

KAJIAN PEMETAAN KERENTANAN BENCANA GUNUNG SLAMET

Fajri Ramadhan, Arief Laila Nugraha, Bambang Sudarsono^{*)}

Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedharto SH, Tembalang Semarang. Telp. (024)76480785, Fax. (024)76480788
e-mail : ramadhanfajri20@gmail.com^{*)}

ABSTRAK

Erupsi gunung api dapat menghasilkan sejumlah bencana, seperti aliran lava, jatuhnya piroklastik, awan panas, serta kejadian erupsi gunung api yang dapat terjadi sewaktu-waktu. Oleh karena itu mitigasi bencana diperlukan sebagai salah satu upaya untuk mengurangi dampak dari bencana erupsi gunung api. Salah satunya adalah dengan melakukan kajian terhadap bencana letusan gunung api. Kajian yang dilakukan adalah kajian terhadap prediksi aliran lava dan kajian terhadap kerentanan di wilayah Gunung Slamet. Prediksi aliran lava dibuat dengan menggunakan data DEM. Klasifikasi tutupan lahan dibuat dengan menggunakan citra Sentinel 2-A. Hasil dari prediksi aliran lava dan klasifikasi tutupan lahan dilakukan proses overlay untuk mendapatkan area lahan yang terkena akibat prediksi aliran lava. Kerentanan yang digunakan adalah kerentanan fisik. Aturan yang digunakan untuk skoring dan pembobotan berdasarkan Perka BNPB Nomor 12 tahun 2012. Prediksi aliran lava dibuat dengan menggunakan *processing toolbox TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Model)* pada *software QGIS*. Area yang paling luas terkena dampak aliran lava adalah hutan dengan rincian berdasarkan masing-masing aliran, aliran lava 25 meter terkena seluas 501,91 hektar dengan persentase 62,10 %, aliran lava 50 meter terkena seluas 483,92 hektar dengan persentase 64,42 %, aliran lava 75 meter terkena seluas 465,93 hektar dengan persentase 66,51 %. Dari hasil analisis tingkat kerentanan fisik maka dihasilkan tiga tingkat kerentanan. Kerentanan tinggi sebesar 817,34 hektar dengan persentase 4,06 %, kerentanan sedang sebesar 7,44 hektar dengan persentase 0,04 %, kerentanan rendah sebesar 19.281,41 hektar dengan persentase 95,90 %.

Kata Kunci : Aliran Lava, Bencana, Gunung Slamet, Kerentanan, Tutupan Lahan

ABSTRACT

Volcanic eruption can produce several disasters, such as lava flows, pyroclastic fall, and hot clouds, and volcanic eruption events that can occur at any time. Therefore, disaster mitigation is needed as an effort to reduce the impact of volcanic eruption disaster. One of them is to do a study of volcanic eruption disaster. The study that do in this research is about study of lava flow prediction and study of vulnerability in area of Mount Slamet. Lava flow prediction is made using DEM. The classification of land cover is made using the image of Sentinel 2-A. The results from lava flow prediction and land cover classification were overlayed to obtain the affected land area due to lava flow prediction. The vulnerability used is physical vulnerability. Rules used for scoring and weighting based on Perka BNPB number 12 year 2012. Lava flow prediction is made by using TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Model) processing toolbox in QGIS. The most area that affected by lava flow prediction are forest with details based on each lava flow, 25 meters lava flows exposed by 501,91 hectare with percentage 62,10 %, 50 meters lava flows exposed by 483,92 hectare with percentage 64,42 %, 75 meters lava flows exposed by 465,93 hectare with percentage 66,51 %. From the analysis of physical vulnerability level, three level of vulnerability are generated. High vulnerability has 817,34 hectare with percentage 4,06 %, medium vulnerability has 7,44 hectare with percentage 0,04 %, low vulnerability has 19.281,41 hectare with percentage 95,90 %.

Keywords: Disaster, Land Cover, Lava Flow, Mount Slamet, Vulnerability

^{*)}Penulis, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang rawan bencana dilihat dari aspek geografis, klimatologis dan demografis. Letak geografis Indonesia di antara dua benua dan dua samudera menyebabkan Indonesia mempunyai potensi yang cukup bagus dalam perekonomian sekaligus juga rawan dengan bencana. Secara geologis, Indonesia terletak pada 3 (tiga) lempeng yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Pasifik yang membuat Indonesia kaya dengan cadangan mineral sekaligus mempunyai dinamika geologis yang sangat dinamis yang mengakibatkan potensi bencana gempa, tsunami dan gerakan tanah/longsor. Selain itu, Indonesia mempunyai banyak gunung api aktif yang sewaktu-waktu dapat meletus. Sedangkan secara demografis, jumlah penduduk yang sangat banyak dengan keberagaman suku, budaya, agama dan kondisi ekonomi dan politik menyebabkan Indonesia sangat kaya sekaligus berpotensi menjadi pemicu konflik akibat kemajemukannya tersebut (BNPB, 2012)

Letak gunung api yang masih aktif tersebar di berbagai pulau di Indonesia. Salah satu gunung yang masih aktif yang ada di pulau Jawa adalah Gunung Slamet yang terletak di provinsi Jawa Tengah. Lokasi administratif Gunung Slamet terletak diantara lima kabupaten, yaitu Kabupaten Brebes, Kabupaten Banyumas, Kabupaten Purbalingga, Kabupaten Pemasang, dan Kabupaten Tegal. Berdasarkan data dari PVMBG (2014), Gunung Slamet tercatat mengalami letusan pertama kali pada tahun 1772. Kemudian semenjak kejadian tersebut hingga saat ini, Gunung Slamet sudah mengalami banyak kejadian letusan.

Erupsi gunung api menghasilkan sejumlah bencana, antara lain adalah aliran lava, jatuhnya piroklastik, dan awan panas. Kejadian bencana letusan gunung api dapat terjadi sewaktu-waktu tanpa diketahui secara pasti kapan terjadinya. Oleh karena itu jika sewaktu-waktu gunung api mengalami erupsi maka penduduk sekitarnya yang akan mendapatkan efek dari bencana ini.

Efek dari kejadian letusan gunung api pun bermacam-macam. Dengan meletusnya gunung api maka dapat diprediksi bahwa aktifitas kegiatan sehari-hari penduduk disekitar gunung pun akan lumpuh. Tercemarnya udara dengan abu akibat letusan gunung api yang mengandung bermacam-macam partikel yang berbahaya akan dapat membahayakan penduduk disekitarnya. Lava yang keluar dari gunung api akan dapat merusak tata guna lahan disekitarnya, mulai dari hutan, ladang pertanian, perkebunan, hingga permukiman warga. Maka dari itu diperlukanlah suatu upaya pencegahan, yaitu mitigasi bencana.

Mitigasi bencana adalah suatu upaya untuk mengurangi atau meminimalisir akibat atau dampak

yang terjadi dari suatu peristiwa bencana. Dalam hal ini, mitigasi bencana diperlukan sebagai salah satu bentuk pencegahan terhadap dampak yang terjadi dari bencana letusan gunung api. Upaya yang dilakukan dari mitigasi bencana bermacam-macam. Salah satunya adalah dengan melakukan kajian terhadap bencana letusan gunung api. Kajian yang dimaksud pada penelitian ini adalah kajian terhadap prediksi aliran lava dan kajian kerentanan di wilayah Gunung Slamet.

Kerentanan suatu kondisi dari suatu komunitas atau masyarakat yang mengarah atau menyebabkan ketidakmampuan dalam menghadapi ancaman bencana (BNPB, 2012). Kerentanan terbagi menjadi beberapa faktor, namun di dalam penelitian ini faktor kerentanan yang dipakai adalah kerentanan fisik. Tingkat kerentanan akan dibagi menjadi tiga tingkat, yaitu daerah yang mempunyai kerentanan rendah, sedang, dan tinggi.

Informasi mengenai model prediksi jalur aliran lava akan bermanfaat sebagai salah satu bentuk mitigasi bencana. Model prediksi aliran lava diperoleh dari pengolahan data DEM. Dengan mengetahui model prediksi aliran lava maka dapat diketahui daerah yang akan dilalui oleh lava tersebut.

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai prediksi aliran lava dan tingkat kerentanan bencana Gunung Slamet. Hal ini dilakukan sebagai salah satu bentuk mitigasi bencana.

I.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara dan hasil dari pemodelan prediksi aliran lava dengan menggunakan data DEM?
2. Bagaimana analisis spasial terkait dengan dampak dari model prediksi aliran lava Gunung Slamet terhadap tutupan lahan di sekitar area Gunung Slamet?
3. Bagaimana tingkat kerentanan fisik di wilayah Gunung Slamet?

I.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui cara dan hasil dari pemodelan prediksi aliran lava dengan menggunakan data DEM.
2. Mengetahui analisis spasial terkait dengan dampak dari model prediksi aliran lava Gunung Slamet terhadap tutupan lahan di sekitar di sekitar area Gunung Slamet.
3. Mengetahui tingkat kerentanan fisik di wilayah Gunung Slamet.

I.4. Ruang Lingkup

Adapun Ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya dibatasi di daerah Gunung Slamet dengan radius sesuai dengan zona kawasan rawan bencana Gunung Slamet.
2. Data citra satelit yang digunakan adalah citra Satelit Sentinel-2A tahun 2017
3. Data DEM yang digunakan adalah DEM TerraSAR tahun 2011.
4. Kerentanan yang dipakai pada penelitian ini adalah kerentanan fisik.
5. Parameter fasilitas umum yang digunakan adalah data jumlah sekolah. Parameter fasilitas kritis yang digunakan adalah data jumlah puskesmas dan rumah sakit.
6. Perhitungan nilai kerugian pada parameter fasilitas umum dan fasilitas kritis menggunakan data PDRB masing-masing kabupaten. Parameter fasilitas umum pada sektor jasa pendidikan. Parameter fasilitas kritis pada sektor jasa kesehatan dan kegiatan sosial
7. Pemodelan prediksi aliran lava sejauh batas maksimal dari kawasan rawan bencana yang telah ditentukan.

I.5. Lokasi Penelitian

Objek lokasi penelitian ini adalah Gunung Slamet. Gunung Slamet terletak di Provinsi Jawa Tengah. Secara geografi, Gunung Slamet terletak antara koordinat 7°6'10" Lintang Selatan dan 109°3'52" Bujur Timur; 7°6'10" Lintang Selatan dan 109°22'10" Bujur Timur; 7°22'33" Lintang Selatan dan 109°22'10" Bujur Timur; 7°22'33" Lintang Selatan dan 109°3'52" Bujur Timur. Lokasi administratif dari Gunung Slamet terletak pada lima kabupaten, yaitu Kabupaten Brebes, Kabupaten Banyumas, Kabupaten Purbalingga, Kabupaten Pemalang, dan Kabupaten Tegal.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Gunung Api

Gunungapi adalah lubang kepundan atau rekahan dalam kerak bumi tempat keluarnya cairan magma atau gas atau cairan lainnya ke permukaan bumi. Material yang di erupsikan ke permukaan bumi umumnya membentuk kerucut terpancung. Gunungapi diklasifikasikan ke dalam dua sumber erupsi, yaitu (1) erupsi pusat, erupsi keluar melalui kawah utama; dan (2) erupsi samping, erupsi keluar dari lereng tubuh gunungapi; (3) erupsi celah, erupsi yang muncul melalui retakan/sesar yang memanjang hingga beberapa kilometer; (4) erupsi eksentris, erupsi samping tetapi magma yang keluar bukan dari kepundan pusat yang menyimpang ke samping melainkan langsung dari dapur magma melalui kepundan tersendiri. (PVMBG, 2015).

II.2. Bencana

Menurut UU No. 24 Tahun 2007, bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis.

II.3. Kerentanan Fisik

Kerentanan adalah suatu kondisi dari suatu komunitas atau masyarakat yang mengarah atau menyebabkan ketidakmampuan dalam menghadapi ancaman bencana. Peta kerentanan dapat dibagi-bagi ke dalam kerentanan sosial, ekonomi, fisik dan ekologi/lingkungan. (BNPB, 2012). Pada penelitian ini, kerentanan yang dibahas adalah kerentanan fisik.

Indikator yang digunakan untuk kerentanan fisik adalah kepadatan rumah (permanen, semi-permanen dan non-permanen) (BNPB, 2012). Dari perhitungan ketiga parameter tersebut maka skor total kerentanan fisik dan parameter konversi indeks berupa kerugian dapat dihitung berdasarkan tabel berikut ini.

Tabel 1. Parameter kerentanan fisik

No	Parameter	Bobot	Kelas		
			Rendah	Sedang	Tinggi
1	Rumah	40 %	< 400 jt	400 jt - 800 jt	> 800 jt
2	Fasilitas Umum	30 %	< 500 jt	500 jt - 1 M	> 1M
3	Fasilitas Kritis	30 %	< 500 jt	500 jt - 1 M	> 1 M
$\text{Skor Kerentanan} = (0,4 * \text{Skor Rumah}) + (0,3 * \text{Skor Fasilitas Umum}) + (0,3 * \text{Skor Fasilitas Kritis})$					

(Sumber : BNPB, 2012)

II.4. Scoring dan Pembobotan

Metode *scoring* adalah suatu metode untuk memberikan nilai atau skor terhadap masing-masing komponen parameter. Sedangkan metode pembobotan adalah suatu metode yang digunakan apabila setiap parameter-parameter yang ada mempunyai peranan yang berbeda-beda. Pembobotan dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh atau efek suatu parameter terhadap parameter lainnya. Terkadang ada suatu parameter yang dianggap lebih penting daripada parameter lainnya.

II.5. Hidrologi

Pemahaman tentang bentuk permukaan bumi dapat bermanfaat dalam berbagai bidang. Salah satu bidang tersebut adalah dalam hal mitigasi bencana. Mitigasi bencana disini khususnya adalah dalam hal mitigasi bencana akibat aliran lava dari gunung berapi. Maka dari itu, diperlukan pengetahuan untuk

dapat memodelkan dari prediksi aliran lava dari gunung berapi tersebut sebelum bencana terjadi. Data DEM dapat digunakan untuk dapat membuat model dari prediksi aliran lava dari suatu gunung berapi. Dengan menggunakan data DEM ini maka prediksi dari aliran lava dapat diketahui dengan menggunakan analisis hidrologi.

II.6. Aliran Lava

Lava adalah suatu cairan magma yang mengalir keluar dari dalam bumi melalui kawah suatu gunung berapi atau dapat juga melalui sebuah celah/patahan. Magma yang keluar dari dalam bumi ini terjadi karena adanya peningkatan aktivitas vulkanik dari suatu gunung berapi. Lava yang berasal dari gunung berapi akan keluar dengan suhu yang sangat panas. Hal ini dikarenakan oleh panas di dalam bumi yang memiliki suhu yang panas. Lava yang mempunyai temperatur tinggi ini mengalir dari puncak suatu gunung berapi ke daerah sekitarnya yang elevasinya lebih rendah. Daerah yang dilalui oleh aliran lava ini biasanya akan membentuk seperti aliran sungai yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah.

Di dalam penelitian Suwarsono dan Asriningrum (2005) dijelaskan bahwa pola aliran di kompleks gunungapi dicerminkan oleh keberadaan alur-alur sungai baik sungai tahunan (perennial), sungai musiman (intermittent) maupun sungai kering (efemeral) yang mengalirkan air hanya pada saat terjadi hujan saja. Pola aliran di kompleks gunungapi umumnya mempunyai pola radial sentripetal, yaitu alur-alur sungai yang arahnya menjauhi puncak gunung sebagai pusatnya. Alur-alur sungai tersebut mempunyai hulu pada bagian puncak, lereng tengah hingga lereng kaki dan ada pula yang mempunyai hulu berbatasan langsung dengan kawah gunungapi. Alur-alur sungai ini menjadi media penyaluran material hasil erupsi dalam bentuk aliran, baik lava pijar maupun piroklastik.

III. Metodologi Penelitian

III.1. Persiapan

III.1.1. Alat Penelitian

- a. Perangkat Keras :
 - 1) Laptop Asus N46VZ
 - 2) Printer
- b. Perangkat Lunak :
 - 1) QGIS 2.18 'Las Palmas'
 - 2) WPS Office 2016

III.1.2. Bahan Penelitian

- a. DEM TerraSAR tahun 2011 sebanyak empat NLP
 - 1) 1308-61
 - 2) 1308-62
 - 3) 1308-63

- 4) 1308-64
- b. Citra Satelit Sentinel-2A sebanyak empat citra
 - 1) S2A_MSIL1C_20170522T030951_N0205_R132_T49MBM_20170522T030954
 - 2) S2A_MSIL1C_20170522T030951_N0205_R132_T49MBN_20170522T030954
 - 3) S2A_MSIL1C_20170522T030951_N0205_R132_T49MCM_20170522T030954
 - 4) S2A_MSIL1C_20170522T030951_N0205_R132_T49MCN_20170522T030954
- c. Peta Administrasi Provinsi Jawa Tengah
- d. Data jumlah sekolah, puskesmas, dan rumah sakit di Kabupaten Banyumas, Brebes, Pemalang, Purbalingga, dan Tegal.
- e. Data PDRB Kabupaten Banyumas, Brebes, Pemalang, Purbalingga, dan Tegal tahun 2016.

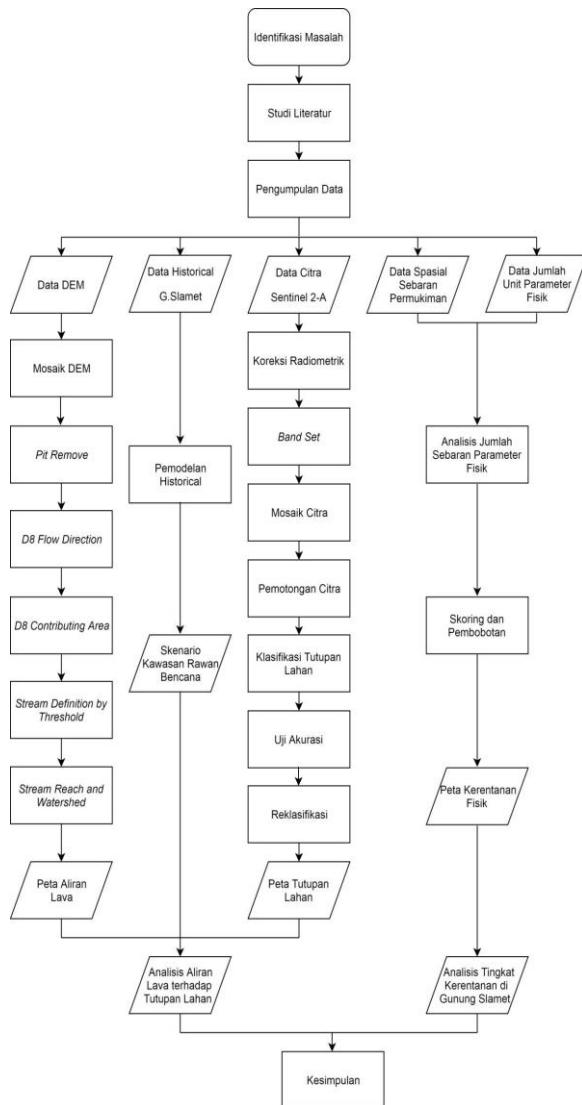
III.2. Pelaksanaan Penelitian

1. Studi literatur, persiapan, dan pengumpulan data
2. Pengolahan data DEM TerraSAR
 - a. *Mosaic raster* : untuk menggabungkan keempat data DEM.
 - b. *Pit remove* : untuk menghilangkan lubang pada data DEM.
 - c. *D8 flow direction* : untuk menentukan arah aliran pada piksel.
 - d. *D8 contributing area* : untuk menghitung kontribusi piksel.
 - e. *Stream definition by threshold* : untuk menentukan nilai ambang batas
 - f. *Stream reach and watershed* : untuk mendapatkan aliran berformat vektor.
 - g. Digitasi aliran lava : untuk mendapatkan prediksi aliran lava.
3. Pengolahan citra Sentinel-2A
 - a. Koreksi radiometrik : untuk memperbaiki kualitas visual data citra.
 - b. *Band set* : untuk menggabungkan beberapa *band* menjadi satu file raster.
 - c. Mosaik citra : untuk menggabungkan keempat data citra
 - d. Pemotongan citra : untuk memotong citra sesuai dengan batas.
 - e. Klasifikasi *supervised* : untuk mendapatkan klasifikasi tutupan lahan.
 - f. Uji akurasi : untuk menguji hasil klasifikasi tutupan lahan
 - g. *Editing raster* : untuk memperbaiki hasil klasifikasi tutupan lahan.
4. Pembuatan peta kerentanan fisik
 - a. Penentuan sebaran permukiman per desa atau kelurahan
 - b. Penentuan jumlah parameter fasilitas umum per desa atau kelurahan
 - c. Penentuan jumlah parameter fasilitas kritis per desa atau kelurahan
 - d. Analisis sebaran jumlah unit parameter fisik.

- e. Justifikasi nilai rupiah setiap unit fisik
- f. Skoring dan pembobotan setiap parameter.
- g. Skor akhir kerentanan fisik.
- h. Penentuan interval setiap tingkat kerentanan

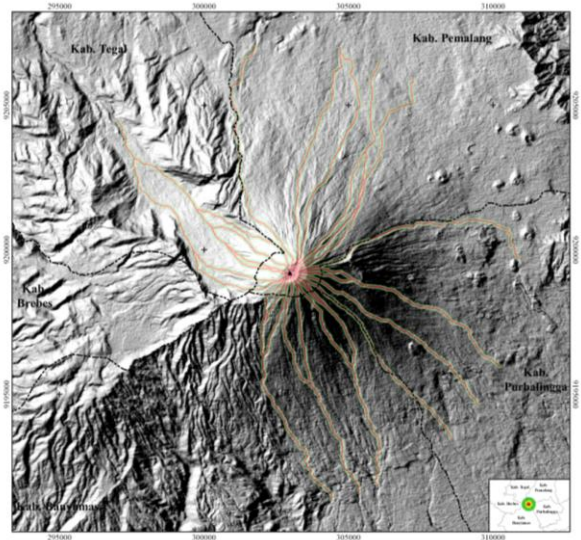
III.3. Diagram Alir Penelitian

Untuk diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Diagram alir penelitian

IV. Hasil dan Pembahasan
IV.1. Pemodelan prediksi aliran lava



Legenda

- ▲ G. Slamet
- Batas Kab.
- Lava 25m
- Lava 50m
- Lava 75m

Gambar 2. Pemodelan prediksi aliran lava

Dari hasil pemodelan aliran lava kemudian dilakukan *buffering* seperti pada gambar 2. Pada penelitian ini *buffering* terhadap model aliran lava dengan tiga jangkauan, yaitu 25 meter, 50 meter, dan 75 meter. Perkiraan luas aliran lava dapat diperkirakan sebagai berikut.

Tabel 2. luas area terkena aliran lava

No	Jangkauan <i>buffer</i>	Luas
1	25 meter	808,23 ha
2	50 meter	751,17 ha
3	75 meter	700,59 ha

IV.2. Uji akurasi

Uji akurasi hasil klasifikasi tutupan lahan dilakukan untuk menguji tingkat akurasi peta tutupan lahan yang dihasilkan dari proses klasifikasi tutupan lahan. Metode yang digunakan untuk menghitung akurasi hasil klasifikasi tutupan lahan adalah dengan menggunakan matrik konfusi. Akurasi yang dapat dihitung berdasarkan matrik konfusi antara lain adalah *producer's accuracy*, *user's accuracy*, *error omission*, *error comission*, *overall accuracy*, dan *kappa accuracy*. *Producer's accuracy* adalah akurasi peta dari sudut pandang pembuat peta. Sedangkan *user's accuracy* adalah akurasi peta dari sudut pandang pengguna peta. Hasil perhitungannya sebagai berikut.

Tabel 3. *Producer's accuracy* dan *user's accuracy*

Kelas Tutupan Lahan	<i>Producer's Accuracy</i>	<i>User's accuracy</i>	<i>Error Omission</i>	<i>Error Comission</i>
Permukiman	94,58 %	97,64 %	5,42 %	2,36 %
Sawah	67,80 %	75,70 %	32,20 %	24,30 %
Tegalan	72,31 %	69,12 %	27,69 %	30,88 %
Kebun	90,35 %	57,98 %	9,65 %	42,02 %
Puncak	97,38 %	99,44 %	2,62 %	0,56 %
Hutan	83,26 %	95,09 %	16,74 %	4,95 %

Untuk hasil perhitungan *producer's accuracy* maka dapat dilihat bahwa tingkat *producer's accuracy* tertinggi ada pada kelas tutupan lahan puncak, yaitu sebesar 97,38 %. Sedangkan tingkat *producer's accuracy* terendah ada pada kelas tutupan lahan persawahan, yaitu sebesar 72,31 %. Untuk hasil perhitungan *user's accuracy* maka dapat dilihat bahwa tingkat *user's accuracy* tertinggi ada pada kelas tutupan lahan puncak, yaitu sebesar 99,44 %. Sedangkan tingkat *user's accuracy* terendah ada pada kelas tutupan lahan perkebunan, yaitu sebesar 57,98 %.

Overall accuracy dapat dihitung dengan berdasarkan pembagian piksel yang dikelaskan secara benar dibagi dengan jumlah seluruh piksel yang digunakan. Bila nilai dari *overall accuracy* mencapai 100 %, berarti hasil klasifikasi dapat dikatakan sangat akurat. Sedangkan untuk *kappa accuracy* perhitungan menggunakan seluruh elemen matrik konfusi. Tabel berikut ini berisi tentang nilai akurasi dari *overall accuracy* dan *kappa accuracy*.

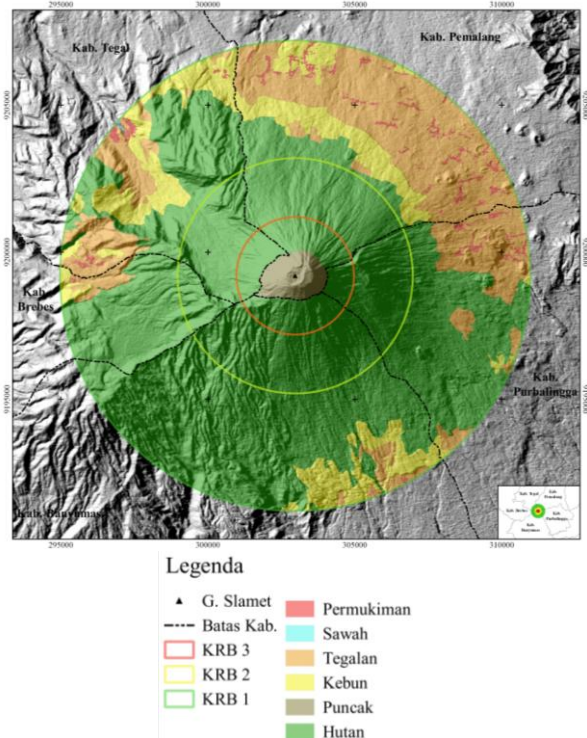
Tabel 4. *overall accuracy* dan *kappa accuracy*

No	<i>Accuracy</i>	Nilai
1	<i>Overall accuracy</i>	84,24 %
2	<i>Kappa accuracy</i>	78,54 %

IV.3. Peta tutupan lahan

Peta tutupan lahan diperoleh dari analisis citra Sentinel-2A. Untuk melakukan klasifikasi tutupan lahan menggunakan klasifikasi *supervised* dengan algoritma *maximum likelihood* dan menghasilkan hasil klasifikasi tutupan lahan. Berdasarkan uji akurasi hasil klasifikasi tutupan lahan dapat disimpulkan bahwa hasil klasifikasi tutupan lahan mempunyai akurasi yang cukup baik. Namun untuk memperbaiki kualitas hasil klasifikasi tutupan lahan maka diperlukan reklasifikasi pada hasil klasifikasi

tutupan lahan dengan menggunakan beberapa referensi, yaitu dari data citra Sentinel-2A itu sendiri, citra satelit google maps, dan peta penggunaan lahan di sekitar gunungapi Slamet.



Gambar 3. Tutupan lahan di area Gunung Slamet

Gambar 3 merupakan peta tutupan lahan di area Gunung Slamet. Peta tutupan lahan terdiri dari enam kelas tutupan lahan, yaitu permukiman, sawah, tegalan, kebun, puncak, dan hutan.

Tabel 5. Luas setiap kelas tutupan lahan

No	Tutupan Lahan	Luas	Persentase
1	Permukiman	278,87 ha	1,39 %
2	Sawah	4,28 ha	0,02 %
3	Tegalan	4.056,15 ha	20,17 %
4	Kebun	2.176,18 ha	10,82 %
5	Puncak	305,26 ha	1,52 %
6	Hutan	13.285,47 ha	66,08 %
7	Total	20.106,21 ha	

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa tutupan lahan di area Gunung Slamet didominasi oleh hutan dengan luas 13.285,47 hektar dengan persentase 66,08 %.

IV.4. Analisis dampak aliran lava terhadap tutupan lahan

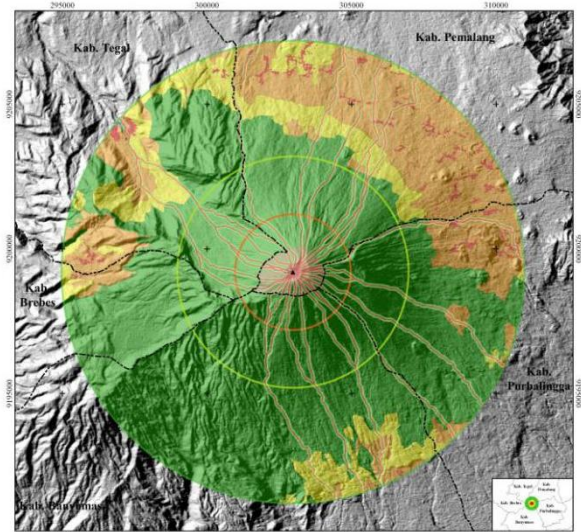
Aliran lava dengan masing-masing radius dapat dilakukan *overlay* terhadap tutupan lahan untuk mendapatkan luas tutupan lahan yang terkena dampak oleh masing-masing radius aliran lava. Tabel

6 dapat dilihat luas dampak aliran lava terhadap tutupan lahan.

Pada aliran lava 25 m, tutupan lahan yang paling luas terkena dampak aliran lava adalah hutan seluas 501,91 ha dengan persentase 62,10 %. Pada aliran lava 50 m, tutupan lahan yang paling luas terkena dampak aliran lava adalah hutan seluas 483,92 ha dengan persentase 64,42 %. Pada aliran lava 75 m, tutupan lahan yang paling luas terkena dampak aliran lava adalah hutan seluas 465,93 ha dengan persentase 66,51 %. Dari hasil tersebut, hutan merupakan area yang paling luas terkena dampak aliran lava.

Tabel 6. Luas dampak aliran lava terhadap tutupan lahan

No	Aliran Lava	Tutupan Lahan	Luas	Persentase
1	Lava 25 m	Permukiman	10,35 ha	1,28 %
		Sawah	0,30 ha	0,04 %
		Tegalan	123,72 ha	15,31 %
		Kebun	60,82 ha	7,52 %
		Puncak	111,13 ha	13,75 %
		Hutan	501,91 ha	62,10 %
		Total	808,23 ha	
2	Lava 50 m	Permukiman	9,05 ha	1,20 %
		Sawah	0,80 ha	0,11 %
		Tegalan	120,02 ha	15,98 %
		Kebun	59,59 ha	7,93 %
		Puncak	77,79 ha	10,36 %
		Hutan	483,92 ha	64,42 %
Total	751,17 ha			
3	Lava 75 m	Permukiman	7,08 ha	1,01 %
		Sawah	0,73 ha	0,10 %
		Tegalan	117,39 ha	16,76 %
		Kebun	60,00 ha	8,56 %
		Puncak	49,46 ha	7,06 %
		Hutan	465,93 ha	66,51 %
Total	700,59 ha			



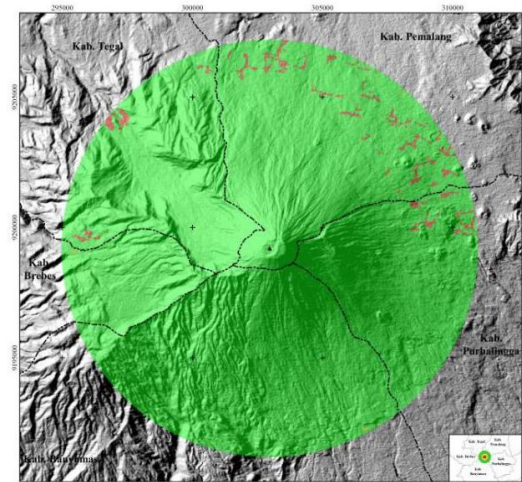
Legenda
 ▲ G. Slamet
 --- Batas Kab.
 Lava 25m
 Lava 50m
 Lava 75m
 KRB 3
 KRB 2
 KRB 1
 Permukiman
 Sawah
 Tegalan
 Kebun
 Puncak
 Hutan

Gambar 4. Dampak aliran lava terhadap tutupan lahan

IV.5. Hasil kerentanan fisik

Indikator yang digunakan untuk kerentanan fisik adalah kepadatan rumah (permanen, semi-permanen dan non-permanen), ketersediaan bangunan/fasilitas umum dan ketersediaan fasilitas kritis (BNPB, 2012).

1. Parameter rumah



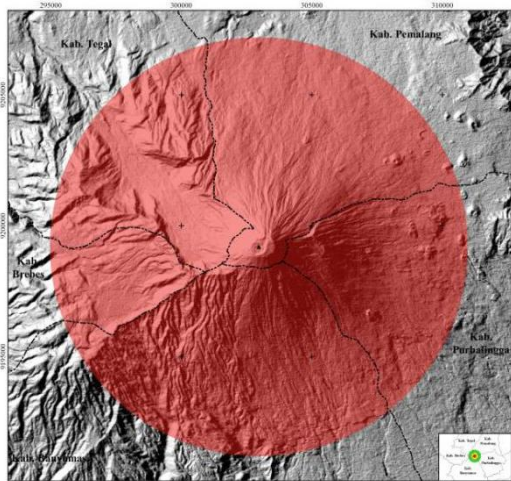
Legenda
 ▲ G. Slamet
 --- Batas Kab.
 Rumah Tinggi
 Rumah Sedang
 Rumah Rendah

Gambar 5. Tingkat kerentanan parameter rumah

Dari hasil analisis tingkat kerentanan berdasarkan parameter rumah, didapatkan tiga tingkat kerentanan yang dihasilkan pada parameter rumah, yaitu tingkat kerentanan tinggi, tingkat kerentanan sedang, dan tingkat kerentanan rendah.

Tingkat kerentanan tinggi mempunyai luas sebesar 267,82 ha dengan persentase sebesar 1,33 %. Tingkat kerentanan sedang mempunyai luas sebesar 7,44 ha dengan persentase sebesar 0,04 %. Tingkat kerentanan rendah mempunyai luas sebesar 19.830,93 ha dengan persentase sebesar 98,63 %.

2. Parameter fasilitas umum

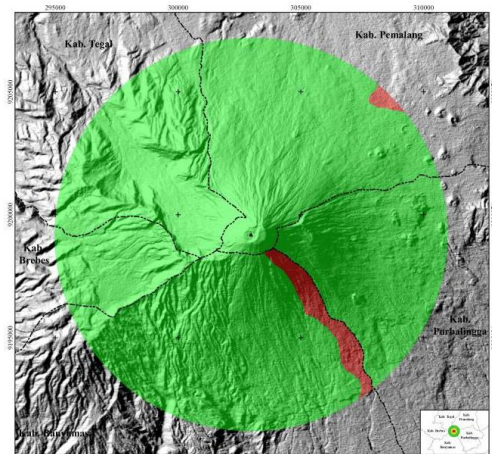


Legenda
 ▲ G. Slamet
 ---- Batas Kab.
 ■ Fasilitas Umum Tinggi

Gambar 6. Tingkat kerentanan parameter fasilitas umum

Dari hasil analisis tingkat kerentanan berdasarkan parameter fasilitas umum, didapatkan satu tingkat kerentanan yang dihasilkan pada parameter fasilitas umum, yaitu tingkat kerentanan tinggi. Tingkat kerentanan tinggi mempunyai luas sebesar 267,82 ha dengan persentase sebesar 100 % dikarenakan pada parameter ini semua wilayah termasuk ke dalam tingkat kerentanan tinggi.

3. Parameter fasilitas kritis



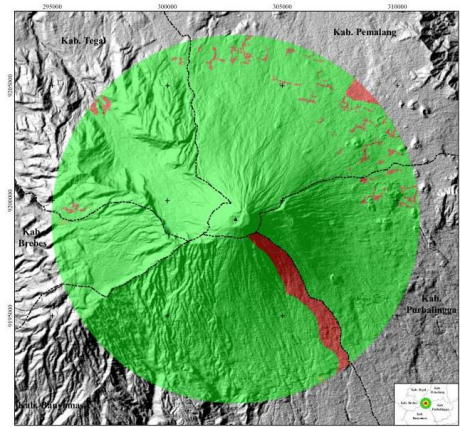
Legenda
 ▲ G. Slamet
 ---- Batas Kab.
 ■ Fasilitas Kritis Tinggi
 ■ Fasilitas Kritis Rendah

Gambar 7. Tingkat kerentanan fasilitas kritis

Dari hasil analisis tingkat kerentanan berdasarkan parameter fasilitas kritis, didapatkan dua tingkat kerentanan yang dihasilkan pada parameter fasilitas kritis, yaitu tingkat kerentanan tinggi dan tingkat kerentanan rendah.

Tingkat kerentanan tinggi mempunyai luas sebesar 549,51 ha dengan persentase sebesar 2,73 %. Tingkat kerentanan rendah mempunyai luas sebesar 19.556,68 ha dengan persentase sebesar 97,27 %.

4. Tingkat kerentanan fisik



Legenda
 ▲ G. Slamet
 ---- Batas Kab.
 ■ Kerentanan Tinggi
 ■ Kerentanan Sedang
 ■ Kerentanan Rendah

Gambar 8. Tingkat kerentanan fisik di wilayah Gunung Slamet

Dari hasil analisis tingkat kerentanan fisik berdasarkan parameter rumah, fasilitas umum dan fasilitas kritis maka didapatkan tiga tingkat kerentanan yang dihasilkan, yaitu tingkat kerentanan tinggi, tingkat kerentanan sedang, dan tingkat kerentanan rendah.

Tingkat kerentanan tinggi mempunyai luas sebesar 817,34 ha dengan persentase sebesar 4,06 %. Tingkat kerentanan sedang mempunyai luas sebesar 7,44 ha dengan persentase sebesar 0,04 %. Tingkat kerentanan rendah mempunyai luas sebesar 19.281,41 ha dengan persentase sebesar 95,90 %.

V. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini, cara untuk melakukan pemodelan prediksi aliran lava dengan menggunakan data DEM adalah dengan menggunakan *processing toolbox TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Model)* yang ada pada *software QGIS*. Langkah pertama adalah dengan melakukan proses *pit remove* yang bertujuan untuk menghilangkan *error* atau lubang pada data DEM. Langkah kedua adalah dengan melakukan proses *D8 flow direction* yang bertujuan untuk menentukan arah aliran dari masing-masing piksel. Langkah ketiga adalah dengan melakukan proses *D8 contributing area* yang bertujuan untuk menghitung nilai kontribusi setiap piksel. Langkah keempat adalah dengan melakukan proses *stream definition by threshold* yang bertujuan untuk menentukan nilai ambang batas yang digunakan untuk mendefinisikan aliran lava. Langkah kelima adalah dengan melakukan proses *stream reach and watershed* yang bertujuan untuk menghasilkan model aliran lava dengan format vektor. Langkah keenam adalah dengan melakukan pemodelan aliran lava dengan cara melakukan digitasi terhadap aliran lava yang berformat vektor dari hasil *stream reach and watershed*. Tujuannya adalah untuk mendapatkan model prediksi aliran lava. Digitasi dilakukan dengan menggunakan dua analisis, yaitu dengan menaikkan nilai ambang batas dan dengan menggunakan analisis 3D dari data DEM. Hasilnya adalah model prediksi jalur aliran lava berformat vektor. Model prediksi jalur aliran lava berpusat pada titik puncak kemudian menyebar ke sekitarnya sesuai dengan masing-masing prediksi jalur aliran lava.
2. Tutupan lahan di area Gunung Slamet didominasi oleh hutan dengan luas 13.285,47 ha dengan persentase 66,08 % dari total wilayah KRB. Pada aliran lava 25 m, tutupan lahan yang paling luas terkena dampak aliran lava adalah

hutan seluas 501,91 ha dengan persentase 62,10 %. Pada aliran lava 50 m, tutupan lahan yang paling luas terkena dampak aliran lava adalah hutan seluas 483,92 ha dengan persentase 64,42 %. Pada aliran lava 75 m, tutupan lahan yang paling luas terkena dampak aliran lava adalah hutan seluas 465,93 ha dengan persentase 66,51 %. Secara keseluruhan tutupan lahan yang paling luas terkena dampak aliran lava adalah hutan.

3. Dari hasil analisis tingkat kerentanan fisik berdasarkan parameter rumah, fasilitas umum dan fasilitas kritis maka diperoleh tiga tingkat kerentanan, yaitu tingkat kerentanan tinggi, tingkat kerentanan sedang, dan tingkat kerentanan rendah. Tingkat kerentanan tinggi mempunyai luas sebesar 817,34 ha dengan persentase sebesar 4,06 %. Tingkat kerentanan sedang mempunyai luas sebesar 7,44 ha dengan persentase sebesar 0,04 %. Tingkat kerentanan rendah mempunyai luas sebesar 19.281,41 ha dengan persentase sebesar 95,90 %.

Saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bila menggunakan data citra satelit sensor pasif sebaiknya menggunakan citra yang bebas awan supaya hasil klasifikasi yang dihasilkan lebih baik.
2. Data citra satelit sensor aktif sebaiknya digunakan bila citra satelit sensor pasif kurang memungkinkan untuk digunakan karena citra satelit sensor aktif tidak mendeteksi awan sehingga hasil klasifikasi yang dihasilkan dapat lebih baik
3. Gunakan kajian terhadap kerentanan lainnya, seperti kerentanan sosial, kerentanan ekonomi, dan juga kerentanan lingkungan bila kajian hanya fokus pada kerentanan saja.

Daftar Pustaka

- BNPB. 2012. Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 02 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. Jakarta : Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- BNPB. 2007. Undang-Undang No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. Jakarta : Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- PVMBG. 2014. G.Slamet, Jawa Tengah.
- PVMBG. 2015. Buklet Gunung Api. Bandung : Badan Geologi
- Suwarsono dan Asriningrum. 2005. Analisis Arah Dan Sebaran Aliran Lava Pijar Dan Piroklastik Hasil Letusan Gunungapi Dengan Pendekatan Geomorfologi Menggunakan Citra Penginderaan Jauh Dan SIG Dalam Rangka Mendukung Upaya Mitigasi Bencana Alam (Studi Kasus : Gunungapi

Ciremai, Propinsi Jawa Barat). Surabaya : Pertemuan
Ilmiah Tahunan MAPIN XIV.