

KARAKTERISTIK SPEKTRAL ENDAPAN LAHAR PASCA ERUPSI GUNUNGAPI MERAPI 2010

Seftiawan Samsu Rijal^{*)}, Henky Nugraha^{**)}

^{*)} Magister Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada

^{**)} Magister Perencanaan Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai Fakultas Geografi,
Universitas Gadjah Mada

e-mail: seftiawan.sr@gmail.com, nugrahahenky@gmail.com

Abstract

As one of the most active volcano in the world, Merapi has erupted in October 26 – November 5 in 2010 and resulted huge pyroclastic material with 30–60 x 10⁶ m³. These are the main material that converted into lahar flow. The lahar from Merapi destructed many things. Damage and losses assessment due to lahar could be done using remote sensing techniques. Aim of this paper is to identify the characterization of lahar sediment using Landsat 8 and mapping the spatial distribution of lahar due to the 2010 eruption of Merapi Volcano. Spectral identification has done by digital processing of imagery and field survey. We conducted the spatial distribution of lahar mapping using NDVI. The result shows that spectral characterization of lahar in 543 composite in 7 river around Merapi has spectral percentage between 0,3 and 0,4. Lahar distribution following the river stream but we could find also the upperbank lahar as it shown in Kali Pabelan, Kali Putih, Kali Gendol and Kali Woro.

Key Words: *Eruption, Lahar, Merapi, NDVI, Spectral*

Abstrak

Gunungapi Merapi merupakan salah satu gunungapi paling aktif di dunia. Pada 26 Oktober-5 November 2010 yang dikategorikan erupsi 100 tahunan telah mengeluarkan material piroklastik yang sangat besar sebanyak 30-60 x 10⁶ m³. Material ini merupakan material utama penyuplai aliran lahar. Aliran lahar telah mengakibatkan kerusakan dan kerugian disemua sektor. Teknologi penginderaan jauh dapat berperan dalam upaya pengurangan risiko bencana gunungapi yang salah satunya dengan identifikasi sebaran aliran lahar. Aliran lahar memiliki karakteristik pantulan spektral yang khas. Tujuan penelitian ini adalah untuk, (1) melakukan karakterisasi pantulan spektral endapan lahar pada Citra Landsat OLI 8, (2) memetakan distribusi spasial endapan lahar pasca Erupsi Gunungapi Merapi 2010. Pengamatan spektral dilakukan secara digital dan survei lapangan sedangkan pemetaan distribusi spasial aliran lahar menggunakan transformasi NDVI. Hasil penelitian menunjukkan karakteristik spektral lahar pada komposit 543 di 7 sungai yang berhulu di Merapi berada pada persentase pantulan 0,3 hingga 0,4. Aliran lahar terdistribusi mengikuti alur sungai namun juga terdapat aliran yang keluar dari badan sungai seperti di Kali Pabelan, Kali Putih, Kali Gendol dan Kali Woro.

Kata Kunci: *Erupsi, Lahar, Merapi, NDVI, Spektral*

1. Pendahuluan

Salah satu bahaya yang ada di daerah sekitar gunungapi adalah bahaya lahar. Lahar merupakan teminologi untuk menjelaskan suatu mekanisme aliran air yang bercampur dengan sedimen dan mengalir pada sungai-sungai yang berhulu gunungapi (Vallance, 2000). Aliran lahar memiliki debit tinggi (< 10–10⁷ m³s⁻¹), bersifat merusak dan mampu mencapai area yang cukup jauh (>100km) (Pierson, 1998). Lahar dapat terjadi dalam dua mekanisme aliran yaitu *hyperconcentrated flow* dan *debris flow*. Perbedaan mekanisme aliran ini terletak pada perbandingan konsentrasi sedimen dalam aliran. *Hyperconcentrated flow* memiliki perbandingan konsentrasi antara air dan sedimen sebesar 20-60%, sedangkan *debris flow* memiliki perbandingan konsentrasi antara air dan sedimen sebesar >60% (Vallance, 2000).

Lahar menjadi salah satu ancaman yang paling berbahaya dibandingkan ancaman bahaya gunungapi yang lain. Hal ini karena umumnya masyarakat yang tinggal di area proksimal cenderung sadar akan bahaya aliran gelombang piroklastik (*pyroclastic density currents*) sehingga dapat segera

menyelamatkan diri. Namun, masyarakat yang tinggal di area distal sebagai area yang potensial terkena lahar umumnya tidak sadar dan merasa berada pada lokasi yang aman (Crandell, et.al, 1984). Hal ini kemudian memicu timbulnya banyak kerugian dan kerusakan.

Erupsi Gunungapi Merapi pada 26 Oktober-5 November tahun 2010 telah menimbulkan banyak kerusakan dan kerugian. Sebanyak $30-60 \times 10^6 \text{ m}^3$ material volkaniklastik dikeluarkan dari tubuh gunungapi melalui mekanisme aliran gelombang piroklastik (*pyroclastic density currents*) (Surono et al., 2012; Komorowski et al., 2013; Charbonnier et al., 2013; De Belizal et.al, 2013). Material ini tersebar mulai dari sisi utara hingga sisi tenggara Gunungapi Merapi dan kemudian masuk pada sistem sungai yang berhulu di Merapi. Sungai-sungai yang mendapat suplai material volkaniklastik antara lain Woro, Gendol, Opak, Kuning, Boyong-Code, Krasak, Batang Putih, Blongkeng, Lamat, Pabelan, Senowo, Apu dan Trising. Pada sungai-sungai inilah direntang waktu 2010-2011 terjadi aliran lahar.

Teknologi penginderaan jauh dapat berperan dalam upaya pengurangan risiko bencana gunungapi (Kerle and Oppenheimer, 2002; Tralli, et.al, 2005). Penginderaan jauh sangat bermanfaat dalam kajian lahar (Kerle and Oppenheimer, 2002; Kerle, et.al, 2003; Hubbard, et.al, 2007; Joyce et al, 2009; Davilla-Hernandez, et.al., 2011). Salah satu peranan penginderaan jauh adalah untuk identifikasi sebaran endapan lahar. Aliran lahar memiliki karakteristik pantulan spektral yang khas. Pengetahuan mengenai sebaran endapan lahar akan sangat bermanfaat untuk upaya mitigasi maupun penilaian kerusakan dan kerugian akibat lahar. Oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah untuk, (1) melakukan karakterisasi pantulan spektral endapan lahar pada Citra Landsat OLI 8, (2) memetakan distribusi spasial aliran lahar pasca Erupsi Gunungapi Merapi 2010.

2. Metode Penelitian

Prapemrosesan Citra

Prapemrosesan citra dilakukan dengan koreksi geometric dan koreksi radiometric. Koreksi geometric bertujuan mengembalikan suatu citra sesuai ke posisi sebenarnya di muka bumi. Koreksi radiometric yang dilakukan adalah dengan penyesuaian histogram. Metode ini menganggap ketiadaan informasi pada suatu citra dilambangkan dengan nilai 0. Oleh karena itu apabila ditemui suatu citra dengan nilai minimum histogram tidak sama dengan 0 maka nilai tersebut dianggap sebagai *offset* (gangguan atmosfer) dan koreksi ini bertujuan untuk menghilangkan hal tersebut (Danoedoro, 2012).

Penelitian karakteristik spectral lahar ini berorientasi kepada nilai spectral citra. Proses selanjutnya setelah koreksi radiometric adalah pengubahan nilai *Digital Number (DN)* ke nilai *top of atmosfer reflectance*. Citra yang digunakan pada penelitian ini adalah Landsat 8. Pada Landsat 8, konversi DN ke *at sensor reflectance* dapat dilakukan secara langsung tanpa melalui *at sensor radiance* terlebih dahulu seperti pada satelit landsat generasi sebelumnya yakni Landsat 7. Konversi DN ke *at sensor reflectance* dilakukan dengan persamaan dibawah ini:

$$\rho\lambda' = M_p Q_{cal} + A_p \quad (2-1)$$

dimana:

- $\rho\lambda'$: Top of Atmosphere reflectance tanpa koreksi sudut matahari
 M_p : Faktor rescaling multiplicative band tertentu dari metadata
 (REFLECTANCE_MULT_BAND_x, dimana x adalah nama band)
 A_p : Faktor rescaling additiv band tertentu dari metadata
 (REFLECTANCE_ADD_BAND_x, dimana x adalah nama band)
 Q_{cal} : Digital number

Perlu diketahui bahwa Landsat 8 kini sedang mengalami recalibrasi pasca peluncurannya yang telah memasuki masa satu tahun. Recalibrasi dilakukan meliputi salah satunya nilai *reflectance_mult_band_x* dan *reflectance_mult_band_y*. Citra yang digunakan pada penelitian ini tidak termasuk citra pasca recalibrasi, yakni perekaman 14 Oktober 2013. Oleh karena itu, nilai *reflectance_mult_band_x* dan *reflectance_add_band_y* pada header citra yang digunakan pada penelitian ini masih sama antara band satu dengan band yang lainnya yaitu 0,00002 untuk band multiplicative dan -0,100000 untuk band additive. Adapun TOA reflectance dengan koreksi sudut matahari (*sun angle*) dilakukan dengan persamaan berikut:

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta_{SE})} \tag{2-2}$$

dimana :

- $\rho\lambda$ = Reflectance TOA
 θ_{SE} = Sun elevation
 θ_{SZ} = Local solar zenith angle; $\theta_{SZ} = 90^\circ - \theta_{SE}$

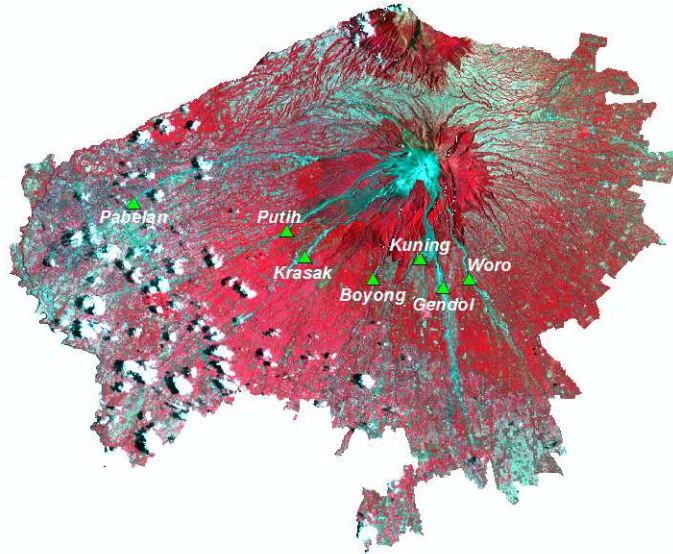
Masking Citra

Masking citra bertujuan untuk memfokuskan area penelitian menurut batas yang ditentukan oleh peneliti. Masking citra pada penelitian ini ditentukan atas dasar wilayah administrasi, yakni kecamatan – kecamatan di Kabupaten Sleman, Magelang, Boyolali dan Klaten yang saling bertemu di puncak Merapi. Batas masking citra tidak ditentukan sesuai batas DAS masing – masing sungai karena luapan lahar yang terjadi pada daerah penelitian tidak terlalu jauh mengalir hingga hilir. Luapan lahar berada di hulu DAS atau lereng atas dan tengah volkan. Hasil masking pada citra Landsat 8 dapat dilihat pada gambar 1 komposit 543.

Region of Interest (ROI)

Region of interest (ROI) atau biasa juga dikenal dengan *Area of Interest (AOI)* adalah lokasi terpilih yang menjadi tempat penelitian. Pada perkembangannya, ROI dapat direpresentasikan dengan tiga fitur geografi yakni titik, garis dan area. ROI pada penelitian ini memilih fitur titik karena

berkorespondensi dengan titik pengamatan di lapangan berupa objek lahar. Sebanyak 7 ROI ditetapkan pada 7 sungai yang berhulu di Gunungapi Merapi yakni Sungai Pabelan, Putih, Krasak, Boyong, Kuning, dan Gendol. Sungai – sungai tersebut berada di lereng barat dan selatan Merapi yang mana merupakan sungai dengan sejarah kejadian lahar yang cukup signifikan. Sebaran ROI dapat dilihat pada gambar 2-1.



Gambar 2-1. Masking citra dan sebaran ROI

Spectral Plotting dan NDVI

Plotting kurva spectral dilakukan dengan diagram x,y dimana sumbu x merupakan *value* sedangkan sumbu y menggambarkan band, yang kemudian dapat diterjemahkan sebagai julat pada setiap panjang gelombang. Plotting kurva spectral dan pembacaannya dilakukan guna menjawab tujuan pertama penelitian.

NDVI adalah singkatan dari *Normalized Different Vegetation Index*, salah satu transformasi spectral yang diterapkan pada citra multisaluran untuk menonjolkan kerapatan vegetasi atau aspek lain yang berkaitan dengan vegetasi. Penelitian ini mencoba menerapkan transformasi tersebut untuk menganalisis luapan lahar. Julat nilai yang akan dihasilkan oleh NDVI berkisar antara -1 hingga +1 yang berarti bahwa semakin mendekati -1 menunjukkan ketiadaan vegetasi dan +1 adalah vegetasi yang rapat (Danoedoro, 2012). Apabila luapan lahar mampu menyapu kenampakan apapun yang ada didepannya maka vegetasi yang dilewatinya akan rusak pula sehingga nilai yang terekam hasil transformasi NDVI pada luapan lahar akan mendekati -1. Formula NDVI ditunjukkan oleh persamaan dibawah ini.

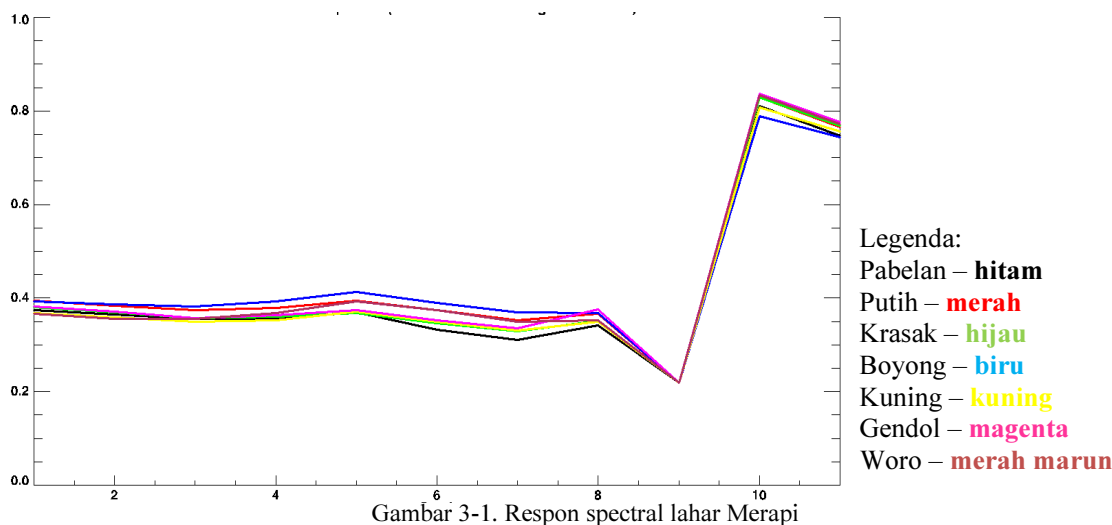
$$NDVI = \frac{BVnir - BV red}{BVnir + BV red} \quad (2-3)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik spectral lahar Gunungapi Merapi

Landsat 8 mempunyai system 16 bit yakni 65536 kecerahan (0 – 65535). Perubahan nilai DN ke nilai at sensor reflectance dilakukan secara langsung tanpa melewati fase perhitungan at sensor radiance, dimana hal ini merupakan kemudahan pengolahan citra Landsat 8. Pembacaan metadata citra menunjukkan nilai reflectance yang benar, yang kelak akan dihasilkan dari konversi DN ke at sensor reflectance haruslah berkisar antara -0,100000 hingga 0,0002.

Hasil konversi menunjukkan nilai minimum dari setiap band adalah 0,100000 dan nilai maximal yang berbeda - beda pada band yang dianalisis, nilai maximal tertinggi adalah 1,17 pada band 5 dan terendah adalah 0,98 pada band 2. Koreksi sudut matahari (*sun angle*) yang diterapkan pada citra yang telah memiliki *at sensor reflectance* dilakukan dengan rumus $\sin \theta_{SE}$ atau sinus theta sun elevation. Sebenarnya koreksi sudut matahari untuk Landsat 8 juga dapat dilakukan dengan menggunakan $\cos \theta_{SZ}$ atau cosinus theta solar zenith akan tetapi pada citra Landsat 8 sebelum recalibrasi nilai solar zenith ini belum tersedia dan apabila koreksi sudut matahari tetap ingin dilaksanakan maka disarankan untuk menggunakan sun elevation angle (USGS, 2012). Pasca koreksi dengan sudut matahari, nilai minimum dan maksimum yang muncul sedikit berbeda yakni 0,109290 untuk nilai minimum pada setiap band dan 1,282535 pada nilai maksimum tertinggi. Gambar 3-1 dibawah ini menyajikan gambar respon spectral lahar di Gunungapi Merapi.



Nilai spectral lahar di 7 sungai yang berhulu di Gunungapi Merapi berkisar pada 0,3 hingga 0,4, hal itu ditampilkan baik pada citra sebelum koreksi sudut matahari dan sesudahnya. Karakteristik spectral lahar dengan nilai tertinggi ditunjukkan oleh spectral Kali Boyong di lereng selatan Merapi yaitu bernilai 0,4. Nilai spectral lahar yang dianalisis dalam penelitian ini dilakukan pada band 2 hingga 7 yaitu band sinar tampak (*visible*), dan infra merah (*inframerah dekat dan short wave infrared*) sedangkan band lain pada Landsat 8 yang merupakan *coastal aerosol*, pankromatik, cirrus, TIR 1 dan TIR 2 tidak dianalisis karena kemanfaatan khusus dari masing – masing panjang gelombang tersebut yang signifikan untuk kenampakan tertentu, seperti *coastal aerosol* yang untuk analisis pesisir dan lain sebagainya.

Nilai spectral lahar pada panjang gelombang biru berkisar 0,36 hingga 0,39, gelombang hijau 0,35 – 0,38, gelombang merah 0,35 – 0,39, gelombang infra merah dekat 0,36 – 0,4, gelombang SWIR 1 0,34 – 0,39 dan SWIR 2 sebesar 0,3 hingga 0,38. Agar lebih jelas mengenai distribusi nilai spectral dapat melihat pada tabel 1 dibawah ini.

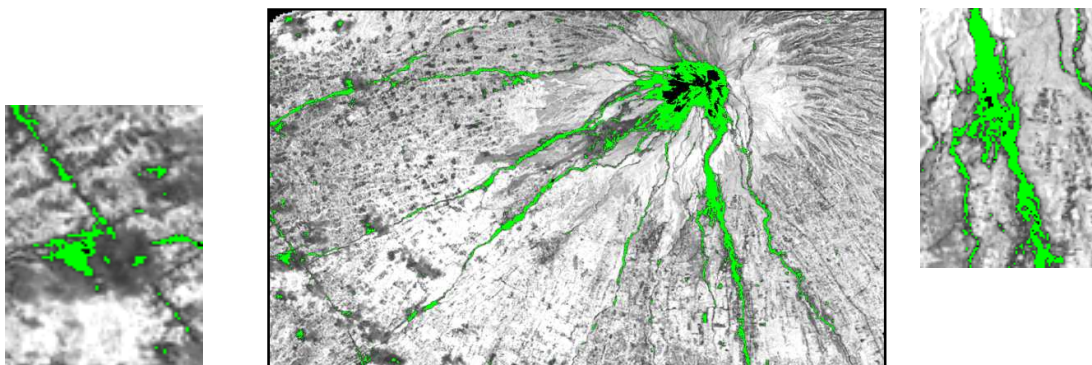
Tabel 3-1. Respon spectral lahar Merapi

Band	Panjang gelombang (mm)	Spektral sungai						
		Pabelan	Putih	Krasak	Boyong	Kuning	Gendol	Woro
2 - Biru	0,45 - 0,51	0,36	0,38	0,38	0,39	0,36	0,38	0,36
3 - Hijau	0,53 - 0,59	0,36	0,37	0,35	0,38	0,35	0,36	0,36
4 - Merah	0,64 - 0,67	0,35	0,38	0,36	0,39	0,35	0,37	0,37
5 - IM Dekat	0,85 - 0,88	0,36	0,39	0,36	0,4	0,36	0,37	0,38
6 - SWIR 1	1,57 - 1,65	0,34	0,35	0,34	0,39	0,37	0,35	0,37
7 - SWIR 2	2,11 - 2,29	0,3	0,32	0,35	0,36	0,34	0,34	0,38

Sumber: Hasil pemrosesan, 2014

NDVI untuk pemetaan lahar

Klasifikasi hasil transformasi NDVI atau dikenal pula sebagai *density slice* menampilkan bahwa lahar memiliki *range* antara 0,0033 hingga 0,0726. Nilai ini bukan merupakan nilai akhir dari transformasi karena belum dilakukan regresi terhadap hasil uji lapangan. Secara pengamatan visual, NDVI mampu menampilkan kumpulan piksel pada alur sungai yang dialiri lahar dari Gunungapi Merapi akan tetapi masih terdapat beberapa piksel yang keliru diklasifikasikan sebagai lahar yakni objek awan yang sangat pekat (gelap) termasuk dalam satu kelas lahar, sebagaimana gambar 3 dibawah ini. Walaupun demikian NDVI dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya untuk mengidentifikasi lahar.



Gambar 3-2. Hasil NDVI. Kotak merah menunjukkan alur lahar yang dapat diidentifikasi NDVI, di sisi lain NDVI juga mengelompokkan objek awan sebagai lahar (kotak biru).

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Karakteristik spectral lahar berkisar pada nilai 0,3 hingga 0,4 pada band 2 hingga 7 Landsat 8.
2. NDVI dapat dijadikan basis identifikasi lahar, karena mampu membedakan daerah bervegetasi dan tidak dengan jelas.

Saran

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai hal apa saja yang mempengaruhi karakteristik spectral lahar, baik dalam aspek penginderaan jauh maupun dalam aspek fisik sedimen lahar
2. Hasil pemetaan lahar menggunakan NDVI akan lebih baik jika ditunjang dengan hasil lapangan.

5. Daftar Rujukan

- Charbonnier, S., Germa, A., Connor, C.B., Gertisser, R., Preece, K., Komorowski, J.C., Lavigne, F., Dixon, T., Connor, L., 2013. Evaluation of the impacts of the 2010 pyroclastic density currents at Merapi volcano from high-resolution satellite imagery, field investigations and numerical simulations. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 261, 295–315.
- Crandell DR, Booth B, Kusumadinata K, Shimozuru D, Walker GPL, Westercamp D 1984. *Source-book for volcanic-hazards zonation*. UNESCO, Paris
- Danoedoro, P. 2012. *Penginderaan Jauh Digital*. Andi. Yogyakarta.
- Dávila-Hernández, N., Lira, J., Capra-Pedol, L., and Zucca, F. 2011. A normalized difference lahar index based on Terra/Aster and Spot 5 images: an application at Colima Volcano, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 28, núm. 3, 2011, p. 630-644
- De Bélizal, E., Lavigne, F., Hadmoko, D.S., Degeai, J.P., Dipayana, G.A., Mutaqin, B.W., Marfai, M.A., Cooquet, M., Le Mauff, B., Robin, A.K., Vidal, C., Choelik Noer dan Aisyah, N. 2013. Rain-triggered lahars following the 2010 eruption of Merapi volcano, Indonesia: A major risk, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2013.01.010>.
- Hubbard, B. E., Sheridan, M. F., Carrasco-Núñez, G., Díaz-Castellón, R., & Rodríguez, S. R. 2007. Comparative lahar hazard mapping at Volcan Citlaltépetl, Mexico using SRTM, ASTER and DTED-1 digital topographic data. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 160, 99–124.
- Joyce, K.E., Samsonov, S., Manville, V., Jongens, R., Graettinger, A., Cronin, S.J. 2009. Remote sensing data types and techniques for lahar path detection: A case study at Mt Ruapehu, New Zealand. *Remote Sensing of Environment* 113 (2009) 1778–1786
- Kerle N., Froger J.-L., Oppenheimer C. Van Wyk De Vries. 2003. Remote sensing of the 1998 mudflow at Casita volcano, Nicaragua. *International Journal of Remote Sensing*, 10 DECEMBER, 2003 24:23, 4791-4816
- Kerle, N., and Oppenheimer, C., 2002, Remote sensing as a tool in lahar disaster management. *Disasters*, 26, 140–160
- Komorowski, J.C., Jenkins, S., Baxter, P., Picquout, A., Lavigne, F., Charbonnier, S., Gertisser, R., Preece, K., Cholik, N., Budi-Santoso, A., Surono, 2013. Paroxysmal dome explosion during the

- Merapi 2010 eruption: processes and facies relationships of associated high-energy pyroclastic density currents. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 261, 260–294.
- Lavigne, F., Thouret, J.-C., 2002. Sediment transportation and deposition by rain-triggered lahars at Merapi volcano, Central Java, Indonesia. *Geomorphology* 49, 45–69.
- Surono, Jousset, P., Pallister, J., Boichu, M., Buongiorno, M.F., Budisantoso, A., Costa, F., Andreastuti, S., Prata, F., Schneider, D., Clarisse, L., Humaida, H., Sumarti, S., Bignami, C., Griswold, J., Carn, S., Oppenheimer, C., Lavigne, F., 2012. The 2010 explosive eruption of Java's Merapi volcano — a '100-year' event. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 241–242, 121–135.
- Tralli, D.M., Blom, R.G., Zlotnicki, V., Donnellan, A., Evans, D.L. Satellite remote sensing of earthquake, volcano, flood, landslide and coastal inundation hazards. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 59 (2005) 185–198.
- USGS (US Geological Survey). 2012. Using USGS Landsat 8 Product.
- Vallance, J.W. 2000. Lahars. dalam Sigurdsson, H. *Encyclopedia of Volcanoes (Vol.1)*. San Diego: Academic Press.