

Karakteristik Fluida Mata Air Panas di Kabupaten Tanah Datar

Muhammad Fajrin, Ardian Putra*

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas

Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 05 Februari 2021

Direvisi: 16 Februari 2021

Diterima: 17 Februari 2021

Kata kunci:

asal usul fluida
diagram segitiga
mata air panas
panas bumi

Keywords:

fluid origin
triangle diagram
hot spring
geothermal

Penulis Korespondensi:

Ardian Putra

Email: ardianputra@sci.unand.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik fluida pada 6 (enam) titik mata air panas di Kabupaten Tanah Datar terkait asal usul fluida panas bumi, pengenceran fluida panas bumi dan kesetimbangan fluida panas bumi. Konsentrasi Li, B, Na, K, dan Mg pada masing-masing sampel diukur dengan menggunakan *Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy* (ICP-AES) dan konsentrasi Cl diukur menggunakan dengan metode titrasi. Diagram segitiga Cl-Li-B menunjukkan seluruh sampel didominasi oleh Cl yang mengindikasikan bahwa mata air panas di Kabupaten Tanah Datar berasal dari sumber panas bumi dan terjadi sedikit pengenceran batuan sedimen organik. Plot diagram segitiga Na-K-Mg menunjukkan seluruh sampel berada pada daerah *immature water* yang mengindikasikan fluida panas bumi Kabupaten Tanah Datar bercampur dengan air permukaan yang cukup banyak.

This study aims to identify the characteristics of the fluids at 6 (six) hot springs in Tanah Datar Regency regarding the origin of geothermal fluids, dilution of geothermal fluids and equilibrium of geothermal fluids. The concentrations of Li, B, Na, K, and Mg in each sample were measured using Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy (ICP-AES) and Cl concentrations were measured using the titration method. Based on these results, the Cl-Li-B triangle diagram shows that all samples are dominated by Cl, which indicates that the hot springs in Tanah Datar Regency originate from geothermal sources and there is a slight dilution of organic sedimentary rocks. The plot of the Na-K-Mg triangle diagram shows that all samples are in the immature water area, which indicates that the geothermal fluid in Tanah Datar is mixed with quite a lot of surface water.

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Energi panas bumi adalah energi yang tersimpan dalam bentuk air atau uap panas pada kondisi geologi tertentu memiliki kedalaman beberapa kilometer di dalam kerak bumi (DiPippo, 2012). Panas bumi merupakan energi panas yang terkandung dalam bumi yang menghasilkan fenomena geologi pada sebuah planet (Dickson dan Fanelli, 2003). Perpindahan panas bumi dari sumber panas ke zona pelepasan panas terjadi secara alami dalam volume tertentu di kerak bumi (Hochstein dan Browne, 2000 dalam Saptadji, 2009). Panas bumi memiliki suhu yang tinggi jika berada di kawasan gunung api (Wohletz dan Heiken, 1992).

Panas bumi dapat dicirikan dengan adanya tanda-tanda yang muncul ke permukaan yang disebut dengan manifestasi (Saptadji, 2009). Rekanan kerak bumi dan dorongan temperatur bawah bumi yang tinggi menyebabkan manifestasi panas bumi naik ke permukaan (Suparno, 2009). Manifestasi panas bumi tersebut dapat berupa tanah panas, geysir, fumarol, uap panas, sinter silika dan mata air panas (Saptadji, 2009). Sebagian mata air panas yang muncul dapat mengidentifikasi adanya sistem panas bumi di bawah permukaan bumi tersebut.

Menurut Direktorat Panas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia (2017) Indonesia memiliki potensi panas bumi sebesar 28.579 MW dengan total sumberdaya 11.073 MW dan total cadangan 17.506 MW. Menurut data pada *website* Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Sumatera Barat (2017) Sumatera Barat memiliki potensi panas bumi sebesar 1.656 MW dengan total cadangan 858 MW. Potensi Panas Bumi Sumatera Barat tersebar di Kabupaten Pasaman, Pasaman Barat, Lima Puluh Kota, Tanah Datar, Agam, Solok, dan Solok Selatan.

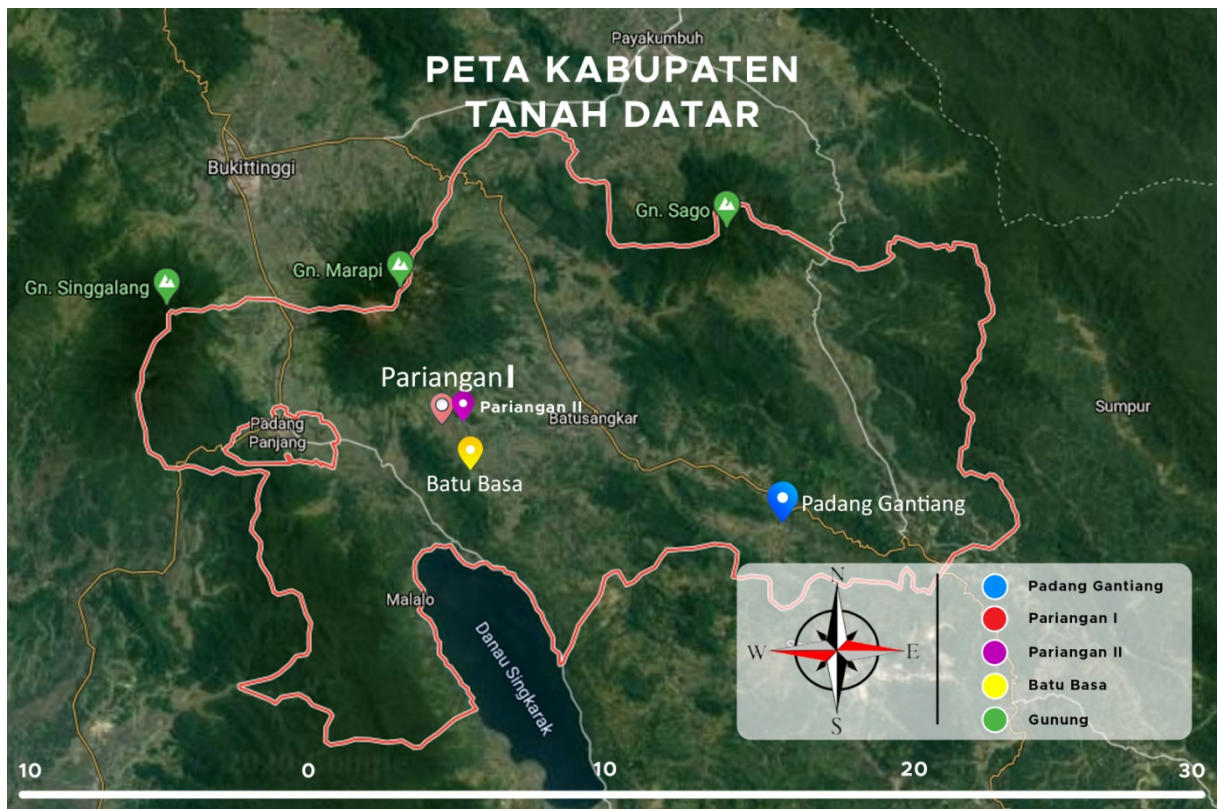
Utami dan Putra (2018) menganalisis karakteristik mata air panas di sekitar Gunung Talang menggunakan beberapa diagram segitiga. Dengan menggunakan diagram segitiga Na-K-Mg, fluida diindikasikan berada di zona *immature water* yang menandakan bahwa mata air panas di daerah penelitian telah mengalami pengenceran ketika menuju permukaan bumi. Ditinjau dari analisis diagram segitiga Cl-Li-B, mata air panas tersebut diperkirakan berasal dari sistem hidrotermal baru dan mata air panas keluar dari zona *outflow*. Pemetaan tipe mata air panas di semua mata air panas di Sumatera Barat menggunakan diagram segitiga Cl-SO₄-HCO₃ telah dilakukan Burhan dan Putra (2017). Penelitian ini memperlihatkan bahwa daerah di Kabupaten Tanah Datar memiliki lima titik sumber mata air panas yang terdiri dari empat tipe bikarbonat dan satu tipe sulfat. Menurut Nicholson (1993) menyatakan daerah tipe mata air panas bikarbonat mengindikasikan sistem panas bumi bertemperatur sedang atas dibawah 250°C. Karena adanya potensi panas bumi di daerah tersebut, maka penelitian ini dilakukan di daerah Tanah Datar sebanyak empat titik sampel yang memiliki sifat bikarbonat untuk mengetahui karakteristik lain tentang fluida yang keluar pada mata air panas di daerah Tanah Datar. Penelitian ini akan mengevaluasi proses pengenceran fluida, asal usul fluida dan keseimbangan fluida panas bumi menggunakan diagram segitiga Cl-Li-B dan diagram segitiga Na-K-Mg.

II. METODE

2.1 Pengambilan Data

Pengambilan sampel air panas adalah di 4 titik sumber mata air panas yang berada di Kabupaten Tanah Datar, Sumatera Barat, yang diberi label Pariangan1, Pariangan2, Batu Basa, dan Padang Ganting. Titik lokasi ini diambil berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Burhan dan Putra (2017) dan koordinatnya terlihat pada Gambar 1. Pengujian kandungan unsur pada sampel dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Universitas Andalas menggunakan alat ICPE-9000 yang berfungsi sebagai alat untuk mengetahui konsentrasi kandungan logam di dalam air panas seperti Na, K, Mg, Cl, Li, dan B. dan pengolahan data hasil pengujian dilakukan di Laboratorium Fisika Bumi Jurusan Fisika Universitas Andalas.

Langkah awal pengambilan sampel yaitu mengukur temperatur permukaan fluida air panas menggunakan termometer digital. Pengukuran ini dilakukan langsung pada setiap sampel di lokasi penelitian dan nilai pH fluida air panas diukur menggunakan pH meter dan dilakukan pada setiap lokasi sampel mata air panas. Pengujian sampel fluida mata air panas dilakukan dengan alat ICP-AES dan titrasi di Laboratorium Teknik Lingkungan, Universitas Andalas. Pengujian ini untuk mengetahui konsentrasi Na, K, Mg, Cl, Li, dan B. Pengujian dilakukan untuk seluruh sampel.



Gambar 1 Titik Pengambilan Data

2.2 Pengolahan Data

Konsentrasi Cl, Li, dan B yang telah diketahui dimasukan ke dalam Persamaan (1) sampai Persamaan (4) untuk menentukan persentase dari unsur Cl, Li, dan B, kemudian diplot pada diagram segitiga Cl-Li-B (Simmons, 1998).

$$S = [Cl] + 100[Li] + 25[B] \quad (1)$$

$$\%Cl = \frac{[Cl]}{S} \times 100 \quad (2)$$

$$\%Li = \frac{100[Li]}{S} \times 100 \quad (3)$$

$$\%B = \frac{25[B]}{S} \times 100 \quad (4)$$

Konsentrasi Na, K, dan Mg yang telah diketahui dimasukan ke dalam Persamaan 5 sampai Persamaan 8 kemudian diplot pada diagram segitiga Na-K-Mg (Simmons, 1998).

$$S = [Na] + 10[K] + 1000[Mg]^{1/2} \quad (5)$$

$$\%Na = \frac{[Na]}{S} \times 100 \quad (6)$$

$$\%K = \frac{10[K]}{S} \times 100 \quad (7)$$

$$\%Mg = \frac{1000[Mg]^{1/2}}{S} \times 100 \quad (8)$$

Berdasarkan diagram segitiga tersebut dilihat dimana posisi sampel setelah diplot dan kemudian dianalisis asal usul, pengenceran dan kesetimbangan fluida tersebut.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Data Sampel Air Panas

Hasil pengukuran temperatur permukaan, pH air, kandungan natrium, kalium, magnesium, litium, boron, klorida pada masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 1. Temperatur permukaan pada daerah penelitian berkisar antara 31,4 °C - 47,7 °C. Setiap sampel air panas daerah penelitian memiliki pH pada rentang 6,2-8,7. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa pada setiap sampel untuk unsur yang sama memiliki konsentrasi yang berbeda-beda. Hal tersebut disebabkan karena setiap sistem panas bumi memiliki karakteristik masing-masing. Setiap manifestasi panas bumi yang keluar ke permukaan mengalami reaksi yang berbeda-beda dan jenis batuan yang dilewati yang berbeda-beda juga.

Tabel 1 Data sampel air panas

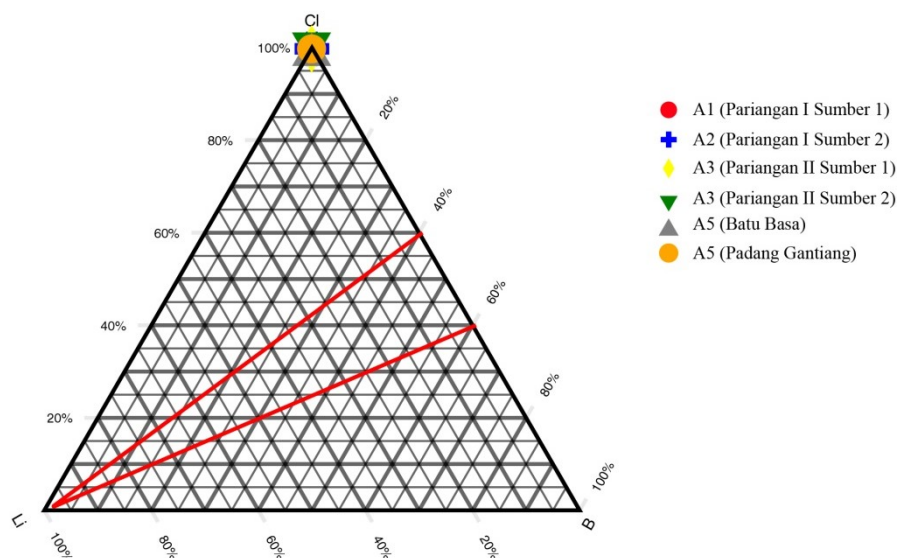
Kode Sampel	T (°C)	pH	Konsentrasi (ppm)					
			Na	K	Mg	Cl	Li	B
A1	41,9	6,4	1,02	1,22	0,25	150	0,0018	0,0053
A2	41,5	6,2	1,06	1,18	0,24	140	0,0022	0,0063
A3	45,3	6,4	1,16	1,26	0,23	160	0,0032	0,0048
A4	44,3	6,2	1,20	1,16	0,22	140	0,0039	0,0051
A5	31,4	7,1	1,55	1,32	0,52	180	0,0041	0,0072
A6	47,7	8,7	1,34	1,45	0,23	170	0,0037	0,0043

3.2 Asal Usul dan Pengenceran Air Panas

Untuk menentukan asal dan pengenceran fluida panas bumi dapat diketahui menggunakan unsur Cl, Li dan B karena unsur ini berasal dari sumber panas bumi. Perhitungan persentase kandungan unsur Na, K, dan Mg dilakukan menggunakan Persamaan 1 sampai Persamaan 4. Hasil perhitungan persentase seluruh sampel mata air panas diplot pada diagram segitiga CL-Li-B. Persentase unsur Cl, Li dan B seluruh sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Persentase unsur Cl, Li, dan B

Kode Sampel	Persentase (%)		
	Cl	Li	B
A1	99,792	0,119	0,088
A2	99,731	0,156	0,112
A3	99,725	0,199	0,074
A4	99,631	0,277	0,090
A5	99,673	0,227	0,099
A6	99,719	0,217	0,063



Gambar 2 Hasil plot diagram segitiga Cl-Li-B

Hasil plot persentase data kimia untuk unsur Cl, Li dan B dapat dilihat pada Gambar 2. Keenam sampel air panas berada pada daerah dominan Cl pada diagram segitiga Cl-Li-B. Air panas yang mengandung unsur Cl yang tinggi umumnya memiliki pH netral sampai sedikit basa. Konsentrasi Cl yang tinggi mengindikasikan bahwa air panas yang naik ke permukaan merupakan fluida yang berasal dari sumber panas dengan pendinginan yang sangat sedikit oleh batuan sekitar aliran fluida (Nicholson, 1993). Hal tersebut disebabkan karena di dalam sistem panas bumi, unsur Cl termasuk susah bereaksi, mudah berpindah di dalam larutan dan bersifat tetap sehingga dapat dilacak asal-usulnya.

Unsur Cl merupakan unsur yang pertama kali terbentuk pada suhu 350 °C dengan konsentrasi yang sangat tinggi. Unsur Cl naik ke permukaan akibat tekanan yang tinggi di bawah permukaan di daerah Kabupaten Tanah Datar. Unsur Cl yang tinggi menandakan proses aliran fluida biasanya terjadi secara *upflow* atau cukup dekat dengan aliran utama fluida panas bumi (Nicholson, 1993). Air panas yang mengandung unsur Cl yang tinggi umumnya memiliki pH netral sampai sedikit basa. pH permukaan air panas bumi ditentukan oleh hilangnya karbon dioksida pada pemanasan fluida yang menyebabkan air menjadi semakin basa.

Sampel air panas berada jauh dari unsur Li pada diagram segitiga Cl-Li-B. Hal tersebut mengindikasikan bahwa mata air panas berada jauh dari sumber panas sistem panas bumi. Menurut Grant dan Bixely (2011) reservoir panas bumi yang dalam memiliki kedalaman lebih dari 2 km dari permukaan. Unsur Li memiliki konsentrasi yang kecil menjelaskan bahwa unsur Li mudah terserap oleh mineral sekunder seperti klorit, kuarsa dan lempung, sehingga semakin jauh jarak migrasi fluida ke permukaan maka konsentrasinya akan semakin berkurang.

Unsur B sampel yang berada jauh dari diagram segitiga Cl-Li-B menandakan bahwa selama perjalanan mata air panas dari sumber panas ke permukaan terjadi sedikit pengenceran oleh batuan yang dilewati oleh aliran air panas. Unsur B dalam larutan merupakan unsur yang sukar bereaksi. Konsentrasi unsur B yang sedikit menandakan bahwa terjadi sedikit asosiasi panas bumi dengan batuan sedimen yang kaya zat organik (Nicholson, 1993). Proses pencucian oleh batuan samping yang berupa batuan beku yang bersifat asam menyebabkan rendahnya kandungan unsur B (Aulia, 2014).

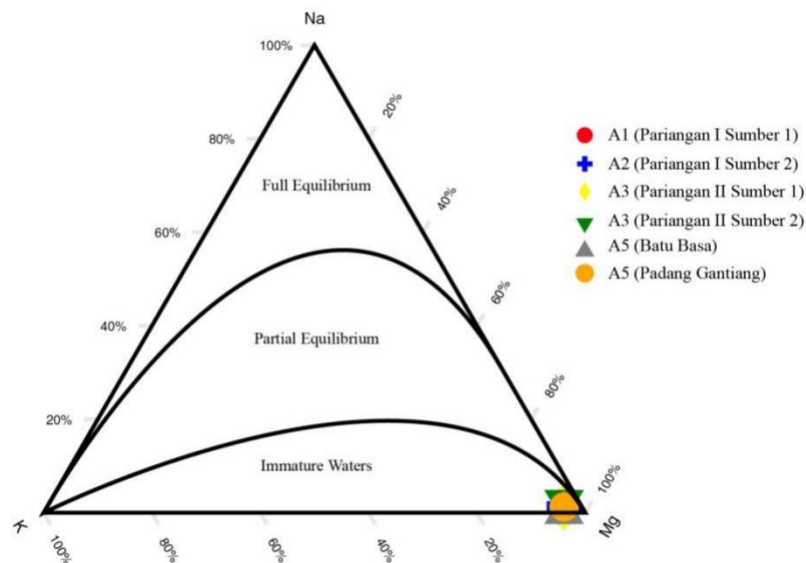
3.3 Kesetimbangan Fluida Panas Bumi

Untuk menentukan kesetimbangan fluida panas bumi dapat diketahui dengan menggunakan konsentrasi unsur Na, K dan Mg yang telah diuji karena unsur ini terbentuk akibat perubahan temperatur fluida panas bumi. Perhitungan persentase kandungan unsur Na, K, dan Mg dilakukan menggunakan Persamaan 5 sampai Persamaan 8. Hasil perhitungan persentase seluruh sampel mata air panas diplot pada diagram segitiga Na-K-Mg. Persentase unsur Na, K dan Mg seluruh sampel dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Persentase Unsur Na, K dan Mg

Kode Sampel	Persentase (%)		
	Na	K	Mg
A1	0,198	2,377	97,424
A2	0,210	2,347	97,442
A3	0,235	2,554	97,210
A4	0,249	2,407	97,343
A5	0,210	1,793	97,995
A6	0,270	2,926	96,802

Hasil plot persentase data kimia untuk unsur Na, K, dan Mg dapat dilihat pada Gambar 3. Terlihat bahwa temperatur permukaan pada lokasi penelitian berkisar antara 31,4 °C – 47,7 °C. Temperatur permukaan yang terukur tersebut merupakan temperatur yang sedang untuk fasa air. Daerah *immature water* pada diagram segitiga Na-K-Mg menandakan fluida panas bumi telah bercampur dengan air permukaan yang lebih dingin sehingga menyebabkan temperatur fluida panas bumi yang sampai ke permukaan menjadi berkurang.



Gambar 3 Hasil Plot Diagram Segitiga Na-K-Mg

Hasil plot persentase unsur Na, K dan Mg dapat dilihat pada Gambar 3 dimana seluruh sampel mata air panas daerah penelitian berada daerah *immature water*. Hal tersebut mengindikasikan bahwa fluida panas bumi di daerah penelitian telah mengalami interaksi dengan batuan panas dan terjadi pencampuran dengan air permukaan yang cukup banyak (Nicholson, 1993). Hasil plot keenam sampel juga memperlihatkan bahwa sampel air panas berada pada dominan Mg pada diagram segitiga Na-K-Mg. Unsur Mg yang berada di dalam suatu sistem panas bumi berjumlah sangat sedikit sehingga persentase Mg yang besar tersebut diindikasikan berasal dari air permukaan. Kondisi *immature water* menandakan bahwa batuan reservoir terletak pada kondisi temperatur dan tekanan yang tinggi dimana mengalami pengenceran oleh air permukaan sebelum mencapai permukaan (Aribowo dan Nurohman, 2012).

Ditinjau dari persentase Na yang dihasilkan, kadar Na dalam air panas di 6 (enam) sampel tersebut berada antara 1,02 ppm sampai 1,55 ppm. Na merupakan unsur yang dikontrol oleh interaksi fluida dengan batuan panas pada sistem panas bumi. Rendahnya kandungan Na pada pengujian mengindikasikan bahwa temperatur reservoir berada di bawah 250 °C.

Diagram segitiga Na-K-Mg pada Gambar 3 memperlihatkan konsentrasi K yang kecil. Unsur K dikontrol oleh interaksi fluida dengan batuan panas pada sistem panas bumi reservoir temperatur tinggi. Unsur K yang kecil pada mata air panas mengindikasikan bahwa aliran fluida panas bumi ke permukaan bergerak secara lambat. Hal tersebut juga mengindikasikan terjadi pencampuran antara air panas yang bersumber dari fluida panas bumi dengan air permukaan di dekat permukaan. Setelah itu proses pendinginan secara konduktif (Nicholson, 1993).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian unsur dan pengolahan data unsur Cl, Li, B, Na, K, Mg yang telah dilakukan terhadap 6 sampel air panas yang diambil di daerah Kabupaten Tanah Datar, maka dapat disimpulkan bahwa mata air panas daerah Kabupaten Tanah Datar berasal dari sumber panas bumi hal ini terlihat dari hasil plot diagram segitiga Cl-Li-B. Namun selama fluida panas bumi bergerak ke permukaan telah terjadi pencucian oleh batuan beku yang dilewati. Berdasarkan diagram segitiga Na-K-Mg, fluida panas bumi Kabupaten Tanah Datar mengalami sedikit pengenceran oleh air permukaan yang cukup banyak. Hal tersebut menandakan sistem panas bumi di Kabupaten Tanah Datar dapat digunakan untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga panas bumi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aribowo, Y., dan Nurrohman, H., 2012, Studi Geokimia Air Panas Area Prospek Panas Bumi Gunung Kendalisodo Kabupaten Semarang Provinsi Jawa Tengah, *Jurnal Teknik*, Vol. 33, No. 1, hal 32-36.
- Aulia, M. Z., 2014, Karakterisasi Panas Bumi TP dengan Analisis Data Geokimia dan Model Magnetotellurik untuk Menentukan Lokasi Titik Bor Eksplorasi, *Skripsi*, Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung, Lampung.
- Burhan, D. dan Putra, A., 2017, Pemetaan Tipe Air Panas di Sumatera Barat, *Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Andalas 2015*, Padang.
- Dickson, M.H. dan Fanelli, M., 2003, *Geothermal Energy: Utilization and Technology*, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, France.
- DiPippo, R., 2012, *Geothermal Power Plants: Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact*, Elsevier, United Kingdom.
- Direktorat Panas Bumi Kementrian Energi Dan Sumber Daya Mineral Indonesia, "Potensi Panas Bumi Indonesia Jilid 1", Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta, 2017.
- Grant, M.A. dan Bixley, P.F., 2011, *Geothermal Reservoir Engineering Edition 2*, Elsevier, Netherlands.
- Nicholson, K., 1993, *Geothermal Fluids*, Springer Verlag, Inc., Berlin.
- Saptadji, M. N., 2009. *Teknik Panas Bumi*. Penerbit ITB, Bandung.
- Suparno, S., 2009, *Energi Panas Bumi: A Present from The Heart of The Earth, Edisi Pertama*, Penerbit UI, Depok.
- Simmons, S. F., 1998, Geochemistry Lecture Note, University of Auckland, Auckland.
- Utami, Z.d., dan Putra, A., (2018), Penentuan Karakteristik Fluida Dan Estimasi Temperatur Reservoir Panas Bumi Di Sekitar HGunung Talang, *Jurnal Fisika Unand*, 7(2) hal 130-136.
- Wohletz, K. dan Heiken, G., 1992, *Volcanology and Geothermal Energy*, University of California Press, United States of America.
- Website Dinas pertambangan dan Energi Provinsi Sumatera Barat, 2017, www.sumbarprov.go.id diakses Juni 2020.