



## **Pemodelan Spasial Untuk Penentuan Zonasi Rawan Kawasan Rawan Bencana Aliran Materil Erupsi Gunung Ungaran Menggunakan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG)**

**Yusuf Rizki Ananda<sup>✉</sup>, Juhadi, Moch. Arifien**

Jurusan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### **Info Artikel**

*Sejarah Artikel:*

Diterima 28 Februari 2018  
Disetujui 24 Januari 2018  
Dipublikasikan 24 Mei 2018

*Keywords:*

*Simulation the rail transportation system;  
Substitution; Magelang-Semarang corridor.*

### **Abstrak**

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memodelkan atau menggambarkan persebaran aliran material erupsi, serta untuk mengetahui zonasi rawan bencana Gunung Ungaran jika suatu saat terjadi bencana vulkanik. Metode yang digunakan untuk memodelkan aliran material erupsi yaitu dengan menggunakan metode simulasi numerik *Monte Carlo* dengan asumsi bahwa kondisi topografi menentukan jalannya aliran. Penentuan zonasi kawasan rawan bencana dilakukan dengan menggunakan teknik *overlay* aspek aliran material erupsi, aspek kondisi penggunaan lahan, aspek morfologi, dan aspek kepekaan terhadap bahaya yang diwakili oleh nilai bobot. Hasil dari penelitian ini yaitu menghasilkan model aliran material erupsi pada tiga titik lokasi yang berbeda, titik tersebut didasarkan pada peluang terjadi aktivitas erupsi. Pada titik pertama luas aliran erupsi yaitu sebesar  $3,91 \text{ km}^2$ , titik kedua sebesar  $1,25 \text{ km}^2$ , dan titik ketiga sebesar  $2,51 \text{ km}^2$ . Zonasi kawasan rawan bencana menghasilkan kelas rawan bencana yang dibagi menjadi kelas sangat rendah, rendah, sedang, dan tinggi. Pada ketiga titik lokasi erupsi menunjukkan bahwa kelas zonasi rawan bencana tinggi memiliki luas wilayah yang terkecil daripada luas kelas zonasi rawan bencana lainnya.

### **Abstract**

*The purpose of this research is to model or describe the distribution of material flow eruption and to know the zoning vulnerable to the disaster of Mount Ungaran if one day there is a volcanic disaster. The method used to model the flow of eruption material is by using Monte Carlo methods of numerical simulation with the assumption that the topography determines the course of the flow. Determination of zoning of disaster prone areas is done by using overlay technique of eruption material flow aspect, land use condition aspect, morphology aspect, and sensitivity aspect to hazard represented by weight value. The result of this research is to produce the eruption material flow model at three different location points, the point is based on the chance of eruption activity. At the first point the area of eruption flow is  $3.91\text{km}^2$ , the second point is  $1.25\text{km}^2$ , and the third point is  $2.51\text{km}^2$ . Zoning of disaster prone areas produces disaster-prone class which is divided into very low, low, medium, and high class. At all three locations the eruption shows that the high disaster-prone zoning class has the smallest area compared to the extent of other disaster-prone zoning classes.*

© 2018 Universitas Negeri Semarang

<sup>✉</sup> Alamat korespondensi:

Gedung C1 Lantai 1 FIS Unnes  
Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229  
E-mail: geografiunnes@gmail.com

ISSN 2252-6285

## PENDAHULUAN

Wilayah gunung api merupakan wilayah yang sangat subur dikarenakan wilayah tersebut terkena dampak langsung aktivitas gunung api seperti aliran lahar dingin, awan panas, maupun hujan abu vulkanik yang mengandung banyak mineral-mineral yang dapat menyuburkan tanah. Kondisi tanah yang subur itulah yang menjadi daya tarik bagi manusia untuk menempati wilayah sekitar gunung api. Sebagian besar penduduk Indonesia menggantungkan hidupnya pada lahan pertanian, dan sebagian dari lahan pertanian tersebut berada pada daerah-daerah yang masuk dalam kawasan rawan bencana terutama bencana ancaman gunung api.

Selain tingkat kesuburan tanah, kondisi iklim yang sejuk, bentang alam yang menarik, serta terkadang terdapatnya situs-situs bersejarah di kawasan gunung api menjadi daya tarik tersendiri bagi para wisatawan untuk berkunjung ke wilayah gunung api. Keberadaan banyaknya penduduk yang tinggal dan beraktivitas di sekitar gunung api akan berpotensi menimbulkan bencana apabila terjadi aktivitas kegungungan pada wilayah gunung api tersebut.

Dampak dari aktivitas gunung api sangatlah berdampak besar bagi penduduk disekitarnya yang akan berpengaruh pada kehidupan penduduk, lumpuhnya perekonomian, dan mengganggu jalannya pembangunan nasional. Aktivitas gunung api tersebut akan berdampak pula pada wilayah yang ada di sekitarnya baik secara langsung maupun tidak langsung. Besarnya dampak yang diakibatkan oleh bencana erupsi tergantung dari skala dan intensitas aktivitas vulkanik yang terjadi.

Beberapa aktivitas Gunung Api di yang menyebabkan banyak korban jiwa salah satunya yaitu kondisi masyarakat yang tidak siap menghadapi kondisi tersebut. Salah satunya yaitu erupsi Gunung Galunggung tahun 1822 yang memakan korban sekitar empat ribu jiwa.

Gunung Ungaran adalah salah gunung berapi yang terletak di Pulau Jawa, dengan ketinggian 2.050 meter diatas permukaan laut. Gunung Ungaran termasuk gunung api tipe

strato, gunung ini memiliki tiga puncak yaitu puncak Gendol, Botak, dan Ungaran yang merupakan puncak tertinggi (Bemmelen, 1949). Gunung Ungaran di klasifikasikan tipe gunung api B yaitu tipe Gunung Api yang sejak tahun 1600 tidak mengalami erupsi magmatik lagi, tapi masih memperlihatkan aktivitas fumarol (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi). Adanya fumarol di kawasan Gunung Ungaran menandakan bahwa di bagian bawah Gunung Ungaran masih terdapat “tungku” alami dimana dalam konteks gunung api tungku tersebut adalah magma, sehingga suatu saat Gunung Ungaran dapat kembali memperlihatkan aktivitas vulkaniknya.

Dari gambaran diatas maka tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui gambaran atau memodelkan salah satu bahaya aktivitas vulkanik gunung api yaitu aliran material erupsi, estimasi luasan penggunaan lahan yang terdampak, serta zonasi kawasan rawan bencana jika suatu saat terjadi bencana aktivitas vulkanik Gunung Ungaran. Selain itu diharapkan dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi masyarakat sekitar Gunung Ungaran ataupun bagi instansi terkait.

## METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian ini yaitu berada pada kawasan Gunung Ungaran yang dibatasi wilayah kajian pada  $7^{\circ} 6' 39,46''$  -  $7^{\circ} 14' 30,9''$  Lintang Selatan dan  $110^{\circ} 16' 49,36''$  -  $110^{\circ} 24' 57,6''$  Bujur Timur. Secara Administratif kawasan Gunung Ungaran mencakup beberapa wilayah Kabupaten Semarang yang mencakup kecamatan Ungaran Barat, kecamatan Bergas, kecamatan bandungan, Kecamatan Sumowono dan Kabupaten Kendal yang mencakup kecamatan Limbangan dan kecamatan Boja.

Penelitian ini berbasis pada Sistem Informasi Geografis sebagai alat utama untuk mensimulasikan model aliran material Erupsi Gunung Ungaran. Penelitian ini mengkaji tentang bahaya yang diakibatkan apabila terjadi aktivitas vulkanik terutama bahaya aliran material erupsi. Kemudian dalam proses penelitian dilakukan dengan observasi, studi

dokumentasi, serta survey lapangan untuk mendapatkan data-data dan analisis yang dibutuhkan untuk melengkapi berbagai variabel yang digunakan untuk menjawab dari tujuan penelitian ini. Hasil akhir dari penelitian ini yaitu untuk membuat gambaran zonasi kawasan rawan bencana aliran material erupsi Gunung Ungaran.

Teknik analisis yang digunakan yaitu menggunakan tiga pendekatan yaitu, analisis SIG untuk simulasi model aliran material erupsi, analisis overlay, dan analisis deskriptif. Analisis pertama dilakukan untuk mengidentifikasi atau membuat persebaran aliran material erupsi gunung ungaran, dalam analisis ini mengaplikasikan suatu model simulasi *Monte Carlo*. Model simulasi aliran material erupsi yang dipergunakan dalam penelitian ini merupakan model probabilistik yang mengasumsikan bahwa kondisi topografi mempunyai peranan penting dalam mensimulasikan atau menentukan jalannya aliran material erupsi (Arana et al., 2000; Felpeto et al., 2001; Damiani et al 2005; Falpeto et al 2007; Yulianto, 2012). Model ini dibuat untuk menghitung beberapa peluang dari sebuah sel piksel yang mungkin terjadi aliran, dengan asumsi dua aturan sederhana, yaitu : aliran hanya dapat merambat dari satu piksel ke salah satu piksel dari delapan piksel sel tetangganya jika perbedaan ketinggian topografinya adalah positif, dan kemungkinan untuk berpindah dari satu piksel sel ke piksel sel tetangganya adalah proporsional dengan perbedaannya. Penentuan probabilitas simulasi aliran material erupsi dalam penelitian ini menggunakan algoritma Monte Carlo (Falpeto, 2009), yang disajikan dalam persamaan berikut.

$$P_i = \frac{\Delta h_i}{\sum_{j=1}^8 \Delta h_j}$$

Dimana kondisi topografi dipresentasikan pada nilai ketinggian ( $h$ ) sebuah sel piksel pada data DEM. Jika aliran terletak dalam sel piksel ( $i=0$ ), maka probabilitas peluang aliran yang masuk dalam salah satu delapan sel sekitarnya adalah ( $P_i$ ), dimana ( $i=1,2,3,\dots,8$ ).  $\Delta h$  mewakili perbedaan ketinggian antara sel piksel satu dengan sel piksel tetangganya. Dalam estimasi perbedaan, koreksi ketinggian ( $hc$ ) ditambahkan

dengan tinggi sel piksel pada saat aliran tersebut berada. Oleh karena itu ( $\Delta hi$ ) dapat dievaluasi berdasarkan persamaan berikut,

1.  $\Delta h_i = h_o + h_c - h_i \quad if (h_o + h_c - h_i) > 0$
2.  $\Delta h_i = 0 \quad if (h_o + h_c - h_i) \leq 0$

( $hc$ ) adalah sebuah nilai parameter yang menggambarkan dan mensimulasikan pengaruh atau efek dari ketinggian aliran material erupsi (Falpeto et al. 2007; Yulianto, 2012).

Simulasi numerik bahaya avulkanik pada penelitian ini difokuskan pada aliran material erupsi berupa aliran lava dan lahar, dimana simulasi tersebut telah tersistem otomatisasi untuk penentuan sebaran bahaya vulkanik. Sistem tersebut dikembangkan dalam *framework* SIG di sebuah *tool* VORIS(*Volcanic Risk Information System*) dalam sistem ArcGIS yang telah dimodifikasi.

Data masukan yang digunakan untuk melakukan simulasi ini yaitu dengan menggunakan data DEM-SRTM(*Digital Elevation Model- Shuttle Radar Terrain Model*) *ArcSecond* 30 meter. Selain itu parameter yang digunakan dalam simulasi ini yaitu nilai koreksi ketinggian piksel sebesar 2meter, panjang aliran 10kilometer, iterasi 10.000, dan titik kordinat awal simulasi. Beberapa dasar penentuan parameter tersebut yaitu menggunakan data-data historis aktivitas vulkanik yang pernah ada, akan tetapi untuk Gunung Ungaran sendiri tidak memiliki catatan aktivitas vulkanik sehingga dalam penentuan parameter dalam penelitian ini sebagian hanya menggunakan asumsi.

Analisis overlay digunakan dalam menentukan estimasi dampak bahaya terhadap kondisi permukiman dan penggunaan lahan lainnya, serta dalam penentuan zonasi area rawan bencana aliran material erupsi. Dalam penentuan zonasi area rawan bencana aliran material erupsi ditentukan oleh nilai khusus (bobot) yang ada dalam setiap subvariabel zonasi area rawan bencana, pemberian bobot menunjukkan tingkat kerawanan suatu lokasi terhadap bahaya dan kemungkinannya jatuh korban jiwa maupun harta (Sari et al,2001). Adapun variabel-variabel yang digunakan dalam penentuan zonasi area rawan bencana yaitu kondisi aliran material erupsi yang diperoleh dari

hasil simuasi pemodelan, kondisi penggunaan lahan yang diperoleh dari citra satelit SPOT 6, kondisi morfologi yang diperoleh dari bentuk medan.

Analisis deskriptif dalam penelitian ini digunakan untuk menjelaskan tentang keterkaitan antara aliran material erupsi terhadap kondisi topografi wilayah penelitian serta menjelaskan tentang keterkaitan dengan material erupsi yang dihasilkan dengan kondisi vulkanik gunung api. Selain itu analisis ini juga menjelaskan tentang kondisi penggunaan lahan terhadap tingkat kerawanan wilayah yang terdapat pada zonasi area rawan bencana.

## **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

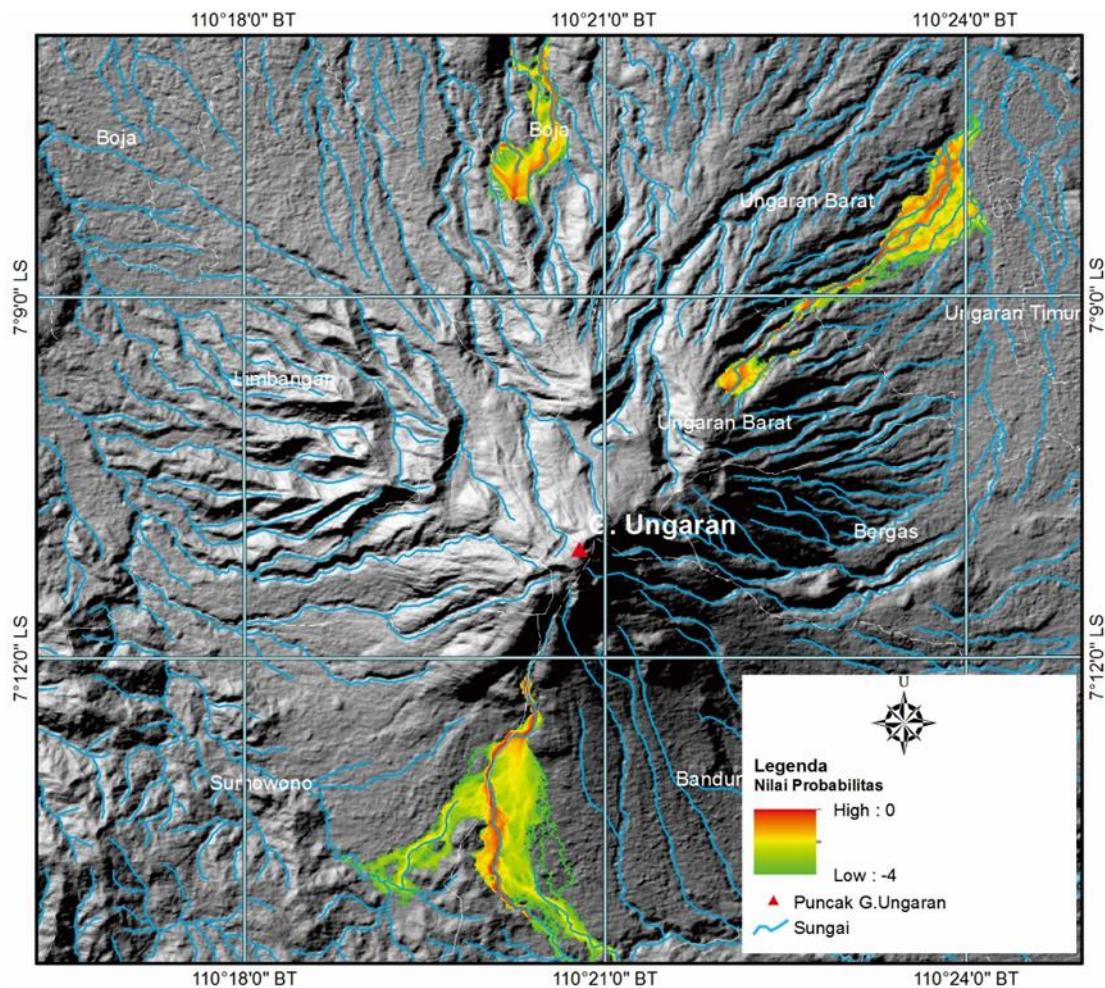
Kawasan Gunung Ungaran termasuk dalam unit fisiografis Serayu Utara bagian Timur (Easter part of The North Seraju Range). Sedangkan di bagian Selatan merupakan jalur Gunung Api Kuarter (Sindoro, Sumbing, Telomoyo, dan Merbabu), sedangkan pada bagian timur berbatasan dengan Pegunungan Kendeng (Bemmelen, 1949).

Berdasarkan morfostatigrafinya, aktivitas Gunung Ungaran telah megalami beberapa kali periode aktivitas. Aktivitas Ungaran Tua terwujud pada satuan morfologi dengan tekstur yang sangat kasar membentuk lembah dan pegunungan terjal merupakan hasil erosi tingkat lanjut. Kemudian Ungaran Muda yang menutupi sebagian besar tubuh gunung api. Satuan Sentral

Ungaran Muda merupakan pusat vulkanik yang terkini, menutup daerah puncak sejauh radius ± 2 kilometer. ( Syabaruddin dkk., 2003)

### **Persebaran Spasial Aliran Material Erupsi (ξ1)**

Dalam penelitian ini digunakan beberapa titik sebagai titik awal jalannya skenario simulasi aliran material erupsi. Titik awal jalannya material erupsi ditentukan dengan melihat kondisi geologi yang memiliki peluang kemungkinan menjadi titik awal skenario erupsi. Titik pertama berada lereng Selatan Gunung Ungaran di koordinat  $7^{\circ} 12' 7,75''\text{LS}$ ,  $110^{\circ} 20' 22,06''\text{BT}$  dipilih karena, terdapat aktivitas vulkanik fumarol, terdapat sesar normal yang dapat menyebabkan terjadinya pusat erupsi akibat intrusi magma, dan lokasinya yang dekat dengan kawah hasil aktivitas ungaran muda. Titik kedua yaitu terletak di lereng Utara Gunung Ungaran dengan koordinat  $7^{\circ} 8' 11,50''\text{LS}$ ,  $110^{\circ} 20' 14,87''\text{BT}$  dipilih karena terdapat aktivitas sumber air panas yang mengindikasikan masih terdapat dapur magma, dan letak lokasi tersebut yang berada pada sesar normal, serta berada pada wilayah aliran lava Ungaran muda. Titik ketiga berada di lereng Timur Laut Gunung Ungaran dengan koordinat  $7^{\circ} 9' 46,50''\text{LS}$ ,  $110^{\circ} 22' 0,46''\text{BT}$  titik tersebut dipilih karena berada pada sesar normal yang berpeluang menjadi pusat erupsi. Adapun hasil simulasi aliran material erupsi dari ketiga titik tersebut disajikan dalam gambar.1 serta tabel.1, tabel.2, dan tabel.3.



Gambar 1. Hasil Simulasi Sebaran Aliran Material Erupsi Gunung Ungaran.

**Tabel 1.** Luasan Area Aliran Material Erupsi Berdasarkan Tingkat Kemungkinan Terdampak Lokasi Pertama

No	Nilai Interval Kelas	Tingkat Kemungkinan Terdampak	Luas (km <sup>2</sup> )	Percentase (%)	No	Nilai Interval Kelas	Tingkat Kemungkinan Terdampak	Luas (km <sup>2</sup> )	Percentase (%)
1	-4 -- 2,67	Rendah	2,94	75,17	1	-4 -- 2,67	Rendah	0,48	38,29
2	-2,66 -- 1,34	Sedang	0,57	14,68	2	-2,66 -- 1,34	Sedang	0,55	43,77
3	-1,33 -- 0	Tinggi	0,40	10,15	3	-1,33 -- 0	Tinggi	0,22	17,94
Total					Total				
Sumber : Hasil Pengolahan Data									

**Tabel 2.** Luasan Area Aliran Material Erupsi Berdasarkan Tingkat Kemungkinan Terdampak Lokasi Kedua

Sumber : Hasil Pengolahan Data

**Tabel 3.** Luasan Area Aliran Material Erupsi Berdasarkan Tingkat Kemungkinan Terdampak Lokasi Ketiga

No	Nilai Interval Kelas	Tingkat Kemungkinan Terdampak	Luas ( $\text{km}^2$ )	Persentase (%)
1	- 4 – -2,67	Rendah	0.93	37.12
2	- 2,66 – -1,34	Sedang	1.08	43.08
3	- 1,33 – 0	Tinggi	0.50	19.80
Total			2.51	100

Sumber: Hasil Pengolahan Data

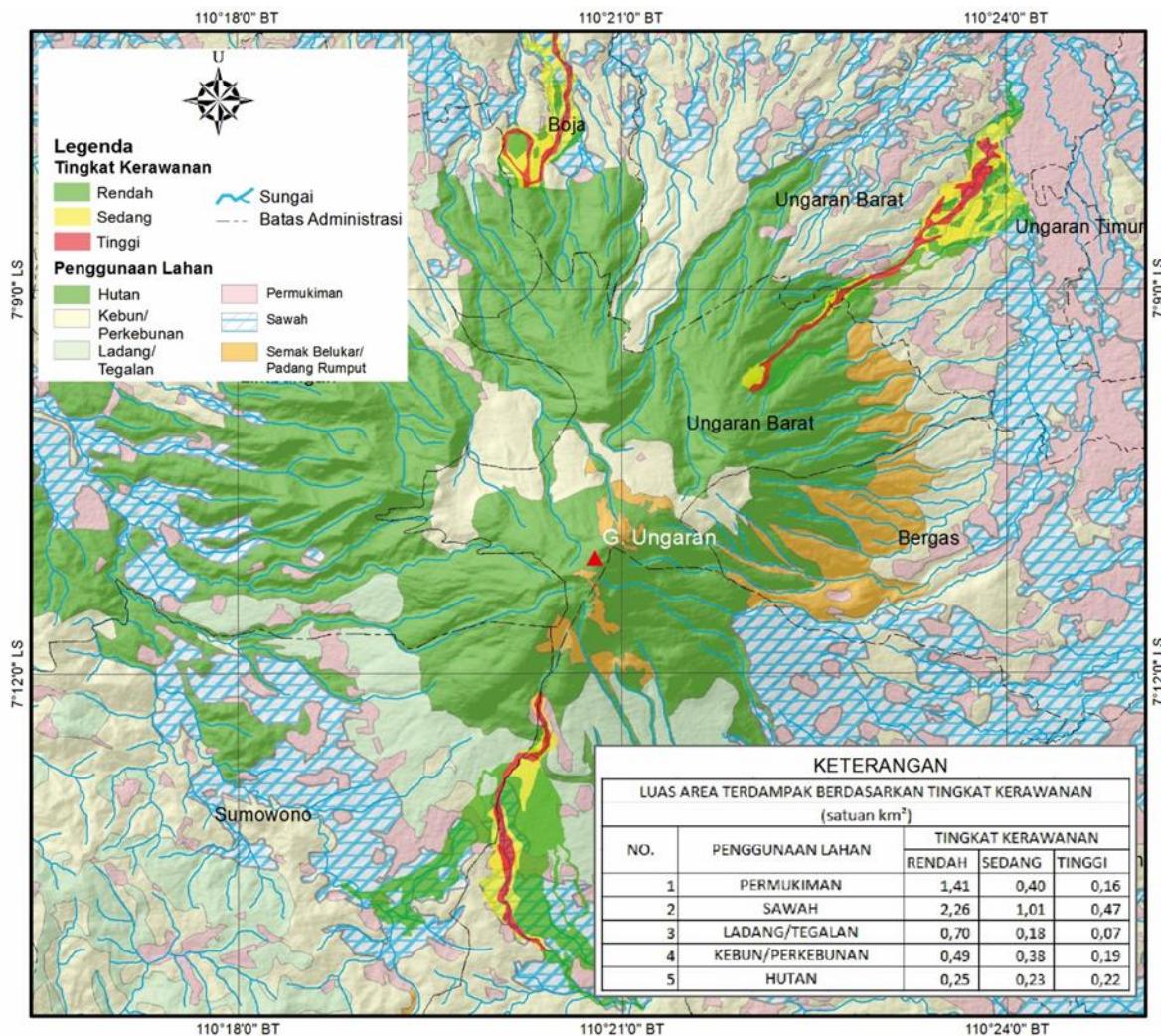
Berdasarkan pada gambar.1 maka dapat diketahui bahwa nilai probabilitas yang dihasilkan menghasilkan beberapa kemungkinan atau peluang. Pada tingkat kemungkinan rendah diwakili dengan simbol warna hijau yang berarti pada area tersebut peluang untuk terdampak aliran material erupsi sangat kecil. Pada tingkat kemungkinan sedang diwakili dengan simbol warna kuning, yang berarti memiliki peluang sedang untuk terdampak. Pada tingkat peluang tinggi maka pada area ini sangat berpotensi tinggi untuk terdampak.

Untuk mengoreksi hasil dari simulasi tersebut maka dalam penelitian ini digunakan algoritma sebelumnya untuk menghitung nilai selisih sel piksel ( $\Delta h_i$ ) pada beberapa titik sampel yang diambil secara acak. Tujuan dari koreksi pada hasil tersebut yaitu untuk mengetahui apakah sistem telah berjalan dengan benar serta

mengetahui apakah arah aliran erupsi telah sesuai antara hasil dengan perhitungan manual pada beberapa titik sampel. Hasil dari koreksi tersebut didapatkan bahwa arah aliran material erupsi telah sesuai dan berarti bahwa sistem berjalan dengan benar.

#### **Luas Area Terdampak Aliran Material Erupsi (ξ2)**

Penentuan luas area terdampak ini yaitu menggunakan cara overlay atau tumpang susun dari peta hasil simulasi aliran material erupsi dengan peta penggunaan lahan. Dalam penentuan luas area yang terdampak, area yang terdampak dibagi menjadi tiga kelas area berdasarkan pada tingkat peluang terdampak aliran material erupsi atau tingkat kerawannya. Luas area terdampak pada tiga lokasi disajikan dalam gambar.2 dan tabel.4, tabel.5 ,dan tabel.6 berikut.



Gambar 2. Luasan Area Penggunaan Lahan Terdampak Aliran Gunung Ungaran.

Tabel 4. Luas Area Terdampak Lokasi Pertama

No.	Penggunaan lahan	Tingkat kerawanan (km <sup>2</sup> )			Jumlah
		Rendah	Sedang	Tinggi	
1	Permukiman	0,37	0,06	0,06	0,49
2	Sawah	1,76	0,31	0,22	2,29
3	Ladang/ tegalan	0,70	0,18	0,07	0,96
4	Kebun/ perkebunan	0,09	0,01	0,01	0,12
5	Hutan	0,01	0,01	0,03	0,06
Jumlah		2,94	0,57	0,40	3,91

Sumber : Hasil Pengolahan

**Tabel 5.** Luas Area Terdampak Lokasi Kedua

No.	Penggunaan lahan	Tingkat kerawanan (km <sup>2</sup> )			Jumlah
		Rendah	Sedang	Tinggi	
1	Permukiman	0,04	0,07	0,02	0,13
2	Sawah	0,21	0,29	0,13	0,63
3	Ladang/ Tegal	0	0	0	0
4	Kebun/ Perkebunan	0,19	0,18	0,07	0,44
5	Hutan	0,04	0,01	0,01	0,05
Jumlah		0,48	0,55	0,22	1,25

Sumber : Hasil Pengolahan

**Tabel 6.** Luas Area Terdampak Lokasi Ketiga

No.	Penggunaan lahan	Tingkat kerawanan (km <sup>2</sup> )			Jumlah
		Rendah	Sedang	Tinggi	
1	Permukiman	0,25	0,27	0,09	0,61
2	Sawah	0,28	0,41	0,13	0,81
3	Ladang/ tegalan	0	0	0	0
4	Kebun/ perkebunan	0,20	0,19	0,10	0,50
5	Hutan	0,20	0,21	0,18	0,59
Jumlah		0,93	1,08	0,50	2,51

Sumber : Hasil Pengolahan

Dari gambar.2 maka dapat diketahui bahwa luas penggunaan lahan yang banyak terdampak yaitu sawah dengan luas  $3,47 \text{ km}^2$ , kemudian untuk luas terkecil yang terdampak yaitu penggunaan lahan ladang atau tegalan dengan luas  $0,98 \text{ km}^2$ , dan untuk luas penggunaan lahan permukiman yang terdampak yaitu seluas  $1,87 \text{ km}^2$ .

#### Zonasi Kawasan Rawan Bencana Aliran Material Erupsi (ξ3)

Dalam penentuan zonasi area rawan bencana material erupsi Gunung Ungaran dipengaruhi oleh subvariabel yang menentukan tingkat rawan bencana dengan cara overlay untuk kemudian dilakukan scoring. Scoring yang dimaksud adalah pemberian bobot yang menunjukkan tingkat kerawanan suatu lokasi terhadap bahaya dan kemungkinannya jatuh korban jiwa maupun harta. Sub-variabel tersebut terbagi menjadi sebagai berikut ( Bacharudin & Wirakusumah, 1998 ) ;

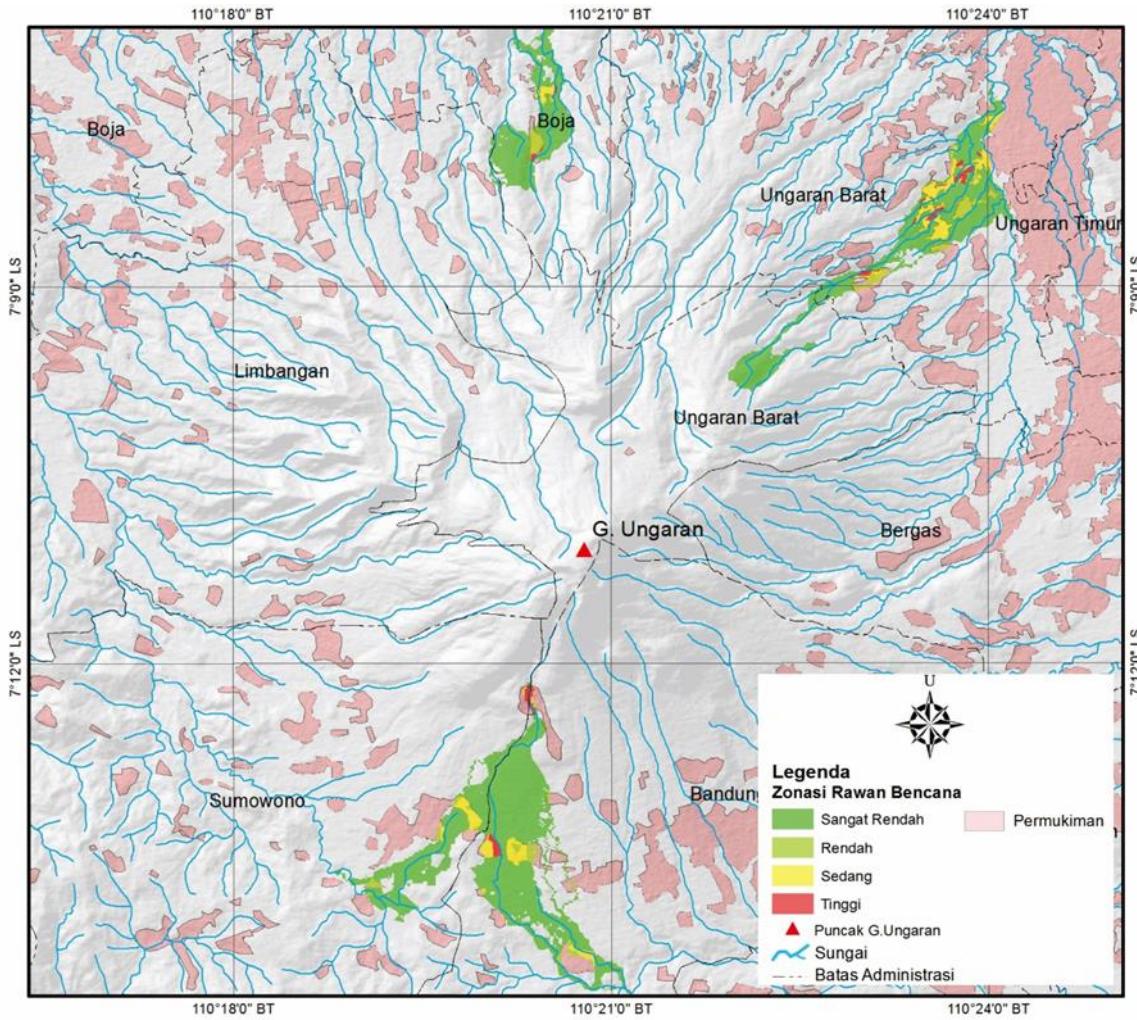
1. Aspek Bahaya Aliran Material Erupsi
2. Aspek Penggunaan Lahan
3. Aspek Morfologi
4. Aspek kepekaan terhadap bahaya

Gambaran Zonasi Kawasan Rawan Bencana Aliran Material Erupsi disajikan pada gambar 3, dan tabel.7, tabel.8, dan tabel.9 sebagai berikut.

**Tabel 7.** Zonasi Rawan Bencana Lokasi pertama

No	Kelas Interv al	Zona Rawan Bencana	Luas (km <sup>2</sup> )	Persentas e (%)
1	2 - 17	Sangat Rendah	3.43	87.61
2	18 - 35	Rendah	0.17	4.32
3	36 - 53	Sedang	0.25	6.39
4	54 - 72	Tinggi	0.07	1.68
Total			3.91	100.00

Sumber : Hasil Pengolahan



Gambar 3. Zonasi Kawasan Rawan Bencana Aliran Material Erupsi Gunung Ungaran.

#### Persebaran Spasial Aliran Material Erupsi (§4)

Berdasarkan pada hasil penelitian persebaran aliran material erupsi dapat diketahui bahwa simulasi aliran material erupsi ditentukan oleh kondisi topografi daerahnya, hal tersebut telah sesuai dengan hasil simulasi aliran erupsi dimana aliran erupsi tersebut mengalir menuruni lereng Gunung Ungaran menuju ke wilayah topografi yang lebih rendah. Seperti pada hasil simulasi dapat dilihat bahwa aliran material erupsi akan cenderung mengikuti alur-alur sungai, hal tersebut karena alur-alur sungai memiliki penampang yang cekung sehingga aliran akan mengalir mengikuti alur tersebut.

Pada simulasi tersebut sistem perhitungan akan dimulai pada titik awal terjadinya erupsi, dimana sistem akan mulai melakukan proses perhitungan dari piksel awal( $h_0$ ) dengan delapan

sel piksel tetangganya ( $h_i$ ), lalu setelah didapatkan peluang ke beberapa sel piksel tetangganya ( $h_i$ ) maka dari sel piksel tetangganya tersebut akan melakukan perhitungan kembali terhadap delapan sel piksel tetangganya, dan proses tersebut akan terus berulang hingga suatu sel piksel tidak memiliki peluang sehingga aliran akan berhenti.

Kondisi nilai sel piksel menggambarkan nilai ketinggian piksel tersebut. Jika ketinggian piksel tetangga ( $h_i$ ) memiliki nilai lebih rendah daripada sel piksel awal ( $h_0$ ), maka semakin tinggi nilai koreksi ketinggian ( $h_c$ ) yang digunakan akan memberikan nilai selisih yang semakin tinggi, sehingga peluang terjadinya aliran akan menjadi semakin tinggi pula. Semakin banyak jumlah sel piksel yang memiliki peluang tinggi maka hasil aliran material erupsi

akan semakin luas jangkauannya. Arah aliran erupsi di tiap piksel memiliki perbedaan yang dipengaruhi oleh nilai peluangnya dan nilai selisih pikselnya ( $h_c$ ). Jika suatu sel piksel memiliki nilai selisih positif itu berarti piksel tersebut memiliki peluang untuk teraliri aliran. Jika sel piksel( $h_i$ ) lebih tinggi dari ketinggian sel piksel awal ( $h_0$ ), maka ketinggian sel piksel tersebut akan dikoreksi oleh ketinggian sel piksel dimana aliran tersebut berada. Probabilitas atau peluang terjadinya aliran untuk merambat ke suatu sel piksel adalah nol, kondisi tersebut menunjukkan bahwa aliran tidak dapat merambat ke atas. Aliran material erupsi akan berhenti jika nilai piksel awal lebih rendah dari nilai piksel delapan tetangganya. Jika terjadi kondisi tersebut maka sistem tersebut akan mengevaluasi kedua persamaan sebelumnya untuk enam belas sel-sel piksel yang mengelilingi delapan sel piksel aslinya dengan mempertimbangkan sel piksel (0) dimana aliran tersebut berada. Jika dari enam belas sel piksel tersebut terdapat peluang untuk teraliri, maka aliran material erupsi akan berlanjut, jika setelah terkoreksi dan tidak ada peluang maka aliran tersebut akan berhenti. Nilai probabilitas suatu sel piksel pada dasarnya dihitung dari perbandingan antara jumlah sel yang telah dialiri terhadap total sel piksel yang dihitung(Yulianto, 2012).

Pada penelitian ini aliran material erupsi hasil dari simulasi diklasifikasikan berdasarkan tingkat kerawannya. Tingkat kerawanan tersebut didasarkan pada peluang terdampak jika terjadi aliran material erupsi. Tingkat kerawanan pada penelitian ini dibagi menjadi tiga yaitu, tinggi, sedang, dan rendah. Kelas tingkat kerawanan tinggi pada penelitian ini berarti memiliki peluang besar untuk terdampak oleh aliran material erupsi. Pada aliran material erupsi dengan tingkat kerawanan tinggi cenderung berada mengikuti alur aliran sungai, hal tersebut terjadi karena jalannya aliran material erupsi ditentukan oleh kondisi topografinya. Sedangkan untuk aliran material erupsi dengan tingkat kerawanan sedang akan berada pada sekitar tingkat kerawanan tinggi, hal tersebut terjadi karena pada aliran ini terjadi akibat alur sungai sudah tidak mampu lagi menampung volume

aliran material erupsi dan akan meluap ke area sekitarnya. Pada area tingkat kerawanan rendah merupakan hasil sisa-sisa material erupsi yang meluap dari area tingkat kerawanan tinggi, sehingga jarak lokasi antara area dengan tingkat kerawanan tinggi dan rendah akan berjarak cukup jauh.

### **Area Terdampak Aliran Material Erupsi (§5)**

Luas area terdampak pada penelitian ini di klasifikasikan berdasarkan tingkat kerawannya terhadap aliran material erupsi. Pada tingkat kerawanan tinggi itu berarti wilayah yang akan terdampak memiliki peluang yang besar terkena aliran material erupsi. Selain itu jika aliran material erupsi melanda wilayah tersebut berarti kerusakan kondisi penggunaan lahan serta infrastruktur akan mengalami kerusakan yang parah baik akibat oleh aliran lava ataupun aliran lahar, hal tersebut karena pada area dengan tingkat kerawanan tinggi merupakan aliran utama yang mengalir mengikuti aliran alur sungai. Pada tingkat kerawanan sedang jika terdampak oleh aliran material erupsi maka memiliki peluang untuk terkena dan mengalami kerusakan sedang, artinya kerusakan yang terjadi di area ini tidak lebih parah daripada kerusakan pada area dengan tingkat kerawanan tinggi. Sedangkan pada area tingkat kerawanan rendah itu berarti area tersebut memiliki peluang terdampak dan mengalami kerusakan yang rendah, tingkat kerusakan pada area ini jika terdampak aliran material erupsi maka kerusakannya tidak lebih besar dari tingkat kerusakan area sebelumnya.

Kondisi penggunaan lahan terluas adalah sawah, kondisi tersebut diakibatkan karena kondisi kesuburan tanah yang baik di wilayah sekitar gunung api, hal tersebut diakibatkan karena hasil aktivitas vulkanik masa lampau gunung ungaran. Kondisi tanah tersebut mengakibatkan manusia tertarik untuk melakukan kegiatan pertanian di daerah Gunung Ungaran sehingga mengakibatkan munculnya permukiman-permukiman di lereng-lereng Gunung Ungaran. Kondisi permukiman di wilayah gunung atau pegunungan cenderung memiliki pola menyebar, hal tersebut

berhubungan dengan faktor kondisi fisik suatu wilayah.

Kondisi topografi mempengaruhi manusia untuk cenderung mendirikan permukiman di wilayah topografi datar. Faktor kondisi fisik lainnya yang mempengaruhi letak permukiman yaitu iklim, dimana manusia akan cenderung mendirikan memilih untuk mendirikan permukiman di iklim yang mendukung untuk menjalankan kehidupan. Kondisi iklim seperti curah hujan akan mempengaruhi letak permukiman dimana wilayah dengan kondisi curah hujan cukup akan lebih digemari untuk mendirikan permukiman, karena dengan cukupnya curah hujan maka sumber air akan mudah didapatkan.

#### **Zonasi Kawasan Rawan Bencana Aliran Material Erupsi (ξ6)**

Hasil penelitian tentang zonasi rawan bencana aliran material erupsi menunjukkan beberapa kategori zona rawan bencana. Zona rawan bencana tinggi pada hasil penelitian menunjukkan cakupan area yang paling kecil daripada zona rawan bencana lainnya. Pada zona rawan bencana tinggi kondisi tersebut menunjukkan bahwa tingkat kerawanan serta kemungkinan untuk jatuhnya korban tinggi dikarenakan pada zona tersebut berada pada aliran material erupsi dengan nilai probabilitas tinggi untuk terdampak langsung aliran material erupsi. Kemudian zona ini jika dilihat dari kondisi penggunaan lahannya maka mayoritas berada pada kondisi penggunaan lahan permukiman terutama permukiman padat, hal tersebut menjadi hal penting karena kondisi tersebut terdapat banyak aktivitas manusia di dalamnya sehingga menimbulkan risiko jatuhnya korban jiwa ataupun harta akan sangat tinggi.

Pada zona rawan bencana sedang berdasarkan hasil penelitian menunjukkan luasan wilayah yang lebih besar dari zona rawan bencana tinggi. Pada zona rawan bencana sedang menunjukkan tingkat kerawanan serta jatuhnya korban jiwa maupun harta yang tidak lebih besar dari zona rawan bencana tinggi. Hal tersebut dapat terjadi karena pada zona ini berada pada area aliran material erupsi dengan tingkat probabilitas atau peluang yang lebih rendah dari

zona sebelumnya untuk teraliri aliran material erupsi. Kemudian kondisi penggunaan lahan pada zona ini mayoritas adalah permukiman terutama permukiman dengan kepadatan sedang hingga tinggi, kondisi tersebut menyebabkan tingkat risiko untuk jatuhnya korban jiwa serta harta akan tinggi jika aliran material erupsi melanda wilayah tersebut. Faktor berikutnya yaitu bentuk medan, bentuk medan pada zona tersebut berada pada lereng bawah atau kaki gunung sehingga kondisi tersebut tidak akan menjadi hambatan aliran material erupsi.

Pada zona rawan bencana rendah berdasarkan hasil penelitian menunjukkan cakupan luas pada dua lokasi yang lebih rendah dari zona rawan bencana sedang sebelumnya dan terdapat satu lokasi yang memiliki luas lebih besar dari zona rawan bencana sedang. Pada zona rawan bencana rendah dapat diartikan bahwa pada zona ini tingkat kerawanan yang ditimbulkan oleh aliran material erupsi serta faktor lain yang menentukan akan berdampak lebih kecil dari zona sebelumnya. Kondisi tersebut menjadikan zona rawan bencana rendah karena ketika terjadi aliran material erupsi maka resiko menimbulkan korban jiwa maupun harta akan lebih sedikit daripada zona rawan sebelumnya.

Pada zona rawan bencana sangat rendah berdasarkan hasil penelitian pada tiga lokasi yang berbeda menunjukkan cakupan area yang terbesar disbandingkan dengan zona rawan bencana lainnya. Pada zona rawan bencana kondisi penggunaan lahan sangat berpengaruh, karena pada zona ini mayoritas berada pada kondisi penggunaan lahan non permukiman yang berada pada semua kondisi aliran material erupsi dari sangat rendah hingga tinggi dan berada pada semua wilayah bentuk medan, tetapi terdapat satu kondisi dimana zona ini berada di wilayah permukiman dengan tingkat kepadatan rendah namun berada pada area aliran material erupsi dengan nilai probabilitas yang sangat rendah.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka mengacu pada tujuan peneliti diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Persebaran aliran material erupsi yang didapatkan dari simulasi numerik menggunakan VORIS (*Volcanic Risk Information System*) menunjukkan bahwa persebaran aliran material erupsi pada tiga titik lokasi yang berbeda menunjukkan bahwa aliran telah sesuai dengan asumsi bahwa aliran jalannya aliran dipengaruhi atau ditentukan oleh kondisi topografinya, dimana kondisi topografi tersebut diwakili oleh data DEM (*Digital Elevation Model*);
2. Kondisi penggunaan lahan yang kemungkinan terdampak oleh aliran material erupsi pada tiga titik lokasi aliran menunjukkan bahwa kondisi penggunaan lahan yang banyak terdampak oleh aliran material erupsi adalah penggunaan lahan sawah, kondisi tersebut terjadi karena pada wilayah penelitian merupakan wilayah pegunungan dimana masih banyak dijumpai kondisi penggunaan lahan pertanian dibandingkan dengan penggunaan lahan permukiman.

Zonasi area rawan bencana aliran material erupsi berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tiga titik lokasi tersebut zona rawan bencana yang memiliki cakupan terluas yaitu pada zona sangat rendah, hal tersebut dipengaruhi oleh kondisi penggunaan lahan yang terdampak berupa non permukiman dan permukiman kepadatan rendah, serta berada pada nilai probabilitas aliran erupsi rendah, dan berada di wilayah yang menghambat laju aliran material erupsi sehingga risiko kerugian untuk jatuhnya korban jiwa ataupun harta sangat rendah.

## DAFTAR PUSTAKA

Arana, V., Felpeto, A., Astiz, M., Garcia, A., Ortiz, R., Abella, R., 2000. *Zonation of the main volcanic hazards (lava flows and ash fall) in Tenerife, Canary Islands; a proposal for a surveillance network.*

*Journal of Volcanology and Geothermal Research* 103, 377–391.

- Bachrudin, Rudy and Djumarma, Wirakusumah. 1998. *The Role of Geomorphology in Volcanic Hazard Mitigation, Applied in Indonesia.* Volcanological Survey of Indonesia, Paper, Remote Sensing and Natural Disaster Symposium, Tsubaka. Japan.
- Bemmelen, R.W. Van. 1949. *The Geology of Indonesia*, vol. 1A General Geology, Government Print. Office, The Hague Netherland.
- Damiani, M.L., Groppelli, G., Norini, G., Bertino, E., Gigliuto, A., Nuita, A., 2006. *A lava flow simulation model for the development of volcanic hazard maps for Mount Etna (Italy).* Computer and Geoscience 32 (2006) 512-526, Departemento di Informatica e Comunicazione, University of Milan.
- Felpeto, A.; Arana, V.; Ortiz, M.; Garcia, A.; (2001). *Assessment and Modelling Of Lava Flow Hazard on Canary Island*, Natural Hazard on Canary Islands, Natural Hazards, 23:247-257.
- Falpeto, A., Matri, J., dan Ortiz, R. 2007. *Automic GIS-based System for Volcanic Hazard Assesment.* Journal of Volcanologycal and Geothermal Research 166 (2007) 106-11.6
- Falpeto, Alicia. 2009. *VORIS a GIS based tool for volcanic hazard assesment.* User's guide version 2.0.1. Observatorio Geofisico Central, IGN.
- Kumalawati, Rosalina. 2015. *Penginderaan Jauh Pemetaan Daerah Rawan Bencana Lahar Gunung Api Merapi.* Yogyakarta: Penerbit Ombak.
- Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 2 tahun 2012 tentang Pengkajian Resiko Bencana.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 15 Tahun 2011 tentang Pedoman Mitigasi Bencana Gunung Api, Gerakan tanah, gempa Bumi, dan Tsunami.
- Pratama, Arliandy, dkk. 2014. *Pemodelan Kawasan Rawan Bencana Erupsi Gunung api Berbasis Data Penginderaan Jauh (Studi Kasus Gunung Api Merapi).* Semarang. Jurnal Geodesi Undip.
- Sari, Dewi, Karnia, dan Nugroho, Hary. 2001. *Pemanfaatan Hasil Aliran Lahar untuk Pemetaan Kawasan Rawan Bencana Gunung api menggunakan Sistem Informasi Geografis.* Seminar Nasional Pusat SIG dan Penginderaan Jauh I.P-ITS. Surabaya.
- Syabaruddin, dkk. 2003. *Pemetaan Fasies Vulkanik Pada Daerah Prospek Panas Bumi Gunung Ungaran Jawa Tengah.* The 32rd IAGI and 28<sup>th</sup> HAGI Annual Convention and Exhibition. Jakarta

Yulianto, Fajar, dan Parwati. 2012. *Aplikasi Model Probabilistik untuk Simulasi Aliran Material Erupsi Studi Kasus: Gunung Merapi, Jawa Tengah.* Peneliti Bidang Lingkungan dan Mitigasi Bencana.