

**PENENTUAN KOMPOSISI KIMIA ABU VULKANIK DARI ERUPSI  
GUNUNG MERAPI**  
*(Determination of Chemical Composition of Volcanic Ash from Merapi Mountain  
Eruption)*

**Endang Tri Wahyuni, Sugeng Triyono, dan Suherman**  
Jurusan Kimia Fakultas MIPA UGM  
Sekip Utara Yogyakarta, 55281  
endtriw@yahoo.com

Diterima: 8 Mei 2012

Disetujui: 9 Juli 2012

**Abstrak**

Untuk mengetahui potensi pemanfaatan abu vulkanik sekaligus dampaknya terhadap lingkungan maka pada penelitian ini telah dilakukan penentuan komposisi kimia, baik unsur mayor maupun minor, dari abu vulkanik gunung Merapi yang diambil bulan Desember 2010-Januari 2011 setelah erupsi selesai. Selain itu, juga dilakukan penentuan pH abu, dan kandungan besi dalam air di sungai, sumur, maupun bak penampungan air. Lokasi pengambilan sampel adalah desa di wilayah Kabupaten Magelang, Sleman dan Klaten. Hasil penelitian menunjukkan bahwa abu Gunung Merapi mengandung berbagai unsur mayor (Al, Si, Ca, dan Fe), minor (K, Mg, Mn, Na, P, S, dan Ti), dan tingkat *trace* (Au, As, Ba, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, S, Sb, Sn, Sr, V, Zn, dan Zr), baik yang memiliki kegunaan yang luas (Al, Si, Ca, Fe, Ti, V, dan Zn), memiliki nilai tinggi (Au), hingga yang berpotensi memberikan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan (As, Cr, Cr, Cu, Pb, Ni, dan S). Lokasi pengambilan abu yang berbeda (timur, selatan dan barat, serta jarak yang semakin jauh dari puncak Merapi) tidak memberikan perbedaan komposisi kimia yang berarti. Didasarkan pada kandungan unsur Al, Ca, dan Si dalam abu yang besar (masing-masing 56%, 4%, dan 18 %) maka sangat dimungkinkan dilakukannya pemanfaatan abu tersebut sebagai bahan semen atau barang berbahan semen. Kandungan besi dan titan yang cukup berarti memungkinkan logam tersebut untuk diekstraksi dari abu sehingga diperoleh logam atau oksida besi dan titan yang bermanfaat luas. Ditemukannya unsur K dan P dalam abu dengan kadar yang cukup sebagai unsur hara yang diperlukan oleh tanah, maka menarik untuk dikaji terkait dengan kesuburan tanah yang tertutup oleh abu tersebut. Namun demikian, juga ditemukan adanya korelasi antara besarnya kadar sulfur dengan pH abu yang cenderung asam, yang dapat menurunkan kesuburan tanah. Meskipun dalam abu terkandung beberapa logam berat seperti Pb (kadar yang cukup), Cd, Cr, Cu, dan Ni (kadar rendah) namun tidak terdeteksi terjadinya kontaminasi logam tersebut dalam air yang dianalisis. Penyebaran abu Gunung Merapi terindikasi meningkatkan kadar besi dalam air sungai, sumur, maupun bak penampungan terbuka, namun tidak berefek pada bak penampungan yang tertutup, sehingga air tersebut masih layak digunakan sesuai peruntukannya. Informasi tentang kandungan zat-zat kimia ini diharapkan bermanfaat bagi penelitian dalam bidang teknik sipil, geologi dan mineral, peternakan, pertanian, maupun perikanan.

*Kata kunci: abu vulkanik, komposisi kimia, pemanfaatan, dampak.*

**Abstract**

*In order to identify the utilizing potential and the environmental effect of ash from Merapi Mount eruption in 2010, determination of its chemical composition has been performed, including major, minor and trace elements. In addition, pH of the ash, and iron concentration in rivers, wells, and tower for water collection were also determined. The ash samples was taken in December 2010- January 2011, after the eruption stopped, located in Magelang, Sleman, and Klaten regions, in various distances from the summit. The results of the determination show that the Merapi Mt. ash contains major (Al, Si, Ca, and Fe), minor (K, Mg, Mn, Na, P, S, and Ti), and trace elements (Au, As, Ba, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, S, Sb, Sn, Sr, V, Zn, dan Zr). The elements can be categorized into widely used elements, i.e. Al, Si, Ca, Fe, Ti, V, and Zn, and economic high value element, i.e. Au, as well as the environment and health negative affect elements such as As, Cr, Cr, Cu, Pb, Ni, and S. It is also found that the ash taken from different locations with farther distances from the mountain, has similar chemical composition. Moreover, based on the large*

*content of Al, Ca, and Si (around 56%, 4%, and 18 %respectively), enabling the ash to be used as raw material for cement or other cement based materials production. In addition, since Ti and Fe is also found in adequate level in the ash, it is also possible to extract the metals to get the pure one having wide and valuable functions. The presence of K and P, as fertilizer components, in the ash with significant amount, it is also interesting to evaluate the effect of the ash covering the soil on its fertile. However, the low pH of the ash is also observed that is due to the presence of S in considerable amount, leading to the soil becomes unfertile. Although the hazard heavy (Pb, Cd, Cr, Cu, and Ni ) are found in the ash, the contamination of the metals in the rivers and wells are not detected. Dispersion of the ash is also indicated to increase Fe content in the rivers and wells, but no effect in the water collected in the covered tower, enabling it to be used as drinking water. It is hoped that the detail chemical composition reported in this paper, is useful for further research and development in geological, civil and mineral engineering, agriculture, fishery, and environmental fields.*

*Keywords : volcanic ash, chemical composition, pH, effect, water*

## PENDAHULUAN

Letusan Gunung Merapi yang telah terjadi beberapa kali dengan intensitas dan kekuatan yang tinggi pada bulan Oktober-Nopember 2010 telah memuntahkan abu atau material yang sangat besar berkisar 150 juta kubik (Broropuspito, 2011). Material ini telah menimbun atau paling tidak telah mengguyur beberapa desa seisinya. Beberapa desa memang sudah tidak mungkin dihuni kembali dalam waktu dekat, namun demikian masih banyak desa yang masih memungkinkan untuk dihuni kembali oleh warganya setelah kembali dari pengungsian.

Secara umum abu atau material dari letusan gunung berapi seperti Gunung Merapi mengandung oksida beberapa unsur logam seperti Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, dan K serta belerang, dan mungkin beberapa unsur logam berat berbahaya seperti timbal, kadmium, dan arsen (Cas and Wright, 1988; Smith, *et al.*, 1983; Christenson, 2000). Komposisi oksida logam khususnya Si, Al, dan Ca yang terkandung dalam material memberikan potensi kepada material tersebut untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar semen, keramik, atau produk lain yang berbahan dasar semen.

Namun demikian, selain dapat dimanfaatkan, abu material gunung berapi yang mengandung belerang dapat memberikan sifat

asam pada tanah maupun air yang ada di sekitarnya. Sifat asam ini bersifat korosif yang dapat merusak benda-benda berbahan logam, mengganggu kesehatan, dan menurunkan kesuburan tanah (Blong, 1984).

Pada dasarnya penelitian tentang abu Gunung Merapi telah dilakukan oleh Neild, *et al.* (1998), Wilson, *et al.* (2007) dan Sudaryo dan Sucipto (2009). Neild, *et al.* (1998) dan Wilson, *et al.* (2007), telah meneliti efek abu Gunung Merapi terhadap lahan pertanian, sementara Sudaryo dan Sucipto melakukan identifikasi kandungan unsur radioaktif dalam abu Gunung Merapi. Namun demikian analisis komposisi kimia abu Gunung Merapi yang lengkap belum banyak dilaporkan.

Selain itu, penyebaran abu yang sangat luas sangat mungkin dapat menimbulkan pencemaran air di sekitar gunung tersebut, baik air sungai maupun air sumur. Efek inipun belum banyak diungkap.

Untuk mengetahui potensi abu vulkanik Gunung Merapi yang dapat dimanfaatkan untuk bahan dasar produk-produk yang bernilai, namun juga memberikan efek negatif bagi lingkungan dan kesehatan, maka pada penelitian telah dilakukan penentuan komposisi kimia abu vulkanik yang meliputi unsur mayor (berkadar tinggi), minor (berkadar rendah), maupun *trace* (berkadar sangat rendah), serta analisis air dalam sungai/parit, sumur, maupun dalam bak penampungan yang berlokasi di sekitar Gunung Merapi.

## METODE PENELITIAN

### Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sample abu dan air di wilayah Kabupaten Sleman, Magelang, dan Klaten disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Lokasi pengambilan sampel

No	Kabupaten	Kecamatan	Desa	Jenis sampel
1	Sleman	Pakem Cangkringan	Umbul Harjo Kaliurang	Abu Air
2	Magelang	Munthilan	Krinjing	Abu Air
3	Klaten	Kemalang Manisrenggo	Balerante	Abu Air

### Analisis Sampel

a). Penentuan kadar oksida logam mayor (berkadar tinggi) dalam abu dan air dilakukan dengan metode spektrofotometri serapan atom. Untuk itu sample abu dan debu halus didestruksi dengan asam-asam kuat seperti HF untuk melarutkan logam silikon (Si) (Jeffery and Hutchison, 1983) dan campuran  $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$  untuk melarutkan oksida logam yang lain. Dari langkah ini akan diperoleh larutan jernih yang siap untuk dianalisis dalam alat spektrofotometer serapan atom (AAS); b). Penentuan kadar unsur minor dalam abu dilakukan dengan metode Ion Coupled Palsm (ICP) di TUBs (Tecnology University of Brauncsweigh) di Jerman yang merupakan mitra Jurusan Kimia FMIPA UGM), dengan cara mengirimkan sample ke Jerman; c). Penentuan sulfur atau asam sulfat dalam abu maupun air dilakukan dengan metode spektrofotometri absorpsi visibel, sebagai kekeruhan  $\text{BaSO}_4$ . Untuk sampel abu, terlebih dahulu dilakukan destruksi sehingga diperoleh larutan jernih, sedangkan untuk air didahului dengan penambahan asam HCl dan penyaringan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Komposisi Kimia Abu Gunung Merapi

#### Komponen unsur mayor

Hasil penentuan kandungan unsur-unsur penyusun utama atau unsur mayor abu

Gunung Merapi disajikan dalam tabel 2. Untuk mengetahui jenis batuan yang dimuntahkan oleh Gunung Merapi sebagai abu, dalam tabel tersebut juga disajikan komposisi kimia dari beberapa jenis batuan yang telah dikenal.

Dari hasil penentuan komposisi kimia dapat diketahui bahwa abu Gunung Merapi mengandung unsur-unsur utama (yang berkadar tinggi) silikon, almunium, besi, kalsum, natrium, magnesium, kalium, titan, mangan, dan fosfor, yang dalam makalah ini disajikan sebagai oksidanya.

Dengan membandingkan komposisi kimia abu dari gunung Merapi dengan komposisi kimia berbagai jenis batuan standar, maka dapat diketahui bahwa abu dari Gunung Merapi berasal dari batuan andesit. Data ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Cas and Wright (1988), bahwa pada umumnya batuan dari gunung berapi adalah jenis andhesit.

Kandungan  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{CaO}$  yang cukup besar memungkinkan pemanfaatan abu tersebut sebagai bahan dasar pembuatan benda berbasis semen. Perbandingan persentase  $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{CaO}$  dalam abu Gunung Merapi adalah 53 : 19 : 9 atau 3 : 2 : 1, sedangkan untuk memberikan pelekatan yang baik, dalam pembuatan barang berbasis semen harus ditambah dengan batu kapur sedemikian rupa sehingga memberikan perbandingan  $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{CaO} = 21 : 6 : 65$  atau 3,5 : 1 : 11 (Shreve, 1980).

Tabel 2. Kandungan unsur mayor dalam abu Gunung Merapi

Oksida logam	Sample Merapi	Nilai rata-rata (%)			
		References			
		Basalt	Andesite	Dacite	Rhyolith
$\text{SiO}_2$	52,52	50,83	54,2	63,58	73,66
$\text{Al}_2\text{O}_3$	18,69	14,07	17,17	16,67	13,45
$\text{CaO}$	8,96	10,42	7,92	5,53	1,13
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	9,17	11,93	8,97	5,24	2,00
$\text{K}_2\text{O}$	2,10	0,82	1,11	1,4	5,35
$\text{MgO}$	2,89	6,34	4,36	2,72	0,32
$\text{MnO}$	0,22	0,18	0,15	0,11	0,03
$\text{Na}_2\text{O}$	3,71	2,23	3,67	3,98	2,99
$\text{P}_2\text{O}_5$	0,29	0,23	0,28	0,17	0,07
$\text{TiO}_2$	1,45	2,03	1,31	0,64	0,22

Selain itu, abu Gunung Merapi juga mengandung oksida besi ( $Fe_2O_3$ ) dan titania ( $TiO_2$ ) yang relatif tinggi. Kandungan oksida besi dan titania yang relatif tinggi dimungkinkan untuk dilakukan ekstraksi/ pengambilan kedua logam dari abu tersebut sehingga diperoleh besi atau oksida besi maupun titanium murni. Besi mempunyai nilai yang relatif tinggi karena mempunyai sifat fisik yang kuat dan juga bersifat magnetic sehingga dapat dimanfaatkan untuk campuran pembuatan barang-barang berbahan logam maupun barang-barang magnetic. Titania mempunyai warna putih, yang stabil terhadap pengaruh lingkungan sehingga berguna sebagai bahan zat warna cat, antioksidan, pemutih wajah, dan juga semikonduktor untuk fotokatalis maupun sel surya (Shreve, 1980).

**Komposisi mineral**

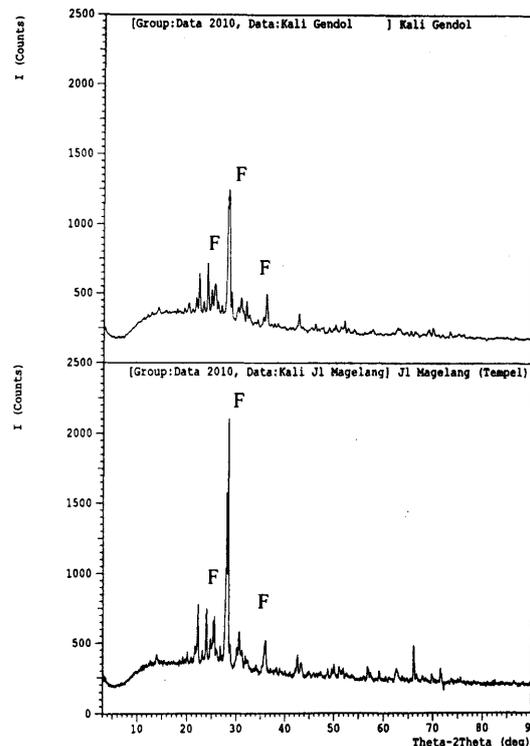
Untuk mengetahui jenis mineral yang terdapat dalam abu telah dilakukan analisis dengan alat difraksi sinar-X dan hasilnya disajikan sebagai gambar 1. Identifikasi jenis kristal dalam sample abu dilakukan dengan membandingkan data difraksi sample dengan data standar mineral tanah yang diambil dari JCPDF. Dari hasil perbandingan dapat diketahui bahwa abu mengandung mineral feldspar dengan rumus molekul  $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ . Feldspar adalah salah satu bahan dasar pembuatan keramik selain lempung kaolin dan pasir.

Sementara kristal oksida unsur lain tidak terdeteksi dengan metode ini, yang menandakan bahwa mineral/oksida tersebut berfase amorf. Dengan demikian dapat diketahui bahwa sebagian oksida-oksida Si dan Al adalah berbentuk feldspar. Feldspar merupakan mineral yang banyak ditemukan dalam batuan andesit (Johnston, et al., 2004).

**Komponen unsur minor dan logam berat berbahaya**

Selain dilakukan penentuan unsur mayor, penentuan unsur-unsur minor juga dilakukan dan hasilnya ditampilkan dalam Tabel 3 dan Tabel 4. Selain mengandung unsur-unsur mayor, abu vulkanik dari Gunung Merapi

ternyata juga mengandung berbagai unsur minor baik kelompok logam maupun non logam dengan konsentrasi yang cukup berarti. Untuk unsur logam adalah Ba, Co, Cu, Pb, Sr, Zn, dan Zr, sedangkan yang bukan unsur logam adalah S dan V.



Gambar 1. Pola difraksi abu Gunung Merapi dari beberapa desa

Tabel 3. Kandungan unsur minor dalam abu vulkanik Gunung Merapi

Unsur	Ba	Co	Cr	Cu	Pb	S	Sr	V	Zn	Zr
Nilai Rata-rata (mg/Kg)	470	21	4,53	36,23	16,71	393	517	176	102	82,7

Unsur logam berat yang berbahaya yang lain yang kadarnya relatif rendah juga terdeteksi yaitu As, Cd, dan Ni, seperti yang tersaji dalam tabel 4.

Adanya logam-logam berat tersebut dalam abu vulkanik yang menyebar di lingkungan yang cukup luas dengan kuantitas yang cukup besar sangat dimungkinkan dapat mengkontaminasi perairan (sungai atau sumur) di sekitarnya. Mengonsumsi makanan atau minuman yang terkontaminasi logam-

logam berat dapat menimbulkan gangguan kesehatan, sebagaimana yang diringkaskan dan disajikan dalam tabel 5 (Wright and Welbourn, 2002).

Tabel 4. Jenis unsur logam yang terkandung dalam abu Gunung Merapi dengan kadar yang sangat rendah

Unsur	As	Au	Cd	Mo	Ni	Sb	Sn
Nilai Rata-rata (mg/Kg)	< 20	< 100	< 10	< 10	< 5	< 20	< 100

Tabel 5. Sifat unsur-unsur logam berat yang dapat mengganggu kesehatan manusia

No	Logam berat	Efek bagi lingkungan dan kesehatan
1	As	Sangat beracun
2	Ba	Konsumsi dalam waktu lama menyebabkan gangguan otot dan jantung, dan merusak ginjal
3	Cd	Menyebabkan karapuhan tulang dan nyeri dengan intensitas tinggi, serta beracun
5	Cr(VI)	Gangguan kulit, kerusakan liver dan karsinogenik
6	Cu	Beracun bagi biota dan ikan. Konsentrasi tinggi menyebabkan iritasi
10	Ni	Karsinogenik
11	Pb	Kerusakan otak dan ginjal
12	Se	Beracun jika dihirup
13	Zn	Tidak beracun bagi manusia dan ikan

Unsur lain yang tidak berbahaya, seperti vanadium (V) juga ditemukan di dalam abu dengan kadar yang relatif besar. Unsur ini mempunyai manfaat atau kegunaan yang sangat luas. Vanadium banyak digunakan dalam memproduksi logam tahan karat dan peralatan yang dioperasikan dalam kecepatan tinggi. Penambahan sejumlah kecil vanadium dalam paduan besi-vanadium dapat menambah kekuatan, ketangguhan, dan ketahanan panas dari paduan tersebut. Paduan logam titanium-aluminium-vanadium digunakan dalam mesin jet dan untuk pesawat berkecepatan tinggi. Vanadium foil digunakan dalam cladding titanium untuk baja. Vanadium-rekaman galium digunakan dalam superkonduksi. Vanadium pentoxide digunakan

dalam keramik dan sebagai katalis. Selain itu juga terdeteksi adanya logam emas meskipun lebih rendah dari 100 mg/kg.

Dengan demikian jelas bahwa abu Gunung Merapi selain mengandung unsur-unsur yang dapat membahayakan lingkungan juga mengandung unsur-unsur yang bernilai tinggi (Au, Fe, dan Ti). Ekstraksi atau pengambilan logam-logam bernilai tersebut merupakan peluang sekaligus tantangan bagi para peneliti.

Sifat lain dari abu Gunung Merapi yang sangat menonjol khususnya saat erupsi terjadi secara beruntun adalah timbulnya bau bele-rang. Untuk memastikannya, juga telah dilakukan penentuan kadar sulfur dan pengukuran pH abu tersebut. Data ditampilkan dalam tabel 6.

Tabel 6. Kadar belerang total dan pH abu Gunung Merapi pada saat erupsi secara intensif dan setelah tergujur hujan yang cukup intensif

Sampel abu	Kadar S (%)		pH abu	
	rata-rata	rata-rata	Oktober	Desember
Munthilan	2,55	1,27	5,70	6,10
Pakem	2,45	1,13	5,80	6,45
Cangkriangan	2,32	1,05	5,90	6,60

Terlihat dalam tabel 6 adanya korelasi positif antara kadar S dengan nilai pH, baik saat erupsi masih berlangsung intensif (sampel di ambil bulan Nopember 2010) dan setelah erupsi tidak berlangsung dan terjadi hujan deras yang juga cukup intensif (sampel diambil bulan Januari 2011).

Pada periode erupsi, pH abu relatif rendah, baik di lokasi barat, selatan maupun timur puncak Gunung Merapi. Namun demikian setelah terjadi hujan yang intensif pada bulan Desember-Januari 2011, terjadi kenaikan pH pada tanah-abu, yang sejalan dengan penurunan kadar sulfur. Meskipun pH abutanah masih bersifat asam.

#### Hubungan arah mata angin dari Gunung Merapi terhadap komposisi kimia abu

Hasil penentuan kandungan unsur-unsur utama dalam abu Merapi yang tersebar di 3

arah mata angin (Timur, Barat, dan Selatan) dengan jarak 1-10 Km dari gunung, setelah 1 bulan Gunung Merapi tidak aktif dan sering terguyur hujan deras, disajikan dalam tabel 7.

Tidak terlihat perbedaan komposisi kimia yang nyata antara abu yang diambil dari arah mata angin yang berbeda dari posisi Gunung Merapi. Hal ini mungkin karena sumber abu adalah sama sehingga meskipun tersebar dengan arah yang berbeda namun komposisinya relatif sama.

#### Pengaruh Jarak terhadap komposisi kimia

Analisis komposisi kimia abu yang tersebar ke arah Timur (Kabupaten Klaten), Selatan (Kabupaten Sleman), dan Barat (Kabupaten Magelang) dengan jarak yang bervariasi juga dilakukan.

Kandungan unsur-unsur mayor dalam abu yang tersebar di daerah Kecamatan Manisrengo, Kabupaten Klaten telah ditentukan se-

bagai oksidanya, yang disajikan dalam tabel 8.

Hasil penentuan kandungan unsur-unsur mayor dalam abu yang tersebar di daerah Kabupaten Sleman (Kali Urang-Pakem) yang dinyatakan sebagai oksidanya, disajikan dalam tabel 9.

Kandungan unsur-unsur mayor dalam abu Merapi yang berada di sebelah barat gunung yaitu di daerah Kecamatan Muntilan, Kabupaten Magelang disajikan dalam tabel 10.

Dari data yang disajikan dalam ke 3 tabel tersebut dapat diketahui bahwa secara umum abu yang tersebar di arah timur, selatan, dan barat puncak Gunung Merapi dengan jarak yang bervariasi dari 1 -10 Km memiliki komposisi kimia yang tidak berbeda secara nyata. Namun untuk abu yang tersebar pada jarak 10-15 Km dari puncak memperlihatkan penurunan kadar  $\text{SiO}_2$ , dan kenaikan kandungan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{CaO}$  yang cukup nyata. Sementara untuk oksida logam yang lain ( $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , dan  $\text{TiO}_2$ ) tidak mengalami perubahan nilai yang berarti.

Tabel 7. Komposisi kimia abu Gunung Merapi yang tersebar di arah Timur, Selatan dan Barat

Arah	Lokasi	Komposisi unsur mayor rata-rata (%)								pH
		$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{CaO}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{MgO}$	$\text{TiO}_2$	$\text{P}_2\text{O}_5$	
Timur	Kab. Klaten	18,47	54,52	8,51	7,63	2,16	2,58	1,46	0,28	6,10
Barat	Kab. Magelang	18,69	52,27	9,41	9,27	2,06	3,18	1,70	0,27	6,45
Selatan	Kab. Sleman	19,47	53,65	8,83	8,73	2,11	3,09	1,69	0,27	6,60

Tabel 8. Kandungan oksida logam mayor dalam abu di sebelah timur puncak gunung

Jarak dari G. Merapi	Kadar oksida logam (%)									
	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{MgO}$	$\text{MnO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{TiO}_2$
KM-0	55,65	18,78	8,43	7,51	2,21	2,48	0,18	3,86	0,28	1,47
KM-1	55,43	18,35	8,41	7,64	2,34	2,37	0,19	3,81	0,29	1,47
KM-2	55,13	18,29	8,38	7,96	2,25	2,44	0,19	3,85	0,28	1,47
KM-3	55,24	18,58	8,31	7,76	2,21	2,34	0,19	3,87	0,28	1,46
KM-4	55,20	19,07	8,26	7,49	2,24	2,27	0,19	3,88	0,28	1,45
KM-5	55,89	19,19	8,31	7,65	2,20	2,30	0,19	3,81	0,27	1,46
KM-6	54,21	18,58	8,34	8,21	2,20	2,41	0,20	3,73	0,27	1,47
KM-7	54,54	18,27	8,40	8,64	2,13	2,53	0,21	3,64	0,27	1,44
KM-8	53,56	18,13	8,56	10,12	2,06	3,12	0,23	3,46	0,27	1,44
KM10	50,32	17,47	9,72	12,32	1,72	3,50	0,26	3,25	0,27	1,45
KM12	46,92	19,60	10,70	14,44	1,43	4,06	0,28	2,97	0,27	1,44

Tabel 9. Komposisi kimia abu di sebelah selatan gunung

Jarak dari G. Merapi	Kadar oksida logam (%)									
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>
KM-0	50,70	18,62	9,65	9,94	1,94	3,47	0,23	3,60	0,32	1,67
KM-1	55,24	18,58	8,31	7,76	2,21	2,34	0,19	3,87	0,28	1,46
KM-2	56,20	18,82	8,06	6,84	2,47	2,02	0,17	4,07	0,28	1,65
KM-3	52,90	19,22	8,60	8,59	2,28	2,66	0,20	3,92	0,28	1,71
KM-4	53,80	19,72	8,45	8,26	2,31	2,87	0,19	4,02	0,29	1,69
KM-5	53,96	19,80	8,53	8,78	2,21	3,12	0,21	4,09	0,27	1,72
KM-6	54,21	19,86	8,55	8,90	2,18	3,34	0,24	3,89	0,28	1,90
KM-7	53,32	19,93	8,90	9,21	2,10	3,67	0,27	3,67	0,26	1,82
KM-8	53,11	20,02	9,34	9,22	1,87	3,56	0,21	3,45	0,24	1,56
KM-10	53,01	20,09	9,76	9,75	1,56	3,89	0,24	3,36	0,21	1,76
KM-12	52,76	20,21	10,26	10,89	1,21	4,31	0,26	3,14	0,23	1,57

Table 10. Komposisi kimia abu di sebelah barat gunung

Jarak dari G. Merapi	Kadar oksida logam (%)									
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>
KM-0	52,41	18,69	9,35	8,92	2,02	3,12	0,22	3,61	0,28	1,39
KM-1	52,45	18,78	9,35	8,90	2,13	3,13	0,24	3,78	0,27	1,35
KM-2	52,37	18,81	9,42	8,95	2,09	3,14	0,28	3,45	0,29	1,39
KM-3	52,39	18,68	9,41	8,99	2,21	3,18	0,22	3,65	0,23	1,40
KM-4	52,36	18,90	9,38	9,20	2,04	3,15	0,24	3,98	0,26	1,45
KM-5	52,51	18,85	9,44	9,32	2,10	3,18	0,25	3,44	0,27	1,48
KM-6	52,29	18,43	9,47	9,46	2,12	3,17	0,29	3,65	0,28	1,44
KM-7	52,17	18,82	9,46	9,53	2,01	3,20	0,21	3,32	0,25	1,49
KM-8	52,09	18,34	9,42	9,65	1,97	3,25	0,21	3,42	0,26	1,50
KM10	51,61	18,58	9,78	9,84	1,91	3,29	0,24	3,50	0,28	1,53
KM-15	50,42	19,07	10,20	9,95	1,94	3,37	0,24	3,61	0,30	1,60

Penurunan kadar SiO<sub>2</sub> yang cukup nyata ini dapat disebabkan oleh pelarutan SiO<sub>2</sub> terutama yang berukuran halus selama hujan turun yang cukup intensif yang terjadi setelah erupsi Merapi. Akibat dari pengurangan ini, maka kadar relatif oksida yang lain menjadi meningkat. Selain itu, meningkatnya kadar oksida besi dan kapur dalam abu yang berjarak lebih jauh (10-14 km) sangat mungkin disebabkan oleh tebaran debu besi dan kapur dari aktivitas manusia seperti pembuangan benda-benda berbahan logam besi dan kegiatan konstruksi bangunan yang relatif sangat banyak dibandingkan pada daerah yang berdekatan dengan puncak Gunung Merapi.

#### Analisis Air

Abu dari Gunung Merapi telah menyebar luas sehingga sangat mungkin memasuki perairan, baik air sungai, air sumur, maupun ke dalam bak penampung air. Bak semacam ini banyak dimiliki oleh penduduk lereng Merapi untuk menampung air yang mereka beli untuk keperluan sehari-hari. Hal ini karena di daerah lereng Merapi tidak dapat diperoleh air dari tanah. Parameter kualitas air yang ditentukan hanya dibatasi pada kadar besi (Fe), Si, dan Al, dan pH. Meskipun logam Al dan Si tidak dipersyaratkan oleh Pemerintah, namun sesuai dengan tujuan kajian ini, yaitu mempelajari pengaruh penye-

Tabel 11. Pengaruh abu merapi terhadap kadar Fe, Al, dan Si, serta pH air

Jarak dari puncak	Lokasi/sumber air	Kadar (mg/L)			pH
		Fe	Si	Al	
0 km	Tlogo Putri	2,5	64	1,9	9,0
Munthilan (barat)					
2	Sungai kecil/ parit	2,2	96	1,4	8,3
4	Sungai kecil/ parit	1,8	92	1,2	8,6
6	Sungai kecil/ parit	1,9	51	1,3	8,5
8	Sungai kecil/ parit	1,8	42	1,2	8,5
10	Sungai kecil/ parit	1,9	40	1,1	8,7
15	Kali Putih	1,7	45	1,0	8,6
Kaliurang (selatan)					
2	Sungai kecil/ parit	2,5	90	1,5	9,1
4	Sungai kecil/ parit	2,1	36	1,4	6,4
6	Sungai kecil/ parit	2,1	22	1,4	9,1
8	Sungai kecil/ parit	2,4	10,5	1,3	9,3
10	Kali Kuning	2,3	79,0	1,0	8,9
15	Kali Opak	2,5	19,8	1,4	6,3
Klaten (Timur)					
1	Bak terbuka	1,1	11,1	1,2	6,6
	Bak tertutup	0,2	2,8	0,9	8,9
2	Bak terbuka	1,8	2,0	1,3	8,3
	Bak tertutup	0,2	3,7	0,9	8,5
6	Sumur	2,1	2,0	1,1	9,0
8	Sungai kecil/ parit	2,1	6,4	1,4	9,1
10	Sungai kecil/ parit	2,2	5,3	1,4	8,9
15	Sungai	2,5	5,2	1,4	8,9
Pemandang	Air sungai Winongo (bukan jalur lahar merapi)	1,8	5,6	1,3	6,8
	Air sumur di Kodya	0,2	1,2	1,0	6,9

baran abu dari erupsi Gunung Merapi terhadap kualitas air, dan karena kandungan ke-3 logam tersebut dalam abu sangat dominan.

Sampel air diambil dari sungai, bak penampungan air, maupun sumur sesuai keadaan di lokasi sampling. Hasil pengukuran dan analisis disajikan dalam tabel 11.

Dari tabel tersebut dapat terlihat bahwa air sumur, parit dan sungai, serta bak terbuka yang diambil dari berbagai lokasi mengandung besi dengan konsentrasi yang melebihi konsentrasi maksimal yang diperbolehkan untuk air kelas I, namun memenuhi syarat untuk kelas II, III, dan IV sebagaimana yang diatur oleh Peraturan Pemerintah No 18 tahun 2001, yang disajikan dalam tabel 12. Namun demikian kadar besi yang lebih tinggi dari yang persyaratan air kelas I ini tidak diketahui secara pasti apakah disebabkan oleh masuknya abu Merapi ke dalam perairan tersebut, karena tidak dilakukan analisis terhadap air yang sama sebelum terjadi erupsi Merapi.

Untuk mengatasi tidak adanya data air sebelum erupsi Merapi telah dilakukan analisis kimia terhadap air sungai dan air sumur yang diambil dari lokasi yang jauh dari gunung Merapi yaitu di Kodya. Jika dibandingkan dengan air sungai dan air sumur yang berlokasi jauh dari puncak merapi dan kemungkinannya kecil untuk terkontaminasi abu, maka dapat diketahui bahwa kandungan air sungai yang berdekatan dengan gunung merapi mengandung besi, aluminium, dan silikon yang lebih tinggi. Kandungan yang lebih tinggi ini sangat mungkin berasal dari abu Gunung Merapi yang masuk ke dalam air tersebut. Hal ini didukung oleh data yang memperlihatkan bahwa air sumur atau bak tertutup di lokasi yang sama (berdekatan dengan Gunung Merapi) mempunyai kandungan Fe, Al, dan Si yang relatif lebih rendah dan relatif sama dengan air sungai dan sumur pembanding. Logam Si dan Al tidak berpengaruh negatif terhadap kesehatan namun keberadaannya dalam air dengan

konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan kekeruhan. Kekeruhan ini dapat menghalangi masuknya sinar matahari sehingga dapat mengganggu kehidupan biota air yang dapat berakibat pada gangguan keseimbangan lingkungan (Manahan, 2000).

Parameter lain dalam air sampel yang berupa pH pada umumnya memperlihatkan nilai yang lebih tinggi daripada air pembandingan. Nilai pH yang lebih tinggi daripada 8 menandakan suasana basa. Pada umumnya perairan terbuka yang belum mengalami pencemaran, terutama oleh limbah industri, mempunyai pH netral (6-8). Nilai pH yang tinggi dalam air sampel kemungkinan berasal dari kalsium (Ca) yang bersifat basa, yang ada dalam abu yang masuk ke dalam air. Meskipun nilai pH tersebut relatif tinggi, namun masih memenuhi syarat untuk semua kelas.

Data dalam tabel juga menunjukkan bahwa secara umum semakin jauh jarak sungai dari gunung, air sungai tersebut mengandung Fe dan Al yang relatif tidak berbeda untuk sampel yang diambil pada arah selatan, timur, maupun barat, namun kandungan Si cenderung mengalami penurunan. Ion logam Fe dan Al sangat cepat membentuk koloid dalam air pada pH lebih tinggi dari 4, yang kemudian akan mengendap dalam sedimen, sehingga tidak terukur dalam badan air. Karena sangat cepat membentuk koloid, maka pada jarak yang pendek semua logam telah membentuk koloid, sehingga pada jarak jauh pun kadar logam tersebut tidak berbeda. Sementara itu, ion logam Si lebih lambat dalam membentuk koloid, sehingga pengendapannya dalam sedimen sejalan dengan jarak sungai. Akibatnya timbul perbedaan konsentrasi Si dalam sungai, yaitu semakin panjang jarak sungai konsentrasi Si terlarut dalam air semakin kecil.

### KESIMPULAN

Abu vulkanik yang dilepaskan oleh Gunung Merapi selama erupsi mengandung unsur mayor yang berupa Si, Al, dan Ca. Selain itu, abu Gunung Merapi juga mengandung unsur logam (Fe, Pb, dan Ti) dan non-logam (V) yang mempunyai manfaat yang

luas dengan kadar yang dapat dipertimbangkan, serta logam emas (Au) yang bernilai tinggi meskipun kadarnya relatif rendah (*trace*). Abu Merapi juga mengandung beberapa logam berbahaya seperti Pb, Cd, dan Cr. Selain itu, juga terdeteksi adanya sulfur dengan kadar yang cukup berarti yang memberikan nilai pH asam pada abu tersebut. Penyebaran abu ke lingkungan menyebabkan kenaikan kadar Al, Fe, dan Si pada air sungai, sumur, maupun dalam bak penampungan yang terbuka, namun tidak menyebabkan penurunan pH, sehingga air tersebut masih memenuhi syarat sesuai peruntukannya.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada fakultas Matematika dan ilmu pengetahuan Alam UGM, yang telah memberikan dana penelitian melalui Program UGM PEDULI ERUPSI MERAPI TA 2010

### DAFTAR PUSTAKA

- Blong, R.J., 1984, *Volcanic hazards: a sourcebook on the effects of eruptions*: Academic Press, Australia, 424 p.
- Cas, R.A.F. and Wright, J.V., 1988, *Volcanic Successions: Modern and Ancient*: Chapman & Hall, London, p. 528.
- Christenson, B.W., 2000, Geochemistry of fluids associated with the 1995-1996 eruption of Mt Ruapehu, New Zealand: signatures and processes in the magmatic-hydrothermal system: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, (97), 1-30.
- Jeffery, P.G., and Hutchison, D., (editors), 1983, *Chemical Methods of Rock Analysis*, Pergamon Series in Analytical Chemistry, 3<sup>th</sup> edition, Pergamon Press, New York.
- Johnston, D., Stewart, C., Hoverd, J., Leonard, G., Thordarsson, T. and Cronin S., 2004, Impacts of volcanic ash on water supplies in Auckland: Institute of Geological & Nuclear Sciences, Science Report.

- Manahan, S.E., 2000, *Environmental Chemistry*, 7<sup>th</sup> Edition, Lewish Publisher, New York
- Neild, J., O'Flaherty, P., Hedley, P., Underwood, R., Johnston, D., Christenson, B., and Brown, P., 1998, Impact of a volcanic eruption on agriculture and forestry in New Zealand: *MAF Policy Technical Paper*, 99/2, Wellington, New Zealand.
- Smith, D.B., Zielinski, R.A., Taylor, H.E. and Sawyer, M.B., 1983, Leaching character of ash from May 18, 1980, eruption of Mount St. Helens Volcano, Washington: *Bulletin of Volcanology*, (46) 103-124.
- Sarna-Wojcicki, A.M., Shipley, S., Waitt, R.B., Dzurisin, D., and Wood, S.H., 1981, Areal distribution, thickness, mass, volume, and grain size of air-fall ash from six major eruptions of 1980, in Lipman, Peter W., and Mullineaux, Donal R. (eds.), 1981, The 1980 eruptions of Mount St. Helens, Washington: U.S. *Geological Survey Professional Paper* 1250, p. 577-600.
- Sudaryono dan Sutjipto, 2009, Identifikasi dan penentuan logam berat pada tanah vulkanik di daerah Cangkingan, Kabupaten Sleman dengan metode analisis aktivasi neutron cepat, Makalah disampaikan pada *Seminar Nasional V SDM Teknologi*, Yogyakarta, 5 November 2009
- Wilson, T., Kaye, G., Stewart, C., and Cole, J., 2007, Impact of the 2006 eruption of Merapi volcano, Indonesia on agriculture and infrastructure, *GNS Science Report*, July 2007.