

SISTEM PANAS BUMI BERDASARKAN ANALISIS GEOKIMIA AIR PANAS DAERAH AMOHOLA DAN SUMBERSARI, KECAMATAN MORAMO, KABUPATEN KONAWA SELATAN, PROVINSI SULAWESI TENGGARA

**Fitriani Dewi Aprilia¹⁾, Euis Tintin Yuningsih²⁾, Aton Patonah²⁾
Yuano Rezky³⁾, Anna Yushantarti³⁾, Asep Nurdin³⁾**

¹⁾Mahasiswa Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Sumedang

²⁾Dosen Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Sumedang

³⁾Kelompok Kerja Panas Bumi, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung, Indonesia

ABSTRACT

The research area is located in Amohola and Summersari, Moramo sub-district, Konawe South regency, Southeast Sulawesi Province. Geographically located between 122°35'6,07" – 122°45'58,94" BT dan 4°5'20,28" – 4°16'10,85" LS. The research areas have a stratigraphy consisted of Meta-limestones, Phyllite, Schist, Quartzite, Conglomerates, Limestones, Carbonate Sandstone, Claystone, and sediment surface. Hot waters have temperatures ranging from 37,5°C to 50°C. The fluid geochemical data affirm that the Amohola area has Chloride type of water, which indicates it is close to the heat source, whereas in Summersari area has Bicarbonate water type, which indicates that the fluid has affected by meteoric water. Geothermal system in these two areas assumed that has separated by tectonic activity and the emersion of the lithology affected the chemical content of the hot fluid. The Geotermometer indicates that the subsurface of Amohola manifestations temperatures are around 146°C (medium enthalpy), whereas in Summersari 43°C (low enthalpy). area.

Keywords: Geothermal, Geology, Geothermal System, Non-vulcanic, Amohola.

ABSTRAK

Lapangan penelitian terletak pada daerah Amohola dan Summersari Kecamatan Moramo, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Secara geografis terletak pada 122°35'6,07" – 122°45'58,94" BT dan 4°5'20,28" – 4°16'10,85" LS. Daerah penelitian mempunyai stratigrafi batuan yang terdiri dari Metagamping, Filit, Sekis, Kuarsit, Konglomerat, Kalkarenit, Batupasir karbonatan, Batulempung, dan endapan permukaan. Temperatur air panas hanya berkisar 37,5°C - 50°C. Data geokimia fluida menyatakan bahwa pada Daerah Amohola mempunyai tipe air Klorida yang mengindikasikan dekat dengan sumber panas, sedangkan pada Daerah Summersari mempunyai tipe air Bikarbonat yang menunjukkan bahwa fluida dipengaruhi oleh air meteorik. Sistem panasbumi pada kedua daerah ini diperkirakan dipisahkan oleh aktivitas tektonik dan kemunculan pada litologi yang mempengaruhi kandungan kimia fluida air panas. Geotermometer mengindikasikan temperatur bawah permukaan manifestasi Amohola sekitar 146°C (entalphi sedang), sedangkan Summersari 43°C (entalphi rendah).

Kata kunci: Geothermal, Geologi, Sistem Panasbumi, Non-vulkanik, Amohola

PENDAHULUAN

Potensi energi panasbumi di Indonesia mencapai sekitar 40% cadangan panas bumi dunia, karena Indonesia merupakan Negara kepulauan yang terletak pada pertemuan tiga lempeng yaitu Lempeng Australia, Lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik. Proses tumbukan dari lempeng Eurasia dan Australia ini mengakibatkan banyaknya proses vulkanisme yang berpotensi sebagai daerah pengembangan panasbumi.

Pulau Sulawesi bagian tenggara memiliki potensi panasbumi yang ber-

asosiasi dengan lingkungan panasbumi non-vulkanik. Penelitian mengenai sistem panasbumi pada daerah ini dilakukan untuk mengetahui potensi panasbumi khususnya non-vulkanik yang belum banyak dilakukan penelitian.

Lapangan penelitian secara administratif terletak pada daerah Amohola dan Summersari Kecamatan Moramo, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Secara geografis terletak antara 122°35'6,07" – 122°45'58,94" BT dan 4°5'20,28" – 4°16'10,85" LS (Gambar 1).

Manifestasi permukaan yang muncul terlokalisasi pada daerah Amohola dan muncul kembali sejauh ± 15 km di daerah Summersari. Manifestasi ini umumnya muncul pada lingkungan metamorf dan sedimen.

TINJAUAN PUSTAKA

Lengan tenggara Sulawesi memanjang ke barat laut – tenggara. Terdapat tiga periode tektonik di Lengan Tenggara Sulawesi yang terdiri dari: Pra-tumbukan, tumbukan, dan pasca tumbukan. Periode pra-tumbukan terekam dalam runtunan stratigrafi dan sedimentologi Trias-Oligosen Awal dari Kepingan Benua Sulawesi Tenggara.

Periode tumbukan diidentifikasi dari kepingan benua tersebut dan ofiolit dari Lajur Ofiolit Sulawesi Timur, sedangkan periode pasca tumbukan terekam dalam runtunan Molasa Sulawesi.

Berdasarkan peta geologi regional Lembar Kolaka, Sulawesi Tenggara yang disusun oleh T.O Simanjuntak, Surono, dan Sukido (1983), urutan stratigrafi batuan dari tua ke muda yang tersingkap di daerah penelitian terdiri dari Kompleks Mekongga (Pms), Formasi Meluhu (TrJm), Kompleks Pompangeo (MTpa), Formasi Tolaka (TrJt), Formasi Meluhu (TrJm), Formasi Matano (Km), Formasi Langkowala (Tmls), Formasi Eemoiko (Tmpe), Formasi Boepinang (Tmpb), Formasi Buara (Ql), Formasi Alangga (Qpa), dan Aluvium (Qa) (Lihat Gambar 2). Struktur geologi di Sulawesi didominasi oleh arah barat laut – tenggara yang berupa sesar mendatar sinistral dan sesar naik.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini lebih dititikberatkan pada metode geokimia manifestasi panasbumi, serta analisis petrografi batuan. Hasil analisis dari data geokimia pada akhirnya akan dihubungkan dengan kondisi geologi daerah penelitian sehingga mendapat gambaran mengenai karakteristik dan

sistem panasbumi yang terdapat di daerah penelitian.

Dalam analisis petrografi meliputi penentuan nama batuan berdasarkan tatanama klasifikasi batuan yang umum sesuai dengan litologi yang berada di daerah penelitian seperti klasifikasi Pettijohn (1975) untuk batuan sedimen klastik dan klasifikasi Dunham (1962) untuk batugamping klastik, serta klasifikasi Winkler (1979) untuk batuan metamorf.

Sebuah data yang valid dan layak untuk diteliti harus memiliki nilai $ion\ balance < 5\%$. Jika sudah valid selanjutnya dilakukan *Plotting* diagram $Cl-SO_4-HCO_3$ untuk menentukan tipe air darisuatumata air panas dengan cara memplot anion klorida, sulfat & bikarbonat pada segitiga ternary *plot* (Nicholson, 1993). Kemudian *Plotting* unsur $Cl-Li-B$ dan $Na-K-Mg$ yang digunakan untuk mengetahui asal dan lingkungan air panas serta untuk mengetahui perkiraan temperatur bawah permukaan berdasarkan diagram Giggenbach (1991 dan 1988).

Penentuan perkiraan temperatur bawah permukaan menggunakan metode geotermometer dengan parameter berdasarkan kandungan unsur kimia yang berada di dalam air panas. Metode lain yang digunakan untuk mengetahui asal air panas dan proses yang berlangsung di bawah permukaan adalah dengan mengetahui kandungan isotop stabil Oksigen-18 ($\delta^{18}O$) dan Hidrogen-2 ($\delta D/Deuterium$) dalam air panas.

Semua metode dilakukan untuk mengetahui sistem panasbumi pada lapangan penelitian.

HASIL PENELITIAN

Bentuklahan yang berkembang di daerah penelitian adalah pedataran dan perbukitan.

Satu geomorfologi pedataran menempati bagian utara dan tenggara daerah

nelitian, dibagian wilayah lain didominasi oleh satuan perbukitan. Kemunculan mani-festasi Amohola dan Sumpersari yaitu pada daerah pedataran dan perbukitan rendah. Secara umum daerah penelitian tersusun oleh batuan metamorf yang berumur pra-Tersier dan batuan sedimen Tersier dan dikelompokkan menjadi 10 satuan batuan, dengan urutan tua ke muda yaitu Satuan Meta-Batugamping (Trjbg), Satuan Sekis (Trjs), Satuan Filit (Trjf), Satuan Kuarsit (Trjk), Satuan Konglomerat (Tmkg), Satuan Batugamping kalkarenit (Tmbg), Satuan Batupasir Karbonatan (Tmbp), Satuan Batulempung (Tmbl), Satuan Batupasir (Kbbp), Aluvium (Ka).

Kemunculan manifestasi berada pada satuan Meta-Batugamping dan satuan Batugamping Kalkarenit. Lito-logi tersebut diperkirakan mempengaruhi kandungan dari geokimia air panas. Pola struktur tersebut, yang paling berperan penting dalam pemunculan manifestasi panas bumi adalah pola struktur N130-150°E dan N310-330°E dan pola struktur N50-70°E dan N230-250°E. Diperkirakan terbentuk zona sesar-sesar normal yang membentuk permeabilitas pada batuan maupun sobekan sesar (*tear fault*) pada perpotongan sesar-sesarnya sehingga menjadi media jalannya fluida ke permukaan. (Gambar 3)

Geokimia Panas Bumi

Manifestasi permukaan merupakan bentuk gejala sebagai hasil proses sistem panas bumi. Pada daerah penelitian ditemukan lima manifestasi yang muncul ke permukaan. Daerah panas bumi Amohola mempunyai 2 manifestasi panas bumi dengan temperatur 37,5°C dan 50°C, pH 6,57 dan 6,59, serta debit 12 dan 0,5 liter/menit, dengan karakteristik fisik sedikit berbau, tidak berasa, dan sedikit berwarna hijau. Salah satu manifestasi membentuk kolam yang cukup luas. Jarak kedua manifestasi hanya 500 meter dan keduanya muncul pada ba-

tuhan meta-batugamping yang dikontrol oleh sesar normal Amohola. (Gambar 4a)

Air panas Amohola dicirikan oleh kandungan yang relatif tinggi dari natrium (~1190 mg/kg), klorida (~2240 mg/kg), sulfat (~200 mg/kg), dan bikarbonat (~700 mg/kg) (Tabel 1), termasuk kedalam tipe air klorida (Gambar 5) dan dalam kesetimbangan *immature water* (Gambar 6a dan 6b) dengan pendugaan temperatur bawah permukaan ±146°C yang merupakan temperatur sedang. Kandungan klorida yang tinggi mengindikasikan bahwa adanya hubungan antara fluida panas dengan sumber panas dalam panas bumi, terutama dijumpai sinter karbonat dalam jumlah besar diduga akibat panas dari proses metamorfisme dan sesar. Dilihat juga dari kandungan ion bikarbonat, fluida panas diperkirakan mengalami pencampuran dengan air permukaan. Dalam diagram segitiga Cl-Li-B terlihat bahwa air panas Amohola berada pada zona klorida yang diperkirakan dekat dengan sumber panas juga dipengaruhi proses metamorfisme dan sesar pada batugamping. Rasio Na/K menunjukkan mata air panas Amohola berada pada daerah sekitar aliran fluida panas secara relatif dominan vertikal (*upflow*).

Diagram komposisi isotop stabil (Gambar 7) memperlihatkan bahwa posisi sampel air Amohola berada di kanan MWL (*Meteoric Water Line*), mengindikasikan asal air yang cukup jauh dari pemunculan air panas dan dapat dilihat dari kandungan isotop stabil $\delta^{18}\text{O}$ dimana air panas-air panas tersebut memiliki nilai yang lebih besar dari air meteorik global. Hal tersebut diinterpretasikan terjadi akibat adanya pengayaan $\delta^{18}\text{O}$ dari batuan pada saat air mengalir menuju reservoir. Berdasarkan keterangan di atas maka dapat diketahui bahwa di bawah permukaan telah terjadi proses inter-aksi yang cukup intensif antara fluida dengan batuan reservoir sehingga meningkatkan nilai isotop stabil $\delta^{18}\text{O}$.

Lapangan panasbumi Sumpersari mempunyai 3 manifestasi panasbumi dengan temperatur 41.3°C - $46,5^{\circ}\text{C}$, pH mendekati netral 6,65 - 6,76, serta debit air sekitar 17 liter/menit, dengan karakteristik fisik tidak berbau, tidak berasa, dan jernih. Jarak ketiga manifestasi hanya 100 meter serta kemunculan manifestasi terdapat di tepi aliran sungai sekitar batu-gamping kalkarenit dan sebagian membentuk kolam yang cukup luas. (Gambar 4b)

Air panas Sumpersari dicirikan oleh kandungan yang relatif tinggi dari bikarbonat (~ 580 mg/kg) (Tabel 1), termasuk kedalam tipe air bikarbonat (Gambar 5) dan dalam keseimbangan *immature water* (Gambar 6a dan 6b) dengan pendugaan temperatur bawah permukaan $\pm 43^{\circ}\text{C}$ yang merupakan temperatur rendah. Air bikarbonat dari mata air panas tersebut termasuk dalam zona *steam heated water/ steam condensates*, terbentuk pada daerah pinggir dan dangkal akibat absorpsi gas CO_2 serta kondensasi uap air kedalam tanah (Nicholson, 1993) yang berarti proses yang terjadi pada zona tersebut adalah pemanasan air meteorik oleh sumber panas yang berada di bawahnya, kemudian air tersebut menguap dan mengalami kondensasi lalu muncul ke permukaan dengan kandungan anion HCO_3 yang dominan. Dalam diagram segitiga Cl-Li-B terlihat bahwa air panas Sumpersari berada pada zona Boron sebagai akibat dari pengaruh sistem panas buminya berada pada lingkungan batuan sedimen. Kandungan boron dalam fluida panas bumi juga dapat merefleksikan derajat kematangan sistem panas bumi, komponen seperti B, As, dan Hg dengan sifat volatilitasnya akan terkandung di dalam fluida selama fase pemanasan awal. Rasio Na/K menunjukkan mata air panas Sumpersari berada pada daerah sekitar aliran fluida panas secara relatif dominan lateral (*outflow*). Diagram komposisi isotop stabil (Gambar 7) memperlihatkan bahwa

posisi sampel air panas Sumpersari sudah terkontaminasi air permukaan yang lebih banyak karena posisinya dekat *Meteoric Water Line* (MWL) plotting Isotop ^{18}O dan Deuterium sampel berada di nol.

Sistem Panasbumi

Sistem panas bumi yang dihasilkan merupakan sistem *temperatur rendah* dan berada pada sistem panas bumi non-vulkanik pada lingkungan sedimen dan metamorfik. Dengan melihat lingkungan batuan dan berada di sekitar zona struktur maka panas bumi di daerah Amohola-Sumpersari bisa diklasifikasikan sebagai sistem *heat sweep*. Sistem *Heat Sweep* pada setting tabrakan lempeng, sumber panasnya berupa kerak benua yang mengalami deformasi (*shearing*). Infiltrasi air hujan maupun air meteorik masuk dan melewati sumber panas ini, kemudian terpanaskan dan mengalir ke permukaan kembali membentuk manifestasi panas bumi. (Hochstein dan Browne, 2000). Berdasarkan besarnya temperatur reservoir yang diketahui, maka menurut Hochstein (1990) sistem panas-bumi yang terdapat di daerah penelitian ini merupakan sistem panas bumi bertemperatur/entalpi sedang pada daerah Amohola dan bertemperatur rendah pada daerah Sumpersari. Sistem panas bumi termasuk berrelief rendah (Henley, 1993). Manifestasi berupa dominasi air.

Kondisi Geologi

Periode tektonik pada zaman Tersier dan menghasilkan sesar yang berarah baratdaya - timurlaut yang mengontrol munculnya manifestasi dan panas bumi di daerah penelitian. Periode selanjutnya adalah proses eksogen yang menghasilkan produk sedimentasi dari satuan metamorf, dan satuan batupasir yang berumur Kuartar awal. Aktivitas sedimentasi masih terbentuk hingga saat ini berupa endapan di permukaan dalam

bentuk aluvium sungai dan pantai. Maka daerah penelitian diduga telah mengalami tektonik yang cukup in-tensif, hal tersebut terlihat dengan ditemukannya banyak sesar dan kekar. Sesar-sesar tersebut yang diinterpretasikan menjadi jalan bagi air yang telah terpanaskan untuk keluar ke permukaan dari reservoir akibat tekanan yang tinggi. Keberadaan sesar dan tekanan yang tinggi dari reservoir yang menyebabkan aliran air panas dari reservoir langsung menuju ke permukaan.

KESIMPULAN

Manifestasi permukaan yang terdapat di daerah lapangan panas bumi Moramo yaitu daerah Amohola dan Sumbersari mempunyai temperatur berkisar 37,5-50°C.

Tipe air panas pada lapangan panas bumi Amohola merupakan klorida namun terkontaminasi oleh kandungan HCO₃ yang berada pada batuan sekitar. Sedangkan pada lapangan panas bumi Sumbersari merupakan tipe air bikarbonat banyak dipengaruhi oleh air meteorik.

Asal lingkungan air panas yaitu berasal dari aktivitas tektonik dan proses metamorfisme yang dipengaruhi oleh adanya pencampuran dengan air meteorik. Diduga manifestasi muncul beriringan dengan proses tektonik periode Tersier Miosen pada saat pembentukan zona sesar manifestasi Amohola muncul di permukaan secara *upflow* kemudian datang periode tektonik selanjutnya yang mengakibatkan kemunculan manifestasi Sumbesari dengan arah *outflow* dari fluida Amohola. Pada interpretasi ini disimpulkan bahwa manifestasi berada pada satu sumber panas yang sama yang berawal pada kemunculan manifestasi Amohola dengan tipe air klorida kemudian dalam perjalanan fluidanya menuju manifestasi Sumbersari mengalami reaksi samping sehingga menghasilkan jenis fluida yang berlainan yaitu bikarbonat.

Perkiraan temperatur bawah permukaan berdasarkan hasil perhitungan geothermometer Na-K-Ca yaitu menunjukkan kisaran temperatur reservoir saat ini pada daerah Amohola berkisar 145°C (temperatur sedang) sedangkan Sumbersari berkisar 43°C (temperatur rendah).

Interpretasi lain diduga manifestasi berada pada dua sumber panas yang berbeda. Pada kemunculan manifestasi Amohola dengan tipe air klorida sumber panas kemungkinan berada sekitar jalur sesar atau zona tektonik Amohola. Sedangkan pada periode yang berbeda manifestasi Sumbersari muncul dengan tipe air bikarbonat melalui sumber panas lain yang jauh. Dikarenakan pada daerah manifestasi bukan merupakan *high terrarin* atau sistem panas bumi vulkanik melainkan non vulkanik, sehingga sejauh ini sumber panas adalah hasil aktivitas tektonik sekitar daerah penelitian.

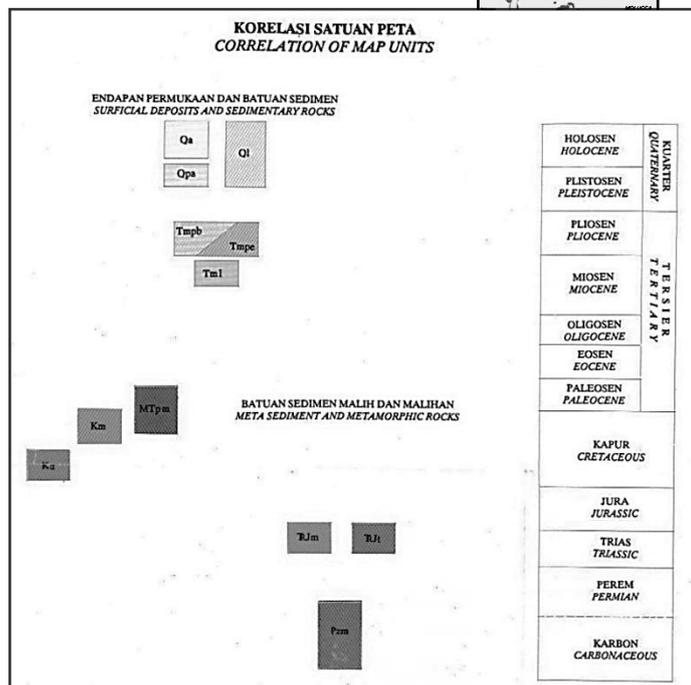
DAFTAR PUSTAKA

- Ellis, A. J. and Mahon, W. A. J. *Chemistry & Geothermal Systems*. Academic Press, Inc.
- Fournier, R.O., 1981. *Application of Water Geochemistry Geothermal Exploration & Reservoir Engineering, Geothermal System: Principles & Case Histories*". John Willey & Sons, New York.
- Hochstein, M. P., 1982. *Introduction to Geothermal Prospecting*, Geothermal Institute. University of Auckland, New Zealand.
- Risdiyanto, Dikdik, dkk. *Survei Aliran Panas Daerah Panas Bumi Lainea, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara*. Bandung. Badan Geologi PSDG.
- Nicholson, Keith. 1993. *Geothermal Fluids (Chemistry and Exploration Technique)*. Springer Verlag, Inc., Berlin.
- Sumintadireja, Prihadi, 2012. *Vulkanologi dan Geotermal*. Bandung.

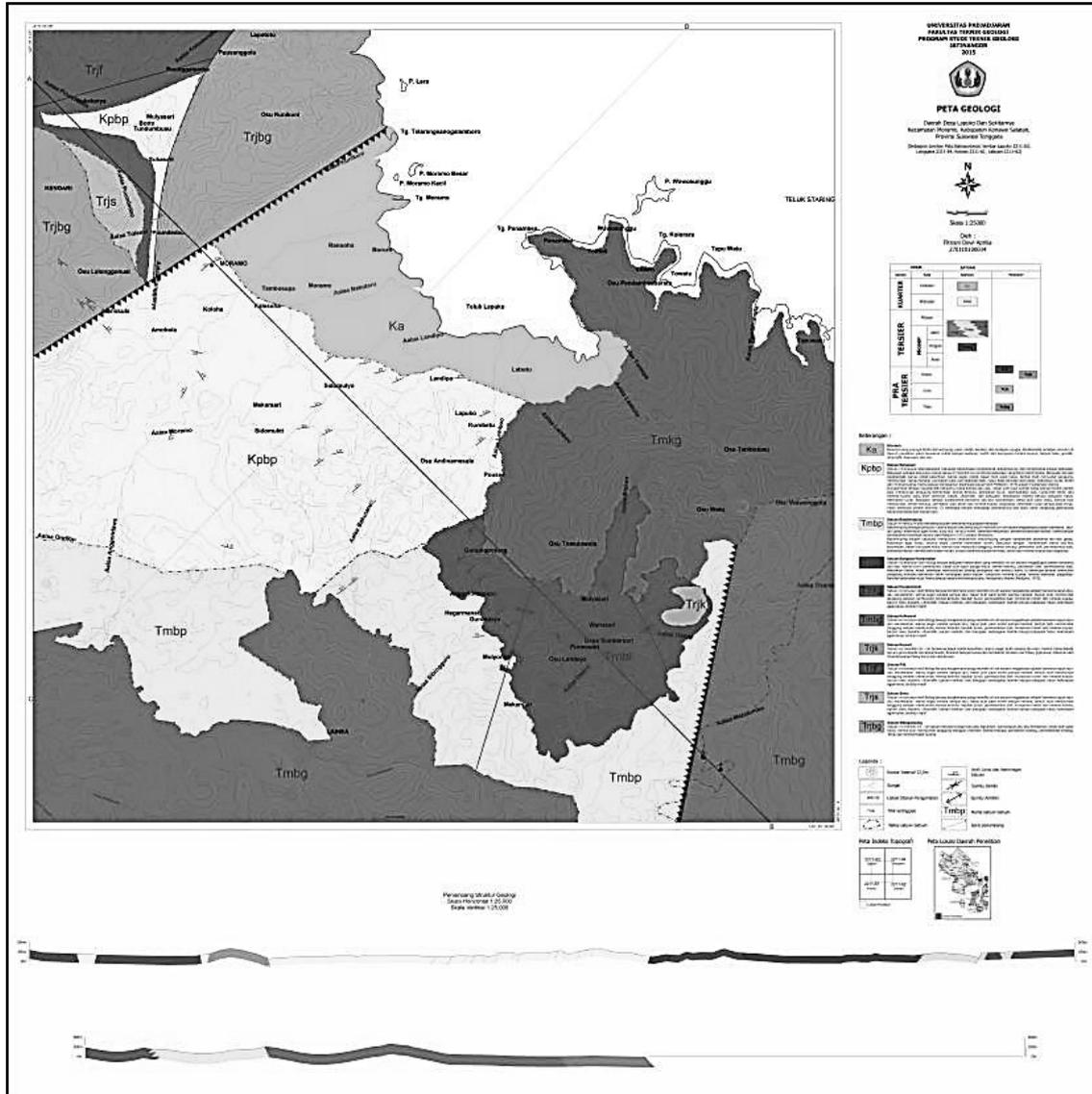
Program Studi Teknik Geologi
 Institut Teknologi Bandung.



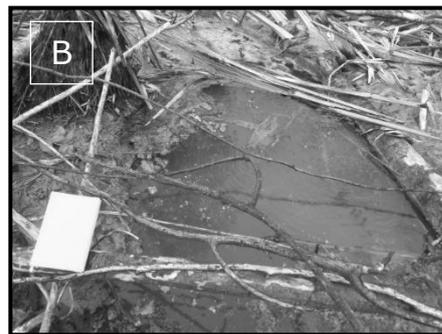
Gambar 1. Lokasi Daerah Penelitian



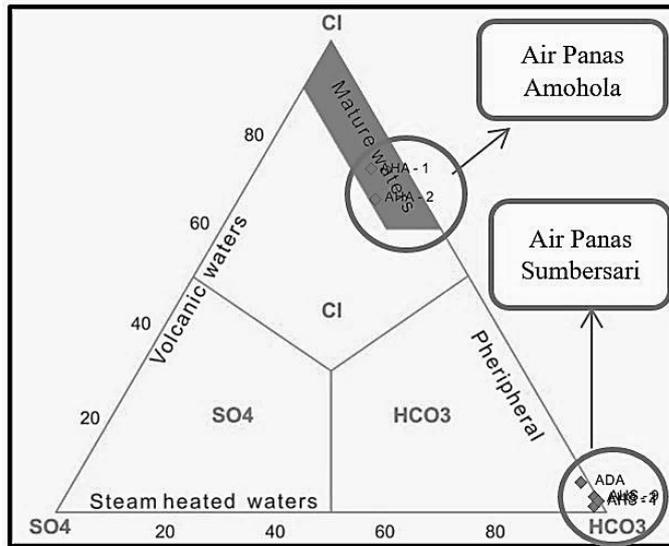
Gambar 2. Stratigrafi lembar Kolaka oleh Simandjuntak, Surono, dkk. (1983)



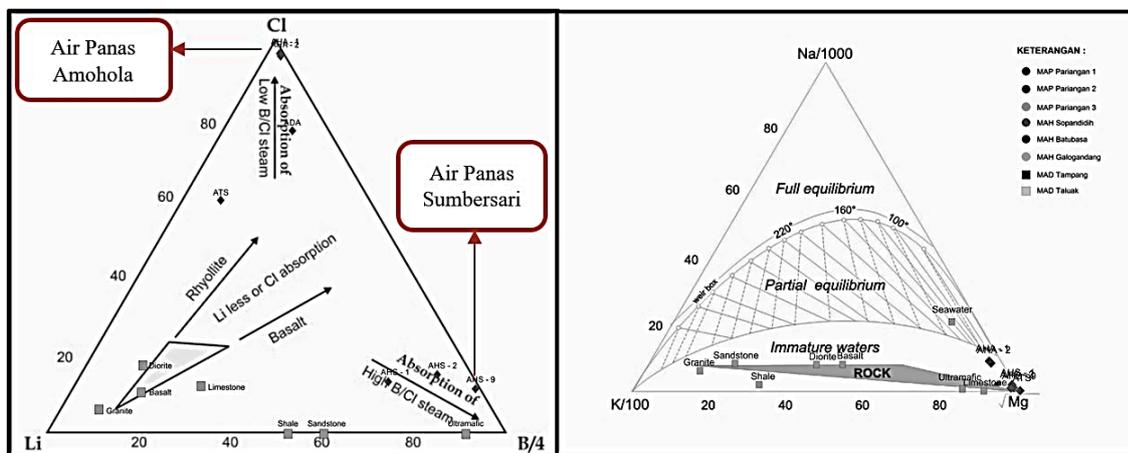
Gambar 3. Peta Geologi Daerah Penelitian



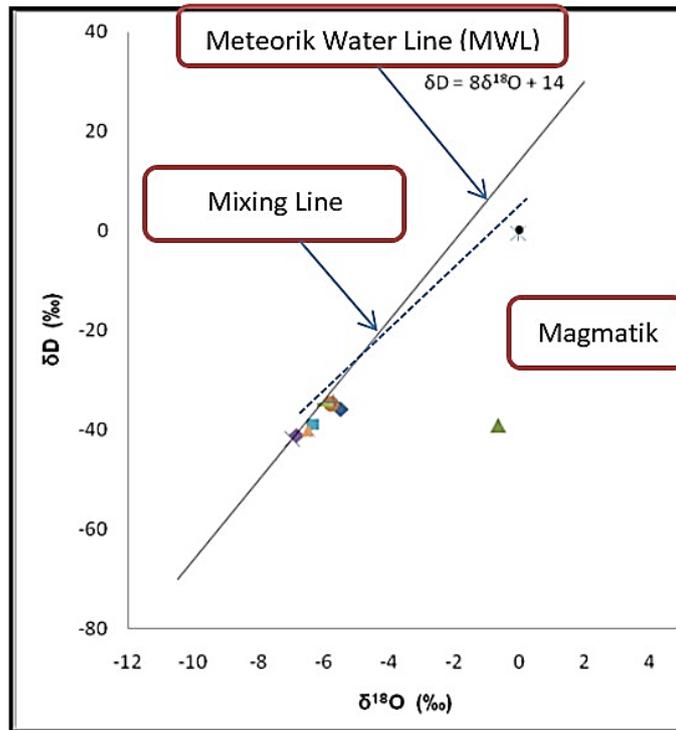
Gambar 4. Manifestasi Amohola (4a), dan manifestasi Sumpersari (4b)



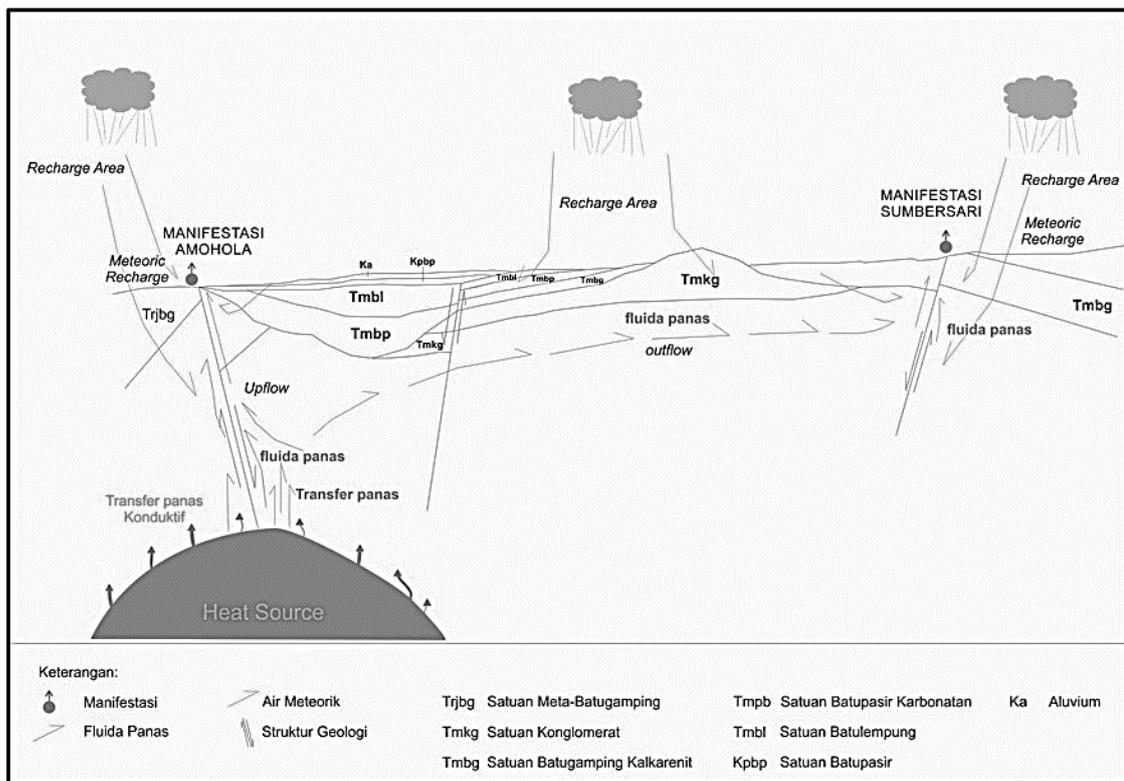
Gambar 5 Ternary Plot Diagram Cl-SO₄-HCO₃ (Nicholson, 1993)



Gambar 6.
 (a) Diagram segitiga Cl-Li-B air panas bumi Amohola-Sumpersari (Nicholson, 1993)
 (b) Hasil Plotting Kandungan Na-K-Mg pada Mata Air Panas (Nicholson, 1993)



Gambar 7. Ploting Isotop ^{18}O dan Deuterium daerah penelitian



Gambar 8. Model Tentatif Sistem Panas Bumi Daerah Amoholadan Summersari

Tabel 1. Data Hasil Analisis Kimia Air (Pusat Sumber Daya Geologi, 2014)

PARAMETER ANALISIS		AHA 1	AHA 2	AHS 1	AHS 2	AHS 9
pH	(umhos/cm)	6.57	6.59	6.65	6.70	6.76
DHL/EC	(mg/kg)	8770	8640	970	1011	1046
SiO₂	(mg/kg)	40.25	43.81	35.09	37.92	34.25
B	(mg/kg)	2.08	2.26	1.98	3.26	3.63
Al³⁺	(mg/kg)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Fe³⁺	(mg/kg)	<0,01	<0,01	<0,01	0.04	0.11
Ca²⁺	(mg/kg)	265.90	276.50	126.40	137.50	110.30
Mg²⁺	(mg/kg)	119.68	116.78	10.70	12.36	11.70
Na⁺	(mg/kg)	1199.30	1138.90	48.60	64.00	31.80
K⁺	(mg/kg)	47.09	47.39	6.20	6.67	7.57
Li⁺	(mg/kg)	0.26	0.27	0.14	0.08	0.01
As³⁺	(mg/kg)	0.11	0.12	0.23	0.16	0.17
NH₄⁺	(mg/kg)	1.93	2.42	1.47	1.51	1.57
F⁻	(mg/kg)	0.80	0.95	1.14	1.23	0.48
Cl⁻	(mg/kg)	2249.10	1851.05	9.64	15.93	12.09
SO₄²⁻	(mg/kg)	181.30	233.19	0.52	1.07	1.83
HCO₃	(mg/kg)	657.58	703.25	540.65	588.59	440.94
Ion Balance		0.9	4.0	1.9	3.5	3.2