

**KARAKTERISTIK GEOKIMIA PANAS BUMI DAERAH MAPOS,  
BERDASARKAN MANIFESTASI PERMUKAAN**  
*GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF GEOTHERMAL IN MAPOS AREA,  
BASED ON SURFACE MANIFESTATION*

**Lano Adhitya Permana, Dede Iim Setiawan, Dikdik Risdianto, dan Arif Munandar**  
Pusat Sumber Daya Geologi  
Jalan Soekarno Hatta No. 444, Bandung  
lano.ap@yahoo.com

diterima : 29 Agustus 2014      direvisi : 5 September 2014      disetujui : 6 November 2014

**ABSTRAK**

Kegiatan penelitian panas bumi daerah Mapos dilakukan untuk mengetahui karakteristik geokimia panas bumi di daerah tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengamatan dan pengambilan conto di lapangan, analisis laboratorium serta interpretasi data. Objek penelitian ini terdiri dari manifestasi panas bumi yang muncul di permukaan, geokimia air panas, batuan ubahan dan komposisi isotop stabil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat tujuh air panas di daerah penelitian yang dapat diklasifikasikan ke dalam tipe air panas klorida, klorida-bikarbonat, sulfat, sulfat-bikarbonat dan bikarbonat. Seluruh air panas di daerah penelitian terletak di zona *immature waters* dengan jenis pola aliran air panas berupa *outflow* dan perkiraan temperatur reservoir sekitar 200°C. Berdasarkan manifestasi panas bumi di permukaan, sistem panas bumi daerah Mapos merupakan sistem panas bumi bertemperatur sedang dengan dominasi air pada relief tinggi dan berhubungan dengan sistem vulkanik.

**Kata kunci :** Geokimia, Mapos, *Outflow*, Sistem Panas Bumi.

**ABSTRACT**

*Research activities in Mapos geothermal area are conducted to determine geochemical characteristics of geothermal in that area. Methodology in this research includes of observation and taking samples in the field, laboratory analysis and interpretation of data. The object in this research consists of geothermal manifestation at surface, water geochemistry, alteration rock and stable isotope composition. The research results indicate that there are seven hot springs, which can be classified into chloride, chloride – bicarbonate, sulphate, sulphate-bicarbonate and bicarbonate hot springs. All the hot springs in the research area are located in immature water zone with drainage pattern classified as outflow and reservoir temperature is estimated at 200°C. Based on the surface geothermal manifestations, geothermal system at Mapos is classified as medium enthalpy with water dominated system at high terrain and related with volcanic system.*

**Keywords :** Geochemistry, Mapos, *Outflow*, Geothermal System.

**PENDAHULUAN**

Keberadaan daerah prospek panas bumi di Pulau Flores terkait dengan aktivitas vulkanisme yang ada di pulau ini, salah satunya adalah kehadiran Gunung Anak Ranakah yang berada di bagian barat laut dari daerah penelitian. Sistem

panas bumi daerah Mapos ditandai dengan munculnya mata air panas di daerah Mapos, Ranamasak, Ranaroko dan Waelareng, dengan karakteristik manifestasi yang berbeda-beda (Anonim, 2013). Penelitian geologi dan geokimia yang dilakukan pada pertengahan tahun 2014 di daerah Mapos dan sekitarnya,

merupakan upaya untuk menindaklanjuti adanya manifestasi panas bumi di daerah tersebut. Tujuan penulisan makalah ini yaitu untuk mengetahui karakteristik geokimia panas bumi dalam kaitannya dengan pembentukan sistem panas bumi daerah Mapos.

Secara administratif, daerah penelitian berada di daerah Mapos dan sekitarnya, mencakup wilayah Kecamatan Borong dan Kecamatan Ranamese, Kabupaten Manggarai Timur, Provinsi Nusa Tenggara Timur (Gambar 1).

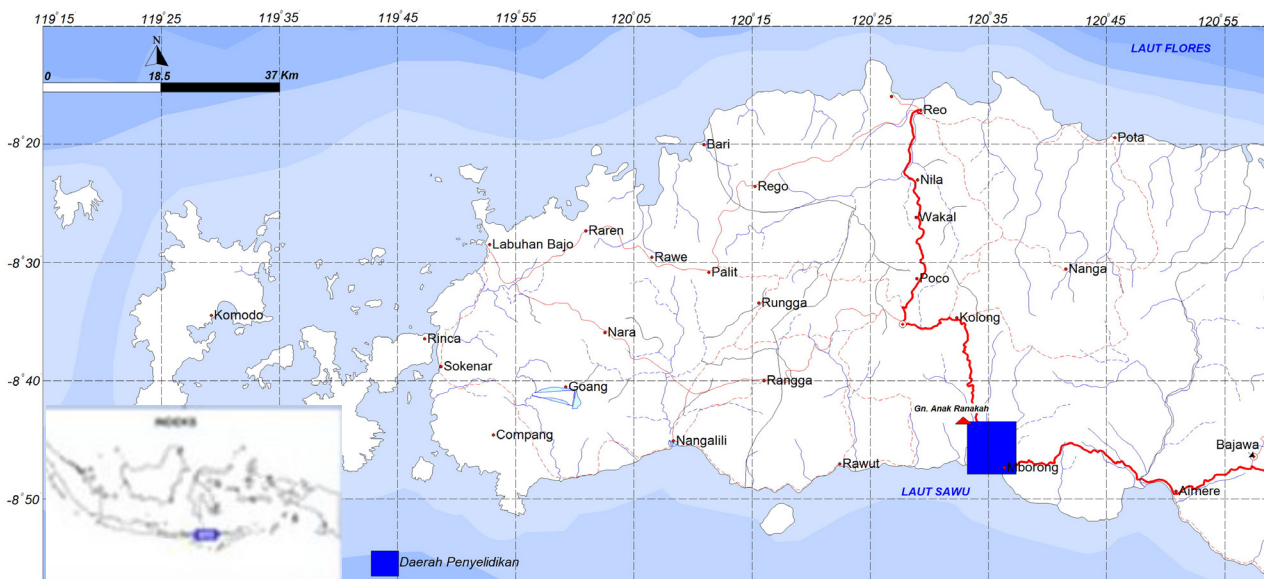
## Geologi Daerah Penelitian

Tatanan geologi Pulau Flores terletak pada bagian dalam Busur Vulkanik Banda yang didominasi oleh batuan berkomposisi mafik dan kalk alkali intermedier seperti andesit, basal dan dasit. Batuan-batuan tersebut merupakan tipe dari busur vulkanik yang berasosiasi dengan subduksi dari kerak samudera (Hamilton, 1979).

Secara umum, geologi daerah penelitian tersusun oleh batuan vulkanik Kuartar dan batuan sedimen Tersier. Keberadaan batuan sedimen Tersier sebagai batuan tertua, ditemukan dalam bentuk jendela-jendela singkapan tuf,

perselingan batupasir dan lempung serta dapat dibandingkan dengan Formasi Kiro yang berumur Miosen (Koesoemadinata, dkk., 1994).

Batuan vulkanik mendominasi penyebaran litologi daerah penelitian, terdiri dari lava, aliran piroklastik dan breksi vulkanik. Lava memiliki komposisi andesitik sampai basaltik, bertekstur pofiritik hingga afanitik dan di beberapa tempat dijumpai struktur kekar kolom dan kekar berlembar. Breksi vulkanik merupakan hasil dari aliran massa yang dihasilkan dari aktivitas vulkanisme dan tersusun oleh fragmen serta massa dasar. Fragmen batuan didominasi oleh batuan beku berkomposisi andesitik hingga basaltik, menyudut hingga menyudut tanggung, berukuran hingga mencapai 50 cm, tertanam dalam massa dasar yang berukuran pasir halus hingga kasar serta tufaan. Pola distribusi lava dan breksi vulkanik sebagian besar mengikuti morfologi kerucut gunung api, sedangkan sebaran aliran piroklastik ditemukan pada bagian utara hingga barat daya daerah penelitian yang merupakan produk erupsi dari Gunung Poco Rii dan Danau Kawah Ranamese.



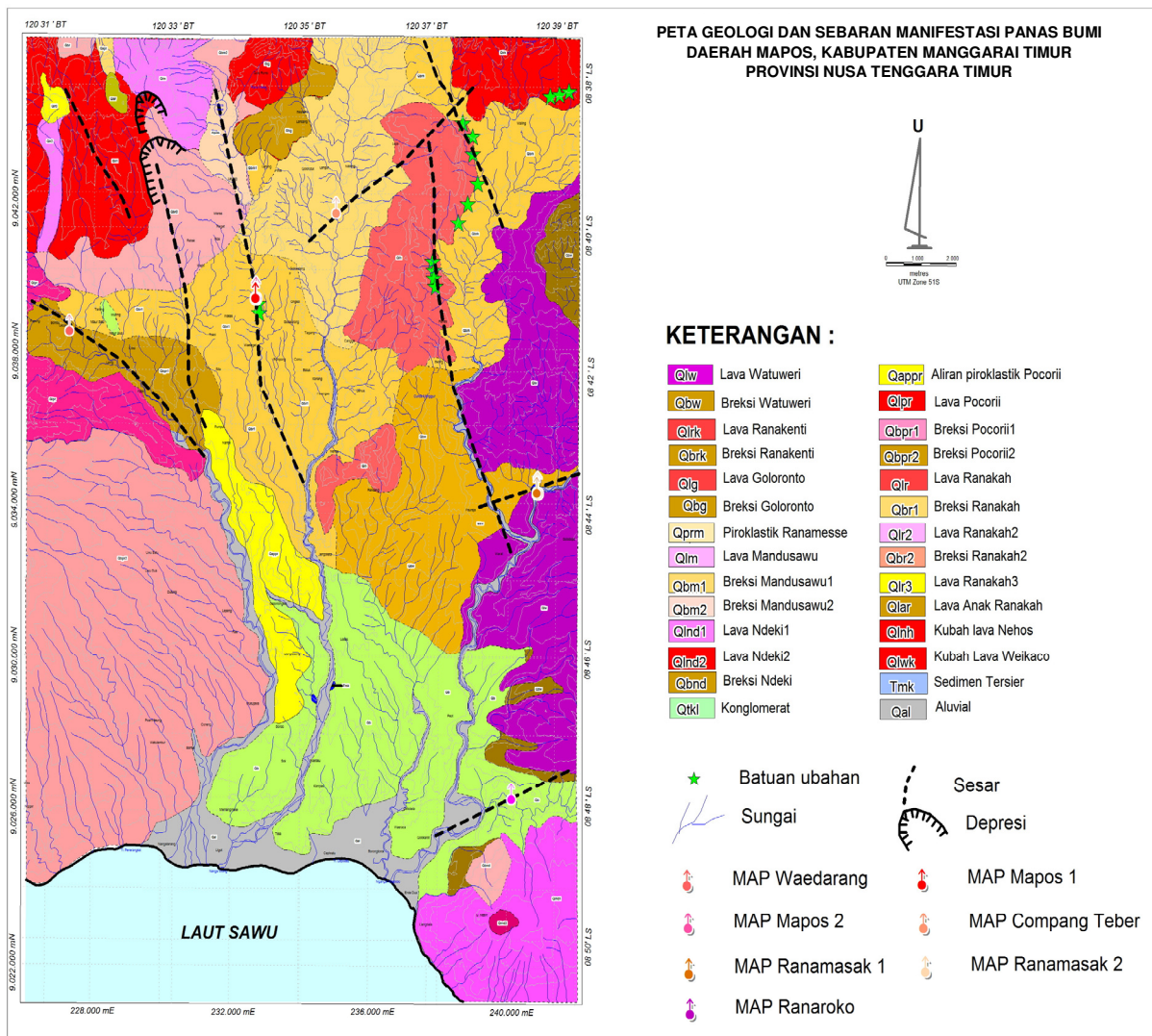
Gambar 1. Lokasi Daerah Penelitian

Selain batuan sedimen dan vulkanik, dijumpai juga batuan ubahan yang terbentuk akibat adanya interaksi antara batuan dengan fluida hidrothermal. Batuan umumnya telah mengalami ubahan dengan intensitas rendah hingga kuat. Batuan ubahan ini ditemukan di sekitar mata air panas Mapos dan Ranamasak serta Gunung Ajang.

Aktivitas vulkanisme paling muda berupa erupsi Gunung Anak Ranakah yang terjadi pada Tahun 1987 (Katili dan Sudrajat, 1988) menghasilkan lava yang membentuk morfologi kubah lava. Sjarifudin dan Rakimin (1989)

menyebutkan bahwa lava tersebut termasuk dalam jenis andesit piroksen s.d. hornblenda. Penyebaran batuan pada daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

Struktur geologi berupa sesar normal dan sesar geser yang berarah utara-selatan dan timurlaut-tenggara, serta ditemukan beberapa struktur depresi di sekitar tubuh kerucut gunung api, mempengaruhi kemunculan manifestasi panas bumi di daerah penelitian. Manifestasi tersebut terdiri dari mata air panas dan batuan ubahan.



Gambar 2. Peta geologi dan sebaran manifestasi panas bumi daerah penelitian ( Modifikasi dari Anonim, 2014a)

## METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini berupa pengamatan di lapangan, pengambilan contoh, analisis laboratorium dan interpretasi data. Pengamatan yang dilakukan di lapangan meliputi pengamatan terhadap sebaran batuan ubahan dan karakteristik fisik manifestasi panas bumi seperti temperatur, pH, debit air dan daya hantar listrik. Pengambilan contoh geokimia berupa pengambilan contoh air dan batuan ubahan, untuk selanjutnya dilakukan analisis mineral ubahan dan geokimia air seperti anion, kation dan isotop di laboratorium. Metode yang digunakan terhadap 15 unsur-unsur terlarut yang meliputi anion utama  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , kation seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Li}^+$  dan beberapa senyawa netral  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , F, B, secara berurutan menggunakan ion kromatografi, *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) dan spektrometri. Untuk mengetahui kandungan isotop stabil deuterium dan Oksigen 18 digunakan *Mass Spectrometer* (MS). Mineralogi penyusun batuan ubahan dideskripsi dengan menggunakan analisis

petrografi yang didukung dengan analisis *Portable Infrared Mineral Analyzer (PIMA)*. Data hasil analisis laboratorium kemudian diinterpretasi sehingga karakteristik fluida yang terdapat di daerah panas bumi Mapos dapat diketahui secara jelas.

## HASIL ANALISIS

Kemunculan manifestasi mata air panas terbagi menjadi dua wilayah, yaitu di bagian utara dan bagian selatan daerah penelitian (Gambar 2). Empat contoh air panas diperoleh dari kelompok mata air panas di bagian utara yang meliputi mata air panas Mapos-1 dan 2, Compang Teber serta Waelareng, sedangkan tiga contoh air panas yang lain diperoleh dari kelompok mata air panas di bagian selatan yaitu di lokasi mata air panas Ranamasak-1 dan 2 serta Ranaroko. Disamping air panas, satu contoh air dingin diperoleh dari bagian selatan daerah penelitian, tepatnya di daerah Nehos. Secara lengkap karakteristik mata air panas dan dingin serta hasil analisis kimia air yang terdapat di daerah penelitian ditampilkan dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Karakteristik manifestasi mata air panas dan air dingin di daerah penelitian

NO.	MANIFESTASI	KODE	KOORDINAT (UTM)		TEMPERATUR UDARA	TEMPERATUR AIR	DEBIT (liter/detik)	pH	DAYA HANTAR LISTRIK ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	KETERANGAN
			mT	mS	( $^{\circ}\text{C}$ )	( $^{\circ}\text{C}$ )				
1	Mapos-1	APMP-1	232674	9039323	28,6	51,4	1,4	5,9	1300	Jernih, sedikit berbau belerang, terasa tawar sampai sedikit asam, terdapat gelembung gas, fosil sinter karbonat dan silika residu
2	Mapos-2	APMP-2	232680	9039324	29,2	50,1	0,4	6,1	1284	Jernih, sedikit berbau belerang, terasa tawar sampai sedikit asam, terdapat gelembung gas, fosil sinter karbonat dan silika residu
3	Ranamasak-1	APRNM-1	240836	9034332	32	46,6	0,6	6,0	16216	Jernih, tidak berbau, berasa asin dan sedikit kesat, terdapat endapan sinter karbonat dan endapan garam serta gelembung gas.
4	Ranamasak-2	APRNM-2	240845	9034331	29	43	0,4	5,9	16210	Jernih, tidak berbau, berasa asin dan sedikit kesat, terdapat endapan sinter karbonat dan endapan garam serta oksida besi
5	Ranaroko	APRNM	240144	9026390	27	38	0,5	6,1	6200	Jernih, tidak berbau, berasa sedikit asin sampai sedikit kesat, terdapat gelembung gas, sinter karbonat dan oksida besi
6	Compang Teber	APCT	234991	9041552	26,8	45	0,5	6,2	-	Jernih, tidak berbau, berasa sedikit asin sampai sedikit kesat, terdapat sinter karbonat (tipis) dan oksida besi
7	Waelareng	APWL	227323	9038454	29,3	34,3	0,5	6,1	964	Jernih, tidak berbau, berasa sedikit asam
8	Nehos	ADNH	235983	9034672	27,6	23,2	0,2	7,2	-	Air dari mata air dingin, jernih, tidak berbau, dan tidak berasa.

Tabel 2. Hasil analisis anion dan kation air panas dan air dingin serta hasil perhitungan geotermometer di daerah penelitian

KONSENTRASI		KODE CONTO							
		APMP -1	APMP -2	APRNM-1	APRNM-2	APR NK	APCT	APWL	ADNH
SiO <sub>2</sub>	( mg/L)	27,55	26,75	29,99	31,21	136,66	61,52	135,22	60,61
B	( mg/L)	1,27	1,49	103,97	92,07	10,79	0,57	0,66	0,09
Al <sup>3+</sup>	( mg/L)	0,03	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03
Fe <sup>3+</sup>	( mg/L)	0,13	0,12	0,00	7,59	2,16	1,08	0,00	0,00
Ca <sup>2+</sup>	( mg/L)	152,50	161,00	547,10	486,10	360,90	322,10	71,80	7,67
Mg <sup>2+</sup>	( mg/L)	31,85	32,94	118,83	115,46	96,69	11,68	34,46	6,37
Na <sup>+</sup>	( mg/L)	127,60	128,70	2311,20	1995,30	466,20	117,80	66,90	5,52
K <sup>+</sup>	( mg/L)	11,15	10,58	308,41	264,64	11,52	5,97	9,32	2,86
Li <sup>+</sup>	( mg/L)	0,10	0,10	8,38	7,76	0,13	0,13	0,02	0,04
As <sup>3+</sup>	( mg/L)	0,05	0,05	0,76	1,37	0,00	0,01	0,01	0,00
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	( mg/L)	1,16	1,14	5,58	6,86	1,65	2,17	0,98	0,89
F <sup>-</sup>	( mg/L)	0,19	0,12	1,00	0,10	0,44	0,14	0,00	0,01
Cl <sup>-</sup>	( mg/L)	18,26	20,47	4562,40	4169,30	1050,44	8,76	2,40	1,17
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	( mg/L)	470,50	492,75	282,70	272,70	306,53	942,44	32,80	1,70
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	( mg/L)	299,70	297,98	683,17	924,20	544,72	189,56	503,11	68,63
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	( mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Meq. Cation		16,16	16,70	147,04	129,27	46,76	22,51	9,63	1,28
Meq. Anion		15,23	15,73	145,83	138,44	44,96	22,98	9,00	1,19
Ion Balance (%)		2,94	3,01	0,41	-3,42	1,96	-1,04	3,39	3,42

Geotermometer

Kuarsa (konduktf)	76	75	80	81	156	112	155	-
Na-K (Fournier,1979)	206	201	243	243	121	165	247	-

Keterangan :

APMP-1 : Air Panas Mapos-1

APMP-2 : Air Panas Mapos-2

APRNM-1 : Air Panas Ranamasak-1

APRNM-2 : Air Panas Ranamasak-2

APR NK : Air Panas Ranaroko

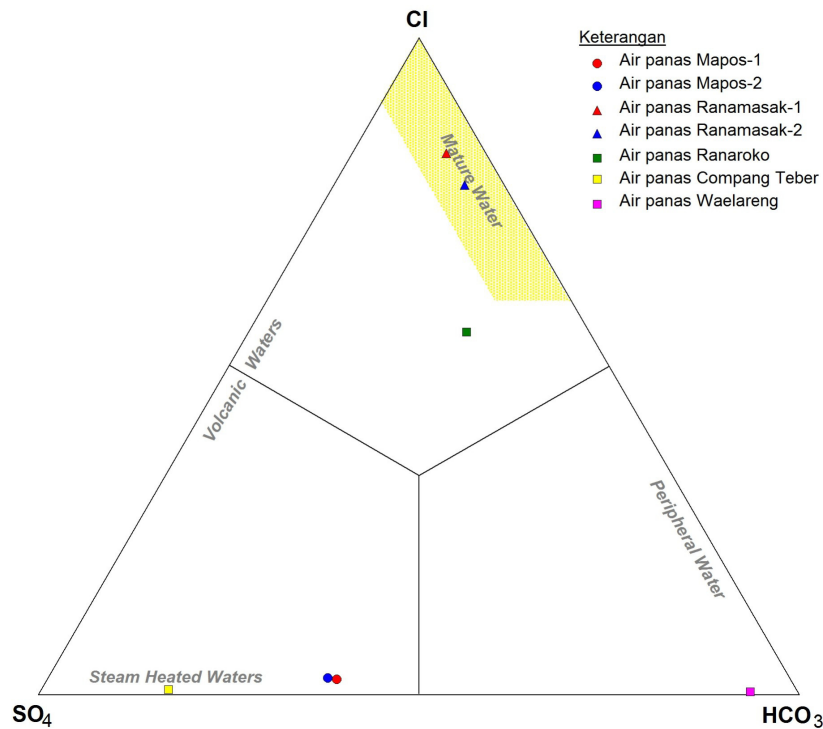
APCT : Air Panas Compangteber

APWL : Air Panas Waelareng

ADNH : Air Dingin Nehos

Hasil analisis kimia pada tabel 2 menunjukkan bahwa air panas dan air dingin di daerah penelitian mempunyai kesetimbangan ion (*ion balance*) kurang dari 5%. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil analisis kimia tersebut layak untuk digunakan dalam interpretasi geokimia selanjutnya, terutama dalam mempelajari karakteristik sistem panas bumi di daerah Mapos. Untuk mengetahui karakteristik dan tipe air panas berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 2, dilakukan *plotting* komposisi kimia dari mata air panas pada diagram segitiga Cl-SO<sub>4</sub> - HCO<sub>3</sub>, Na-K-Mg dan Cl-Li-B yang mengacu pada Giggenbach (1988).

Gambar 3 menunjukkan bahwa tipe air panas Ranamasak I dan II merupakan air panas klorida, sedangkan air panas Ranaroko bertipe klorida-bikarbonat. Kedua jenis mata air panas tersebut, diduga berasal dari air formasi pada batuan sedimen laut yang merupakan batuan dasar di daerah penelitian. Hal ini didukung oleh tingginya kandungan Na dan Cl yang mengindikasikan bahwa air panas tersebut mengandung garam (NaCl), tercermin dari rasanya yang asin dan ditemukannya endapan kristal garam yang tersebar dipermukaan sekitar mata air panas.



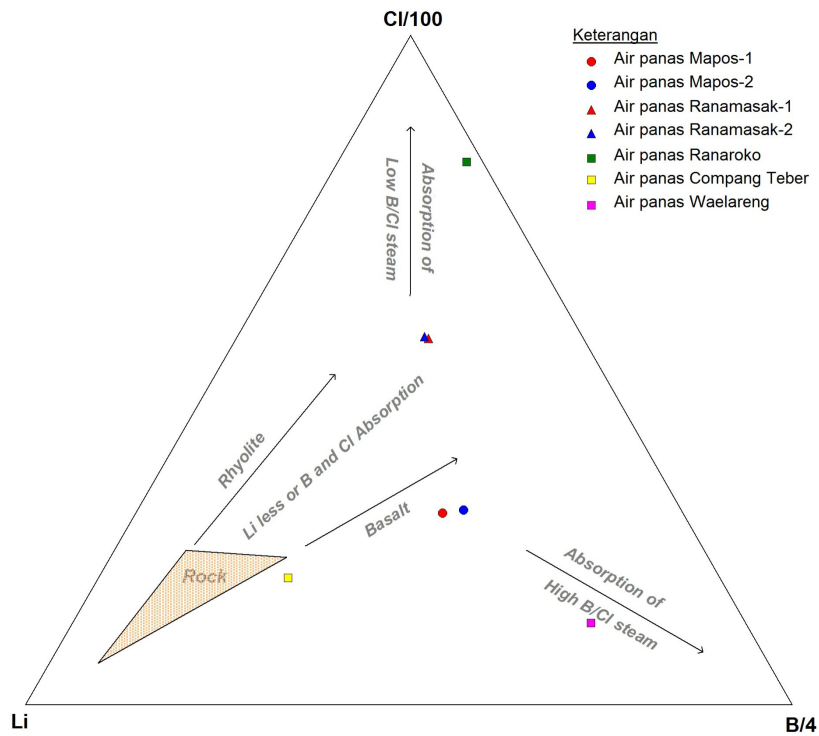
Gambar 3. Diagram Segitiga Kandungan Cl, SO<sub>4</sub> dan HCO<sub>3</sub>

Kandungan Cl pada air panas Ranaroko yang lebih rendah dari air panas Ranamasak diperkirakan sebagai akibat dari proses pengenceran fluida panas Ranaroko oleh air permukaan. Air panas Waelareng mempunyai tipe air bikarbonat. Tipe air ini terbentuk di dekat permukaan akibat kondensasi uap ke dalam air permukaan. Air panas Mapos dan air panas Compang Teber merupakan air panas sulfat yang mengalami sedikit pencampuran dengan air HCO<sub>3</sub>. Air panas tersebut merupakan hasil kondensasi uap ke dalam air permukaan dan umumnya terbentuk pada bagian paling dangkal dari sistem panas bumi.

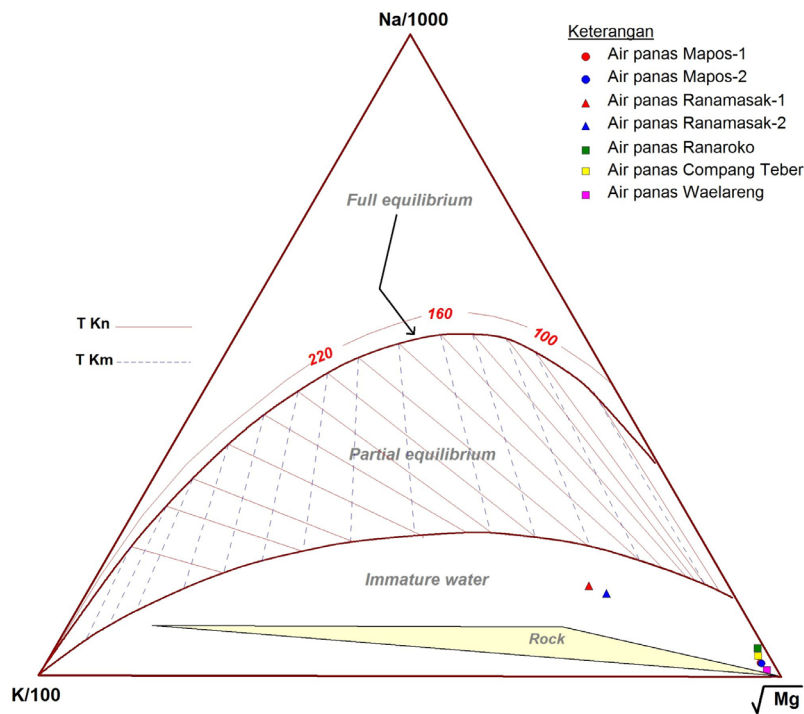
Diagram Cl-Li-B (Gambar 4), menunjukkan bahwa air panas di daerah penelitian terutama air panas Ranamasak 1 dan 2 serta air panas Ranaroko memiliki kandungan Cl relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan Li dan B. Namun karena konsentrasi Cl yang sangat tinggi tersebut diduga sebagai pengaruh kandungan garam pada fluida panasnya yang berasal dari formasi batuan sedimen laut, maka konsentrasi Cl

pada kedua air panas tersebut tidak dapat merepresentasikan kehadiran gas magmatik berupa HCl. Air panas Mapos-1 dan 2 serta air panas Compang Teber diperkirakan berasal dari satu sumber fluida yang sama, terlihat pada rasio Cl/B yang menunjukkan harga relatif sama (Tabel 3). Air panas Waelareng kemungkinan terbentuk melalui proses absorpsi uap magmatik dengan rasio B/Cl yang tinggi (Tabel 3), diduga berhubungan erat dengan hadirnya batuan sedimen yang menjadi batuan dasar di daerah ini.

Kandungan Mg yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan K dan Na mengakibatkan seluruh air panas berada pada zona *immature waters* (Gambar 5). Hal ini menunjukkan bahwa air panas di daerah penelitian dipengaruhi oleh pencampuran dengan air permukaan yang cukup dominan.



Gambar 4. Diagram Segitiga Kandungan Cl, Li dan B



Gambar 5. Diagram Segitiga Kandungan K, Na, Mg

Tabel 3. Perbandingan Beberapa Zat Terlarut Dalam Contoh Air Panas

Contoh Air	Nilai Rasio								
	K/Na	Mg/Ca	Na/K	Na/Li	Li/Cl	Li/B	Cl/B	B/Cl	NH4/B
Air Panas Mapos-1	0.052	0.348	19.405	388.348	0.028	0.124	4.455	0.224	0.558
Air Panas Mapos-2	0.048	0.341	20.627	391.696	0.025	0.105	4.257	0.235	0.468
Air Panas Ranamasak-1	0.079	0.362	12.707	83.939	0.009	0.127	13.597	0.074	0.033
Air Panas Ranamasak-2	0.078	0.396	12.785	78.256	0.009	0.132	14.032	0.071	0.046
Air Panas Ranaroko	0.015	0.447	68.621	1091.438	0.001	0.019	30.166	0.033	0.093
Air Panas Compang Teber	0.030	0.060	33.459	275.786	0.075	0.358	4.762	0.210	2.327
Air Panas Waelareng	0.082	0.800	12.172	1018.043	0.042	0.048	1.127	0.888	0.907

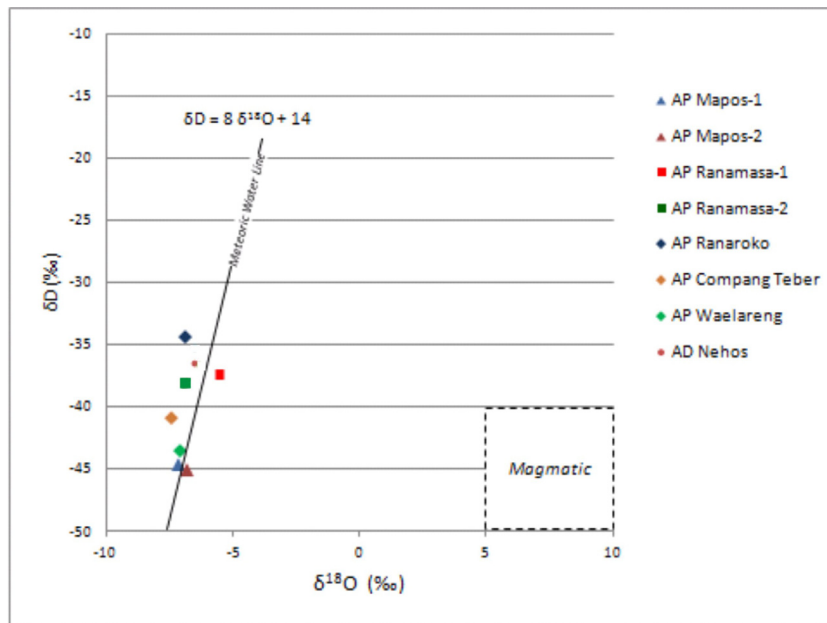
Tabel 4 menunjukkan, bahwa air panas dan air dingin di daerah penelitian mempunyai nilai kandungan isotop deuterium berkisar -34,5 s.d. -45,10 ‰ dan nilai oksigen 18 antara -5,50 s.d. -7,44 ‰. Nilai rasio dari contoh air tersebut diplot pada grafik isotop stabil deuterium dan Oksigen 18 (Craig, 1961 dalam Nicholson, 1993) seperti pada gambar 6 yang memperlihatkan bahwa hampir seluruh air panas di daerah Mapos mendekati garis air meteorik lokal (kecuali air panas Waelareng, Mapos-1 dan 2 serta Ranamasak-1). Hal ini menunjukkan bahwa di daerah penelitian, telah terjadi pemanasan oleh uap air secara dominan

di dekat permukaan atau kemungkinan berhubungan dengan reaksi antara batuan dengan air formasi pada temperatur rendah hingga sedang (Nicholson, 1993). Air panas Mapos 1 dan 2 serta air panas Waelareng terletak pada garis air meteorik lokal, mengindikasikan bahwa air panasnya berasal dari air permukaan atau air meteorik. Air panas Ranamasak-1 berada agak menjauhi garis air meteorik lokal yang mencirikan telah terjadi pengayaan isotop oksigen-18 ( $\delta^{18}\text{O}$  shifting) dari air panas, akibat adanya reaksi antara fluida panas dengan batuan sebelum muncul ke permukaan.

Tabel 4. Data Isotop  $\delta^{18}\text{O}$  dan  $\delta\text{D}$  di Daerah Penelitian

No	MANIFESTASI	KODE CONTO	Isotop Stabil (‰)	
			$\delta^{18}\text{O}$	$\delta\text{D}$
1	Mapos-1	APMPS-1	-7.17	-44.70
2	Mapos-2	APMPS-2	-6.81	-45.10
3	Ranamasak-1	APRNM-1	-5.50	-37.50
4	Ranamasak-2	APRNM-2	-6.87	-38.20
5	Ranaroko	APRNC	-6.91	-34.50
6	Compang Teber	APCT	-7.44	-41.00
7	Waelareng	APWL	-7.10	-43.60
8	Nehos	ADNH	-6.56	-36.51





Gambar 6. Grafik isotop daerah penelitian

Untuk mengetahui temperatur bawah permukaan yang berkaitan dengan temperatur reservoir dilakukan perhitungan geotermometer. Adanya kandungan silika yang cukup signifikan dan kondisi daerah penelitian yang berhubungan dengan aktivitas gunung api, merupakan dasar pemilihan penggunaan geotermometer silika (konduktif) dan Na-K di daerah penelitian. Perhitungan temperatur reservoir dengan menggunakan geotermometer silika (konduktif) (Fournier, 1977 dalam Nicholson, 1993), melalui persamaan  $T = [1309 / (5.19 - \log \text{SiO}_2)] - 273$ , menghasilkan nilai temperatur reservoir sebesar 150°C. Hasil perhitungan geotermometer Na-K (Fournier, 1979 dalam Nicholson, 1993) dengan menggunakan formulasi  $T = 1217 / [\log(\text{Na/K}) + 1.483] - 273$ , diperoleh nilai temperatur reservoir sekitar 200°C. Berdasarkan perhitungan kedua geotermometer tersebut, diperkirakan temperatur reservoir pada sistem panas bumi Daerah Mapos berkisar 200°C.

Selain manifestasi panas bumi berupa mata air panas, di daerah ini juga ditemukan batuan ubahan yang mengindikasikan adanya aktifitas hidrotermal. Hasil analisis batuan ubahan dengan menggunakan *Portable Infrared*

*Mineral Analyzer (PIMA)* menunjukkan batuan telah mengalami ubahan hidrotermal menjadi smektit, kaolin, dikit dan pirofilit. Kehadiran mineral-mineral ubahan tersebut, dapat menunjukkan bahwa batuan ubahan berada pada lingkungan yang dipengaruhi oleh pH fluida yang bersifat asam dengan kisaran temperatur pembentukan antara 100 s.d. 250°C, sehingga dapat dikelompokkan ke dalam tipe ubahan argilik s.d. argilik lanjut.

## PEMBAHASAN

Goff dan Janik, 2000 menyebutkan bahwa terdapat tiga komponen penting dalam pembentukan panas bumi, yaitu sumber panas, reservoir dan fluida. Sumber panas yang terdapat di daerah penelitian, diduga berasal dari sisa panas tubuh-tubuh kerucut vulkanik muda Gunung Anak Ranakah. Hal ini didukung oleh kehadiran kandungan F dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> yang cukup signifikan mengindikasikan adanya pengaruh gas-gas vulkanik seperti HF dan H<sub>2</sub>S yang terdapat di bawah permukaan.

Hasil analisis data *Audio Magnettotellurik (AMT)* (Anonim, 2014b) menyebutkan bahwa zona reservoir diperkirakan terdeteksi mulai kedalaman >1000 meter, dengan litologi penyusun

diduga berupa batuan sedimen yang bersifat permeabel, baik permeabilitas primer berupa ruang antar butir yang saling berhubungan atau permeabilitas sekunder yang terbentuk akibat rekahan-rekahan. Tidak ditemukannya manifestasi panas bumi seperti fumarol dan zona reservoir yang terdeteksi lebih dari 1000 m dengan temperatur 200°C, mengindikasikan bahwa daerah panas bumi Mapos memiliki reservoir jenis satu fasa yaitu fasa air.

Kehadiran batuan ubahan berupa mineral lempung memungkinkan adanya lapisan penudung dalam sistem panas bumi daerah Mapos. Hal ini didukung oleh hasil analisis data AMT (Anonim, 2014b) yang menunjukkan nilai tahanan jenis rendah (<20 Ohm-m) terletak di bagian barat laut dan diperkirakan sebagai batuan penudung sekaligus merupakan batas terluar dari sistem panas bumi di daerah ini.

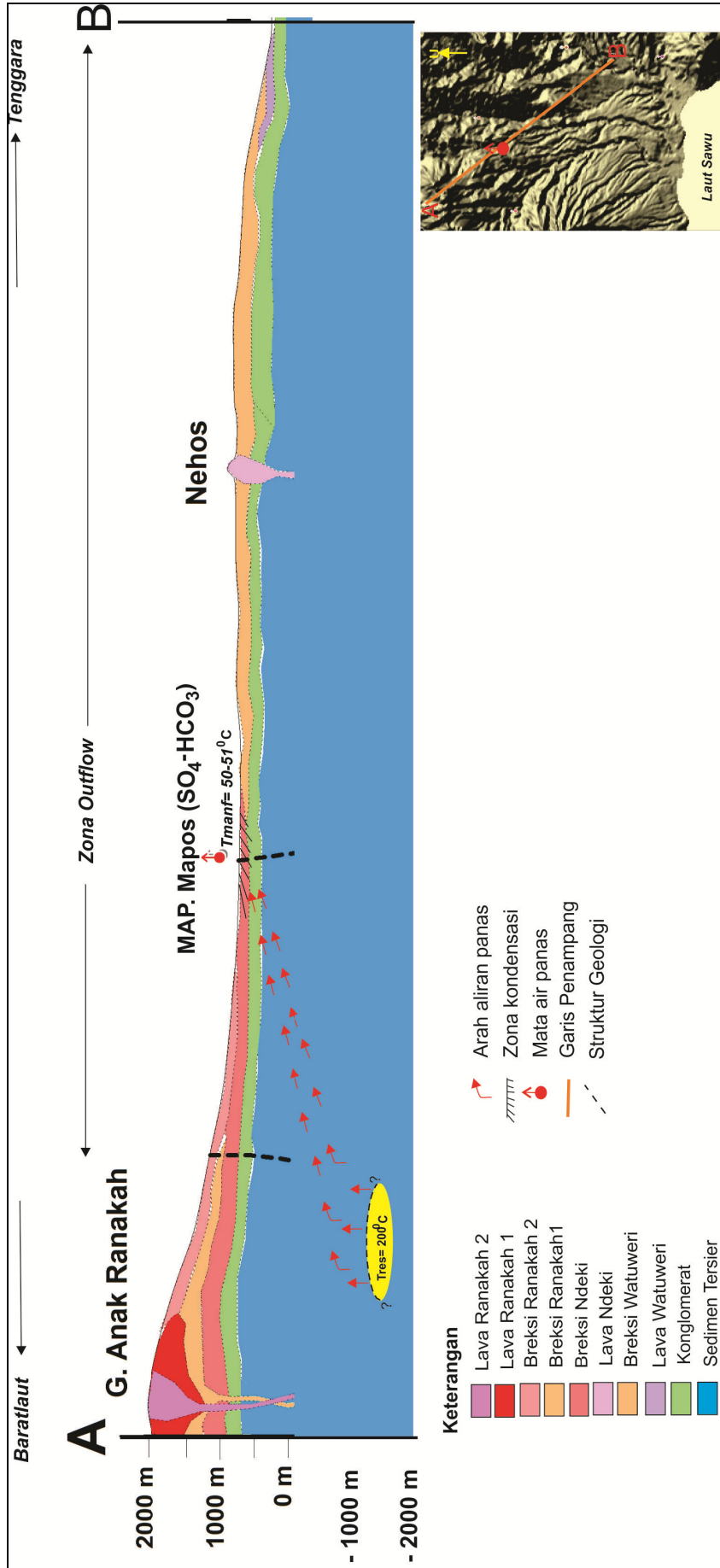
Daerah panas bumi Mapos berada pada topografi tinggian yang kemungkinan berasosiasi dengan sistem panas bumi berrelief tinggi (*high terrain*). Jika dilihat dari beberapa indikator perbandingan zat-zat terlarut dalam air panas (Nicholson, 1993), seperti dari rasio perbandingan antara Na/K dan Na/Li yang tinggi serta Na/Ca yang rendah (Tabel 3), menunjukkan bahwa air panas Mapos, Compang Teber, Ranaroko, dan air panas Waelareng merupakan manifestasi panas bumi yang muncul di permukaan secara tidak langsung dari reservoir panas bumi, yang telah mengalami perjalanan panjang secara lateral (*outflow*). Hasil interpretasi geokimia panas bumi menunjukkan bahwa sistem panas bumi daerah Mapos merupakan sistem panas bumi bertemperatur sedang dengan dominasi air pada relief tinggi dan berhubungan dengan sistem vulkanik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

## KESIMPULAN

Terdapat tujuh lokasi air panas di daerah penelitian yang terdiri dari tipe air panas klorida, klorida-bikarbonat, sulfat, sulfat-bikarbonat dan bikarbonat. Seluruh air panas di daerah penelitian berada pada zona *immature waters* dengan jenis pola aliran air panas berupa *outflow*. Pendugaan temperatur reservoir melalui perhitungan geotermometer diperkirakan sekitar 200°C. Berdasarkan manifestasi panas bumi di permukaan, sistem panas bumi daerah Mapos merupakan sistem panas bumi entalpi sedang dengan jenis *water dominated system* dan berada pada relief tinggi (*high terrain*) serta berhubungan dengan aktivitas vulkanik Gunung Anak Ranakah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada rekan-rekan Kelompok Penyelidikan Panas Bumi dan Kelompok Penyelidikan Bawah Permukaan yang telah meluangkan waktu untuk berdiskusi, tim editor yang telah memberikan koreksi dan saran dalam penyusunan makalah ini serta dewan redaksi atas kesempatan yang telah diberikan sehingga makalah ini dapat diterbitkan.



Gambar 7. Model aliran fluida panas bumi daerah Mapos (Modifikasi dari Anonim, 2014a)

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2013. Survei Pendahuluan Geologi dan Geokimia Daerah Panas Bumi Kabupaten Manggarai Timur, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Pusat Sumber Daya Geologi - Badan Geologi, Bandung.
- Anonim, 2014a. Survei Terpadu Geologi dan Geokimia Daerah Panas Bumi Mapos, Kabupaten Manggarai Timur, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Pusat Sumber Daya Geologi - Badan Geologi, Bandung.
- Anonim, 2014b. Survei Gaya Berat dan AMT Daerah Panas Bumi Mapos dan Ranamasak, Kabupaten Manggarai Timur, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Pusat Sumber Daya Geologi - Badan Geologi, Bandung.
- Giggenbach, W.F., 1988. Geothermal Solute Equilibria. Derivation of Na-Mg-Ca Geindicator. *Geochemica Acta*, 52.
- Goff, F dan Janik, C.J., 2000. Geothermal System. In *Encyclopedia of Vulcanoos*, H. Sigurdsson, B.F.Houghton, S.R.McNutt, H.Rymer dan J.Stick (eds) . Academic Press.
- Hamilton, W.B., 1989. *Tectonics of Indonesian Region*, USGS Profesional Paper 1078.
- Katili, J.A dan Sudrajat, A., 1987. Lahirnya Bayi Gunung Api di Kompleks Vulkanik Tua Mandosawu – Ranakah – Flores. *Direktorat Vulkanologi*, 16 hal.
- Koesoemadinata, S., Noya, Y., dan Kadarusman, D., 1994. *Peta Geologi Lembar Ruteng*. Nusa Tenggara. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Nicholson, K., 1993, *Geothermal Fluid Chemistry and Exploration Techniques*. Springer-Verlag, Berlin, 263 hal.
- Syarifudin, M.Z. dan Rakimin, 1989, *Petrokimia batuan kompleks Gunung Mandosawu (Letusan Anak Ranakah 28-12-1987 s.d. 19-1-1988)*, Flores, Nusa Tenggara Timur, *Direktorat Vulkanologi*, 34 hal.