

GEOKIMIA FLUIDA PANASBUMI PERMUKAAN DATARAN TINGGI DIENG, JAWA TENGAH

SURFACE GEOTHERMAL CHARACTERISTIC IN DIENG PLATEAU, CENTRAL JAVA

Nurohman H., Indarto S., Bakti H.

Pusat Penelitian Geoteknologi, LIPI

heri.nurohman@yahoo.com

Kata kunci: Geokimia, Air panas, Dieng

ABSTRAK

Dataran tinggi Dieng memiliki potensi panasbumi yang ditunjukkan dengan kemunculan mata air panas dan beberapa manifestasi lain di sekitarnya. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan delapan sampel air panas dari mata air panas untuk diuji komposisi kimia dan dianalisis geokimia fluidanya. Berdasarkan hasil analisis tersebut, terdapat 3 (tiga) klasifikasi tipe air panas, antara lain air klorida, air klorida-bikarbonat dan air bikarbonat. Berdasarkan hasil perbandingan dengan penelitian terdahulu, terdapat tiga mata air panas yang mengalami perubahan karakter, yaitu Kawah Sikidang (air sulfat menjadi air klorida), Pulosari (air klorida-sulfat menjadi air klorida), dan Sleri (air bikarbonat menjadi air klorida). Perubahan tersebut dipengaruhi oleh proses pendidihan (penyerapan uap dengan rasio B/Cl rendah) dan pencampuran dengan fluida lain.

ABSTRACT

Dieng Plateau has a geothermal prospect that is shown by hot spring and other surface manifestation appear. In this research, 8 hot water samples are put from hot spring for chemistry composition tests and fluids geochemistry analysis. Based on the result of the analysis, there are three types of hot water. Those are chloride water, chloride-bicarbonate water, and bicarbonate water. After comparing with earlier research, there are three hot springs type change; Sikidang (sulfate water to chloride water), Pulosari (chloride-sulfate water to chloride water), and Sleri (bicarbonate water to chloride water). The change of hot water types was influenced by boiling process (Low B/Cl steam absorption) and other fluid mixing (Sleri).

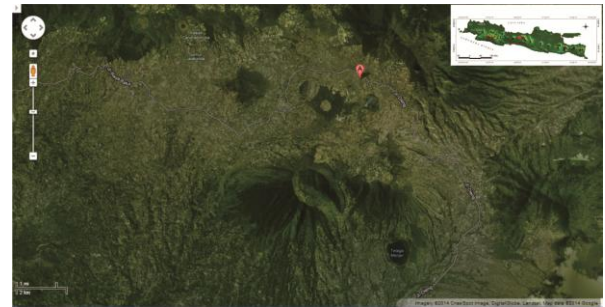
PENDAHULUAN

Dataran tinggi Dieng yang secara administratif berada di Kabupaten Banjarnegara dan sebagian di Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah memiliki potensi panasbumi yang telah dimanfaatkan untuk pembangkit listrik. Potensi tersebut ditunjukkan oleh adanya mata air panas dan beberapa manifestasi panasbumi permukaan yang lain. Mata air panas yang muncul ke permukaan dapat memberikan informasi kondisi sistem panasbumi dengan analisis geokimia seperti yang dilakukan pada penelitian ini. Penelitian bertujuan untuk mengetahui karakteristik fluida panasbumi dan proses-proses yang berlangsung selama migrasi ke permukaan. Penelitian serupa telah dilakukan oleh Ramadhan et al (2009) yang dijadikan sebagai acuan.

LOKASI PENELITIAN

Secara administratif lokasi penelitian berada di Dataran Tinggi Dieng yang sebagian besar merupakan bagian dari Kabupaten Banjarnegara (barat) dan Kabupaten Wonosobo (timur). Dataran Tinggi Dieng berada di bagian tengah provinsi Jawa Tengah yang merupakan satu kelurahan

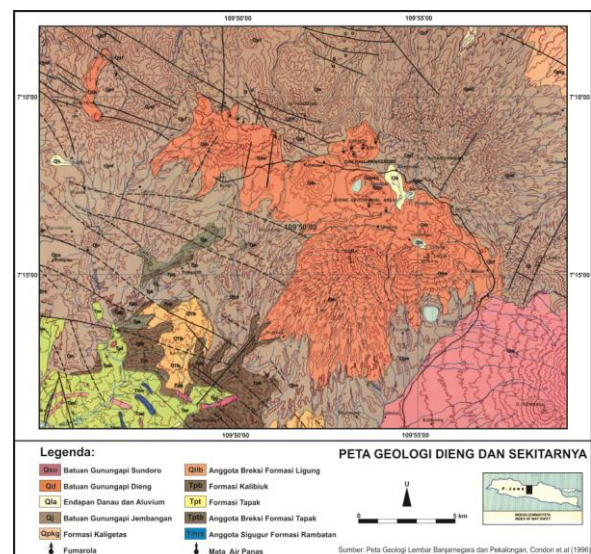
dengan Gunung Sindoro dan Gunung Sumbing ke arah tenggara. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (maps.google.com)

KONDISI GEOLOGI

Kondisi geologi Dieng menurut Condon et al (1996) didominasi oleh batuan gunung api Dieng (Qd) dengan komposisi lava andesit dan andesit kuarsa serta batuan klastika gunung api. Kandungan silika batuan berkurang dari muda ke tua (Qdo: bagian bawah, Qdm: bagian tengah, Qdy: bagian atas). Di bagian barat satuan ini terdapat kelurusan yang diindikasikan sebagai sesar dengan arah baratdaya utara. Condon juga menyebutkan adanya sumberdaya daya panasbumi di Pegunungan Dieng yang telah diusahakan sebagai pembangkit tenaga listrik. Peta geologi Dieng dan sekitarnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta geologi Dieng dan sekitarnya (Condon et al, 1996)

METODE

Penelitian dilakukan dengan pengambilan sampel pada 8 (delapan) mata air panas Dieng, Jawa Tengah. Sampel tersebut dianalisis untuk mengetahui pH, DHL dan

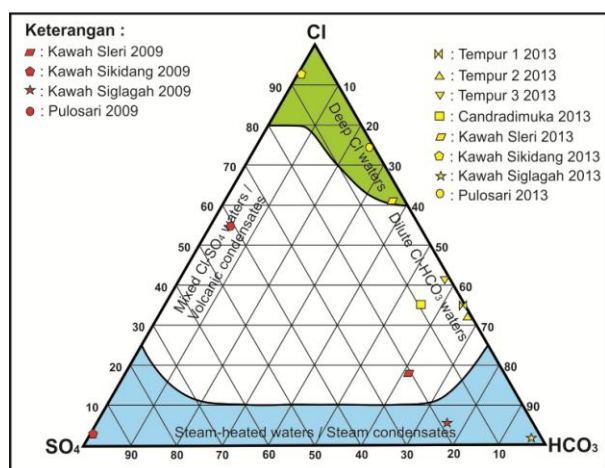
konsentrasi beberapa unsur maupun senyawa seperti SiO_2 , Al, K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, HCO_3 , SO_4 , NH_3 , H_2S , Cl, B, As, Hg, Li. Konsentrasi unsur-unsur tersebut digunakan untuk dasar analisis geokimia air panas yang bertujuan untuk mengetahui tipe air (diagram $\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$), asal air (diagram Cl-Li-B dan diagram Na-K-Mg). Selanjutnya dilakukan perbandingan dengan hasil penelitian sebelumnya (Ramadhan, 2009) untuk mengidentifikasi perubahan karakter kimia fluida panasbumi.

HASIL DAN PEMBAHASAN KOMPOSISI KIMIA AIR PANAS

Komposisi kimia air panas diuji pada 8 mata air panas Dieng, antara lain Tempur 1, Tempur 2, Tempur 3, Candradimuka, Kawah Sikidang, Pulosari, Kawah Siglagah, dan Kawah Sleri. Unsur atau senyawa kimia yang perlu diketahui konsentrasinya antara lain SiO_2 , Al, K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, HCO_3 , SO_4 , NH_3 , H_2S , Cl, B, As, Hg, Li, yang tercantum dalam Tabel 1. Unsur atau senyawa kimia pada mata air panas Sleri, Sikidang, Siglagah, dan Pulosari dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Ramadhan et al (2009). Perbedaan mendasar ditemukan terdapat pada mata air panas Sleri, Sikidang, dan Pulosari (Tabel 2).

KARAKTERISTIK KIMIA AIR PANAS

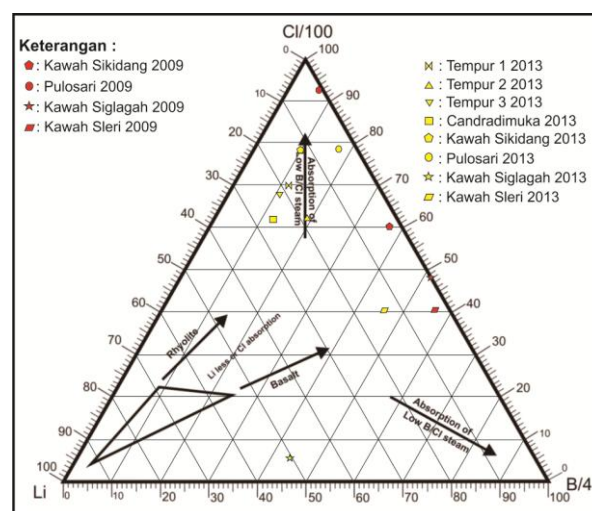
Mata air panas di Dieng terbagi menjadi beberapa tipe yang ditentukan dengan membandingkan konsentrasi Cl, SO_4 , dan HCO_3 pada diagram segitiga $\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$ (Giggenbach, 1988). Berdasarkan konsentrasi ketiga unsur/senyawa tersebut, mata air panas terbagi menjadi tiga zona. Kawah Sikidang, Pulosari, dan Kawah Sleri berada pada zona *deep Cl waters*. Mata air panas pada zona ini termasuk tipe air klorida. Kawah Candradimuka, Tempur 1, Tempur 2, dan Tempur 3 berada pada zona *dilute Cl-HCO₃ waters*. Mata air panas pada zona ini termasuk tipe air klorida-bikarbonat. Kawah Siglagah berada pada zona *steam condensate waters* yang merupakan tipe air bikarbonat. Sedangkan menurut Ramadhan et al (2009), terdapat empat zona tipe air panas. Kawah Sikidang berada pada zona *steam-heated waters/steam condensates* sudut SO_4 , Pulosari berada pada zona *mixed Cl-SO₄ waters/volcanic condensates*, Kawah Sleri mendekati zona *steam heated waters/steam condensates* sudut HCO_3 (Gambar 3).



Gambar 3. Diagram segitiga $\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$ mata air panas Dieng

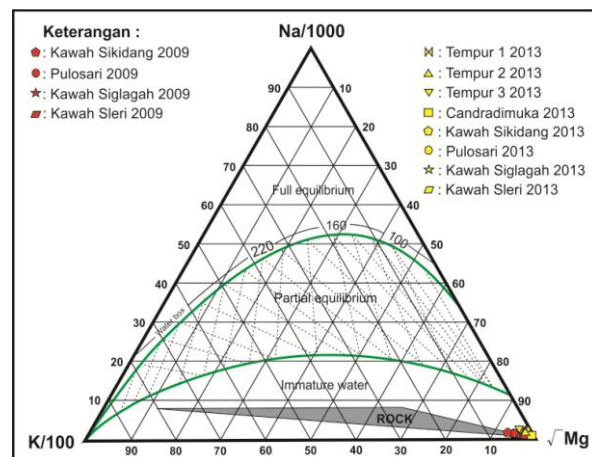
Berdasarkan diagram segitiga Cl-Li-B , mata air panas terbagi menjadi tiga zona. Zona pertama adalah *absorption of low B/Cl steam* yang dijumpai pada mata air panas Candradimuka, Tempur 1, Tempur 2, Tempur 3, Sikidang, dan Pulosari. Air pada lokasi tersebut mendapat pengaruh

yang kuat dari uap dengan rasio B/Cl rendah. Air klorida pada mata air panas Sikidang dan Pulosari merupakan air panas yang terbentuk akibat pengaruh dengan konsentrasi Cl tinggi yang umumnya terdapat sebagai HCl. Kondisi ini mencerminkan adanya proses pendidihan di bawah permukaan. Sedangkan air klorida pada mata air panas Sleri merupakan air klorida yang terbentuk tanpa ada pengaruh uap hasil pendidihan. Mata air ini berasal langsung dari reservoir dan mendapat pengaruh dari batuan yang dilaluinya. Berdasarkan hasil plot pada diagram segitiga Cl-Li-B , mata air panas Sleri berada di antara sudut B/4 dan Cl/100 (zona kedua). Zona ini lebih mengarah ke sudut B/4 yang kemunculannya dipengaruhi oleh batuan sedimen (Fouliac & Michard, 1981). Zona ketiga berada di antara sudut Li dan B/4 yang lebih mengarah ke sudut Li seperti yang terdapat pada mata air panas Kawah Siglagah. Mata air panas ini termasuk dalam tipe air panas bikarbonat yang umumnya menjadi penciri zona *out flow* dan terdapat pada tepi suatu sistem panasbumi. Pada zona ini rasio B/Cl relatif rendah seperti yang ditunjukkan pada diagram segitiga Cl-Li-B Gambar 4.



Gambar 4. Diagram segitiga Cl-Li-B mata air panas Dieng

Diagram Na-K-Mg menunjukkan posisi mata air panas terpusat di sudut Mg pada zona *immature water*. Hal ini mengindikasikan mata air panas dipengaruhi oleh interaksi dengan batuan yang dilalui selama migrasi ke permukaan. Interaksi dengan batuan yang dilalui tersebut mengakibatkan kesetimbangan ion menjadi berkurang dengan nilai *charge balance error* > 5% seperti yang tercantum pada Tabel 1.



Gambar 5. Diagram segitiga Na-K-Mg mata air panas Dieng

Setelah dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya (Ramadhan, 2009) terjadi perubahan tipe air panas pada beberapa mata air panas. Perubahan tersebut antara lain :

1. air sulfat menjadi air klorida (Sikidang)
2. air klorida-sulfat menjadi air klorida (Pulosari)
3. air bikarbonat menjadi air klorida (Sleri)

Perubahan yang terjadi pada ketiga mata air panas dipengaruhi oleh konsentrasi Cl yang mengubahnya menjadi air klorida. Berdasarkan hasil plot pada diagram segitiga Cl-Li-B, perubahan karakteristik kimia air panas dipengaruhi oleh penyerapan uap yang mengandung Cl yang terdapat sebagai HCl. Penambahan HCl ke dalam air panas menyebabkan perubahan tipe air panas menjadi air klorida. Perubahan ini terjadi pada mata air panas Sikidang dan Pulosari yang mengindikasikan adanya proses pendidihan di bawah permukaan.

Menurut Nicholson (1993), air bikarbonat (seperti yang terdapat pada mata air panas Sleri) berasal dari kondensasi uap air tanah oleh sumber panas yang berada di bawahnya. Masuknya air klorida secara intensif menjadikan tipe air bikarbonat menjadi air klorida. Berdasarkan hasil plot pada diagram segitiga Cl-Li-B, tidak ada pengaruh uap yang masuk ke dalam air pada manifestasi tersebut.

Mata air panas Siglagah dengan tipe air bikarbonat tidak mengalami perubahan karakter. Hal ini disebabkan oleh keberadaannya pada zona *out flow* yang merupakan bagian tepi dari suatu sistem panas bumi (Nicholson, 1993). Pembentukannya sangat dipengaruhi oleh lingkungan sehingga perubahan akibat pengaruh selain lingkungan memiliki kemungkinan yang sangat kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, mata air panas Dieng terbagi menjadi tiga tipe yaitu air klorida (Kawah Sikidang, Pulosari, dan Kawah Sleri), air klorida-bikarbonat (Kawah Candradimuka, Tempur 1, Tempur 2, dan Tempur 3), dan air bikarbonat (Kawah Siglagah).

Perubahan tipe air panas Sikidang dan Pulosari dipengaruhi oleh penyerapan gas dengan rasio B/Cl rendah. Sedangkan perubahan tipe air panas di Sleri dipengaruhi oleh pencampuran air klorida terhadap air bikarbonat.

Air panas yang muncul ke permukaan telah dipengaruhi oleh batuan sampling yang dilaluinya selama proses migrasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Yuris Ramadhan atas referensi yang diberikan. Terimakasih juga kami ucapkan kepada seluruh pihak yang membantu proses pembuatan tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Condon, et al. 1996. Peta Geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan, Jawa. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Foulliac C. and Michard G. 1981. Sodium/Lithium Ratio in Water Applied to Geothermometry of Geothermal Reservoir. Geothermics
- Giggenbach, WF. 1988. Chemical Techniques in Geothermal Exploration. New Zealand : Chemistry Division, DSIR, Private Bag.
- Nicholson, Keith. 1993. Geothermal Fluids, Chemistry & Exploration Techniques. Berlin, Germany : Springer Verlag, Inc
- Ramadhan, et al. 2013. Hotwater Geochemistry for Interpreting The Condition of Geothermal Reservoir, Dieng Plateau Case, Banjarnegara-Wonosobo Regency, Central Java.

Tabel 1. Komposisi kimia air panas Dieng (mg/L), pH, dan Kestimbangan Ion (CBE)

Lokasi	pH	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	Li	B	Mn	NH ₃	Fe	As	Hg	H ₂ S	Al	CBE(%)
Tempur 1	6,89	75,36	312,00	37,60	4,29	195,00	680,00	0,00	1236,00	1,79	4,81	0,02	2,75	< 0,04	< 0,003	< 0,001	< 0,01	< 0,20	11,96
Tempur 2	7,07	71,55	322,00	37,30	5,02	211,00	602,00	4,32	1245,00	1,78	7,31	0,03	< 0,03	< 0,04	< 0,003	< 0,001	< 0,01	< 0,20	6,62
Tempur 3	6,72	71,50	341,00	39,30	6,43	167,00	719,00	10,08	977,00	2,29	4,41	0,06	< 0,03	< 0,04	< 0,003	< 0,001	< 0,01	< 0,20	9,58
Candradimuka	6,82	16,01	3,37	1,88	16,80	128,00	41,18	12,96	59,41	< 0,17	0,34	0,08	20,15	0,06	< 0,003	< 0,001	< 0,01	< 0,20	66,45
Sikidang	2,19	116,00	5,13	52,70	5,00	52,90	117,00	10,08	0,00	< 0,17	0,59	0,15	< 0,03	26,57	< 0,003	< 0,001	< 0,01	40,60	28,46
Pulosari	6,56	95,33	85,40	15,20	68,20	72,70	369,00	1,44	124,00	< 0,17	3,28	0,61	< 0,03	< 0,04	< 0,003	< 0,001	< 0,01	< 0,20	4,30
Siglagah	6,54	95,34	18,10	20,60	18,20	21,70	1,75	5,76	169,00	< 0,17	0,59	0,34	< 0,03	< 0,04	< 0,03	< 0,001	< 0,01	< 0,20	16,02
Sleri	6,17	53,05	79,50	6,75	54,30	51,60	52,45	2,88	30,89	< 0,17	2,40	1,02	8,48	< 0,04	< 0,003	< 0,001	< 0,01	< 0,20	67,92

Tabel 2. Komposisi kimia air panas (mg/L), pH, dan kesetimbangan ion (CBE) (Ramadhan et al, 2009)

Lokasi	pH	CO ₂	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO ₄	HCO ₃	Li	B	Mn	NH ₄	Fe	As	CBE (%)
Sikidang	3,88	5,19	58,68	203,4	51,6	43,5	58,94	27,48	862	0	0,01	0,69	0,61	5,27	11,44	0,01	4,11
Pulosari	4,54	1,73	46,34	76,23	52	19,33	63,35	289	214	21,74	0,02	0,87	0,86	0,95	0,68	1,73	8,65
Siglagah	8,27	0	44,06	17,43	21,1	14,5	17,04	7,42	28,7	118,36	0	0,32	0,4	0,04	0,34	0,09	11,25
Sleri	8,37	0	41,09	61,69	21,3	13,69	58,97	69,22	76,8	231,9	0,05	3,84	0,5	1,94	0,12	0,01	9,12

Data diambil tanggal 8-9 Juni 2009