

ANALISIS ISOTOP ^2H DAN ^{18}O MATA AIR PANAS PANCURAN-7 BATURADEN UNTUK MENGETAHUI ASAL AIR PANAS BUMI GUNUNGAPI SLAMET

Sachrul Iswahyudi*, Asmoro Widagdo, Siswandi, Adi Candra, Rachmad Setijadi,

Eko Bayu Purwasatriya

Teknik Geologi, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

* corresponding author: sachrul@gmail.com

ABSTRAK

Beberapa manifestasi mata air panas bumi yang ada disekitar Gunungapi Slamet merupakan indikasi adanya sistem hidrotermal yang berkembang di lokasi tersebut. Keberadaan beberapa mata air panas tersebut menarik untuk diketahui apakah berasal dari air meteorik atau air magmatik. Tujuan penelitian ini adalah ingin mendapatkan informasi terkait asal mata air panas Pancuran-7 yang merupakan salah satu manifestasi panas bumi yang ada di sekitar Gunung Slamet. Analisis laboratorium isotop Deuterium (^2H) dan Oksigen-18 (^{18}O) dilakukan di Laboratorium Pusat Aplikasi Isotop BATAN terhadap sampel air dari mata air panas Pancuran-7 dan sampel air meteorik yang ada di sekitar Gunungapi Slamet. Hasil analisis laboratorium kedua isotop air panas dan air dingin tersebut kemudian dibandingkan untuk mengetahui asal mata air panas bumi Pancuran-7. Dari hasil analisis-analisis tersebut diperkirakan bahwa air panas dari mata air panas Pancuran-7 berasal dari meteorik. Diinterpretasikan adanya proses-proses pendidihan (boiling) fluida panas bumi dan pencampuran dengan air meteorik di dekat permukaan selama perjalanan mencapai permukaan menyebabkan terjadinya variasi komposisi isotop Deuterium dan Oksigen-18 pada mata air panas Pancuran-7.

I. PENDAHULUAN

Mata air panas Pancuran-7 terletak di lereng Gunungapi Slamet, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah (Gambar 1). Selain mata air panas Pancuran-7, terdapat beberapa manifestasi panas bumi mata air panas lain, yaitu: Pancuran-3, Pakujati, Buaran, Sigedong, Saketi, Pancuran-13, dan Cahaya (Widagdo dkk, 2013).

Keberadaan beberapa manifestasi air panas tersebut merupakan indikasi adanya sistem panas bumi yang berkembang di lokasi penelitian. Sumber fluida panas bumi yang merupakan salah satu komponen sistem panas bumi di lokasi penelitian menjadi menarik untuk dikaji untuk kesinambungan sistem panas bumi yang ada saat ini.

Tulisan ini merupakan hasil penelitian analisis isotop air Deuterium (^2H) dan Oksigen-18 (^{18}O) dari sampel air mata air panas Pancuran-7. Tujuan penelitian adalah mendapatkan informasi awal asal air mata air panas Pancuran-7 dari data lapangan, apakah berasal

dari air meteorik atau magmatik, dan interpretasi proses-proses yang menyertai kemunculannya. Penelitian ini bermanfaat untuk pengelolaan kawasan *recharge* sistem panas bumi Gunungapi Slamet dalam mempertahankan keseimbangan sirkulasi fluida bagi kesinambungan lebih lanjut.

II. GEOLOGI REGIONAL

Secara umum, daerah penelitian merupakan morfologi gunungapi aktif. Puncak gunungapi terletak di utara daerah penelitian dalam hal ini Gunungapi Slamet. Puncak gunungapi memiliki kawah dengan ketinggian lebih dari 3000 meter. Tubuh Gunungapi slamet memanjang dengan arah relatif timur laut - barat daya dengan sepanjang lebih dari 25 kilometer dan melebar dengan arah relatif barat laut - tenggara lebih dari 15 kilometer. Lokasi penelitian yang berupa mata air panas Pancuran-7 terletak sekitar 7 kilometer jarak horisontal dari Puncak Gunungapi Slamet. Selain mata air panas Pancuran-7, di sekitar kaki Gunungapi Slamet juga terdapat

beberapa manifestasi mata air panas lain (Gambar 2).

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Purwokerto dan Tegal, Jawa Tengah yang disusun oleh Djuri dkk, 1996), secara umum, lokasi penelitian tersusun atas litologi batuan gunungapi kuartir dan batuan sedimen berumur tersier. Mata air panas Pancuran-7 sendiri terletak pada lokasi dengan litologi batuan vulkanik produk Gunungapi Slamet. Formasi batuan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

Endapan Lahar Gunung Slamet (Qls)

Satuan batuan ini merupakan satuan paling muda yang ada di sekitar lokasi penelitian. Satuan ini tersusun atas litologi lahar dengan bongkahan batuan gunungapi bersusun andesit-basalt dengan diameter 10-50 sentimeter dan menempati daerah-daerah dataran.

Batuan Lava Gunungapi Slamet (Qvls)

Satuan batuan ini menempati sebagian besar daerah di sekitar lokasi penelitian dari utara sampai selatan di bagian timur. Satuan ini tersusun atas litologi lava andesit vesikuler, dan berumur kuartir.

Batuan Gunungapi Slamet Tak-Terurai (Qvs)

Satuan batuan ini juga menempati sebagian besar daerah disekitar lokasi penelitian dari utara sampai selatan di bagian barat. Satuan ini tersusun atas litologi breksi gunungapi, lava dan tuf. Sebaran satuan ini membentuk dataran dan perbukitan yang berumur kuartir.

Formasi Kaliglagah (Tpk)

Di sekitar lokasi penelitian, Formasi batuan Kaliglagah terendapkan di atas Formasi Halang. Penyebaran formasi ini meliputi bagian barat laut lokasi penelitian. Formasi ini tersusun atas litologi batulempung, napal, batupasir dan konglomerat. Di beberapa bagian dijumpai lensa lignit (batubara muda) dengan ketebalan 10-100 centimeter. Formasi Kaliglagah diperkirakan berumur tersier.

Formasi Halang (Tmph)

Formasi batuan Halang terendapkan di atas Formasi Rambatan. Penyebaran formasi ini meliputi bagian barat, barat laut, dan timur laut lokasi penelitian. Formasi ini tersusun atas litologi batupasir andesit, konglomerat tufan, dan napal. Banyak dijumpai fosil foraminifera kecil yang menunjukkan umur Miosen Akhir hingga Pliosen dengan ketebalan diperkirakan mencapai 800 meter.

Formasi Rambatan (Tmr)

Formasi batuan ini merupakan batuan tertua yang tersingkap di sekitar lokasi penelitian. Penyebaran formasi ini meliputi bagian utara, timur dan timur laut lokasi penelitian. Formasi ini tersusun atas litologi serpih, napal dan batupasir gampingan. Banyak dijumpai fosil foraminifera kecil dan lapisan tipis kalsit tegak lurus bidang perlapisan. Formasi ini berumur tersier dengan ketebalan diperkirakan 300 meter.

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dapat dibedakan menjadi metode observasi lapangan dan analisis sampel air panas dan air dingin di laboratorium. Observasi lapangan dilakukan terhadap mata air panas Pancuran-7 dan sumber air dingin yang akan diambil sampel masing-masing untuk analisis laboratorium.

Analisis laboratorium isotop ^2H dan ^{18}O dilakukan di laboratorium Pusat Aplikasi Isotop BATAN untuk mengetahui komposisi isotop-isotop tersebut pada air panas dari Pancuran-7 maupun air dingin. Komposisi isotop-isotop ^2H dan ^{18}O dari kedua sampel air tersebut kemudian ditampilkan dalam grafik kartesian ^2H terhadap ^{18}O . *Plotting* tersebut kemudian dibandingkan dengan persamaan garis air meteorik global $^2\text{H} = 8(^{18}\text{O}) + 10$ (Nicholson, 1993) untuk interpretasi asal air dan proses-proses yang terjadi selama perjalanan air panasbumi muncul di permukaan sebagai mata air panas Pancuran-7.

Komposisi isotop air dinyatakan dalam bentuk perbandingan dengan komposisi isotop air laut. Secara internasional, air laut dipilih sebagai standard dan disebut sebagai *standard mean ocean water* atau SMOW (Craig, 1961 dalam Mazor, 2004). Rasio isotop (*isotopic ratio*) merupakan perbandingan jumlah atom-atom (*number of atoms*) antara suatu isotop dengan isotop terbanyak dari unsur yang sama. Rasio isotop biasanya dihitung dalam bentuk delta (δ) dalam satuan ppm, dengan persamaan seperti pada Gambar 3.

IV. DATA DAN ANALISIS

Hasil pengamatan di lapangan terhadap mata air panas Pancuran-7 dan sumber air dingin diperoleh data seperti tercantum pada Tabel 1. Data hasil analisis laboratorium isotop ^2H dan ^{18}O pada Tabel 1 kemudian dipetakan dalam diagram ^2H terhadap ^{18}O seperti terlihat pada Gambar 4.

V. DISKUSI

Dari Tabel 1 diketahui bahwa komposisi isotop ^2H dan ^{18}O air dari sampel mata air panas Pancuran-7 dan air dingin berturut-turut adalah -51,40, -7,90, dan -40,40, -6,59. *Plotting* komposisi isotop-isotop tersebut pada diagram ^2H terhadap ^{18}O dan garis air meteorik global memperlihatkan kedua plotting tersebut berhimpit pada garis air meteorik global (Gambar 4). Hal ini mengindikasikan bahwa air panas dari mata air panas Pancuran-7 berasal dari air meteorik. Terdapat *shifting* negatif dari komposisi isotop air dari mata air panas Pancuran-7 terhadap isotop air dari air dingin lokal, yaitu pengurangan (*depleted*) komposisi ^2H dan ^{18}O pada air panas Pancuran-7 dibandingkan yang ada pada air dingin lokal. Hal ini diinterpretasikan karena beberapa faktor atau kombinasi dari faktor-faktor tersebut, bahwa:

- Asal air panas pada mata air panas Pancuran-7 memang bukan berasal dari air meteorik lokal pada lokasi sampel air dingin diambil. Fluida panasbumi dengan

temperatur tinggi menyebabkan interaksi intensif dengan batuan sampling. Jika demikian, air panasbumi umumnya memiliki komposisi ^{18}O yang lebih besar daripada yang ada pada air meteorik. Evaporasi di permukaan atau dekat permukaan juga menyebabkan komposisi ^2H pada mata air panasbumi lebih tinggi daripada air meteorik. Sebaliknya, air panas Pancuran-7 memiliki komposisi ^{18}O dan ^2H yang lebih rendah daripada yang ada pada air meteorik.

- Fluida panasbumi belum cukup berinteraksi dengan batuan sehingga tetap memiliki komposisi isotop ^{18}O yang rendah. Adanya *boiling* selama perjalanan air panas dan uap bersama-sama saat mencapai permukaan akan merubah komposisi isotop air pada fase cair dan uap. Uap air panas yang minim ^2H dan ^{18}O langsung keluar dari bawah permukaan tanpa mengalami perubahan komposisi isotop-isotop tersebut secara signifikan, dan mencapai permukaan sebagai mata air panas Pancuran-7. Percampuran fluida panasbumi dengan air meteorik dangkal yang miskin kandungan isotop ^2H dan ^{18}O diduga turut menurunkan kandungan isotop-isotop tersebut pada mata air panas Pancuran-7. Sehingga isotop-isotop ^2H dan ^{18}O yang terdapat pada sampel mata air panas Pancuran-7 lebih kecil daripada yang terdapat pada air meteorik lokal.

Perbedaan komposisi isotop ^2H dan ^{18}O pada air panasbumi Pancuran-7 dan air meteorik lokal memerlukan kajian lebih lanjut, terutama analisis sampel isotop air yang lebih banyak. Hal ini diperlukan untuk analisis perbedaan tersebut dan (terutama) bagi interpretasi asal air panasbumi Pancuran-7 yang lebih akurat.

VI. KESIMPULAN

Dari pembahasan sebelumnya, beberapa kesimpulan dapat disebutkan sebagai berikut:

- Berdasarkan karakteristik komposisi isotop ^2H dan ^{18}O , asal air panas bumi Pancuran-7 diinterpretasikan berasal dari air meteorik.
- Terdapat *shifting* negatif komposisi isotop air ^2H dan ^{18}O pada air panas Pancuran-7 terhadap air meteorik lokal daerah tersebut, yaitu kandungan isotop-isotop tersebut lebih kecil daripada kandungan isotop-isotop yang sama yang ada pada air meteorik lokal.
- Interpretasi awal adanya *shifting* negatif tersebut adalah:
 - Asal air panas Pancuran-7 bukan berasal dari daerah tangkapan air lokal (*local water catchment area*) dari sampel air dingin dianalisis.
 - Air panas Pancuran-7 belum cukup berinteraksi dengan batuan sampling, dan muncul dari uap panas bumi di permukaan tanpa mengalami perubahan kimia isotop yang berarti setelah mengalami proses-proses *boiling* dan *mixing* dengan air meteorik dangkal.
- Diperlukan kajian lebih lanjut untuk interpretasi yang lebih akurat dengan analisis sampel yang lebih representatif.

VII. ACKNOWLEDGEMENT

Terimakasih kami ucapkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Unsoed, rekan-rekan di Teknik Geologi Unsoed, dan pihak-pihak yang telah membantu dan memfasilitasi terlaksananya penelitian ini. Terimakasih juga kami sampaikan kepada penyelenggara Seminar Nasional Kebumihan ke-8 yang telah memberi kesempatan pemakalah.

DAFTAR PUSTAKA

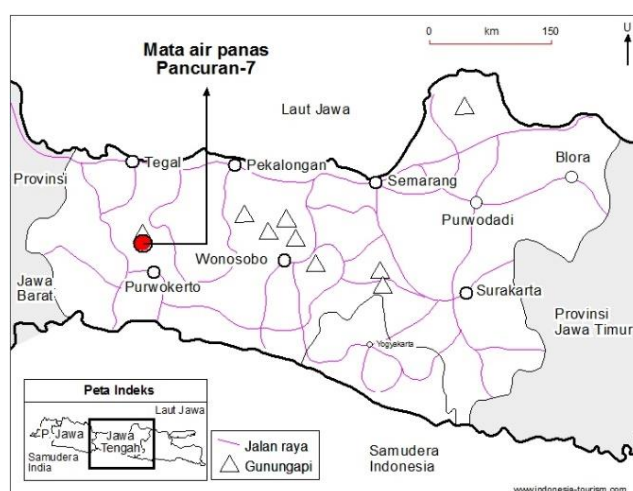
- Djuri, M., Samodra, H., Amin, T.C. dan Gafoer, S., 1996. Peta Geologi, Lembar Purwokerto dan Tegal, Skala 1:100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Mazor, E., 2004. Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology, Third Edition. Marcel Dekker, Inc., New York, 181-185 p.
- Nicholson, K., 1993. Geothermal Fluids, Chemistry and Exploration Techniques. Springer Verlag, Berlin, 121 p.
- Widagdo, A., Candra, A., Iswahyudi, S., dan Abdullah, C.I., 2013. Pengaruh Struktur Geologi Gunung Slamet Muda dan Tua Terhadap Pola Sebaran Panas bumi. Industrial Research Workshop and National Seminar (IRWNS). Politeknik Bandung, p. 204-207.

TABEL

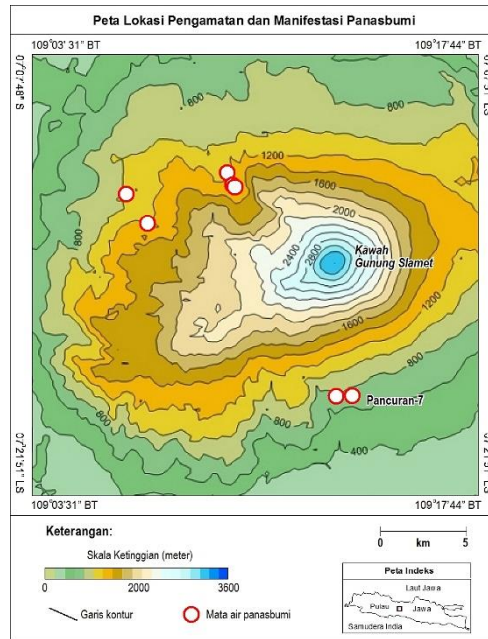
Tabel 1. Data sampel air panas Pancuran-7 dan air meteorik lokal.

	Sampel air panas	Sampel air dingin
Titik Lokasi	Pancuran-7	Purwokerto
Sumber	Mata air panas	Sumur penduduk
Koord. Lintang	7°31,016'	7°44,625'
Koord. Bujur	109°21,817'	109°28,115'
Suhu Air (°C)	50	26
Suhu Udara (°C)	25	27
pH	6-7	6-7
$\delta^{18}\text{O}$	-7,90	-6,59
$\delta^2\text{H}$	-51,40	-40,40
Deskripsi Manifestasi	Manifestasi berupa tujuh mata air panas, ditampung dalam kolam air panas berdimensi 5x5 meter. Air panas jernih, tanpa gelembung di dasar kolam, tapi banyak gelembung gas saat air didiamkan, terdapat endapan berwarna jingga (orange), keluar dari rekahan batuan, debit relatif besar.	Sumur air dingin penduduk, kedalaman 4 meter di musim kemarau, dan 1 meter di musim hujan. Air jernih tidak berbau.

GAMBAR



Gambar 1. Lokasi penelitian berupa mata air panas Pancuran-7.



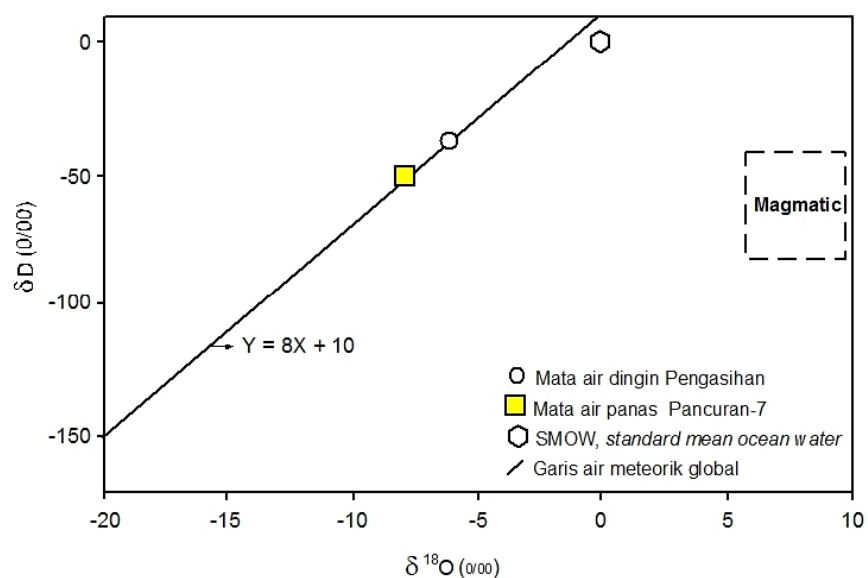
Gambar 2. Lokasi mata air panas Pancuran-7 (Widagdo dkk, 2013 dengan modifikasi)

$$\delta D_{\text{‰}} = \frac{(D/H)_{\text{sample}} - (D/H)_{\text{SMOW}}}{(D/H)_{\text{SMOW}}} \times 1000$$

and

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{‰}} = \frac{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{sample}} - (^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{SMOW}}}{(^{18}\text{O}/^{16}\text{O})_{\text{SMOW}}} \times 1000$$

Gambar 3. Persamaan perhitungan nilai isotop (Mazor, 2004).



Gambar 4. Plotting komposisi 2H dan ^{18}O air panas Pancuran-7, air dingin, SMOW dan garis air meteorik global.