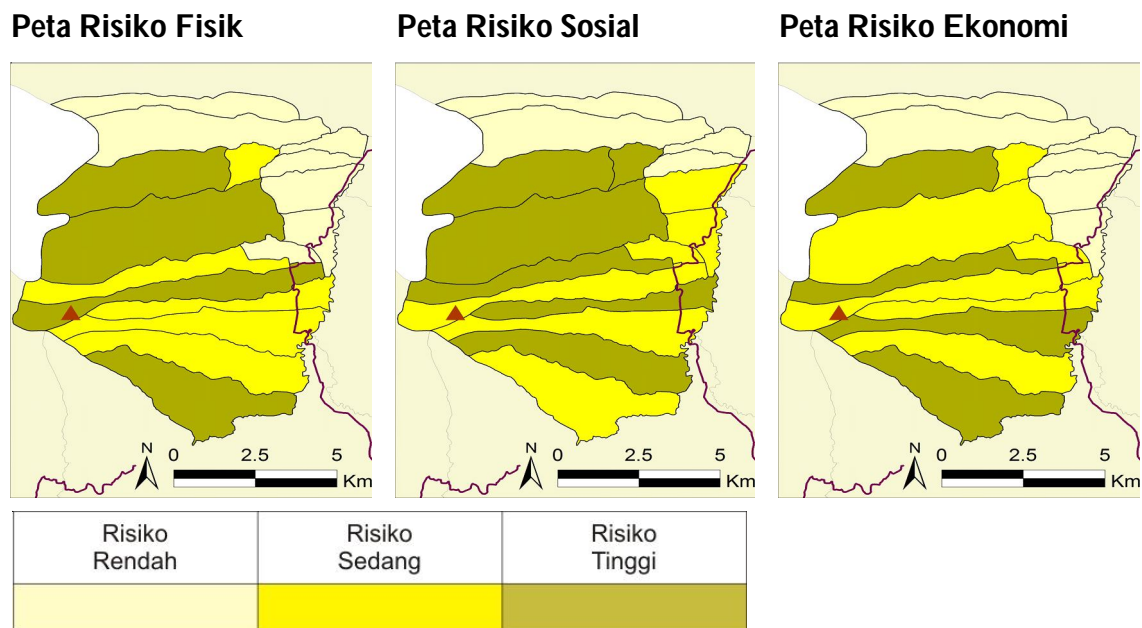
Catatan:

Harga dasar tiap jenis indikator didapatkan melalui proses wawancara kepada perangkat setiap desa. Setiap perangkat desa diasumsikan mengetahui kondisi wilayah desanya masing-masing

Cidatar, dimana kesemuanya diklasifikasikan pada zona risiko ekonomi tingkat tinggi (gambar 4). Hal ini kemudian dapat didefinisikan bahwa Desa Cipaganti adalah desa yang memiliki potensi kerugian finansial (dalam Rupiah) terbesar bila bencana Gunung Papandayan terjadi. Kerugian finansial disini adalah terbatas pada kerugian langsung, dalam hal ini yaitu kerusakan atau kehancuran fisik dari setiap jenis indikator fisik yang terkena bahaya erupsi Papandayan.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Potensi ancaman faktor bahaya (H) Gunung Papandayan yang memperlihatkan bahwa desa dengan nilai faktor bahaya terbesar adalah desa-desa yang secara geografis terletak di bagian timur laut wilayah studi Kecamatan Cisurupan, yaitu di arah bukaan kawah, selain juga tentunya yang memiliki jarak lebih dekat dengan kawah tersebut.
2. Penelitian ini telah mengidentifikasi perbedaan tingkat kerentanan secara keseluruhan untuk setiap indikator kerentanan fisik, sosial, maupun ekonomi (faktor kerentanan, V) di wilayah studi. Beberapa contoh misalnya, untuk indikator fisik persawahan lebih tinggi tingkat kerentanannya di bagian utara wilayah studi; indikator fisik perkebunan lebih tinggi tingkat kerentanannya di bagian selatan wilayah studi; indikator sosial kepadatan penduduk serta indikator ekonomi biaya bangun yang lebih tinggi tingkat kerentanannya di wilayah pusat kegiatan desa atau kecamatan.
3. Penelitian ini menghitung, bahwa secara umum, Desa Sirnajaya, berada pada zona risiko fisik dan sosial yang tertinggi. Akan tetapi, dari sisi risiko ekonomi dapat diidentifikasi bahwa Desa Cipaganti, Karamatwangi, Sukawargi, dan Cidatar berada pada zona risiko ekonomi tingkat tinggi bencana Gunung Papandayan.



Sumber: Hasil Analisis, 2011

Gambar 4. Peta Risiko Bencana Gunung Papandayan di Kecamatan Cisarupan

Dengan mengetahui lokasi daerah-daerah yang berbahaya, serta risiko yang tinggi untuk risiko fisik, sosial dan ekonomi, pemerintah dapat mengetahui tingkat bahaya dan kemungkinan lokasi yang berbahaya. Pengetahuan ini dapat diintegrasikan dengan arahan pembangunan yang dapat dibuat dengan melakukan 'overlay' antara peta risiko dengan rencana tata ruang yang ada.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bappeda Kabupaten Garut untuk penyediaan data sekunder dan rekan-rekan yang membantu dalam proses pengumpulan data: Ramanditya Wimbardana dan Donald Ganitua Sianturi. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada dua *reviewer* yang memberikan koreksi untuk perbaikan naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS Jawa Barat. 2009. *Luas Panen, Hasil Per Hektar dan Produksi Padi Jawa Barat*. Diakses dari <http://jabar.bps.go.id/index.php/pertanian/21-luas-panen-hasil-per-hektar-dan-produksi-padi-jawa-barat> pada 28 Juli 2011
- Coppola, D. 2007. *Introduction to International Disaster Management*. Oxford. Elsevier
- Cutter, Susan L., Mitchell, Jerry T., Scott, Michael S. 2000. *Revealing the Vulnerability of People and Places: A Case Study of George Town County, South Carolina*. *Annals of the Association of American Geographers*, 90(4), p. 713-737. Blackwell Publishers.
- Cutter, Susan L., Boruff, Bryan J., Shirley, W. Lynn. 2003. *Social Vulnerability to Environmental Hazards*. Southwestern Social Science Association.
- Dinas Pariwisata Jawa Barat. 2010. *Wisata Pegunungan-Gunung Papandayan*. Diakses dari <http://disparbud.jabarprov.go.id/wisata/dest-det.php?id=34&lang=id> pada 18 Juni 2011
- ESDM. 2007. *Peningkatan Status G. Papandayan menjadi Waspada*. Diakses dari http://psdg.bglesdm.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=513:peningkatan-status-gpapandayan-menjadi-waspada&catid=8:geology pada 18 Juni 2011
- ESDM. 2008. *Status Aktivitas Gunung Papandayan Ditingkatkan*. Diakses dari <http://www.esdm.go.id/berita/geologi/42-geologi/1658-status-aktivitas-gunung-papandayan-ditingkatkan.html> pada 18 Juni 2011
- Fauzi, Y., Susilo, B. dan Mayasari, Z. 2009, Analisis Kesesuaian Lahan Wilayah Pesisir Kota Bengkulu Melalui Perancangan Model Spasial dan Sistem Informasi Geografis (SIG), *Forum Geografi*, Vol. 23, No. 2, Desember 2009: 101-111
- Fothergill, A. 1996. *Gender, Risk, and Disaster*. *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, March 1996, Vol. 14, No.1, pp. 33-56. Department of Sociology, The Natural Hazards Center, University of Colorado, Colorado.

- Hadisantono, R. D., Sumpena, A. D., and Santoso, M. S. 1998. *Peta Kawasan Rawan Bencana Gunung Api Papandayan Provinsi Jawa Barat*. Direktorat Vulkanologi.
- Kecamatan Cisurupan dalam Angka 2010*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Garut
- Kelompok Keilmuan Geodesi ITB. *Pemantauan Deformasi Gunungapi Papandayan dengan GPS*. Diakses dari http://geodesy.gd.itb.ac.id/?page_id=288 pada 15 November 2011
- Kompas. 2011. *Gunung Papandayan Siaga*. Diakses dari <http://regional.kompas.com/read/2011/08/13/08025542/Gunung.Papandayan.Siaga> pada 13 Agustus 2011
- Lavigne, Franck. 1999. Lahar Hazard Micro-Zonation and Risk Assessment in Yogyakarta City, Indonesia. *Geo Journal* 49: 173–183. Netherlands. Kluwer Academic Publishers
- Lirer, L., Vitelli, L. 1998. *Volcanic Risk Assessment and Mapping in the Vesuvian Area Using GIS*. *Natural Hazards* 17:1-15
- Mutalazimah, Handaga, B., Sigit, A. Aplikasi Sistem Informasi Geografis pada Pemantauan Status Gizi Balita di Dinas Kesehatan Sukoharjo, *Forum Geografi*, Vol. 23, No. 2, Desember 2009, 153-166
- Pareschi, M. T., Cavarra, L., Favalli, M., Giannini, F., Meriggi, A. 2000. *GIS and Volcanic Risk Management*. *Natural Hazards* 21: 361-379. Netherlands. Kluwer Academic Publishers.
- Pemerintah Kabupaten Garut. 2011. *Profil Ekonomi*. Diakses dari http://www.garutkab.go.id/pub/static_menu/detail/ekonomi_profile_domestik pada 28 Juli 2011
- Permen ESDM (Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral) Nomor 15 Tahun 2011 tentang *Pedoman Mitigasi Bencana Gunung Api, Gerakan Tanah, Gempa Bumi, dan Tsunami*
- PKPU. 2002. *Laporan Bencana Alam Gunung Papandayan, Garut Jawa Barat*. Diakses dari <http://www.pkpu.or.id/news/laporan-bencana-alam-gunung-papandayan-garut-jawa-barat> pada 18 Juni 2011
- Prahasta, E. 2002. *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Informatika. Bandung.
- PVMBG. 1998. *Gunung Papandayan*. Diakses dari www.garutkab.go.id/galleries/pdf_link/sekilas/gunung_papandayan.pdf pada 1 April 2011
- Quesada, Jose Fernando Aceves, Salgado, Jesus Diaz, and Blanco, Jorge Lopez. 2007. *Vulnerability Assessment in A Volcanic Risk Evaluation in Central Mexico through A Multi-criteria-GIS Approach*. *Nat Hazards* (2007) 40:339–356. Springer Science+Business Media B.V.
- Sagala, S. and Bisri, M. 2011 *Perencanaan Tata Ruang Berbasis Kebencanaan di Indonesia*, dalam Anwar, H. dan Haryono, H. (2011) *Perspektif Kebencanaan dan Lingkungan di*

Indonesia: Studi Kasus dan Pengurangan Dampak Risikonya. Penerbit Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

Thouret, J. C., and Lavigne, Franck. 2000. *Hazards and Risks at Gunung Merapi, Central Java: A Case Study*.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang.

UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction). 2005. Hyogo Framework for Action 2005-2015: *Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters*. World Conference on Disaster Reduction 18-22 January 2005. Kobe, Hyogo, Japan.

United Nations. 2002. *Living With Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives*. United Nations/Inter-Agency Secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction. Geneva: UN/ISDR

Utami, P. 2008. *Measuring Social Vulnerability in Volcanic Hazards: The Case Study of Merapi Volcano, Indonesia*. University of Bristol Dissertation in degree of Master of Science in Science of Natural Hazards in the Faculty of Science

Westen, C. J. v., Montoya, Lorena, Boerboom, Luc. 2002. *Multihazard Risk Assessment Using GIS in Urban Areas: A Case Study for the City of Turrialba, Costa Rica*. The Regional Workshop on Best Practices in Disaster Mitigation. International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands and Elena Badilla Coto, Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica

Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. 2004. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disaster*. London. Routledge

Wittiri, S. R. 2004. *Gunung Api Indonesia*. Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi Direktorat Jenderal Geologi dan Sumberdaya Mineral Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.