



**KARAKTERISTIK GEOKIMIA AIR PANAS DAN PERKIRAAN
TEMPERATUR BAWAH PERMUKAAN PANAS BUMI
DAERAH OMA DAN TULEHU KABUPATEN MALUKU TENGAH**

William Simon Tala¹, Agus Didit Haryanto¹, Johanes Hutabarat¹, Dewi Gentana¹

¹Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

Korespondensi : wiliamtala14@gmail.com / william16003@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Desa Oma, Kecamatan pulau Haruku dan Desa Tulehu, Kecamatan Salahutu pulau Ambon, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku. Kedua daerah penelitian tersebut memiliki mata air panas di permukaan yang diperkirakan dari suatu sistim panas bumi, analisis geokimia air dilakukan untuk mengetahui karakteristik mata air panas, jenis air panas, asal air panas dan temperatur bawah permukaan di daerah penelitian. Hasil plotting data laboratorium kimia air panas pada diagram segitiga Cl-SO₄-HCO₃ dari mata air panas, memiliki tipe air klorida-bikarbonat pada kondisi “*mature waters*”, terbentuk pada kondisi “*absorption of low B/Cl steam*” mendekati puncak Cl, menunjukkan mata air panas tersebut sedikit sekali dipengaruhi oleh aktifitas gunung api muncul ke permukaan pada zona *outflow*, tetapi daerah penelitian tidak memiliki gunung api indikasi Cl yang tinggi diduga dikarenakan hasil kontaminasi dengan air laut mengingat daerah pengambilan sampel tidak jauh dari daerah pantai. Hasil dari plotting rasio Na-K-Mg, menunjukkan mata air panas OMA-1 terbentuk pada kondisi partial water, mata air panas THU-1 dan THU-2 berada kondisi “*immature waters*” dengan kandungan Mg yang tinggi. Hasil perhitungan menggunakan persamaan geotermometer fluida (air) terhadap sampel mata air panas di daerah penelitian diperkirakan memiliki temperatur bawah permukaan 134,09°C - 251°C.

Kata Kunci : Panas bumi, Geokimia, Temperatur

ABSTRAC

Oma Village, Haruku Island District and Tulehu Village, Salahutu District Ambon Island, Central Maluku Regency, Maluku Province. Both areas have hot springs on the surface which are estimated from a geothermal system, water geochemical analysis is carried out to determine the characteristics of hot springs, types of hot springs, origin of hot springs and subsurface temperatures in the study area. Hot water chemistry laboratory plotting results in the Cl-SO₄-HCO₃ triangle diagram of

the hot springs, having a chloride-bicarbonate water type under "mature waters" conditions, formed under conditions of "absorption of low B / Cl steam" approaching the peak of Cl, showing The hot springs are very little affected by volcanic activity coming to the surface in the outflow zone, but the study area does not have a high volcano Cl indication allegedly due to contamination with sea water considering the sampling area is not far from the coast. The results of the Na-K-Mg plotting ratio, show that OMA-1 hot springs are formed in partial water conditions, THU-1 and THU-2 hot springs are in "immature waters" conditions with high Mg content. The results of calculations using the fluid geothermometer equation (water) against hot spring samples in the study area are estimated to have subsurface temperatures 134.09°C - 251°C.

Keywords: Geothermal, Geochemical, Temperature.

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi panas bumi yang besar, Indonesia berada pada jalur gunung api atau disebut dengan cincin api. Indonesia memiliki sekitar 40% dari potensi panas bumi dunia atau setara dengan 29.000 MW, namun baru $\pm 7\%$ dari potensi yang diidentifikasi yang digunakan.

Daerah penelitian yaitu daerah Oma, Kecamatan di Pulau Haruku, dan daerah Tulehu di Pulau Ambon Kecamatan Salahutu, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku. Secara geografis daerah penelitian di Desa Oma terletak pada $3^{\circ}37'26''\text{LS}$ - $3^{\circ}36'29''\text{LS}$ dan $128^{\circ}26'15''\text{BT}$ - $128^{\circ}27'27''\text{BT}$ dan daerah Tulehu terletak pada $3^{\circ}35'10''\text{LS}$ - $3^{\circ}36'40''\text{LS}$ dan $128^{\circ}18'30''\text{BT}$ - $128^{\circ}21'25''\text{BT}$. Di daerah Oma dan Tulehu terdapat manifestasi panas bumi berupa mata air panas di permukaan yang diperkirakan

berhubungan dengan suatu sumber panas bumi di kedalaman sehingga dipilih sebagai daerah penelitian.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik geokimia air panas sehingga mendapatkan pemahaman mengenai tipe, asal fluida panas bumi, kondisi reservoir yang selanjutnya menentukan perkiraan temperatur bawah permukaan (reservoir).

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu di lapangan dan studio. Di lapangan melakukan pengamatan langsung terhadap kemunculan dan sifat fisik dari mata air panas, sedangkan di studio, melakukan

pengolahan data dan analisis geokimia mata air panas dari hasil analisis laboratorium terhadap sampel mata air panas yang diambil sebagai objek penelitian.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Berdasarkan peta geologi regional lembar Ambon, Maluku (S.Tjokrosoepetro, E.Rusma & A. Achdan 1993), daerah penelitian tersusun oleh 3 (tiga) kelompok batuan (Gambar 1) yang terdiri dari batuan produk gunung api, batuan sedimen gamping koral dan aluvium. Urutan stratigrafi dari muda ke tua yaitu:

a. Aluvium (Qa).

Satuan batuan ini terdiri dari kerakal, kerikil, lanau, pasir, lempung dan sisa tumbuhan (*cobble, pebble, silt, sand, clay and plant remains*), menempati bagian barat laut desa Tulehu. Satuan batuan ini berumur Kwarter (Holosen).

b. Batu Gamping Koral (Ql).

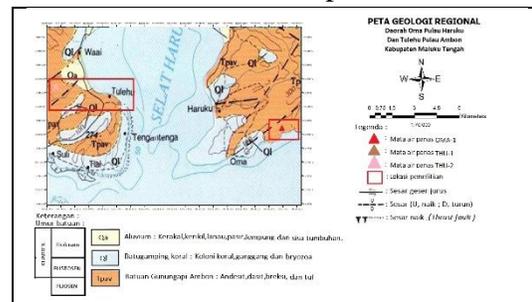
Satuan batuan ini terdiri dari kolosi koral, ganggang dan bryozoa (*coralline colony, algae and bryozoens*) menempati bagian barat laut desa Tulehu dan bagian barat daya desa Oma. Satuan batuan ini berumur Kwarter (Plistosen akhir – Holosen).

c. Batuan gunung api Ambon (Tpav).

Satuan batuan ini terdiri dari andesit, dasit, breksi dan tuff (*andesite, dacite, breccia and tuff*) menempati sebagian besar daerah penelitian di daerah Tulehu dan daerah Oma. Satuan batuan ini

berumur Pliosen akhir – Plistosen awal. Struktur yang ada di daerah penelitian terdiri dari 3 (tiga) sesar :

1. Sesar Normal Oma
2. Sesar Telaga Biru
3. Sesar Batu Lompa



Gambar 1. Regional Lembar Ambon, Maluku (S.Tjokrosoepetro, E.Rusma Dan A. Achdan 1993)

2.2 Sistem Panas Bumi

Sistem panas bumi yang terbentuk di kulit bumi memiliki 5 (lima) komponen utama yaitu:

1. Sumber Panas

Pembentukan sumber panas bumi memerlukan panas yang akan membentuk perputaran (*cycle*) fluida hidrotermal dalam bentuk perbandingan uap dan air panas, dimana masa panas dapat berupa masa panas padat, masa panas cair, massa panas mineral radioaktif, Reaksi kimia (eksotermik).

2. Fluida Panas Bumi

Fluida panas bumi merupakan fasa yang terdiri dari campuran uap dan air, yang menjadi panas akibat adanya proses konveksi.

3. Batuan Reservoir

Batuan reservoir, yaitu sebagai batuan yang terletak sebagai tempat terakumulasinya fluida panas bumi (uap, air panas). 340

4. Batuan Penudung

Batuan penudung (*cap rock*) merupakan zona yang tidak lolos atau kedap air (*impermeable*) atau permeabilitas rendah yang disusun oleh berbagai jenis batuan dan berada di atas batuan reservoir, berfungsi untuk mencegah konveksi fluida reservoir yang panas ke luar permukaan. Batuan ini bertindak sebagai perangkap sumber-sumber panas bumi, uap dan air panas.

5. Permeabilitas

Permeabilitas merupakan kemampuan batuan untuk dapat meloloskan satu macam fluida apabila terdapat dua macam fluida yang tidak bercampur satu sama lain (Peng, Suping, dan Zhang, Jincai.2007).

2.3 Geokimi Air Panas Bumi

2.3.1 Tipe Air Panas

Nicholson (1993) membagi tipe air panas berdasarkan kandungan anion dominan yaitu anion Cl, SO₄ dan HCO₃.

Air klorida merupakan tipe fluida panas bumi dalam (*deep geothermal fluid*), umumnya ditemukan pada sistem panas bumi temperatur tinggi. Mata air panas dengan tipe air klorida memiliki temperatur tinggi, debit yang besar, rasio Cl/SO₄ tinggi, pH 5-9 dan

kandungan klorida yang tinggi yang berasal langsung dari reservoir.

Air sulfat merupakan tipe fluida panas bumi yang terbentuk akibat kondensasi gas panas bumi pada air permukaan. Hidrogen sulfida (H₂S) yang terdapat dalam uap panas tersebut mengalami oksidasi menjadi sulfat.

Air bikarbonat merupakan tipe fluida panas bumi yang terbentuk akibat kondensasi uap dan gas ke dalam air permukaan yang minim oksigen. Tipe air panas ini terdiri atas dua jenis yaitu jenis pertama yang mempunyai kandungan Klorida (Cl) rendah dan Bikarbonat (HCO₃) tinggi.

Air sulfat klorida merupakan tipe fluida panas bumi yang terbentuk akibat pencampuran air klorida dan air sulfat dimana dimana Hidrogen Sulfida (H₂S) dalam air alkali klorida teroksidasi menjadi ion sulfat (SO₄²⁻).

Air *dilute* klorida bikarbonat terbentuk akibat adanya interaksi air klorida dengan air tanah (air bikarbonat) selama perjalanan lateral. Air panas ini kemungkinan berada pada batas zona *upflow* dan struktur *outflow* pada sistem panas bumi temperatur tinggi.

Diagram segitiga Cl – SO₄ – HCO₃, Giggenbach (1988) dapat digunakan untuk mengetahui tipe air panas. Anion berupa CL, SO₄ dan HCO₃ merupakan zat terlarut yang banyak dijumpai dalam fluida panas bumi.

2.3.2 Asal Fluida Panas Bumi

Fluida panas bumi dapat berasal dari air meteorik yang masuk melalui zona permeabelnya, air formasi (*connate water*) yang sudah lama berada dalam formasi batuan, air metamorfik (*metamorphic water*) dan magma (*juvenile water*).

Untuk mengetahui asal fluida panas bumi digunakan plotting diagram Cl- Li-B. Kandungan Cl, Li dan B dapat memberi informasi mengenai kondisi di bawah permukaan karena sifatnya yang konservatif (Giggenach, 1985). Pengeplotan pada diagram ini dapat digunakan untuk menentukan jenis manifestasi termasuk *upflow* dan *outflow*.

2.3.3 Kematangan Fluida Manifestasi

Kematangan manifestasi panas bumi dapat ditentukan dari kandungan relatif unsur Na, K dan Mg dengan melakukan plotting pada diagram *ternary* NaK-Mg Giggenbach (1988). Mg^{2+} merupakan unsur yang memiliki konsentrasi kecil dalam temperatur tinggi (0,01-0,1 ppm), konsentrasi Mg^{2+} yang tinggi diakibatkan oleh pengenceran oleh air permukaan yang memiliki kandungan Mg^{2+} tinggi (Nicholson, 1993).

2.3.4 Geoindikator

Geoindikator merupakan metode untuk menentukan zona *upflow* dan *outflow* pada sistem panas bumi. 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 di lacak asal usulnya. Geoindikator adalah zat terlarut yang bersifat reaktif dan mencerminkan lingkungan ekuilibrium atau kesetimbangan (Nicholson, 1933).

2.3.5 Geothermometer

Geothermometer merupakan metode untuk memperkirakan temperatur reservoir panas bumi yang berdasarkan keberadaan zat-zat terlarut pada fluida panas bumi, dimana konsentrasi fluida tersebut sangat bergantung pada temperatur. Tiap geothermometer dalam penerapannya harus sangat hati-hati untuk menghindari keliruan interpretasi.

Geothermometer air dapat di terapkan pada manifestasi berupa mata air alami maupun pemboran sumur. Geothermometer air dapat di hitung berdasarkan solubilitas mineral silika dan reaksi pertukaran ion Na- K, Na-K-Ca (Nicholson, 1993).

Beberapa geothermometer air yang digunakan dalam perhitungan untuk perkiraan temperatur bawah permukaan di daerah penelitian, yaitu:

a. Geothermometer Silika

Geothermometer silika dibuat berdasarkan kelarutan berbagai jenis silika dalam air sebagai fungsi dari temperatur yang di tentukan dengan simulasi/ eksperimen. Reaksi yang menjadi dasar pelarutan silika dalam air adalah

$\text{SiO}_2(\text{s}) - 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_4\text{SiO}_4$. Geotermometer ini tidak sesuai untuk sistem panas bumi temperatur tinggi ($>225 \text{ C}$), dimana kuarsa dapat mengendap akibat pendinginan perlahan, apabila pendinginan berlangsung dengan sangat cepat.

b. Geotermometer Na - K

Perhitungan geotermometer Na - K dapat di terapkan untuk reservoir air klorida dengan $T > 180 \text{ }^\circ\text{C}$. Geotermometer ini punya keunggulan yaitu tidak banyak terpengaruh oleh dilution maupun steam loss. Geotermometer ini kurang bagus untuk $T < 100 \text{ }^\circ\text{C}$. juga untuk air yang kaya Ca dan berasosiasi dengan endapan travertin.

c. Geotermometer Na - K - Ca

Digunakan pada air yang memiliki konsentrasi Ca tinggi. Geotermometer ini bersifat empiris dengan landasan teori yang belum dipahami secara sempurna (Giggenbach, 1998). Batasan teoritis untuk geotermometer ini adalah ekuilibrium antara Na dan feldspar serta konversi mineral kalsium alumino silikat menjadi kalsit.

Kisaran temperatur yang bagus untuk geotermometer Na - K - Ca adalah $120 - 200^\circ\text{C}$ selebihnya tidak terlalu bagus. Keterbatasan lainnya adalah temperatur sangat dipengaruhi oleh perubahan konsentrasi karena *boiling* dan *dilution*. *Boiling* menyebabkan berkurangnya CO_2 , terjadi pengendapan kalsit, Ca keluar dari larutan, sehingga temperatur hasil

perhitungan menjadi tinggi. Selain itu, diperlukan rasio $\sqrt{\text{Ca}/\text{Na}} > 1$ untuk menggunakan geotermometer Na-K-Ca.

3. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian geokimia fluida / air panas ini dibagi menjadi dua yaitu:

1. Geoindikator, digunakan untuk menentukan tipe fluida, asal dan kelarutan/kesetimbangan atau lingkungan fluida (mata air panas)
2. Geotermometer digunakan untuk menentukan (menghitung) perkiraan temperatur pada reservoir.

Hasil analisis dari geoindikator dan geotermometer selain mengetahui karakteristik fluida (mata air panas) juga dapat mengetahui sistem panas bumi, daerah atau zona *upflow* dan zona *outflow* (Ellis, A.J., and Mahon, W.A.J., 1977).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Geokimia Air

4.1.1 Karakteristik Tipe Air Panas

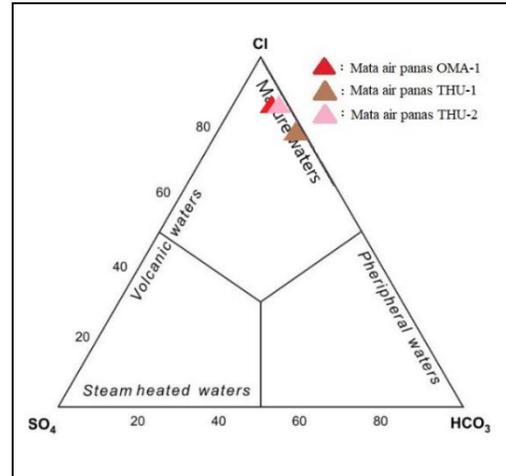
Dalam menentukan karakteristik air panas berupa tipe fluida pada reservoir menggunakan data kimia kandungan relatif dari klorida (Cl), sulfat (SO_4) dan bikarbonat (HCO_3) yang diolah terlebih dahulu dengan menghitung presentase dari masing-masing unsur Cl , SO_4 dan HCO_3 (Tabel 4.2). Hasil perhitungan persentase kandungan relatif Cl , SO_4 dan HCO_3 tersebut memperlihatkan tipe mata air panas OMA-1, THU-1 dan THU-2 adalah Klorida-Bikarbonat (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai Konsentrasi ppm Dan Presentase Unsur/Senyawa Cl-SO₄-HCO₃

Mata air Panas	Konsentrasi ppm (mg/L)		
	Cl	SO ₄	HCO ₃
OMA-1	3092.76	138.43	478.67
THU-1	1897.83	5	565.59
THU-2	1968.12	20	378.99
Mata air panas	Presentase (%)		
	Cl	SO ₄	HCO ₃
OMA-1	83.36	3.73	12.90
THU-1	76.88	0.20	22.91
THU-2	83.14	0.84	16.01

Hasil plotting ion kimia pada diagram rasio Cl-SO₄-HCO₃ dari mata air panas OMA-1, THU-1 dan THU-2, memperlihatkan ketiga mata air panas tersebut termasuk ke dalam tipe air “chloride bicarbonate” pada kondisi “mature waters” dengan kandungan klorida (Cl) yang berlimpah. Kehadiran Cl mendominasi pada ketiga mata air panas tersebut bila dibandingkan dengan kandungan HCO₃ dan SO₄.

Kemunculan mata air panas di permukaan diperkirakan sebagai *outflow* yang keberadaannya sangat dimungkinkan dipengaruhi oleh air permukaan. (Gambar 2). Mata air panas dengan unsur klorida yang tinggi, memiliki sedikit unsur bikarbonat dan unsur sulfat mengindikasikan daerah *outflow* pada reservoir panas bumi (Powell, 2010).



Gambar 2. Hasil Ploting Kandungan Unsur relatif Cl-SO₄-HCO₃ Mata Air Panas di Daerah Penelitian (Giggenbach, 1988).

4.1.2 Karakteristik Reservoir Dan Asal air Panas

Dari hasil plotting kandungan relatif Cl/100, B, dan Li yang diperoleh dari data hasil analisis laboratorium yang kemudian di olah terlebih dahulu menjadi Cl/100, B/4, 2Li, kemudian di hitung nilai persentase (%) dari masing-masing unsur tersebut (Tabel 2).

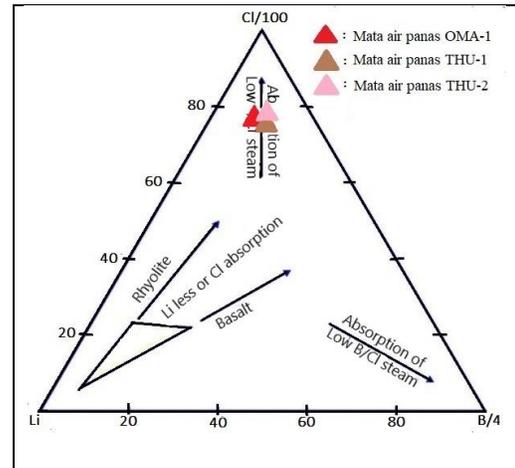
Tabel 2. Nilai Konsentrasi ppm Dan Presentase Unsur/Senyawa Cl-Li-B.

Mata air Panas	Konsentrasi ppm (mg/L)		
	Cl	Li	B
OMA-1	3092.76	5.19	15.38
THU-1	1897.83	2.92	11.65
THU-2	1968.12	2.92	10.72
Mata air panas	Presentase (%)		
	Cl	Li	B
OMA-1	77.39	12.98	9.62
THU-1	76.49	11.76	11.73
THU-2	77.84	11.55	10.60

Dari hasil perhitungan Cl/100, B/4, 2Li yang di olah kedalam bentuk persen (%) dan kemudian dilakukan plotting dari sampel mata air panas OMA-1, THU-1 dan THU-2 ke dalam diagram segitiga Cl/100- B/4-Li (Giggenbach, 1988) agar dapat mengetahui karakteristik fluida, reservoir dan asal fluida (air) panas bumi di daerah penelitian.

Hasil plotting dari diagram segitiga tersebut memperlihatkan bahwa ketiga sampel mata air panas OMA-1, THU-1 dan THU-2 berada pada posisi mendekati puncak Cl (*chlorside*) dengan nilai rasio B/Cl dan Li sangat rendah, muncul ke permukaan pada kondisi “*absorption of low B/Cl steam*” (Gambar 3). Hal ini menunjukkan ke tiga air panas sedikit sekali dipengaruhi oleh aktifitas gunung api (jauh dari sumber panas suatu sistim panas bumi di kedalaman).

Melihat keberadaan lokasi mata air panas relatif dekat dengan pantai, melimpahnya kandungan Cl dimungkinkan bila mata air panas tersebut sebagai air tanah dangkal (*connate water*) yang terkontaminasi oleh air laut, hal ini dapat diinterpretasikan keberadaan mata air panas dari suatu sistim panas bumi non-vulkanik.



Gambar 3. Hasil Ploting Kandungan Unsur Diagram Segitiga Cl/100-B/4-Li Mata Air Panas di Daerah Penelitian (Giggenbach, 1988).

4.1.3 Kesetimbangan Fluida – Air Panas Bumi

Dari data hasil analisis laboratorium kimia air dilakukan perhitungan nilai Na/1000, K/100, dan \sqrt{Mg} yang kemudian di olah untuk menghasilkan nilai persentase (%) dari ketiga unsur tersebut, memunjukkan sampel dari mata air panas OMA-1 memiliki kandungan Na dominan dibanding kandungan K dan Mg, sedangkan dari sampel mata air panas THU-1 dan THU-2 memiliki kandungan Mg yang dominan dibanding kandungan Na dan K (Tabel 3).

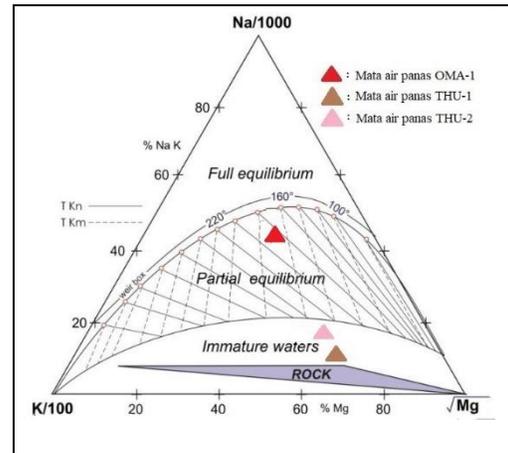
Tabel 3. Nilai Konsentrasi ppm dan Presentasi Unsur/Senyawa Na, K dan Mg

Mata air Panas	Konsentrasi ppm (mg/L)		
	Na	K	Mg
OMA-1	2177.3	109.41	1.03
THU-1	953.25	146.47	21.91
THU-2	974.99	120.4	11.14

Mata air panas	Presentase (%)		
	Na	K	Mg
OMA-1	50.79	25.52	23.67
THU-1	13.42	20.63	65.93
THU-2	17.67	21.82	60.50

Hasil plotting kesetimbangan fluida pada diagram Na/1000-K/100-√Mg memperlihatkan mata air panas OMA-1, pada kondisi “*partial equilibrium*” terbentuk pada temperatur 180°C. Pada mata air panas OMA-1 memiliki nilai TDS ion Na dan Cl yang tinggi. Tingginya TDS terutama ion Na dan Cl pada fluida merupakan hasil dari netralisasi gas-gas asam yang dilepas magma dengan batuan sekitar (Giggenbach, 1988). Pada daerah yang memiliki morfologi pegunungan, fluida yang kaya akan ion Na dan Cl biasanya ditemukan jauh di lereng kaki gunung atau jauh melampar dari daerah *upflow* panas bumi (Cumming, 2016).

Mata air panas THU-1 dan THU-2 terbentuk pada kondisi “*immature waters*” dengan kandungan Mg yang dominan. Terdapatnya konsentrasi Mg yang tinggi pada mata air panas ini mengindikasikan terjadi proses pelarutan (*leaching*) batuan di dekat permukaan atau pengenceran oleh air meteorik yang kaya akan Mg, hal ini dimungkinkan mata air panas di daerah penelitian adalah air tanah dangkal, dan dengan melihat lokasi mata air panas THU-1 dan THU-2 berdekatan dengan pantai, maka dimungkinkan air panas tersebut berasal dari air laut.



Gambar 4. Hasil Plotting Kandungan Unsur Diagram Segitiga Na/1000-K/100-√Mg Mata Air Panas di Daerah Penelitian (Giggenbach, 1988).

4.2 Perkiraan Temperatur Bawah Permukaan

Berdasarkan kandungan unsur kimia dan karakteristik air panas di daerah penelitian dipilih persamaan geotermometer yang digunakan untuk menghitung perkiraan temperatur bawah permukaan (reservoir), yaitu dengan menggunakan persamaan geotermometer *silica* (SiO_2) pada kondisi *maximum steam lost* (Fournier, 1977) dan *no steam lost* (Fournier, 1977), serta dengan persamaan geotermometer Na-K (Arnorsson, 1983) dengan persyaratan temperatur pada kesetimbangan 120° - 250°C dan dengan persamaan geotermometer Na-K-Ca dengan $\beta = 1/3$ dengan persyaratan suhu >100°C (Fournier dan Truesdell, 1973).

Hasil perhitungan perkiraan temperatur bawah permukaan (reservoir) dari masing-masing sampel air panas OMA-1, THU-1 dan THU-2, and menunjukkan di daerah penelitian

memiliki temperatur bawah permukaan (reservoir) yang bervariasi (Tabel 4.5), sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Perhitungan Geotermometer Silika (SiO₂), Na-K dan Na-K-Ca

Mata air Panas	SiO ₂ (°C)
	<i>Maximum Steam Lost</i> (Fournier, 1977)
OMA-1	191
THU-1	172.29
THU-2	180.12
Mata air panas	SiO ₂ (°C)
	<i>No Steam Lost</i> (Fournier, 1977)
OMA-1	208
THU-1	185.13
THU-2	195
Mata air Panas	Na-K (°C)
	Arnorsson (1983)
OMA-1	134.09
THU-1	243.48
THU-2	218
Mata air panas	Na-K-Ca (°C)
	Fournier dan Truesdell (1973)
OMA-1	226
THU-1	251
THU-2	239

5. Kesimpulan

1. Karakteristik Fluida / Air Panas Bumi

- Tipe air panas OMA-1, THU-1 dan THU-2 klorida – bikarbonat memiliki kandungan klorida (Cl) lebih dominan bila dibandingkan dengan kandungan bikarbonat (HCO₃) dan sangat kecil memiliki kandungan SO₄ pada kondisi “*mature water*”, menunjukkan mata air panas

tersebut sedikit sekali dipengaruhi oleh aktifitas gunung api muncul ke permukaan sebagai “*outflow*”.

- OMA-1 terbentuk pada kondisi “*partial water*”, THU-1 dan THU-2 terbentuk pada kondisi “*immature waters*”. Terdapatnya konsentrasi Mg yang tinggi pada mata air panas, diinterpretasikan saat air bergerak ke permukaan telah terjadi proses pelarutan (*leaching*) batuan di dekat permukaan atau pengenceran (*diluted*) oleh air meteorik yang kaya akan Mg.
- Melimpahnya kandungan Cl pada OMA-1, THU-1 dan THU-2, dimungkinkan mata air panas ini sebagai air tanah dangkal (*connate water*) yang terkontaminasi oleh air laut, hal ini dapat diinterpretasikan bahwa kemunculan mata air panas tersebut dari suatu sistim panas bumi non-vulkanik.

2. Perkiraan Temperatur Bawah Permukaan

Menggunakan geotermometer fluida (air) panas, hasil perhitungan memperlihatkan estimasi temperatur bawah permukaan di daerah :

- OMA-1; 191°C, THU-1; 172,29°C dan THU-2; 180°C (persamaan *Silica maximum steam lost*). OMA-1; 208°C, THU-1; 185,13°C dan THU-2; 195°C (persamaan *Silica no steam lost*).

- OMA-1; 134°C, THU-1; 243,48°C dan THU-2; 218°C (persamaan Na-K) dan OMA-1; 226°C, THU-1; 251°C dan THU-2; 239°C (persamaan Na-K-Ca).

Geothermal System With Volcanic Heat Sources, In *Encyclopedia of Volcanoes*, Edit by H. Sigurdson. San Diego: Akademik Press: 835-865.

DAFTAR PUSTAKA

- Cumming, W., 2016. *Geophysics And Resource Conceptual Models In Geothermal Exploration And Development, Geothermal Power Generation: Developments and Innovation*, Woodhead Publishing Series in Energy: Number 97, 2016. Elsevier Ltd.
- Ellis, A.J., and Mahon, W. A. J., 1977. *Chemical Geothermometry in Geothermal Systems*. Geothermics, 219-226 pp.
- Fournier, R. 1985, *Application of Water Geochemistry to Geothermal and Reservoir Engineering*, vol. 5, United States Geological Survey, Reston.
- Giggenbach, W. 1991a, *Geochemical techniques in geothermal exploration*, UNITAR UNDP, Guidebook: Application of geochemistry in resources development, hh. 119-144.
- Hochstein, M.P and Brwone. 2000. *Surface Manifestation of Geothermal Fluids Chemistry and Exploration Techniques*. Springer-Verlag Inc. : Berlin.
- Nicholson, K. 1993. *Geothermal Fluids Chemistry and Exploration Techniques*. Springer-Verlag Inc. : Berlin.
- Peng, Suping & Zhang, Jincai. 2007. *Engineering Geology for Underground Rocks*. Berlin: Springer.
- S. Tjokrosapoetro, E. Rusmana, A. Achdan, 1993. Peta Geologi Lembar Ambon, Maluku skala 1 :250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Lembar 2612 – 2613.