

## RESERVOIR TEMPERATURE ESTIMATION USING GEOCHEMISTRY METHOD BASED ON DEVELOPED EMPIRICAL GEOTHERMOMETRY EQUATION IN THE TALANG HAHHA HOT SPRING, AMBON

*Estimasi Suhu Reservoir Sumber Mata Air Panas*

*Talang Haha Ambon dengan Metode Geokimia Berdasarkan Pengembangan Persamaan  
Geotermometer Empiris*

**Helda Andayany**

*Jurusan Fisika-FMIPA Universitas Pattimura*

*Jl. Ir. M. Putuhena-Kampus Poka Ambon*

*helda\_andayany@gmail.com*

### ABSTRACT

*The research compares several existing geotermometer equation namely Na-K with the equation of successful new geotermometer formulated namely ( ) comparison with the parameter at the root mean square error (rms error) and know the nature of heat flow, and reservoir temperature springs Talang Haha hot water, so it can be determined whether or not the prospect of a geothermal field in the study area. The result of chemical analysis of Talang Haha hot water sample with Atomic Absorption Spectrophotometer method (AAS-NYALA) which are in the forms of concentration of Na and K and then inserted into the equation geotermometer deemed best applied in Talang Haha. The temperature measured by using the aforementioned geotermometry formulas possesses rms error value < 2 % which is enabled as Talang Haha reservoir temperature.*

*The measurement results of water surface temperature, pH, and electrical conductivity in hot springs location Talang Haha on 31 August to 1 September 2010 showed that the type is the type of geothermal geothermal Talang Haha with high temperature, ie (272-277)°C so that a potential field geothermal. Properties on the type of geothermal heat flow Talang Haha is a flow of water onto the reservoir (fixed bed were placed) and is the reservoir species dominance of hot water (heated water reservoir).*

**Keyword :** *reservoir temperature, geotermometry, geokimia, AAS-NYALA*

---

### PENDAHULUAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui manifestasi permukaan di daerah Talang Haha dan sekitarnya, yaitu dengan adanya kemunculan mata air panas untuk mengetahui jenis panasbumi berdasarkan pada tingginya suhu reservoir dan sifat aliran panas, termasuk *upflow*, *outflow* dan *lateral flow*.

Penelitian mendalam terhadap sifat-sifat fisis air panas Talang Haha terutama tentang pengukuran suhu reservoir sumber mata air panas Talang Haha, pada dasarnya membandingkan persamaan geotermometer empiris yang sudah ada yaitu Na-K dengan persamaan geotermometer baru yang berhasil dirumuskan yaitu ( ) dengan parameter pembanding kesalahan akar pukul rata kuadrat (*rms error*). Pengukuran suhu reservoir tersebut dapat diestimasi dengan metode geokimia berdasarkan analisis kandungan unsur Na dan K air panas yang diimplementasikan dalam persamaan geotermometer empiris. Selain itu, penelitian ini membandingkan hasil pengukuran suhu, pH, dan konduktivitas listrik yang terukur di permukaan dengan suhu reservoir yang diestimasi.

## TINJAUAN PUSTAKA

Air panas tipe klorida dengan pH netral merupakan tipe yang paling cocok untuk dipergunakan sebagai geotermometer, hal ini menunjukkan bahwa daerah penyelidikan mempunyai tingkat keasaman yang rendah atau pH tinggi yang berkisar antara (7,4 – 8,1).

Salah satu daerah prospek panasbumi yang bersifat netral, yaitu mata air panas daerah Akeshu dengan pH antara (7,4 – 7,9) yang sebagian besar bertipe air klorida seperti pada mata air panas Akeshu, Gulohi, Tanjung putus, Tomadou, Gamgao, Sare dan Tosahu dengan suhu di permukaan yang relatif cukup tinggi terutama di Akeshu, Tomadou dan Tanjungputus antara (43,9 – 45,1)°C dan di mata air panas dijumpai adanya endapan air panas atau sinter berwarna keputih-putihan, oksida besi berwarna kecoklatan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem air panas yang muncul di daerah panasbumi Akeshu terletak pada zona *upflow* dan merupakan jenis reservoir dominasi air panas (*water heated reservoir*) (Sulaeman, 2007).

Eksperimen hidrotermal di laboratorium mendapatkan hasil bahwa perbandingan Na dan K terhadap suhu memberikan hubungan yang konsisten. Perbandingan Na dan K memberikan pengukuran yang baik untuk suhu air (180-350)°C dan pH mendekati netral. Penggunaan geotermometer Na-K di Wairakei secara umum memberikan suhu yang cocok dengan geotermometer SiO<sub>2</sub> tetapi kadang-kadang memberikan suhu yang lebih tinggi. Penggunaan geotermometer Na-K memberikan hasil yang baik pada air panas suhu tinggi tetapi akan memberikan hasil yang kurang baik apabila konsentrasi kalsium besar dan pH rendah. Di bawah suhu 180°C maka perubahan antara natrium dan kalium *feldspar* tidak dominan. Geotermometer Na-K-Ca digunakan dengan anggapan adanya kalsium dalam reaksi aluminosilikat. Geotermometer Na-K atau Na-K-Ca tidak tepat apabila diterapkan untuk air yang bersifat asam karena *feldspar* tidak akan setimbang.

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.

## LANDASAN TEORI

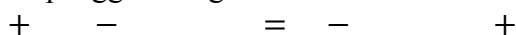
Berdasarkan pada tingginya suhu, Hochstein (1990) dalam Saptadji (2009) membedakan jenis panas bumi menjadi tiga, yaitu:

1. Jenis panasbumi dengan suhu rendah, yaitu suatu jenis panasbumi yang reservoirnya mengandung fluida dengan suhu lebih kecil dari 125°C.
2. Jenis panasbumi dengan suhu sedang, yaitu suatu jenis panasbumi yang reservoirnya mengandung fluida dengan suhu antara 125°C dan 225°C.
3. Jenis panasbumi dengan suhu tinggi, yaitu suatu jenis panasbumi yang reservoirnya mengandung fluida dengan suhu diatas 225°C.

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

$$\log K = \frac{H}{RT} - \frac{S}{R} \quad (1)$$

Estimasi umum penggunaan geotermometer Na-K didasarkan pada reaksi perubahan:



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

$$T(^{\circ}C) = \frac{1000}{\log K} - 273,15 \quad (2)$$

Geotermometer Na-K memberikan hasil yang baik untuk beberapa air panas bumi suhu tinggi tetapi akan tidak baik untuk air panas bumi dengan konsentrasi kalsium tinggi dan suhu permukaan rendah. Di bawah suhu 180°C maka pertukaran kation antara Na dan K *feldspar* mungkin tidak dominan.

Persamaan geotermometer baru yang diusulkan, yaitu geotermometer ( – ) dibuat dengan melibatkan unsur Na dan K. Indeks p menunjukkan geotermometer pada penelitian. Geotermometer tersebut ditulis dalam dua bentuk persamaan, yaitu:

$$(^{\circ}\text{C}) = \log \left[ \frac{[ ]}{[ ]} \right] - 273,15 \quad (3)$$

Persamaan (3) inilah yang digunakan penulis sebagai rumus geotermometer baru. Konstanta-konstanta dan pada persamaan (3) dapat dicari dengan mengambil data-data , [ ], [ ], [ ] dari data-data Ellis and Mahon (1977) dan Rybach and Muffler (1981).

## METODE PENELITIAN

Pengambilan data primer di daerah penelitian, antara lain: pengukuran suhu, pH, dan konduktivitas listrik yang terukur di permukaan yang dilakukan dengan monitoring selama 48 jam dengan interval waktu 1 jam di 4 stasion pengukuran mata air panas Talang Haha. Selain itu, dilakukan pengambilan sampel air panas di masing-masing stasion pengukuran.

Sampel air panas yang diambil dari sumber mata air panas Talang Haha kemudian dianalisis secara kimia. Metode yang digunakan dalam menganalisis sampel air panas Hatuasa adalah *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS-Nyala). Hasil analisis kimia terhadap sampel air panas Talang Haha yang berupa konsentrasi Na dan K kemudian dimasukkan ke dalam rumus-rumus geotermometer persamaan (2) dan (3) yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengestimasi suhu reservoir Talang Haha kemudian dibandingkan dengan parameter pembanding nilai kesalahan akar pukol rata kuadrat (*rms error*). Persamaan yang digunakan untuk menghitung *rms error* adalah

$$= \frac{\sum_i [( ) / ]}{ } \times 100\% \quad (10)$$

Suhu yang dihitung menggunakan rumus-rumus geotermometer dengan nilai *rms-error* < 2 % dimungkinkan sebagai suhu reservoir Talang Haha. Selain itu, data suhu permukaan, pH dan konduktivitas yang terukur di permukaan air panas dibuat dalam bentuk grafik, untuk mengetahui hubungan antara suhu permukaan, pH, dan konduktivitas listrik dan hubungan antara ketiga data fisis tersebut dengan suhu reservoir sumber mata air panas Talang Haha.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Manifestasi panasbumi di daerah penelitian berupa 3 stasion/titik pengukuran mata air panas, dan 1 stasion mata air panas yang berdekatan dengan ketiga stasion pengukuran mata air panas tersebut. Mata air panas Talang Haha berada di perbatasan Dusun Hatuasa dan Dusun Talang Haha, Desa Tulehu, Ambon. Secara geografis mata air panas tersebut terletak pada koordinat UTM (x = 423218; y = 9602814) dengan ketinggian 110 m dpl. Stasion pertama mata air panas Talang Haha memiliki suhu rata-rata adalah (54,4 – 56,4)<sup>o</sup>C dan suhu lingkungan adalah (26,1 – 32,1)<sup>o</sup>C, pH rata-rata adalah (7,2 – 7,6), dan konduktivitas listrik rata-rata yang terukur adalah (0,200– 0,240)  $\mu\text{S}/\text{m}$ . Mata air panas tersebut dialirkan ke permandian air panas berdimensi 2 x 4 m<sup>2</sup>, kedalaman 1,5 m. Kondisi fisik dari air panas tersebut jernih, tidak berbau, terdapat gelembung gas, dan endapan batuan sekitar berwarna kuning kemerahan bercampur dengan organik.

Stasion kedua mata air panas Talang Haha secara geografis terletak pada koordinat UTM (x = 423164; y = 9602759) dengan ketinggian 115 m dpl. Stasion pengukuran ini memiliki suhu rata-rata adalah (50,8 – 52,4)<sup>o</sup>C dan suhu lingkungan adalah (27,5 – 27,7)<sup>o</sup>C, pH rata-rata adalah (7,3 – 7,7), dan konduktivitas listrik rata-rata yang terukur adalah (0,090 – 0,150)  $\mu\text{S}/\text{m}$ . Mata air panas tersebut dialirkan ke permandian air panas berdimensi 3 x 4 m<sup>2</sup>, kedalaman 1m<sup>2</sup>. Kondisi fisik dari air panas tersebut agak keruh, berbau belerang, terdapat

gelembung gas, dan endapan batuan sekitar berwarna kuning kemerahan bercampur dengan organik.

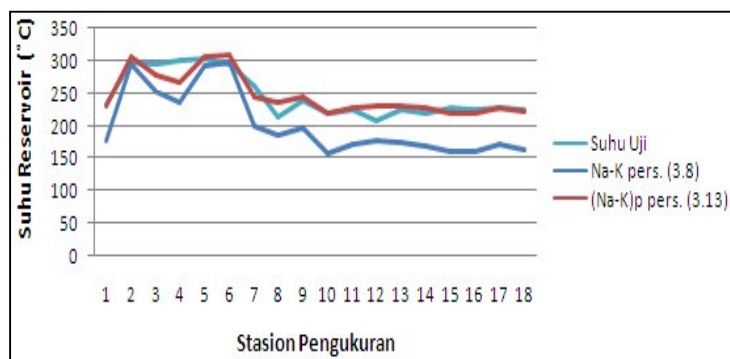
Stasiun ketiga mata air panas Talang Haha secara geografis terletak pada koordinat UTM ( $x = 423190$ ;  $y = 9602792$ ) dengan ketinggian 115 m dpl. Stasiun pengukuran ini memiliki suhu rata-rata adalah  $(58,9 - 60,2)^{\circ}\text{C}$  dan suhu lingkungan adalah  $(27,7 - 30,2)^{\circ}\text{C}$ , pH rata-rata adalah  $(7,2 - 7,5)$ , dan konduktivitas listrik rata-rata yang terukur adalah  $(0,210 - 0,250) \mu\text{S}/\text{m}$ . Mata air panas tersebut dialirkan ke permandian air panas berdimensi  $3 \times 4 \text{ m}^2$ , kedalamannya  $2,5 \text{ m}^2$ . Kondisi fisik dari air panas tersebut agak keruh, berbau belerang, terdapat gelembung gas, dan endapan batuan sekitar berwarna kuning kemerahan bercampur dengan organik.

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. Stasiun pengukuran ini memiliki suhu rata-rata adalah  $(55,2 - 57,3)^{\circ}\text{C}$  dan suhu lingkungan adalah  $(25,0 - 28,8)^{\circ}\text{C}$ , pH rata-rata adalah  $(7,2 - 7,6)$  dan konduktivitas listrik rata-rata yang terukur adalah  $(0,205 - 0,245) \mu\text{S}/\text{m}$ . Mata air panas tersebut keluar melalui rekahan dan mengalir ke hilir sungai. Kondisi fisik dari air panas tersebut jernih, berbau belerang, tidak berasa, dan dijumpai sedikit endapan oksida besi warna coklat kemerahan dipermukaannya dan batuan sekitar teralterasi.

**Tabel 1.** Hubungan antara suhu, pH, dan konduktivitas listrik yang terukur di permukaan air panas Talang Haha

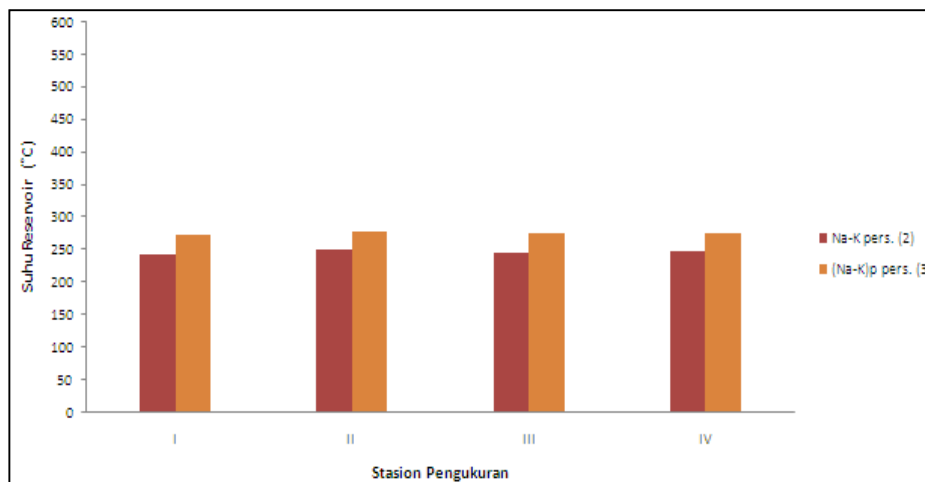
Nama Stasiun	Hari pertama pengukuran			Hari kedua pengukuran		
	Suhu, T ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH ( $\pm 0,01$ )	Konduktivitas ( $\mu\text{S}/\text{m}$ )	Suhu, T ( $^{\circ}\text{C}$ )	pH ( $\pm 0,01$ )	Konduktivitas ( $\mu\text{S}/\text{m}$ )
1	(54,4-56,4)	(7,2-7,6)	(0,200-0,240)	(54,5-56,4)	(7,2-7,6)	(0,200-0,240)
2	(50,8-52,4)	(7,3-7,7)	(0,090-0,150)	(50,8-52,4)	(7,3-7,7)	(0,090-0,150)
3	(58,9-60,1)	(7,2-7,5)	(0,210-0,250)	(58,9-60,2)	(7,2-7,5)	(0,210-0,250)
4	(55,3-57,2)	(7,2-7,6)	(0,205-0,245)	(55,2-57,3)	(7,2-7,6)	(0,205-0,245)

Berdasarkan persamaan (2) dan (3), gambar 4 menunjukkan bahwa kurva suhu yang dihitung dengan geotermometer Na-K selalu berada di bawah kurva uji. Hal ini menunjukkan bahwa geotermometer  $(Na - K)_F$  dianggap baik digunakan karena memberikan perhitungan suhu yang hampir mendekati suhu uji.



**Gambar 1.** Grafik perbandingan suhu uji dengan suhu yang dihitung dengan rumus-rumus geotermometer persamaan (2) dan (3)

Suhu reservoir Talang Haha yang dihitung berdasarkan geotermometer  $(Na - K)_p$  adalah  $(272 - 277)^\circ\text{C}$ . Hasil perhitungan suhu ini hampir mendekati perhitungan suhu oleh Marini dan Susangkyono (1999) menggunakan geotermometer Na-K di daerah Tulehu pulau Ambon dan memberikan suhu reservoir  $230^\circ\text{C}$  sampai  $245^\circ\text{C}$  yang juga merupakan jenis panasbumi dengan suhu tinggi dengan kenampakan suhu rata-rata di permukaan adalah  $70^\circ\text{C}$ .



**Gambar 2.** Grafik perbandingan suhu reservoir Talang Haha yang dihitung dengan rumus-rumus geotermometer persamaan (2) dan (3)

**Tabel 2.** Hubungan antara suhu, pH, dan konduktivitas yang terukur di permukaan air panas dengan suhu reservoir mata air panas Talang Haha berdasarkan persamaan (2) dan (3)

Stasiun pengukuran	Rata-rata hari pertama dan kedua			Suhu reservoir, T (°C)	Jenis panas bumi
	Suhu, T (°C)	pH ( $\pm 0,01$ )	Konduktivitas ( $\mu\text{S/m}$ )		
1	(54,4-56,4)	(7,2-7,6)	(0,200-0,240)	272	suhu tinggi
2	(50,8-52,4)	(7,3-7,7)	(0,090-0,150)	277	suhu tinggi
3	(58,9-60,2)	(7,2-7,5)	(0,210-0,250)	274	suhu tinggi
4	(55,2-57,3)	(7,2-7,6)	(0,205-0,245)	275	suhu tinggi

## KESIMPULAN

Daerah mata air panas Talang Haha mempunyai tingkat keasaman yang rendah atau pH netral yang berkisar antara  $(7,1-7,9)$  dan didukung oleh 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 panasbumi dominasi air panas (*water heated reservoir*).

Suhu reservoir yang dihitung dengan rumus geotermometer  $(Na - K)_p$  dianggap baik diterapkan di Talang Haha karena geotermometer tersebut memiliki nilai *rms-error* lebih kecil dari 2 %. Berdasarkan pada tingginya suhu, sistem panasbumi Talang Haha adalah jenis panas bumi dengan suhu tinggi, yaitu suhu antara  $(272 - 277)^\circ\text{C}$  sehingga berpotensi sebagai lapangan panasbumi.

Perlu adanya penyelidikan lanjutan di daerah Talang Haha sebagai daerah prospek panasbumi, misalnya eksplorasi lanjut (*pre feasibility study*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Benjamin, T., Charles, R. and Vidale, R., 2003, *Thermodinamic 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.
- Ellis, A.J. and Mahon, W.A.J., 1977, *Geochemistry and Geothermal System*, Academic Press, New York, N.Y., 392 pp.
- Marini, L. and Susangkyono, A.E., 1999, *Fluid Geochemistry of Ambon Island (Indonesia)*, Geothermics, Vol. 28: 184-204.
- Rybach, L. and Muffler, L.J.P., 1981, *Geothermal System: Principles and Case Histories*, New York: John Wiley & Sons., 1-32.
- Saptadji, N., 2009, *Energi Panas Bumi di Indonesia*, ITB, Bandung.
- Sulaeman, B., Asngari dan Nuryasin, 2007, *Penyelidikan Geokimia Panas Bumi Daerah Akeshu-Tidore, Maluku Utara*, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.