

**SURVEI GEOLOGI DAN GEOKIMIA
DAERAH PANAS BUMI TAMIANG HULU
KABUPATEN ACEH TAMIANG, PROVINSI ACEH**

oleh

Dedi Kusnadi, dan Moch. Nur Hadi

Kelompok Penelitian Panas Bumi

Pusat Sumber Daya Geologi

SARI

Daerah Panas Bumi Tamiang Hulu secara administrasi berada di Kabupaten Aceh Tamiang, Provinsi Aceh, atau terletak antara $4^{\circ} 18' 19''$ - $4^{\circ} 6' 24''$ Lintang Utara dan $97^{\circ} 47' 00''$ - $97^{\circ} 58' 17''$ Bujur Timur.

Tatanan tektonik geologi daerah ini berada di bagian belakang busur pada cekungan Sumatera bagian utara dengan morfologi yang terbagi menjadi Satuan Geomorfologi Perbukitan Curam, Terjal, Bergelombang, Landai, dan Pedataran.

Stratigrafi batuan terdiri dari batuan metamorfik (kuarsit dan sabak) berumu Pra Tersier, batuan sedimen (batugamping, batupasir karbonan-mika, batupasir karbonat, serpih hitam dan batupasir), silisifikasi dan kolovium. Batuan ubahan didominasi oleh alterasi argilik. Struktur geologi utama berarah baratdaya-tenggara dan utara-selatan.

Manifestasi panas bumi berupa air panas: air panas Kaloy 1, air panas Kaloy 2, air panas Kaloy 3, dan air panas Kaloy 4, dengan temperatur 40,10-53,12 °C, pH netral. Termasuk tipe sulfat, pada zona *partial equilibrium*, dengan perbandingan Li-B lebih kecil dari pada klorida, pengkayaan Oksigen-18 isotop air panas tidak bisa membedakan dengan posisi air dingin. Temperatur reservoir berdasarkan geotermometer, sekitar 100 °C termasuk entalpi rendah, luas wilayah prospek 12 km², temperatur *cut-off* 90°C, dengan penghitungan volumetrik, dan asumsi tebal reservoir = 1 km, *recovery faktor* = 25%, faktor konversi = 10%, dan *lifetime* = 30 tahun, diperkirakan potensi sumber daya hipotetis 15 MWe pada entalpi rendah.

Kata Kunci: Tamiang Hulu, panas bumi, reservoir, temperatur rendah.

1. PENDAHULUAN.

Pemerintah telah mengupayakan program percepatan pengembangan panas bumi, dimana salah satunya adalah meningkatkan status penyelidikan panas bumi yang belum memiliki data yang lengkap hingga belum dapat diajukan menjadi wilayah kerja panas bumi (WKP).

Tamiang Hulu dipilih sebagai daerah survei dengan pertimbangan latar belakang proses geologi (tektonik dan vulkanisme) yang menunjukkan adanya indikasi manifestasi panas bumi berupa mata air panas, berada pada jalur zona Sesar Sumatera.

Secara administratif daerah panas bumi Tamiang Hulu berada di Kabupaten Aceh Tamiang, Provinsi Aceh, terletak antara 4° 18' 19 " - 4° 6' 24 " Lintang Utara dan 97° 47' 00" - 97° 58' 17" Bujur Timur, dengan luas sekitar 18 km X 20 km (Gambar 1). Maksud penyelidikan untuk melokalisir pemunculan manifestasi panas bumi dan mengidentifikasi kondisi geologi, dan karakteristik geokimia, daerah panas bumi Tamiang Hulu, bertujuan untuk mengetahui indikasi batuan perangkap panas dan temperatur fluida di kedalaman (reservoir).

2. GEOLOGI

Geomorfologi daerah penyelidikan Tamiang Hulu dapat dikelompokkan menjadi lima satuan (Gambar 2), yaitu: satuan morfologi perbukitan curam, satuan morfologi perbukitan terjal, satuan morfologi perbukitan bergelombang, satuan morfologi

perbukitan landai, dan satuan morfologi Pedataran.

Stratigrafi batuan sesuai dengan umur batuan tertua ke muda dapat dipisahkan menjadi beberapa satuan seperti.

Batuan Metamorf, terdiri dari Satuan batuan kuarsit dan batusabak, menempati bagian barat daya daerah survei membentuk perbukitan curam dengan topografi yang kasar, Batuan ini dibandingkan dengan Formasi Bohorok yang terbentuk pada zaman Permian, diduga sebagai *basement*. Satuan Batuan Sedimen Tufaan, menempati bagian tengah hingga ke selatan daerah survei, membentuk morfologi curam dengan tebing yang tajam Kapur.

Batuan Tersilisifikasikan, menempati bagian tengah diantara satuan batugamping dan batupasir gampingan. Membentuk tinggian dengan resistensi batuan yang keras. Batuan awal tidak nampak, apakah berasal dari batuan sedimen ataupun batuan beku. Terbungkus oleh lapisan silika dan telah mengalami ubahan silisifikasi.

Batupasir Karbonat – Gampingan, menempati bagian selatan berbatasan dengan satuan batugamping. Berwarna abu-abu kehitaman, keras dan kompak. Butiran halus sampai sedang, karbonatan dan memiliki kemiringan dan jurus. Satuan ini telah terdeformasi, dan terkekarkan dengan terisi oleh mineral kalsit. Singkapan yang baik berada di sekitar Kualaparet yang digunakan sebagai tempat wisata.

Serpilh, menempati bagian tengah daerah survei dengan membentuk morfologi perbukitan bergelombang dan landau. Satuan ini tersusun oleh serpih berwarna coklat kemerahan hingga abu-abu kecoklatan, ukuran butir halus, menyerpih, terkekarkan dan terpilah baik. Kekar terisi oleh mineral oksida, setempat di beberapa lokasi mengandung mineral pirit dan berwarna kehitaman. Satuan ini dibandingkan dengan Formasi Bampo yang berumur Miosen Tengah.

Batupasir, menempati bagian timur laut daerah survei membentuk morfologi bergelombang lemah. Tersusun oleh batupasir dan batulempung halus berwarna abu-abu kemerahan. Lunak dan belum mengalami deformasi. Diduga batuan ini masih berumur Kuartar. Kesebandingan regional menunjukkan bagian dari Formasi Seureula.

Endapan koluvium – alluvium menempati bagian utara daerah survei di sepanjang sungai Tamiang yang membentuk endapan undak dengan komposisi batuan kuarsit, batupasir dan lempung lepas – lepas (Gambar 3).

Struktur geologi yang berpengaruh di daerah penyelidikan berdasarkan analisis kelurusan sesar dan kekar memiliki kecenderungan dengan pola tegasan yang berarah utara – selatan dan baratlaut – tenggara. Pola ini sesuai dengan pola yang dibentuk oleh pola sunda yang membentuk

cekungan sumatera bagian utara (Gambar 4).

Berdasarkan analisis FFD Nampak zona dengan warna kuning kemerahan di bagian utara dan barat daya merupakan zona permeable yang mampu meloloskan air masuk hingga ke akuifer dalam dan berfungsi sebagai daerah resapan air.

Berdasarkan data lapangan pola tegasan yang terbentuk sejajar dengan pola hasil analisis kelurusan dimana struktur yang berkembang di bagi menjadi dua pola utama, yaitu arah utara selatan dan baratlaut tenggara.

Pola Utara – Selatan ditunjukkan dalam bentuk *tension* atau peregangan yang menghasilkan produk depresi di dari sedimentasi serpih hitam seperti ditunjukkan pada sesar Bukitputih di bagian selatan yang membatasi produk batugamping di timurnya dengan batupasir – serpih di bagian baratnya. Pola ini juga terbentuk sebagai kelurusan dari citra melalui sesar bukittaba, sesar taring, bintang dan pangrong yang berada pada bagian utara kearah timur daerah survei. Sesar – sesar tersebut memotong satuan batupasir – serpih yang berumur Tersier.

Pola baratlaut – tenggara ditunjukkan oleh depresi sesar slamet dan paret yang terisi oleh batugamping, sedangkan bagian *hanging wall*nya terisi oleh batuan metamorfik. Sesar lainnya yang Nampak dari citra landsat adalah sesar Bampo, Juwar dan Harumsari. Sesar kaloy dan

sesar simpang kiri merupakan zona lemah yang memfasilitasi munculnya manifestasi airpanas Kaloy. Sesar ini terpotong oleh sesar Taring.

3. MANIFESTASI.

Manifestasi panas bumi di daerah Tamiang Hulu berupa: Air panas Kaloy 1, pada koordinat 376360 mT dan 463284 mS, elevasi 39 mdpl. Temperatur air panas 53,12 °C pada temperatur udara 30,00 °C, debit 7 liter/detik, pH 6,56 dan daya hantar listrik 950 μ S/cm, muncul pada batuan sedimen batu pasir, jernih, berbau H₂S, dan tidak berasa. Air panas Kaloy 2, pada koordinat 375978 mT dan 463454 mS, elevasi 40 mdpl. Temperatur air panas 43,86 °C pada temperatur udara 30,90 °C, debit 5 liter/detik, pH 6,41 dan daya hantar listrik 781 μ S/cm. berbau sedikit H₂S, dan tidak berasa. Air panas Kaloy 3, pada koordinat 375873 mT dan 463568 mS, dengan elevasi 40 mdpl. Temperatur air panas 40,10 °C pada temperatur udara 30,90 °C, debit 2 liter/detik, pH 6,59 dan daya hantar listrik 750 μ S/cm. Serta Air panas Kaloy 4, pada koordinat, 374670 mT dan 463137 mS, elevasi 61 mdpl. Temperatur air panas 52,17 °C pada temperatur udara 27,15 °C, debit 5 liter/detik, pH 6,88 dan daya hantar listrik 554 μ S/cm. berbau sedikit H₂S, dan tidak berasa.

Batuan tersingkap di sekitar Bukitputih daerah Tamiang Hulu, tersebar berupa spot-spot berwarna putih kemerahan. Hasil

analisis batuan ubahan menunjukkan mineral lempung sebagai proses hidrotermal seperti *kaoline*, *dickite*, *illite*, *montmorilonite*, *halloysite*, *alunite* dan *paragonite*.

4. PERHITUNGAN KEHILANGAN PANAS

Kehilangan panas atau *natural heat loss* besarnya energi panas yang dilepas oleh sistem panas bumi Tamiang Hulu \pm 25.48 kW_{th}. Sebagai indikasi nilai yang sangat rendah dalam suatu sistem panas bumi.

5. HIDROGEOLOGI.

Berdasarkan peta kompilasi struktur geologi, daerah resapan panas bumi Tamiang Hulu berada di bagian barat daya daerah penyelidikan, dan sebagian teridentifikasi juga di daerah tengah penyelidikan. Pada umumnya jenis akifer ini mempunyai tingkat air tanah langka pada topografi perbukitan curam.

Daerah keluaran/lepasan air (*discharge*) bersesuaian dengan lokasi manifestasi berupa mata air panas di daerah penyelidikan. Pemunculan mata air panas ini secara hidrologi berasal dari infiltrasi air yang masuk ke dalam zona reservoir panas bumi melalui rekahan, dimana proses pemanasan menghasilkan densitas air yang lebih rendah dan bergerak ke atas melalui zona rekahan. Daerah lepasan di dominasi oleh sistem aqifer setempat akuifer produktif dan produktifitas akifer kecil pada batuan

sedimen berupa batupasir dan serpih di permukaan dan pada topografi perbukitan bergelombang – pedataran.

Aliran permukaan (*run off*) merupakan aliran air yang tidak tertampung dan tidak sampai masuk kedalam akifer, posisinya hanya dipermukaan dan mengalir membentuk aliran sungai yang berbentuk anastomatik dengan stadium sungai dewasa, berada di wilayah pedataran.

6. GEOKIMIA

Plotting konsentrasi ion Cl^- , SO_4^{2-} , dan HCO_3^- pada diagram segitiga $\text{Cl-SO}_4\text{-HCO}_3$ (Gambar 5), semua air panas di daerah Tamiang Hulu dan sekitarnya bertipe bikarbonat, Cl rendah, pH netral, dengan konsentrasi SO_4 cukup tinggi (175,17 mg/l), indikasi adanya fluida panas pada pembentukan air panas, atau diakibatkan oleh batuan anhidrit dan batuan sedimen.

Plotting pada Diagram segitiga $\text{Na}/1000$, $\text{K}/100$, dan $\sqrt{\text{Mg}}$ (Gambar 6). menunjukkan bahwa air panas Kaloy 1, Kaloy 2, Kaloy 3, dan Kaloy 4 berada pada zona *immature water*, indikasi reaksi antara fluida dengan batuan reservoir telah tercampur oleh air dingin di permukaan, di dukung oleh pemunculan air panas pada pinggir sungai Simpang Kiri, dan pada elevasi yang hampir sama dengan elevasi air sungai. *Plotting* pada diagram Segitiga Cl-Li-B. (Gambar 3), air panas Kaloy 1, Kaloy 2, Kaloy 3, dan air panas Kaloy 4, berada di pojok Boron,

sedangkan Cl dan Li rendah, indikasi pengaruh batuan sedimen.

Plotting isotop pada grafik δD terhadap $\delta^{18}\text{O}$, menggunakan garis *Meteoric Water Line* (MWL) berdasarkan persamaan $\delta\text{D} = 8\delta^{18}\text{O} + 14$ (Gambar 3), memperlihatkan posisi air panas dan air dingin terletak hampir berimpit pada garis *Meteoric Water Line* (MWL), tidak menunjukkan adanya perbedaan pengkayaan oksigen 18, hasil interaksi antara fluida panas pada sistem panas bumi dengan batuan yang dilaluinya pada pembentukan mata air panas dengan sampel air dingin.

Perkiraan suhu bawah permukaan, Air panas Kaloy 1, Kaloy 2, Kaloy 3, dan air panas Kaloy 4, berdasarkan geotermometer silika baik pada kondisi *conductive cooling* dan *adiabatic cooling*, diperoleh suhu reservoir daerah panas bumi Tamiang Hulu terlalu rendah hanya sekitar 77-97 °C.

Sedangkan dengan geotermometer Na-K yang mengasumsikan bahwa reaksi kesetimbangan antara feldspar dan fluida akan mengontrol perbandingan Na/K. Reaksi ini merupakan reaksi yang dikontrol oleh suhu, sehingga perbandingan Na/K yang dihasilkan dapat dikorelasikan dengan suhu, diperoleh temperatur sekitar 253-416 °C, temperatur ini terlalu tinggi, jika digunakan untuk memprediksi temperatur reservoir di daerah Tamiang Hulu. Mengingat temperatur manifestasi dipermukaan paling tinggi hanya 53,12 °C,

sinter karbonat yang tipis, dan tipe air air bikarbonat, Cl rendah, pH netral terletak pada zona *immature water*, maka temperatur reservoir di daerah penyelidikan Tamiang Hulu mengacu kepada perhitungan geotermometer SiO_2 , hanya sekitar $100\text{ }^\circ\text{C}$, temperatur rendah.

Distribusi nilai CO_2 Udara tanah (Gambar 8), memperlihatkan anomali tinggi $>1,5\%$ terdistribusi memanjang dari bagian utara ke selatan di bagian tengah, serta di bagian timur daerah penyelidikan. Tingginya CO_2 udara tanah di daerah penyelidikan, disebabkan oleh pengaruh humus, akibat aktifitas manusia di perkebunan sawit.

Peta distribusi Hg (gambar 9) >300 ppb memanjang di sebelah utara daerah penyelidikan dengan luas sekitar $(4 \times 2)\text{ km}^2$, tingginya anomali Hg tanah di bagian utara diperkirakan oleh proses hidrotermal fosil, diindikasikan oleh proses mineralisasi dan batuan ubahan yang ditemui di daerah penyelidikan.

7. DISKUSI

Daerah penyelidikan Tamiang Hulu berada pada cekungan bagian belakang busur dari Pulau Sumatera. Lokasinya termasuk kedalam cekungan sumatera bagian Utara terisi oleh produk metamorfisme dan sedimentasi.

Sistem panas bumi yang terbentuk di daerah Tamiang Hulu berasosiasi dengan sistem non – vulkanik. Dominasi batuan sedimen dalam bentuk batupasir dan

batugamping tersebar di sekitar pemunculan air panas. Terbentuknya mineralisasi dan proses silisifikasi di sekitar Bukitputih menjadikan bukti bahwa telah terbentuk proses geothermal di masa lampau dalam bentuk bijih besi primer yang ditemukan berbentuk urat-urat yang terisi oleh mineral silika, pirit, kalkopirit dan oksida besi yang tinggi.

Penentuan sumber panas biasanya di kaitkan dengan munculnya batuan intrusif muda, batuan vulkanik dan akibat proses tektonik aktif. Namun untuk daerah Tamiang Hulu keberadaan ketiganya tidak ditemukan dilokasi penyelidikan. Satu hal yang memungkinkan adalah terbentuknya batuan intrusif yang tidak muncul di permukaan atau akibat proses pembebanan dari sedimentasi yang berlangsung cepat. Sehingga penentuan sumber panas pada sistem panas bumi Tamiang Hulu masih perlu penelitian lebih lanjut, terutama data geofisika yang dapat menunjukkan adanya tubuh intrusif di kedalaman. Karena selain data manifestasi, di sekitar Kaloy terbentuk mineralisasi yang identik dengan munculnya batuan plutonik.

Selain mata air panas, manifestasi panas bumi lainnya berupa batuan ubahan yang didominasi oleh silisifikasi dan mineral lempung. Mineral lempung berupa illite, monmorilonit dan kaolin cukup mendominasi kandungan mineral lempung di batuan ubahan. Selain itu juga terdapat gypsum (CaSO_4). Keberadaan gypsum

diperkirakan yang mempengaruhi konsentrasi air panas dimana kandungan SO_4 nya relatif tinggi.

Semua mata air panas di Tamiang Hulu termasuk *immature water*, dan tipenya termasuk dalam tipe bikarbonat. Kadar sulfat pada air panas diperkirakan sebagai akibat dari proses pelarutan mineral-mineral sulfat (anhidrit atau gipsum), ditunjang pH air panas relatif netral, sedangkan klorida yang terlarut diperkirakan berasal dari kedalaman atau reservoir, namun konsentrasinya rendah.

Analisis isotop stabil dalam grafik Oksigen-18 terhadap Deuterium tidak menunjukkan adanya pengkayaan Oksigen-18 pada air panas, yang diperkirakan tidak adanya interaksi antara batuan dengan fluida panas di reservoir.

Nilai geotermometer dari air panas diperoleh dari geotermometer air SiO_2 hanya sekitar 100°C (temperatur rendah).

Peta distribusi (gambar 9), konsentrasi Hg >300 ppb terdistribusi memanjang di sebelah utara daerah penyelidikan dengan luas sekitar (4×2) km^2 , Tingginya anomali Hg tanah di bagian utara diperkirakan oleh proses hidrotermal fosil, diindikasikan oleh proses mineralisasi dan batuan ubahan yang ditemui di daerah penyelidikan.

Peta distribusi nilai CO_2 Udara tanah (gambar 10), memperlihatkan anomali tinggi $>3,5\%$ terdistribusi memanjang dari bagian utara ke selatan di bagian tengah, serta di bagian timur daerah penyelidikan. Anomali

konsentrasi tinggi CO_2 udara tanah di daerah penyelidikan, disebabkan oleh pengaruh humus, dan akibat aktifitas manusia di perkebunan sawit.

Sebaran area prospek panas bumi berdasarkan hasil penelitian metode geologi, dan geokimia terdapat di sekitar air panas Kaloy. Diperoleh hasil kompilasi geologi struktur, anomali CO_2 dan Hg, dengan luas area prospek sekitar 12 km^2 untuk kelas sumber daya hipotetis.

Temperatur perkiraan reservoir sebesar 100°C , dengan temperatur *cut-off* 90°C , menggunakan metode penghitungan volumetrik, melalui beberapa asumsi yaitu tebal reservoir = 1 km, *recovery factor* = 25%, faktor konversi = 10%, dan *lifetime* = 30 tahun, diperoleh potensi sumber daya hipotetis adalah 15 MWe pada entalpi rendah.

8. KESIMPULAN.

Stratigrafi terdiri dari batuan metamorfik (kuarsit dan sabak) Pra Tersier, batuan sedimen (batugamping, batupasir karbonatan-mika, batupasir karbonat, serpih hitam dan batupasir) satuan silisifikasi dan kolovium, struktur geologi utama berarah baratdaya-tenggara dan utara-selatan, alterasi yang terbentuk pada zona argilik.

Manifestasi panas bumi berupa air panas Kaloy 1, Kaloy 2, Kaloy 3, dan air panas Kaloy 4, dengan temperatur $40,10-53,12^\circ\text{C}$, pH netral. Tipe air bikarbonat, terletak pada zona *immature water*, indikasi reaksi tidak mencapai kesetimbangan, dengan

perbandingan Boron sedikit lebih tinggi dari pada klorida, dan Litium, pengkayaan oksigen 18 dari isotop tidak cukup bisa membedakan dengan posisi air dingin.

Temperatur bawah permukaan panas bumi diperoleh dari geotermometer SiO₂ sebesar 100 °C (temperatur rendah).

Anomali Hg tanah yang tinggi (>300 ppb), di bagian utara (pengaruh proses hidrotermal fosil dan mineralisasi) sementara anomali konsentrasi tinggi CO₂ udara tanah (>3,5 %) yang berarah baratlaut-tenggara di daerah penyelidikan, akibat pengaruh humus di perkebunan.

Perkiraan potensi panas bumi sumber daya hipotetis sekitar 15 MWe pada entalpi rendah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Para pejabat Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Kementerian ESDM dan semua pihak atas akses data, yang mendukung proses penulisan ini, serta saran-saran dan koreksinya.

PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional, 2000., Angka Parameter Dalam Estimasi Potensi energi panas bumi, SNI 13- 6482- 2000.

Fournier, R.O., 1981, *Application of Water Geochemistry Geothermal Exploration and Reservoir Engineering, Geothermal System: Principles and Case Histories*, John Willey & Sons. New York.

Giggenbach, W.F., 1988, *Geothermal Solute Equilibria Deviation of Na-K-Mg – Ca Geo- Indicators*, *Geochemica Acta* 52. pp. 2749 – 2765.

Giggenbach, W.F., and Goguel, 1988, *Methods for the collection and analysis of geothermal and volcanic water and gas samples*, Petone New Zealand.

Gonviantini, R., 1981, *Determination of Isotope Composition of Natural Water, Stable Isotope hydrology, D and ¹⁸O in the water* Circle Technical Report series No. 210 IAEA p. 60-69.

Kooten , V., and Gerald, K., 1987, *Geothermal Exploration Using Surface Mercury Geochemistry, Journal of volcanology and Geothermal Research* , 31, 269-280.

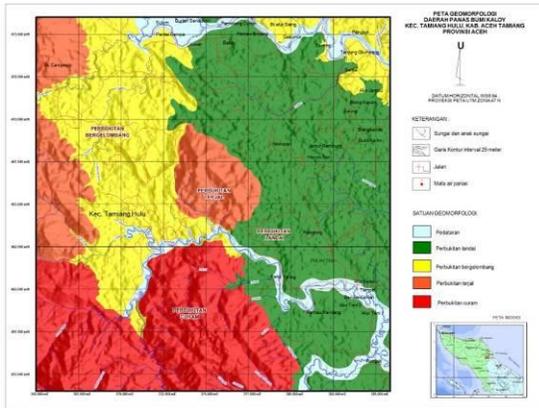
Nicholson, K., 1993, *Geothermal Fluids Chemistry&Exploration Technique*, Springer Verlag, In. Berlin.

S. Koesoemadinata, Y. Noya dan D. Kadarisman, 1994, Peta Geologi Lembar Aceh Tamiang, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

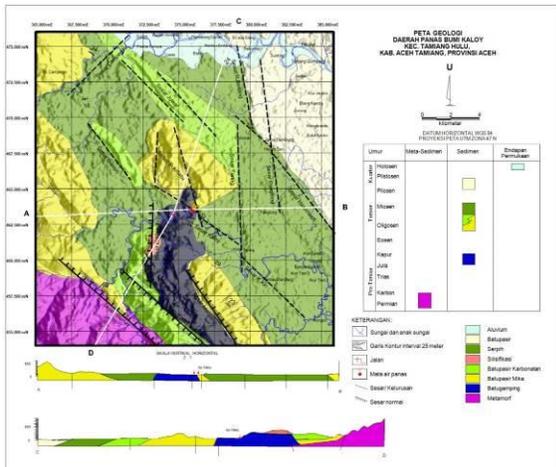
Tim Survei Terpadu Geologi dan Geokimia Daerah Panas Bumi Kaloy, Kabupaten Aceh Tamiang , 2014, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.



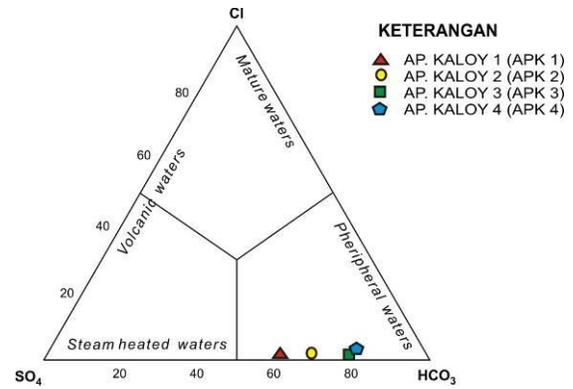
Gambar 1 Peta lokasi Tamiang Hulu



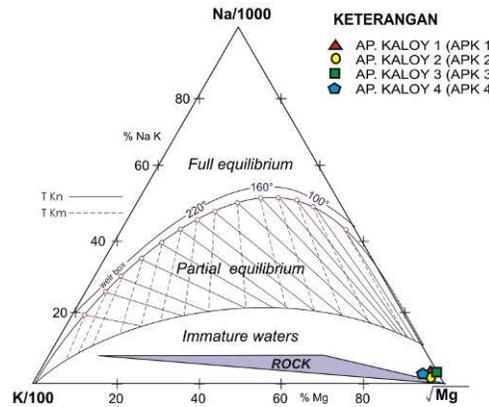
Gambar 2 Peta geomorfologi daerah Tamiang Hulu



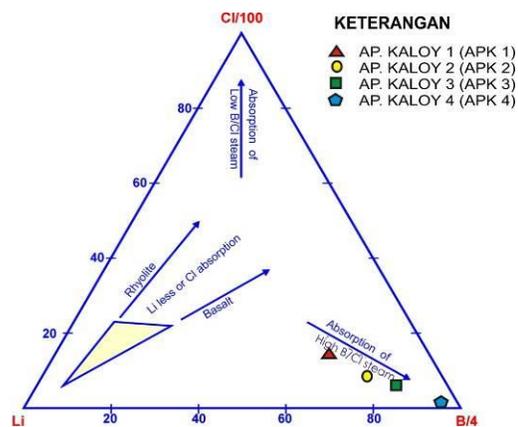
Gambar 3 Peta geologi daerah Tamiang Hulu



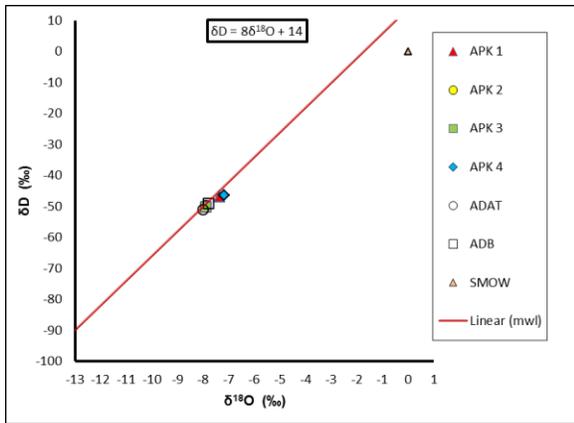
Gambar 4 Plotting pada diagram segi tiga Cl-SO₄-HCO₃



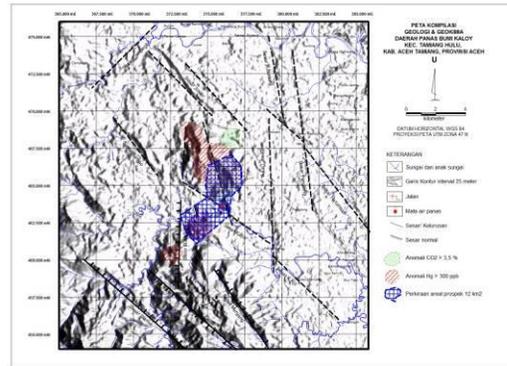
Gambar 5 Plotting pada diagram segi tiga Na-K-Mg



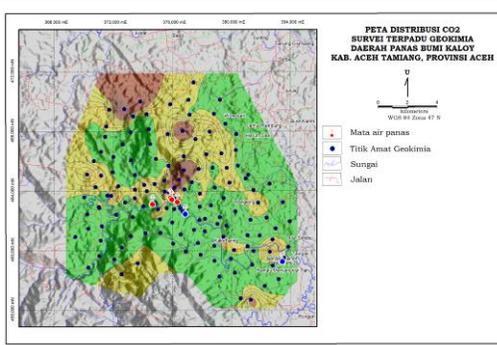
Gambar 6 Plotting pada diagram segi tiga Cl, Li, dan B



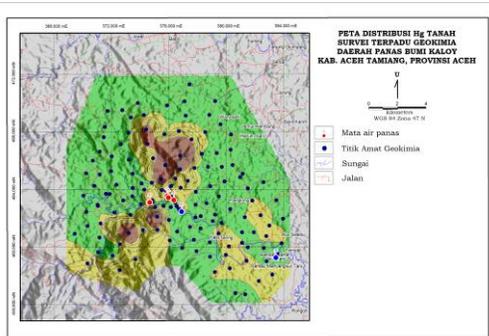
Gambar 7 Plotting isotop δD vs $\delta^{18}O$



Gambar 10 Peta Kompilasi geologi, dan geokimia, panas bumi Tamiang Hulu



Gambar 8 Peta distribusi CO_2 udara tanah daerah panas bumi Tamiang Hulu



Gambar 9 Peta distribusi Hg tanah daerah panas bumi Tamiang Hulu

