

# LETUSAN FREATIK DIKUTI MUNCULNYA GAS BERACUN DAN KAJIAN ISOTOP AIR PANAS BUMI DI KAWAH SILERI UNTUK MENGETAHUI TANDA AWAL BAHAYA LETUSAN FREATIK DI KOMPLEK GUNUNGAPI DIENG JAWA TENGAH

Oleh : Yulius Marzani

Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta  
Jl. Babarsari, Catur Tunggal, Depok , Sleman Yogyakarta

## **abstrak**

*Letusan kawah Sileri di Komplek Gunung api Dieng Jawa Tengah yang sering muncul dikategorikan letusan freatik dimana letusan dengan komposisi air, lumpur dan munculnya gas beracun, letusan dapat terjadi akibat gempa, sesar aktif dan gerakan magma ke permukaan. Tujuan kajian ini mengetahui apakah air permukaan kawah Sileri saat ini berasal dari magma atau bukan ditinjau dari isotopnya.*

*Metode penelitian yang digunakan berupa pengambilan sampel air dengan metode Giggenbach dan isotop deuterium analyzer. Hasil rata-rata D( 18 16) kode sampel A1= -8.1; A2 = -8.2; B1= -8.2; B2= -8.1; C1= -8.0 dan C2= -7.8. untuk rata-rata D(DH) kode sampel A1= -56.9; A2= - 56.8; B1= -56.8; B2= - 56.6; C1= -55.8 dan C2 = -55.1*

*Hasil kajian menunjukkan bahwa dari empat sampel air kawah Sileri setelah dianalisis isotopnya diplotkan pada grafik standar.*

*Melihat hasil dari kajian ini dengan melihat grafik delta deuterium vs delta oxygen menunjukkan bahwa isotop air kawah Sileri berada satu garis dengan air meteorik maka dapat disimpulkan bahwa air dari kawah Sileri bukan berasal dari magma.*

*Kata kunci : Magma , Letusan Freatik, dan Deuterium air*

## **1. Pendahuluan**

Gunungapi Dieng merupakan salah satu gunungapi aktif di Jawa Tengah, akibat kegiatan masa lampau menghasilkan kesuburan dan morfologi yang menarik bagi wisatawan dan memiliki potensi panasbumi mencapai 550 MW. Dengan adanya pariwisata dan eksplorasi pengembangan panasbumi akan menambah tingkat bahaya gunungapi Dieng. Dalam sejarah kegiatan yang diketahui sampai saat ini belum pernah terjadi letusan magmatik. Bahaya utama dari kegiatan gunung Dieng adalah gas beracun yang dapat keluar setiap saat bersama-sama dengan letusan atau adanya gempa bumi.

Gunungapi Dieng atau Gunung Perahu dengan ketinggian 2565 m merupakan gunungapi Kuarter bertipe strato dengan lapangan solfatara dan fumarola. Karakteristik letusan didominasi oleh letusan preatik dan gas utamanya adalah CO<sub>2</sub>. Erupsi preatik sering terjadi di dataran tinggi Dieng diperlihatkan oleh banyaknya kawah; di bagian timur dan tengah ada ± 70 buah, di bagian barat sektor Batur ± 30 buah. Letusan gas beracun di Komplek Gunungapi Dieng terdiri dari CO<sub>2</sub>

dan H<sub>2</sub>S dari kawah-kawah aktif (Clelland, dkk., 1989).

Sedikitnya telah terjadi 10 erupsi selama 200 tahun. Erupsi preatik kompleks Gunungapi Dieng dibagi dalam dua kategori : Erupsi kategori yang pertama tanpa didahului tanda-tanda (precursor) dari seismisitas. Erupsi kategori kedua yang diawali dengan adanya gempa bumi lokal atau regional atau oleh adanya retakan dimana tidak adanya indikasi panasbumi di permukaan. Erupsi tipe ini umumnya terjadi pada graben Batur. Letusan yang terjadi tahun 1979 merupakan letusan yang terbesar ditinjau dari jumlah korban, sebanyak 149 orang meninggal dunia (Allard, dkk., 1988 dan Sudradjat., 1992). Gas CO<sub>2</sub> dalam komposisi kecil tidak mematikan, tetapi yang terjadi di Komplek Gunungapi Dieng komposisinya sangat besar mencapai 90 – 99 % sehingga memakan banyak korban meninggal. Selain gas CO<sub>2</sub> erupsi gas yang membahayakan adalah H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, HCl, H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, Ar, N<sub>2</sub>, CO dan CH<sub>4</sub>.

Gas-gas magmatik mengandung unsur-unsur seperti H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, HF, HBr, SO<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub>. Bila unsur-unsur tersebut berinteraksi dengan air,

maka unsur-unsur seperti chlorida, sulfat, natrium, kalium, magnesium, boron dan lain-lain akan terkandung dalam jumlah yang relatif tinggi. Unsur-unsur yang merupakan produk langsung dari magma seperti SO<sub>2</sub> pada perjalanannya ke permukaan dan kontak dengan air akan berubah menjadi SO<sub>3</sub>, kemudian menjadi SO<sub>4</sub>. Demikian juga dengan gas CO<sub>2</sub>, akan mengalami reaksi oksidasi pada suasana pH yang rendah membentuk HCO<sub>3</sub> di dalam air. Cl sebagai gas yang dihasilkan dari degassing magma berupa HCl. Kelarutan CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, sulfat dan HCl di dalam air menyebabkan air bersifat asam (Sriwana., 1988)

## 2. Metode Pengumpulan Data

Data sekunder diperoleh dengan analisa studi pustaka sedang data primer di hasilkan dari analisa sampel di laboratorium dengan melakukan preparasi pengambilan sampel dengan

menyiapkan alat-alat sampling dan reagen, kemudian melakukan sampling di lapangan berupa pengambilan sampel air dengan metode Gigenbach dan pengukuran isotop deutorium dengan isotop analyzer. Hasil rata-rata D( 18 16) kode sampel A1= -8.1; kode A2 = -8.2; kode B1= -8.2; kode B2= -8.1; kode C1= -8.0 dan kode C2= -7.8. untuk rata-rata D(DH) kode sampel A1= -56.9; kode A2= -56.8; kode B1= -56.8; kode B2= -56.6; kode C1= -55.8 dan kode C2 = -55.1

## 3. Analisis Data

Anlisis data dengan cara interprestasi dari hasil analisa dengan membandingkan dengan grafik Meteoric Trand Line.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil

Dari studi pustaka dapat ditunjukkan bahwa sejarah terjadinya letusan phreatik di kompleks gunungapi Dieng selama lebih satu abad (Tabel 1).

Tabel 1. Letusan phreatik di kompleks gunungapi Dieng selama lebih satu abad (Allard., dkk, 1988).

Tahun	Lokasi Letusan	Fenomena letusan	Tanda/Pendahuluan	Akibat Letusan (meninggal dunia)
1786	Candradimuka	<i>a,b,c,d</i>	<i>g</i>	-
1826	Pakuwaja	<i>a,b,c,d</i>	?	-
1928 (05/13)	Timbang	<i>a,b,c,d,e,f</i>	<i>g,h</i>	-
1939 (10/13)	Timbang	<i>a,b,c,d,e,f</i>	<i>g,h</i>	-
1944 (12/04)	Sileri	<i>a,b,c,d</i>	<i>h</i>	59
1945 (04/12)	Candradimuka	<i>a,b</i>	<i>no</i>	-
1956 (12/13)	Sileri	<i>a,b,c</i>	<i>no</i>	-
1964 (12/13)	Sileri	<i>a,b,c,d</i>	<i>no</i>	-
1979 (02/20)	Timbang	<i>a,b,c,d,e,f</i>	<i>g,h</i>	149

Keterangan :

*a* : gas phume; *b* : block projection; *c* : ash falls; *d* : crater formation ; *e* : mudflows  
*f* : CO<sub>2</sub> outflows; *g* : felt seismicity; *h* : fissure opening

Analisis kimia gas dengan menggunakan gas chromatografi dan air dengan grafimetri dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi kimia gas fumarola kompleks Gunungapi Dieng pada tanggal 14 dan 19 Juli 1979 (Allard., dkk, 1988).

SIGLUDUK (30°C dalam % vol)										
Kode	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Ar	CO	He (ppm)
G88	0	97,5	0,77	0,01	0,06	0,27	0,39	0,014	-	6,6
92(1)	0	98,1	0,80	0,03	0,18	0,71	0,17	0,009	11	6,9
12(1)	0	98,2	0,75	0,03	0,19	0,69	0,16	0,008	8	6,8
M3(2)	0	88,2	0,61	< 0,01	< 0,01	8,35	2,17	0,096	9	5,4
M22(2)	0	90,7	0,59	< 0,01	< 0,01	6,91	1,71	0,084	41	6,3
PAKUWAJA (95°C dalam % vol)										
Kode	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Ar	CO	He (ppm)
M1	98,2	82,2	1,46	1,08	< 0,01	12,46	2,71	0,120	37	5,8
98(2)	98,0	86,1	1,19	1,45	< 0,01	8,50	1,92	0,080	-	5,4
64(2)	98,0	83,7	1,28	1,02	< 0,01	11,02	2,91	0,105	64	6,5
PAGERKANDANG (74°C dalam % vol)										
Kode	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Ar	CO	He (ppm)
M2(2)	74,0	15,3	0,08	0,014	< 0,01	66,6	17,2	0,80	-	4,8
SIKIDANG ( dalam % vol)										
Kode	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S	SO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Ar	CO	He (ppm)
M11(2)	97,3	94,9	1,05	1,79	< 0,01	1,82	0,37	0,030	76	6,6

Tabel 3. Komposisi isotop karbon dan sulfur gas Dieng (Allard., dkk, 1988).

SIGLUDUG				
Kode sampel	$\delta^{13}\text{C}(\text{CO}_2)$ ‰	$\delta^{13}\text{C}(\text{CH}_4)$ ‰	T <sup>0</sup> C Isotopic Eq	$\delta^{34}\text{S}$ ‰
92	-4,4	-29,3	293	+ 3,6
12	-4,1	-28,4	301	+ 3,2
M3	-4,2	-28,8	297	-
M22	-3,8	-28,9	290	-
PAKUWAJA				

Kode sampel	$\delta^{13}\text{C}(\text{CO}_2)$ ‰	$\delta^{13}\text{C}(\text{CH}_4)$ ‰	T <sup>0</sup> C Isotopic Eq	$\delta^{34}\text{S}$ ‰
M1	-7,7	-36,2	248	-
64	-8,4	-35,6	263	+ 2,4
PAGERKANDANG				
Kode sampel	$\delta^{13}\text{C}(\text{CO}_2)$ ‰	$\delta^{13}\text{C}(\text{CH}_4)$ ‰	T <sup>0</sup> C Isotopic Eq	$\delta^{34}\text{S}$ ‰
M2	-6,0	-	-	-
SIKIDANG				
Kode sampel	$\delta^{13}\text{C}(\text{CO}_2)$ ‰	$\delta^{13}\text{C}(\text{CH}_4)$ ‰	T <sup>0</sup> C Isotopic Eq	$\delta^{34}\text{S}$ ‰
M11	-4,6	-26,3	341	+2,1

Tabel 4. Perbandingan kandungan gas gunungapi di beberapa lokasi (Allard., dkk, 1988).

Gas (vol)	Dieng	Nyos Lake	Monoun Lake	Gambier	Unkirek
CO <sub>2</sub>	98,2	98,3	96,7	98,7	98,4
CH <sub>4</sub>	0,75	0,29	2,19	0,90	0,04
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-	-	< 0,01	0,011	< 0,05
N <sub>2</sub>	-0,69	0,089	0,55	0,39	0,54
O <sub>2</sub>	0,16	0,029	0,28	0,005	0,02
Ar	0,008	0,0015	0,01	0,005	0,02
H <sub>2</sub> S	0,03	< 0,00002	< 0,02	0,001	-
SO <sub>2</sub>	0,19	-	-	-	-
He	0,00068	0,0005	<0,005	0,008	<0,02
CO	0,0008	<0,00005	<0,02	<0,001	<0,02
H <sub>2</sub>	0,0024	<0,00001	<0,005	0,0003	<0,02
He/CO <sub>2</sub> (10 <sup>-6</sup> )	6,9	5,1	-	81,0	-
$\delta^{13}\text{C}\text{CO}_2$	-4,1	-3,3	7,2	-4,3	-6,4
$\delta^{13}\text{C}\text{CH}_4$	-28,4	48,3	-54,8	-40,6	-

### 3.1. Hasil Analisis laboratorium.

Tabel 5. Hasil analisis air

Data Lapangan sampling tgl 15 September 2015	
Temperatur Udara	26,5
Temperatur air	71,8

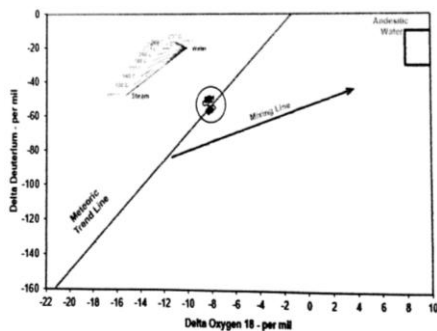
pH Lapangan	7
DHL (μS)	0,74
TDS (ppm)	495
Salinitas	0,04
Data Analisis Laboratorium	

Kode Lab	252/A/2015
SiO2	87,91
Al	ttd
Fe	ttd
Ca	72,7
Mg	19,97
Na	42,6
K	19,92
Li	0,049
Mn	0,578
Cl	23
HCO3	337,52
pH	6,7
DHL	0,73
TDS (ppm)	479
Salinitas (%)	0,04

Tabel 6. Hasil Analisa isotop

Hasil Analisis Isotop		
Kode sample	D(18 16) Mean	D(D H)Mean
Sileri A1	-8.1	-56.9
Sileri A2	-8.2	-56.8
Sileri B1	-8.2	-56.8
Sileri B2	-8.1	-56.2
Sileri C1	-8.0	55.8
Sileri C2	-7.8	-55.1

Sumber : Workshop Geokimia BPPTKG 2015



Gambar 1. Grafik standar air meteoric.

### 3.2. Pembahasan

Untuk mengetahui kapan terjadinya bahaya letusan gas beracun yang akan terjadi sangat sulit diprediksi.

Gas-gas beracun yang dihasilkan oleh aktivitas gunungapi adalah; SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, HCl, HF, CO<sub>2</sub>, COS, dan lain-lain. Gas CO<sub>2</sub> sangat berbahaya karena jika terjadi letusan jumlahnya sangat besar sehingga mengakibatkan manusia seketika mati lemas. Dalam keadaan normal gunungapi mengeluarkan gas CO<sub>2</sub> sedikit oleh sebab itu tidak berpengaruh terhadap atmosfer, tetapi akan berpengaruh ketika terjadi letusan. Kondisi kritis gas CO<sub>2</sub> pada temperatur rendah didasar kawah atau danau yang beraktivitas fumarol akan terjadi akumulasi gas CO<sub>2</sub>.

Komplek gunungapi di Jawa Tengah manifestasi letusannya adalah fhreatik, seperti yang terjadi pada erupsi tanggal 20 Februari 1979 yang menewaskan 149 orang akibat menghirup gas CO<sub>2</sub> (Sudradjat Adjat, 1992; dan Allard, . dkk, 1988).

Berdasarkan analisis kimia dan analisis isotop dari conto yang diambil dari dekat aktivitas fumarola gunungapi Dieng, gas CO<sub>2</sub> diperkirakan terakumulasi dibawah permukaan yang berasal dari CO<sub>2</sub> magmatik kemudian diemisikan ke udara bersamaan letusan tahun 1979. Gas CO<sub>2</sub> pada saat letusan 1979 mencapai rata-rata lebih dari 98 % volum pada daerah Sigluduk, Pagerkandang dan Sikidang.

Dari hasil analisa ratio <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C dan He/CO<sub>2</sub> erupsi gas CO<sub>2</sub> yang terjadi di Dieng pada tahun 1979 diduga juga terjadi di danau Nyos pada tahun 1986 (Tabel 3).

Dengan menggunakan isotop karbon <sup>14</sup>C diperkirakan umur batuan magmatik paling muda seperti di Pakuwaja adalah berkisar 2000 tahun yang lalu ( Allard, . dkk, 1988).

Beberapa abad yang lalu letusan Dieng didominasi oleh letusan fhreatik, berasosiasi dengan kolam lumpur dan mata air panas. Aktivitas thermal diperlihatkan oleh sumber panas dangkal berasal dari

erupsi yang diakibatkan oleh aktivitas patahan.

Dari melihat hasil kajian sampel kawah sileri dengan interpretasi bahwa air dipermukaan kawah sampai saat ini masih didominasi air meteoric.

#### 4. Kesimpulan

Letusan phreatik yang diikuti oleh munculnya gas beracun yang terjadi di kompleks gunungapi Dieng dikarenakan oleh manifestasi sistem hydrothermal.

Isotop kimia merupakan sesuatu yang berguna seperti  $\delta^{13}\text{C}$  sangat teliti untuk mengetahui keberadaan gas  $\text{CO}_2$  (sampai permil), rasio He/ $\text{CO}_2$  sangat sesuai dengan Dieng, isotop Dieng hampir sama dengan isotop magma basal Mt Gambier di Australia Selatan.

Tingginya isotop dari Dieng, Nyos dan Mt Gambier dapat menggambarkan perbedaan salah satu isotop karbon dalam mantel yang telah terkontaminasi oleh kerak karbon. Alternatif yang dapat diterima adalah bahwa perbedaan sedikit antara isotop gas  $\text{CO}_2$  Sigludug dan Nyos secara tidak langsung dapat dipakai untuk menyatakan tinggi-rendahnya derajat/kedalam magma yang berada di bawah Dieng.

Deuterium air panasbumi dapat diukur dan dapat digunakan sebagai prediksi awal gerakan magma mendekati permukaan. Dari gambar 1. Menunjukkan bahwa air panas bumi di Kawah Sileri pada saat pengambilan sampel didominasi air meteoric. Jadi dapat disimpulkan bahwa gejala gerakan magma kepermukaan belum terjadi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anomim., 2015 Workshop Geokimia BPPTKG Yogyakarta.
- Alard, P., Dajlevic, D. and Dalarue, C., 1988, Origin of carbon diokside emanation from the 1979 Dieng eruption, Indonesia; implication for the origin of the 1986 Nyos Catastrophe. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol 39.
- Clelland, dkk., 1989, *Global Volcanism 1975-1985*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Kling, dkk., 1989, The evolution of the thermal structure and water chemistry in lake Nyos, *Journal Volcanology and Geothermal Research*, Vol 39.
- Sriwana, T., 1998. *Volcanogenic Pollution Element Accumulation and Dipersal around Patuha Volcano and Ciwidey River*, West Java, Indonesia, Ph.D. Thesis, Faculty of Earth Sciences Utrecht University.
- Sudradjat, A. 1992, *Seputar Gunungapi dan Gempabumi*, Ilham Jaya, Bandung.