

Bahaya gas vulkanik Gunung Salak, Jawa Barat

N. Euis Sutaningsih, Isa Nurnusanto, Sukarnen, dan Suryono

BPPTK, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi,
Jln. Cendana No. 15, Yogyakarta

SARI

Aktivitas Gunung Salak saat ini mengambil tempat di Kompleks Cikuluwung Putri yang terdiri dari Kawah Ratu, Kawah Hirup, dan Kawah Paeh. Aktivasinya yang menonjol adalah emisi gas vulkanik dengan komponen utama adalah : H_2O , CO_2 , SO_2 , H_2S , NH_3 , HCl , H_2 , N_2 , dan O_2+Ar . Dalam Juli 2007 sejumlah murid sekolah yang sedang berkemah meninggal dunia karena keracunan gas yang secara tiba-tiba meningkat konsentrasinya melampaui ambang batas normal. Berdasarkan penelitian ditemukan bahwa yang menjadi penyebabnya adalah terjadi penurunan kadar air dan kenaikan gas belerang dioksida serta gas karbon dioksida yang tinggi sehingga mencemari udara sekitarnya. Udara yang mengandung racun tersebut kemudian terhirup oleh peserta perkemahan. Karena kawasan ini merupakan area perkemahan, maka pemantauan kimia gas vulkanik mutlak dilakukan secara menerus untuk menghindari jatuhnya korban berikutnya.

Kata kunci: Cikuluwung Putri, gas vulkanik, keracunan gas, gas belerang dioksida, gas karbon dioksida

ABSTRACT

Mt. Salak activities are currently located at the Putri Cikuluwung Complex which consists of Ratu Crater, Hirup Crater, and Paeh Crater. The dominant activity is the emission of volcanic gases with the major components consisting of H_2O , CO_2 , SO_2 , H_2S , NH_3 , HCl , H_2 , N_2 , and $O_2 + Ar$. In July 2007 a group of school students who were camping died of gas poisoning in a sudden increase its concentration exceeded the normal threshold. Based on the research it is found that the cause is the decline of water levels and the increase in sulfur dioxide gas and carbon dioxide gas is so high that pollute the surrounding air. Air containing toxins are then inhaled by the participants of the camp. Cause this area is camp area, so the chemical monitoring of volcanic gases to be conducted continuously to prevent the next casualties.

Kata kunci : *Cikuluwung Putri, Volcanic gases, gas poisoning, Sulfur dioxide gas, carbon dioxide gas*

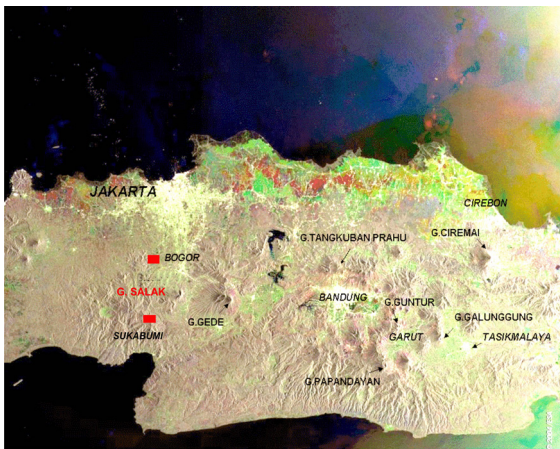
PENDAHULUAN

Gunung Salak adalah salah satu dari 7 gunung api vulkanik tipe A yang terdapat di Jawa Barat. Gunung api ini mempunyai beberapa puncak, di antaranya Puncak Salak I (2.211 m dpl.), Salak II (2.180 m dpl.), dan Puncak Salak III atau dikenal juga dengan Puncak Sumbul dengan ketinggian 1.926 m dpl. serta beberapa kompleks solfatar/fumara, salah satu kompleks yang besar adalah Cikuluwung Putri. Gunung Salak masuk dalam wilayah Kabupaten Sukabumi dan Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat, puncak tertinggi, yaitu Salak I, secara geografis berada pada $6^{\circ}43'$ Lintang Selatan dan $106^{\circ}44'$ Bujur Timur. (Kusdaryanto dan Wazil Efendi, 2000), (Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3).

Hasil penyelidikan geokimia khususnya gas vulkanik di Gunung Salak telah dipresentasikan pada kesempatan Kolokium Badan Ge-

ologi, 3 - 4 Pebruari 2010 di Bandung dengan judul “Penyelidikan Geokimia Gas Vulkanik Kawah Cikuluwung Putri, Gunung Salak”. Tulisan ini selain mengemukakan keberadaan gas vulkanik yang terdapat di Gunung Salak juga bertujuan menyampaikan potensi bahaya gas tersebut, khususnya yang terdapat di Komplek Kawah Cikuluwung Putri (Gambar 3 dan Gambar 4). Pada kondisi tertentu emisi gas vulkanik Gunung Salak melampaui ambang batas sehingga bersifat racun dan berbahaya bagi mahluk hidup, termasuk manusia.

Berdasarkan catatan sejarah, letusan Gunung Salak yang pertama dikenal mengambil tempat di Salak III yang berlangsung pada 1698/1699. Aktivitas berikutnya berupa letusan freatik (letusan gas) dari titik samping (*flank eruption*). Letusan yang terakhir terjadi berlangsung pada 1938 dari Komplek Cikuluwung Putri yang berupa letusan freatik. (Neumann Van Padang, 1951).



Gambar 1. Peta lokasi Gunung Salak yang terletak di antara Bogor dan Sukabumi, Jawa Barat.



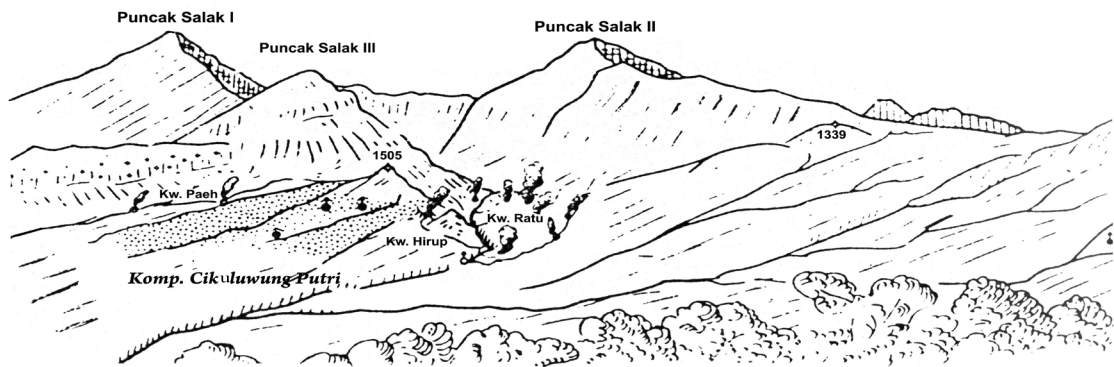
Gambar 2. Gunung Salak saat ini menjadi Balai Taman Nasional Halimun - Salak yang berfungsi sebagai sarana konservasi lingkungan, dan penelitian flora dan fauna. Foto : Koleksi PVMBG.

Komplek Kawah Cikuluwung Putri dapat dicapai dari 2 jalur pendakian, jalur pertama dari arah timur yaitu dari Cimelati, Cicurug atau dari Sukamantri, Ciapus, Bogor. Jalur lainnya dari Cidahu, Sukabumi.

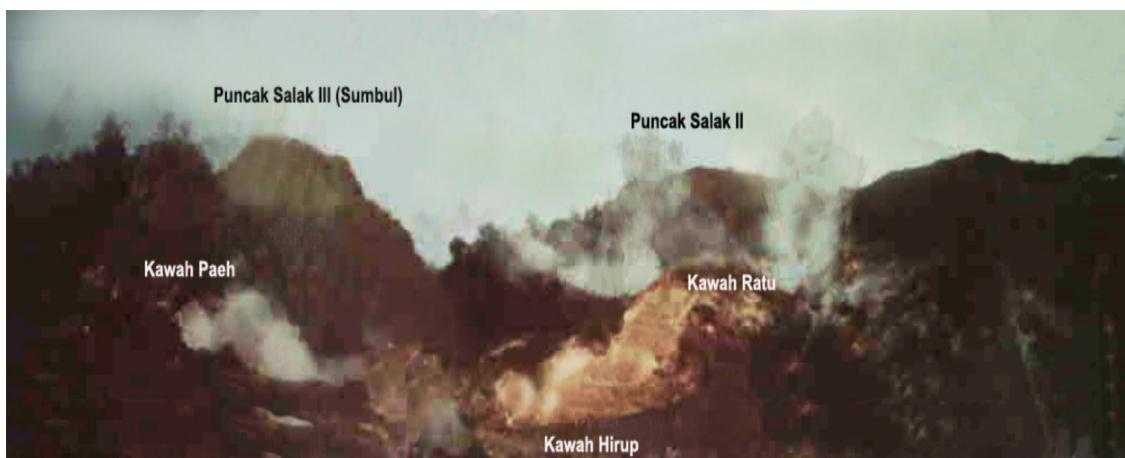
Latar Belakang

Kawasan Gunung Salak adalah salah satu tempat yang sering dikunjungi oleh para pecinta alam dan dijadikan sebagai area perke-

mahan dan tempat pendidikan bagi klub-klub pencinta alam. Selain itu kawasan ini menjadi salah satu tujuan wisata karena berbagai alasan, antara lain; terdapat Balai Taman Nasional Gunung Halimun Salak (TNGHS) yang mempunyai kegiatan utama berupa Wana Wisata dan sarana pendidikan konservasi lingkungan, tempat penyelidikan maupun penelitian berbagai bidang ilmu seperti flora dan fauna.



Gambar 3. Sketsa Gunung Salak dilihat dari sisi barat. Tampak Komplek Cikuluwung Putri yang berada di lembah antara Puncak Salak I dan Puncak Salak II. (Modifikasi dari Hartmann, 1951).



Gambar 4. Kompleks Kawah Cikuluwung Putri. Foto: A.R. Sumailani, 1982, Koleksi PVMBG.

Saat ini kegiatan vulkanik yang paling menonjol di kawasan Gunung Salak adalah di Komplek Cikuluwung Putri. Pada dasarnya kompleks ini berupa lapangan solfatara dan di beberapa titik terdapat bualan lumpur dan semburan air panas (*geyser*).

Sebagai gunung api yang hampir seluruh aktivitas letusannya berupa freatik, maka peran gas vulkanik sangat menonjol. Aktivitas vulkanik utama yang paling menonjol hingga saat ini berupa kepulan asap yang mengandung unsur gas gunung api. Komponen utama dari gas yang terdeteksi adalah H_2O , CO_2 , SO_2 , H_2S , NH_3 , HCl , H_2 , N_2 , dan O_2+Ar . dengan konsentrasi tergantung atau dipengaruhi oleh aktivitas vulkanik secara keseluruhan. Pada kondisi tertentu gas-gas ini sangat membahayakan lingkungan sekitarnya bahkan dapat menyebabkan kematian.

Pada 7 Juli 2007 murid-murid SMP 67 Jakarta melakukan kunjungan wisata ke Kawasan Gunung Salak, mereka berkemah di sekitar Cikuluwung Putri. Ketika itu tanpa mereka sadari terjadi peningkatan kegiatan dan kandungan gas di Kawasan Salak, khususnya sekitar Cikuluwung Putri meningkat kemudian mencemari udara sekitarnya. Peristiwa naas menimpa mereka, ketika mereka sedang berkemah, enam murid tiba-tiba kejang-kejang dan tidak tertolong hingga meninggal dunia dan empat lainnya dalam kondisi kritis. Mereka telah menghirup udara yang telah tercemar gas beracun.

Karena Kawasan Gunung Salak beralih fungsi menjadi Taman Nasional Gunung Halimun - Salak dan menjadi tujuan wisata gunung api

yang cukup potensial di Jawa Barat, maka pemantauan emisi gas vulkanik terutama di Komplek Cikuluwung Putri perlu, bahkan harus terus dilakukan. Konsentrasi gas sewaktu-waktu dapat meningkat tanpa dapat dideteksi sebelumnya.

Metodologi

Untuk mengetahui potensi bahaya gas vulkanik Gunung Salak, BPPTK, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi telah melakukan penyelidikan geokimia di Kawasan Gunung Salak, khususnya di Komplek Cikuluwung Putri. Metodologi yang digunakan yaitu studi literatur, pekerjaan lapangan dan laboratorium. Pekerjaan lapangan antara lain dilakukan pengamatan jenis manifestasi permukaan dan pengukuran gas vulkanik di udara dengan menggunakan detektor Gas Multiwarn II, melakukan pengukuran suhu, dan mengambil contoh gas di beberapa titik solfatara dengan metode *Giggenbach*. Contoh gas dinalisis secara kimia di laboratorium BPPTK, Yogyakarta dengan metode *khromatografi gas*, *gravimetri*, *titrimetri*, dan *spektrofotometri*.

Bahaya gas vulkanik Gunung Salak

Potensi bahaya gas vulkanik di Gunung Salak pada saat ini terutama terdapat di Komplek Cikuluwung Putri, sering disebut dengan Kawah Putri. Komplek ini terdiri dari Kawah Hirup, Kawah Paeh, dan Kawah Ratu dengan manifestasi permukaan berupa lapangan fumarola, solfatara, mata air panas (*geyser*), dan bualan lumpur panas. Suhu hasil pengukuran manifestasi permukaan di lokasi tersebut

bervariasi dari 70°C hingga 155°C. Emisi gas vulkanik yang terdapat di lapangan solfatara/fumarola terjadi secara terus menerus, baik pada saat kondisi aktif normal maupun pada saat meningkat.

Komponen utama dari gas gunung api adalah: H₂O, CO₂, SO₂, H₂S, HCl, dan H₂. Komposisi kimia gas vulkanik dapat menyediakan informasi kimia yang penting dari aktivitas yang terjadi pada suatu gunungapi, dan dapat dipakai untuk mengevaluasi lingkungan sekitarnya baik di lingkungan area vulkanik, geothermal maupun di tempat pemukiman penduduk atau di lokasi pariwisata. Komposisi gas vulkanik sangat bervariasi yang antara lain merupakan fungsi dari suhu, tekanan, dan keseimbangan antara fase padat, cair dan gas yang terjadi dalam sumbernya (kantong magma). Gas di dalam magma mempunyai viskositas yang sangat rendah dan ekspansinya yang besar menyebabkan gas bergerak ke atas jauh lebih cepat dibandingkan fase lainnya, sehingga gas vulkanik dapat digunakan sebagai salah satu parameter dalam pemantauan aktivitas suatu gunungapi.

Untuk mengetahui potensi bahaya gas vulkanik Gunung Salak pertama harus mengetahui sifat-sifat gas secara umum kemudian dihubungkan dengan jenis gas yang terdapat dalam solfatara dan yang dikeluarkan dari suatu gunungapi.

Gas vulkanik biasanya terdiri dari H₂O, CO₂, SO₂, H₂S, HCl, dan N₂ dengan konsentrasi yang semakin menurun. Adanya perubahan konsentrasi dari masing-masing gas sangat dipengaruhi oleh suhu dan tekanan atau

tingkat aktivitas vulkanik yang sedang terjadi. (Tazieff H. dan Sabroux, 1983).

Gas karbon dioksida (CO₂) adalah gas tidak berwarna, tak berbau, tak terbakar, tidak reaktif dan mempunyai berat jenis 1,53. Pada konsentrasi rendah tidak bersifat racun, tetapi konsentrasi antara 3 - 5 % mengaktifkan saluran pernafasan, dan sakit kepala. Pada konsentrasi antara 8 - 15 % menimbulkan sakit kepala, pening, muntah-muntah, bahkan dapat mengakibatkan meninggal bila korban tidak mendapat cukup oksigen. Konsentrasi yang lebih tinggi secara cepat menyebabkan koma dan kematian. Konsentrasi maksimum di udara yang diizinkan sebesar 5.000 ppm CO₂. Di udara normal konsentrasinya 0,03 %. Pada tanaman CO₂ dibutuhkan untuk fotosintesis (Tazieff H. dan Sabroux, 1983).

Gas belerang dioksida (SO₂) adalah gas tidak berwarna, bersifat asam, sangat mengiritasi alat penciuman, berat jenis 2,26, tidak mudah terbakar, tidak eksplosif, dan relatif stabil. Ambang batas penciuman 3 ppm. Sangat mengiritasi mata, tenggorokan dan saluran pernafasan, dapat menimbulkan pembengkakan celah suara, dan menyebabkan penyakit paru-paru kritis. Konsentrasi 20 ppm menyebabkan batuk dan iritasi pada mata. Konsentrasi maksimum yang diizinkan oleh ahli kesehatan 5 ppm. Terhadap tanaman sangat beracun, konsentrasi 0,3 ppm selama 8 jam menyebabkan kematian daun. Gas SO₂ di udara dengan adanya uap air segera bereaksi membentuk asam sulfat, pembentukan asam sulfat dikatalisir oleh adanya partikel padat yang terdapat dalam atmosfer (Tazieff H. dan Sabroux, 1983).

Gas hydrogen sulfida (H_2S) adalah gas tidak berwarna, berbau telur busuk, berat jenis 1,19, beracun, dapat terbakar dan dengan udara dapat membentuk campuran yang eksplosif. Pengaruhnya pada manusia dengan konsentrasi rendah mengiritasi mata dan saluran pernafasan. Apabila konsentrasi mencapai 150 ppm dapat menyebabkan kehilangan rasa penciuman, sedangkan konsentrasi 1000 ppm menimbulkan rasa sakit dan menyerang pusat pernafasan. Nilai konsentrasi maksimum yang diizinkan oleh ahli kesehatan sebesar 10 ppm, pada tanaman dalam tingkat konsentrasi 1 – 5 ppm menghambat respirasi dan fotosintesis.

Berdasarkan Surat Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Koperasi RI, Nomor Kep. 1026/Men/1976, menetapkan bahwa nilai ambang batas udara dalam tempat kerja untuk CO_2 adalah 5000 ppm (0,05 %vol), SO_2 sebesar 5 ppm, dan H_2S sebesar 20 ppm.

Hasil Penelitian

Secara morfologi Komplek Kawah Cikuluwung terletak pada ketinggian antara 1300 -1500 m dpl. di lereng barat-baratdaya Gunung Salak. Dalam komplek ini terdapat Kawah Ratu, Kawah Hirup, dan Kawah Paeh (Gambar 5) (Kusdaryanto dr., 2000) dan merupakan bagian dari Kawasan Taman Wisata Gunung Halimun-Salak. Manifestasi permukaan yang ditemui adalah lapangan solfatara, fumarola, mata air panas, dan bualan lumpur panas yang keluar dari celah bebatuan (Gambar 6).

Suhu solfatara Kawah Ratu antara 93°C sam-

pai dengan 155°C, Kawah Paeh antara 50 – 99 °C, dan Kawah Hirup antara 77°C sampai dengan 95°C.

Pengambilan contoh gas dilakukan untuk pertama kalinya pada Mei 2003. Kali kedua dilakukan pada Juli 2007, kemudian secara berurut-turut pada Mei 2009 dan Agustus 2009. Hasil analisis gas yang dilakukan di laboratorium disajikan dalam Tabel 1.

Kondisi udara di sekitar Komplek Kawah Cikuluwung Putri pada 13 Juli 2007 yang diukur dengan “*Drager Multiwarm II*” seperti yang tersaji dalam Tabel 2.

Pembahasan

Komposisi kimia gas di Komplek Cikuluwung Putri terdiri dari H_2O berkisar dari 78 – 96 % mol, diikuti oleh CO_2 , SO_2 , H_2S , dan lain-lain dengan konsentrasi yang semakin berkurang. Dari data-data hasil analisis terhadap beberapa contoh yang diambil pada lokasi yang berbeda pada waktu yang sama memberikan komposisi kimia yang relatif sama, kondisi ini menunjukkan bahwa gas solfatara di Kawah Ratu, Hirup dan Kawah Paeh berasal dari sumber yang sama.

Solfatara Komplek Cikuluwung Putri pada kondisi aktif normal mempunyai kandungan gas H_2O diatas 90 % mol, kemudian diikuti oleh CO_2 , SO_2 , H_2S dan lainnya. Pada Juli 2007, kandungan H_2O turun menjadi 78,31 % mol sedangkan konsentrasi SO_2 dan CO_2 naik masing-masing mencapai 12,28 % mol dan 9,30 % mol. Kadar H_2O dalam gas solfatara Cikuluwung Putri turun karena kelarutan



Gambar 5. Komplek Kawah Cikuluwung Putri dimana terdapat solfatara Kawah Hirup, Paeh dan Kawah Ratu. Foto: Karnaen, BPPTK, 2007.



Gambar 6. Mata air panas (*geyser*) yang mengalir dalam Sungai Cikuluwung. Foto: Suryono, BPPTK, 2007.

Tabel 1. Komposisi Kimia Gas Solfatara Cikuluwung Putri, Gunung Salak (% mol) pada titik tetap)

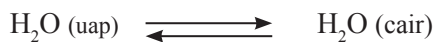
Unsur	Mei 2003	Juli 2007	Mei 2009	Agustus 2009
H ₂	0,04	0,004	0,06	0,07
O ₂ + Ar	0,00	0,005	0,023	0,005
N ₂	0,05	0,001	0,077	0,075
CH ₄	4,41E-04	0,00	0,00	0,19
CO ₂	3,21	9,30	4,397	8,03
SO ₂	0,00	12,28	0,09	0,88
H ₂ S	0,54	0,00	0,523	0,355
HCl	0,06	0,013	0,067	0,065
NH ₃	0,00	0,06	0,677	1,60
H ₂ O	96,09	78,31	94,083	88,735

Gambar 7. Bualan lumpur panas yang terdapat di Kawah Paeh.
Foto: Suryono, 2007, BPPTK.

Tabel 2. Konsentrasi Gas Vulkanik di Udara Sekitar Komplek Cikuluwung Putri, 13 Juli 2007 Menggunakan Detektor Gas Multiwarn II

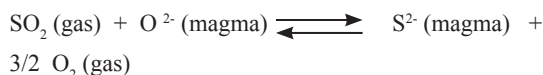
Unsur Gas (satuan)	Lokasi pengambilan contoh				
	Kw. Ratu	1 m di atas solfatara	1 m di atas aliran Kw. Ratu	1 m diatas aliran mendidih	Jalur Wanawisata Cangkuang – G. Bunder
CO ₂ (% Vol)	7,86	-	-	-	-
CH ₄ (ppm)	23	-	-	-	-
SO ₂ (ppm)	Over	Over	20	Over	Over
H ₂ S (ppm)	Over	38	3	Over	Over
CO (ppm)	220	0	0	0	0

H₂O dalam magma bertambah dengan naiknya tekanan, reaksi yang terjadi adalah :



Reaksi keseimbangan bergeser ke kanan akibatnya volume uap air dalam gas turun, sehingga kadar H₂O dalam gas turun.

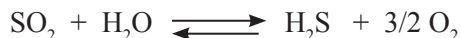
Pada Juli 2007 konsentrasi SO₂ melebihi kadar CO₂ dan tidak mengandung H₂S. Pelepasan senyawa volatil sulfur dalam gas gunung api dipengaruhi oleh reaksi-reaksi yang terjadi di dalam tubuh gunung api berupa suhu, tekanan, maupun keberadaan senyawa-senyawa gas lainnya. Dalam gas gunung api, belerang terdapat dalam bentuk SO₂, H₂S, maupun uap belerang (S) yang keberadaannya sangat dipengaruhi oleh suhu, fugasitas oksigen dan adanya unsur/senyawa lain yang dapat menjadi katalisator terjadinya reaksi. Reaksi SO₂ menjadi S adalah:



(Rau H., Kutty T.R.N. dan Guedes De Carvalho J.R.F., 1973).

Bertambahnya *fugasitas* oksigen dalam magma akan mendorong pelepasan SO₂. Dalam kondisi ini reaksi bergeser ke kiri yang disebabkan dengan naiknya *fugasitas* oksigen kelarutan belerang dalam magma berkurang sehingga S banyak terdapat sebagai SO₂ (Rau H., Kutty T.R.N. dan Guedes De Carvalho J.R.F., 1973). Rasio keseimbangan volatil sulfur dalam gelembung-gelembung gas (di dalam magma) diatur, baik oleh *fugasitas* oksigen maupun tekanan air. Kondisi tersebut

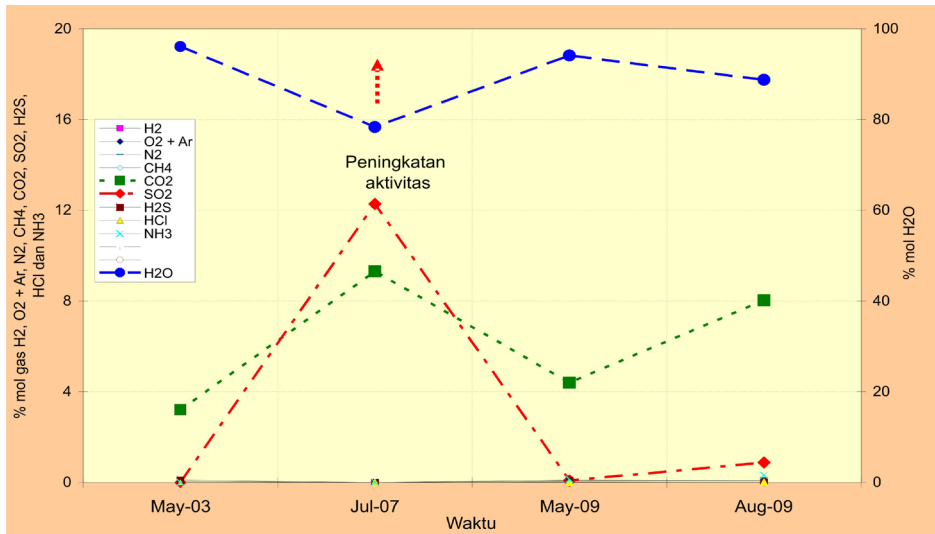
menurut reaksi :



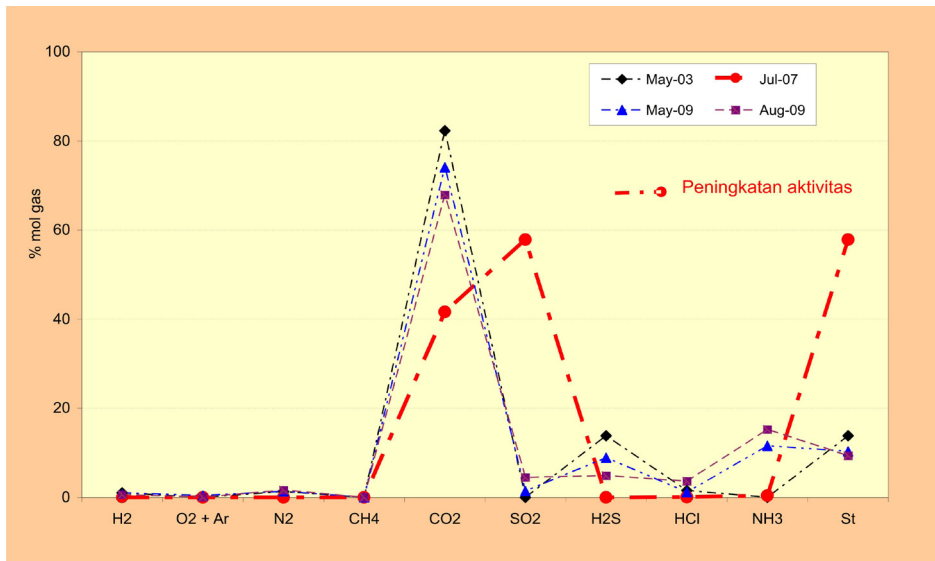
(Rau H., Kutty T.R.N. dan Guedes De Carvalho J.R.F., 1973).

Rasio SO₂/H₂S naik dengan turunnya tekanan air dan bertambah dengan fugasitas oksigen. Pengurangan tekanan di kedalaman akan menyebabkan keseimbangan bergerak ke arah kiri sehingga gas SO₂ dilepaskan.

Gas solfatara dari Cikuluwung Putri sebagian besar dilepaskan ke udara terbawa oleh angin dan penyebarannya sangat dipengaruhi oleh arah angin dan turbulensi udara. Dari pengukuran konsentrasi gas CO₂, SO₂, H₂S, CO, dan CH₄ dengan alat detector gas Drager Multiwarn yang dilakukan pada 13 Juli 2007 diperoleh hasil yang mencengangkan (Tabel 2). Konsentrasi gas vulkanik dalam udara sekitar solfatara sangat bervariasi, terutama SO₂ berada pada tingkat yang sangat membahayakan yaitu di atas 20 ppm (*over*). Konsentrasi SO₂ yang diperbolehkan terdapat dalam udara sebesar 2 ppm. Konsentrasi gas SO₂ yang mencapai nilai di atas ambang batas dalam udara terdapat di beberapa lokasi, antara lain sepanjang jalan Jalur Wanawisata Cangkuang – G. Bunder. Udara yang tercemar seperti inilah yang menyebabkan jatuhnya korban jiwa 6 orang murid yang sedang berlibur. Demikian pula dengan konsentrasi gas H₂S dalam udara pada beberapa lokasi juga mempunyai konsentrasi di atas 100 ppm (*over*). Hal ini juga berlaku untuk gas CO₂. Pada kondisi udara normal konsentrasinya hanya 0,03 % vol, tetapi pada 13 Juli 2007



Gambar 8. Grafik perubahan komposisi kimia gas total, Kawah Cikuluwung Putri, Gunung Salak dari tahun 2003 – 2009 (% mol).



Gambar 9. Grafik perubahan komposisi kimia gas kering, Kawah Cikuluwung Putri, Gunung Salak dari tahun 2003 – 2009 (% mol).

konsentrasi di Kawah Ratu mencapai 7,86 % vol. Tragedi 7 Juli 2007 di Komplek Kawah Cikuluwung Putri disebabkan oleh karena korban menghirup udara kawah yang sudah tercemar oleh gas vulkanik berupa gas CO₂, SO₂ maupun H₂S dengan konsentrasi yang melampaui ambang batas, jauh melebihi konsentrasi maksimum yang diperbolehkan untuk makhluk hidup sehingga menyebabkan kematian.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Peningkatan aktivitas Kawah Cikuluwung Putri, Gunung Salak ditunjukkan dengan adanya penurunan kadar air dan kenaikan gas belerang dioksida serta gas karbon dioksida yang tinggi.
2. Udara bebas di sekitar Kawah Cikuluwung Putri sangat dipengaruhi oleh komposisi dan konsentrasi gas sulfatara yang diemisikan dari Kawah Ratu, Kawah Hirup dan Kawah Paeh. Kondisi tersebut dapat berubah setiap saat tergantung emisi gas sulfatara dan kondisi cuaca di lokasi tersebut.
3. Pemantauan kimia gas vulkanik di Kawasan Gunung Salak, khususnya di Komplek Kawah Cikuluwung Putri perlu dilakukan secara menerus karena lokasi tersebut adalah bagian dari Taman Nasional Gunung Halimun-Salak yang ramai didatangi pengunjung.
4. Apabila terdeteksi gejala konsentrasi gas meningkat, sebaiknya lokasi perkemahan ditutup terutama pada malam hari karena kepekatan gas akan meningkat.

Ucapan terima kasih

Kami mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kepala Bidang Pengamatan dan Penyelidikan Gunung api, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, atas izin yang diberikan untuk menggunakan fasilitas yang ada di Pos Pengamatan Gunung Api (Pos PGA) Gunung Salak.
2. Para Pengamat Gunung Api, Gunung Salak yang telah membantu kami selama penelitian berlangsung baik di Pos PGA, maupun di lapangan.
3. Kepala Balai Taman Nasional Gunung Salak-Halimun beserta staf yang telah memberikan izin bekerja di dalam Kawasan TNGHS.
4. Semua pihak yang telah membantu sehingga tulisan ini dapat diterbitkan.

ACUAN

- Giggenbach, W.F., 1975, A Simple Method for Collecting and Analysis of Volcanic Gas Sample, Chemistry Division, Department of Scientific and Industrial Research, Wellington, New Zealand.
- Giggenbach, W.F., at al, 1996, Chemical Composition of Volcanic Gases, in Monitoring and Mitigation of Volcanic Hazards, Springer Verlag, Berlin Heidelberg.
- Giggenbach, W.F., at al, 2001, Evaluation of Results from The Fourth and Fifth IAVCEI Field Workshop on Volcanic Gases, Vulcano Island, Italy and Java, Indonesia, Journal of Volcanology and Geothermal Research 108 (2001), hal. 157-172.
- John Glyn Williams and Hazer Rymer, 2000, Hazards of Volcanic Gases, Encyclopedia of Volcanoes, Florida.
- Kusdaryanto dan Wazil Efendi, 2000, Pemetaan Geomorfologi Gunung Salak

M. Neumann Van Padang, 1951, Catalogue of the Active Volcanoes of the world, Including Solfatara Field, Part I Indonesia. International Volcanological Association, Via Tasso 199, Napoli, Italia, hal. 70 – 71.

Rau H., Kutty T.R.N. and Guedes De Carvalho J.R.F., 1973, "Thermodynamics of Sulfur Vapor",

J. Chem. Thermodynamics 5, h. 833-844.

Sukarnen, 2007, Laporan Penyelidikan Semburan Gas di Kawah Ratu, Gunung Salak, Jawa Barat, BPPTK, Yogyakarta

Tazieff H., Sabroux, J.C., 1983, Forecasting Volcanic Events, Chapter 29, Elsevier, Amsterdam-Oxford, New York, Tokyo.