

# **SURVEI PENDAHULUAN GEOLOGI DAN GEOKIMIA PANAS BUMI KABUPATEN BANGGAI DAN KABUPATEN BANGGAI KEPULAUAN PROVINSI SULAWESI TENGAH**

**Eddy Mulyadi, Arif Munandar**

Kelompok Penyelidikan Panas Bumi, Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi

## **SARI**

Daerah Uwedaka dan Pulodalagan, Kabupaten Banggai, merupakan bagian Lengan Timur Sulawesi dan berada pada *setting* tumbukan antar lempeng yang mengalami deformasi sangat intensif. Sistem panas bumi yang terbentuk berkaitan dengan tatanan geologi daerah tersebut. Sistem panas bumi di daerah Tatakalai diduga berkaitan dengan aktivitas plutonik di daerah Kabupaten Banggai Kepulauan berupa penerobosan Granit Banggai yang terjadi sekitar Perm-Trias.

Daerah Uwedaka, Pulodalagan dan Tatakalai mempunyai morfologi berupa perbukitan dan pedataran. Batuan penyusun daerah ini adalah batugamping, batupasir-batugamping, batuan malihan, batupasir, alluvial dan endapan pantai. Struktur geologi yang berkembang berupa sesar yang mengontrol pemunculan mata air panas.

Manifestasi panas bumi yang muncul ke permukaan berupa mata air hangat hingga panas dengan temperatur air sekitar 38,7 – 51,2 °C, pH netral 6.91-7,92, debit 0,2 - 1 L/detik. Total jumlah panas yang hilang sekitar 1,95 kWth

Komposisi fluida daerah Uwedaka didominasi oleh ion bikarbonat dan termasuk *immature water* sementara daerah Pulodalagan dan Tatakalai berkomposisi khlorida serta berada mendekati zona *partial equilibrium*. Semua mata air panas berada pada daerah *Li less or Cl absorption*

Hasil perhitungan pendugaan temperatur reservoir dengan menggunakan geotermometer SiO<sub>2</sub> menunjukkan temperatur 40-90 °C (SiO<sub>2</sub>) dan termasuk kedalam jenis entalpi rendah

Jumlah potensi panas bumi tiga lokasi penyelidikan terhitung sebesar 15 MWe/km<sup>2</sup>, pada kelas sumber daya spekulatif.

**Kata Kunci:** panas bumi, potensi, Banggai

## **PENDAHULUAN**

Kebutuhan energi alternatif selain energi fosil dirasakan semakin mendesak bagi pemenuhan energi listrik di dalam negeri. Panas bumi adalah salah satu energi baru terbarukan dan ramah lingkungan yang dapat dimanfaatkan untuk penyediaan tenaga listrik. Untuk mengetahui besarnya potensi energi panas bumi maka perlu dilakukan penyelidikan dengan menggunakan berbagai metode.

Kabupaten Banggai dan Kabupaten Banggai Kepulauan menjadi salah satu lokasi survei pendahuluan geologi dan geokimia daerah panas bumi. Manifestasi panas bumi di dua kabupaten ini berupa pemunculan mata air panas di Desa Uwedaka, Kecamatan Pagimana, Kabupaten Banggai, dan pemunculan mata air hangat di Desa Pulodalagan, Kecamatan Nuhon, Kabupaten Banggai serta mata air hangat di Desa Tatakalai, Kecamatan Tinangkung Utara, Kabupaten Banggai Kepulauan

## **METODOLOGI**

Metode yang dipergunakan dalam penyelidikan ini adalah metode geologi yang meliputi: pengamatan bentang alam (geomorfologi), pemetaan geologi melalui penelaahan stratigrafi batuan, deskripsi batuan, pengamatan struktur geologi dan penghitungan kehilangan panas (*natural heat loss*). Metode geokimia dengan melakukan analisis kimia fluida panas bumi, estimasi temperatur fluida reservoir (geotermometri), serta pemetaan Hg, CO<sub>2</sub>, pH dan temperatur.

## **GEOLOGI**

Daerah Uwedaka dibentuk oleh tiga satuan geomorfologi yaitu Satuan Dataran Pantai, Satuan Perbukitan Agak Curam dan Satuan Perbukitan Curam. Satuan batuan penyusun daerah ini terdiri dari endapan permukaan, satuan batugamping dan satuan batupasir - batugamping (Gambar 1). Satuan batugamping merupakan bagian dari Formasi Salodik yang berumur Oligosen-Miosen. Satuan batupasir - batugamping dapat dibandingkan dengan Formasi Poh yang berumur Oligosen-Miosen. Satuan endapan pantai terdiri dari pasir, lempung, dan lumpur yang terendapkan di sepanjang pantai, umumnya terbentuk pada hamparan pedataran yang luas. Struktur geologi yang berkembang berupa sesar naik yang berarah timurlaut-baratdaya yang mengontrol pemunculan manifestasi mata air panas Uwedaka. Hal tersebut selaras dengan pola Sesar Batui yang merupakan bagian dari struktur regional di Lengan Sulawesi Timur.

Daerah Pulodalagan dibagi kedalam dua satuan geomorfologi yaitu : perbukitan bergelombang dan satuan dataran pantai. Satuan batuan penyusun daerah ini terdiri dari batuan malihan dan batuan sedimen (Gambar 2). Batuan malihan berupa satuan sekis, sedangkan batuan sedimen adalah satuan batugamping terumbu. Struktur geologi yang berkembang berupa sesar geser mengiri yang berarah baratlaut - tenggara yang mengontrol pemunculan manifestasi mata air panas Pulodalagan. Struktur tersebut sesuai dengan pola Sesar Toili yang merupakan bagian dari struktur regional yang berkembang di daerah Sulawesi Tengah.

Geomorfologi daerah Tatakalai terbagi menjadi dua satuan, yaitu satuan perbukitan bergelombang dan satuan pendataran. Daerah ini tersusun oleh endapan alluvial dan batuan sedimen (Gambar 3). Batuan sedimen terdiri atas satuan batupasir dan satuan batugamping. Secara umum, struktur geologi yang terdapat di daerah Tatakalai mengikuti pola struktur regional di Kabupaten Banggai Kepulauan yang berarah utara-selatan yang menyebabkan pemunculan mata air panas.

### Manifestasi Panas Bumi

Manifestasi daerah Uwedaka, berupa mata air panas yang mengalir melalui celah batuan dengan temperatur air sekitar 48,4 – 51,2 °C, pH netral 6.97, debit 0,2 - 0,71 L/detik, daya hantar listrik 881-903  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , tidak ditemukan adanya sinter dan sedikit berbau belerang dengan luas sekitar 2 X 1  $\text{m}^2$ . Total jumlah panas yang hilang sekitar 1,33 kWth

Manifestasi daerah Pulodalagan berupa mata air hangat dengan temperatur 38,7 °C, pH netral 7,92, tidak berbau, warna sedikit keruh, debit 1,0 L/detik, daya hantar listrik 2530  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$ . Total jumlah panas yang hilang adalah 0,47 kWth.

Mata air hangat Tatakalai bertemperatur 38,7 °C, pH netral 6.91 dengan debit 0,2 l/detik dan daya hantar listrik 2210  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$ , tidak berbau, relatif bening dan muncul melalui celah batuan. Total jumlah panas yang hilang adalah 0,16 kWth

### Kimia Air

Air panas Uwedaka didominasi oleh ion bikarbonat (340,23 - 341,33 mg/l  $\text{HCO}_3$ ), Pulodalagan didominasi oleh Cl (625,98 mg/l), dan Tatakalai didominasi oleh Cl (538,48 mg/l). sedangkan konsentrasi senyawa kimia

lainnya cenderung rendah (Gambar 4). Umumnya tipe air panas bikarbonat diduga berasosiasi dengan naiknya fluida panas bumi yang mengandung gas terutama  $\text{CO}_2$  kemudian mengalami kondensasi di dalam akuifer dangkal, sedangkan tipe air klorida di daerah penyelidikan dikontrol oleh adanya kandungan klorida yang cukup tinggi.

Mata air panas Uwedaka berada pada daerah *immature water* (Gambar 5) yang mengindikasikan adanya pengaruh air meteorik atau air permukaan yang cukup dominan sekaligus memperkuat dugaan bahwa adanya manifestasi yang muncul ke permukaan selain dipengaruhi oleh interaksi antara fluida dengan batuan dalam keadaan panas, ternyata telah terjadi pencampuran dengan air permukaan (*meteoric water*). Sementara mata air panas Pulodalagan dan Tatakalai terletak mendekati zona *partial equilibrium* yang mengindikasikan bahwa air panas ini kemungkinan berasal dari kedalaman dalam keadaan setimbang (*equilibrium*) dengan reservoir, meskipun di permukaan hanya memiliki temperatur kurang dari 50°C. Kedua air hangat tersebut diduga merupakan *outflow* suatu sistem panasbumi. Sementara itu, mata air panas Uwedaka dengan temperatur permukaan lebih dari 50 °C, diperkirakan merupakan daerah *upflow* suatu sistem panasbumi.

Mata air panas Uwedaka, Pulodalagan dan Tatakalai berada pada daerah *Li less or Cl absorption* (Gambar 6) yang mengindikasikan bahwa air panas tersebut tidak mencerminkan berasal dari sistem hidrothermal primer atau telah mengalami pencampuran dan didominasi oleh air tanah permukaan.

### Isotop $^{18}\text{O}$ dan $^2\text{H}$

Hasil analisis konsentrasi isotop Oksigen-18 ( $^{18}\text{O}$ ) dan Deuterium ( $^2\text{H}$ ) conto air panas di Kabupaten Banggai dan Banggai Kepulauan cenderung mendekati garis air meteorik lokal (*meteoric water line*), seperti yang ditunjukkan oleh air panas Uwedaka-1, Uwedaka-2, Uwedaka-3, Pulodalagan dan Tatakalai (gambar 7). Hal ini mencerminkan bahwa mata air panas Uwedaka, Pulodalagan dan Tatakalai telah mengalami pengenceran oleh air meteorik di permukaan.

### Pendugaan Temperatur Bawah Permukaan

Hasil perhitungan pendugaan temperatur reservoir untuk daerah Uwedaka sekitar  $90^{\circ}\text{C}$  ( $\text{SiO}_2$ ), sedangkan untuk daerah Tatakalai berkisar  $80^{\circ}\text{C}$  ( $\text{SiO}_2$ ). Sementara itu, untuk daerah Pulodalagan dengan menggunakan geotermometer  $\text{SiO}_2$  diperoleh hasil perhitungan sebesar  $40^{\circ}\text{C}$ , akan tetapi hasil tersebut dianggap tidak merepresentasikan kondisi sebenarnya dari reservoir, sehingga penggunaan geotermometer untuk di daerah Pulodalagan diasumsikan hampir sama dengan daerah Uwedaka berdasarkan kesamaan kondisi geologi. Ketiga daerah tersebut termasuk kedalam jenis entalpi rendah.

### Kimia Tanah dan Udara Tanah

Konsentrasi Hg tanah daerah Uwedaka pada umumnya rendah yaitu berkisar 14 ppb hingga 244 ppb. Konsentrasi  $\text{CO}_2$  tanah bervariasi dari terendah 0,07 % sampai dengan konsentrasi tertinggi 2,60 %.

Konsentrasi Hg tanah Daerah Pulodalagan, bervariasi mulai dari konsentrasi 16 ppb sampai dengan konsentrasi 848 ppb. Konsentrasi  $\text{CO}_2$

udara tanah bervariasi dari terendah 0,10 % sampai dengan konsentrasi tertinggi 1,70 %.

Konsentrasi Hg tanah Daerah Tatakalai pada umumnya rendah, bervariasi mulai dari konsentrasi 82 ppb sampai dengan konsentrasi 377 ppb. Konsentrasi  $\text{CO}_2$  udara tanah bervariasi dari terendah 0,20 % sampai dengan konsentrasi tertinggi 4,03 %.

### Pembentukan Sistem Panas Bumi

Tatanan geologi di wilayah Uwedaka dan Pulodalagan sebagai bagian dari Lengan Timur Sulawesi berada pada *setting* tumbukan antar lempeng yang telah mengalami deformasi yang sangat intensif. Hal tersebut diduga memiliki keterkaitan dengan pembentukan sistem panas bumi yang terdapat di kedua daerah tersebut.

Diperkirakan sistem panas bumi yang terdapat di daerah Uwedaka dan Pulodalagan berupa sistem *heat sweep*, dimana pembentukan sistem tersebut berasosiasi dengan aktivitas sesar, sedangkan sumber panasnya diperkirakan berhubungan dengan peningkatan gradien thermal di kedalaman.

Adanya aktivitas plutonik di daerah Kabupaten Banggai Kepulauan (Supandjono dan Haryono, 1993) berupa penerobosan Granit Banggai yang terjadi sekitar Perm-Trias, memberikan indikasi sumber panas bagi sistem panas bumi di daerah Tatakalai. Peluruhan unsur radioaktif (thorium, potasium, uranium) banyak ditemukan pada batuan beku granitik. Pembentukan sistem panas bumi di daerah Tatakalai diperkirakan berkaitan dengan sistem radiogenik.

### Potensi Panas Bumi

Dengan asumsi temperatur reservoir sebesar 90 °C, luas daerah prospek 1 km<sup>2</sup>, dan daya per satuan luas sebesar 5 MWe/km<sup>2</sup>, maka potensi panas bumi daerah Uwedaka sebesar 5 MWe pada kelas sumber daya spekulatif. Daerah Tatakalai, menggunakan asumsi temperatur reservoir sebesar 80 °C, luas daerah prospek 1 km<sup>2</sup> dan daya per satuan luas sebesar 5 MWe/km<sup>2</sup>, maka memiliki potensi panas buminya sebesar 5 MWe pada kelas sumber daya spekulatif. Sementara itu, daerah panas bumi Pulodalagan dengan asumsi temperatur reservoir sebesar 90 °C, luas daerah prospek 1 km<sup>2</sup> dan daya per satuan luas sebesar 5 MWe/km<sup>2</sup>, potensi panas buminya diperkirakan sekitar 5 MWe pada kelas sumber daya spekulatif.

### Kesimpulan

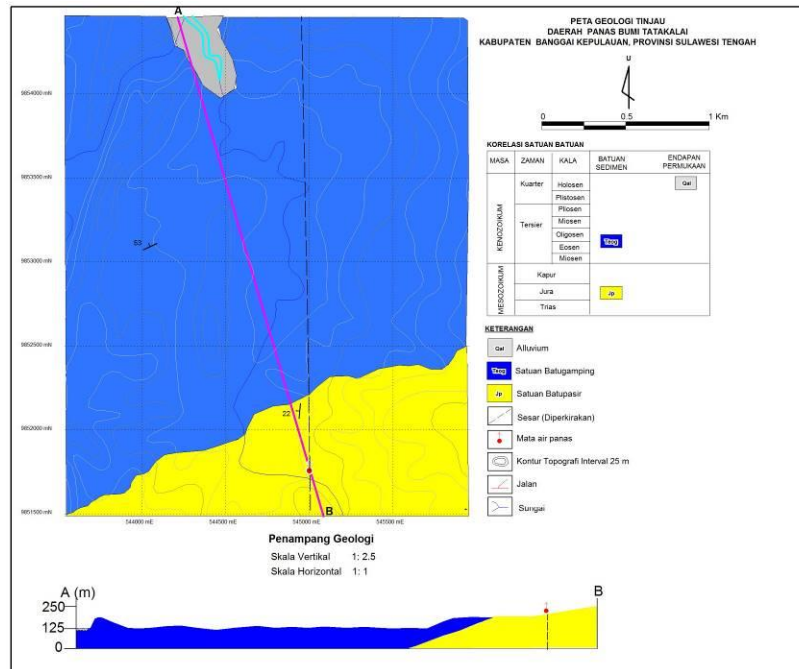
Sistem panas bumi daerah Uwedaka dan Pulodalagan merupakan sistem *heat sweep* yang dikontrol oleh struktur sesar yang dalam, sedangkan sistem panas bumi daerah Tatakalai berkaitan dengan sistem radiogenik. Secara umum, potensi panas bumi di ketiga daerah tersebut cukup baik untuk dikembangkan secara langsung (*direct use*) bagi kepentingan pariwisata.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anderson & Lund, 1979. Direct Utilization of Geothermal Energy : A Layman's Guide. Geothermal Resources Council. Special Report.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Banggai, 2012. Banggai dalam Angka. Badan

- Pusat Statistik Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah.
- Giggenbach, W.F.,1988. Geothermal Solute Equilibria. Derivation of Na-Mg-Ca Geoinicator. *Geochemica Acta*, 52.
- Hochstein, Manfred P and Patrick R.L. Browne.2000. Surface Manifestations of Systems with Volcanic Heat Sources .*Encyclopedia of Volcanoes*. Academic Press.
- Nicholson, Keith, 1993. *Geothermal Fluids, Chemistry and Exploration Techniques*, Springer Verlag Inc.
- Standar Nasional SNI 13-6171-1999. Metode Estimasi Potensi Energi Panas Bumi. Badan Standarisasi Nasional.
- Zarkasy,A dan lim, D.S, 2009, Ujipetik Daerah Panas Bumi Kabupaten Banggai. Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung. Tidak di Publikasikan.

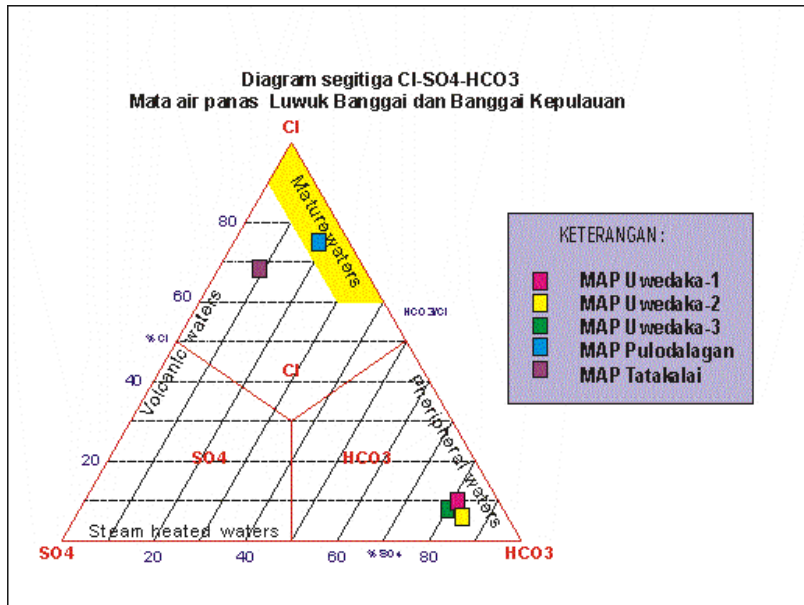




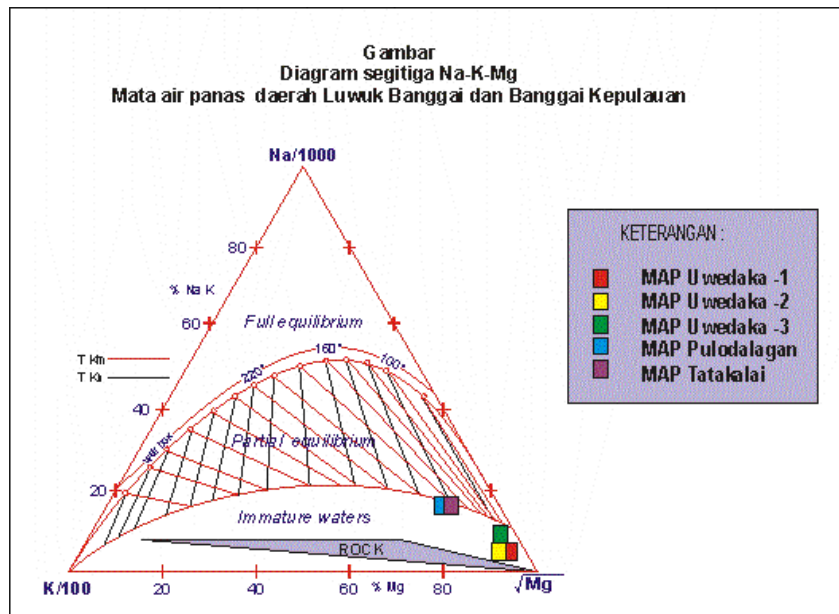
Gambar 3. Peta geologi daerah Tatakalai, Kabupaten Banggai Kepulauan

Tabel 1. Hasil Analisis Kimia Anion dan Kation Contoh Air Daerah Panas Bumi di Wilayah Kabupaten Banggai dan Banggai Kepulauan

No.Analisa	4513	4514	4515	4516	4517	4518	4519	4520	4521
LOKASI	UW -01	UW -02	UW -03	PDL - 1	PM - 01	UW - 04	ASUP	ADPD	ADT
pH	6,94	6,97	6,97	7,92	6,91	7,28	7,32	7,24	7,18
EC( $\mu$ S/cm)	881	891	903	2530	2210	903	357	814	334
SiO <sub>2</sub> (mg/L)	44,27	45,07	44,35	8,05	29,92	8,70	6,80	51,11	3,38
Al	0,01	0,01	0,01	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fe	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
Ca	35,87	34,36	32,94	50,40	62,80	59,50	54,63	29,03	54,88
Mg	13,51	13,88	13,52	4,00	3,20	5,53	7,38	75,26	5,68
Na	101,56	105,98	105,93	411,90	373,40	2,16	3,24	12,51	3,48
K	10,03	10,50	10,26	34,00	17,70	0,63	1,08	1,29	0,97
Li	0,04	0,05	0,04	0,01	0,45	0,01	0,01	0,01	0,01
As	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
NH <sub>4</sub>	1,30	1,32	1,53	0,08	0,53	0,06	1,16	1,27	0,06
B	0,66	0,66	0,68	0,14	1,28	0,14	4,57	0,14	0,63
F	3,67	4,00	3,22	0,00	1,53	0,13	0,06	0,00	0,04
Cl	12,18	12,75	11,34	625,98	538,48	0,70	1,06	3,81	1,21
SO <sub>4</sub>	69,20	71,53	82,78	14,60	180,26	2,25	2,75	7,18	1,90
HCO <sub>3</sub>	340,23	341,33	328,11	171,07	66,13	199,77	210,15	475,15	190,75
Meq cation	7,66	7,82	7,72	21,64	20,19	3,54	3,57	8,29	3,39
Meq anion	7,55	7,65	7,59	20,76	20,11	3,35	3,53	8,04	3,20
Ion Balance	0,68	1,06	0,84	2,08	0,21	2,81	0,50	1,51	2,84

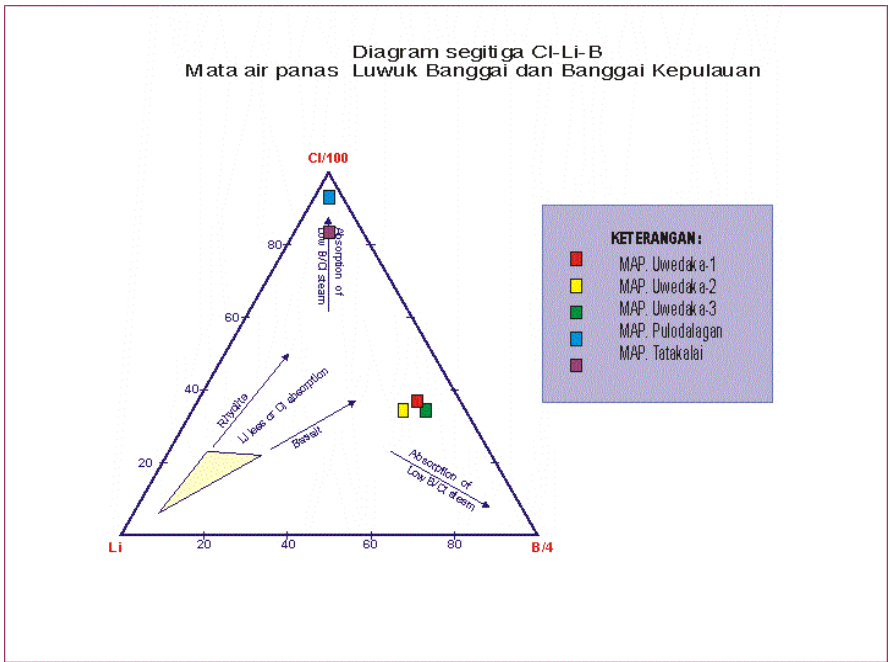


Gambar 4. *Plotting* conto air dalam diagram segitiga Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>

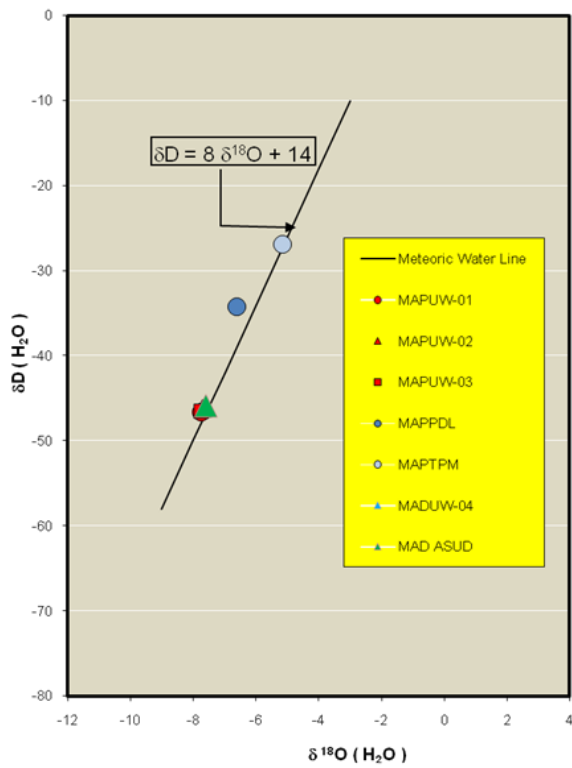


Gambar 5. *Plotting* conto air dalam diagram segitiga Na-K-Mg





Gambar 6. *Plotting* contoh air dalam diagram segitiga Cl-Li-B



Gambar 7. Grafik isotop  $\delta^{18}O$  terhadap  $\delta^2H$  (Deuterium)