



PENENTUAN TIPE FLUIDA SERTA TINGKAT PERMEABILITAS SISTEM PANAS BUMI DAERAH TINIGI, TOLI-TOLI, SULAWESI TENGAH

Yuda Maulana^{1*}, Agus Didit Haryanto¹, Ismawan¹, Dedi Kusnadi²

¹Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

²Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

*Korespondensi: yudamaulana57@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi energi panas bumi terbesar di dunia, dan sampai saat ini banyak daerah yang memiliki sumber energi panas bumi namun belum dieksplorasi dan dimanfaatkan. Pulau Sulawesi memiliki banyak potensi energi panas bumi sistem non-vulkanik yang belum dimanfaatkan, salah satunya adalah prospek di panas bumi daerah Toli-Toli, Sulawesi Tengah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik hidrokimia dan geologi pada daerah penelitian yang pada akhirnya dapat diketahui bagaimanakah prospek energi panas bumi dari lapangan ini. Dalam penelitian metode yang digunakan adalah analisis FFD, penelitian lapangan, dan analisis hidrogeokimia. Lapangan Tinigi ini memiliki 2 manifestasi panasbumi yang berada di bukit yang berada di Desa Tinigi, yaitu APT1 dan APT2. Tipe air panas pada daerah penelitian adalah air bikarbonat dan tergolong *immature water* yang berasal dari reservoir yang sama. Manifestasi panas bumi pada daerah penelitian merupakan zona *outflow*. Kemudian hasil dari potensi panasbumi berdasarkan perhitungan yang dilakukan sebesar 45,24 Mwe.

Kata Kunci: Panas Bumi, Hidrogeokimia, Toli-Toli, Non-Vulkanik

ABSTRACT

Indonesia has the largest geothermal energy potential in the world, and currently many areas have the potential as source of geothermal energy but have not been explored and utilized yet. Sulawesi has a lot of non-volcanic geothermal system energy potential that has not been utilized, one of which is the geothermal area of Toli-Toli, Central Sulawesi. The purpose of this research is to know the hydrochemical and geological characteristic in the research area which lead to the information how is the geothermal energy prospect of this field. In this research the method being used is FFD analysis, field research, and hydrogeochemical analysis. Tinigi Field has 2 manifestations of geothermal in the hill located in the village of Tinigi, named as APT1 and APT2. Type of hot water in the research area is bicarbonate water and belong to the immature water coming from the same reservoir. Geothermal manifestations in the research area is in outflow zone. Then the result of the geothermal potential based on the calculation done is 45,24 Mwe.

Keywords: *Geothermal, Hydrogeochemical, Toli-Toli, Non-Volcanic*

1. PENDAHULUAN

Energi terutama energi listrik merupakan sesuatu yang tidak dapat dipisahkan dengan kehidupan manusia. Sumber energi ada 2 jenis baik energi tidak terbarukan dan energi terbarukan. Namun seiring perkembangan dan pemakaiannya, energi konvensional

seperti energi fosil semakin menipis cadangannya dan banyak pihak yang mulai beralih ke energi terbarukan seperti energi *geothermal* (panasbumi).

Indonesia merupakan pemegang cadangan energi yang sangat besar yakni 29.000 MW atau sejumlah 40% dari total keseluruhan

cadangan energi panasbumi di dunia, hal ini dikarenakan karena Indonesia dilalui oleh jalur gunung api (*Ring of Fire*). Energi panasbumi ini sangat sedikit bahkan hampir bisa dibilang tidak menghasilkan limbah sama sekali, karena fluida panasbumi yang telah diambil dan dimanfaatkan uap panasnya untuk dimanfaatkan menjadi energi listrik akan disirkulasikan kembali ke dalam bawah permukaan bumi melalui sumur injeksi. Satu hal lagi polutan yang dihasilkan dari energi panasbumi ini sangat sedikit sekali dibandingkan dengan energi yang lainnya.

Pulau Sulawesi sendiri merupakan tempat dimana tiga lempeng benua saling bertemu, dikarenakan pertemuan tiga lempeng tersebut, terdapat banyak sumber panasbumi yang potensial salah satunya adalah Toli-Toli. Daerah Toli-Toli sendiri dipilih karena daerah tersebut diperkirakan memiliki prospek sumber panasbumi yang cukup besar dan potensial.

Berdasarkan fakta-fakta diatas maka penulis bermaksud untuk melakukan penelitian tentang panasbumi lebih lanjut, khususnya mengenai analisis geologi serta analisis geokimia terhadap sistem panasbumi Tinigi, Kabupaten Toli-Toli, Provinsi Sulawesi Tengah.



Gambar 1.1 Lokasi Penelitian

2. TINJAUAN PUSTAKA

Panasbumi adalah suatu energi terbarukan yang asalnya dari bawah kerak bumi. Pengertian panasbumi menurut Pasal 1 UU No.27 tahun 2003 adalah sebagai berikut, Panasbumi adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air, dan

batuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya yang secara genetik semuanya tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem Panasbumi dan untuk pemanfaatannya diperlukan proses penambangan.

Sistem panasbumi menurut Hochstein dan Browne (2000) adalah suatu perpindahan panas secara alami dalam volume tertentu di kerak bumi dimana panas dipindahkan dari sumber panas ke zona pelepasan panas. Sistem perpindahan panasbumi dapat terjadi baik secara konduksi maupun konveksi. Sistem panasbumi terbagi menjadi sumber panas, batuan reservoir, batuan penudung, fluida panas bumi serta permeabilitas.

Menurut Hochsterin dan Browne (2000) berdasarkan suhu dari reservoirnya, sistem panasbumi dibagi menjadi 3, yaitu:

- Temperatur tinggi (225°C)
- Temperatur sedang (125°C - 225°C)
- Temperatur rendah ($<125^{\circ}\text{C}$)

Sistem panas bumi non-vulkanik merupakan suatu sistem panas bumi yang sumber panasnya tidak berkaitan dengan aktivitas vulkanisme. Nicholson (1993) menjelaskan bahwa panas pada sistem ini dapat dihasilkan dari panas residu batuan intrusi yang tidak tersingkap, pengangkatan *uplift basement rock* ataupun sirkulasi air tanah dalam yang mengalami pemanasan akibat adanya perlipatan ataupun patahan. Umumnya sistem ini memiliki temperatur fluida yang tergolong rendah.

Data kimia fluida panasbumi sangat bermanfaat untuk memberikan perkiraan mengenai sistem panasbumi yang terdapat di bawah permukaan melalui *plotting* terhadap diagram ternary (jenis reservoir (Cl-SO₄-HCO₃), asal (Cl-Li-B) dan tingkat kematangan air (Na-K-Mg).

Geothermometer merupakan suatu metode yang umum digunakan dalam eksplorasi geokimia untuk memprediksi temperatur reservoir. Media yang digunakan dalam metode ini dapat berupa ion-ion atau senyawa yang larut

dalam air (*solute geothermometer*), gas-gas, maupun isotop. Berdasarkan pengamatan di lapangan, manifestasi permukaan yang ditemukan hanya berupa air panas, maka untuk menginterpretasi temperature reservoir dilakukan terhadap ion-ion atau senyawa yang larut dalam air (*solute geothermometer*).

Untuk mengetahui zona permeabilitas pada daerah penelitian digunakan sebuah metode yang dinamakan *FFD*. *FFD* merupakan suatu cara untuk menganalisis suatu struktur permukaan melalui kerapatan *lineament* yang berada di permukaan. *Lineament* yang diidentifikasi ini berkaitan dengan struktur berupa rekahan-rekahan batuan, sesar ataupun bidang kontak antar jenis batuan. Menerapkan *FFD* pada daerah penelitian dapat membawa menuju zona permeabel (Zona dengan densitas *lineament* yang tinggi) yang mana pada umumnya merupakan target dari suatu eksplorasi panasbumi.

Karena zona permeabel dari suatu daerah panasbumi ini merupakan tempat dimana manifestasi panasbumi berada. Jadi, pada akhirnya metode *FFD* ini untuk mengetahui area dengan densitas struktur yang tinggi yang dibentuk dari *fault* dan *fracture* (Suryantini & Wibowo, 2010).

3. METODE

Penelitian ini merupakan proses pengolahan data yang terintegrasi. Data yang digunakan dalam penelitian adalah data-data yang telah dibuat saat tahap persiapan seperti data literature, peta dasar serta data citra satelit (Lidar). Pengambilan data berupa pencatatan semua data yang dijumpai di lapangan, baik data yang dilihat secara langsung ataupun pengukuran. Dan yang paling utama adalah pengambilan sampel fluida manifestasi panas bumi. Kemudian sampel dianalisis di laboratorium dan pada akhirnya diinterpretasikan.

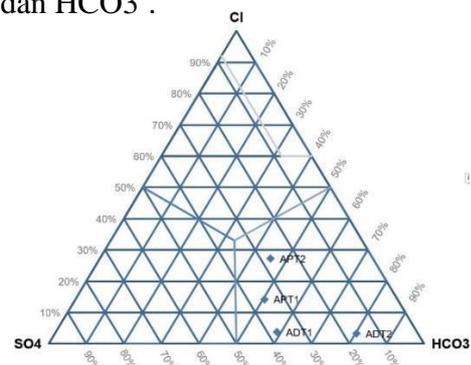
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Geokimia Air

Untuk mendapatkan hasil dari geokimia air ini dilakukanlah uji laboratorium, hasil yang didapatkan dari analisis tiap unsur yang ada ini nantinya digunakan lebih lanjut untuk mendapatkan kesetimbangan ion, penentuan tipe fluida, penentuan asal fluida, serta perhitungan geothermometer.

Penentuan Tipe Fluida

Untuk menentukan tipe fluida digunakanlah diagram *ternary plot*. Diagram ini dipakai dengan melihat seluruh kandungan relatif Cl^- , SO_4^{2-} , dan HCO_3^- dari masing-masing sampel air, selanjutnya dimasukkan dengan cara di plot ke dalam diagram Cl^- , SO_4^{2-} , dan HCO_3^- .

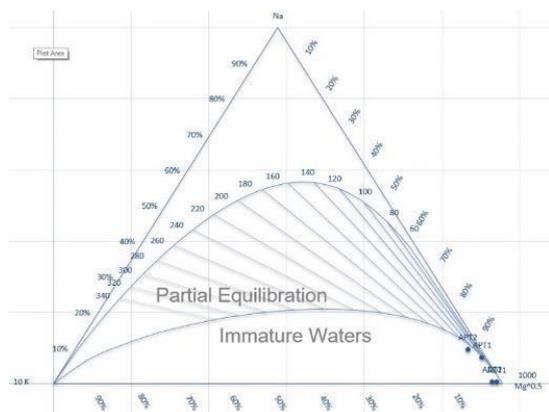


Gambar 4.1 Hasil Plot Diagram Cl-SO4-HCO3 (Nicholson, 1993)

Hasil diagram ternary menunjukkan bahwa air manifestasi (APT 1, APT 2, ADT 1 dan ADT 2) seluruhnya berada pada daerah *peripheral water* yang artinya termasuk kedalam air bikarbonat. Proses yang terjadi pada zona ini adalah pemanasan air meteorik oleh sumber panas yang berada di bawahnya, air tersebut menguap dan mengalami kondensasi kemudian muncul kembali ke permukaan dengan unsur HCO_3 yang dominan.

Kematangan Fluida

Interpretasi asal fluida air panas dapat dilakukan dengan cara melihat kandungan relatif dari Na^+ , K^+ serta Mg^{2+} . Setelah itu diplotkan hasil dari kandungan relatif tersebut kedalam diagram Na-K-Mg.



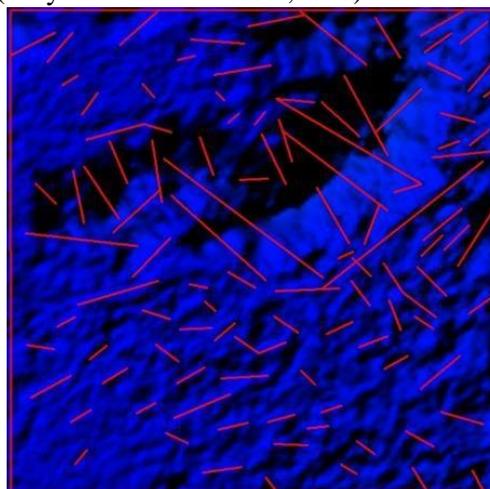
Gambar 4.2 Hasil Plot Diagram Na-K-Mg (Giggenbach, 1988)

Pada diagram ternary Na-K-Mg dapat dilihat bahwa APT1 dan APT2 masuk kedalam kategori *immature water* yang artinya tingkat kematangan dari APT1 dan APT2 tidak terlalu bagus. APT1 dan APT2 termasuk kedalam *immature water* dikarenakan adanya pengenceran dari air tanah ataupun air permukaan hal ini dapat dilihat dari kandungan Mg yang tinggi (>0,1 ppm). Untuk ADT1 dan ADT2 sama sekali tidak mendekati garis *partial equilibration* dikarenakan kedua sampel ini bukanlah sampel manifestasi panas bumi.

4.2 FFD (Fault Fracture Density) Daerah Penelitian

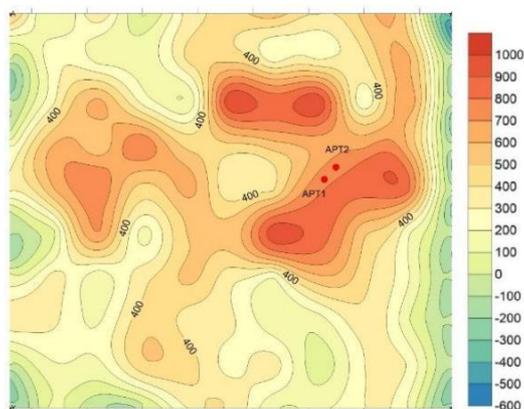
FFD di daerah penelitian dilakukan dengan cara menarik seluruh kelurusan pada lembahan melalui citra satelit ASTER dengan menggunakan aplikasi *Global Mapper*. Alasan ditariknya kelurusan dari lembahan adalah karena fault dan fracture yang banyak terdapat pada lembahan diasumsikan sebagai zona lemah yang mana menjadi jalur pergerakan dari fluida termal, sehingga dapat menjadi petunjuk lokasi zona

manifestasi reservoir atau reservoir (Suryantini dan Wibowo,2010).



Gambar 4.3 Kelurusan yang akan diolah di FFD

Pada sistem panasbumi, fluida akan mengalir melalui zona yang permeable (berasal dari struktur geologi), sehingga semakin besar tingkat kerapatan struktur maka semakin besar pula tingkat permeabilitasnya. Sehingga manifestasi panasbumi yang digambarkan sebagai tempat keluarnya fluida dapat diasumsikan pula dari peta kontur FFD yang telah dibuat.



Gambar 4.4 FFD daerah penelitian

Berdasarkan nilai densitas kelurusan yang didapatkan, terbagilah menjadi 4 zona permeable dengan perhitungan kuartil, yakni zona nilai densitas rendah (-600 hingga -200m/km²), zona nilai densitas sedang (-200 hingga 200 m/km²), zona nilai densitas tinggi (200 hingga 600 m/km²) dan zona dengan densitas sangat tinggi (600 hingga 1000m/km²). Zona berdensitas rendah hingga sedang ini dicirikan dengan warna

biru hingga hijau dan berada disekitar bagian terluar daerah penelitian, dan menempati daerah alluvium pada umumnya, karena relatif daerah alluvium maka rekahannya pun tidak banyak.

Lalu zona densitas tinggi dicirikan pada daerah yang berwarna kuning muda hingga oren, daerah ini menempati dari daerah alluvium hingga daerah berlitologi granit. Lalu zona dengan densitas tinggi dicirikan pada daerah yang berwarna oren hingga merah tua, zona densitas tinggi ini memiliki litologi granit. Pada zona densitas sangat tinggi memiliki kerapatan kelurusan yang tinggi hal ini dikarenakan, batuan granit ini memiliki umur yang lebih tua daripada alluvium dan granit ini merupakan hasil intrusi hal tersebutlah yang menyebabkan daerah ini memiliki kepadatan kelurusan yang tinggi. Pada zona densitas ini terdapat dua manifestasi panasbumi yang terdapat sebelumnya.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil lapangan dan analisis data laboratorium yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan mengenai kajian geologi dan geokimia daerah penelitian, yaitu sebagai berikut:

1. Hasil dari *FFD* menunjukkan bahwa kedua manifestasi berada pada densitas kelurusan yang cukup tinggi. Dengan nilai densitas terendah -600 Dan tertinggi 1000 dan manifestasi berada di densitas yang cukup tinggi yakni
2. Hasil dari plotting diagram Cl-SO₄-HCO₃ menunjukkan bahwa air manifestasi merupakan air bikarbonat yang menandakan bahwa air manifestasi telah mengalami pencampuran dengan air permukaan ataupun air meteoric.
3. Hasil dari plotting diagram Na-K-Mg menunjukkan bahwa air manifestasi merupakan air yang memiliki tingkat kematangan *immature water* yang menandakan bahwa air telah mengalami pengenceran dengan air permukaan atau air meteorik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak PSDMBP atas izinnya untuk mengikuti kegiatan lapangan dan studio. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu atas bantuannya baik saat di lapangan, studio dan di laboratoium sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Hochstein, M.P., Browne, P.R.L. (2000), *Surface Manifestation of Geothermal Systems With Volcanic Heat Sources*. Editors: Haraldur Sigurdsson, Encyclopedia of Volcanoes, Academic Press, pp. 835-855.
- Raybach, L. and Muffler, L.J.P., 1981. *Geothermal Systems, Principles and case Histories*. John Willey and Sons, Chichester
- Giggenbach, W. F. (1988). Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg Ca geoindicators. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52(12), 2749–2765
- Giggenbach, W. F. (1995). Geochemical exploration of a “difficult” geothermal system, Paraso, Vella Lavella, Solomon Islands. *World Geothermal Congress 1995*, 6.
- Sumintadireja, A. Prihadi. 2005. *Vulkanologi dan Geotermal*. ITB, / Bandung.
- Nenny Miryani Saptadji. (Departemen Teknik Perminyakan, Fakkultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan)
- Suryantini and Wibowo, H. H., 2010, Application of Fault and Fracture Density (FFD) Method for Geothermal Exploration in Non-Volcanic Geothermal System; a Case Study in Sulawesi-Indonesia.
- Tim Survei Terpadu PSDG. (2017). Laporan Akhir Survei Pendahuluan Awal Geologi Dan Geokimia Daerah Panas Bumi Kabupaten Tolitoli, Provinsi Sulawesi Tengah

- Nicholson, Keith. 1993. Geothermal Fluids: Chemistry and Exploration Techniques. Springer: Berlin
- Powell, T., and W. Cumming. 2010. Spreadsheet for Geothermal Water and Gas Geochemistry. Proceedings 35th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering. Stanford University: California