



**KARAKTERISTIK GEOKIMIA AIR PANAS DAN PERKIRAAN  
TEMPERATUR RESERVOAR PANAS BUMI  
DAERAH SULI, KECAMATAN SALAHUTU,  
KABUPATEN MALUKU TENGAH, PROVINSI MALUKU**

Jeaneth Wattimanela, Agus Didit Haryanto, Johannes Hutabarat, Dewi Gentana

Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran  
Korespondensi: Jeaneth17001@mail.unpad.ac.id

**ABSTRAK**

Desa Suli, Kecamatan Salahutu, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku memiliki manifestasi berupa mata air panas permukaan. Hasil pengamatan lapangan memperlihatkan sifat fisik mata air panas yang bervariasi memiliki temperatur; 40°C - 63°C dan pH ; 6-7 (mendekati netral) – 7 (netral). Analisis geokimia air dilakukan untuk mengetahui tipe fluida, asal fluida, kesetimbangan fluida, dan perkiraan temperatur reservoir. Hasil plotting rasio Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> dari mata air panas memperlihatkan tipe air klorida bikarbonat pada kondisi *mature waters*, dengan kandungan Cl yang tinggi mengindikasikan zona *outflow*, sedangkan mata air dingin memperlihatkan tipe air bikarbonat pada kondisi *peripheral waters*. Hasil plotting rasio Cl-Li-B dari mata air panas dan mata air dingin terbentuk pada *absorption of low B/Cl steam* dengan kandungan Cl dominan. Tingginya kandungan Cl pada mata air panas disebabkan adanya kontaminasi dari air laut mengingat keberadaan mata air panas relatif dekat dengan pantai. Hasil plotting rasio Na-K-Mg dari mata air panas dan mata air dingin berada pada kondisi *immature waters* dengan kandungan Mg yang dominan, diinterpretasikan terjadi pelarutan dari batuan sampling dan pencampuran dengan air permukaan yang kaya akan Mg. Hasil perhitungan geotermometer menggunakan persamaan geotermometer air pada sampel mata air panas di daerah penelitian diperkirakan memiliki temperatur reservoir; 115,21°C - 177,31°C.

**Kata Kunci:** Suli, Manifestasi Panas Bumi, Karakteristik Air Panas, Temperatur Reservoir.

**ABSTRACT**

*Suli Village, Salahutu District, Central Maluku Regency, Maluku Province has manifestations in the form of surface hot springs. The results of field observations of the physical properties of hot springs vary with temperature; 40°C - 63°C and pH; 6-7 (neutral) - 7 (neutral). Geochemical analysis of water is carried out to see fluid conditions, fluid origin, fluid equilibrium, and reservoir temperature. Plotting the ratio of Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> the hot springs show the type of bicarbonate chloride water in mature waters, with high Cl content indicates an outflow zone, while cold springs show the*

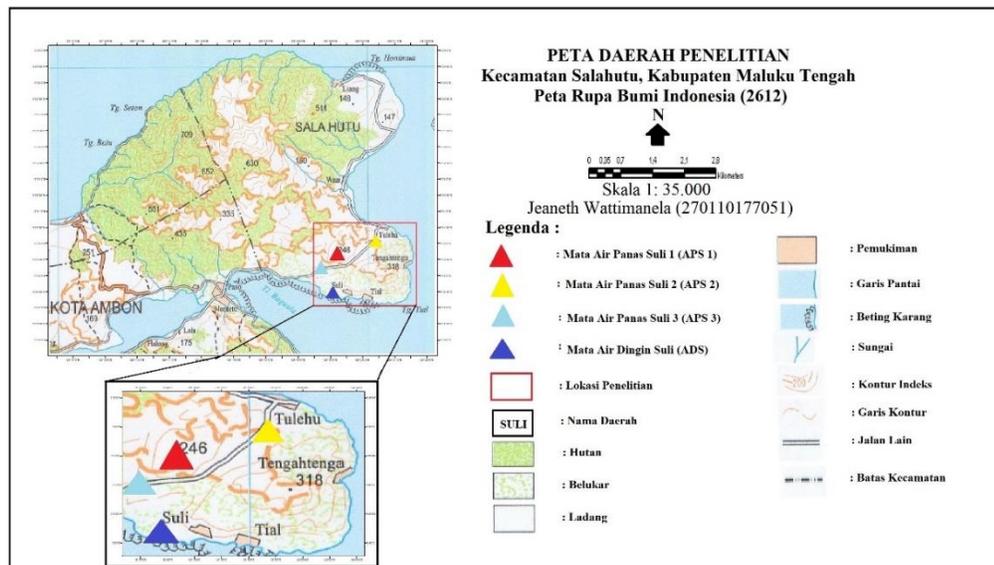
*type of bicarbonate water in peripheral waters. Plotting the Cl-Li-B ratio of hot springs and cold springs is formed at low B / Cl steam absorption with dominant Cl content. The high Cl content in hot springs is due to contamination from sea air, considering that the hot springs are relatively close to the coast. The results of plotting the Na-K-Mg ratio from hot springs and cold springs are in immature water conditions with a dominant Mg content, which is interpreted as dissolving from side rock and mixing with surface water rich in Mg. The results of geothermal calculations using the fluid geothermometer equation in the hot spring sample in the study area are estimated to have a reservoir temperature; 115,21°C – 177,31°C.*

**Keywords:** Suli, Geothermal Manifestation, Hot Water Characteristics, Reservoir Temperature.

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi panas bumi sebesar 23,9 GW dari total potensi sebesar 417,8 GW dengan kapasitas terpasang sebesar 2.130,7 MW (8,9%) dari total pemanfaatan sebesar 10,4 GW (2,5%) (EBTKE, 2020).

Daerah penelitian terletak di Desa Suli, Kecamatan Salahutu, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku secara geografis terletak pada 128°17'30" BT-128°21'30" BT dan 03°35'30" LS - 03°38'0" LS. (Gambar 1).



Gambar 1. Daerah penelitian (RBI Lembar Ambon 2612)

Pada daerah penelitian ditemukan mata air panas (*hot spring*) yang muncul di permukaan dan berasal dari suatu sumber panas bumi.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik mata air panas dan perkiraan temperatur reservoir. Metode penelitian menggunakan geoindikator kimia dan geotermometer fluida panas bumi untuk pengolahan data dan analisis berdasarkan data laboratorium kimia fluida (air) dari sampel mata air panas.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Geologi Regional

Fisiografi Lembar Ambon terbagi menjadi 6 (enam) satuan yaitu pegunungan bertonjolan kasar, pegunungan bertonjolan halus, topografi karst, perbukitan menggelombang, perbukitan kasar dan dataran rendah (Tjokrosoepetro, S., dkk., 1993). Perbukitan kasar terdapat di Pulau Ambon berketinggian 100 m sampai 900 m di atas permukaan laut. Morfologi ini dibentuk oleh batuan gunung api muda yaitu lava, breksi gunung api dan batuan terobosan. Umumnya membentuk perbukitan terjal dengan lembah yang sempit (bentuk V) (Tjokrosoepetro, S., dkk., 1993).

Berdasarkan peta geologi regional Lembar Ambon, Maluku skala 1:100.000 (Tjokrosoepetro, S., dkk., 1993), di daerah penelitian memiliki tiga satuan batuan, tersusun oleh batuan dari yang berumur muda ke tua dengan susunan sebagai berikut:

#### a. Aluvium (Qa)

Satuan batuan ini terdiri dari kerakal, kerikil, lanau, pasir, lempung dan sisa tumbuhan yang menempati bagian timur laut dari Desa Suli.

#### b. Batu Gamping (QI)

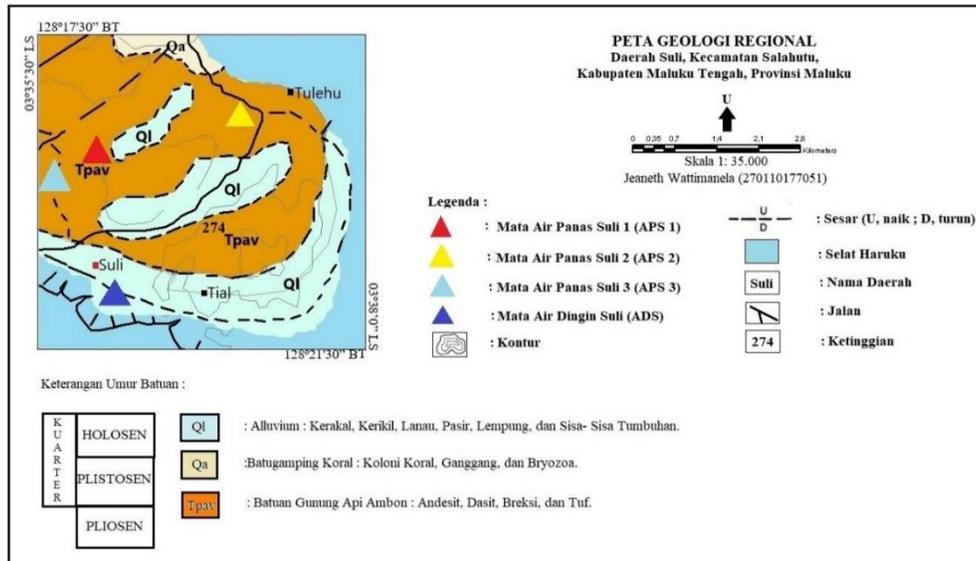
Satuan batuan ini terdiri dari koloni koral, ganggang, dan bryozoa yang menempati bagian timur laut dan tenggara dari Desa Suli.

#### c. Batuan Gunung Api Ambon (Tpav)

Satuan batuan ini terdiri dari andesit, dasit, breksi dan tuf yang menempati bagian barat laut dan timur dari Desa Suli.

Pulau Ambon merupakan bagian dari sistem Busur Banda. Busur Banda terletak di daerah pertemuan tiga lempeng kerak bumi yakni Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik (Charlton, 2004; De Smet, 1999). Kawasan tersebut disebut juga sebagai *triple junction* yang perkembangan geodinamika tektonik dan strukturnya dipengaruhi oleh rezim ketiga lempeng tersebut (Simanjuntak, 1992).

Kemunculan manifestasi mata air panas yang tersebar di daerah Suli pada pesisir pantai sampai ke pegunungan dataran rendah secara umum kemunculannya mengikuti jalur patahan yang melintang berarah timur laut–barat daya daerah penelitian yang diketahui sebagai sesar Batu Lompa (PT. PLN dan JICA, 2007). Sistem sesar di sekitar Pulau Ambon diperkirakan merupakan kelanjutan lajur sesar mendatar mengiri yang memanjang dari Teluk Soleman, melalui ujung timur Pegunungan Taunusa (Tjokrosoepetro, 1988).



Gambar 2. Geologi regional Lembar Ambon, Maluku (Tjokrosapoetro, S.,dkk, 1993)

## 2.2 Sistem Panas Bumi

Sistem panas bumi (*geothermal system*) secara umum dapat diartikan sebagai sistem penghantaran panas di dalam mantel atas dan kerak bumi dimana panas dihantarkan dari suatu sumber panas (*heat source*) menuju suatu tempat penampungan panas (*heat sink*).

Pembentukan sistem panas bumi dikontrol oleh proses-proses geologi yang telah ada atau sedang berlangsung disepanjang jalur gunung api serta proses pengangkatan yang mengakibatkan terbentuknya struktur-struktur patahan disepanjang jalur tersebut. Prinsip pembentukan panas bumi selalu memerlukan sirkulasi air yang memadai. Hal ini untuk mengetahui sampai sejauh mana perkembangan siklus air serta hubungannya dengan sistem air panas yang berada di bawah permukaan (Hochstein dan Browne, 2000).

Pembentukan sistem panas bumi yang ada pada Pulau Ambon menurut Lund (2007) mengatakan bahwa sistem panas bumi ini tidak terkait dengan gunung berapi Kuartar. Sumber panas

diasumsikan sebagai sisa magma yang terakumulasi dari aliran panas konduktif, bukan magma cair gunung berapi Kuartar.

## 2.3. Geokimia Air Panas

### 2.3.1 Tipe Fluida Panas Bumi

Nicholson (1993) membagi tipe fluida panas bumi berdasarkan kandungan anion dan kation.

Air klorida merupakan tipe fluida panas bumi yang ditemukan pada kebanyakan area dengan sistem temperatur tinggi. Area yang memiliki mata air panas yang mengalir dalam skala besar dengan konsentrasi Klorida (Cl) yang tinggi berasal dari reservoir dalam, dan merupakan indikasi dari zona permeabel pada area tersebut.

Air Sulfat merupakan fluida yang terbentuk pada kedalaman dangkal dan terbentuk sebagai akibat dari proses kondensasi gas panas bumi yang menuju dekat permukaan.

Air bikarbonat merupakan produk dari proses kondensasi gas dan uap menjadi mata air bawah tanah yang miskin oksigen. Air bikarbonat banyak

ditemukan pada area non-*volcanogenic* dengan temperatur yang tinggi.

Air sulfat klorida merupakan tipe fluida panas bumi yang terbentuk akibat pencampuran air klorida dan air sulfat dimana hidrogen *sulfide* ( $H_2S$ ) dalam air klorida teroksidasi menjadi ion Sulfat ( $SO_4^{2-}$ ).

Air *dillute* klorida bikarbonat merupakan tipe fluida yang terbentuk akibat adanya interaksi air klorida dengan air tanah (air bikarbonat) yang selama perjalannya ke permukaan relatif lateral.

### 2.3.2 Asal Air Panas

Penentuan asal air panas menggunakan diagram segitiga Cl-Li-B (Giggenbach, 1988). Penggunaan diagram segitiga Cl-Li-B dapat menentukan zona *upflow* dan zona *outflow* dari sebuah sistem panas bumi.

### 2.3.3 Kesetimbangan Fluida

Penentuan kesetimbangan fluida menggunakan diagram segitiga Na-K-Mg (Giggenbach, 1988). Penggunaan diagram segitiga Na-K-Mg untuk pendugaan temperatur reservoir dan untuk mengetahui air yang mencapai kesetimbangan dalam litologi.

### 2.3.4 Geoindikator Panas Bumi

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).

### 2.3.5 Geotermometer

Pendugaan temperatur reservoir panas bumi digunakan perhitungan

Geotermometer. Geotermometer air dapat diterapkan pada manifestasi berupa mata air alami maupun pemboran sumur. Perhitungan geotermometer air dihitung berdasarkan solubilitas mineral silika dan reaksi pertukaran ion Na-K-Ca (Nicholson, 1993).

Persamaan Geotermometer yang dipakai dalam perkiraan temperatur bawah permukaan (Reservoir) yaitu:

#### 1. Geotermometer Silika

Geotermometer silika merupakan geotermometer yang baik digunakan pada sistem panas bumi suhu tinggi (Middlemost, 1985). Perhitungan suhu reservoir panas bumi menggunakan geotermometer silika melibatkan konsentrasi mineral Silika ( $SiO_2$ ) yang terkandung dalam sampel air panas.

#### 2. Geotermometer Na-K

Geotermometer Na-K (Fournier, 1979; Giggenbach, 1988) merupakan respon rasio konsentrasi Na terhadap K yang menurun terhadap meningkatnya temperatur fluida didasarkan pada reaksi pertukaran kation yang sangat tergantung pada suhu.

#### 3. Geotermometer Na-K-Ca

Menurut Giggenbach (1988), geotermometer Na-K-Ca baik diterapkan untuk air panas yang memiliki kandungan Ca yang tinggi. Batasan penggunaan geotermometer ini adalah adanya keseimbangan antara Na, K, dan Ca yang terkandung dalam air panas dengan asumsi adanya kelebihan silika. Geotermometer ini bersifat empiris dengan landasan teori yang belum dapat dipahami secara sempurna (Giggenbach, 1988).

### 3. METODE

Metode yang digunakan dalam melakukan penelitian geokimia air panas ini antara lain:

1. Geoindikator, untuk menentukan tipe fluida, asal fluida serta kesetimbangan fluida.
2. Geotermometer, digunakan untuk menghitung dan menentukan perkiraan temperatur reservoir dibawah permukaan.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Geokimia Air Panas

##### 4.1.1 Karakteristik Air Panas

Penentuan karakteristik air panas berupa tipe fluida pada reservoir menggunakan data kimia kandungan relatif dari Klorida (Cl), Sulfat (SO<sub>4</sub>) dan Bikarbonat (HCO<sub>3</sub>) (Tabel 1).

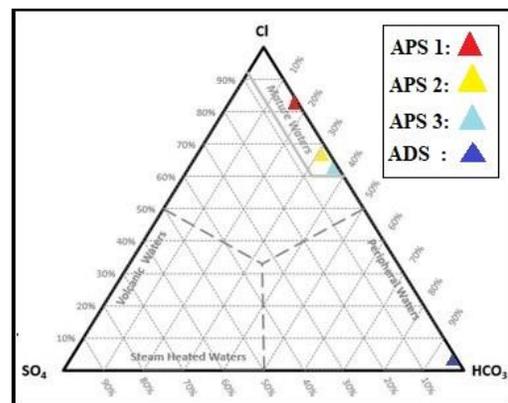
Hasil perhitungan presentase kandungan relatif Cl-SO<sub>4</sub> - HCO<sub>3</sub> memperlihatkan tipe mata air panas APS 1, APS 2 dan APS 3 adalah Klorida Bikarbonat sedangkan tipe mata air dingin ADS adalah Bikarbonat.

Tabel 1. Nilai konsentrasi dan presentase unsur/senyawa Cl, SO<sub>4</sub>, dan HCO<sub>3</sub>

Kode Sampel	Konsentrasi (mg/L)		
	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
APS 1	2130,00	12,37	445,06
APS 2	639,00	10,00	387,20
APS 3	568,00	20,00	252,98
ADS	3,71	1,81	166,31
Kode Sampel	Persentase (%)		
	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>
APS 1	82,32	0,47	17,20
APS 2	61,66	0,96	37,36
APS 3	67,54	2,37	30,08
ADS	2,15	1,05	96,78

Hasil plotting ion kimia pada diagram Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> dari mata air panas APS 1, APS 2, dan APS 3 menunjukkan bahwa ketiga mata air panas tersebut termasuk ke dalam tipe air Klorida Bikarbonat pada kondisi *mature waters* dengan kandungan Klorida (Cl) melimpah jika dibandingkan dengan kandungan Sulfat (SO<sub>4</sub>) dan Bikarbonat (HCO<sub>3</sub>). Berdasarkan persentase kandungan mata air panas mengindikasikan zona *outflow* yang keberadaanya dipengaruhi oleh air permukaan. Mata air panas dengan unsur klorida yang tinggi, memiliki sedikit unsur bikarbonat dan unsur sulfat mengindikasikan daerah *outflow* pada reservoir panas bumi (Powell, 2010).

Mata air dingin menunjukkan bahwa air dingin tersebut termasuk ke dalam tipe air bikarbonat pada kondisi *peripheral waters* yang memiliki kandungan Bikarbonat (HCO<sub>3</sub>) melimpah jika dibandingkan dengan kandungan Cl dan SO<sub>4</sub>.



Gambar 3. Hasil plotting kandungan unsur relatif Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> mata air panas di daerah penelitian (Giggenbach, 1988)

#### 4.1.2 Karakteristik Reservoir dan Asal Air Panas

Hasil perhitungan Cl/100, B/4, Li yang diolah kedalam bentuk persen (%) kemudian dilakukan plotting dari sampel mata air panas APS 1, APS 2 dan APS 3 serta sampel mata air dingin ADS ke dalam diagram segitiga Cl/100-B/4-Li (Giggenbach, 1988).

Hasil perhitungan presentase kandungan relatif Cl-Li-B pada mata air panas APS 1, APS 2, APS 3, dan mata air dingin ADS memiliki kandungan Klorida (Cl) yang melimpah jika dibandingkan dengan kandungan Boron (B) dan Litium (Li).

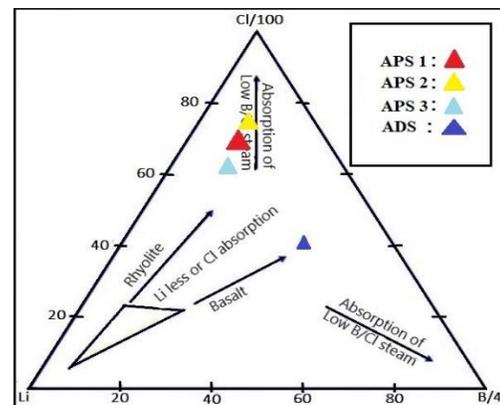
Tabel 2. Nilai konsentrasi dan presentase unsur/senyawa Cl, B, dan Li

Kode Sampel	Konsentrasi (mg/L)		
	Cl	B	Li
APS 1	2130,00	13,51	2,61
APS 2	639,00	4,66	1,12
APS 3	568,00	3,59	0,54
ADS	3,71	0,14	0,01
Kode Sampel	Persentase (%)		
	Cl	B	Li
APS 1	71,24	11,29	17,45
APS 2	65,23	11,89	22,86
APS 3	74,17	11,72	14,10
ADS	40,28	38,00	21,71

Hasil plotting diagram segitiga memperlihatkan bahwa ketiga sampel mata air panas APS 1, APS 2 dan APS 3 berada pada posisi mendekati puncak Cl (*chloride*) dengan nilai rasio B/Cl dan Li sangat rendah, muncul ke permukaan pada kondisi *absorption of low B/Cl steam*. Sampel mata air dingin ADS berada pada posisi mendekati Cl dengan nilai B/Cl dan Li rendah,

muncul ke permukaan pada kondisi *absorption of low B/Cl steam*.

Keberadaan lokasi mata air panas relatif dekat dengan pantai, melimpahnya kandungan Klorida (Cl) dimungkinkan bila mata air panas tersebut sebagai air tanah dangkal yang mengalami pencampuran atau terkontaminasi oleh air laut ketika air panas bergerak menuju permukaan.



Gambar 4. Diagram segitiga Cl/100, B/4, Li (Giggenbach, 1988)

#### 4.1.3 Kesenjangan Fluida Panas Bumi

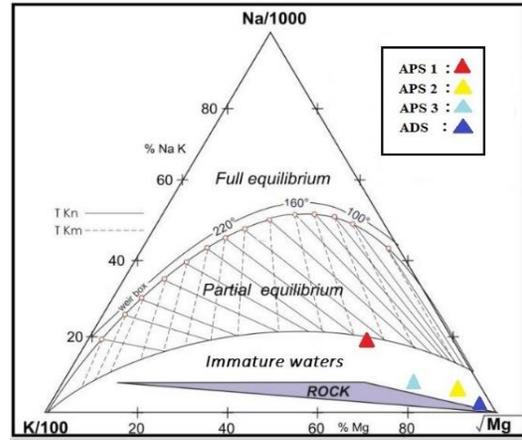
Dari data hasil analisis laboratorium kimia air dilakukan perhitungan nilai Na/1000, K/100, dan  $\sqrt{Mg}$  yang kemudian di olah untuk menghasilkan nilai persentase (%) dari ketiga unsur tersebut memperlihatkan kandungan unsur Natrium (Na) lebih dominan bila dibandingkan dengan kandungan unsur Kalium (K) dan Magnesium (Mg) pada mata air panas APS 1, APS 2, APS 3. Sampel mata air dingin ADS berada pada kondisi *immature waters* dengan kandungan unsur Mg yang dominan bila dibandingkan dengan kandungan unsur Na dan K.

Tabel 3. Nilai konsentrasi dan presentasi unsur/senyawa Na, K dan Mg

Kode Sampel	Konsentrasi (mg/L)		
	Na	K	Mg
APS 1	1402,59	95,67	24,24
APS 2	349,01	51,72	7,43
APS 3	321,94	21,12	15,28
ADS	5,06	2,04	0,67
Kode Sampel	Persentase (%)		
	Na	K	Mg
APS 1	19,25	13,13	67,60
APS 2	9,71	14,39	75,88
APS 3	7,24	4,75	87,99
ADS	0,59	13,13	96,98

Hasil plotting kandungan unsur Na-K-Mg pada diagram segitiga memperlihatkan sampel mata air panas APS 1, APS 2, dan APS 3 terbentuk pada kondisi *immature waters* dengan kandungan unsur Mg yang lebih dominan bila dibandingkan dengan kandungan unsur Na dan K. Terdapatnya konsentrasi Mg yang tinggi pada APS 1, APS 2, dan APS 3 menunjukkan terjadi proses pelarutan (*leaching*) batuan di dekat permukaan atau terjadi pengenceran oleh air permukaan yang kaya akan Mg.

Mata air panas pada kondisi *immature waters* kurang baik digunakan untuk mengetahui temperatur reservoir, dikarenakan pada kondisi ini air telah mengalami pencampuran dengan fluida lain atau unsur-unsur lain dari air tanah dangkal.



Gambar 5. Diagram segitiga Na/1000, K/100, dan  $\sqrt{Mg}$

#### 4.2 Perkiraan Temperatur Reservoir

Berdasarkan unsur kimia dan karakteristik air panas di daerah penelitian, persamaan geotermometer yang digunakan untuk memprediksi temperatur reservoir, menggunakan geotermometer Silika ( $SiO_2$ ) *no steam loss* (Fournier, 1977), Na-K (Fournier, 1979) dan Na-K-Ca (Fournier & Truesdell, 1973).

Hasil perhitungan perkiraan temperatur reservoir dari masing-masing sampel mata air panas APS 1, APS 2 dan APS 3, menunjukkan di daerah penelitian memiliki temperatur reservoir yang bervariasi (Tabel 4), sebagai berikut:

Terdapatnya perbedaan hasil perhitungan geotermometer fluida (air) dimungkinkan dikarenakan fluida panas bumi pada saat perjalanannya ke permukaan terjadi kontaminasi dengan unsur-unsur kimia lain dari batuan dan mengalami pencampuran atau pengenceran dengan fluida dangkal membentuk kesetimbangan baru (Gentana, D., dkk., 2020).

Hasil perhitungan persamaan geotermometer fluida (air) di daerah penelitian berdasarkan geotermometer Na-K-Ca, dikarenakan kandungan Ca yang tinggi diperkirakan memiliki temperatur reservoir berkisar 115,21°C – 177,31°C yang termasuk ke dalam sistem panas bumi rendah – sedang (Hochstein dan Browne, 2000).

Tabel 4. Hasil perhitungan geotermometer Silika (*no steam loss*), Na-K, dan Na-K-Ca

Kode Sampel	SiO <sub>2</sub> (°C) <i>no steam loss</i> (Fournier 1977)
APS 1	196,95
APS 2	144,58
APS 3	142,91
Kode Sampel	Na-K (°C) Fournier (1979)
APS 1	194,18
APS 2	263,64
APS 3	191,16
Kode Sampel	Na-K-Ca Fournier & Truesdell (1973)
APS 1	177,31
APS 2	133,08
APS 3	115,21

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.3. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal yaitu sebagai berikut :

Karakteristik tipe air panas di daerah penelitian, termasuk ke dalam tipe klorida bikarbonat pada kondisi “*mature waters*” memiliki kandungan klorida (Cl) lebih dominan bila dibandingkan dengan kandungan

bikarbonat (HCO<sub>3</sub>) dan kandungan sulfat (SO<sub>4</sub>).

Keberadaan lokasi mata air panas relatif dekat dengan pantai, melimpahnya kandungan Klorida (Cl) dimungkinkan bila mata air panas tersebut sebagai air tanah dangkal yang mengalami pencampuran atau terkontaminasi oleh air laut ketika air panas bergerak menuju permukaan.

Sampel mata air panas APS 1, APS 2, APS 3, berada pada kondisi *immature waters* dengan kandungan Mg yang dominan karena terjadi pelarutan (*leaching*) batuan di dekat permukaan oleh air permukaan yang kaya Mg.

Perkiraan temperatur reservoir berdasarkan hasil perhitungan geotermometer belum bisa menggambarkan temperatur reservoir, mengingat seluruh mata air panas dan mata air dingin berada pada kondisi *immature waters* atau tidak mencapai kesetimbangan.

### 5.4. Saran

Perlu dikaji nilai keekonomian apabila di daerah penelitian akan dikembangkan menjadi pembangkit listrik ataupun sebagai daerah geowisata.

### DAFTAR PUSTAKA

- Charlton, T. R., 2004. *Petroleum Potential Of Inversion Anticlines In Banda Arc*. AAPG Bul.
- De Smet, M. E. M., 1999. *Outer Banda Arc, Tectonics And Sedimentation Of Indonesian*. Proc. Of The Geology Of Indonesia Book 50<sup>th</sup> Ann.

- EBTKE-ESDM, 2020. Paparan Webinar 'Sharing Knowledge', Geothermal goes to campus, FTG, Universitas Padjadjaran.
- Fournier, R. O. and Rowe, J.J., 1977. *Estimation of Underground Temperatures from the Silica Content of Water From Hot Springs and Wet-Steam Wells, American Journal of Science*, Vol. 264.
- Fournier, R.O., and Truesdell, A.H., 1973., *An Empirical Na-K-Ca Geothermometer for Natural Water. Geochimica Cosmochimica Acta*, vol. 37, Pp 1255-1275.
- Fournier, R. O., 1979. *A Revised Equation For Na/K Geothermometer. Trans Geotherm Resour Counc* 3: 221-224.
- Gentana, D., Haryanto, D., A., Hutabarat, J., 2020. *Geochemical and Isotope Analysis in Geothermal System of Mt. Rendingan and its Surrounding, Lampung Province, Southern Part of Sumatra. Proceeding 5<sup>th</sup> International Conferences of Geological Engineering Faculty (ICGEF 2020)*.
- Giggenbach, W.F., 1988. *Geothermal Solute Equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca Indicators, Geochemica et Cosmochimica Acta*, Vol. 52 No.12, pp. 2749-2765.
- Giggenbach. W.F., 1991. *Geothermal Solute Equilibria. Geochemical et cosmochemica acta*. Vol. 52. No. 12. Pp. 2749 – 2765.
- Hochstein, M.P. and Browne, P.R.L., 2000. *Surface Manifestation of Geothermal Systems with Volcanic Heat Sources, In Encyclopedia of Volcanoes*.
- Lund, J. W., 2007. *Characteristic, Development and Utilization of Geothermal Resources, GHC-Bulletin*.
- Nicholson, K., 1993. *Geothermal Fluids Chemistry and Exploration Techniques. Springer-Verlag Inc. : Berlin*.
- Powell, T and Cumming, W., 2010. *Spreadsheets For Water and Gas Geothermal Geochemistry (California: Stanford University, Stanford)*.
- Pownall, J. M., Hall, R., dan Watkinson, I. M., 2013. *Extreme Extension Across Seram And Ambon, Eastern Indonesia Evidence For Banda Slab Rollback, SE Asia Research Group, Department of Earth Sciences, Royal Holloway University of London, Egham TW20 0EX, UK*.
- Rachman, G dan Jufri., 2015. Analisis Distribusi Anomali Medan Magnet Total Di Area Manifestasi Panas Bumi Tulehu. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Pattimura Ambon dan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Darussalam Ambon.
- Simanjuntak, T. O., 1992. *Tectonic Development Of The Indonesian*

*Archipelago And Its Bearing On  
The Occurrence Of Energy  
Resources. Journal Of Geology  
and Mineral Resources. Vol II.*

Tjokrosoepetro. S., E, Rusmana.,  
Achdan, A., 1993. Peta Geologi  
Lembar Ambon, Maluku skala 1  
:250.000, Pusat Penelitian dan  
Pengembangan Geologi,  
Lembar 2612.

Tjokrosoepetro, S., 1988. Geologi  
Masohi, Seram. Puslitbang  
Geologi, Bandung..