

GEOLOGI DAN GEOKIMIA PANAS BUMI DAERAH PERMIS KABUPATEN BANGKA SELATAN, PROVINSI BANGKA BELITUNG

Dede Iim Setiawan, Lano Adhitya

Kelompok Penyelidikan Panas Bumi, Pusat Sumber Daya Geologi

S A R I

Keterdapatannya sistem panas bumi di daerah Permis tercirikan oleh hadirnya manifestasi panas bumi permukaan berupa mata air panas di Desa Permis dengan temperatur berkisar antara 49 - 57°C. Total energi panas yang hilang secara alamiah (*natural heat loss*) yang berasal dari 2 mata air panas Permis adalah sebesar 0,61 kW_{th}.

Stratigrafi daerah penyelidikan tersusun oleh batuan sedimen tua berupa batupasir berumur Trias yang diterobos oleh batuan beku granit pada Trias Akhir – Jura Awal, dan endapan permukaan berupa endapan rawa dan pantai serta endapan aluvium. Struktur geologi yang berkembang di daerah penyelidikan berupa sesar normal yang berarah relatif timurlaut - baratdaya dan sesar-sesar mendatar yang berarah baratlaut - tenggara.

Plotting kandungan kimia air panas pada diagram Giggenbach 1988, menunjukkan bahwa seluruh air panasnya bertipe klorida, termasuk ke dalam kelompok *partial equilibrium*. Karena pengaruh air laut yang sangat kuat, maka hasil analisis fluida panasnya sudah tidak representatif lagi. Grafik isotop Oksigen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) terhadap Deuterium ($\delta^2\text{H}$) menunjukkan adanya sedikit proses pengkayaan ^{18}O selama berlangsungnya interaksi antara fluida panas dengan batuan di kedalaman. Perkiraan temperatur di bawah permukaan adalah sekitar 115 °C.

Sistem panas bumi yang terbentuk di Daerah Permis diperkirakan berasosiasi dengan keterdapatannya sumber panas (*heat sources*) berupa energi panas hasil aktivitas radioaktif dari unsur-unsur radioaktif penyusun batuan beku granit.

Potensi sumber daya panas bumi hipotetik daerah panas bumi Permis dengan luas daerah prospek 4 km² adalah sebesar 3 MWe. Untuk mengetahui lebih detail gambaran sistem panas bumi yang terbentuk serta luasnya daerah prospek untuk menentukan besarnya potensi energi panas bumi, perlu dilakukan survei geofisika metoda gaya berat dan magnetotellurik.

Kata kunci: panas bumi, permis, sumber daya hipotetik

PENDAHULUAN

Daerah panas bumi Permis termasuk ke dalam Wilayah Kecamatan Simpang Rimba, Kabupaten Bangka Selatan, Provinsi Bangka Belitung (Gambar 1). Daerah ini secara regional merupakan daerah pedataran yang di beberapa

tempat memiliki bukit-bukit menonjol berupa batuan beku yang dipotong oleh urat kuarsa.

METODOLOGI

Penyelidikan yang dilakukan terdiri dari 2 metode, yaitu metode geologi dan geokimia. Metode penyelidikan geologi

digunakan untuk mengenali gejala tektonik, mengetahui sebaran batuan, batuan ubahan, dan karakteristik fisik manifestasi panas bumi. Pemetaan morfologi, satuan batuan, struktur geologi, dan manifestasi panas bumi yang dilakukan bermaksud untuk mengetahui hubungan antara semua parameter geologi yang berperan dalam pembentukan sistem panas bumi di daerah tersebut. Metode penyelidikan geokimia dilakukan untuk mengetahui karakteristik fluida dan memperkirakan kondisi reservoir panas bumi. Karakteristik tersebut diperoleh dari penyelidikan jenis manifestasi, konsentrasi senyawa kimia terlarut dan terabsorpsi dalam sampel air. Sedangkan indikasi keterdapatannya sumber daya panas bumi diharapkan dapat diperoleh dari distribusi horisontal kandungan senyawa dalam tanah dan udara tanah pada kedalaman satu meter. Parameter yang digunakan meliputi sifat fisika dan kimia manifestasi panas bumi, analisis kimia anion dan kation air, serta Hg tanah dan CO₂ udara tanah.

Kompilasi metode geologi dan geokimia menghasilkan model tentatif sistem panas bumi berikut dengan sebaran daerah prospek dan potensi panas buminya.

MANIFESTASI PANAS BUMI

Manifestasi panas bumi yang terdapat di daerah penyelidikan berupa mata air panas yang berlokasi di Desa Permis, Kecamatan Simpang Rimba, Kabupaten Bangka Selatan. Di lokasi ini terdapat 2 mata air panas yang saling berdekatan, yaitu mata air panas Permis-1 dan mata air panas Permis-2.

Mata air panas Permis-1 (APP-1) berada pada koordinat 604876 mT dan 9717729 mS dengan elevasi 17 mdpl. Temperatur air panas 57,20 °C pada temperatur udara 29,16 °C, debit 0,5 liter/detik, pH 6,86 dan daya hantar listrik 13700 µS/cm. Mata air panas muncul pada pasir endapan permukaan di daerah bekas tambang timah. Air panasnya jernih, tidak berbau, dan agak asin.

Mata air panas Permis-2 (APP-2) berada pada koordinat 604870 mT dan 9717729 mS dengan elevasi 17 mdpl. Temperatur air panas terukur sebesar 49,10 °C pada temperatur udara 29,16 °C, memiliki debit 0,1 liter/detik, pH 6,93 dan daya hantar listrik 13600 µS/cm. Mata air panas muncul pada pasir endapan permukaan di daerah bekas tambang timah. Air panasnya jernih, tidak berbau, dan memiliki rasa sedikit asin.

Besarnya energi panas yang hilang secara alamiah (*natural heat loss*) dari

menifestasi mata air panas di daerah Permis adalah sebesar $0,61 \text{ kW}_{\text{termal}}$.

GEOLOGI

Berdasarkan urutan stratigrafinya dari batuan berumur tertua sampai ke paling muda, Daerah Permis tersusun oleh Satuan Batupasir (TRp), Satuan Granit Permisan (TJg), serta endapan permukaan berupa Endapan Rawa dan Pantai (Qs) dan Aluvium (Qa) (Gambar 2).

Satuan batupasir tersusun oleh sebagian besar batupasir dan beberapa tempat berupa meta batupasir. Berdasarkan klasifikasi Pettijohn (1972), batupasir di daerah ini merupakan *quartz arenite*. Meta batupasir tersingkap setempat-setempat dan berupa bongkahan meta batupasir. Berdasarkan klasifikasi Pettijohn (1972), meta batupasir ini merupakan *quartz arenite*.

Satuan granit secara umum terbagi menjadi granit bertekstur sedang dan granit bertekstur kasar. Granit bertekstur sedang memiliki warna putih sampai abu-abu, faneritik, holokristalin, *equigranular*, berbentuk anhedral, tersusun oleh mineral kuarsa, plagioklas, biotit, dan muskovit. Berdasarkan klasifikasi batuan beku menurut Williams (1982) batuan ini adalah berjenis granit. Berdasarkan perbandingan komposisi kuarsa (Q),

alkali feldspar (A), dan plagioklasnya (P) dalam segitiga modifikasi khusus batuan beku plutonik (Le Bas and Streckeisen, 1973), batuannya termasuk *syenogranite*. Granit bertekstur kasar berwarna putih sampai abu-abu, fanerik, holokristalin, *equigranular*, berbentuk anhedral butirannya, tersusun oleh mineral kuarsa, plagioklas, dan biotit. Berdasarkan klasifikasi batuan beku menurut Williams (1982) batuan ini adalah berjenis granit, sedangkan menurut perbandingan komposisi kuarsa (Q), alkali feldspar (A), dan plagioklas (P) granit kasar ini dalam segitiga modifikasi khusus batuan beku plutonik (Le Bas and Streckeisen, 1973) termasuk dalam granit tipe *syenogranite*.

GEOKIMIA

Kimia Air

Sampel air panas Permis-1, dan air panas Permis-2 mengandung silika yang rendah (63,95 - 65,48 mg/l), sedangkan konsentrasi silika pada air dinginnya lebih rendah, yaitu 0,88-12,49 mg/l. Konsentrasi kloridanya tinggi, mencapai 3749,6 mg/liter untuk air panas Permis-1 dan 3635,5 untuk air panas Permis-2, sebanding dengan konsentrasi klorida air lautnya yang sangat tinggi mencapai 18095 mg/liter. Kesebandingan yang sama terlihat pada konsentrasi sulfat (SO_4), air panas

Permis-1 yang memiliki konsentrasi sulfat sebesar 306,16 mg/liter dan air panas Permis-2 sebesar 310,27 mg/liter sebanding dengan tingginya konsentrasi sulfat pada air laut, yaitu mencapai 1848,34 mg/liter. Hal menarik lain dari hasil analisisnya memperlihatkan bahwa konsentrasi Na pada kedua air panasnya sangat tinggi, mencapai 1334,2 mg/liter yang sebanding dengan tingginya konsentrasi Na pada air laut Permis yang mencapai 9825 mg/liter (Tabel 1). Dugaan awal bahwa pengaruh air laut sangat besar dalam menentukan konsentrasi anion dan kation air panas Permis.

Hasil pengeplotan sampel air panas pada diagram segitiga Cl-SO₄-HCO₃ (Gambar 3) menunjukkan bahwa kedua air panas di daerah Permis bertipe klorida dengan konsentrasi SO₄ cukup tinggi. Umumnya air bertipe klorida dengan konsentrasi sulfat tinggi dalam fluida panas bumi berasosiasi dengan fluida panas dari reservoir panas bumi dengan kandungan gas magmatik cukup signifikan. Namun jika dibandingkan dengan kondisi air lautnya yang memiliki konsentrasi klorida dan sulfat yang sangat tinggi, maka diperkirakan konsentrasi anion dan kation air panasnya lebih banyak dipengaruhi oleh air laut.

Plotting sampel air panas pada diagram Na-K-Mg (Gambar 4) menunjukkan bahwa kedua air panas Permis berada pada zona *partial equilibrium*. Umumnya air panas yang berada pada zona ini mengindikasikan bahwa telah terjadi kesetimbangan sebagian pada saat terjadi interaksi antara fluida panas dengan batuan reservoir. Namun akibat pengaruh air laut yang kuat pada air panasnya, maka tingginya konsentrasi Na yang mengakibatkan air panas berada pada zona kesetimbangan sebagian tersebut, diperkirakan hanya merepresentasikan tingginya kandungan garam (NaCl) dalam air panas.

Pada diagram Cl-Li-B (Gambar 5) memperlihatkan hal yang sebanding, bahwa air panas Permis yang berada di pojok klorida tersebut mengindikasikan adanya pengaruh air laut.

Isotop Oksigen-18 dan Deuterium

Isotop Oksigen-18 (¹⁸O) dari air dingin berkisar -7,28 ‰ sampai -6,19 ‰, sedangkan air panas berkisar -5,99 ‰ sampai dengan -5,67 ‰. Isotop Deuterium (²H) air dingin berkisar antara -53,30 ‰ sampai dengan -50,30 ‰, sedangkan air panas berkisar antara -52,40 ‰ sampai -51,20 ‰.

Plotting nilai isotop air dengan persamaan air meteorik lokal (*meteoric*

water line) $\delta D = 8 \delta^{18}O + 14$ (Gambar 6) memperlihatkan bahwa posisi air panasnya meskipun terletak di sebelah kanan dari garis *Meteoric Water Line* (MWL), namun hampir berkelompok dengan air dingin Permian (ADP). Hal ini sebagai indikasi bahwa pembentukan mata air panas di daerah ini hampir tidak atau hanya sedikit berhubungan dengan proses interaksi antara fluida panas pada sistem panas bumi dengan batuan yang dilaluinya.

Pendugaan Temperatur Reservoir

Hasil perhitungan temperatur reservoir dengan geotermometer silika menunjukkan bahwa temperatur reservoir berkisar 113 - 115°C. Hasil perhitungan dengan geotermometer Na/K menunjukkan temperatur berkisar 137 - 157°C. Dengan mempertimbangkan pengaruh air laut yang cukup signifikan terhadap pembentukan air panas di Daerah Permian, maka temperatur reservoir sistem panas bumi Permian diambil berdasarkan geotermometer silika, yaitu sebesar 115°C.

Analisis Tanah dan Udara Tanah

Distribusi temperatur lobang tanah tidak memperlihatkan anomali yang signifikan terhadap kehadiran sistem panas bumi Permian, melainkan merepresentasikan temperatur permukaan di daerah ini yang

panasnya mencapai lebih dari 30°C. Sama halnya dengan distribusi nilai pH tanah, nilai pH di bawah 6 hanya berupa spot-spot kecil tidak berhubungan dengan kehadiran sistem panas bumi di daerah ini. Sementara distribusi CO₂ lebih banyak memperlihatkan pengaruh keberadaan kawasan rawa di daerah ini, terlihat nilai CO₂ di atas 2,5% tersebar di bagian utara, persis di daerah berawa. Sedangkan distribusi unsur merkuri (Hg) tanah relatif tinggi di atas 200 ppb juga diperkirakan lebih banyak dipengaruhi oleh kemungkinan hadirnya mineralisasi.

SISTEM PANAS BUMI

Sistem panas bumi di Daerah Permian diperkirakan berasosiasi dengan tubuh batuan plutonik dengan dimensi yang besar, yaitu batolit Granit Klabat yang berumur Trias Akhir – Jura Awal. Kemungkinan tingginya kandungan unsur thorium dalam monasit di daerah ini, mengakibatkan tinggi pula tingkat radioaktivitasnya. Sehingga dengan tingkat radioaktivitas yang tinggi memberikan kemungkinan yang besar untuk terbentuknya energi panas yang dihasilkan dalam siklus unsur radioaktifnya.

Granit dan batupasir yang telah mengalami proses deformasi yang intensif diperkirakan memiliki sistem

kekar atau rekahan yang baik untuk sebuah reservoir panas bumi.

Sistem panas bumi Permis diperkirakan tidak memiliki lapisan penudung yang bersifat kedap air sebagai pembatas atau penahan fluida panas di reservoir seperti sistem panas bumi hidrotermal lain pada umumnya. Hal ini diperkirakan tidak terjadinya proses alterasi batuan oleh fluida panas bumi.

Pasokan fluida sistem panas bumi berasal dari air meteorik, yaitu air meteorik yang mengalami penetrasi sangat dalam melalui media kekar atau sesar yang kemudian kembali menuju ke permukaan sebagai air panas setelah berinteraksi terlebih dahulu dengan sumber panas yang berasal dari aktivitas unsur-unsur radioaktif penyusun batuan granit.

POTENSI ENERGI PANAS BUMI

Perkiraan area prospek panas bumi berdasarkan hasil survei metode geologi dan geokimia terdapat di sekitar mata air panas Permis yang dibatasi oleh sebaran anomali merkuri (Hg), mencakup daerah seluas 4 km². Dengan temperatur bawah permukaan 115°C dan temperatur *cut-off* sebesar 110° dengan asumsi sistem pembangkit listriknya menggunakan teknologi *binary* skala kecil, melalui beberapa asumsi yaitu tebal reservoir 1 km, *recovery factor* 25%, faktor

konversi 10%, dan *lifetime* 30 tahun, maka potensi sumber daya hipotetiknya adalah sebesar 3 MWe.

DISKUSI

Sistem panas bumi di Daerah Permis diperkirakan berasosiasi dengan tubuh batuan plutonik dengan dimensi yang besar, yaitu batolit Granit Klabat yang berumur Trias Akhir – Jura Awal. Kandungan unsur jarang (*rare element*) baik yang terdapat pada conto batuan granit yang masih segar maupun dalam endapan plaser pantai atau aluvial sungai biasanya cukup signifikan, terutama konsentrasi unsur Cerium (Ce), Lanthanum (La), Yttrium (Y), dan Thorium (Th) sebagai unsur radioaktif pembentuk mineral monasit, xenotim, dan zirkon. Tingginya kandungan thorium dalam monasit di daerah ini, mengakibatkan tinggi pula tingkat radioaktivitasnya, sehingga memberikan kemungkinan yang besar untuk terbentuknya energi panas yang dihasilkan dalam siklus unsur radioaktifnya. Akumulasi energi panas inilah yang diharapkan dapat memanaskan fluida meteorik hasil penetrasi pada struktur sesar yang sangat dalam (?)

Dengan perkiraan temperatur fluida panas di bawah permukaan yang rendah (*low entalphy*) dan fluida panasnya tidak terakumulasi terlebih

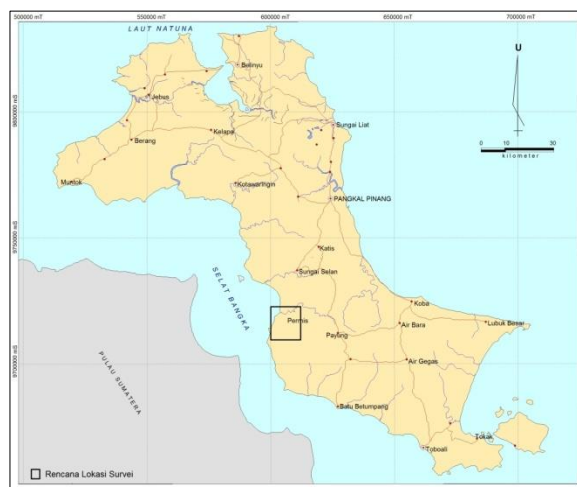
dahulu di reservoir panas bumi, maka interaksi intensif antara fluida panas dan batuan tidak menghasilkan lapisan penudung, sehingga yang terjadi hanyalah siklus air meteorik yang melakukan penetrasi jauh ke dalam dan kemudian menyapu panas hasil aktivitas radioaktif di kedalaman (?)

KESIMPULAN

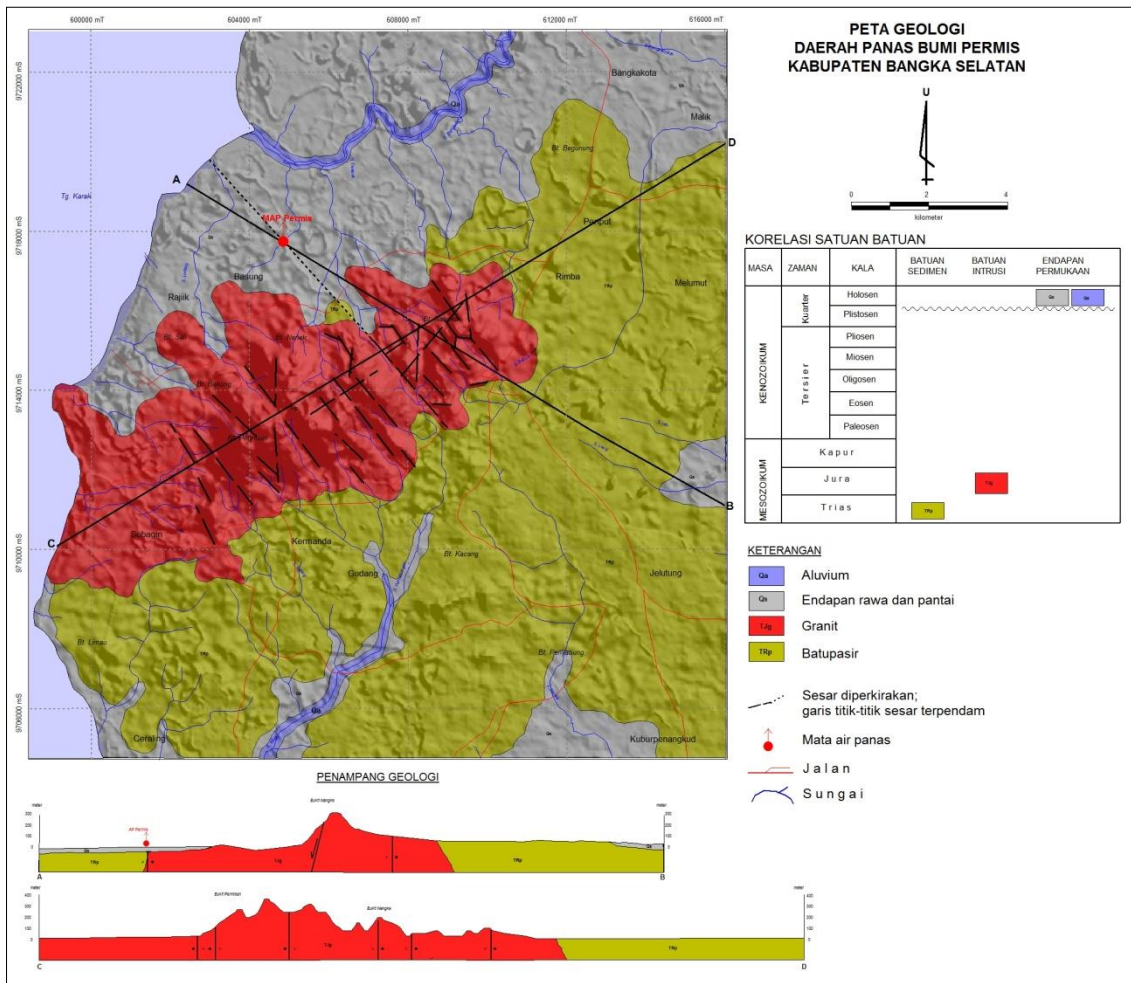
Sistem panas bumi Permian diperkirakan berasosiasi dengan keberadaan aktivitas radioaktif dari unsur-unsur radioaktif yang terkandung dalam batuan granit maupun endapan plaser granit di sekitarnya (*radiogenic*) sebagai sumber panas yang selanjutnya tersapu oleh air meteorik yang melakukan penetrasi jauh ke dalam melalui kontrol struktur sesar sebelum kemudian kembali ke permukaan sebagai mata air panas Permian (*heat sweep*).

DAFTAR PUSTAKA

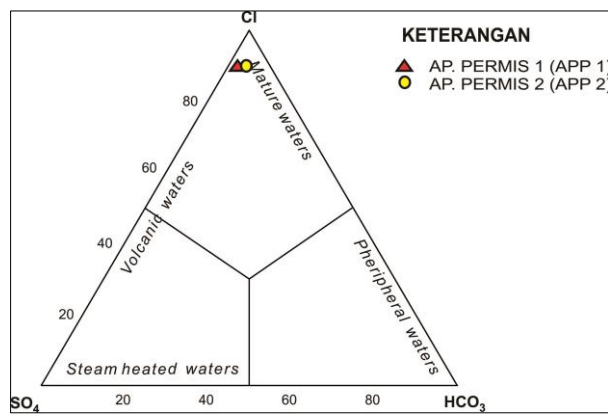
- Clarke, D.B. 1992. *Granitoid Rocks of Topics in The Earth Sciences Volume 7*. Chapman and Hall, 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, United Kingdom.
- Irvine TN, Baragar WRA. 1971. *A Guide to Chemical Classification of Common Volcanic Rocks*. *Can J Earth Sci* 8:523-548.
- Le Bas, M.J and Streckeisen, A.L. 1991. *The IUGS Systematics of Igneous Rocks*. *Journal Geological Society*, London 148, 825-833.
- Margono, Supandjono dan Partoyo, 1995. Peta Geologi Lembar Bangka Selatan, Sumatera, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung
- Nicholson, Keith, 1993. *Geothermal Fluids, Chemistry and Exploration Techniques*, Springer Verlag Inc.
- Pusat Sumber Daya Geologi, 2012. Survei Pendahuluan Panas Bumi Pulau Bangka dan Pulau Belitung. Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.



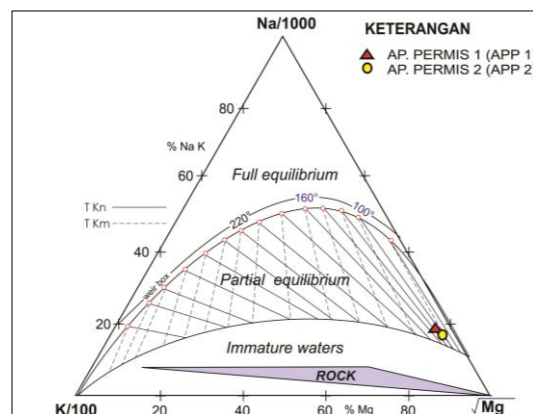
Gambar 1 Lokasi daerah penyelidikan



Gambar 2 Peta geologi daerah panas bumi Permis



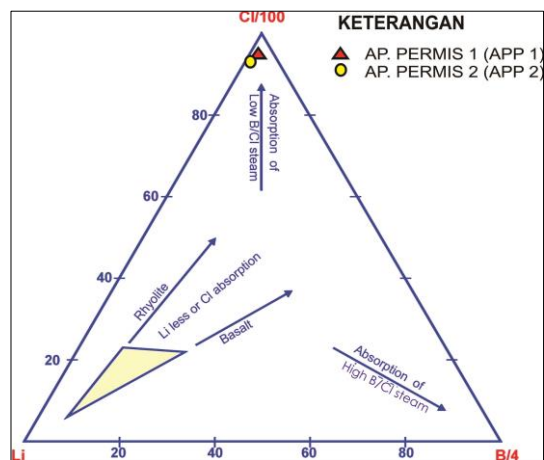
Gambar 3 Diagram segi tiga Cl-SO₄-HCO₃



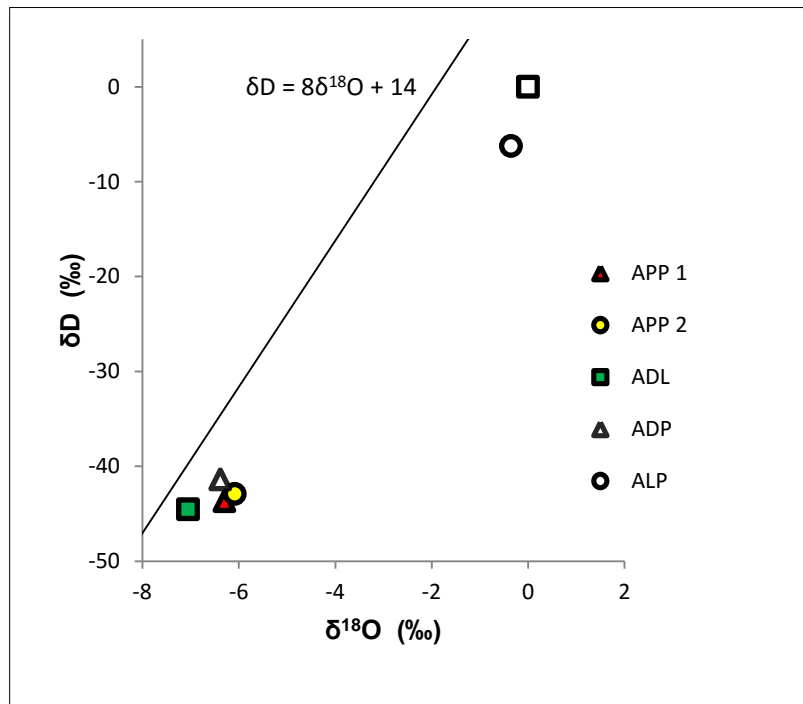
Gambar 4 Diagram segi tiga Na-K-Mg

Tabel 1 Data Hasil Analisis Anion dan Kation Sampel Air Panas Bumi Permis

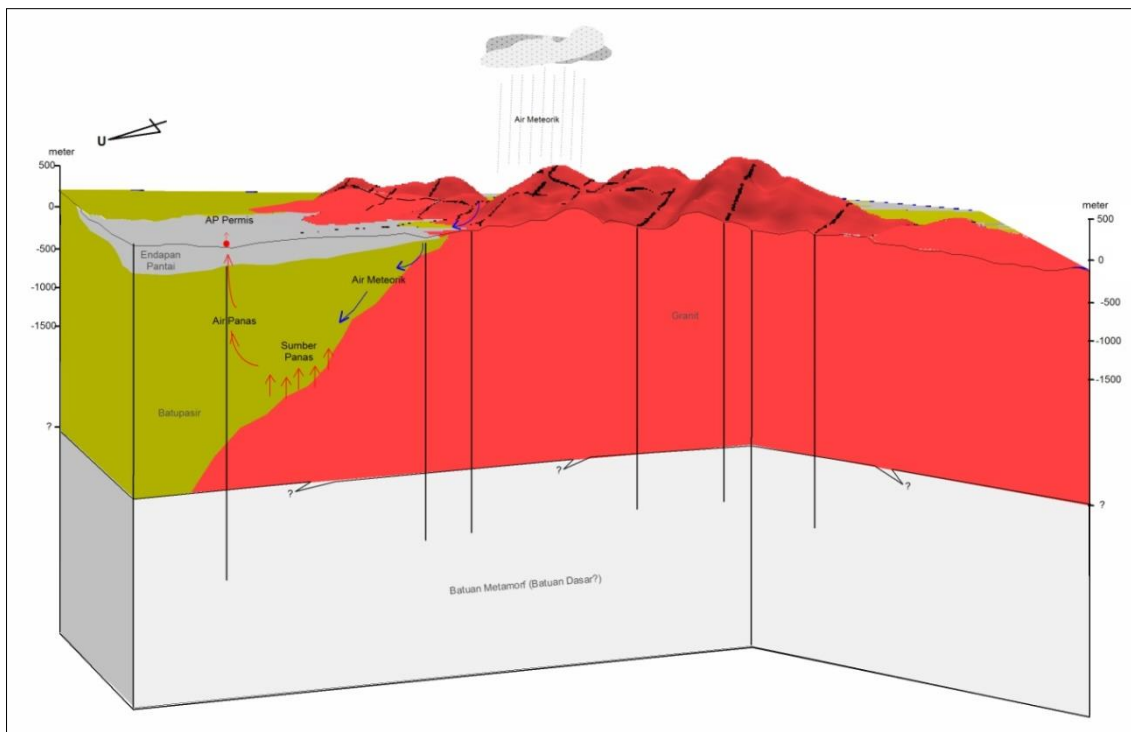
PARAMETER	MANIFESTASI PANAS BUMI		AIR DINGIN		AIR LAUT
	Air Panas Permis-1	Air Panas Permis-2	Air Dingin Permis	Air Dingin Ledeng	Air Laut Permis
	(APP-1)	(APP-2)	(ADP)	(ADL)	(ALP)
Temperatur Air (°C)	57,20	49,44	28,39	26,5	30,59
Temperatur Udara (°C)	29,16	29,16	29,10	27,66	25,30
pH	6,86	6,93	6,21	6,39	7,88
EC (mg/L)	13700	13600	460	45	50400
SiO ₂ (mg/L)	65,48	63,95	2,29	12,49	0,88
B (mg/L)	0,97	1,23	0,12	0,64	4,45
Al ³⁺ (mg/L)	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04
Fe ³⁺ (mg/L)	0,04	0,03	0,02	<0,01	0,01
Ca ²⁺ (mg/L)	1061	1091,9	9,17	1,3	418
Mg ²⁺ (mg/L)	28,6	28,6	1,25	0,22	1016
Na ⁺ (mg/L)	1334,2	1325,3	15,74	4,21	9825
K ⁺ (mg/L)	43,7	43,5	4,27	2,46	341
Li ⁺ (mg/L)	2,08	2,08	0,01	0,01	0,09
As ³⁺ (mg/L)	0,50	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
NH ₄ ⁺ (mg/L)	1,02	1,53	0,07	0,36	6,49
F ⁻ (mg/L)	2,20	1,50	0,01	<0,01	6,75
Cl ⁻ (mg/L)	3749,60	3635,49	18,71	3,30	18095
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	306,16	310,27	9,8	0,91	1848,34
HCO ₃ (mg/L)	41,60	41,84	32,19	13,3	112,85
CO ₃ ⁼ (mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Meq. cation	114,83	115,99	1,36	0,35	540,87
Meq. anion	112,83	109,70	1,26	0,33	551,12
Ion Balance	0,88	2,79	3,97	3,31	-0,94



Gambar 5 Diagram segi tiga Cl-Li-B



Gambar 6 Grafik isotop $\delta^{18}O$ terhadap δ^2H (Deuterium) contoh air daerah panas bumi Permian.



Gambar 7 Model tentatif sistem panas bumi Permian