

# Estimasi Suhu Reservoir Menggunakan Geotermometer (Studi Kasus Lapangan Panas Bumi Jaboi, Sabang)

## *Reservoir Temperature Estimation By Using Geothermometry (Case Study on Geothermal Field Jaboi, Sabang)*

Eliyani<sup>1</sup>, Muhammad Isa<sup>1\*</sup>, Khairi<sup>2</sup> dan Muhammad Rusdi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Syiah Kuala 23111

<sup>2</sup>Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Syiah Kuala 23111

<sup>3</sup>Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala 23111

*Received December, 2018, Accepted January, 2019*

Gunung api Leumo Matee dan Seumeuregoh, Jaboi Sabang memiliki potensi energi panas bumi sangat besar. Hal ini ditandai dengan adanya manifestasi yang muncul di permukaan seperti uap panas, fumarol dan sumber air panas. Oleh karena itu, perlu dikaji lebih dalam dan menyeluruh untuk mendapatkan informasi yang detail, terutama parameter suhu dan karakteristik batuan/mineral. Sebuah penelitian telah dilakukan untuk kajian geokimia terutama analisis kimia fluida panas bumi. Pendekatan untuk menentukan karakteristik fluida kimia panas bumi dilakukan dengan metode geotermometer untuk mengukur kandungan air ( $\text{SiO}_2$ ) dan gas (Na-K) serta konsentrasi anion dan kation. Berdasarkan data pengamatan lapangan dan hasil uji laboratorium yang sudah terstandarisasi menunjukkan bahwa suhu bawah permukaan untuk fluida cair adalah  $228^\circ\text{C}$  dan untuk gas sebesar  $220^\circ\text{C}$ . Hasil pengujian sampel fluida panas bumi menunjukkan bahwa manifestasi panas bumi Kawah I dan Kawah IV daerah Jaboi, Sabang sangat prospek untuk dikembangkan. Informasi fluida ini menjadi salah satu parameter dalam pengembangan potensi panas bumi. Oleh karena itu sangat penting ditindaklanjuti karena dapat menjawab kebutuhan energi yang ramah lingkungan dan energi terbarukan.

*The Volcano Leumo Matee and Seumeuregoh, Jaboi Sabang have enormous geothermal energy potential. This is characterized by the presence of surface manifestations such as hot steam, fumaroles and hot springs. Therefore, it needs to be studied more deeply and thoroughly to obtain detailed information, especially the temperature and rock/mineral characteristics. A study has been carried out for geochemical studies, especially chemical analysis of geothermal fluids. The approach to determine the characteristics of the geothermal chemical fluid is carried out by geothermometry to measure the water content ( $\text{SiO}_2$ ) and gas (Na-K) as well as the concentration of anions and cations. Based on field observations and standardized laboratory tests, the subsurface temperature for liquid fluids is  $228^\circ\text{C}$  and for gases of  $220^\circ\text{C}$ . The results of testing geothermal fluid samples show that the geothermal manifestations of Kawah I and Kawah IV Jaboi, Sabang are very prospects to be developed. This fluid information is one of the parameters in developing geothermal potential. Therefore, it is very important to follow up because it can answer the needs of environmentally friendly energy and renewable energy.*

**Keywords:** Volcano, Geothermometry, Temperature, Reservoir

### Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki sumber daya alam terbarukan yang sangat besar. Sumber energi panas bumi yang dimiliki mencapai 29 GW (Royana, 2013). Pada sisi lain, energi fosil yang tidak dapat diperbaharui ketersediaannya karena semakin berkurang sementara konsumsi semakin bertambah. Apabila kondisi ini terus berlangsung,

maka diperkirakan akan terjadi krisis energi suatu saat. Oleh karena itu, Pemerintah Indonesia sangat mendukung program eksplorasi/eksploitasi energi alternatif pengganti energi yang bersumber dari fosil. Salah satunya adalah energi panas bumi (*geothermal*), yang merupakan energi yang bersumber dari aktivitas gunung api yang disebabkan oleh proses magmatik di dalam lapisan bumi (Isa,

2011). Berdasarkan Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006, Kebijakan Energi Nasional bertujuan mewujudkan keamanan pasokan energi dalam negeri, dengan sasaran utama energi terbarukan pada tahun 2025. Peranan energi panas bumi diproyeksikan lebih dari 5 persen dari total pasokan energi (primer) nasional (WWF, 2013). Pengesahan undang-undang 21 Tahun 2014 tentang panas bumi akan mempercepat penambahan kapasitas pengembangan energi panas bumi. Dalam hal ini, Kementerian ESDM mempunyai kewenangan dan tanggung jawab penuh untuk mencapai target tersebut. Potensi panas bumi yang sebagian besar berasosiasi dengan kawasan hutan, mutlak diperlukan koordinasi antara berbagai pihak dalam pemanfaatannya.

Sumatera merupakan salah satu pulau yang memiliki potensi energi panas bumi terbesar di Indonesia yaitu mencapai 12.760 MW (Royana, 2013). Hal ini yang mengindikasikan bahwa Pulau Sumatera memiliki potensi panas bumi yang sangat besar dan prospektif untuk dikembangkan (Hidayat, 2014) termasuk yang terdapat di Aceh. Parameter utama dalam prospek panas bumi adalah suhu fluida di reservoir. Sampel air panas dapat digunakan untuk memperkirakan suhu dari reservoir (Aribowo, 2011; Riogilang, 2013). Aceh memiliki banyak potensi panas bumi yang sedang dikembangkan diantaranya lapangan panas bumi Jaboi, Sabang dan Seulawah Agam di Aceh Besar (Isa dkk, 2016; Subhan, 2017; Alatas, 2017).

## Metodologi

Survei geokimia berguna dalam menentukan sistem panas bumi baik dominan air atau uap, menduga suhu di bawah permukaan, menduga homogenitas sumber air dan menginterpretasikan data yang diperoleh. Dalam metode ini dibangun model yang paling realistis dari sistem panas bumi berdasarkan tipe dan karakteristik dari fluida panas bumi yang ada. Sebuah reservoir panas bumi mempunyai volume batuan permeabilitas dan mengandung fluida hidrotermal. Fluida ini merupakan air meteorik yang mengandung diantaranya  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , pH,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ , Na dan K. Penyelidikan geokimia meliputi; pemetaan Hg dan konsentrasi  $\text{CO}_2$ , estimasi suhu fluida reservoir dengan geotermometer dan analisis kimia fluida panas bumi. Sampel geokimia dilakukan secara sistematis menurut pengukuran di daerah manifestasi. Temperatur bawah permukaan reservoir dianalisis dengan menggunakan geotermometer  $\text{SiO}_2$  (air) dan

geotermometer Na-K (gas). Hasil analisis air panas untuk menentukan temperatur bawah permukaan menggunakan persamaan  $\text{SiO}_2$  (Fournier, 1982) dan persamaan Na/K (Giggenbach, 1992). Pendekatan dimaksud ditunjukkan oleh Pers. (1) dan (2).

$$T^{\circ}\text{C} = \left\{ \frac{1310}{5.19 - \log(\text{SiO}_2)} - 273.15 \right\} \quad (1)$$

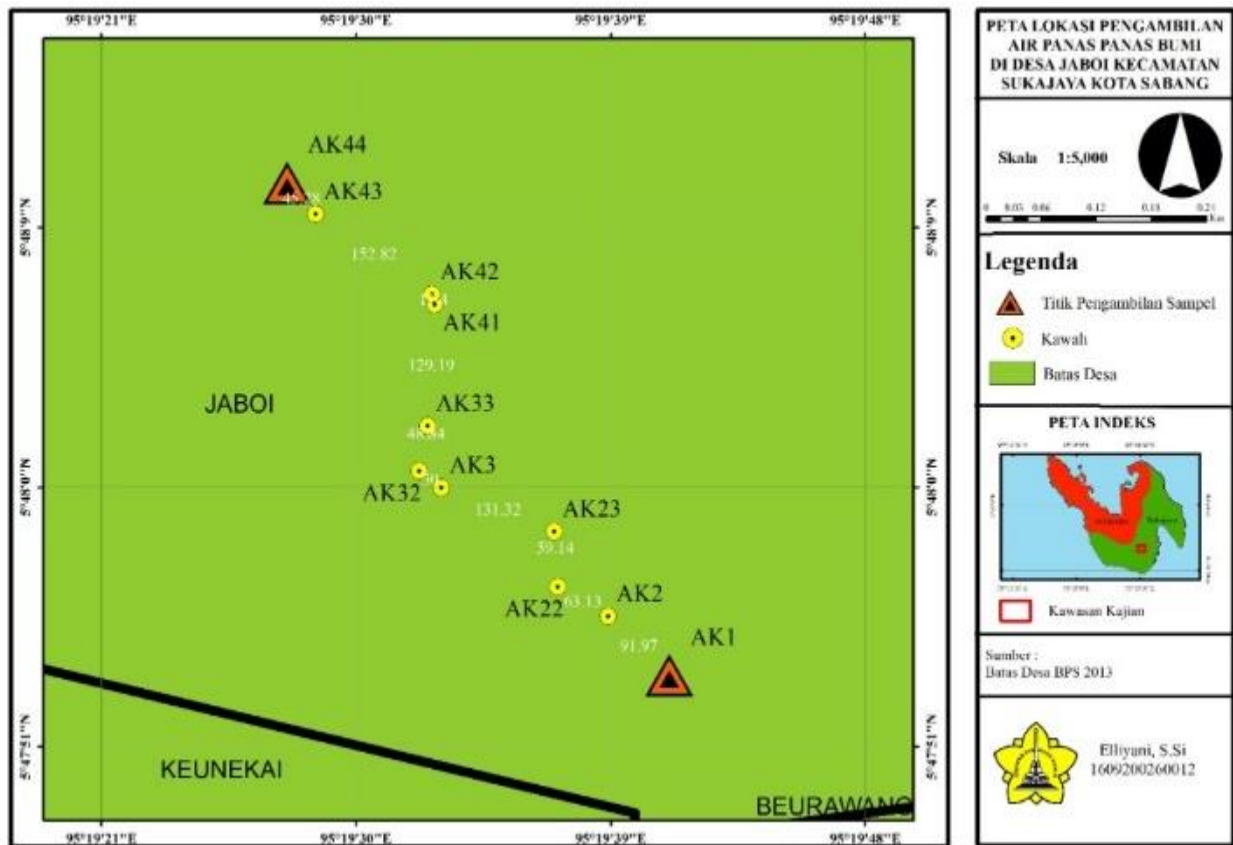
$$T^{\circ}\text{C} = \frac{1217}{\log\left(\frac{\text{Na}}{\text{K}}\right) + 1.483} - 273.15 \quad (2)$$

## Penentuan konsentrasi $\text{Cl}^-$ dengan argentometri

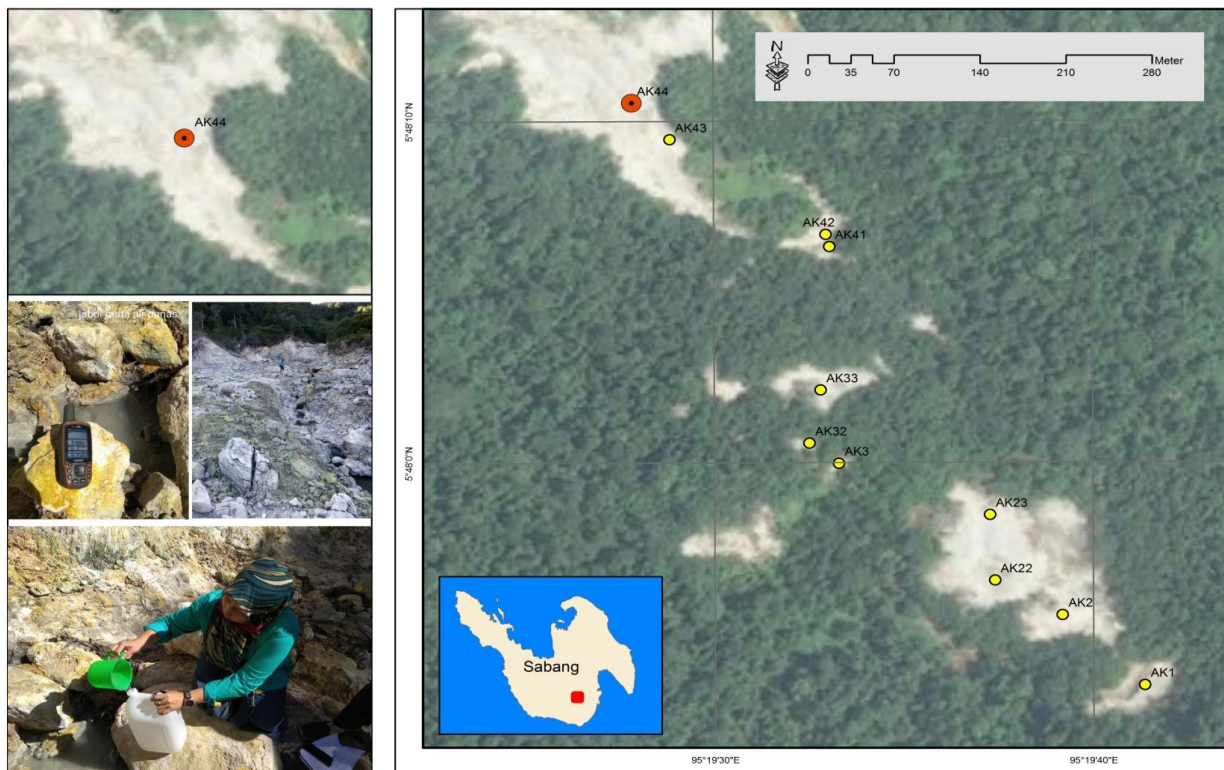
Sebanyak 2 mL sampel uji air secara triplo, dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 mL dan ditambahkan dengan air suling bebas klorida sebanyak 50 mL. Kemudian disiapkan larutan blanko, ditambahkan 1 mL larutan indikator  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  sebesar 5%. Dititirasi dengan larutan baku  $\text{AgNO}_3$  sampai titik akhir titrasi yang ditandai dengan terbentuknya endapan merah kecoklatan dari  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ , dicatat volume  $\text{AgNO}_3$ . Selanjutnya dilakukan titrasi blanko terhadap 100 mL air bebas klorida. Diulangi titrasi tersebut sebanyak tiga kali, dicatat rata-rata volume  $\text{AgNO}_3$  yang diperoleh.

## Penentuan konsentrasi Kation menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA)

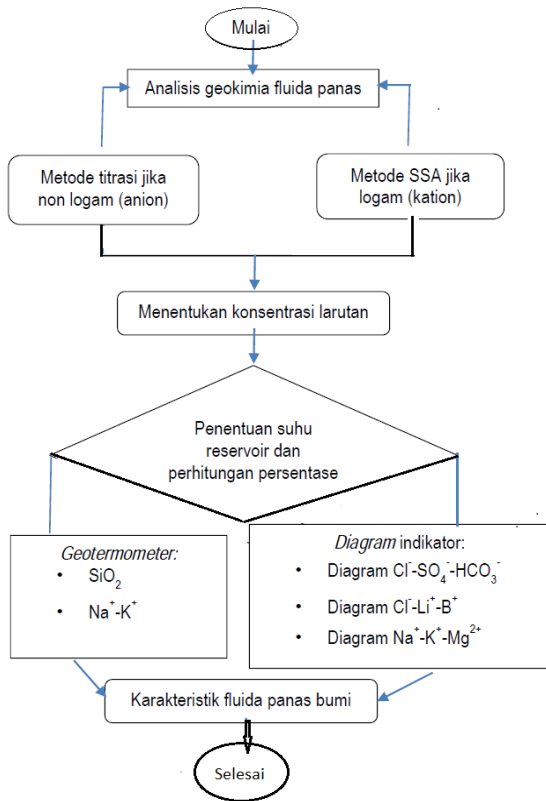
Larutan baku ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ) (1000 mg/mL) dipipet sebanyak 0,5 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL dan diencerkan dengan menambahkan akuades hingga konsentrasi mencapai 10 mg/L (SNI 06-6989,69, 2009). Larutan sampel diukur absorbansinya dengan menggunakan SSA pada panjang gelombang maksimum ( $\lambda_{\text{maks}}$ ) dengan menggunakan lampu dari masing-masing logam. Nilai absorbansi yang diperoleh umumnya berada dalam rentang kurva kalibrasi larutan baku masing-masing logam. Konsentrasi logam dalam sampel dapat ditentukan berdasarkan persamaan regresi dari kurva kalibrasi (Astuti, 2009). Pengambilan titik-titik sampel berada pada Kawah I dan Kawah II seperti terlihat pada Gambar 1. Untuk pengujian dan pengukuran konsentrasi air dan gas berlangsung di balai riset dan standarisasi (Baristan) Kota Banda Aceh. Disamping itu dilokasi pengambilan sampel ditentukan koordinat dari setiap titik Kawah I maupun Kawah II seperti tampak pada Gambar 2. Adapun tahapan penelitian temperatur bawah permukaan dan konsentrasi fluida panas bumi dapat ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 3.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel air panas



Gambar 2. Posisi sampel pada Kawah I dan Kawah II



Gambar 3. Diagram alir analisa fluida panas bumi

**Hasil Penelitian**

Sumber panas adalah massa panas dimana aliran fluida yang membawa panas ke permukaan, berinteraksi dengan sistem air tanah di bawah permukaan pada suhu sangat tinggi dan intrusi magmatik pada kedalaman antara 5-10 km. Penyelidikan geokimia meliputi; pemetaan Hg dan konsentrasi CO<sub>2</sub>, estimasi suhu fluida reservoir dengan geotermometer dan analisis kimia fluida panas bumi. Pada pengukuran data karakteristik titik manifestasi sebagai keluaran fluida panas bumi lokasi kawah I dan kawah IV dilakukan sesuai dengan teknik proporsional sampling. Pengukuran ini dilakukan dengan kriteria yang telah ditentukan semula yakni titik manifestasi yang memiliki debit air yang paling besar dan memiliki suhu yang tinggi.

**Hasil Uji Kandungan Kation dan Anion Sampel Mata Air Panas Jaboi, Sabang**

Hasil pengujian di laboratorium Baristan yang sudah terstandarisasi dan pengolahan data yang telah dilakukan diperoleh nilai kandungan untuk masing-masing kation dan anion ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa dari hasil pengujian diperoleh kandungan ion tertinggi dari sampel mata air panas kawah I adalah ion sulfat

dengan nilai konsentrasi 5400 mg/L. Hal ini berarti bahwa fluida panas bumi Jaboi Sabang terbentuk pada kedalaman dangkal akibat dari proses kondensasi gas panas bumi yang menuju dekat permukaan. Sumber mata air panas banyak mengandung ion sulfat terjadi di daerah panas bumi yang dikontrol oleh kegaitan vulkanik aktif, di mana air permukaan merupakan hasil kondensasi uap. Untuk kandungan ion kalsium memiliki konsentrasi kation yang tinggi yaitu sebesar 19,579 mg/L. Umumnya ion tersebut dikontrol oleh interaksi fluida batuan yang tergantung pada temperatur.

Tabel 1. Konsentrasi anion dan kation (mg/L)

Kode	Kawah I	Kawah IV
HCO <sub>3</sub>	0,122	0,122
Cl	155,3	155,3
SO <sub>4</sub>	3500,0	5400,0
Ca	19,579	1,455
K	36,46	20,58
Mg	67,98	24,63
Na	85,84	23,34

**Geotermometer Na-K Fournier (1979)**

Hasil perhitungan menggunakan geotermometer Na/K menghasilkan temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengukuran menggunakan geotermometer Na-K-Ca. Berdasarkan hasil temperatur yang diperoleh dari persamaan geotermometer Na/K, temperatur reservoir panas bumi Jaboi diperkirakan berkisar 228°C. Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa suhu bawah permukaan daerah penelitian berada pada level tinggi (≥ 225°C), sehingga potensial untuk dikembangkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) (Neni MS, 2001).

**Geotermometer Na-K Giggenbach (1988)**

Untuk fluida gas/uap Na-K, hasil perhitungan suhu menggunakan persamaan geotermometer Na/K Giggenbach (1988), diperoleh temperatur bawah permukaan untuk sampel uap panas Jaboi Sabang sebesar 220°C. Berdasarkan nilai perhitungan tersebut, menunjukkan bahwa suhu bawah permukaan daerah penelitian berada tingkatan sedang (150 - 225°C), artinya nilai temperatur juga potensial untuk menjadi salah satu parameter dalam program pengembangan energi terbarukan. Selain temperatur, parameter permeabilitas dan porositas menjadi

penting produksi fluida panas bumi. Fluida panas bumi yang terperangkap dalam lapisan batuan yang disebabkan oleh aktivitas tektonik, perubahan struktur geologi dan patahan yang terbentuk akibat keberadaan permeabilitas dan porositas batuan. Permeabilitas ini dapat menentukan tingkatan atau jumlah cairan dapat diproduksi sedangkan porositas batuan reservoir dapat menentukan jumlah total cairan yang tersedia. Pada diagram segitiga Na-K-Mg air panas Kawah I dan Kawah IV berada pada zona *partial equilibrium* mengindikasikan reaksi fluida dengan batuan reservoir telah mencapai kesetimbangan sebagian. Sedangkan untuk sampel air panas yang lain berada pada zona *immature water* mengindikasikan bahwa air panas tersebut telah tercampur dengan air dingin di permukaan dengan proporsi yang tinggi.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan geotermometer baik untuk air dan gas serta analisa konsentrasi anion dan kation menunjukkan bahwa fluida panas bumi di lokasi Kawah I dan Kawah IV bertemperatur tinggi ( $<220^{\circ}\text{C}$ ). Tipe fluida panas bumi pada lokasi pengambilan sampel sulfat didominasi oleh uap panas. Sistem panas bumi daerah penelitian termasuk dalam daerah vulkanomagmatik karena nilai klorida sangat tinggi dengan aliran *upflow*. Sistem panas bumi ini sangat prospek untuk dikembangkan sebagai energi terbarukan.

### Referensi

- Arnorsson, S. 1983. *New gas geothermometers for geothermal exploration calibration and application*, *Geochemica et Cosmochimica Acta* Vol. 49, pp 1307-1325
- Alatas, M. 2017. *Kajian Geokimia Air Panas Bumi Manifestasi Ie Jue Seu'um Dearah Upflow Lamteuba Seulawah Agam, Aceh Besar*. Skripsi. Universitas Syiah Kuala-Banda Aceh
- Andayani, H., 2012. *Pengembangan Persamaan Geotermometer Empiris Untuk Estimasi Suhu Reservoir Sumber Mata Air Panas*. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng & DIY. Purworejo. Indonesia. Vol. 1:191-195
- Aribowo, Y. 2011. *Prediksi Temperatur Reservoir Panas Bumi dengan Metode Geotermometer Kimia Fluida*. TEKNIK. Vol. 32 No.3 Tahun 2011, ISSN 0852-1697
- Astuti, P. 2009. *Badan POM RI. Kajian Khasiat dan Keamanan "Daerah abu-abu" antara obat dan makanan serta Pengujian Logam di Lab. Pangan PPOMN BPOM RI*, 10 (4) 9.
- Dedi K, Supeno, dan Edi S. (2005) *Penyelidikan Geokimia Panas Bumi Sabang, Nanggroe Aceh Darussalam*. Lap. panas bumi PSDG.
- Fournier, R. O. (1977). *Chemical Geothermometers and Mixing Models for Geothermal Systems*. *Geothermics*, Vol. 5, pp. 41-50. Pergamon Press. Printed in Great Britain.
- Giggenbach, W. F. (1988). *Geothermal Solute Equilibria, Derivation of Na-K-MgCa geoindicators*. *Cosmochim. Acta*, 52, 2749-2765.
- Giggenbach, W.F. 1991: *Chemical Techniques in Geothermal Exploration* (in D'Amore, F. Applications of geochemistry in geothermal reservoir development). UNITAR/UNDP publication, Rome, 119-142.
- Grant, F. S., and West, G. F. (1965). *Interpretation Theory In Applied Geophysics*. McGraw Hill Corporation, New York.
- Isa, M., Sary, C.A., dan Ismail, N. 2016, *Analisa data anomali medan magnetik Pada kawasan potensi panas bumi*, Inovasi Pembelajaran, Riset dan Publikasi, Seminar Nasional Fisika, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, 28 April 2016, UIN Ar-Raniry Banda Aceh, FTK Ar-Raniry Press, 0, 978-602-60401-1-4.
- Isa, M., Lim, H.S. and Mat Jafri, M.Z. 2011, *The study of electromagnetic field response using very low frequency method in geothermal area, Sabang*, American Institute of Physics Conference Proceedings, Malaysia Annual Physics Conference 2010, Perak - Malaysia, 27-30 Oktober 2010, Malaysia, American Institute of Physics, doi: 10.1063/1.3573762.
- Royana, R. 2013. *Panduan Kelestarian Ekosistem Untuk Pemanfaatan Panas Bumi*. WWF-Indonesia, Jakarta.
- Subhan. 2017. *Kajian Geokimia Air Panas Bumi Manifestasi Ie Seu'um Dearah Outflow Seulawah Agam, Aceh Besar*. Skripsi. Universitas Syiah Kuala-Banda Aceh.
- Telford, W. M., Geldart, R. E., Sheriff, R. E., and Keys, D. A. (1990). 2nd ed., *Applied Geophysics*, Cambridge University Press: New York.