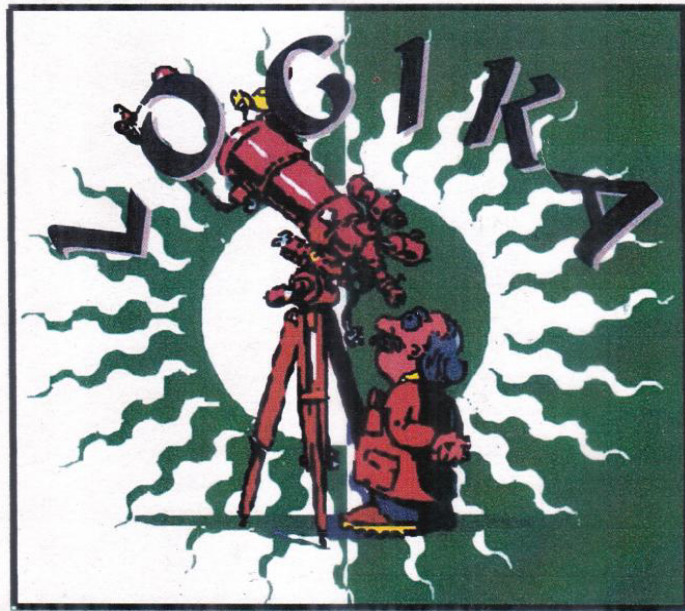


Volume 11 Nomor 1, Mei 2013

ISSN:1693-9018

# LOGIKA

*Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*



**ALUMNI PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
AMBON**

## PENYELIDIKAN GEOKIMIA PANAS BUMI DAERAH HATUASA-TULEHU, PULAU AMBON BERDASARKAN RUMUS EMPIRIS GEOTHERMOMETER

Helda Andayany, Asry Neilannya Latupeirissa\*

**Abstract:** Geochemistry method employed in the research, based on developed empirical geothermometer equation which involves chemical elements, was obtained from the result of chemical analysis of hot water sample with Atomic Absorption Spectrophotometer method (AAS-NYALA). The result of chemical analysis of Hatuasa hot water sample, which are in the forms of concentration of Na, K, Calcium, Magnesium, and SiO<sub>2</sub> are then inserted into the best assumed geothermometry formulas to be applied in Hatuasa. The result of measurement indicated that Hatuasa geothermal tipe is a geothermal tipe with high temperature, i.e.: (272 – 277)°C that is potential for a geothermal field. The hot flow character in Hatuasa geothermal tipe is water flow into the upper reservoir (upflow) and belongs to hot water domination reservoir tipe (water heated reservoir).

**keywords :** Geochemistry, geothermometer equation, upflow, water heated reservoir.

### PENDAHULUAN

Daerah Hatuasa-Tulehu merupakan salah satu dari sejumlah lebih dari 200 lapangan panasbumi di seluruh Indonesia yang terbentuk sebagai akibat aktivitas pergerakan sesar normal yang berarah Timur Laut – Barat Daya menuju Kecamatan Leihitu (Tjokrosapoetro *et. al*, 1993). Daerah ini diduga sebagai media yang memunculkan manifestasi panas bumi. Suhu permukaan air panas tersebut rata-rata berkisar antara (50,8 – 60,2)°C.

Tujuan penyelidikan ini adalah untuk mendapatkan informasi geokimia, baik secara pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan dan laboratorium, yaitu mengetahui jenis panasbumi berdasarkan pada tingginya suhu reservoir dan sifat aliran panas, termasuk *upflow*, *outflow* dan *lateral flow*.

Selain itu, penelitian ini pada dasarnya mempelajari sifat-sifat geotermometer dengan membandingkan beberapa persamaan geotermometer empiris yang sudah ada dengan persamaan geotermometer baru yang berhasil dirumuskan.

### LANDASAN TEORI

Salah satu daerah prospek panasbumi yang bersifat netral, yaitu mata air panas daerah Akesahu dengan pH antara (7,4 – 7,9) yang sebagian besar bertipe air klorida dengan suhu di permukaan yang relatif cukup tinggi antara berwarna keputih-putihan, oksida besi (43,9 – 45,1)°C dan di mata air panas dijumpai adanya endapan air panas atau sinter berwarna kecoklatan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem air panas yang muncul di daerah panasbumi Akesahu terletak pada zona “*upflow*” dan merupakan jenis reservoir dominasi air panas (“water heated reservoir”).

Ellis dan Mahon (1977) mengatakan bahwa unsur klorida tidak dapat larut dalam uap pada suhu di bawah 300°C. Jika hasil analisis sampel air panas diperoleh kadar klorida tinggi, maka

---

\* Helda Handayani, S,Si, M.Sc dan A. Latupeirissa, M.Sc adalah Dosen tetap FMIPA dan FKIP Unpatti

## 2 Andayani dan Latupeirissa: Penyelidikan Geokimia dan Panas Bumi

dapat disimpulkan jenis reservoir adalah jenis panasbumi dominasi air panas (“water heated reservoir”).

Fournier dan Potter (1979) menggunakan geotermometer silika dan Na-K-Ca untuk memperkirakan suhu akuifer di Long Valley, California. Suhu akuifer Long Valley yang diperkirakan dengan geotermometer tersebut adalah 160-220 °C.

Cole (1983) menggunakan geotermometer Na-K-Ca di lapangan Utah dan memberikan suhu reservoir 25°C sampai 120°C dengan kenampakan suhu rata-rata di permukaan adalah 40°C saat musim panas.

Hutsinpiiler dan Parry (1985) menerapkan persamaan geotermometer Na-K-Ca di lapangan Blackfoot, Idaho menghasilkan suhu 75°C kecuali sepanjang *Corral Creek* yang mempunyai suhu tinggi rata-rata 354°C dengan kenampakan suhu rata-rata di permukaan saat musim semi adalah 33°C.

Hasil estimasi suhu reservoir di daerah Akeshu-Tidore memiliki kisaran suhu minimum antara (145-185)°C menggunakan geotermometer SiO<sub>2</sub> dan kisaran suhu antara (165-199)°C menggunakan geotermometer Na-K Fournier dan Giggenbach termasuk ke dalam “*Intermediate Entalphy*”. Dari hasil estimasi suhu tersebut terlihat bahwa mata air panas baik dengan geotermometer SiO<sub>2</sub> maupun geotermometer Na-K relatif hampir sama yaitu sekitar (145 – 199)°C dengan kenampakan suhu di permukaan adalah (37,0 – 45,1)°C (Sulaeman, 2007).

Marini dan Susangkyono (1999) menggunakan geotermometer Na-K di daerah Tulehu pulau Ambon dan memberikan suhu reservoir 230°C sampai 245°C dengan kenampakan suhu rata-rata di permukaan adalah 70°C. Tingginya suhu reservoir di daerah ini didukung dengan konsentrasi klorida yang sangat tinggi yaitu 14000 ppm.

Secara analitik, bentuk umum ketergantungan konstanta kesetimbangan reaksi dengan temperatur dirumuskan sebagai:

$$\log K = a + \frac{b}{T} + c \cdot \log T$$

Secara empiris, Truesdell (Ellis and Mahon, 1977) menyatakan hubungan konsentrasi silika dengan suhu adalah:

$$t (^{\circ}\text{C}) = \frac{1533,5}{5,768 - \log[\text{SiO}_2]} - 273,15$$

Truesdell (Benjamin *et.al*, 2003) menggunakan rumus sederhana untuk menghitung suhu reservoir dengan geotermometer Na-K, yaitu:

$$t (^{\circ}\text{C}) = \frac{855,6}{\log \frac{[\text{Na}]}{[\text{K}]} + 0,8573} - 273,15$$

Fournier and Truesdell (Benjamin *et.al*, 2003) menggunakan rumus geotermometer yang melibatkan kation Ca dalam reaksi aluminosilikat untuk menghitung suhu reservoir, yaitu:

$$t (^{\circ}\text{C}) = \frac{1647}{\log \left( \frac{[\text{Na}]}{[\text{K}]} \right) + \beta \log \left( \frac{[\text{Ca}]^{\frac{1}{2}}}{[\text{Na}]} \right) + 2,24} - 273,15$$

Berdasarkan percobaan Wintolo dkk (1995) dilakukan perhitungan multidimensi terhadap empat unsur (Na, K, Ca, dan Mg) dengan deviasi rata-rata 1,4 %. Rumusan yang diperoleh adalah:

$$T (^{\circ}\text{C}) = 2752,631 \times \left( \frac{[\text{K}]}{[\text{Na}]} \right)^{0,26119} \times \left( \frac{[\text{Ca}]}{[\text{Na}]^2} \right)^{0,06199} \times \left( \frac{[\text{Mg}]}{[\text{Na}]^2} \right)^{0,02798} + 273,15$$

Persamaan geotermometer baru yang diusulkan dibuat dengan melibatkan dua, tiga, empat, dan lima unsur kimia. Persamaan geotermometer baru tersebut, antara lain:

Geotermometer  $(\text{Na} - \text{K})_p$  adalah geotermometer yang melibatkan unsur Na dan K, yaitu:

$$t \text{ (}^\circ\text{C)} = C_0 \left( \log \frac{[Na]}{[K]} \right)^{C_1} - 273,15$$

Geotermometer  $(Na - K - Ca)_p$  adalah geotermometer yang melibatkan unsur Na, K, dan Ca, yaitu:

$$t \text{ (}^\circ\text{C)} = C_0 \left( \log \frac{[Na]}{[K]} \right)^{C_1} + \beta \left( \log \frac{[Ca]^{\frac{1}{2}}}{[Na]} \right)^{C_2} - 273,15$$

(7)

Geotermometer  $(Na - K - Ca - Mg)_p$  adalah geotermometer yang melibatkan unsur Na, K, Ca, dan Mg, yaitu:

$$t \text{ (}^\circ\text{C)} = \frac{C_0}{\left( \log \frac{[Na]}{[K]} \right)^{C_1} + \beta \left( \log \frac{[Ca]^{\frac{1}{2}}}{[Na]} \right)^{C_2} + \left( \frac{[Mg]}{[Na]^2} \right)^{C_3}} - 273,15$$

(8)

Geotermometer  $(Na - K - Ca - Mg - SiO_2)_p$  adalah geotermometer yang melibatkan unsur Na, K, Ca, Mg, dan SiO<sub>2</sub>, yaitu:

$$t \text{ (}^\circ\text{C)} = \frac{C_0}{\left( \log \frac{[Na]}{[K]} \right)^{C_1} + \beta \left( \log \frac{[Ca]^{\frac{1}{2}}}{[Na]} \right)^{C_2} + \left( \frac{[Mg]}{[Na]^2} \right)^{C_3} + \left( \frac{[SiO_2]}{[Na]^2} \right)^{C_4}} - 273,15$$

(9)

## METODE

Sampel air panas yang diambil dari sumber mata air panas Hatuasa-Tulehu kemudian dianalisis secara kimia. Analisis sampel air dilakukan oleh Petugas Laboratorium Analisa Kimia dan Fisika Pusat, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Metode yang digunakan dalam menganalisis sampel air panas Hatuasa adalah *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS-Nyala). Hasil analisis kimia terhadap sampel air panas Hatuasa yang berupa konsentrasi Na, K, Ca, Mg, dan SiO<sub>2</sub> kemudian dimasukkan ke dalam rumus-rumus geotermometer persamaan (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), dan (9) yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengestimasi suhu reservoir Hatuasa-Tulehu.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

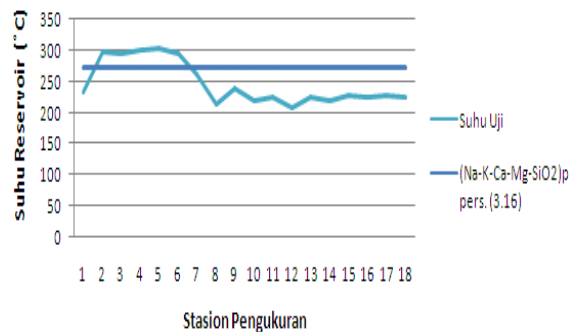
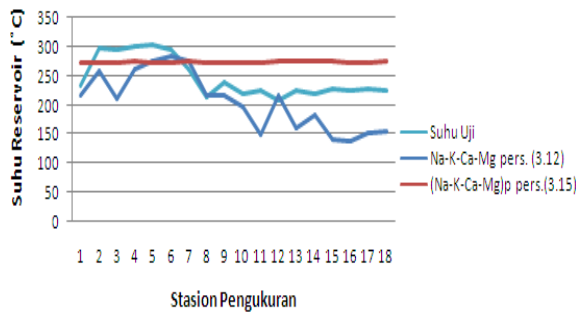
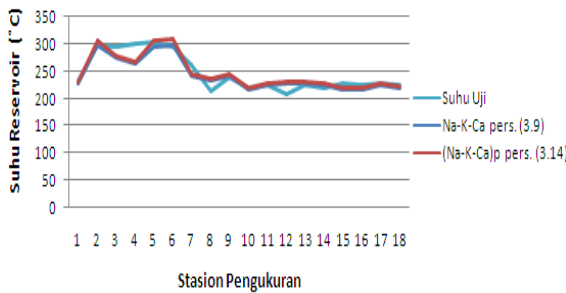
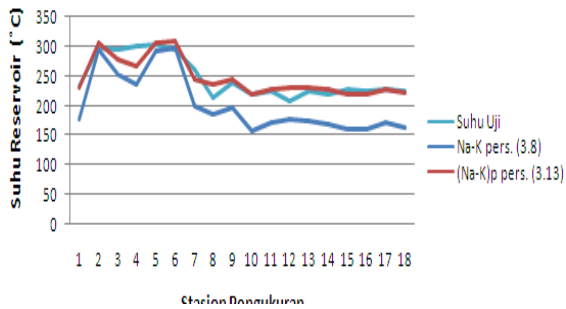
Dari hasil penyelidikan geokimia ditemukan kenampakan gejala panasbumi berupa mata air panas yang muncul di beberapa lokasi dan termasuk kedalam wilayah daerah penyelidikan Hatuasa-Tulehu, yaitu mata air panas Hatuasa yang berada di perbatasan Dusun Hatuasa dan Dusun Talang Haha, Desa Tulehu, Ambon dengan posisi pada batas koordinat UTM (x = 423218; y = 9602814) dengan ketinggian 110 m dpl dan suhu permukaan adalah 56,4°C. Stasiun kedua mata air panas Hatuasa secara geografis terletak pada koordinat UTM (x = 423164; y = 9602759) dengan ketinggian 115 m dpl dan suhu permukaan adalah 52,4°C. Stasiun ketiga mata air panas Hatuasa secara geografis terletak pada koordinat UTM (x = 423190; y = 9602792) dengan ketinggian 115 m dpl dan suhu permukaan adalah 60,2°C. Pemunculan mata air panas pada stasiun pengukuran keempat yang berada pada tebing di tepi sungai yang mengalir ke hilir. Secara geografis mata air panas tersebut terletak pada koordinat UTM (x = 423140; y = 9602910) dengan ketinggian 105 m dpl dan suhu permukaan adalah 57,3°C.

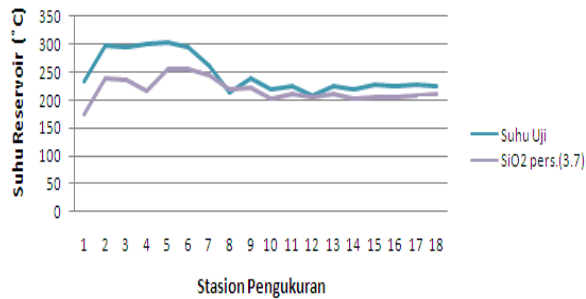
Hasil analisis sampel air panas Hatuasa menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi dari lima unsur yang dianalisis adalah Natrium, yaitu 340,3980 ppm pada stasiun 1 hingga 416,2637 ppm pada stasiun 3 dan konsentrasi terendah adalah Magnesium, yaitu 5,6600 ppm pada stasiun

#### 4 Andayani dan Latupeirissa: Penyelidikan Geokimia dan Panas Bumi

1 hingga 8,6430 ppm pada stasion 2. Selain itu, kandungan Ca adalah 120,2867 ppm pada stasion 1 hingga 147,1510 ppm pada stasion 2, SiO<sub>2</sub> adalah 171,4677 ppm pada stasion 1 hingga 211,0307 ppm pada stasion 2, dan K adalah 53,9470 ppm pada stasion 1 hingga 67,5713 ppm pada stasion 2. Konsentrasi rata-rata dihitung dari (konsentrasi I + konsentrasi II + konsentrasi III) / 3.

Daerah mata air panas Hatuasa mempunyai tingkat keasaman yang rendah atau pH netral yang berkisar antara (7,1–7,9). Selain itu pada tabel 2, nilai rasio Na/K di bawah 15 pada stasion 1, 2, 3, dan 4, hal ini menunjukkan bahwa daerah pada stasion 1, 2, 3, dan 4 terletak pada daerah dengan aliran air ke atas reservoir (*upflow*) dan merupakan jenis reservoir dominasi air panas (*water heated reservoir*). Di daerah sekitar air panas Hatuasa ini air panas akan mencapai permukaan dengan cepat dan umumnya merupakan daerah dengan permeabilitas yang baik. Hal ini juga didukung oleh nilai konsentrasi klorida yang tinggi, yaitu berkisar (14800 – 19500) ppm (Nicholson, 1993).

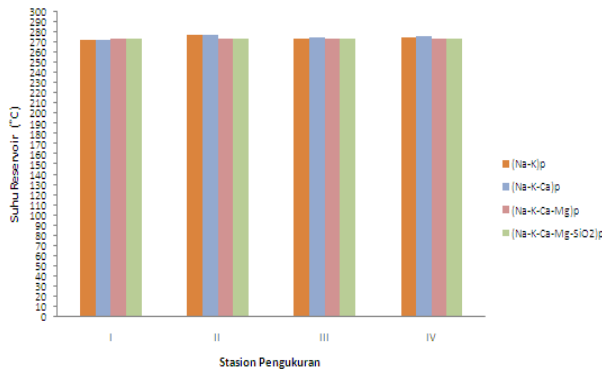




Gambar 1 Grafik perbandingan suhu uji dengan rumus-rumus geotermometer persamaan (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), dan (9)

Gambar 1 menunjukkan bahwa kurva suhu reservoir yang dihitung dengan geotermometer  $(Na - K)_p$ ,  $(Na - K - Ca)_p$ ,  $(Na - K - Ca - Mg)_p$ , dan  $(Na - K - Ca - Mg - SiO_2)_p$  pada persamaan (6), (7), (8), dan (9) hampir saling berimpit dan selalu berada di atas kurva suhu uji. Selain itu, gambar 1 menunjukkan penggunaan geotermometer  $(Na - K - Ca - Mg)_p$  dan  $(Na - K - Ca - Mg - SiO_2)_p$  pada persamaan (8) dan (9) menghasilkan perhitungan suhu reservoir yang hampir sama. Hal ini mengidentifikasi bahwa konsentrasi Ca dan Mg sangat berpengaruh terhadap hasil perhitungan dengan geotermometer Na-K-Ca-Mg dan Na-K-Ca-Mg-SiO<sub>2</sub>.

Berdasarkan persamaan (6), (7), (8), dan (9), maka dapat dihitung suhu reservoir Hatuasa dengan data seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2 Grafik perhitungan suhu reservoir Hatuasa berdasarkan persamaan (6), (7), (8), dan (9). Berdasarkan perhitungan suhu reservoir dengan delapan macam geotermometer di atas, maka geotermometer  $(Na - K)_p$ ,  $(Na - K - Ca)_p$ ,  $(Na - K - Ca - Mg)_p$ , dan  $(Na - K - Ca - Mg - SiO_2)_p$  dianggap paling baik diterapkan di Hatuasa-Tulehu.

Suhu reservoir pada stasion 1 mata air panas Hatuasa dimungkinkan bersuhu (272–274)°C. Suhu reservoir pada stasion 2 mata air panas Hatuasa dimungkinkan bersuhu (274–277)°C. Suhu reservoir pada stasion 3 mata air panas Hatuasa dimungkinkan bersuhu (274)°C.



## 6 *Andayani dan Latupeirissa: Penyelidikan Geokimia dan Panas Bumi*

Suhu reservoir pada stasiun 4 mata air panas di tepi sungai dimungkinkan bersuhu (274–276)°C. Rentang suhu mungkin disebabkan adanya sirkulasi air panas di dalam reservoir Hatuasa.

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan penyelidikan geokimia, daerah Hatuasa-Tulehu sebagai daerah prospek panasbumi mempunyai pH netral yang berkisar antara (7,1–7,9) dan mempunyai nilai konsentrasi klorida yang tinggi, yaitu berkisar (14800 – 19500) ppm. Hal ini menunjukkan bahwa daerah panasbumi Hatuasa-Tulehu terletak pada zona “upflow” dan merupakan jenis reservoir didominasi air panas (“water heated reservoir”).

Sistem panasbumi Hatuasa-Tulehu adalah jenis panasbumi dengan suhu tinggi, yaitu suhu antara (272 – 277)°C.

Suhu reservoir untuk keempat stasiun memiliki nilai yang hampir mendekati, sehingga dapat diperkirakan bahwa di daerah Hatuasa-Tulehu hanya terdapat satu reservoir panasbumi.

### **DAFTAR RUJUKAN**

- Benjamin, T., Charles, R. and Vidale, R., 2003, *Thermodynamic parameters and experimental data for the Na-K-Ca geothermometer*, Journal of Volcanology and Geothermal Research, Vol.15: 167-186, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Printed in The Netherlands.
- Cole, D. R., 1983, *Tracing fluid sources in a complex geothermal-groundwater regime: application of stable isotopes to the East Shore area, Utah*, Ground Water J., 20(5): 586-593.
- Ellis, A.J. and Mahon, W.A.J., 1977, *Geochemistry and Geothermal System*, Academic Press, New York, N.Y., 392 pp.
- Fournier, R.O. and Potter, R.W., 1979, *Magnesium correction to the Na-K-Ca chemical geothermometer*, Geochim. Cosmochim. Acta, 43: 1543-1550.
- Hutsinfiller, A. and Parry, W.T., 1985, *Geochemistry and geothermometry of spring water from the blackfoot reservoir region*, Southern Idaho, J. Volcanology and Geothermal, Research, Vol. 26: 275-296.
- Marini, L. and Susangkyono, A.E., 1999, *Fluid Geochemistry of Ambon Island (Indonesia)*, Geothermics, Vol. 28: 184-204.
- Nicholson, K., 1993. *Geothermal fluids. Chemistry and exploration techniques*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Sulaeman, B., Asngari dan Nuryasin, 2007. *Penyelidikan Geokimia Panas Bumi Daerah Akesahu-Tidore, Maluku Utara*, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung
- Tjokrosapoetro, S., E. Rusmana dan Suharsono, 1993, *Laporan Geologi Lembar Ambon*, Maluku, PPPG, Bandung. 32 h + peta geologi skala 1:250.000.
- Wintolo, D., Sutrisno, Supranto, Kamal, S., Sudjtmiko, Indarto, Toha, B., Sukrisno, Hendrayana, H., 1995, *Konveksi Termal Reservoir Panas Bumi dan Konsep Geotermometer Baru untuk Eksplorasi*, Kumpulan Makalah Sinposium III Kemajuan Kerjasama Riset Dasar Bidang Eksplorasi dan Produksi, Jakarta.