

## **Studi Karakterisasi Fisik dan Kimiawi Debu Gunung Semeru**

**Wasis, A. M. Juwono, dan Adi Susilo**

*Program Studi Teknik Geofisiks, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Brawijaya*

### **Abstrak**

Telah dilakukan penelitian terhadap sifat fisik dan kimiawi dari partikel debu vulkanik Gunung Semeru. Sifat-sifat fisik yang disasar dalam penelitian ini adalah ukuran fisik partikel debu vulkanik, distribusi sebaran massa partikel debu sebagai fungsi jarak sebar, dan bangun geometrik partikel. Sedangkan sifat kimiawi yang disasar adalah struktur kimiawi molekul atau atom, yang menyusun, partikel debu vulkanik. Hasil penelitian ini menunjukkan, bahwa, hubungan antara massa partikel, atau ukuran panjangnya, dan jarak penyebaran, pada satu daya hembusan angin yang sama, bersifat eksponensial (negatif). Sehingga semakin besar ukuran partikel, semakin dekat titik jatuhnya, dan semakin kecil ukuran partikel, semakin jauh titik jatuhnya. Bangun geometrik partikel debu vulkanik bersifat tidak beraturan (irregular), dan dapat memiliki berbagai ukuran mulai beberapa mikrometer, sampai ratusan mikrometer. Unsur kimia yang menyusun partikel debu vulkanik Gunung Semeru adalah bermacam-macam, yang didominasi oleh unsur karbon (C), kemudian diikuti oleh dominansi unsur silikon (Si), aluminium (Al), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Dominansi unsur pada semua sampel yang diambil di lapangan adalah oleh unsur karbon dan silikon. Perbedaan yang ada dari masing-masing sampel adalah pada tingkat kandungannya, yang bervariasi.

Kata Kunci: Semeru, debu vulkanik, sebaran, ukuran partikel, unsur kimiawi, karbon, oksigen, silikon.

### **1. Pendahuluan**

Indonesia adalah satu negara di zona cincin-api Pasifik, di mana gunung api terdapat di mana-mana, di seluruh pelosok negara. Oleh karena itu bencana letusan gunung api merupakan peristiwa yang lazim terjadi, sejak dahulu sampai sekarang. Pengalaman menghadapi bencana letusan gunung api telah sejak lama dimiliki oleh penduduk negara kepulauan ini. Dampak letusan gunung api pada abad-abad yang lalu, dapat berupa korban harta benda, atau korban jiwa, tetapi jenis korban jiwa lebih mendominasi. Pada masa lalu, korban jiwa dan harta umumnya tidak bersifat masif, oleh karena jumlah penduduk kepulauan Indonesia yang masih relatif sedikit, dan menyebar pada tempat yang lebih luas. Di banyak tempat, daerah yang ditinggali penduduk umum memiliki kepadatan yang rendah. Kumpulan harta benda di suatu lokasi bencana, umumnya, juga tidak sepadat pada era modern sekarang ini, sehingga korban harta benda, secara kuantitatif, umumnya relatif rendah.

Belakangan ini, letusan gunung api di Indonesia meningkat dari segi kuantitasnya, maupun kualitasnya. Masih segar dalam ingatan kita, selain gunung-gunung yang 'rutin meletus', seperti Gunung Merapi, dan Gunung Semeru, gunung-gunung yang telah relatif lama tidak aktif, kembali memperlihatkan keaktifannya. Letusan yang relatif

baru saja terjadi, misalnya, adalah Gunung Kelud di Jawa Timur, yang meletus pada awal tahun 2014, dengan letusan yang dahsyat, yang tercatat sebagai letusan paling kuat yang pernah terjadi pada gunung ini. Kemudian, juga tercatat letusan Gunung Sinabung, di Sumatera Utara, yang notabene telah ratusan tahun tidak aktif, kembali menunjukkan keaktifannya pada 2010, dan kemudian mengalami sejumlah letusan berturut-turut, sampai dengan tahun 2017 ini. Selanjutnya, yang baru saja mengalami letusan adalah Gunung Soputan di Minahasa, dan Gunung Raung di Jawa Timur, yang terjadi pada pertengahan tahun 2016, dan Gunung Agung, di Bali, pada tahun 2017 ini.

Di Jawa Timur, salah satu gunung api yang tergolong paling aktif adalah Gunung Semeru, yang terletak di dua wilayah kabupaten, yakni di Kabupaten Lumajang dan Kabupaten Malang. Gunung Semeru merupakan gunung dengan frekuensi letusan yang mungkin paling tinggi di Indonesia, bahkan di dunia, meskipun sangat sebagian besar dari letusan-letusan yang terjadi pada gunung tersebut berskala kecil, dan tidak secara langsung mendatangkan bahaya bagi penduduk di daerah sekitar gunung. Pada musim kemarau, Gunung Semeru dapat mengalami letusan minor sekitar satu atau dua jam sekali, dengan ketinggian lemparan lava hanya sekitar 200 sampai 300 meter di atas puncak.

Pada waktu terjadi letusan besar, bencana yang ditimbulkan oleh letusan Gunung Semeru biasanya berupa awan panas, aliran lava, dan lahar dingin, seperti umumnya akibat dari letusan gunung api di Indonesia. Pada era modern ini, dengan tingkat mitigasi, dan kemungkinan penyelamatan, yang sangat baik, adanya korban jiwa dan harta dapat ditekan sampai pada tingkatan yang minimum.

Pada umumnya, letusan-letusan minor Gunung Semeru hanya membawa dampak dalam bentuk 'hujan abu'. Meskipun dengan skala kecil, tetapi karena sering terjadi, maka akibat dari letusan minor dari Gunung Semeru juga tidak dapat diabaikan. Efek dari sebaran debu gunung api, melalui proses 'hujan abu' lebih pada kerugian harta dan kesehatan, daripada berupa korban jiwa. Sebaran debu telah mendatangkan masalah kesehatan pada masyarakat umum dalam jangkauan daerah yang luas. Letusan minor semacam itu juga mendatangkan masalah dalam bidang pertanian. Kerugian yang nyata adalah menurunnya tingkat produksi buah-buahan, terutama buah apel, di daerah-daerah terdekat, seperti di wilayah Kecamatan Poncokusumo, Ampelgading, Tirtoyudo, Dampit, dan Wajak. di Kabupaten Malang; serta Kecamatan Pronojiwo dan Candipuro, di Kabupaten Lumajang. Kerugian dalam bidang pertanian tersebut merupakan kerugian terbesar yang selama ini diderita petani, tetapi kurang mendapatkan perhatian dari masyarakat umum, yang lebih sering mengukur besar kecilnya korban berdasarkan pada kerugian spontan yang diakibatkan oleh letusan besar gunung api.

Penelitian ini dilakukan sebagai bagian dari penelitian berjenjang, dan berjangka panjang, yang bertujuan untuk meneliti karakteristik dari debu letusan gunung semeru, ditinjau dari segi fisik, maupun dari sisi kimiawi. Adapun karakteristik yang dimaksud tersebut adalah ukuran partikel debu, sebagai fungsi jarak sebaran; bangun geometrik rata-rata, mineralogi, dan molekul kimiawi yang menyusun partikel debu.

Debu letusan gunungapi adalah bagian dari lava yang dipancarkan dari kawah gunungapi yang mengalami erupsi. Debu gunungapi umumnya tersusun atas partikel dari berbagai ukuran, mulai yang sangat halus, dalam skala mikrometer, sampai yang tergolong kasar, dalam skala millimeter. Akibat yang ditimbulkan oleh aktivitas erupsi gunungapi, khususnya yang terkait dengan pancaran debu gunungapi, dapat berupa kerugian material, maupun kerugian jiwa. Kerugian material yang diakibatkan oleh karena erupsi gunungapi dapat berupa kerugian berupa rusaknya fasilitas, kerusakan tanaman, sumber daya air, kerusakan alat transport dan gangguan transportasi darat, laut, dan terutama udara. Sedang kerugian yang non material dapat berupa kematian akibat

terganggunya sistem pernafasan, keracunan partikel debu, dll.

Bagian dari debu vulkanik yang termasuk ke dalam kategori kasar, yaitu yang memiliki partikel berukuran diameter  $> 1$  mm, dapat jatuh dalam waktu relatif singkat, kurang dari satu jam. Tetapi, bagian dari debu vulkanik dengan partikel yang berdiameter  $< 1$  mm, dapat bertahan di udara sampai berhari-hari, bahkan berbulan-bulan, dan dapat digerakkan angin dengan menempuk jarak yang jauh. Selanjutnya, faktor yang mempengaruhi jauhnya sebaran partikel debu vulkanik bukan hanya ukuran geometrik (jari-jari ekuivalen) partikel, tetapi juga bangun geometriknya (Colleen et al., 2003).

Oleh karena bentuk partikel debu vulkanik tidak beraturan, maka ukuran partikel debu vulkanik dengan bangun geometrik sebarang, ditentukan dengan memadukan berbagai aspek panjangnya. Wilson dan Huang menyampaikan persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan ukuran partikel debu vulkanik, melalui apa yang disebut sebagai faktor bentuk (*shape factor*, SF) sebagai berikut (Colleen et al., 2003)

$$SF = \frac{b+c}{2a} \quad (1)$$

di mana  $a$  adalah ukuran terpanjang partikel,  $b$  adalah ukuran tengahnya, dan  $c$  adalah ukuran terpendeknya. Ukuran yang diperoleh melalui persamaan di atas, digunakan untuk melakukan koreksi terhadap nilai kecepatan stasioner partikel di udara, untuk menghasilkan 'diameter ekuivalen' partikel.

Dari aspek pertanian, debu vulkanik yang terakumulasi dalam jumlah besar, di masa mendatang, akan dapat membentuk lapisan atas tanah yang subur. Tetapi, dalam jangka pendek, partikel dari debu vulkanik yang masih relatif muda usia dapat memiliki struktur berlapis asam fluorida, yang tidak memberikan keuntungan bagi kesuburan tanah, dan, di sisi lain, dapat merusak vegetasi. Dengan perjalanan waktu, lapisan asam tersebut dapat terkikis oleh air.

Partikel debu vulkanik dikenal dapat menimbulkan efek terhadap kesehatan manusia yang terkena. Efek tersebut, antara lain, adalah efek pada saluran pernafasan, iritasi kulit, dan simpton mata, serta efek tak langsung lainnya. Penderita penyakit jantung adalah kelompok yang paling rentan terhadap sebaran partikel debu vulkanik (Cullen, 2002).

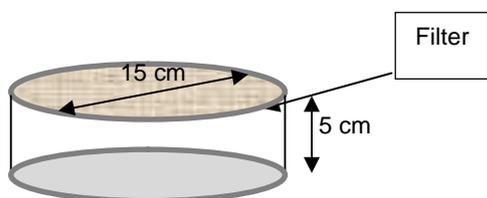
Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah tersedianya informasi awal untuk dasar pengambilan kebijakan di masa depan, dalam rangka melakukan *treatment* atas kerugian material, khususnya dalam kaitan dengan kerugian

di bidang pertanian. Dengan mengetahui distribusi partikel debu letusan Gunung Semeru, dapat diperhitungkan secara lebih baik efek kesehatan dan gangguan terhadap pertumbuhan tanaman, di daerah-daerah sekitar, sebagaimana telah disebutkan di atas. Dengan mengetahui karakteristik kimiawi/molekuler dari partikel debu letusan, dapat dilakukan *treatment* untuk menormalisasi keadaan lingkungan, khususnya lingkungan pertanian, dengan langkah-langkah yang strategis dan murah. Dalam kaitan dengan kesehatan masyarakat sekitar, pengetahuan tentang sifat kimiawi dan fisik dari partikel debu letusan Gunung Semeru, akan dapat membantu untuk penentuan langkah pencegahan dan perawatan yang sesuai dan efektif.

## 2. Metode

### 2.1 Metode Pengumpulan Data

Akuisisi data dilakukan dengan melakukan tangkapan partikel debu vulkanik (*plume capture*), menggunakan penangkap yang akan dirancang dan diproduksi sendiri. Pada dasarnya, penangkap partikel debu vulkanik tersebut, dibuat berupa nampan plastik/kaca, dengan alas berbentuk geometrik lingkaran, dengan bagian atas diberi saringan (*filter*) dengan kerapatan yang beragam (lihat gambar di bawah ini). Fungsi filter ini adalah untuk membatasi ukuran partikel yang dapat memasuki nampan. Garis tengah dari nampan ini adalah 15 cm, dengan kedalaman sekitar 5 cm.



Lokasi yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebanyak 5 lokasi, dengan, yang paling dekat berjarak sekitar sekitar 10 km dari kawah Gunung Semeru, yaitu ada di kaki Gunung Semeru, di wilayah Kecamatan Poncokusumo, di Kabupaten Malang. Lokasi akuisisi data selanjutnya dilakukan pada posisi yang berjarak sekitar 5 km dari lokasi pertama, diikuti dengan lokasi-lokasi lain, dengan masing-masing berbeda jarak sekitar 5 km. Dalam praktek, bila rencana penentuan lokasi ini tidak dapat secara baik dilakukan, berbagai posisi dengan jarak yang relative sebarang, dapat pula dilakukan.

### 2.2 Metode Analisis Data

Perlakuan untuk memperoleh sifat-sifat fisik dan kimiawi partikel debu vulkanik dilakukan dengan menggunakan SEM (*scanning electron microscope*). Sifat fisik yang diharapkan diperoleh

adalah ukuran dimensi keruangan partikel (panjang, lebar, atau garis tengahnya). Sifat fisik lain yang juga dirapkan diperoleh adalah ketergantungan jarak-sebar terhadap ukuran partikel. Sedang sifat kimiawi yang diharapkan diperoleh adalah jenis atom atau molekul yang menyusun partikel sampel debu vulkanik yang dianalisis, dan perbandingan kuantitas masing-masing atom/molekul tersebut.

Sebelum dikenakan perlakuan dengan menggunakan SEM, sampel debu vulkanik yang telah dikumpulkan, masing-masing dipanaskan, sampai suhu 150°C, dengan lama pemanasan 15 menit, yang berfungsi untuk menguapkan kandungan air pada sampel.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Sebanyak enam sampel dari lokasi yang berbeda telah diperoleh, dalam pelaksanaan akuisisi data. Keenam sampel yang diperoleh tersebut telah dikenai perlakuan analisis dengan menggunakan SEM, sebagaimana telah direncanakan sebelumnya. Hasil dari perlakuan sampel debu vulkanik dengan menggunakan SEM, antara lain, adalah foto-foto yang menggambarkan keadaan masing-masing sampel. Dari foto-foto mikrograf yang didapat, ukuran keruangan (spatial) dari partikel dalam sampel, dapat diperkirakan. Informasi lain yang juga diperoleh adalah unsur-unsur kimiawi penyusun utama debu vulkanik, disertai dengan prosentase kandungan relatif unsur tersebut, yang disajikan baik dalam bentuk angka maupun grafik. Berikut disajikan, dan dibahas satu per-satu dari berbagai karakteristik fisik dan kimiawi yang telah diperoleh dari perlakuan menggunakan SEM.

### 3.1 Lokasi pengambilan sampel

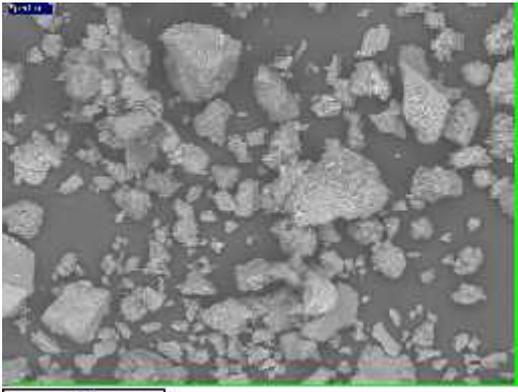
Sampel debu diambil dari enam lokasi yang berbeda. Jarak masing-masing lokasi diukur terhadap titik kawah Gunung Semeru. Kemudian, jarak tersebut dinormalisasi dengan memproyeksikan ke garis lurus yang menghubungkan Kawah G. Semeru dengan Kota Malang, yang disajikan sebagai jarak ternormalisasi. Jarak lokasi yang diukur terhadap kawah Gunung Semeru, dan jarak-jarak yang terkait, serta ukuran rata-rata dari panjang partikel debu diberikan dalam Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1: Jarak, Jarak terproyeksikan, dan Ukuran rata-rata dari panjang debu sampel.

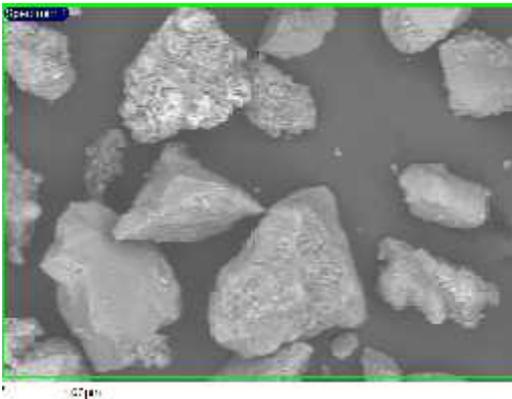
#Sampel	Jarak (km)	Jarak terproyeksi (km)	AveSize(µm)
sampel1	28	26.32	24.17
sampel2	23.8	22.61	93.47
sampel3	15.7	10.68	94.17
sampel4	15.51	11.63	106.46
sampel5	14.13	3.67	116.5
sampel6	11.17	10.72	127.96

### 3.2 Foto-foto, dan Perkiraan ukuran Partikel Debu

Sebanyak enam sampel yang dianalisis dengan SEM memberikan enam kelompok foto-foto micrograf yang berbeda. Sebagai contoh, berikut disajikan dua foto micrograf dari sampel nomer 1 (Gambar 1a), dan sampel nomer 6 (Gambar 1b), yang berasal dari lokasi yang paling berjauhan, dari kedua foto micrograf kedua sampel ini, dapat diperlihatkan efek jarak penyebaran terhadap ukuran partikel yang tersebar.



Gambar 1b: Mikrograf dari sampel nomer 1.



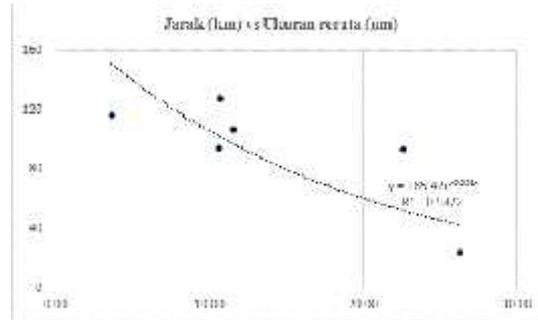
Gambar 1b: Micrograf dari sampel nomer 6

Foto micrograf dari sampel-sampel lain, memberikan gambaran yang serupa dari hasil dari sampel 1 dan sampel 6, sebagai yang ditunjukkan pada Gambar 1a dan 1b di atas. Dapat dilihat pada gambar-gambar tersebut, bagaimana bangun dari partikel debu yang terdeteksi memiliki bangun geometrik yang tidak beraturan (*irregular*). Dalam memperhitungkan dinamika partikel, apabila partikel tersebut terhembus oleh angin, bangun geometric yang tidak berpola seperti itu yang mendaratkan masalah, sehingga pemodelan teoretik sering tidak dapat menggambarkan keadaan riil dari pergerakan partikel.

Berbagai harga ukuran spasial (keruangan) dapat terjadi pada partikel debu vulkanik, mulai

beberapa mikrometer, sampai ratusan mikrometer, sebagaimana dapat disimak pada nilai rata-rata dari ukuran partikel yang didapat dalam penelitian, sebagai yang disajikan dalam Tabel 1.

Gambar 2 yang disajikan berikut ini adalah gambaran dari hubungan antara jarak sebaran yang terproyeksikan, dengan ukuran rata-rata dari partikel yang tersampel.



Gambar 2: Hubungan grafis antara jarak (km) (sumbu datar), dan ukuran rata-rata partikel debu tersampel (μm) (sumbu tegak).

Grafik pada Gambar 2 memperlihatkan hubungan yang baik, yakni sesuai dengan apa yang diramalkan oleh teori, yaitu bahwa jarak tempuh penyebaran partikel, pada daya pendorong (angin yang sama) akan berbanding terbalik dengan ukuran dari partikel, dari ukuran partikel yang terkandung dalam sampel 1. Pada kenyataannya, factor massa partikel-lah yang menentukan jarak sebarannya, untuk angin dengan daya dorong tertentu. Tetapi, dalam hal ini, ukuran spasial dari partikel adalah faktor yang sebanding dengan massa partikel, dan, oleh karenanya, dapat disebutkan pula sebagai factor yang menentukan jarak sebarannya.

Dengan menggunakan perangkat lunak excel, dari Microsoft Office, hubungan panjang partikel (y) sebagai fungsi dari jarak sebar (x) diberikan oleh persamaan, seperti yang tersaji dalam plot pada Gambar 2 tersebut, yakni

$$y = 185,42 \exp(-0,056x) \quad (2)$$

dengan kuadrat faktor korelasi yang diberikan oleh  $R^2 = 0,587$ . Sebagai hasil akuisisi data dari lapangan, para pelaku penelitian ini berpendapat bahwa faktor korelasi 0,77 adalah gambaran hubungan yang relatif baik.

### 3.2 Hasil Analisis Kimia Penyusun Debu

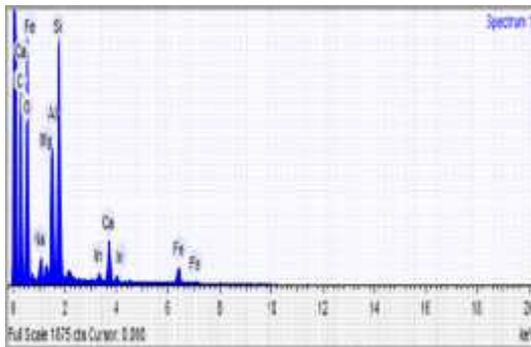
Di bawah ini disajikan grafik dan hasil numerik dari beberapa sampel, sebagai contoh, yaitu sampel1 dan sampel6.

Secara umum, kandungan kimia dari partikel debu tersampel serupa. Unsur non gas yang mendominasi umumnya adalah karbon (C), silikon (Si), Aluminium (Al), Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg). Dominansi unsur karbon dan silikon terjadi pada semua sampel, yang menunjukkan sifatnya yang secara umum dominan.. Sedang unsur lain dapat bervariasi. Unsur gas utama penyusun partikel debu yang tersampel adalah Oksigen, dan tidak terdeteksi adanya unsur gas lainnya.

Tabel 2: Kandungan unsur kimiawi dalam Sampel 1.

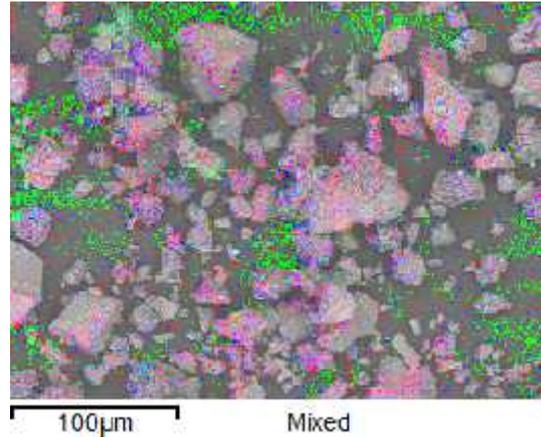
Element	Weight %	Weight %	Atomic %
Carbon	40.393	0.476	51.508
Oxygen	41.865	0.460	40.078
Sodium	0.823	0.065	0.548
Magnesium	0.338	0.046	0.213
Aluminum	3.578	0.081	2.031
Silicon	7.044	0.114	3.841
Calcium	2.237	0.076	0.855
Iron	3.047	0.160	0.836
Indium	0.675	0.120	0.090

Dalam bentuk spektrum kandungan masing-masing unsur, yang tersaji dalam Tabel 2 di atas, diberikan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3: Spektrum unsur-unsur dalam sampel 1.

Kandungan unsur kimiawi sampel-sampel yang adalah serupa dengan yang diperoleh untuk sampel 1, seperti disajikan dalam Tabel 2, atau Gambar 3, di atas. Perbedaan di antaranya adalah pada besarnya kandungan, dalam bentuk % berat dan % jumlah atom. Hal ini menunjukkan bahwa sampel-sampel tersebut sangat boleh jadi berasal dari sumber yang sama.



Gambar 4: sebaran berbagai unsur utama penyusun partikel debu vulkanik. Warna merah adalah dari unsur silikon, hijau unsur karbon, dan unsur oksigen adalah yang berwarna biru.

Gambar 4 memperlihatkan sebaran tiga unsur utama penyusun partikel debu vulkanik dari sampel 1. Unsur-unsur itu adalah karbon, yang berwarna hijau, silikon yang berwarna merah, dan oksigen yang berwarna kebiruan.

Pada semua sampel yang diteliti, tidak dijumpai unsur fluor, yang biasanya membentuk lapisan yang membungkus partikel debu vulkanik. Ketiadaan unsur fluor ini diduga disebabkan oleh karena sampel yang diambil mungkin telah mengalami pencucian oleh air hujan untuk beberapa lama.

#### 4. Kesimpulan

Dari uraian tentang data yang didapatkan dalam penelitian ini, dan pembahasan yang telah disampaikan di atas, dapat ditarik sejumlah kesimpulan, sebagai berikut.

- Bahwa jarak sebar partikel debu vulkanik, untuk sesuatu daya hembusan angin yang sama, bergantung pada ukuran dari partikel, melalui hubungan yang kurang lebih bersifat eksponensial, sebagai yang digambarkan oleh persamaan (2).
- Bahwa bangun geometrik dari partikel debu vulkanik bersifat tidak beraturan, dan dapat memiliki ukuran sebarang, dari beberapa mikrometer sampai ratusan mikrometer.
- Unsur kimia yang menyusun partikel debu vulkanik Gunung Semeru bermacam-macam, yang didominasi oleh unsur karbon (C), kemudian diikuti oleh unsur silikon (Si), Aluminium (Al), Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg). Dominasi unsur adalah oleh karbon dan silikon, dan terjadi pada semua sampel. Perbedaan yang ada dari masing-masing sampel adalah pada tingkat kandungannya.

- d. Ketiadaan unsur fluor (F) dalam sampel kemungkinan disebabkan oleh karena sampel yang diambil telah mengalami pencucian oleh air hujan yang merembes ke dalam lapisan pasir vulkanik.

### **Ucapan Terima Kasih**

Penelitian ini dibiaya oleh hibah penelitian BOPTN Tahun 2017, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya Malang, pada siapa kami sampaikan ucapan terimakasih, dan penghargaan yang setinggi-tingginya, atas diberikannya hibah penelitian ini, antara lain, pada kami.

### **Daftar Pustaka**

- Colleen M. Riley, William I. Rose, and Gregg J. S. Bluth, 2003, *Quantitative shape measurements of distal volcanic ash*, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 108, NO. B10, 2504, doi:10.1029/2001JB000818, 2003 .
- Cullen, R. T., AD Jones, BG Miller, CL Tran, JMG Davis, K Donaldson, M Wilson, V Stone, A Morgan, 2002, Toxicity of volcanic ash from Montserrat, Napier University, Edinburgh.
- International Volcanic Health Hazard Network (IVHHN); website: [www.ivhhn.org](http://www.ivhhn.org)
- Prata, A. J. dan Grant, I. F., 2001, *Determination of mass loadings and plume heights of volcanic clouds from satellite data* CSIRO Technical Paper 48, CSIRO Dept. of Atmospheric Science, Melbourne, Australia.
- Richards, Michael S., 2006, Volcanic Ash Cloud Height Using the MODIS CO2 Slicing Algorithm, Master Thesis, University Wisconsin
- Surya Malang;  
<http://suryamalang.tribunnews.com/2016/02/15/jika-gunung-semeru-meletus-5-kecamatan-di-malang-dalam-jangkauan-letusan>.
- Wikipedia: Gunung Semeru;  
[https://id.wikipedia.org/wiki/Gunung\\_Semeru](https://id.wikipedia.org/wiki/Gunung_Semeru)



**BERITA ACARA  
KEGIATAN SEMINAR NASIONAL ReTII KE-12 TAHUN 2017**

Pada hari ini Sabtu, Tanggal 9 Desember, Tahun 2017 telah dilaksanakan Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII) ke-12, atas :

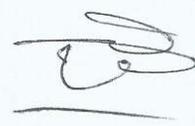
Nama Pemakalah : Wasis<sup>1</sup>, A. M. Juwono<sup>2</sup>, Adi Susilo<sup>3</sup>  
Judul Makalah : STUDI KARAKTERISASI FISIK DAN KIMIAWI DEBU GUNUNG SEMERU  
  
Pukul : 11.45-12.00  
Bertempat di : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta  
Dengan alamat : Jln. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, DIY  
Ruang : C.2  
Moderator : Dr. Hita Pandita, S.T., M.T  
Notulen : Winarti, S.T., M.T

Susunan Acara Seminar ini dibuka oleh Moderator, diikuti oleh Pemaparan Singkat Hasil Penelitian oleh Pemakalah, Tanggapan (Pertanyaan/Kritik/Saran) dari Peserta Seminar dan Tanggapan Pemakalah, dan ditutup kembali oleh Moderator.

Jumlah Peserta yang hadir : 8 orang (Daftar Hadir Terlampir)

Demikian Berita Acara ini dibuat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 9 Desember 2017

Ketua Panitia	Moderator	Pemakalah
 Dr. Ir. Sugiarto, MT	 Dr. Hita Pandita, S.T., M.T	 Wasis <sup>1</sup> , A. M. Juwono <sup>2</sup> , Adi Susilo <sup>3</sup>



## NOTULEN KEGIATAN SEMINAR NASIONAL ReTII KE-12 TAHUN 2017

Pada hari ini Sabtu, Tanggal 9 Desember, Tahun 2017 telah dilaksanakan Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi (ReTII) ke-12, atas :

Nama Pemakalah : Wasis<sup>1</sup>, A. M. Juwono<sup>2</sup>, Adi Susilo<sup>3</sup>  
 Judul Makalah : STUDI KARAKTERISASI FISIK DAN KIMIAWI DEBU GUNUNG SEMERU  
 Pukul : 11.45-12.00  
 Bertempat di : STTNAS Yogyakarta  
 Dengan alamat : Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, DIY  
 Ruang : C.2

Pertanyaan/Kritik/Saran	Tanggapan Pemakalah
<p>Pertanyaan (Rizky M).                      - Hubungan antara abu vulkanik dgn produktivitas apel ?</p>	<p>- Bunga apel rawan ter kena abu. ( mudah gugur ) .                      - abu vulkanik mengandung unsur yg merusak tanah</p>

Yogyakarta, 9 Desember 2017

Ketua Panitia	Moderator	Pemakalah
 Dr. Ir. Sugiarto, MT	 Dr. Hita Pandita, S.T., M.T	 Wasis <sup>1</sup> , A. M. Juwono <sup>2</sup> , dan Adi Susilo <sup>3</sup>