

POLA KANDUNGAN MINERAL DAN POTENSI PANAS BUMI SIOGUNG-OGUNG KABUPATEN SAMOSIR

¹Rita Juliani, ²Rahmatsyah

¹ Jurusan Fisika, FMIPA Unimed. Email: julianiunimed@gmail.com

² Jurusan Fisika, FMIPA Unimed. Email: rahmatunimed@gmail.com

ABSTRAK

Siogung-ogung berada di kaki gunung Pusuk Buhit. Aktifitas Pusuk Buhit perlu di kaji untuk mengetahui manifestasi, kandungan mineral air panas bumi yang akan menentukan prospek panas bumi. Target yang di capai di perolehnya sumber daya alam. Metode yang digunakan adalah dengan menguji sampel air dengan AAS yang di analisa dengan menggunakan Surfur 12 untuk menghasilkan pola kandungan dan geothermometer empiris untuk menentukan potensi daerah panas bumi Siogung-ogung. Hasil yang di peroleh manifestasi daerah panas bumi terdapat air panas dan kolam air panas dengan mineral Na,K,Si, dan Ca. Reservoir panas bumi dengan geothermometer empiris Na-K memiliki temperatur 565,90 - 846,42 °C yang merupakan salah satu sumberdaya alam yang dapat di kembangkan.

Kata kunci: *panas bumi, siogung-ogung, mineral, AAS*

Pendahuluan

Indonesia memiliki sumber daya alam yang berpotensi karena secara georafis menjadi tempat pertemuan lempeng Australia, Eurasia dan Pasifik. Indonesia dilalui sabuk vulkanik yang membentang dari Pulau Sumatera hingga Irian Jaya dengan 117 pusat gunung berapi aktif yang membentuk jalur gunung api sepanjang kurang lebih 7.000 km. Subduksi antara Lempeng Eurasia dan Australia sepanjang 4000 km berperan pada pembentukan 200 gunung berapi dan 100 lapangan panas bumi di Indonesia. Kegiatan vulkanik dari

gunung berapi yang mengitari wilayah Indonesia menghasilkan energi panas bumi yang sangat berlimpah.

Panas bumi (*Geothermal*) adalah sebuah sumber energi panas yang terdapat dan terbentuk di dalam kerak bumi. Panas bumi adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air dan batuan bersama mineral dan gas yang secara genetik semuanya tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panas bumi dan untuk pemanfaatannya diperlukan proses penambangan. Energi panas bumi dapat

digunakan sebagai pengganti tenaga listrik yang menggunakan bahan bakar minyak sehingga dapat dijadikan sumber energi alternatif untuk menghemat cadangan minyak nasional [1].

Pemerintah menetapkan rencana peningkatan pemanfaatan energi panas bumi di Indonesia secara bertahap, dari 807 MW pada tahun 2005 hingga 9500 MW pada tahun 2025, yaitu 5% dari bauran energi tahun 2025 atau setara 167,5 juta barel minyak. Kapasitas pembangkit listrik panas bumi Indonesia baru mencapai 1:169 MW, direncanakan pada tahun 2014 kapasitasnya akan meningkat menjadi 4.733 MW, yaitu 2.137 MW untuk area Jawa-Bali dan 2.596 MW untuk area luar Jawa-Bali. Dilihat dari sisi potensi, Indonesia diperkirakan mempunyai sumber daya panas bumi dengan potensi listrik sebesar 27.510 MW, sekitar 30-40% potensi panas bumi dunia, dengan potensi cadangan 14.172 MW, terdiri dari cadangan terbukti 2.287 MW, cadangan mungkin 1.050 MW dan cadangan terduga 10.835 MW [2]. Listrik yang digunakan di Indonesia sebagian besar memanfaatkan energi konvensional. Baru 3 % dari tenaga listrik yang ada di Indonesia yang memanfaatkan energi panas bumi sementara, BBM 20,6 %,

batu bara 32,7 %, dan gas alam 32,7 % [3].

Salah satu daerah energi panas bumi yang ada di desa Siogung-Ogung. Desa Siogung-Ogung yang merupakan salah satu desa di Kecamatan Pangururan Kabupaten Samosir dengan letak dipinggir Danau Toba atau di sekitar kaki Gunung Pusuk Buhit. Desa Siogung – Ogung terletak antara 98° - 99° BT dan 2° - 3° LU dengan permukaan tanah yang bercampur batuan. Gunung Pusuk Buhit merupakan sisa dari letusan gunung toba yang meletus sekitar 74.000 tahun lalu. Gunung Pusuk Buhit terbentuk pasca letusan gunung toba, Pusuk Buhit tidak meninggalkan catatan letusan sejak tahun 1400. Aktifitas Pusuk Buhit lebih banyak mengeluarkan air panas.

Pengembangan potensi panas bumi menjadi sumber energi alternatif pengganti tenaga listrik berbahan bakar minyak, diperlukan eksplorasi pendahuluan diantaranya adalah dengan menentukan kandungan mineral batuan di daerah panas bumi dan prospek pemanfaatan panas bumi. Geotermometer merupakan bentuk persamaan yang digunakan untuk memperkirakan temperatur di bawah permukaan bumi (reservoir) berdasarkan konsep

ketergantungan kesetimbangan kimia (larutan maupun gas) terhadap temperatur. Metode geothermometer biasa digunakan dalam asesmen potensi panas bumi suatu daerah maupun dalam penelitian ilmiah lain. Suatu set kesetimbangan kimia yang telah terdefinisi persamaan kesetimbangannya terhadap temperatur disebut geothermometer. Metode geokimia yang digunakan berdasarkan pengembangan geothermometer empiris yang melibatkan sejumlah unsur-unsur kimia, yang diperoleh dari diperoleh dari hasil analisis kimia sampel air panas dengan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) yang berupa konsentrasi Na, K, Ca, Mg, dan SiO₂ kemudian dimasukkan ke dalam persamaan geothermometer. Temperatur yang dihitung menggunakan rumus-
 rumus geothermometer tersebut memiliki nilai rms error < 5 % dimungkinkan sebagai temperatur reservoir pada umumnya [4].

Teori

Pengertian Panas Bumi (*Geothermal*)

Jumlah kandungan panas yang tersimpan dalam bumi dan membentuk sistem panas bumi yang telah ada sejak bumi terbentuk. Sistem panas bumi mencakup sistem hidrotermal yang

merupakan sistem tata air, proses pemanasan dan kondisi panas bumi adalah sebuah sumber energi panas yang terdapat dan terbentuk di dalam kerak bumi. Panas bumi adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air dan batuan bersama mineral dan gas lainnya yang secara genetik semuanya tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panas bumi dan untuk pemanfaatannya diperlukan proses penambangan. Panas bumi secara umum sistem dimana air yang terpanasi terkumpul sehingga sistem panas bumi mempunyai persyaratan seperti harus tersedianya air, batuan pemanas, batuan sarang, dan batuan penutup. Sumber daya panas bumi berkaitan dengan mekanisme pembentukan magma dan kegiatan vulkanisme. Sumber panas bumi dapat ditemui di banyak tempat di muka bumi. Namun daerah panas bumi yang memiliki temperatur tinggi sehingga dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tidak tersedia di banyak tempat. Ada beberapa jenis reservoir panas bumi, yaitu reservoir hidrotermal (*hydrothermal reservoir*), reservoir bertekanan tinggi (*geopressured reservoir*), reservoir batuan panas kering (*hot dry rock reservoir*) dan reservoir magma.

Temperatur Reservoir

Temperatur reservoir tergantung dari intensitas panas yang merambat dari batuan sumber panas, sifat termal batuan, seperti kemampuan batuan merambatkan panas dan menyimpan panas (konduktivitas dan kapasitas panas batuan), kemampuan batuan mengalirkan fluida (permeabilitas batuan), karena keanekaragaman sifat batuan, tentunya temperatur dari satu tempat ke tempat lain tidak sama, unik, dalam satu reservoir temperatur tidak homogen dan juga berbeda antara satu reservoir dengan reservoir lainnya. Berdasarkan pada besarnya temperatur

1. Sistem panas bumi bertemperatur rendah, yaitu suatu sistem yang reservoirnya mengandung fluida dengan temperatur lebih kecil dari 125°C.
2. Sistem/reservoir bertemperatur sedang, yaitu suatu sistem yang reservoirnya mengandung fluida bertemperatur antara 125°C dan 225°C.
3. Sistem/reservoir bertemperatur tinggi, yaitu suatu sistem yang reservoirnya mengandung fluida bertemperatur di atas 225°C.

Manifestasi Panas Bumi

Manifestasi panas bumi di permukaan diperkirakan terjadi karena adanya perambatan panas dari bawah permukaan atau karena adanya rekahan-rekahan yang memungkinkan fluida panas bumi (uap dan air panas) mengalir ke permukaan.

Manifestasi permukaan adalah tanda-tanda alam yang nampak di permukaan tanah sebagai petunjuk awal adanya aktivitas panas bumi di bawah permukaan tanah. Bentuk manifestasi permukaan antara lain:

1. **Tanah Panas (*Warm Ground*)** yaitu adanya sumber daya panas bumi di bawah permukaan dapat ditunjukkan antara lain dari adanya tanah yang mempunyai temperatur lebih tinggi dari temperatur tanah di sekitarnya. Hal ini terjadi karena adanya perpindahan panas secara konduksi dari batuan bawah permukaan ke batuan permukaan.
2. **Tanah Beruap (*Steaming Ground*)** merupakan jenis manifestasi dimana uap panas (*steam*) keluar dari permukaan tanah. Uap tersebut berasal dari suatu lapisan tipis dekat permukaan yang mengandung air panas yang mempunyai temperatur sama atau lebih besar dari titik

didihnya. Jika gradien temperatur lebih besar dari $300^{\circ}\text{C}/\text{m}$, maka *steaming ground* sangat berbahaya bagi makhluk hidup karena temperatur yang sangat tinggi menyebabkan tumbuh tumbuhan tidak dapat hidup.

3. **Kolam air panas** merupakan salah satu petunjuk adanya sumber daya panas bumi di bawah permukaan. Kolam air panas terbentuk karena adanya aliran air panas dari bawah permukaan melalui rekahan-rekahan batuan. Pada permukaan air terjadi penguapan yang disebabkan karena adanya perpindahan panas dari permukaan air ke atmosfer. Panas yang hilang ke atmosfer sebanding dengan luas area kolam, temperatur pada permukaan dan kecepatan angin.
4. **Kolam lumpur panas (*Mud Pool*)** Kenampakkannya sedikit mengandung uap dan gas CO_2 , tidak terkondensasi, umumnya fluida berasal dari kondensasi uap. Penambahan cairan lumpur menyebabkan gas CO_2 keluar. *Mud vulkano* adalah tipe dari kolam lumpur panas, dimana gas keluar dari satu celah dengan temperatur lebih kecil dari titik didih [5]. Lumpur terdapat dalam keadaan cair karena

kondensasi uap panas, sedangkan letupan-letupan yang terjadi adalah karena pancaran CO_2 .

5. **Air Panas (*Hot Springs*)** merupakan salah satu petunjuk adanya sumber daya panas bumi di bawah permukaan. Mata air panas terbentuk karena adanya aliran air panas dari bawah permukaan melalui rekahan-rekahan batuan. Temperatur 500°C disebut *warm springs*. Temperatur $>500^{\circ}\text{C}$ disebut *hot springs*. *Hot springs* biasanya agak asam, bila netral umumnya berasosiasi dengan sistem air panas jenuh dengan silika dan menghasilkan endapan sinter. Endapan teras *travetin* biasanya berhubungan dengan karbonat yang terkandung dalam fluida.
6. **Fumarol** adalah lubang kecil yang memancarkan uap panas kering (*dry steam*) atau uap panas yang mengandung butiran-butiran air (*wet steam*). Apabila uap tersebut mengandung gas H_2S maka manifestasi permukaan tersebut disebut solfatar. Fumarol yang memancarkan uap dengan kecepatan tinggi dapat dijumpai di daerah tempat terdapatnya sistem dominasi uap. Uap tersebut mengandung SO_2 yang hanya stabil pada temperatur

yang sangat tinggi ($>5000^{\circ}\text{C}$). Fumarol yang memancarkan uap dengan kandungan asam *boric* tinggi umumnya disebut *soffioni*.

7. **Geysir** merupakan mata air panas yang menyembur ke udara secara *intermittent* (pada selang waktu tidak tentu) dengan ketinggian air sangat beraneka ragam, yaitu dari kurang dari satu meter hingga ratusan meter. Selang waktu penyemburan air (erupsi) juga beraneka ragam, yaitu dari beberapa detik hingga beberapa hari. Lamanya air menyembur ke permukaan juga sangat beraneka ragam, yaitu dari beberapa detik hingga beberapa jam. *Geysir* merupakan manifestasi permukaan dari sistem dominasi air.
8. **Silika sinter** merupakan endapan silika di permukaan yang berwarna kuning keperakan. Umumnya dijumpai di sekitar mataair panas dan lubang *geyser* yang menyemburkan air yang bersifat netral. Apabila laju aliran air panas tidak terlalu besar umumnya di sekitar mataair panas tersebut terbentuk teras-teras silika yang berwarna keperakan (*silica sinter terrace* atau *sinter platform*). Silika sinter merupakan manifestasi

permukaan dari sistem panas bumi yang didominasi air.

Sistim Panas Bumi di Indonesia

Posisi kepulauan Indonesia yang terletak pada pertemuan antara tiga lempeng besar (Eurasia, Hindia Australia, Pasifik) memiliki tatanan tektonik yang kompleks. Subduksi antara lempeng benua dan samudera menghasilkan suatu proses peleburan magma yang berperan dalam pembentukan jalur gunung api yang dikenal sebagai lingkaran api (*ring of fire*). Berdasarkan asosiasi terhadap tatanan geologi, sistem panas bumi di Indonesia dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis, yaitu: vulkanik dan non-vulkanik.

Sistem panas bumi di Indonesia sampai saat pada umumnya merupakan sistim panas bumi hidrotermal. Keberadaan sumber daya panas bumi secara sederhananya dapat ditunjukkan oleh adanya manifestasi permukaan seperti air panas dan solfatara, yaitu hembusan yang mengandung gas belerang. Manifestasi permukaan dapat dianggap sebagai bocoran dari suatu kantong atau reservoir panas bumi yang berada di bawah permukaan.

Geothermometer Empiris

Panas bumi di Indonesia merupakan jenis hidrotermal yang mempunyai temperatur tinggi ($>225^{\circ}\text{C}$), hanya

beberapa diantaranya yang mempunyai temperatur sedang (150-225°C). Manifestasi di permukaan menandakan fluida hidrotermal berasal dari reservoir yang keluar melalui rekahan-rakahan batuan berpermeabilitas. Manifestasi digunakan sebagai indikator dalam penentuan temperatur reservoir panas bumi, antara lain: mata air panas dan sinter silika.

Daerah panas bumi mempunyai kondisi yang berbeda-beda dan sangat beraneka ragam. Keanekaragaman terjadi pada komposisi kimia dalam fluida yang mengalir dari reservoir ke permukaan. Komposisi kimia fluida dapat digunakan untuk memperkirakan temperatur reservoir. Temperatur reservoir dapat diperkirakan dengan menggunakan geothermometer berdasarkan konsep ketergantungan kesetimbangan kimia terhadap temperatur. Temperatur reservoir dapat diperkirakan dari konsentrasi silika dengan menganggap air jenuh dengan kuarsa, adiabatic, pendinginan iso entalpi. Geothermometer silika menyatakan hubungan konsentrasi silika dengan temperatur adalah:

$$t(^{\circ}\text{C}) = \frac{1533,5}{5,768 - \log[\text{SiO}_2]} - 273,15 \quad (1)$$

dengan t = temperatur reservoir terhitung $^{\circ}\text{C}$; SiO_2 konsentrasi silika (ppm).

Estimasi umum dengan penggunaan geothermometer *Na-K* di dasarkan pada reaksi perubahan K^+ dan Na^- dengan rentang temperatur (180-350) $^{\circ}\text{C}$ untuk batuan sedimen. Persamaan untuk geothermometer *Na-K* adalah:

$$t(^{\circ}\text{C}) = \frac{855,6}{\log \frac{[\text{Na}]}{[\text{K}]} + 0,8573} - 273,15 \quad (2)$$

dengan $[\text{Na}]$ = konsentrasi natrium (ppm); $[\text{K}]$ = konsentrasi kalium (ppm); t = temperatur reservoir terhitung $^{\circ}\text{C}$.

Geothermometer *Na-K-Ca* melibatkan kation Ca dalam reaksi aluminosilikat untuk menghitung temperatur reservoir.

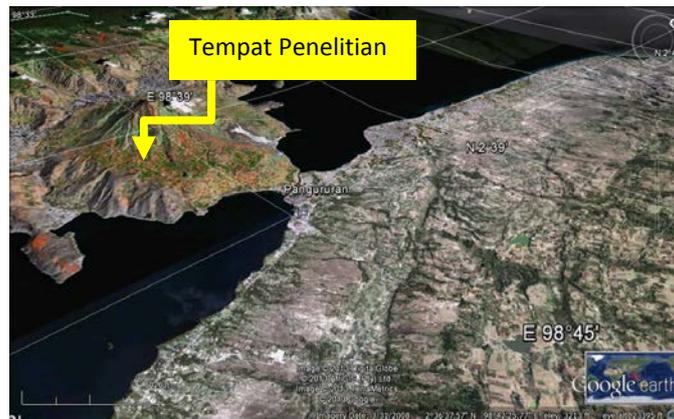
$$t(^{\circ}\text{C}) = \frac{1647}{\log \frac{[\text{Na}]}{[\text{K}]} + \beta \log \left(\frac{[\text{Ca}]^{1/2}}{[\text{Na}]} \right) + 2,24} - 273,15 \quad (3)$$

dengan $[\text{Na}]$ = konsentrasi natrium (ppm); $[\text{K}]$ = konsentrasi kalium (ppm); $\left(\frac{[\text{Ca}]^{1/2}}{[\text{Na}]} \right) > 1$ dan $t < 100^{\circ}\text{C}$; t = temperatur reservoir terhitung $^{\circ}\text{C}$; $\beta = 1/3$ untuk $\left(\frac{[\text{Ca}]^{1/2}}{[\text{Na}]} \right) < 1$ atau jika $t_{\beta=4/3} < 100^{\circ}\text{C}$.

Metode Penelitian

Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Desa Siogung – Ogung kabupaten Samosir. Pengolahan data lapangan di laboratorium Fisika Bumi Universitas Negeri Medan dan pengujian sampel air dianalisa dengan menggunakan AAS di laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri Medan.

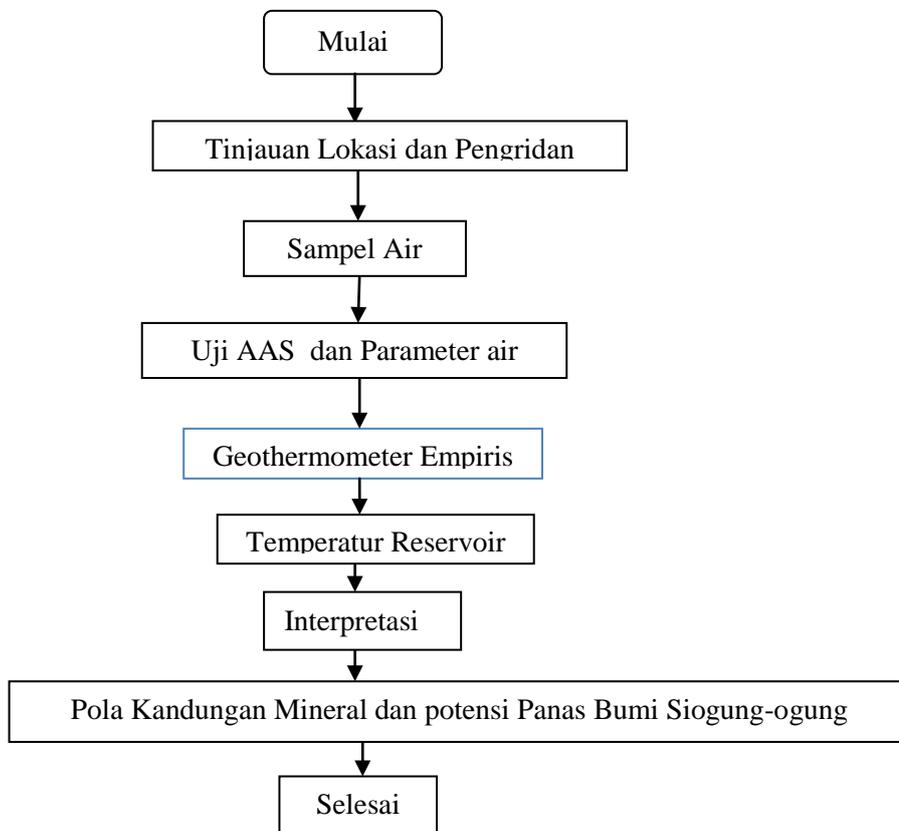


Gambar 1. Peta topografi Siogung-ogung

Rancangan Penelitian

Penelitian dimulai dengan melakukan survei lapangan untuk melakukan pengridan dengan menggunakan GPS kemudian pengambilan sampel air. Sampel air panas diidentifikasi konsentrasi

kandungan mineral Na, K, Ca, dan Si sehingga diketahui pola penyebaran kandungan mineral panas bumi. Secara skematik diagram alir penelitian digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir

Hasil dan Diskusi

Manifestasi Panas Bumi Siogung-ogung

Hasil pengamatan lapangan manifestasi panas bumi di daerah Siogung-ogung di temukan diantaranya air panas dan kolam air panas. Manifestasi

menandakan bahwa fluida hidrotermal berasal dari reservoir yang keluar melalui rekahan-rakahan atau batuan berpermeabilitas (Gambar 3).



Gambar 3. Air panas dan kolam air panas

Manifestasi panas bumi menjadi penting karena dapat digunakan sebagai indikator dalam penentuan temperatur reservoir panas bumi. Kolam air panas Siogung-ogung bersifat asam dengan pH berkisar 1.2-1.4. terbentuk hasil kondensasi gas magmatik dan uap panas di dekat permukaan bumi kemudian melarut dan bercampur dengan air meteorik. Air panas bumi bersifat asam melarutkan batuan sekitar mata air menjadi partikel-partikel kecil yang terdiri dari silika dan lempung.

Sinter silika yang berasal dari fluida hidrotermal bersusunan alkalin dengan kandungan cukup silika,

diendapkan ketika fluida yang jenuh, silika amorf mengalami pendinginan dari 100°C ke 50°C. Endapan silika digunakan sebagai indikator keberadaan reservoir bertemperatur >175°C. Reaksi kimia akan meningkat seiring dengan perubahan temperatur air. Perubahan temperatur menyebabkan pH air berubah dan perubahan pH air bergantung pada jenis endapan akuifer. Apabila laju aliran air panas tidak terlalu besar, maka umumnya di sekitar mata air panas tersebut terbentuk teras-teras silika yang berwarna keperakan (*silica sinter terraces* atau *sinter platforms*).

Temperatur Reservoir Siogung-ogung

Panas bumi Siogung-ogung mempunyai kondisi yang berbeda dengan panas bumi di daerah lain yang sangat beraneka ragam. Keanekaragaman panas bumi terjadi pada komposisi kimia dalam fluida yang mengalir dari reservoir kepermukaan. Komposisi kimia digunakan untuk memperkirakan temperatur reservoir.

Analisis kimia yang dilakukan pada sampel air panas adalah untuk mengetahui kandungan kation utama, seperti Ca, Si, Na, dan K yang digunakan untuk mengetahui temperatur reservoir. Berdasarkan komposisi mineral air panas bumi Siogung-ogung besar temperatur reservoir panas bumi dengan menggunakan geothermometer empiris Na-K (Tabel 1).

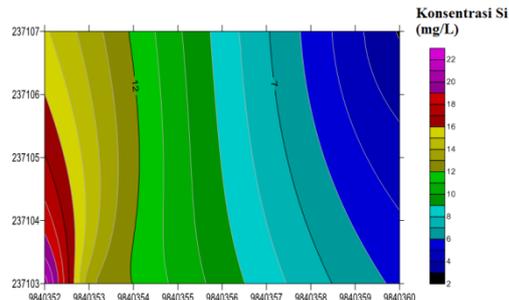
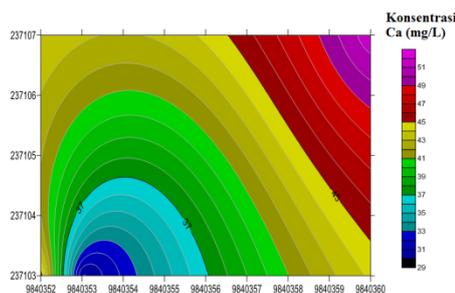
Tabel 1. Estimasi Temperatur Reservoir

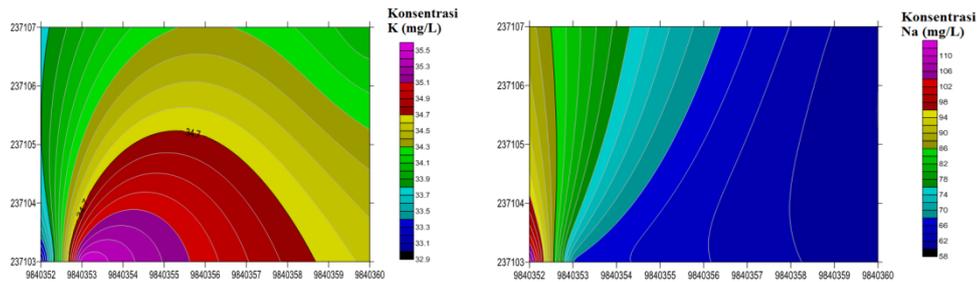
No.	Geothermometer	Estimasi Temperatur Reservoir (°C)
1	$t(^{\circ}\text{C}) = \frac{855,6}{\log \frac{[\text{Na}]}{[\text{K}]} + 0,8573} - 273,15$	846,42
2	$t(^{\circ}\text{C}) = \frac{1217}{\log \frac{[\text{Na}]}{[\text{K}]} + 1,483} - 273$	602,58
3	$t(^{\circ}\text{C}) = \frac{1390}{\log \frac{[\text{Na}]}{[\text{K}]} + 1,750} - 273$	565.90

Temperatur reservoir Siogung-ogung berkisar 566 °C - 846 °C termasuk sistem panas bumi bertemperatur tinggi ≥ 225 °C [4]. Temperatur reservoir yang dihitung dengan rumus geotermometer Na-K berkisar 565.90°C - 846,42°C dianggap paling baik diterapkan karena ketiga macam geotermometer memberi hasil

perhitungan temperatur yang tidak jauh berbeda.

Kandungan mineral air panas berupa Ca, Si, K, dan Na di konturkan dengan menggunakan Surfer 12. Pola penyebaran kandungan mineral air panas bumi di konturkan pada Gambar 4 .





Gambar 4. Pola konsentrasi kandungan mineral air panas berupa Ca,Si, K,dan Na

Mineral air panas pada Gambar 4 memperlihatkan kevariasian untuk setiap titik pengambilan sampel. Sampel air panas mengandung mineral Ca menghasilkan endapan travertin di permukaan. Kelarutan mineral silika merupakan fungsi terhadap temperatur Truesdell dalam [4] menyatakan bahwa temperatur reservoir dapat diperkirakan dari konsentrasi silika (ppm) dengan

menganggap air jenuh dengan kuarsa, adiabatik, pendinginan isoentalpi.

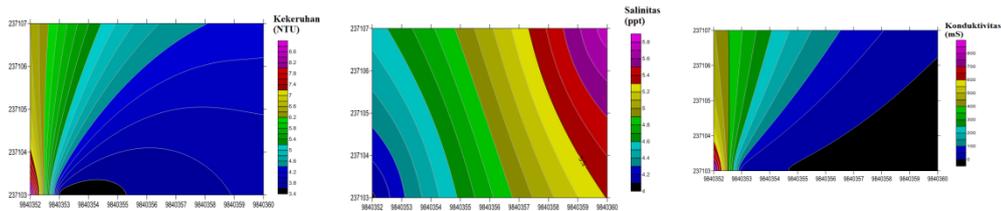
Karakteristik Air Panas Bumi Siogung-ogung

Hasil analisis kimia yang diolah untuk mengetahui komposisi air panas, tipe dan karakteristik reservoir panas bumi. Parameter yang diukur lainnya adalah temperatur, DHL (daya hantar listrik), salinitas, kekeruhan dan pH (Tabel 2).

Tabel 2. Data Sampel Air Panas

TITIK	TEMPERATUR (°C)	DHL (mS)	Salinitas	Kekeruhan	pH
1	70	823	4,08 ppm	8,78	1.2
2	76	7,74	3,87 ppt	6,74	1.3
3	80	8,48	4,23 ppt	2,91	1.3
4	53	8,90	4,44 ppt	0,86	1.4
5	44	9,76	4,88 ppt	5,88	1.4
6	45	8,56	4,28 ppt	3,45	1.1
7	51	8,66	4,18 ppt	1,86	1.2
8	78	11,53	5,76 ppt	4,34	1.2
9	66	9,43	4,72 ppt	17,72	1.2
10	52	7,76	3,87 ppt	1,59	1.2

Berdasarkan hasil pengukuran temperatur air panas bumi permukaan daerah Siogung-ogung berkisar 44°C -80 °C terkategori hangat dengan dengan pH berkisar 1.2-1.4 terkategori asam. Daya hantar listrik 7740 μS- 823 mS dengan salinitas 0.86-17.72 dan tingkat kekeruhan 0.86-17.72. Pola parameter air panas berupa kekeruhan, salinitas dan konduktivitas diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pola Konduktivitas, salinitas dan kekeruhan air panas

Daerah panas bumi yang memiliki konduktivitas tinggi diikuti dengan nilai salinitas yang tinggi.

KESIMPULAN

Daerah panas bumi Siogung-ogung memiliki manifestasi berupa air panas dan kolam air panas dengan temperatur air panas bumi permukaan berkisar 44°C -80

°C terkategori hangat dengan dengan pH berkisar 1.2-1.4 terkategori asam. Daya hantar listrik 7740 μ S- 823 mS dengan salinitas 0.86-17.72 dan tingkat kekeruhan 0.86-17.72. Panas bumi Siogung-ogung memiliki temperatur reservoir yang dihitung dengan rumus geotermometer *Na-K* berkisar 565.90°C - 846,42°C yang termasuk berpotensi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Broto, S., Putranto, T.T., (2011), Aplikasi Metode Geomagnet Dalam Eksplorasi Panas Bumi, *Teknik ISSN 0852-1697– Vol. 32* No. 1.
- [2] Anonim_, (2015), *Energi panas bumi (geothermal energy)*, Medan, Unimed.
- [3] Suhartono, N., (2012), Pola Sistim Panas dan Jenis Geothermal Dalam Estimasi Cadangan Daerah Kamojang, *Jurnal Ilmiah MTG, Vol. 5*, No. 2.
- [4] Sismanto., Andayany, H., (2012), Pengembangan Persamaan Geotermometer Empiris Untuk Estimasi Temperatur Reservoir Sumber Mata Air Panas Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng & DIY, Purworejo 14 April 2012, *ISSN : 0853-0823*
- [5] Santoso, D., (2002), *Pengantar teknik geofisika*, Bandung, ITB.