

ANALISIS KERENTANAN FISIK BAHAYA BANJIR LAHAR DI DESA SEKITAR KALI PUTIH KABUPATEN MAGELANG

Muhammad Awaluddin Rizal

moza.awal@gmail.com

Dyah Rahmawati Hizbaron

emmahisbaron@gmail.com

Abstract

Vulnerability is a condition that describes the inability of the community or communities in the face of a disaster. Analysis of vulnerability is applied to handle those inabilities. Kali Putih is part of the Progo watershed which has affected by lahar flooding after the eruption of Merapi Volcano October 26, 2010. The method SMCE (Spatial Multi Criteria Evaluation) is used to determine the level of vulnerability in each villages, statistical data processing is applied into spatial data that differs into two scenarios, equal and physical scenarios. These scenarios are used to determine the effect of physical vulnerability to the total vulnerability. Equal scenario gives similar score in each types of vulnerability. Physical scenario emphasizes on physical criteria in higher scores. The result shows that the scenarios are not much different. Results comparison from distribution of physical vulnerability level in equal and physical scenarios are different, especially on villages that located alongside Kali Putih.

Keywords : Vulnerability, Lahar, Kali Putih, SMCE

Abstrak

Kerentanan merupakan kondisi yang menggambarkan ketidakmampuan masyarakat dalam menghadapi sebuah bencana. Analisis kerentanan berfungsi mengidentifikasi kemampuan masyarakat dalam menghadapi bencana. Kali Putih merupakan bagian daerah aliran sungai (DAS) Progo yang terkena aliran banjir lahar pasca erupsi Gunungapi Merapi 26 Oktober 2010. Metode SMCE (*Spatial Multi Criteria Evaluation*) digunakan untuk mengetahui tingkat kerentanan pada masing – masing desa dengan mengolah data statistik menjadi data spasial dan dibuat menjadi dua skenario yaitu skenario *equal* dan skenario fisik. Skenario digunakan untuk mengetahui pengaruh kerentanan fisik terhadap tingkat kerentanan total. Skenario *equal* memberikan skor yang sama pada masing – masing tipe kerentanan sebagai penyusun kerentanan total. Skenario fisik menekankan pada kriteria fisik dengan skor yang lebih tinggi. Hasil skenario menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda. Perbandingan hasil persebaran tingkat kerentanan fisik pada skenario *equal* dan skenario fisik menunjukkan perbedaan hasil kerentanan pada desa yang terletak di sekitar Kali Putih.

Kata Kunci : Kerentanan, Lahar, Kali Putih, SMCE

I. PENDAHULUAN

Pulau Jawa memiliki jumlah Gunungapi aktif teranyak dengan jumlah 35 buah. Salah satu gunungapi aktif yang ada di Indonesia adalah Gunungapi Merapi yang terletak di dua wilayah administratif yaitu Provinsi Jawa Tengah dan

D.I.Yogyakarta. Erupsi Gunungapi Merapi yang terjadi pada tanggal 26 Oktober – November 2010 masuk dalam kategori VEI skala 4. Hasil erupsi dengan skala besar tersebut menimbulkan bencana primer dan bencana skunder yang menimpa daerah disekitar Gunungapi Merapi. Bencana

primer gunungapi salah satunya berupa aliran lava, dan awan panas sedangkan bencana sekunder gunungapi adalah terjadinya banjir lahar. Sisa hasil erupsi pada 26 Oktober – 11 November masih menyisakan sisa endapan piroklastik dipuncak gunung Merapi diperkirakan masih terdapat sejumlah 130 juta m³. Saat musim penghujan, risiko terjadi bencana banjir lahar akan semakin besar, karena curah hujan tinggi yang terjadi pada bagian atas Gunungapi Merapi membawa endapan piroklastik dan menyebabkan terjadinya banjir lahar.

Sungai – sungai yang berhulu di Gunungapi Merapi diperkirakan masih menyimpan material hasil erupsi dengan jumlah yang banyak. Diperkirakan besarnya volume material hasil erupsi mencapai 130 juta m³ (BPPTK, 2010) dan tersimpan di sungai – sungai yang berhulu di Merapi. Salah satu sungai yang menjadi jalur banjir lahar pasca erupsi Merapi adalah Kali Putih. Kali Putih juga menyimpan kandungan material erupsi Merapi dengan jumlah volume material sebesar 18 juta m³. Bencana banjir lahar yang terjadi di sepanjang aliran Kali Putih menyebabkan kerusakan dan kerugian pada infrastruktur, pemukiman dan masyarakat yang tinggal di desa sekitar Kali Putih. Bencana banjir lahar di Kabupaten Magelang telah menenggelamkan sembilan belas kampung, memutus sebelas jembatan, menghancurkan lima dam, serta lebih dari 40000 orang mengungsi. Mengingat besarnya dampak yang ditimbulkan dari bencana banjir lahar yang melanda daerah sekitar Kali Putih diperlukan kajian tentang tingkat kerentanan bencana pada elemen risiko yang terdampak. Fungsi pengkajian kerentanan ini sebagai upaya untuk mengurangi risiko bencana terhadap banjir lahar (ISDR, 2005). Tujuan dari penelitian ini antara lain adalah untuk menilai tingkat kerentanan fisik pada desa sekitar Kali Putih dengan menggunakan skenario fisik dan skenario equal dengan metode SMCE dan mengetahui distribusi kerentanan pada

desa sekitar Kali Putih. Selain itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui upaya mitigasi bencana yang sudah dilakukan untuk memperkecil tingkat kerentanan pada daerah penelitian

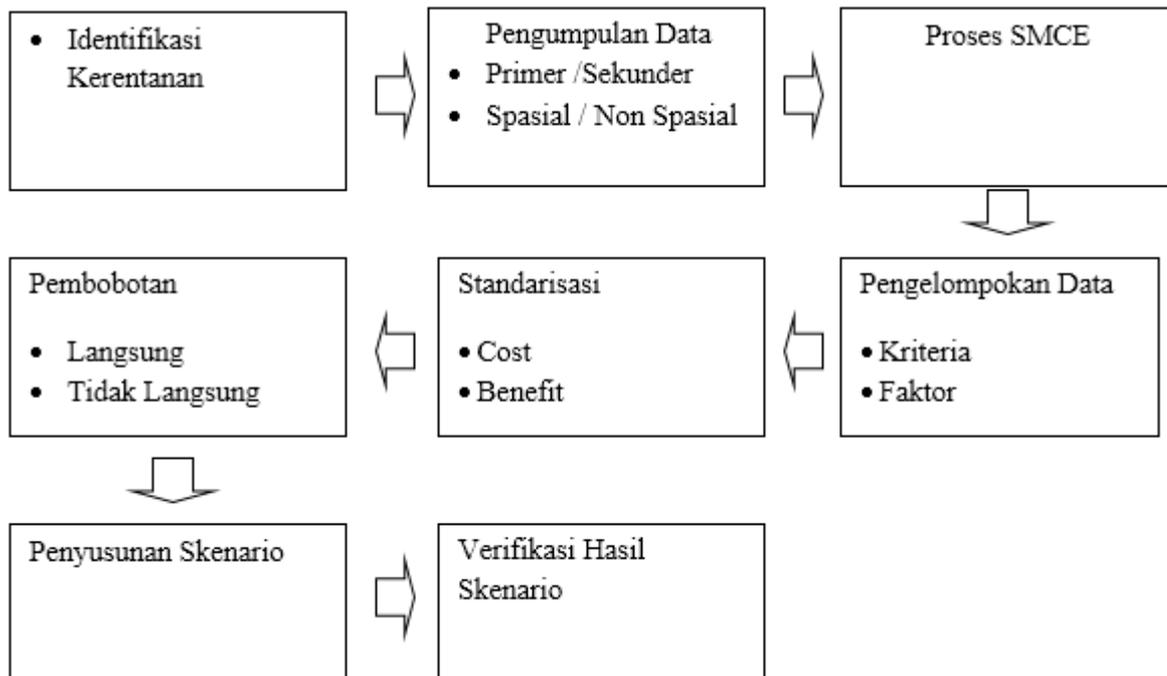
II. METODE PENELITIAN

Penelitian analisis kerentanan fisik bahaya banjir lahar di desa sekitar Kali Putih dilakukan dalam unit analisis desa. Terdapat 13 desa yang terletak di sepanjang aliran Kali Putih. Metode penilaian kerentanan dilakukan dengan menggunakan metode SMCE (Spatial Multi Criteria Evaluation). Metode ini adalah salah satu metode statistik yang telah menggunakan pendekatan spasial dan menggabungkan pendekatan statistik untuk mengakomodir keragaman jenis data. Metode SMCE memberikan output berupa peta kerentanan dengan menggabungkan data dari beberapa variabel yang memiliki standar dan jenis data yang berbeda. Penilaian Kerentanan memanfaatkan 4 kriteria kerentanan yang menjadi dasar penentuan kelas kerentanan di desa sekitar Kali Putih. Keempat kerentanan tersebut adalah kerentanan sosial ekonomi, kerentanan fisik, kerentanan demografi, kerentanan potensi kehilangan dan kerentanan fisik.

Penilaian kerentanan lebih di titik beratkan pada kerentanan fisik. Hal ini karena karakteristik bencana banjir lahar yang lebih banyak merusak bangunan fisik seperti pemukiman, dan fasilitas umum. Penilaian kerentanan menggunakan dua skenario dalam proses SMCE, yaitu skenario fisik sebagai skenario utama dan skenario equal sebagai skenario pembanding. Hasil kedua skenario tersebut merupakan representasi tingkat kerentanan pada 13 desa yang terletak di sepanjang aliran Kali Putih yang dihasilkan dari pengolahan menggunakan SMCE pada masing – masing faktor. Masing – masing kriteria memiliki faktor penyusun kerentanan yang berbeda, kriteria tersebut juga memiliki jenis data yang berbeda,

fungsi dari SMCE tersebut adalah untuk mengolah jenis data yang berbeda tersebut sehingga dapat digunakan untuk

mengetahui tingkat kerentanan pada desa. Proses SMCE secara sederhana dapat dilihat pada gambar 1 berikut



Gambar 1. Proses SMCE.

Metode pembobotan (*weight*) pada skenario fisik ataupun skenario *equal* menggunakan metode *Weight Pairwise Comparison*. Masing – masing kriteria dilakukan pembobotan dengan proses pembobotan menggunakan metode *Pairwise*. Metode *Pairwise* menggunakan fungsi *expert opinion* atau pendapat ahli yang akan menentukan hasil skoring pada masing – masing kriteria penyusun kerentanan. Fungsi dari metode *Pairwise* adalah menentukan besar kecilnya keterkaitan antara kriteria satu dengan yang lain. Perbedaan nilai pada kriteria skenario kerentanan fisik disebabkan peneliti ingin mengetahui besarnya pengaruh kerentanan fisik terhadap kerentanan total di daerah

penelitian. Mengingat besarnya kerugian yang ditimbulkan dan kerusakan yang ditimbulkan akibat kejadian banjir lahar tahun 2010 di daerah penelitian. Metode *Pairwise* dilakukan dengan membandingkan secara tingkat kepentingan antara masing – masing faktor dengan faktor yang lain.

Tabel 1. Skenario Pembobotan

Faktor	Skenario Pembobotan	
	Equal	Fisik
Fisik	0,25	0,59
Demografi	0,25	0,06
Sosial Ekonomi	0,25	0,17
Kehilangan	0,25	0,18

Proses setelah pembobotan dan pembuatan *criteria tree* adalah proses standarisasi. Standarisasi disini dilakukan pada masing – masing faktor kerentanan. Masing – masing faktor menunjukkan hubungan benefit. Proses standarisasi

merupakan proses melakukan standarisasi nilai – nilai yang ada pada masing – masing faktor. Standarisasi dilakukan dengan metode *fuzzy logic*. Standarisasi dengan *fuzzy logic* menunjukkan nilai antara 0 -1 dari nilai yang ada. Proses standarisasi

menunjukkan bahwa seluruh faktor kerentanan menunjukkan hubungan *benefit*. Artinya seluruh faktor kerentanan pada

masing – masing kriteria memiliki hubungan positif terhadap nilai kerentanan.

Tabel 2. Faktor Penyusun Kerentanan

Kriteria	Data	Standar isasi	Pembobotan Skenario	
			Equal	Fisik
Faktor Demografi			0,25	0,06
Jumlah Penduduk	Atribute - Ordinal	Fuzzy - Maxim um	0,13	0,13
Kepadatan Penduduk	Atribute - Nominal		0,13	0,13
Jumlah Anak	Atribute - Ordinal		0,13	0,13
Total Lansia / Desa	Atribute - Ordinal		0,13	0,13
Jumlah Penduduk Tidak Sekolah	Atribute - Ordinal		0,13	0,13
Jumlah Penduduk Tidak Bisa Baca Tulis	Atribute - Ordinal		0,13	0,13
Jumlah Penduduk Wanita	Atribute - Ordinal		0,13	0,13
Dependensi Rasio	Atribute - Rasio		0,13	0,13
Faktor Fisik				0,25
Kepemilikan Jalur Evakuasi	Atribute - Ordinal	Fuzzy - Maxim um	0,20	0,20
Jumlah Fasilitas Kritis	Atribute - Ordinal		0,20	0,20
Lereng	Raster		0,20	0,20
Penggunaan Lahan Pemukiman	Raster		0,20	0,20
Jarak dari sungai	Raster		0,20	0,20
Faktor Sosial Ekonomi			0,25	0,17
Jumlah KK Miskin	Atribute - Ordinal	Fuzzy - Maxim um	0,33	0,33
Jumlah Penduduk Buruh	Atribute - Ordinal		0,33	0,33
Rasio Lahan Produktif	Atribute - Rasio		0,33	0,33
Faktor Kehilangan			0,25	0,18
Jumlah Rumah Rusak	Atribute - Ordinal	Fuzzy - Maxim um	0,33	0,33
Luas Area Terdampak	Atribute - Ordinal		0,33	0,33
Luas Sawah Terancam Banjir Lahar (Ha)	Atribute - Ordinal		0,33	0,33

Proses terakhir pada metode *Spatial Multi Criteria Evaluation* ini adalah pembuatan skenario kerentanan. Skenario kerentanan pada penelitian ini menggunakan dua skenario yaitu skenario *equal* dan skenario kerentanan fisik. Metode skenario yang digunakan adalah dengan menggunakan *Slicing*. Metode *Slicing* digunakan dengan mengiris atau membagi hasil peta kerentanan menjadi

beberapa kelas. Baik skenario *equal* maupun skenario fisik pada masing – masing kriteria, yaitu kriteria demografi, kriteria fisik, kriteria sosial ekonomi, dan kriteria kehilangan menggunakan kelas kerentanan yang sama. Tingkat kerentanan terdiri dari lima kelas

yaitu kerentanan sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerentanan Skenario Fisik

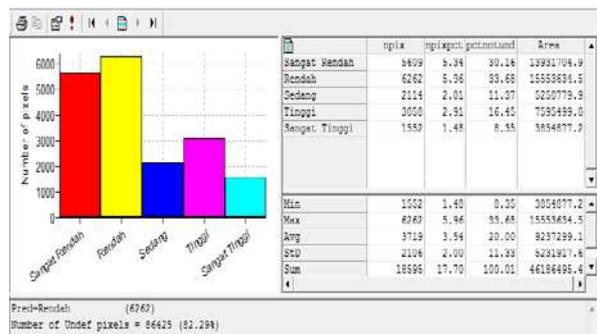
Kerentanan fisik (infrastruktur) menggambarkan perkiraan tingkat kerusakan terhadap fisik (infrastruktur) bila ada faktor berbahaya (*hazard*) tertentu. Penelitian ini menggunakan parameter kerentanan fisik kepemilikan jalur evakuasi, jumlah fasilitas kritis, lereng, penggunaan lahan (pemukiman), dan jarak dari sungai. Penggunaan kelima parameter tersebut disebabkan keterbatasan data pada instansi terkait. Hal ini tidak lepas dari peran Pemda Kabupaten Magelang yang baru membentuk Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) tahun 2011, yaitu pasca terjadinya bencana banjir lahar sehingga peneliti mengalami kesulitan pada saat pengumpulan parameter untuk kriteria kerentanan fisik

Kriteria fisik pada penelitian kali ini memiliki aspek yang besar dalam penentuan kerentanan skenario fisik pada daerah penelitian. Berdasarkan hasil skoring yang dilakukan pada skenario fisik, kriteria fisik memiliki skor yang lebih besar jika dibandingkan dengan kriteria kerentanan lainnya. Skor kerentanan fisik pada skenario fisik sebesar 0,59 dari total nilai kerentanan yang berjumlah 1. Kelas kerentanan tersebut terdiri dari kelas kerentanan sangat rendah, kerentanan rendah, kerentanan sedang, kerentanan tinggi, dan kerentanan sangat tinggi.

Kondisi faktor fisik pada daerah penelitian memberikan kontribusi terhadap tingkat kerentanan pada daerah penelitian. Faktor fisik yang memengaruhi kerentanan fisik meliputi jumlah jalur evakuasi, jumlah fasilitas kritis, lereng, penggunaan lahan pemukiman, dan jarak dari sungai. Indeks komposite pada skenario kerentanan fisik menunjukkan nilai 0,29 – 078. Untuk membuat distribusi nilai kerentanan hasil skenario maka tidak dilakukan pengkelasan menggunakan interval 0; 0,25 ; 0,5 ; 0,75; dan 1. Hal ini dilakukan karena pada saat

peneliti menggunakan skala antara range 0 – 1 data hasil skenario kerentanan tidak terdistribusi dengan normal, sehingga banyak menghasilkan kelas kerentanan sedang.

Histogram skenario kerentanan fisik menunjukkan bahwa sebagian besar daerah penelitian masuk dalam tingkat kerentanan rendah (33,68%), tingkat kerentanan sangat rendah (30,16%), kerentanan tinggi (16,45%), kerentanan sedang (11,37%) dan kerentanan sangat tinggi (8,36%). Tingkat kerentanan fisik pada daerah penelitian sebagian besar menunjukkan tingkat rendah. Berdasarkan peta hasil skenario kerentanan fisik menggunakan SMCE (Gambar 3) desa yang memiliki tingkat kerentanan sangat tinggi dan tinggi terletak pada Desa Jumoyo dan Desa Gulon. Beberapa bagian wilayah dari Desa Jumoyo memiliki tingkat kerentanan sangat tinggi. Wilayah dengan tingkat kerentanan sangat tinggi berasosiasi dengan letak jarak dari sungai. Seperti yang diketahui bahwa Desa Jumoyo menjadi tempat pertamakali lahar meluap sehingga menimbulkan banjir. Banjir lahar yang melanda Desa Jumoyo banyak merusak pemukiman dan memutus jalan Magelang pada saat kejadian banjir lahar



Gambar 2. Histogram Skenario Kerentanan Fisik

Desa Gulon yang terletak di sebelah barat Desa Jumoyo juga memiliki tingkat kerentanan tinggi dan pada beberapa bagian wilayahnya memiliki tingkat kerentanan sangat tinggi. Letak geografis Desa Gulon yang berada tidak jauh dari Kali Pabelan

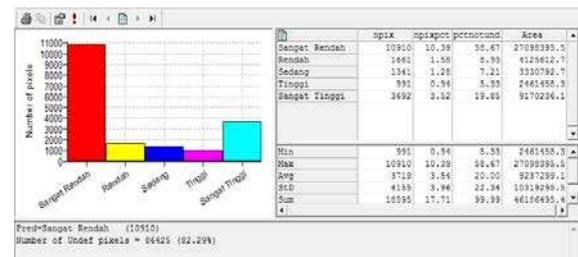
menjadi salah satu penyebab tingginya tingkat kerentanan fisik. Seperti yang telah disajikan dalam peta kerentanan fisik (Gambar 3) menunjukkan bahwa daerah dengan kerentanan sangat tinggi (merah) pada Desa Gulon sebagian besar tersebar pada bagian barat desa yang berdekatan dengan Kali Pabelan.

Desa Sirahan yang terletak pada bagian meander Kali Putih yang jebol tanggul sungainya karena terjangan aliran lahar memiliki tingkat kerentanan sedang hingga tinggi. Sifat banjir lahar yang bergerak mengikuti gravitasi menyebabkan tanggul sungai yang berada di Desa Sirahan mengalami jebol dan menghanyutkan 11 rumah serta merusak 58 rumah dengan tingkat kerusakan berat. Faktor lereng dan jarak dari sungai yang menyebabkan tingkat kerentanan fisik pada Desa Sirahan masuk dalam tingkat kerentanan sedang hingga kerentanan tinggi. Jarak Desa Sirahan yang ≤ 50 meter dari badan Kali Putih serta letaknya yang berada pada meander meningkatkan tingkat kerentanan. Beberapa fasilitas kritis seperti sekolah, dan masjid yang berada di Desa Sirahan juga mengalami kerusakan berat pasca bencana banjir lahar sehingga meningkatkan tingkat kerentanan fisik pada Desa Sirahan.

Kerentanan Equal

Hasil skenario kerentanan equal tidak jauh berbeda dengan hasil skenario kerentanan fisik. Pola spasial kerentanan pada masing – masing desa juga memiliki hasil yang hampir sama. Desa Jumoyo dan Desa Gulon masih masuk dalam kategori kerentanan tinggi hingga sangat tinggi. Desa Sirahan juga memiliki tingkat kerentanan tinggi, persebaran wilayah yang memiliki tingkat kerentanan tinggi berada pada daerah yang dekat dengan Kali Putih yang mengalami jebol tanggul sungainya saat banjir lahar sehingga melanda Desa Sirahan. Untuk desa yang terletak pada bagian hulu Kali Putih yaitu

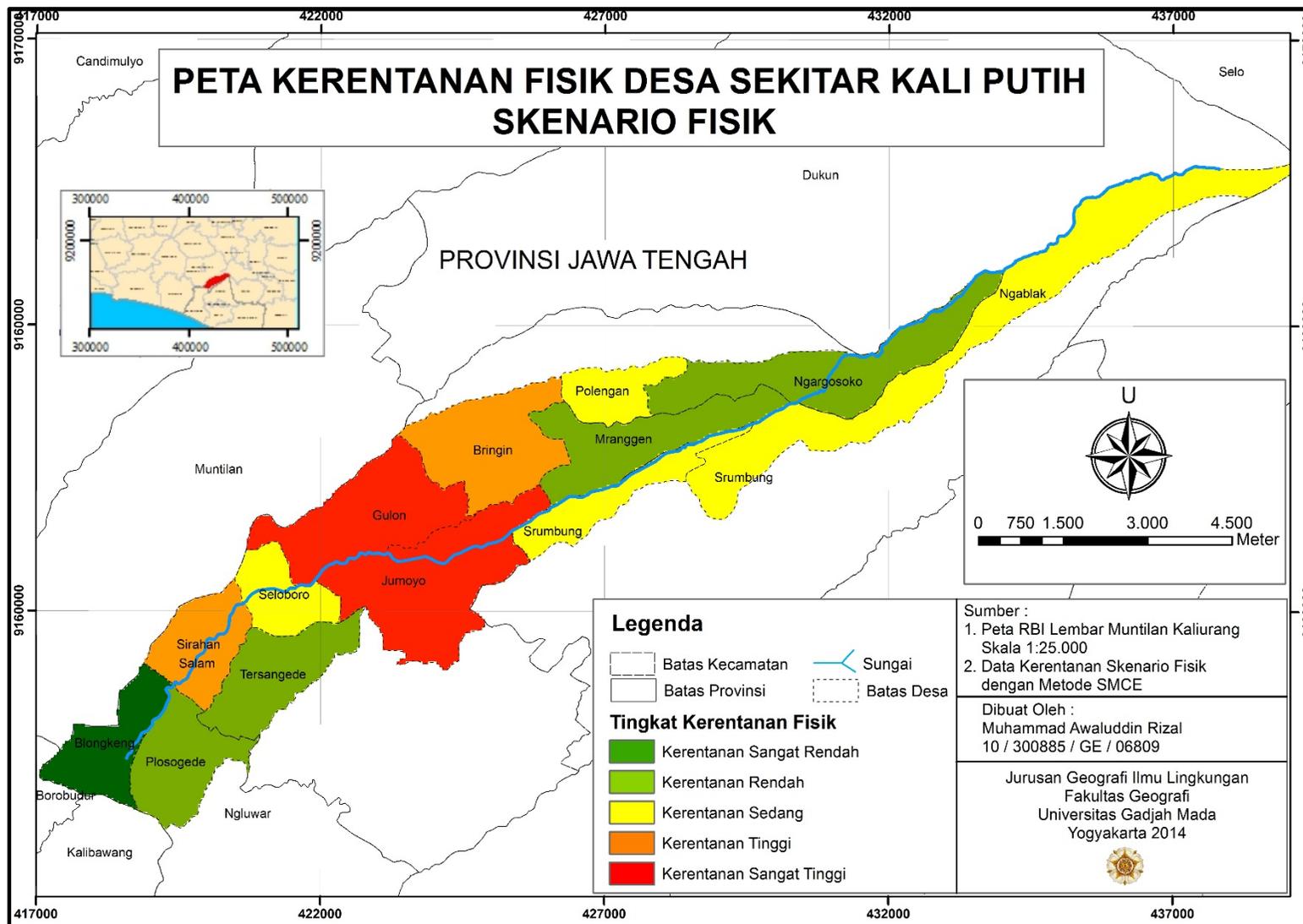
Desa Ngablak, Ngargosoko, Srumbung, Polengan, dan Mranggen memiliki tingkat kerentanan sangat rendah. Sebagian besar daerah penelitian memiliki tingkat kerentanan sangat rendah berdasarkan hasil pengolahan skenario equal (Gambar 4). Tingkat kerentanan sangat rendah sebesar (58,67%), kerentanan rendah (8,93%), kerentanan sedang (7,21%) kerentanan tinggi (5,33%) dan kerentanan sangat tinggi (19,85%)



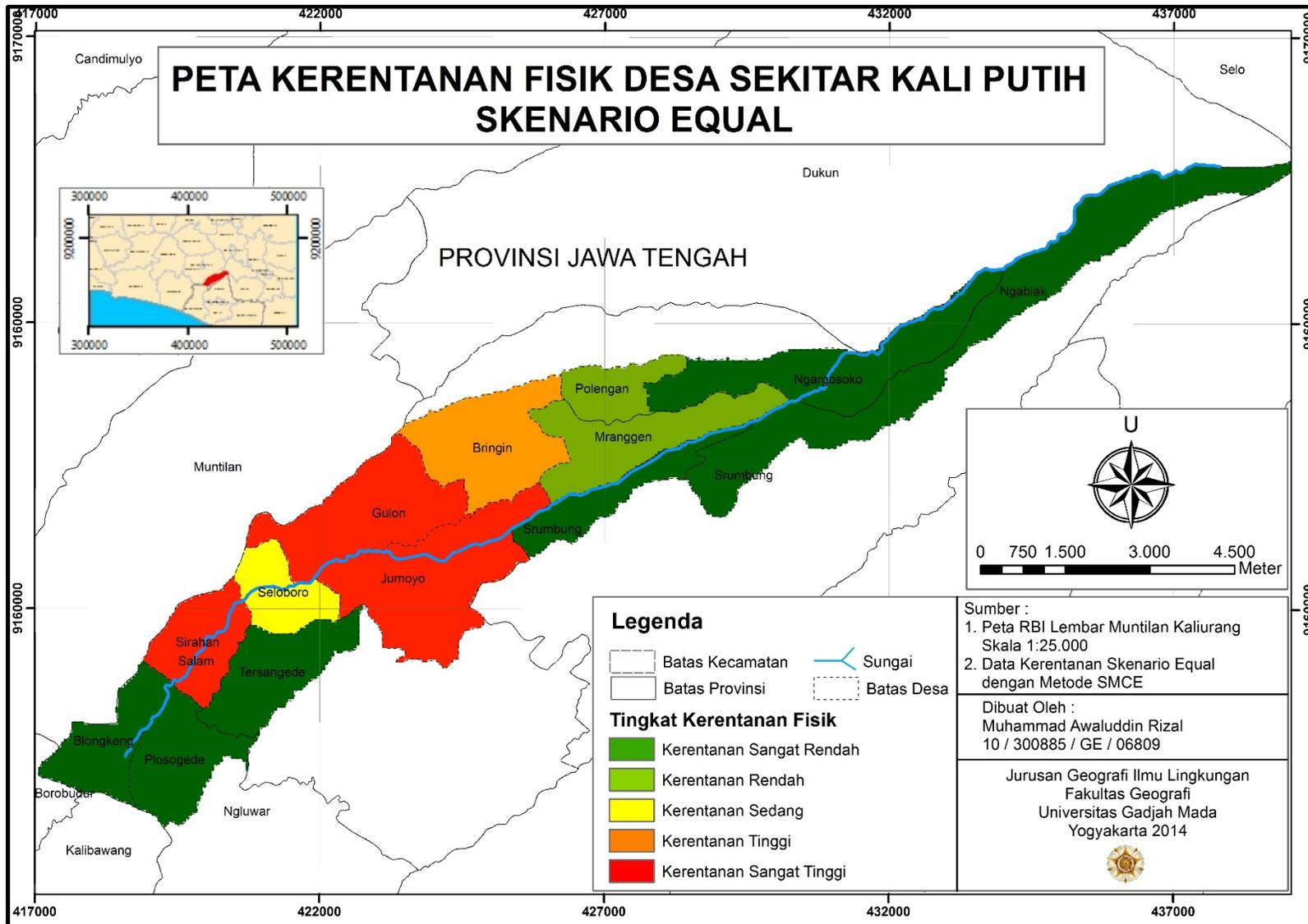
Gambar 3. Histogram Skenario Kerentanan Equal

Mitigasi Struktural

Berdasarkan karakteristik bahaya banjir lahar yang terjadi, pembuatan sabo lebih difokuskan pada bagian lereng barat, selatan dan tenggara Gunungapi Merapi. Kali Putih merupakan salah satu sungai yang terletak di lereng barat gunungapi Merapi yang sering menjadi lintasan aliran lahar. Kondisi lereng barat Merapi yang mempunyai struktur umur lebih muda menyebabkan material endapan hasil erupsi tidak sekompak material yang berada di lereng timur. Faktor tersebut menyebabkan aliran lahar cenderung mengalir ke bagian lereng barat Gunungapi Merapi. Pembuatan bangunan sabo seperti bangunan pengendali dasar sedimen (*check dam*), kantong lahar (*sand pocket*), bendungan pengendali dasar sungai, krib, kanalisasi, perkuatan tebing dan lain – lain telah dilakukan pada 10 sungai yang berhulu di Merapi dimana salah satunya adalah Kali Putih.



Gambar 4. Peta Kerentanan Fisik Skenario Fisik



Gambar 5. Peta Kerentanan Fisik Skenario Equal

Upaya mitigasi struktural lainnya yang dilakukan oleh pemerintah setempat adalah dengan penguatan dinding sungai yaitu membuat jaring – jaring dari kawat dengan mengaitkan pada batu sisa material piroklastik yang dibawa oleh aliran lahar (Gambar 4.26). Tujuan dari penguatan dinding – dinding sungai ini adalah untuk meminimalisir terjadinya longsor tebing sungai yang dapat meningkatkan risiko terhadap bahaya banjir lahar yang dapat terjadi sewaktu – waktu

Mitigasi struktural selanjutnya dilakukan adalah dengan melakukan relokasi masyarakat pada daerah yang terdampak langsung bencana banjir lahar. Relokasi masyarakat pada daerah yang dianggap lebih aman tersebut dilakukan dengan pembuatan Huntap (Hunian tetap). Pemberian Huntap hanya diberikan kepada masyarakat yang mengalami kerusakan rumah berat dan hilang atau rumah penduduk yang berisiko terkena dampak bencana banjir lahar. Masyarakat yang tinggal di wilayah hilir Kali Putih yang terkena dampak banjir lahar serta masyarakat yang tinggal di lereng kaki Gunungapi Merapi yang terkena dampak erupsi Merapi tahun 2010 juga mendapatkan Huntap dari BPBD Kab Magelang.

Namun tidak seluruh warga yang mendapatkan jatah relokasi bersedia untuk direlokasi. Seperti pada kasus Dusun Gulon, dimana seluruh masyarakatnya menolak untuk relokasi dari tempat yang ditinggali saat ini. Dusun Gulon merupakan dusun yang terletak di Desa Jumoyo yang terletak pada titik banjir lahar mulai meluap. Letak Dusun Jumoyo yang terletak di tekuk lereng Kali Putih menyebabkan dusun tersebut terdampak sangat parah saat kejadian banjir lahar tahun 2010 – 2011 lalu sehingga BNPB mengkategorikan Dusun Gulon termasuk dalam zona bahaya banjir lahar. Oleh sebab itu, masyarakat Dusun Gulon diminta untuk melakukan relokasi Oleh BPBD Kab Magelang bersama Pemda Magelang. Berdasarkan hasil *Indepth*

Interview yang dilakukan peneliti dengan Kepala Dusun Gulon, masyarakat menolak untuk direlokasi dengan alasan khawatir tidak akan memperoleh kehidupan yang lebih baik. Mereka beranggapan bahwa belum tentu jika pindah di tempat yang lebih aman dari bahaya, mereka akan memperoleh kehidupan ekonomi yang lebih baik. Karena diperlukan adaptasi yang cukup lama untuk menyesuaikan dengan kondisi yang baru.

Berdasarkan hasil survei dan *Indepth Interview* yang dilakukan peneliti oleh peneliti kepada pemerintah Kecamatan Salam telah melakukan sosialisasi kepada masyarakat tentang bahaya banjir lahar serta dampak yang akan terjadi terhadap masyarakat di masa yang akan datang. Beberapa pelatihan tanggap bencana yang diinisiasi oleh BPBD Kab Magelang juga telah dilakukan sebagai upaya mitigasi nonstruktural. Pembentukan organisasi seperti TAGANA yang ada pada Desa Gulon dan Desa Jumoyo juga sebagai bentuk mitigasi nonstruktural yang telah dilakukan oleh pemerintah dan masyarakat setempat. Mitigasi nonstruktural dapat dilakukan secara bersama – sama antara masyarakat dan pemerintah. Masyarakat baik sebagai individu maupun masyarakat secara keseluruhan dapat berperan secara signifikan dalam manajemen bencana banjir lahar yang bertujuan untuk meminimalisir dampak dari bencana banjir lahar.

Hambatan pelaksanaan mitigasi antara lain rendahnya biaya, rendahnya dukungan politik, isu – isu sosial budaya, dan persepsi masyarakat terhadap risiko (Mileti, 1999 dalam Kusumasari, 2014). Mitigasi dapat menjadi sebuah kegiatan yang sangat mahal. Faktanya adalah pemerintah memiliki anggaran terbatas untuk mendukung pembangunan dan banyak pemerintah yang menganggap bencana sebagai peristiwa yang kebetulan terjadi dan mungkin tidak akan terjadi. Rendahnya tingkat dukungan politik juga dianggap sebagai kendala dalam

pelaksanaan mitigasi pada program pemerintah.

IV KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan seperti berikut : Penilaian kerentanan fisik pada daerah penelitian menggunakan metode SMCE (*Spatial Multi Criteria Evaluation*) yang menghasilkan dua skenario kerentanan, yaitu skenario kerentanan fisik dan skenario equal sebagai pembanding. Hasil penilaian kerentanan skenario fisik menggunakan SMCE menunjukkan Desa Jumoyo dan Desa Gulon memiliki tingkat kerentanan tinggi hingga sangat tinggi. Desa Seloboro memiliki tingkat kerentanan sedang hingga tinggi, dan seluruh desa yang terletak pada bagian hulu memiliki tingkat kerentanan rendah – sangat rendah. Skenario Equal menunjukkan hasil distribusi kerentanan fisik yang hampir sama dengan kerentanan skenario fisik. Desa Jumoyo dan Gulon memiliki tingkat kerentanan tinggi – sangat tinggi dan Desa Sirahan memiliki tingkat kerentanan sedang – tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa skenario kerentanan fisik mempunyai hasil yang relevan karena memiliki hasil serta distribusi yang hampir sama dengan skenario equal.

Mitigasi struktural yang sudah dilakukan pada daerah penelitian terhadap bencana banjir lahar adalah pembuatan Sabo Dam sebanyak 22 buah, melakukan relokasi warga yang terletak pada daerah yang terdampak oleh banjir lahar dengan jumlah huntap sebanyak 40 Huntap, membuat dan memperbaiki tanggul sungai sepanjang aliran Kali Putih. Mitigasi non struktural pembuatan organisasi TAGANA, pelaksanaan simulasi tanggap bencana dan sosialisasi bencana banjir lahar.

DAFTAR PUSTAKA

- Bronto, Sutikno. 2001. **Volkanologi**. Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta. Yogyakarta
- Disater Prevention and Mitigation. Seismological Aspect 3. 2005. **United Nation – International Strategy for Disaster Reduction**. USA
- Giyarsih. 2013. **Aspek Sosial Banjir Lahar**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Hizbaron, Rahmawati, D. 2012. Integration of Vulnerability Assessment, Into Seismic Based Spatial Plan in Bantul, Yogyakarta, Indonesia. **Doctoral Dissertation**. UGM. Environmental Science
- Kusumasari. B. 2014. **Manajemen Bencana dan Kapabilitas Pemerintah Lokal**. Gava Media. Yogyakarta
- Lavigne. F.J., Thoret.B., Voight. H., Suwa.A., Sumaryono. 2000. Lahars at Merapi Vulcano. Central Java. **Jurnal of Vulcanology and Geothermal Research** 100(2000) 423-456
- Westen, C.V., Kingma, N. 2006. Section 4. **Element at Risk. Multi Hazard Risk Assessment**. United Nations University. ITC. Endesce. The Netherland
- Westen, C.V.,Kingma, N. 2006. Section 5. **Vulnerability Assessment. Multi Hazard Risk Assessment**. United Nations University. ITC. Endesce. The Netherland