

# ANALISIS RESIKO GUNUNG API MERAPI BERDASARKAN DATA PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Parwati Sofan dan Fajar Yulianto

## Abstract

Mount Merapi is the most active volcano in Indonesia. Genesis eruption of Mount Merapi in late 2010 brought many victims of both life and enormous material. Primary and secondary dangers of Mount Merapi is in the form of pyroclastic flows and lava flows cold. These dangers have a very high risk, if it occurs in densely populated areas and a lot of important infrastructure in the area. Therefore, in this study a model of integration between hazard and vulnerability models for volcanic risk analysis. Zoning danger of Mount Merapi is done based on the data of Digital Elevation Model - Shuttle Radar Thematic Mapper (SRTM DEM) 30 m with a probabilistic analysis method eruption flow and energy methods for zoning danger pyroclastic cone. As for vulnerability analysis conducted detailing the distribution of population by type of land use of satellite data SPOT-4 in 2009. In order to anticipate disasters that do not know the time of day or night, the risk analysis is divided into two time that the risk of daytime and nighttime by the tendency of the population located in a land use of this type of work. High risk of Mount Merapi in the day contained in the southern region of Merapi, which in Cangkringan (Wukirsari Village, Village Argomulyo, Umbulharjo Village), Kecamatan CTL (Hargobinangun village), and Kecamatan Turi (Wonokerto village). Merapi high risk zone at night there in Kecamatan Cangkringan (Umbulharjo village and Wukirsari), Kecamatan CTL (Hargobinangun village). Furthermore, the evacuation route has been prepared based on zoning risk Merapi and critical infrastructure in the local area.

**Keywords:** Mount Merapi, hazard, vulnerability, risk, SRTM DEM, land use

## Abstrak

Gunung Merapi merupakan gunung api yang paling aktif di Indonesia. Kejadian letusan gunung Merapi pada akhir tahun 2010 membawa banyak korban baik jiwa maupun material yang sangat besar. Bahaya primer dan sekunder Gunung Merapi adalah berupa aliran pyroclastic dan aliran lahar dingin. Bahaya-bahaya ini memiliki resiko yang sangat tinggi, jika terjadi di wilayah yang padat penduduk dan banyak infrastruktur yang penting di daerah tersebut. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan integrasi antara model bahaya dan model kerentanan untuk analisis resiko gunung api. Zonasi bahaya Gunung Merapi dilakukan berdasarkan data *Digital Elevation Model - Shuttle Radar Thematic Mapper* (DEM SRTM) 30 m dengan metode analisis probabilistik aliran erupsi dan metode *energy cone* untuk zonasi bahaya pyroclastic. Sementara untuk analisis kerentanan dilakukan pendetailan sebaran penduduk berdasarkan jenis penggunaan lahan dari data satelit SPOT-4 tahun 2009. Guna mengantisipasi datangnya bencana yang tidak mengenal waktu siang ataupun malam, maka analisis resiko dibagi menjadi 2 waktu yaitu resiko siang hari dan malam hari berdasarkan kecenderungan penduduk berada di suatu penggunaan lahan dari jenis pekerjaannya. Resiko tinggi Gunung Merapi pada siang hari terdapat pada wilayah selatan Merapi yaitu di Kecamatan Cangkringan (Desa Wukirsari, Desa Argomulyo, Desa Umbulharjo), Kecamatan Pakem (Desa Hargobinangun), dan Kecamatan Turi (Desa Wonokerto). Zona resiko tinggi Merapi pada malam hari terdapat di Kecamatan Cangkringan (Desa Umbulharjo dan Wukirsari), Kecamatan Pakem (Desa Hargobinangun). Selanjutnya, jalur evakuasi telah disusun berdasarkan zonasi resiko Merapi dan infrastruktur penting di daerah setempat.

## I. PENDAHULUAN

Kejadian letusan Gunungapi Merapi pada akhir tahun 2010 membawa banyak korban baik jiwa maupun material yang sangat besar. Berdasarkan data Pusdalops BNPB pada tanggal 27 November 2010, bencana erupsi Gunungapi Merapi ini telah menimbulkan korban jiwa sebanyak 339 orang meninggal di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. Dampak bencana erupsi Gunungapi Merapi tersebut telah menimbulkan kerusakan dan kerugian pada sektor ekonomi produktif, sektor infrastruktur, sektor perumahan, lintassektor, dan sektor sosial. sebesar Rp. 3,557 triliun. Mengingat tingginya tingkat bahaya Gunung Api Merapi yang merupakan gunung api paling aktif di Indonesia, maka diperlukan upaya untuk meminimalkan dampak kerugian di masa yang akan datang.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam tahapan pengelolaan bencana adalah melakukan upaya mitigasi bencana dengan pemetaan zona bahaya dan zona resiko bencana. Dalam memetakan zona bahaya suatu gunung api perlu dicermati jenis letusan gunung tersebut sehingga dapat digunakan metode yang tepat dalam memetakan daerah bahaya. Menurut Lavigne (2000) dan Voight et al. (2000), Gunungapi Merapi merupakan gunung api tipe Stratovolcano yang memiliki bahaya primer dengan karakteristik khas tipe letusan berupa awan panas atau wedus gembel dalam istilah bahasa Jawa. Letusan tersebut terdiri dari unsur gas, bongkah batu dan abu vulkanis yang diawali oleh aliran lava dan runtuhannya lava. Kejadian erupsi Merapi dari tahun 1672 – 1997 terdiri dari beberapa tipe, yaitu: *Explosions, Pyroclastic Flows, Pyroclastic Surge, Dome Growth, Lava Flow, dan Debris Flows* (Lavigne et al., 2000; Thouret et al., 2000). Terakhir pada tahun 2010 mekanisme letusan Merapi terjadi secara *Explosions* dan *Pyroclastic Flows* (Wikipedia, 2011), dimana *Explosions* merupakan tipe erupsi pelepasan energi dan ledakan secara ekstrim, dengan suhu tinggi, sedangkan *Pyroclastic Flows*, tipe erupsi yang berupa campuran abu, batu apung, fragmen batuan panas dan gas partikel halus hingga kasar dengan kerapatan tinggi yang bergerak cepat selama erupsi berlangsung. Sedangkan bahaya sekunder yang sering kali terjadi pasca erupsi Gunungapi Merapi adalah banjir lahar dingin yang juga terjadi pada letusan tahun 2010.

Bahaya gunungapi ini memiliki resiko yang sangat tinggi, jika terjadi di wilayah yang padat penduduk dan banyak infrastruktur yang penting di daerah tersebut. Oleh karena itu, dipandang sangat penting untuk dapat memetakan zona bahaya akibat letusan gunung api tersebut. Setelah itu, pada daerah bahaya dapat dilihat berapa jumlah penduduk sebagai objek yang rentan terhadap bahaya, dan juga infrastruktur apa sajakah yang ada di zona bahaya. Hingga akhirnya peta dan analisa resiko dapat dilakukan dengan mengintegrasikan zona bahaya dan kerentanan gunung api.

Beberapa pendekatan untuk pemetaan bahaya gunung api antara lain adalah pemodelan erosi deposit aliran *pyroclastic* dan lahar dingin dengan analisis geomorfologi dan penggunaan lahan, serta simulasi aliran menggunakan teknik Sistem Informasi Geografis (SIG) oleh Santos Daag and van Westen (2003); analisa probabilistik zona bahaya dengan data historik aliran lava (Lirer dan Viteli, 1998); pemetaan daerah bahaya Merapi berdasarkan analisis geomorfologi dan penggunaan lahan dari data satelit (Asriningrum et al, 2004); pendekatan model *Energy Cone* untuk aliran *pyroclastic* (Malin dan Sheridan 1982; Hayashi dan Self 1992, Toyos et al. 2007); pemetaan bahaya gunung api secara otomatis dengan teknik SIG berdasarkan aplikasi metode *probabilistic* dan *Energy Cone* (Felpeto et al., 2007; Felfeto 2009); modeling aliran *pyroclastic* dengan FLOW3D (Saucedo et al., 2005), simulasi bahaya *pyroclastic* Gunung Merapi dengan menggunakan metode *Energy Cone* (Parwati et al, 2011) dan simulasi bahaya aliran lava Gunung Merapi dengan metode *probabilistic* (Yulianto dan Parwati, 2012) dengan akurasi yang cukup signifikan terhadap data kerusakan di lapangan (Parwati et al, 2013).

Sejauh ini, pemetaan daerah resiko gunungapi berdasarkan data penginderaan jauh belum mengintegrasikan analisis kerentanan penduduk dimana diperlukan pembaharuan analisis penutup lahan dari data satelit. Alberico et al. (2008) mengintegrasikan daerah bahaya aliran *pyroclastic* ditumpang susun dengan penggunaan lahan dan jumlah penduduk untuk penentuan daerah resiko. Pada penelitian ini akan dilakukan integrasi hasil pemetaan bahaya dari penelitian sebelumnya (Parwati et al., 2013) dan analisis wilayah kerentanan untuk menghasilkan pemetaan resiko Gunung Merapi dengan menggunakan data satelit dan SIG.

## II. DATA DAN METODE

### 2.1. Metoda Simulasi Bahaya Gunung Api

Pada penelitian ini dilakukan integrasi antara hasil simulasi model bahaya Gunung Merapi dengan model probabilistik (Yulianto dan Parwati, 2012) dan model *Energi Cone* (Parwati, 2012). Kedua model ini menggunakan input utama data DEM-SRTM 30 m, dimana pada model probabilistik diasumsikan topografi sebagai faktor utama yang menentukan jalannya aliran material erupsi, sedangkan model *Energi Cone* merupakan model simulasi potensi maksimum suatu wilayah terpengaruh oleh PDC. Data SRTM 30 m tersedia untuk umum melalui US Geological Survey EROS Data Center. Data dapat diunduh atau dipesan melalui server di <http://seamless.usgs.gov/>, atau <http://edc.usgs.gov/products/elevation/srtm30plus/>.

### 2.2. Metode Analisa Kerentanan

Kerentanan difokuskan pada jumlah penduduk dan kondisi infrastruktur di wilayah studi. Untuk jumlah penduduk dilakukan metode penajaman informasi spasial dengan mengkombinasikan penggunaan lahan yang dianalisis dari data SPOT-4 tanggal 26 Juni 2009. Analisis klasifikasi penutup/penggunaan lahan dilakukan melalui klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dengan metode *maximum likelihood*. dengan data penduduk dari data statistik.

Data penduduk yang digunakan adalah per-desa tahun 2009 dari BPS Yogyakarta di Kecamatan Turi, Pakem, dan Cangkringan di Kabupaten Sleman, yang selanjutnya akan diintegrasikan dengan data penggunaan lahan dari hasil klasifikasi data satelit SPOT-4 tahun 2009.

Formula yang diterapkan dalam pendetailan penduduk berdasarkan penggunaan lahannya adalah sebagai berikut (Indrajit and Khomarudin, 2011):

$$x_d = \sum_{i=1}^n P_i$$

$$P_i = \sum_{j=1}^n P_{ij}$$

$$P_{ij} = \frac{S_{ij}}{\sum_{i,j=1}^n S_{ij}} W_i \cdot X_d \dots\dots\dots(1)$$

dimana  $X_d$  adalah jumlah penduduk dalam unit administrasi;  $P_i$  adalah jumlah penduduk dalam unit landuse  $i$ ;  $P_{ij}$  adalah jumlah penduduk dalam polygon  $j$  di landuse  $i$ ;  $S_{ij}$  adalah ukuran polygon  $j$  dalam landuse  $i$  di sebuah unit administrasi;  $W_i$  adalah faktor pembobot landuse  $i$  yang dibedakan pada siang dan malam hari.

### 2.3. Analisis Resiko Gunung Api

Resiko/Risk merupakan tingkat kerugian (sosial, ekonomi, lingkungan, dan lain-lain) yang dihasilkan dari interaksi antara bahaya (H) dan kerentanan (V). Risk (R) diformulasikan sebagai berikut (Wisner et al., 2004):

$$R = H \cdot V \dots\dots\dots(2)$$

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

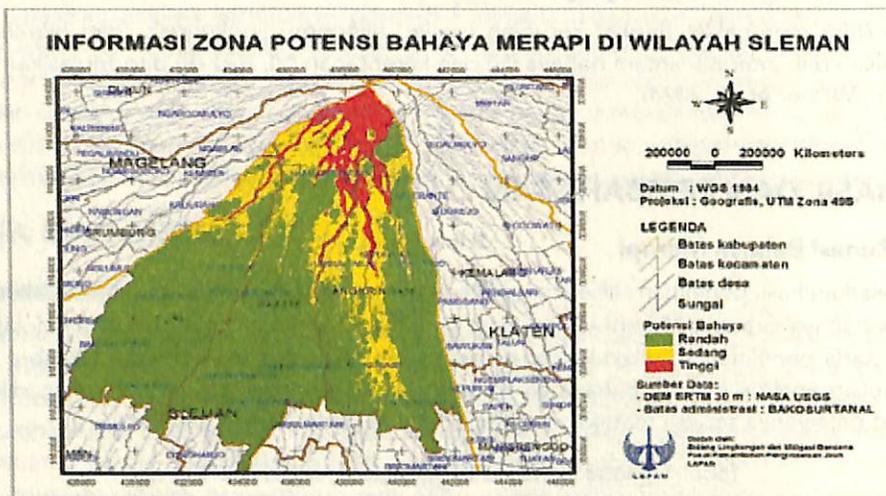
### 3.1. Zonasi Bahaya Merapi

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya (Parwati et al, 2013) yang menunjukkan akurasi hasil zonasi bahaya Gunung Merapi yang cukup signifikan terhadap data kerusakan di lapangan, maka pada penelitian ini dilakukan analisis lanjutan terhadap zona bahaya tersebut dengan melakukan analisis overlay bahaya aliran lava dan bahaya *pyroclastic* kemudian dikelaskan tingkat bahayanya seperti matriks yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Matriks analisis overlay potensi bahaya Merapi.

Jenis Bahaya		Pyroclastic		
Aliran Lava		Tinggi	Sedang	Rendah
	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Sedang
	Sedang	Tinggi	Sedang	Rendah
	Rendah	Sedang	Rendah	Rendah

Hasil analisis overlay zona potensi bahaya Merapi secara spasial dibagi menjadi 3 tingkat, yaitu tinggi, sedang, rendah (Gambar 1). Zona bahaya tinggi yang ditandai dengan warna merah terletak di sekitar puncak Merapi hingga kurang lebih sejauh 8 km dari puncak Merapi menuju ke Desa Kepuharjo (Cangkringan), Umbulharjo (Cangkringan), Hargobinangun (Pakem), dan Wonokerto (Turi). Zona bahaya sedang yang ditandai dengan warna kuning terletak dari 2 km setelah puncak Merapi hingga mencapai 15 km menuju ke Desa Argomulyo (Cangkringan). Wilayah lain yang tidak termasuk dalam zona bahaya tinggi dan sedang termasuk dalam zona bahaya rendah. Meskipun disebut sebagai zona bahaya rendah bukan berarti kesiapsiagaan di wilayah tersebut menjadi rendah, karena masih terdapat peluang terjadinya bencana dalam zona tersebut.

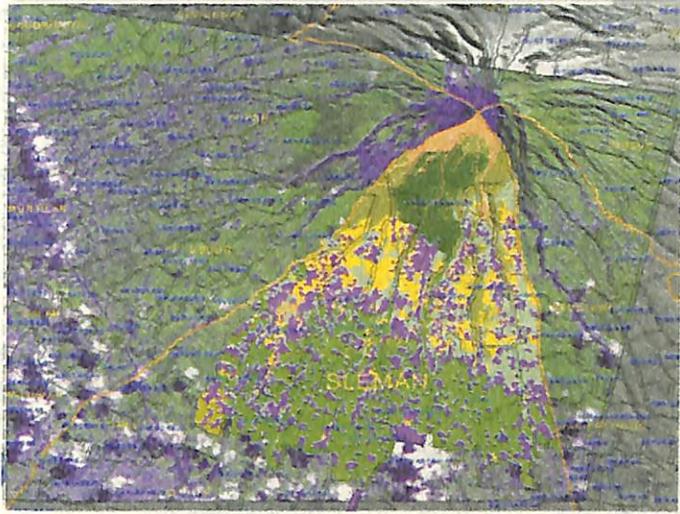


Gambar 1. Informasi spasial zona potensi bahaya Merapi di Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem yang diolah berdasarkan integrasi bahaya aliran lava dan pyroclastic.

## 3.2. Daerah Kerentanan Gunung Merapi

### 3.2.1. Penutup/Penggunaan Lahan di sekitar Gunung Merapi

Dari 16 daerah kecamatan di wilayah administrasi Kabupaten Sleman, ada 3 kecamatan yang merupakan kecamatan dengan kerusakan terparah akibat letusan Merapi 2010, yaitu Kecamatan Cangkringan, Pakem, dan Turi, sehingga analisis penutup/penggunaan lahan dilakukan di wilayah 3 kecamatan tersebut. Data satelit yang digunakan adalah SPOT-4 tahun 2009. Hasil analisis penutup/penggunaan lahan yang telah divalidasi dengan hasil analisis bangunan di wilayah permukiman dengan data resolusi tinggi Geo Eye tahun 2009 (Gambar 2). Tampilan belakang hasil klasifikasi selain lokasi kajian adalah citra komposit RGB SPOT-4 tanggal 29 Juni 2009. Pada hasil analisis penutup/penggunaan lahan dapat dilihat bahwa di bagian utara kurang lebih jarak 5 km dari puncak sudah terdapat wilayah permukiman di utara Kecamatan Cangkringan Kabupaten Sleman. Wilayah tersebut secara geomorfologi memang merupakan dataran alluvial yang relatif subur untuk kegiatan pertanian, sehingga walaupun wilayah tersebut termasuk dalam zona bahaya tinggi namun permukiman banyak ditemukan di wilayah tersebut. Selanjutnya ke arah selatan, umumnya jenis penggunaan lahannya didominasi oleh areal pertanian dan permukiman seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil interpretasi penutup/penggunaan lahan dari data SPOT-4 tahun 2009 yang telah divalidasi dengan data Geo Eye 2009 di Kecamatan Cangkringan, Pakem, dan Turi

Hasil perhitungan luas penutup /penggunaan lahan di 3 kecamatan Kabupaten Sleman yaitu Kecamatan Cangkringan, Pakem, dan Turi berdasarkan data SPOT-4 tahun 2009 menunjukkan bahwa jenis penutup/penggunaan lahan yang terluas adalah sawah irigasi yang mencapai sekitar 30.3 % dari total luas di ketiga kecamatan tersebut. Selanjutnya wilayah permukiman sekitar 25.2 % dan jenis penutup lahan lainnya yang luasnya di bawah 15 % (Tabel 2).

Tabel 2. Luas penutup/penggunaan lahan di Kecamatan Cangkringan, Pakem, dan Turi berdasarkan analisis data SPOT-4 tahun 2009.

Jenis Penutup/ Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	Persentase (%)
Sawah Irigasi	4206.04	30.31
Permukiman	3500.13	25.22
Kebun	2027.05	14.61
Tegalan	1501.51	10.82
Belukar/Semak	1162.03	8.37
Hutan	848.90	6.12
Material Erupsi	501.17	3.61
Sawah	129.32	0.93

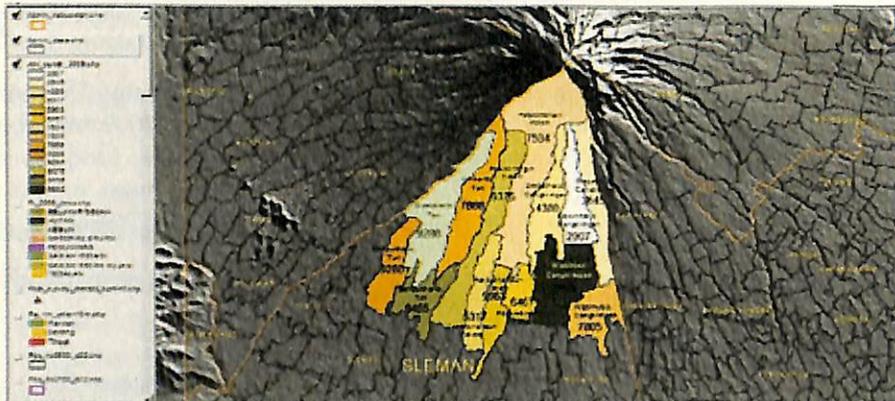
Berdasarkan wilayah administrasi kecamatan (Tabel 3), wilayah administrasi yang mempunyai luas sawah irigasi dari tertinggi hingga terendah adalah Kecamatan Pakem (41.8 %), Kecamatan Turi (29.4 %) dan Cangkringan (28.8 %). Sedangkan luas wilayah permukiman mempunyai sebaran yang hampir sama, yaitu Kecamatan Turi (35.9 %), Pakem (32.7 %), dan Cangkringan (31.4 %).

Tabel 3. Persentase (%) luas sawah irigasi dan permukiman di Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem berdasarkan data SPOT-4 tahun 2009.

Kecamatan	Sawah Irigasi	Permukiman
Cangkringan	28.8	31.5
Pakem	41.8	32.7
Turi	29.4	35.9

### 3.2.2. Analisis Kerentanan Penduduk

Berdasarkan data penduduk di Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem tahun 2009 yang dirilis oleh BPS tahun 2010 dapat diketahui sebaran jumlah penduduk yang banyak penduduknya yaitu di Desa Wukirsari-Cangkringan (9882 jiwa) hingga yang relatif sedikit penduduknya yaitu di Desa Kepuharjo-Cangkringan (2907 jiwa). Informasi jumlah penduduk secara spasial disajikan pada Gambar 3.

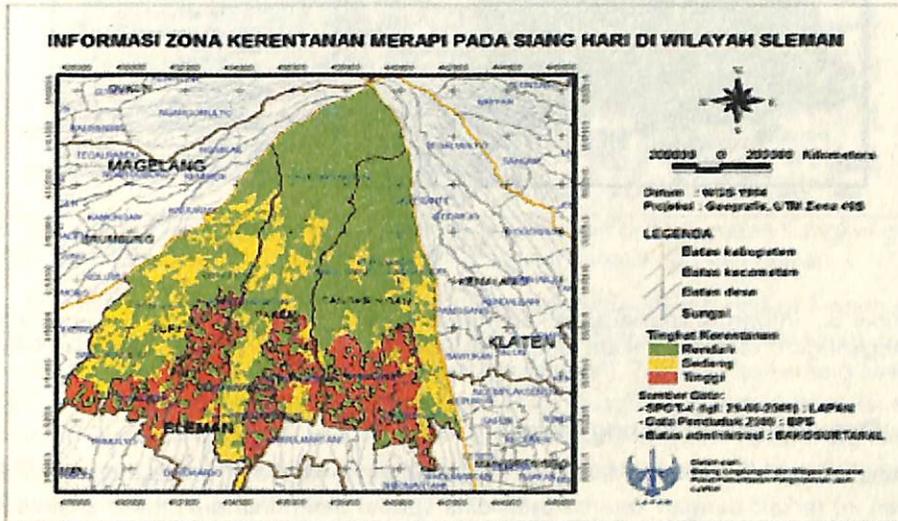


Gambar 3. Informasi spasial jumlah penduduk tahun 2009 di Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem (Sumber data: BPS Sleman 2010).

Dalam menghitung kerentanan maka dilakukan overlay antara data spasial jumlah penduduk dengan data spasial penggunaan lahan. Pada penentuan faktor pembobot landuse yang dibedakan antara siang dan malam hari, digunakan informasi data pencaharian penduduk dari BPS setempat sebagai acuan lokasi aktivitas penduduk. Umumnya pada siang hari penduduk di Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem lebih banyak berada di wilayah permukiman (40 %), kemudian di sawah (21 %), kebun (20 %), pertanian lahan kering (16 %), dan di areal hutan/belukar/material erupsi (1 %), sedangkan pada malam hari, penduduk lebih cenderung berada di wilayah permukiman (97 %), sisanya tersebar di wilayah landuse yang lain, dengan asumsi bahwa masih terdapat orang yang bekerja atau berada pada areal material erupsi dan lain-lain.

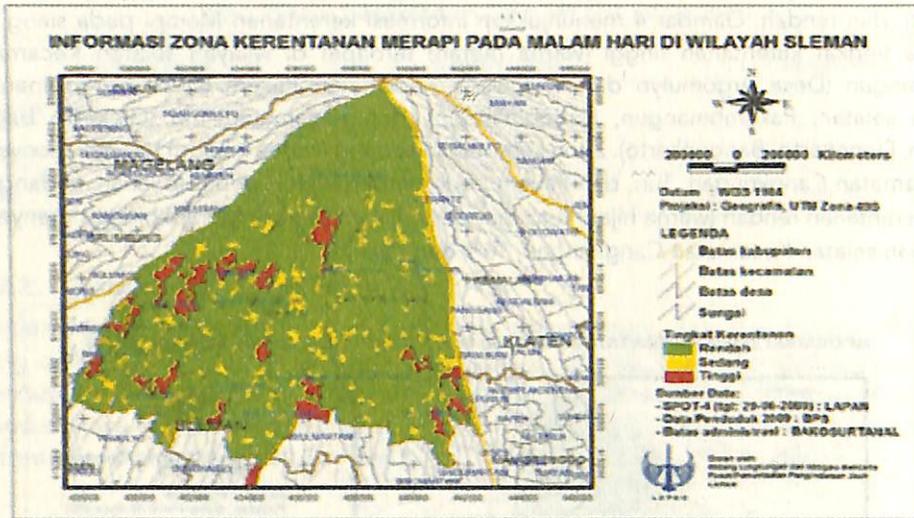
Berdasarkan analisa jumlah penduduk di jenis penggunaan lahan tertentu pada siang dan malam hari, maka dapat ditunjukkan tingkat kerentanan penduduk terhadap bahaya Gunung Merapi. Pada siang hari dapat ditunjukkan bahwa kerentanan penduduk yang tinggi terdapat di bagian selatan yaitu pada tipe penggunaan lahan sawah irigasi dan permukiman, sedangkan pada malam hari kerentanan penduduk terhadap bahaya Gunung Merapi menyebar wilayah permukiman di bagian utara juga selatan.

Zona kerentanan penduduk terhadap bencana Merapi dibagi menjadi 3 tingkat, yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Gambar 4 menunjukkan informasi kerentanan Merapi pada siang hari dimana tingkat kerentanan tinggi (warna merah) terdapat di wilayah selatan Kecamatan Cangkringan (Desa Argomulyo dan Wukirsari), Kecamatan Pakem (Desa Hargobinangun bagian selatan, Pakembinangun, Harjobinangun), dan Kecamatan Turi (Girikerto bagian selatan, Donokerto, Bangunkerto). Zona kerentanan sedang (warna kuning) terletak menyebar di Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem pada berbagai jenis penutup lahan, sedangkan zona kerentanan rendah (warna hijau) terdapat dari wilayah puncak Merapi hingga menyebar di bagian selatan Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem.



Gambar 4. Informasi spasial zona kerentanan Merapi pada siang hari di Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem yang diolah berdasarkan integrasi landuse dan data kependudukan

Sementara itu pada zona kerentanan Merapi untuk malam hari seperti yang terlihat pada Gambar 5 menunjukkan bahwa tingkat kerentanan penduduk pada malam hari bernilai tinggi (warna merah) di wilayah permukiman yang menyebar dari bagian utara ( $\pm 5$  km dari puncak) hingga bagian selatan Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem. Demikian pula dengan tingkat kerentanan sedang (warna kuning) yang menyebar di wilayah permukiman dari utara hingga selatan. Dibandingkan dengan zona kerentanan tinggi, zona kerentanan sedang lebih merata penyebarannya di ketiga kecamatan. Selebihnya zona kerentanan rendah terdapat dari mulai puncak Merapi hingga ke wilayah selatan Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem.



Gambar 5. Informasi spasial zona kerentanan Merapi pada malam hari di Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem yang diolah berdasarkan integrasi landuse dan data kependudukan

### 3.2.3. Daerah Resiko Gunung Merapi

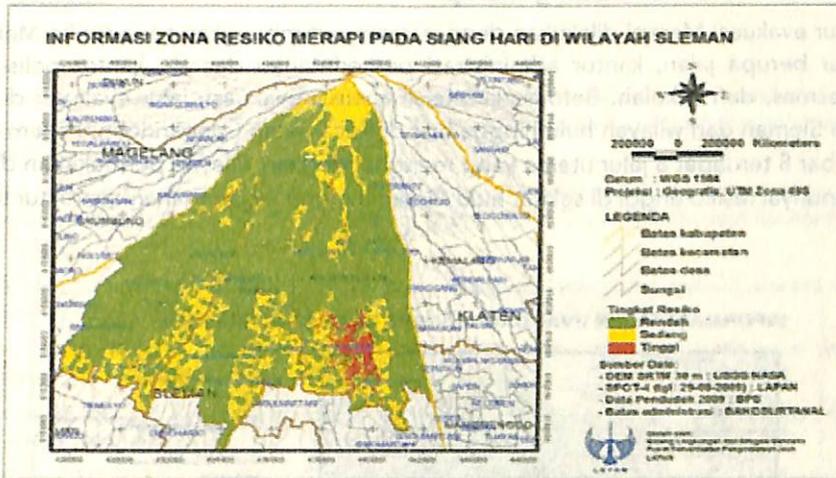
Dalam analisis resiko dilakukan integrasi hasil analisis bahaya dan kerentanan. Pada kajian penelitian ini terkait dengan keterbatasan data spasial dan penduduk, maka analisis resiko hanya dilakukan untuk di Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem.

Hasil analisis risiko dibagi menjadi 2 waktu yaitu resiko siang hari dan resiko malam hari. Adapun matrik analisis overlay potensi bahaya dan kerentanan Gunung Merapi dapat disajikan pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Matriks analisis resiko Gunung Merapi

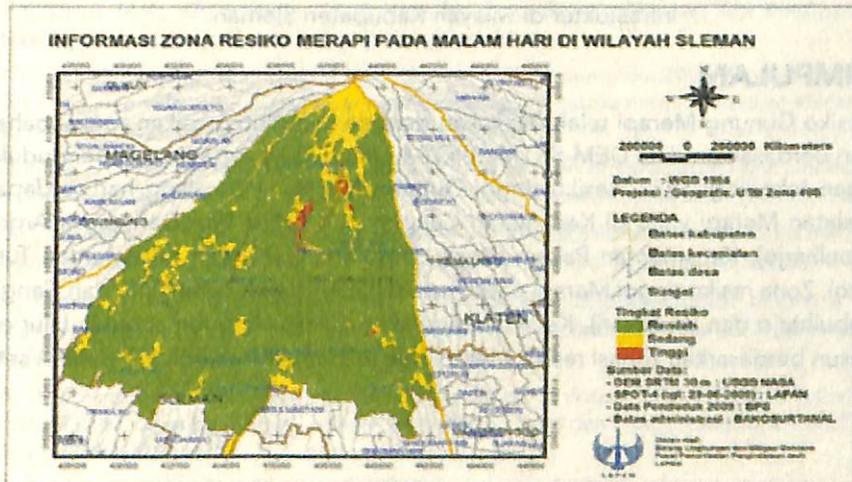
Kategori		Kerentanan		
Bahaya		Tinggi	Sedang	Rendah
	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Sedang
	Sedang	Tinggi	Sedang	Rendah
	Rendah	Sedang	Rendah	Rendah

Gambar 6 menunjukkan zona resiko Merapi pada siang hari di Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem, dimana resiko tinggi (warna merah) terdapat pada wilayah selatan yaitu di Desa Wukirsari dan Argomulyo (Cangkringan), serta di sekitar  $\pm 5$  km dari puncak Merapi di wilayah Desa Umbulharjo (Cangkringan), Hargobinangun (Pakem), dan Wonokerto (Turi). Zona resiko sedang (warna kuning) terdapat di wilayah puncak Merapi hingga sekitar 10 km dari puncak Merapi, dan di bagian selatan Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem. Zona resiko rendah berada menyebar mulai 2 km dari puncak Merapi hingga di bagian selatan Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem.



Gambar 6. Informasi spasial zona resiko Merapi pada siang hari di Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem yang diolah berdasarkan integrasi bahaya dan kerentanan

Sementara itu Gambar 7 menunjukkan zona resiko Merapi pada malam hari di Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem, dimana resiko tinggi (warna merah) terdapat di Desa Umbulharjo (Cangkringan), Hargobinangun (Pakem), Wukirsari (Cangkringan). Zona resiko sedang (warna kuning) lebih banyak sebarannya dibandingkan zona resiko tinggi, dan menyebar mulai dari wilayah puncak Merapi hingga selatan Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem. Demikian pula zona resiko rendah yang berada menyebar mulai 2 km dari puncak Merapi hingga di bagian selatan Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem.



Gambar 7. Informasi spasial zona resiko Merapi pada malam hari di Kecamatan Cangkringan, Turi, dan Pakem yang diolah berdasarkan integrasi bahaya dan kerentanan.

### 3.2.4. Analisis Evakuasi Gunung Merapi

Analisis jalur evakuasi Merapi dilakukan dengan mempertimbangkan zona resiko Merapi dan infrastruktur berupa jalan, kantor administrasi pemerintahan daerah, kantor polisi, rumah sakit/puskesmas, dan sekolah. Berdasarkan hasil analisis evakuasi, jalur evakuasi di wilayah Kabupaten Sleman dari wilayah hulu hingga hilir di Kecamatan Cangkringan, Pakem dan Turi pada Gambar 8 terdapat 8 jalur utama yang menghubungkan wilayah permukiman di daerah yang mempunyai resiko tinggi di sekitar hulu Merapi hingga ke jaringan infrastruktur terdekat.



Gambar 8. Informasi jalur evakuasi Merapi berdasarkan analisis resiko dan jaringan infrastuktur di wilayah Kabupaten Sleman.

## IV. KESIMPULAN

Analisis resiko Gunung Merapi telah dilakukan dengan mengintegrasikan zonasi bahaya dan kerentanan berdasarkan data DEM-SRTM, SPOT-4 tahun 2009, serta data kependudukan dari BPS dengan teknologi SIG. Resiko tinggi Gunung Merapi pada siang hari terdapat pada wilayah selatan Merapi yaitu di Kecamatan Cangkringan (Desa Wukirsari, Desa Argomulyo, Desa Umbulharjo), Kecamatan Pakem (Desa Hargobinangun), dan Kecamatan Turi (Desa Wonokerto). Zona resiko tinggi Merapi pada malam hari terdapat di Kecamatan Cangkringan (Desa Umbulharjo dan Wukirsari), Kecamatan Pakem (Desa Hargobinangun). Jalur evakuasi telah disusun berdasarkan zonasi resiko Merapi dan infrastruktur penting di daerah setempat.

## Daftar Pustaka

- Asriningrum, W., H. Noviar, Suwarsono. 2004. Pengembangan Metode Zonasi Daerah Bahaya Letusan Gunung Api Studi Kasus Gunung Merapi. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*. Vol.1: 66-75. LAPAN.
- Alberico, I., L. Lirer, P. Petrosino, R. Scandone. 2008. Volcanic hazard and risk assessment from pyroclastic flows at Ischia island (southern Italy). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Vol. 171 : 118–136
- Felpeto, A., Matri, J., Ortiz, R., (2007). Automatic GIS-based system for volcanic hazard assessment. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 166 (2007) 106–116.
- Felpeto, A., (2009). VORIS a GIS-based tool for volcanic hazard assessment. User's guide version 2.0.1. Observatorio Geofisico Central, IGN.
- Hayashi JN, and Self S. 1992. A comparison of pyroclastic flow and debris avalanche mobility. *J Geophysical Res* 97(B6):9063–9071
- Indrajit, A. and M. R. Khomarudin. 2011. Development of Remote Sensing Technique to Classify Settlement Area for Supporting People Distribution Mapping. *Journal of Information Technology for Natural Resources Management* 01/2011; Vol II:27-39.
- Lavigne, F., Thouret, J.C., Voight, B., Suwa, H., Sumaryono, A., (2000). Lahars at Merapi volcano, Central Java: an overview. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 100 (2000) 423–456.
- Lirer L dan Livia Viteli. 1998. Volcanic Risk Assessment and Mapping in the Vesuvian Area Using GIS. *Journal Natural Hazards* 17: 1–15, 1998
- Malin MC, and Sheridan MF. 1982. Computer-Assisted mapping of pyroclastic surges. *Science*. 217:637–640
- Parwati, F.Yulianto, M.R., Khomarudin. 2012. Simulasi Bahaya Pyroclastic Gunung Merapi Berdasarkan Model Energy Cone dari Data DEM SRTM. *Proceedings of Geomatika SAR Nasional (GeoSARNas) 2011*.
- Parwati, F.Yulianto, M.R., Khomarudin. 2013. Verifikasi Zona Bahaya Gunung Api Berdasarkan Model Probabilistik dan Energy Cone. dalam proses penerbitan.
- Saucedo, R., J.L. Macias, M.F. Sheridan, M.I. Bursik, and J.C. Komorowski. 2005. Modeling of pyroclastic flows of Colima Volcano, Mexico: implications for hazard assessment. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 139 (2005) 103– 115.
- Santos Daag, A. and van Westen, C. 2003. Modeling the Erosion of Pyroclastic Flow Deposits and the Occurrence of Lahars at Mt. Pinatubo, Philippines. PhD. Thesis: Enschede, Utrecht University, 238p.
- Thouret, J.C., Lavigne, F., Kelfoun, K., Brontob, S., 2000. Toward a revised hazard assessment at Merapi volcano, Central Java. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 100 (2000) 479–502.
- Voight, B., Constantinea, E.K, Siswoidjoyoc, S., Torleyd, R., 2000. Historical eruptions of Merapi Volcano, Central Java, Indonesia, 1768 – 1998. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 100 (2000) 69–138.
- Wikanti, A. H. Noviar, Suwarsono. 2004. Pengembangan Metode Zonasi Daerah Bahaya Letusan Gunung Api Studi Kasus Gunung Merapi. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*. Vol. 1. No.1. Juni 2004:66-75.
- Wikipedia, 2011. [http://en.wikipedia.org/wiki/2010\\_eruptions\\_of\\_Mount\\_Merapi](http://en.wikipedia.org/wiki/2010_eruptions_of_Mount_Merapi).
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. 2004. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disaster*. London. Routledge
- Yulianto, F. dan Parwati. 2012. Aplikasi Model Probabilistik untuk Simulasi Aliran Material Erupsi Studi Kasus: Gunung Merapi, Jawa Tengah. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*. Vol. 9; 1-11. LAPAN.

## Biografi Penulis



### **Parwati Sofan, S.Si, M.Sc.**

Email : [parwati@lapan.go.id](mailto:parwati@lapan.go.id)

#### **Pendidikan:**

- ▶ Master of Science (M.Sc) pada program studi Remote Sensing and GIS Applications, Program Master pada Space Technology and Applications di Internatinal School, Beijing University of Aeronautics and Astronautics (BUAA), PRC. 2008
- ▶ Sarjana Sains (S.Si.) pada program studi Agrometeorologi, Jurusan Geofisika dan Meteorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor (IPB). 1999

Parwati telah bekerja sebagai peneliti di Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN sejak tahun 2002. Penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan aplikasi data penginderaan jauh untuk mitigasi bencana alam yang merupakan integrasi dari berbagai disiplin ilmu, seperti cuaca dan iklim serta interaksinya dengan sumberdaya lahan dan potensinya terhadap kebencanaan (banjir, kekeringan, kebakaran hutan, letusan gunung api). Organisasi profesi yang diikuti adalah Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia (MAPIN) dan Perhimpunan Meteorologi Pertanian Indonesia (PERHIMPI).



### **Fajar Yulianto, S.Si, M.Si.**

Email : [fajar.yulianto@lapan.go.id](mailto:fajar.yulianto@lapan.go.id); [fajar.lapan.rs@gmail.com](mailto:fajar.lapan.rs@gmail.com)

#### **Pendidikan:**

- ▶ Magister Sains (M.Si) pada Program Studi Mitigasi Bencana Kerusakan Lahan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor (IPB). 2012.
- ▶ Sarjana Sains (S.Si) pada Jurusan Geografi Fisik, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada (UGM). 2001.

#### **Penelitian yang diminati:**

Aplikasi data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Pemodelan, Lingkungan, Mitigasi Bencana, Hidrologi, Geomorfologi Terapan.

Telah bekerja sebagai peneliti di Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN sejak tahun 2008. Berbagai penelitian yang dilakukan berkaitan dengan aplikasi pemanfaatan data penginderaan jauh telah dipublikasikan di jurnal nasional dan internasional. Organisasi profesi yang diikuti adalah Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia (MAPIN), Ikatan Geografi Indonesia (IGI), Ikatan Geografi Universitas Gadjah Mada (IGEGAMA).

**PEMANFAATAN  
PENGINDERAAN JAUH  
UNTUK MENDUKUNG  
SISTEM INFORMASI  
KEBENCANAAN**