

PENGARUH DEBU VULKANIK PADA ERUPSI GUNUNG BERAPI DIY TERHADAP KESEHATAN PARU

Tri Agus Yuarsa

Universitas Banten Jaya

agusyuarsa@unbaja.ac.id

Abstract: Indonesia is one of the countries in the world that has many volcanoes. Volcanoes are found throughout the world. But the location of the best known volcano is the volcano which is located along the pacific ring of fire. Volcanic eruptions can have adverse effects on local wildlife and humans. Volcanic ash is often referred to as volcanic sand or falling pyroclastic material is a volcanic material that is sprayed into the air when an eruption occurs, which consists of large to fine-sized rocks. Volcanic dust that has just fallen has a layer of acid that can cause irritation to the lungs, eyes and skin. This literature review will discuss how the effects of volcanic dust on lung health. The method used is a journal review. Volcanic dust is composed of fine rock fragments, minerals and glass, hard, coarse, corrosive and insoluble in water. The recommended limit for people to breathe in volcanic dust with silica concentrations is not more than 50 mikrograms / m³. Respiratory symptoms due to inhalation of volcanic dust depend on factors such as concentration of suspended particles in the air, proportion of particles inhaled, length of exposure, meteorological conditions, and individual factors. Health effects that occur in exposure to volcanic dust can be acute such as asthma, bronchitis and in chronic silicosis.

Keywords: influence of volcanic dust, lung health

abstrak: Indonesia merupakan salah satu negara di dunia yang mempunyai banyak gunung berapi. Gunung berapi terdapat di seluruh dunia. Tetapi lokasi gunung berapi yang paling dikenal adalah gunung berapi yang berada disepanjang busur cincin api pasifik (pacific ring of fire). Letusan gunung berapi dapat berakibat buruk pada margasatwa lokal dan juga manusia. Abu vulkanik sering disebut juga pasir vulkanik atau jatuhan piroklastik adalah bahan material vulkanik jatuhan yang disemburkan ke udara saat terjadi letusan, yang terdiri dari batuan berukuran besar sampai berukuran halus. Debu vulkanik yang baru saja jatuh memiliki kandungan lapisan asam yang dapat menyebabkan iritasi pada paru, mata dan kulit. Tinjauan pustaka ini akan membahas bagaimana dampak debu vulkanik terhadap kesehatan paru. Metode yang digunakan adalah review jurnal. Debu vulkanik tersusun dari fragmen batuan halus, mineral dan kaca, debu yang keras, kasar, korosif dan tidak larut dalam air. Batas yang direkomendasikan bagi masyarakat untuk menghirup debu vulkanik dengan konsentrasi silika yang tidak lebih dari 50 mikrograms/m³. Gejala pernapasan akibat menghirup debu vulkanik tergantung pada faktor-faktor seperti konsentrasi partikel tersuspensi di udara, proporsi partikel yang terhirup, lama pajanan, kondisi meteorologi, dan faktor individu. Efek kesehatan yang terjadi pada pajanan debu vulkanik bisa secara akut seperti asma, bronchitis dan secara kronik yaitu silikosis.

Kata kunci: pengaruh debu vulkanik, erupsi gunung, kesehatan paru

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara di dunia yang mempunyai banyak gunung berapi. Gunung berapi atau gunung api adalah istilah yang dapat didefinisikan sebagai suatu sistem saluran *fluida* panas (batuan dalam wujud cair atau lava) yang memanjang dari kedalaman sekitar 10 km di bawah permukaan bumi sampai ke permukaan bumi, termasuk endapan hasil akumulasi material yang dikeluarkan pada saat meletus. istilah gunung api ini juga dipakai untuk menamai fenomena pembentukan *ice volcanoes* atau gunung api es dan *mud volcanoes* atau gunung api lumpur. Gunung api es biasanya terjadi di daerah yang mempunyai musim dingin bersalju, sedangkan gunung api lumpur dapat dilihat di daerah Kuwu, Grobogan, Jawa tengah.

Gunung berapi terdapat di seluruh dunia. Tetapi lokasi gunung berapi yang paling dikenal adalah gunung berapi yang berada disepanjang busur cincin api pasifik (Pacific ring of fire). Busur cincin api pasifik merupakan garis bergeseknya antara dua lempengan tektonik. Apabila gunung berapi meletus, magma yang terkandung di dalam kamar magma dibawah gunung berapi keluar sebagai lahar atau lava. Selain daripada aliran lava, kehancuran oleh gunung berapi disebabkan melalui berbagai cara seperti aliran lava, letusan gunung berapi, aliran lumpur, abu, kebakaran hutan, gas beracun, gelombang tsunami dan gempa bumi. Letusan gunung berapi dapat berakibat buruk pada masyarakat lokal dan juga manusia.

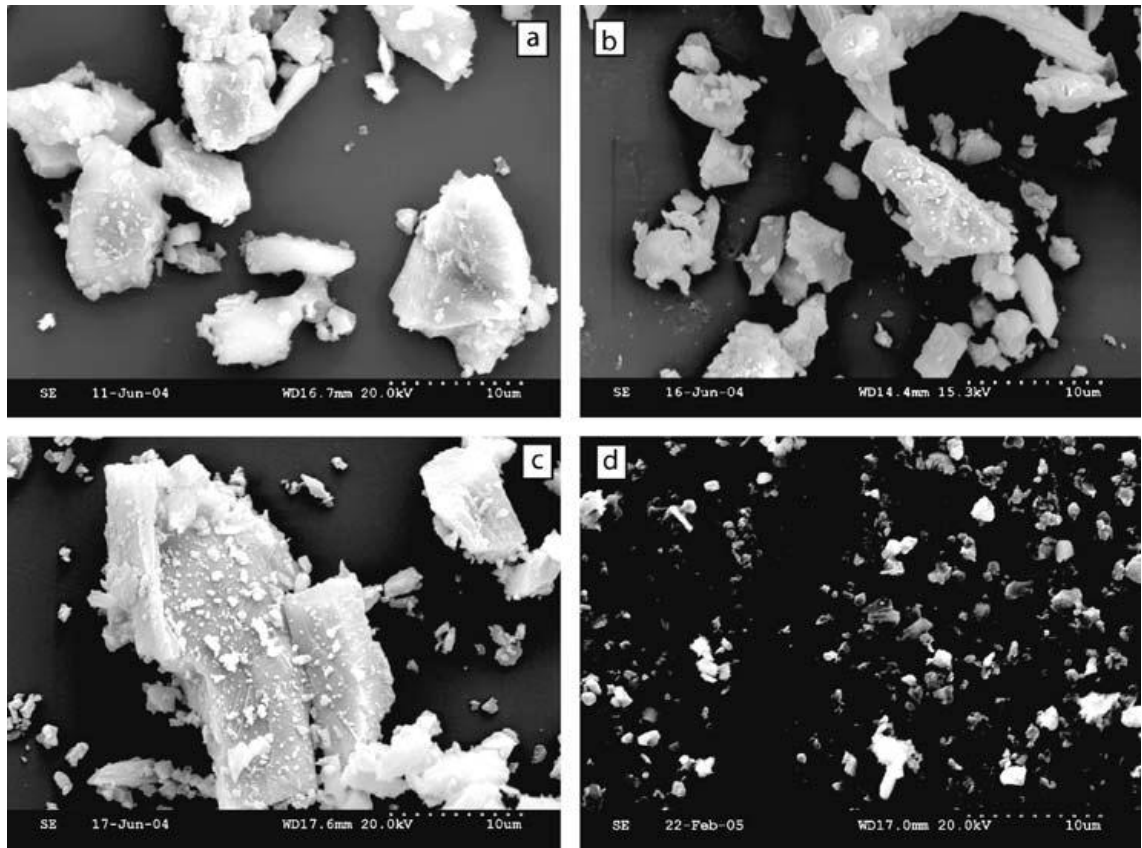
Abu vulkanik sering disebut juga pasir vulkanik atau jatuhan piroklastik adalah bahan material vulkanik jatuhan yang disemburkan ke udara saat terjadi letusan, yang terdiri dari batuan berukuran besar sampai berukuran halus. Bebatuan yang berukuran besar (bongkah – kerikil) biasanya jatuh disekitar kawah sampai radius 5 -7 km dari kawah, dan yang berukuran halus (debu) dapat jatuh pada jarak ratusan kilometer bahkan ribuan kilometer dari kawah karena dapat terpengaruh oleh adanya hembusan angin. Debu vulkanik adalah partikel halus batuan vulkanik diameter kurang dari 2 mikrometer. Debu vulkanik yang baru saja jatuh memiliki kandungan lapisan asam yang dapat menyebabkan iritasi

pada paru, mata dan kulit. Tinjauan pustaka ini akan membahas bagaimana dampak debu vulkanik terhadap kesehatan paru.

Debu vulkanik terbentuk selama letusan gunung berapi. Debu vulkanik tersusun dari fragmen batuan halus, mineral dan kaca, debu yang keras, kasar, agak korosif dan tidak larut dalam air. Masyarakat biasanya mengkhawatirkan tentang efek dari hujan debu vulkanik ini. Pertanyaan biasanya muncul mengenai isi dan kandungan debu vulkanik terutama tentang mineral kuarsa, kristobalit atau tridimit. Ini adalah kristal silika bebas yang diketahui menyebabkan silikosis, penyakit paru yang berpotensi menimbulkan kematian dan biasanya ditemukan di tambang bawah tanah dan pekerja tambang terbuka dengan pajanan udara yang disertai dengan debu silika konsentrasi tinggi selama jangka waktu yang lama. Batas aman yang diperbolehkan bagi masyarakat untuk menghirup debu vulkanik adalah konsentrasi silika yang tidak melebihi 50 mikrogram/m³. Partikel debu kecil bisa ditiup oleh angin selama ribuan kilometer jauhnya dari gunung berapi, tergantung pada kecepatan angin dan jenis letusan. Debu vulkanik yang terdiri dari partikel halus batuan vulkanik yang terfragmentasi tersebut kemudian dapat menyebar. Debu berwarna dari abu-abu terang sampai hitam dan bervariasi dalam konsistensi dari grit sampai bubuk halus. Hujan debu dapat menghalangi sinar matahari, mengurangi visibilitas dan dapat menyebabkan keadaan gelap gulita di siang hari. Hal ini juga dapat menimbulkan guntur dan kilat yang terjadi karena adanya gesekan antara partikel halus di udara.

Debu vulkanik merupakan debu halus yang ukurannya kurang dari 10 mikron. halusnya, sehingga sangat mudah tertiup angin akan terbang bersama angin. Debu vulkanik merupakan material yang ringan yang mengandung silika. Silika jika dilihat dengan mikroskop, bentuknya sangat tajam gambar 4. memperlihatkan berbagai macam ukuran dari silika. kalau masuk ke paru tidak akan larut sehingga bisa menimbulkan penyakit silikosis. Jika debu vulkanik terkena mata maka bisa menimbulkan iritasi. Seperti diketahui debu vulkanik yang dikeluarkan oleh gunung berapi mengandung banyak unsur gas kimia, seperti hidrogen sulfida (H₂S), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), gas

ammoniak (NH_3), dan sulfur dioksida (SO_2). Unsur-unsur tersebut sangat toksik pada tubuh manusia pada umumnya.



gambar 1. Berbagai ukuran silika

PATOFISIOLOGI PADA PARU.

Partikel yang ada diudara akan kita hirup dan tubuh memiliki mekanisme sendiri untuk melawan partikel yang kita hirup. Partikel yang kita hirup akan di keluarkan atau mencoba melawan efek yang merugikan yang diakibatkan oleh partikel itu, termasuk disini partikel yang ditimbulkan oleh letusan gunung berapi berupa silika bebas. Silika bebas akan berinteraksi dengan paru. Paru terdiri 40 jenis sel masing- masing mempunyai tugas sendiri secara khusus. Sel epitel jalan napas akan mengeluarkan partikel yang masuk ke jalan napas, sedangkan fibroblast bertanggung jawab membuat kolagen. Kedua sel tersebut adalah target

sel mineralinduced penyakit sel dari sistem kekebalan tubuh yaitu makrofag yang akan melawan setiap partikel atau benda asing yang masuk kedalam paru.

Partikel yang masuk akan terperangkap oleh lendir yang dihasilkan oleh sel epitel yang ada di dinding jalan napas, dengan gerakan silia yang ada di dinding jalan napas partikel tersebut akan dikeluarkan sampai tenggorokan dengan mekanisme batuk atau ditelan. Partikel yang dapat menembus wilayah tersebut akan terespirasi dengan ukuran partikel kurang dari 4 μm . Partikel tersebut akan dilawan oleh makrofag secara fagositosis dalam upaya membersihkan paru.

Makrofag yang tidak mampu melawan partikel silika bebas, akan terjadi peradangan yang kronik dan terjadi abnormal produksi kolagen oleh fibroblast sehingga terjadi pembentukan nodul fibrosis dan akhirnya terjadi silikosis. Perubahan inti sel di paru bisa bereaksi dengan lipid sel menyebabkan peroksidasi lipid (oksidatif penurunan asam lemak tak jenuh ganda) menyebabkan generasi lebih lanjut radikal. Radikal juga dapat bereaksi langsung dengan DNA, menyebabkan kerusakan untai sebagai radikal mengekstrak elektron dari DNA . Kedua proses akhirnya dapat menghasilkan mutasi sel dan kanker

EFEK DEBU VULKANIK PADA KESEHATAN PARU

Dalam letusan partikel debu bisa berukuran sangat halus sehingga debu bisa masuk jauh ke dalam paru. Dengan pajanan yang tinggi, individu yang sehat akan mengalami rasa tidak nyaman di dada dengan peningkatan batuk dan iritasi. Gejala pernapasan akibat menghirup debu vulkanik tergantung pada faktor:

1. konsentrasi partikel tersuspensi di udara,
2. proporsi partikel yang terhirup
3. lama pajanan
4. kondisi meteorologi
5. faktor individu

METODE

Metode yang digunakan adalah review jurnal (tinjauan pustaka) dengan menggali data dan informasi yang dikumpulkan dari beberapa sumber. Sumber-sumber data informasi tersebut meliputi artikel dalam jurnal Internasional maupun Nasional, dan laporan hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut atlas *Tropische Van Nederland* lembar 21 (1938) terletak pada posisi geografi 7 derajat 32.5' Lintang Selatan dan 110 derajat 26.5' Bujur Timur. Dengan ketinggian 2914 m diatas permukaan air laut. Berada pada titik persilangan sesar transversal perbatasan DIY dan Jawa Tengah serta sesar Longitudinal lintas Jawa. Meletus lebih dari 37 kali, terbesar pada tahun 1972 yang menewaskan 3000 jiwa. Meletus pada tanggal 22 November 1994, dengan korban tewas lebih dari 50 orang. Pada 26 Oktober 2010 Gunung Merapi meletus, yang terletak di Kab. Magelang, Klaten dan Boyolali (Jateng) dan Sleman (DIY) pada tanggal 30 Oktober 2010 terjadi erupsi ke dua, tanggal 5 November 2010 terjadi erupsi lanjutan yang lebih besar daripada erupsi pertama dan ke dua dengan radius luncuran awan panas semakin jauh.tanggall 30 November 2010 dan 4 Januari 2011 terjadi bencana banjir lahar dingin.

Meletusnya Gunung Merapi, saat ini di Yogyakarta dan Magelang serta kota-kota yang berada di sekitar lereng Merapi mendapatkan dampak dari letusan berupa debu vulkanik. Untuk daerah yang terlalu dekat bahkan sampai menimbulkan hujan kerikil. lima dampak kesehatan akibat letusan Gunung Merapi:

1. Luka bakar dengan berbagai derajat keparahannya.
2. Cedera dan penyakit langsung akibat batu, kerikil, larva dan partikel letusan lainnya.
3. Paparan abu vulkanik yang mengandung sejumlah zat berbahaya seperti Sulfur Dioksida (SO₂), gas Hidrogen Sulfida (H₂S), Nitrogen Dioksida

(NO₂), serta debu dalam bentuk partikel debu (Total Suspended Particulate atau Particulate Matter).

4. Memperparah penyakit yang sudah lama diderita.
5. Kecelakaan lalu lintas akibat jalan berdebu atau licin, jatuh karena panik, serta makanan terkontaminasi.

EFEK AKUT PADA PERNAPASAN

Gejala pernapasan akut yang terjadi setelah letusan gunung berapi yang mengeluarkan Partikel debu halus akan mengiritasi saluran napas dan menyebabkan kesulitan bernapas terutama pada orang yang sudah memiliki masalah paru misalnya asma, bronkhitis. Ashfalls dkk, tidak melihat adanya hubungan yang signifikan peningkatan serangan asma dan terjadinya kematian setelah letusan gunung berapi. Individu yang telah mempunyai riwayat sakit asma sebelumnya sangat berisiko untuk terjadinya perburukan setelah hujan debu vulkanik.

ASMA

Debu vulkanik merupakan salah satu pencetus terjadinya serangan asma. Debu halus dapat menyebabkan lapisan saluran pernapasan menghasilkan lebih banyak sekresi yang dapat membuat orang batuk dan bernapas lebih berat. Penderita asma, khususnya anak-anak, dapat menderita serangan batuk dan sesak dada.

Beberapa orang yang tidak pernah menderita asma dapat mengalami gejala seperti asma setelah hujan debu, khususnya jika mereka yang terlalu lama melakukan kegiatan di luar ruangan. Namun, beberapa ahli menyatakan, abu vulkanik sebenarnya tidak memiliki pengaruh besar terhadap kesehatan masyarakat. Abu vulkanik yang berasal dari tempat yang jauh, memiliki efek minimal bagi kesehatan. Para ahli itu mengatakan, abu vulkanik tidak lebih berbahaya dibanding dengan asap rokok dan polusi. Disarankan untuk memakai masker jika hendak berpergian ke luar rumah.

BRONKHITIS

Debu vulkanik dapat menyebabkan penyakit bronkitis akut selama beberapa hari dengan gejala seperti batuk kering, produksi dahak berlebih, mengi dan sesak napas. Timbulnya penyakit bronkhitis tergantung dari kondisi kesehatan dari individu dan faktor lingkungan. data penyakit yang terjadi didaerah pengungsi gunung merapi Yogyakarta menempatkan infeksi saluran napas atas diurutan nomor satu, seperti terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Penyakit di Propinsi DIY dan Jawa tengah.

Penyakit	Persentase
ISPA	39,05
Diare	16,57
Kulit/gatal	8,88
Myalgia	7,69
Cepalgia	7,10
Luka	6,51
Gigi stomatitis	4,14
Conjungtivitis	3,55
Hypertensi	3,55
Gastritis	2,96

Sumber. The respiratory health hazard of volcanic ash

EFEK KRONIK PADA PERNAPASAN

Salah satu masalah kesehatan pascabencana letusan gunung berapi adalah penyakit pada saluran pernapasan. Tebaran debu vulkanik bisa menyebabkan iritasi, hipersensitivitas dan infeksi pada saluran pernapasan. Debu yang dapat mengancam kesehatan adalah yang mengandung silika. Debu vulkanik memang mengandung silika, meskipun terdapat pula pada batu granit, batu pasir, sebagian batubara dan biji logam. Dalam jangka panjang, seseorang yang terpapar debu silika bebas dapat menderita silikosis.^{11,12}

SILIKOSIS

Silikosis (*Silicosis*) adalah suatu penyakit saluran pernafasan akibat menghirup debu silika, yang menyebabkan peradangan dan pembentukan jaringan paru pada paru. Terdapat 3 jenis silikosis:

1. *Silikosis kronis simplek*, terjadi akibat pemaparan sejumlah kecil debu silika dalam jangka panjang (lebih dari 20 tahun).
Nodul-nodul peradangan kronis dan jaringan parut akibat silika terbentuk di paru-paru dan kelenjar getah bening dada.
2. *Silikosis akselerata*, terjadi setelah terpapar oleh sejumlah silika yang lebih banyak selama waktu yang lebih pendek (4-8 tahun).
Peradangan, pembentukan jaringan parut dan gejala-gejalanya terjadi lebih cepat.

Silikosis akut terjadi akibat pemaparan silikosis dalam jumlah yang sangat besar, dalam waktu yang lebih pendek. Paru-paru sangat meradang dan terisi oleh cairan, sehingga timbul sesak nafas yang hebat dan kadar oksigen darah yang rendah. Pada silikosis simplek dan akselerata bisa terjadi *fibrosif masif progresif*.

Fibrosis ini terjadi akibat pembentukan jaringan parut dan menyebabkan kerusakan pada struktur paru yang normal.

Biasanya gejala timbul setelah pemaparan selama 20-30 tahun. Tetapi pada peledakan pasir, pembuatan terowongan dan pembuatan alat pengampelas sabun, dimana kadar silika yang dihasilkan sangat tinggi, gejala dapat timbul dalam waktu kurang dari 10 tahun. Bila terhirup, serbuk silika masuk ke paru-paru dan sel pembersih (misalnya *makrofag*) akan mencernanya. Enzim yang dihasilkan oleh sel pembersih menyebabkan terbentuknya jaringan parut pada paru-paru. Pada awalnya, daerah parut ini hanya merupakan bungkahan bulat yang tipis (*silikosis noduler simplek*). Akhirnya, mereka bergabung menjadi massa yang besar (*silikosis konglomerata*). Daerah parut ini tidak dapat mengalirkan oksigen ke dalam darah secara normal. Paru menjadi kurang lentur dan penderita mengalami gangguan pernapasan.

Penderita silikosis noduler simpel tidak memiliki masalah pernapasan, tetapi mereka bisa menderita batuk berdahak karena saluran pernapasannya mengalami iritasi (*bronkitis*). Silikosis konglomerata bisa menyebabkan batuk berdahak dan sesak napas. Mula-mula sesak napas hanya terjadi pada saat melakukan aktivitas, tapi akhirnya sesak timbul bahkan pada saat beristirahat. Keluhan pernapasan bisa memburuk dalam waktu 2-5 tahun setelah penderita berhenti bekerja. Kerusakan di paru-paru bisa mengenai jantung dan menyebabkan gagal jantung yang bisa berakibat fatal. Jika terpapar oleh organisme penyebab tuberkulosis (*Mycobacterium tuberculosis*, penderita silikosis mempunyai resiko 3 kali lebih besar untuk menderita *tuberkulosis*, gambar 5. memperlihatkan hasil radiologi pada penderita yang terpapar silika bebas.



Gambar 2. Foto toraks penderita silikosis

PEMBAHASAN

PENCEGAHAN PAJANAN DEBU VULKANIK

Apa yang harus dilakukan untuk melindungi diri terhadap pengaruh debu vulkanik setelah terjadi letusan gunung berapi, ada beberapa dasar tindakan pencegahan :

1. Tutup jendela, pintu, dan perapian / tungku kayu dan meminimalkan penggunaan pemanas udara dan AC untuk mencegah abu dan gas di dalam rumah.
2. Gunakan masker N-95 di luar ruangan atau saat membersihkan debu dalam ruangan, jika masker N-95 tidak tersedia, gunakan masker biasa sebagai alternatif.
3. Pakailah kacamata di luar ruangan, atau saat membersihkan debu didapat dalam ruangan.
4. Menjaga kulit kita tertutup untuk menghindari iritasi dari kontak dengan debu
5. Hindari mengemudi.
6. Hindari minum air yang telah terdapat debu di dalamnya.

7. Basahi / percikan air sebelum bersih-bersih untuk menghindari berterbangannya partikulat.
8. Perhatikan peringatan, dan mematuhi instruksi dari otoritas lokal (misalnya dinas kesehatan setempat, pejabat akan menginformasikan kepada masyarakat kapan waktu yang aman untuk pergi luar, mengemudi, pengguna air minum, dll).
9. Mencari bantuan medis jika gangguan kesehatan.

Masalah Kesehatan anak, anak lebih rentan terhadap efek dari debu vulkanik. Orangtua harus waspada dan melakukan beberapa tindakan pencegahan meliputi:

1. Jauhkan anak-anak dari udara luar (masuk ke dalam ruangan)
2. Jika terpaksa pergi ke luar, anak-anak harus memakai masker.
3. Jangan biarkan bermain di tumpukan debu dan debu.
4. Jauhkan anak-anak dari bahaya efek tidak langsung seperti bahaya kecelakaan

UPAYA PENGURANGAN DAMPAK

Risiko negatif dari abu vulkanik yang sudah terdeposisi dapat diminimalkan dengan memanfaatkan abu tersebut menjadi bahan yang berguna. Pasir dan abu vulkanik yang mengandung silika dan besi merupakan pasir kualitas terbaik dapat dijadikan campuran bahan bangunan berupa bahan beton dan bata ringan. Demikian juga kandungan kimia dari abu vulkanik juga berguna untuk memperkaya unsur hara tanah sehingga dapat dijadikan pupuk. Manfaat lainnya adalah sebagai penjernih air. Pola silika pada abu vulkanik yang berujung runcing membuat kemampuan pasir menyerap partikel yang tidak diinginkan jauh lebih baik ketimbang pasir biasa. Peran pemerintah dalam mengenali tanda-tanda bencana perlu diperkuat agar dapat memberikan pengarahan kepada masyarakat dalam evakuasi. BNPB dan BPBD selaku lembaga yang berfungsi dalam perumusan dan penetapan kebijakan penanggulangan bencana dan penanganan pengungsi serta pengkoordinasian pelaksanaan kegiatan penanggulangan bencana diharapkan dapat bertindak secara cepat, tepat, efektif dan efisien dalam

meminimalisasi risiko bencana. Koordinasi dengan lembaga terkait terutama Dinas Kesehatan sangat diperlukan untuk mengurangi dampak kesehatan yang dialami masyarakat. Demikian juga, koordinasi dengan lembaga lainnya seperti Badan Lingkungan Hidup, Palang Merah Indonesia serta LSM diperlukan untuk penanganan dampak yang lebih lanjut.

KESIMPULAN

1. Debu vulkanik tersusun dari fragmen batuan halus, mineral dan kaca, debu yang keras, kasar, korosif dan tidak larut dalam air.
2. Debu vulkanik merupakan material yang ringan yang mengandung silika. jika dilihat dengan mikroskop, bentuknya sangat tajam. masuk ke dalam paru tidak akan larut sehingga bisa menimbulkan penyakit silikosis
3. Batas yang direkomendasikan bagi masyarakat untuk menghirup debu vulkanik dengan konsentrasi silika yang tidak lebih dari 50 mikrogram/m³.
4. Gejala pernapasan akibat menghirup debu vulkanik tergantung pada faktor-faktor seperti konsentrasi partikel tersuspensi di udara, proporsi partikel yang terhirup, lama pajanan, kondisi meteorologi, dan faktor individu.
5. Efek kesehatan yang terjadi pada pajanan debu vulkanik bisa secara akut seperti asma, bronchitis dan secara kronik yaitu silikosis.
6. Setiap orang harus menghindari pajanan dari debu vulkanik dengan memakai masker yang efektif saat berada di luar untuk mengurangi inhalasi partikel debu. Pasien dengan kondisi penyakit penyerta sebelumnya antara lain bronkitis kronis dan asma harus melakukan tindakan pencegahan lebih khusus untuk menghindari pajanan partikel debu.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama TY, Merapi, PIPKRA 2011
- Anih SS, Dampak Negatif Abu Vulkanik Terhadap Lingkungan dan Kesehatan: INFO Singkat Kesejahteraan Sosial. Vol. VI, No. 04/II/P3DI/2014
- Anna Hensell, Clive Oppenheimer, Health hazard from volcanic gases : A Systemic review literature, Archive of environmental health 2004;59:628-39
- Baxter P.J, Preventive health measures in volcanic eruptions, American journal of public health 1986;76:84-90
- Benton David, Health hazard of volcanic gases, Lancet 1990;1:1-2
- Claire JH, Peter JB, The respiratory health hazard of volcanic ash : A Review for volcanic risk mitigation, Bull volcanol 2005;10:1-24
- Hansel AL, Respiratory effects of volcanic emissions, Occup environ med 2003;60:529-30
- <http://volcanoes.usgs.gov/ash/health>
- Karlen Jackson, Mandsegar Richard, Jay C, Health effect associated with volcanic eruption, Bull Volcanol 2006;5:1-10.
- Sonia B, Bernstein R, Health effect of volcanoes : An approach to evaluating the health effects of an environmental hazard, AJP 1986;76:1-2
- The health hazards of volcanic ash, A Guide for the public, Academic press, Sydney; 2003
- Volcanic ash : Effect and mitigation strategies
- Volcanic Ash: Effects & Mitigation Strategies. USGS. Available at:
<http://volcanoes.usgs.gov/ash/health/index.html>
- Yano E, Maedo Kazuho, Health effect of volcanic ash : A repeat study, Journal environ 2003;45:45-6