

SISTEM PANAS BUMI NON-VULKANIK DAERAH BUNTUNA, TOLITOLI, SULAWESI TENGAH, BERDASARKAN PENDEKATAN GEOLOGI DAN GEOKIMIA AIR PANAS

Petrus Rony P. S¹, Agus Didit Haryanto¹, Johanes Hutabarat¹, Dedi Kusnadi²

¹Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjajaran

²Pusat Sumber Daya Mineral Batubara Panas Bumi

*Korespondensi: petrus.rony@gmail.com

ABSTRAK

Kabupaten Tolitoli merupakan salah satu kabupaten di Propinsi Sulawesi Tengah. Pada daerah Kabupaten Tolitoli ini banyak ditemukan manifestasi panasbumi salah satunya terletak pada Desa Buntuna, Kecamatan Baolan. Manifestasi panasbumi yang ditemukan berupa mataair panas dan kubangan air panas. Analisis kelurusan morfologi dilakukan untuk mengetahui struktur geologi daerah penelitian. Analisis geokimia pada manifestasi air panas dilakukan untuk mengetahui jenis air panas, asal air panas, dan pendugaan suhu bawah permukaan. Secara geologi daerah penelitian merupakan lingkungan non-vulkanik dengan litologi batusabak. Kemunculan fluida panasbumi diduga dikarenakan struktur berarah barat daya timur laut. Sampel air panas menunjukkan air panas bertipe bikarbonat dan termasuk kedalam *immature water*. Hasil pengukuran geotermometer air Na/K Hasil pengukuran temperatur bawah permukaan menggunakan geotermometer Na/K memperkirakan bahwa temperatur reservoir adalah sekitar 170°C.

Kata Kunci: Geologi, Geokimia, Panas Bumi, Toli-Toli

ABSTRACT

Tolitoli regency is one of regencies in Central Sulawesi Province. In Tolitoli District, there are many surface geothermal manifestations, one of them is located in Buntuna Village, Baolan Sub-district. Geothermal manifestations found in hot springs and hot water puddles. Analysis of lineaments done to determine the geological structure of the research area. Geochemical analysis of hot water manifestations was performed to determine the type of hot water, the origin of hot water, and the prediction of subsurface temperatures. Geologically the research area is a non-volcanic environment with slate lithology. The occurrence of geothermal fluid is thought to be due to the north-western trending structure. Hot water samples show hot water of type bicarbonate and included into immature water. Na / K water geothermometer measurements estimates that reservoir temperature is around 170°C.

Keywords: *Geochemical, Geology, Geothermal, Tolitoli.*

1. PENDAHULUAN

Secara umum pemanfaatan daerah panas bumi di Indonesia belum dilakukan secara maksimal. Padahal beberapa negara telah memanfaatkan panas bumi untuk sektor non-listrik, antara lain untuk pemanasan ruangan, pemanasan air, pemanasan rumah kaca, pengeringan hasil produk pertanian, pemanasan tanah, pengeringan kayu, dan kegiatan lainnya.

Dengan potensi yang dimiliki Indonesia pemanfaatan panas bumi bisa lebih ditingkatkan agar lebih bermanfaat. Salah satunya adalah sebagai sumber energi alternatif yaitu energi panas bumi. Indonesia memiliki potensi panas bumi yang sangat besar karena menjadi salah satu negara yang dilewati oleh cincin api (*ring of fire*). Sekitar 40% atau 29.000 MW total panas bumi dunia berada di Indonesia karena Indonesia adalah negara yang memiliki potensi gunung

api yang tinggi. Namun dengan potensi yang sangat besar tersebut, pemanfaatan panas bumi di Indonesia masih belum sepenuhnya dimanfaatkan secara optimal dalam memenuhi kebutuhan energi negara.

Pulau Sulawesi merupakan salah satu pulau yang sebagian besar potensi panas buminya berasosiasi dengan lingkungan geologi non-vulkanik tercatat hingga tahun 2015, potensi panas bumi non-vulkanik di Pulau Sulawesi tersebar di 60 lokasi (Badan Geologi, 2015) dan salah satunya pada daerah Buntuna, Kabupaten Tolitoli, Sulawesi Tengah.

Dari data tersebut, penulis bermaksud untuk meneliti lebih lanjut mengenai geokimia fluida dan kondisi geologi daerah prospek panasbumi Buntuna, Kabupaten Tolitoli, Sulawesi Tengah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Panasbumi

Panasbumi membentuk suatu sistem tertentu yang disebut dengan sistem panasbumi. Hochstein dan Browne (2000) mendefinisikan sistem panasbumi sebagai perpindahan panas secara alami dalam volume tertentu di kerak bumi dimana panas dipindahkan dari sumber panas ke zona pelepasan panas.

Sistem panasbumi memiliki 5 komponen utama yaitu :

1. Sumber panas (*heat source*), dapat berupa sumber panas magmatik (plutonik, intrusi), pengaruh struktur geologi, radioaktif, dan reaksi kimia.
2. Fluida (uap, airpanas), media penyimpan panas dan mengalirkan panas dari sumber panas ke permukaan bumi.
3. Batuan reservoir, sebagai batuan yang bertindak sebagai tempat terakumulasinya fluida panasbumi. Reservoir panasbumi yang produktif harus memiliki porositas dan permeabilitas yang tinggi, mempunyai geometri yang besar, suhu tinggi, dan kandungan fluida yang cukup.

4. Batuan penudung (*cap rock*), merupakan zona yang tidak lolos atau kedap air (*impermeable*) atau permeabilitas rendah. berfungsi mencegah konveksi fluida reservoir yang panas ke luar permukaan.
5. Permeabilitas, memiliki keterkaitan unsur-unsur struktur seperti sesar, kekar dan rekahan yang menjadi jalur bagi fluida.

Berdasarkan temperatur reservoirnya, Hochstein dan Browne (2000) mengklasifikasikan sistem panasbumi menjadi:

1. Sistem bersuhu tinggi ($>225^{\circ}\text{C}$)
2. Sistem bersuhu sedang ($125^{\circ}\text{C} - 225^{\circ}\text{C}$)
3. Sistem bersuhu rendah ($<125^{\circ}\text{C}$)

Sistem panasbumi berdasarkan lingkungan geologinya terbagi menjadi dua, yaitu lingkungan vulkanik dan non-vulkanik. Lingkungan vulkanik memiliki sumber panasbumi yang terdistribusi di sepanjang jalur vulkanik dan biasanya memiliki kandungan panas yang tinggi, sehingga sudah banyak dikembangkan. Pada lingkungan non-vulkanik pada umumnya membentuk temperatur reservoir atau entalpi rendah hingga sedang yaitu mencapai temperatur 200°C dengan kedalaman bervariasi (Risdianto dkk., 2015)

2.2 Geokimia Air Panasbumi

Nicholson (1993) membagi tipe air panas berdasarkan kandungan anion dominan. Anion tersebut yaitu Cl , SO_4 dan HCO_3 .

Air klorida merupakan tipe fluida panasbumi dalam (*deep geothermal fluid*), umumnya ditemukan pada sistem panasbumi temperatur tinggi. Mata air panas dengan tipe air klorida memiliki temperatur tinggi, debit yang besar, rasio Cl/SO_4 tinggi, pH 5-9 dan kandungan klorida yang tinggi yang berasal langsung dari reservoir.

Air Sulfat merupakan tipe fluida panasbumi yang terbentuk akibat kondensasi gas panasbumi pada air permukaan. Hidrogen sulfida (H_2S) yang terdapat dalam uap panas tersebut mengalami oksidasi

menjadi sulfat. Tipe air panas ini juga disebut sebagai *steam-heated water*. Mata air panas bertipe sulfat biasanya berasal dari reservoir dangkal, memiliki pH rendah, kandungan klorida rendah dan sulfat tinggi.

Air bikarbonat merupakan tipe fluida panasbumi yang terbentuk akibat kondensasi uap dan gas ke dalam air permukaan yang minim oksigen. Tipe air bikarbonat biasanya memiliki pH mendekati netral akibat adanya reaksi dengan batuan selama migrasi lateralnya.

Dalam penelitian ini, diagram ternary juga digunakan untuk penentuan tipe air panas (Cl – SO₄ – HCO₃), asal air panas (Cl – Li – B) dan kematangan reservoir (Na – K – Mg).

Geoindikator merupakan metode untuk menentukan zona upflow dan outflow pada sistem panasbumi. Zat-zat terlarut dibagi dalam dua kategori yaitu geoindikator dan tracer (Giggenbach, 1991). Tracer secara geokimia bersifat inert yang artinya akan sulit bereaksi dengan senyawa lain dan apabila berada dalam fluida panas bumi akan bersifat tetap dan dapat dilacak asal usulnya. Geoindikator adalah zat terlarut yang bersifat reaktif dan mencerminkan lingkungan ekuilibrium atau kesetimbangan.

Geotermometer merupakan metode untuk memperkirakan temperatur reservoir panasbumi yang berdasarkan keberadaan zat-zat terlarut pada fluida panasbumi, dimana konsentrasi fluida tersebut sangat bergantung pada temperatur.

2.3 Geologi Regional

Daerah penelitian terletak pada kabupaten Tolitoli, kecamatan Buol, desa Buntuna. Berdasarkan peta geologi lembar Tolitoli (Ratman, 1976), Formasi yang berada pada daerah penelitian dari yang termuda adalah Endapan aluvium (Qal), batuan gunungapi (Ttv), dan formasi tinombo ahlburg (Tts). Pada peta geologi regional juga ditemukan sesar sesar normal berarah relatif barat daya-timur laut dan barat laut-tenggara.

3. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah pemetaan manifestasi, pengambilan data pada manifestasi baik pengambilan sampel maupun pengukuran langsung, melakukan analisis kimia air, melakukan analisis kelurusan morfologi.

Analisis kimia air dilakukan pada 2 sampel air panas dan 2 sampel air dingin. Analisis kimia air dilakukan untuk mengetahui tipe air, asal air dan kematangan reservoir.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

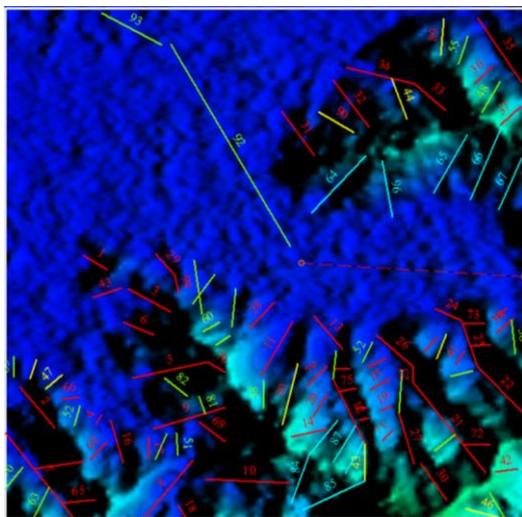
4.1 Geologi

Geomorfologi daerah penelitian dibagi menjadi 2 satuan, yaitu satuan dataran rendah dengan elevasi 0-25mdpl, kemiringan lereng 0-5°, material penyusun endapan pantai dan endapan aluvium, dan satuan perbukitan curam dengan elevasi 25-420mdpl, kemiringan lereng 20-40°, material penyusun batusabak.

Stratigrafi daerah penelitian dari tua ke muda yaitu satuan dan endapan aluvium. Satuan batusabak mewakili litologi batusabak masif, dengan deskripsi warna segar coklat kemerahan, ukuran butir halus, bentuk butir membulat, kekerasan getas sampai keras, *slaty*, berfoliasi, dan tersusun oleh mineral lempung. Satuan batusabak ini termasuk kedalam Formasi Tinombo Ahlburg berumur Oligosen (Ratman N, 1976). Sedangkan endapan aluvium berupa material lepas kerikil, pasir, lumpur, bongkah endapan pantai.

Pola kelurusan morfologi dianalisis menggunakan data kelurusan lembahan yang dibuat pada citra DEM ASTER pada aplikasi Global Mapper. Pola kelurusan dapat membantu untuk mengetahui dominasi dan orientasi dari kelurusan pada daerah penelitian. Kelurusan yang tersebut dapat memberikan informasi indikasi adanya struktur-struktur geologi. Berdasarkan penarikan kelurusan yang sudah dilakukan, maka didapat orientasi kelurusan relatif berarah barat laut –

tenggara, dan berarah barat daya – timur laut.



Kelurusan Morfologi

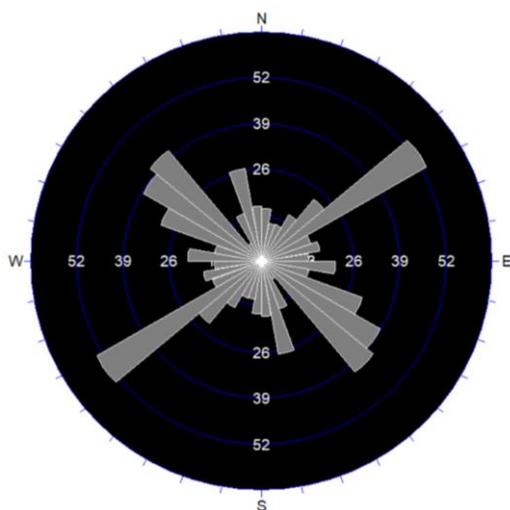
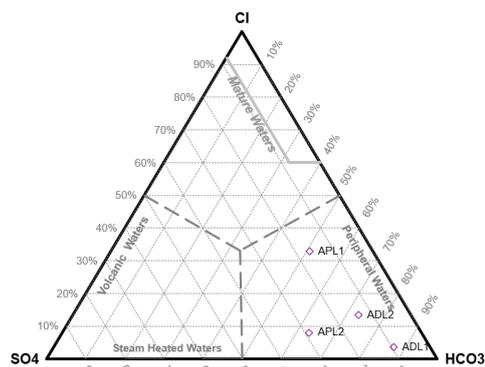


Diagram Roset Kelurusan

4.2 Geokimia Air

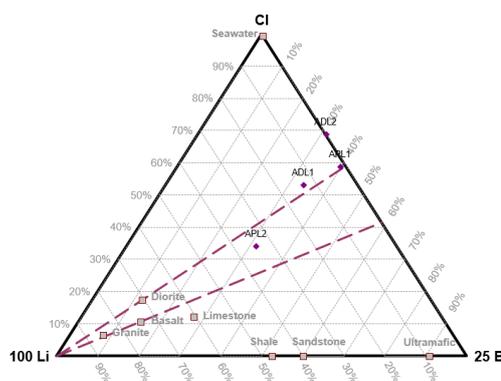
Pada sampel air kemudian dilakukan analisis laboratorium untuk mendapatkan komposisi kation maupun anion dari tiap sampel.

Hasil diagram ternary $\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$ menunjukkan APL1 dan APL2 merupakan tipe air bikarbonat yang diduga merupakan fluida panasbumi yang sudah mengalami pencampuran dengan air permukaan. Air ini merupakan produk dari kondensasi fluida dan gas reservoir dengan air tanah yang teroksidasi buruk.



Hasil plot pada diagram ternary $\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$

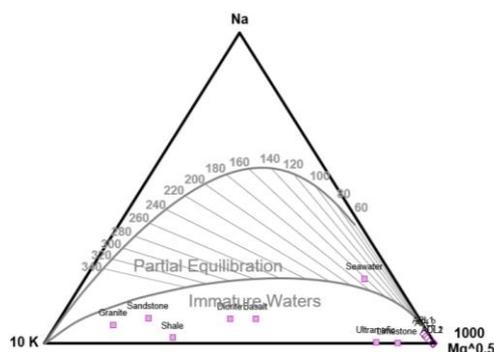
Hasil plotting pada diagram ternary Cl-Li-B menunjukkan bahwa sampel air panas APL1 dan APLD berada pada di area Cl dan B dimana kandungan Cl-B relatif lebih banyak dibandingkan kandungan Li. Kandungan Cl-B yang terkandung mengindikasikan baik APL 1 dan APL 2 berasal dari reservoir yang sama dan berada pada zona *outflow*, dimana kandungan Cl-B akan melimpah jika air berasal langsung dari reservoir. Terlihat posisi APL1 cukup dekat dengan APL2, hal ini menandakan kedua mata air panas berasal dari reservoir yang sama.



Hasil Plot Pada Diagram Ternary Cl-Li-B

Dari hasil plotting pada diagram ternary Na-K-Mg , semua sampel air panas dan air dingin berada pada daerah Mg. Hal tersebut menunjukkan bahwa mata air panas bersifat immature water yang merupakan fluida panasbumi yang telah mengalami pengenceran dan pendinginan, karena tercampur dengan air meteorik selama perjalanan dari reservoir ke permukaan. Hal

ini akan berpengaruh pada keakuratan hasil penghitungan temperatur bawah permukaan.



Hasil Plot Pada Diagram Ternary Na-K-Mg.

Sampel	APL1	Indikasi	APL2	Indikasi
Na	91.96		71.34	
K	4.04		3.7	
Ca	12		22.12	
Na/K	22.76	Outflow	19.28	Outflow
Na/Ca	7.66	Outflow	3.23	Outflow

Nilai Geoindikator Untuk Penentuan Zona

Sampel APL1 dan APL2 menunjukkan kesamaan pada nilai Na/K yang lebih dari 15, Nilai Na/Ca yang kurang dari 15 hal ini menunjukkan bahwa air panas keluar dari zona *outflow*. $Na/K > 15$ menunjukkan sampel APL1 dan APL2 mengindikasikan *lateral flow* pada fluida panasbumi yang kemudian terjadi reaksi dekat permukaan.

Temperatur bawah permukaan ditentukan dengan menggunakan metode geotermometer. Persamaan geotermometer yang digunakan adalah geotermometer air Na/K. Penggunaan geotermometer ini berdasarkan kandungan Ca dan SiO₂ yang sedikit, tidak ditemukannya sinter silika dan selain itu geotermometer ini memiliki tingkat kestabilan yang baik sehingga dapat menjaga keadaan fluida yang bergerak ke permukaan dari kedalaman (Nicholson 1993).

Kode	Jenis Geotermometer	
	T Na/K Fournier 1979	T Na/K Giggenbach 1988
APL1	155	174
APL2	166	185

Tabel Hasil Penghitungan Temperatur Bawah Permukaan.

Hasil pengukuran temperatur bawah permukaan menggunakan geotermometer Na/K memperkirakan bahwa temperatur reservoir adalah sekitar 170°C.

4.3 Sistem Panasbumi

Sistem panasbumi pada daerah penelitian berada pada lingkungan non-vulkanik. Pada peta geologi regional, daerah penelitian terdiri dari Formasi Tinombo berumur oligosen, Batuan Gunungapi berumur oligosen dan endapan aluvium. Dari hasil pengamatan lapangan, daerah penelitian tersusun oleh batuan metamorf berjenis batusabak yang merupakan anggota Formasi Tinombo dan endapan pantai dan aluvium. Dari hasil analisa kelurusan morfologi, arah kelurusan pada daerah penelitian umumnya bearah barat daya-timur laut dan barat laut – tenggara yang diperkirakan mengontrol keberadaan mata air hangat. Dari hasil analisis tipe air, baik APL1 dan APL2 merupakan tipe air bikarbonat yang diduga air permukaan yang terpanaskan oleh sumber panas. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi sumber panas pada sistem panasbumi pada daerah penelitian.

Daerah manifestas panas bumi mencirikan zona *outflow*, pada diagram *ternary* Cl-SO₄-HCO₃ terlihat telah terjadi pencampuran dengan air meteorik dan juga telah berinteraksi dengan batuan lain. Temperatur bawah permukaan diperkirakan berdasarkan perhitungan geotermometer Na/K dan didapat temperatur bawah permukaan sekitar 170°C dan termasuk kedalam sistem panasbumi entalphi sedang berdasarkan klasifikasi Hochstein dan Browne (2000). Berdasarkan tipe fluida, sistem panasbumi di daerah penelitian adalah *liquid dominated system*.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan mengenai kajian geologi dan geokimia panasbumi daerah Buntuna. Geologi daerah penelitian tersusun atas litologi batusabak berumur Oligosen dan endapan aluvium. Geomorfologi daerah penelitian dibagi menjadi 2 satuan, yaitu satuan dataran rendah sangat landai dan satuan perbukitan curam. Struktur geologi di daerah penelitian didominasi oleh struktur yang memiliki arah relatif barat daya-timur laut dan barat laut-tenggara.

Berdasarkan hasil plotting diagram ternary Cl-SO₄-HCO₃ kedua manifestasi bertipe air bikarbonat. Berdasarkan hasil plotting diagram ternary Na-K-Mg mata air panas di daerah penelitian merupakan *immature waters* yang berarti dalam pembentukan manifestasi air panas pengaruh air meteorik. Hasil dari penggunaan geoindikator Na/K dan Na/Ca mengindikasikan manifestasi panasbumi terletak pada zona *outflow*.

Sistem panasbumi daerah penelitian tergolong pada sistem panasbumi non-vulkanik, yang sumber panasnya diduga akibat intrusi granit berumur Miosen, di bagian utara di luar daerah penelitian. Berdasarkan perhitungan geotermometer Na/K dan didapat temperatur bawah permukaan sekitar 170°C dan termasuk kedalam sistem panasbumi entalpi sedang (Hochstein dan Browne, 2000). Berdasarkan tipe fluida, sistem panasbumi di daerah penelitian adalah *liquid dominated system*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Kepala Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi atas izin untuk mengikuti kegiatan lapangan dan penggunaan data. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada tim lapangan atas bimbingannya saat di lapangan, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Giggenbach, W. F. (1995). Geochemical exploration of a “difficult” geothermal system, Paraso, Vella Lavella, Solomon Islands. World Geothermal Congress 1995, 6.
- Giggenbach, W. F. (1988). Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg Ca geoindicators. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52(12), 2749–2765
- 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
- Hutami, R., Aribowo, Y., & Widiarso, D. (2014). Studi Pendahuluan Daerah Prospek Panasbumi Berdasarkan Data Manifestasi Panasbumi, Geokimia Dan Isotop Fluida Panasbumi Komplek Gunung Telomoyo, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. *Geological Engineering E-Journal*, 6(1), 233-245.
- Nicholson, Keith. 1993. *Geothermal Fluids: Chemistry and Exploration Techniques*. Springer: Berlin
- Nurdin, N.M. dan Dedi K. (2017). *Laporan Survei Pendahuluan Awal Geologi dan Geokimia Daerah Panas Bumi Kabupaten Tolitoli, Provinsi Sulawesi Tengah*. Badan Geologi. Pusat Sumberdaya Mineral Batubara dan Panas Bumi. Bandung.
- Powell, T., and W. Cumming. 2010. *Spreadsheet for Geothermal Water and Gas Geochemistry*. Proceedings 35th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering. Stanford University: California
- Ratman N. 1995. *Peta Geologi Lembar Tolitoli, Sulawesi Utara, skala*

- 1:250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Risdianto, D., Permana, LP., Wibowo, A., Sugianto, A., Hermawan, D. (2015). *Sistem Panas Bumi Non-Vulkanik Di Sulawesi*. PSDG - Badan Geologi. Bandung.
- Sompotan, A. F. (2012). *Struktur Geologi Sulawesi*. Perpustakaan Sains Kebumian, Bandung.
- Suprpto, S. J. (2006). *Geokimia regional Sulawesi bagian Utara percontoh endapan sungai aktif-80 mesh*. *Indonesian Journal on Geoscience*, 1(2), 73-82.