

GEOTHERMOMETER DAN HEAT LOSS DALAM EKSPLORASI GEOKIMIA LAPANGAN PANASBUMI DAERAH CISUKARAME, KABUPATEN SUKABUMI, PROPINSI JAWA BARAT

Intan Paramita Haty¹ dan Ardian Nofri Nugroho²

¹Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Jl. SWK 104 Condong Catur Sleman Yogyakarta 55283

Email : intanparamitahaty@yahoo.co.id

²PT. Jabar Rekind Geothermal Yogyakarta

Wisma Aldiron 3rd Floor Suite 316

Jl. Jend Gatot Subroto Kav 72 Jakarta

Email : ardhian_nofri@yahoo.co.id

Abstrack

Keberadaan dan jenis manifestasi panasbumi mata air panas berperan penting dalam menentukan besarnya suhu reservoir dan dapat digunakan untuk menghitung besarnya hilang panas alamiah panasbumi (*heat loss*). Berdasarkan pengolahan data lapangan, diperoleh nilai geothermometer panasbumi Cisukarame berkisar 188°C-212°C. Diperoleh pula nilai *heat loss* daerah Cisukarame sebesar 19.367 kJ/kg. Nilai hilang panas alamiah ini dapat digunakan untuk menentukan potensi yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga panasbumi.

Pendahuluan

Pemerintah telah menyusun Road Map Pengembangan Panasbumi 2004-2025, dengan tujuan mencapai pangsa pasar energi terbarukan sebesar 17% pada tahun 2025, dimana energi panasbumi ditargetkan pada tahun tersebut telah memberikan kontribusi sebesar 5% terhadap konsumsi energi nasional atau sudah menghasilkan listrik sebesar 9.500 MW. Indonesia pada saat ini memiliki 285 daerah prospek panasbumi

yang telah teridentifikasi, akan tetapi baru 7 lapangan yang dikembangkan untuk pembangkit listrik, dengan total kapasitas terpasang 1.226 MW.

Lapangan panasbumi Cisolok-Cisukarame berada di bawah naungan PT. Jabar Rekind Geothermal. PT. Jabar Rekind Geothermal, pemilik konsensi atau WKP Panas bumi Cisolok Cisukarame di daerah Pelabuhan Ratu - Jawa Barat dengan luas daerah WKP kurang lebih 15.580 hektar. Survei intensif

telah dilakukan oleh beberapa instansi sejak tahun 1976 hingga sekarang juga beberapa tulisan yang membahas mengenai daerah ini serta 1 pengeboran sumur eksplorasi (CSL-01) telah dilaksanakan oleh PT. Pertamina dengan kedalaman akhir 1477 meter.

Geologi Daerah Telitian

Berdasarkan Sudjatmiko dan S. Santosa, 1992 dalam Suryantini, 2009 (Gambar 1) stratigrafi daerah Cisukarame tersusun oleh : Breksi Tapos (Qvb) berumur Plistosen berupa breksi gunungapi bersusunan andesit-basal dan aglomerat. Breksi ini menjemari dengan Lava Halimun dan menutupi tak selaras satuan batuan lava.

Lava Halimun (Qvl) berumur Plistosen bercirikan lava bersusunan basal dan andesit.

Widarto (1985) juga telah melaksanakan pemetaan geologi permukaan di daerah Cisolok-Cisukarame Satuan batuan tertua yang tersingkap di permukaan adalah satuan batupasir tufaan Formasi Citarate, di atasnya secara selaras diendapkan satuan breksi Formasi Cimapag. Keduanya terangkat dan terlipatkan oleh kegiatan tektonik sesudah Miosen Bawah yang disertai terobosan dasit. Pada pliosen bawah diendapkan satuan tufa Formasi Cimanceuri secara tidak selaras diatas formasi terdahulu. Kemudian terjadi pengangkatan dan pensesaran oleh kegiatan tektonik sesudah Pliosen Bawah yang disertai terobosan andesit. Sebagian dari

keseluruhan satuan batuan di atas ditutupi oleh hasil vulkanik Kuartar secara tidak selaras. Satuan batuan yang menyusun stratigrafi diatas memungkinkan terjadinya suatu medan uap alam atau lapangan panasbumi. Ini didukung dengan adanya munculnya manifestasi permukaan sebagai gejala munculnya panasbumi di lapangan Cisolok dan Cisukarame yaitu berupa *geyser* yang disertai bau gas belerang dan mataair-mataair panas. Sistem waduk panasbumi diperkirakan berupa satuan batupasir Formasi Citarate yang mempunyai kesarangan sedang sampai tinggi. Terobosan dasit dan andesit diperkirakan merupakan asal sumber air panas masing-masing untuk lapangan panasbumi Cisolok dan Cisukarame. Satuan tufa Formasi Cimanceuri bertindak sebagai batuan penudung sistem panasbumi.

Struktur geologi yang diinterpretasikan dari foto udara (Gambar 2) memperlihatkan bahwa system geothermal di Cisolok dan Cisukarame dikontrol oleh sesar-sesar yang berarah NW-SE, NE-SW, dan sesar berarah N-S yang membentuk struktur graben.

Manifestasi Panasbumi Cisukarame

Manifestasi panasbumi yang ditemukan di daerah Cisukarame yaitu mata air panas (Foto 1) kolam air panas (Foto 2), dan *steaming ground*. Mata air panas di daerah Cisukarame membentuk kolam air panas

diatas batuan andesit di sungai Cisukarame yang tertutup endapan alluvial dengan temperatur berkisar antara 54°C - 99°C dengan pH 6,8 – 8,2. Kegiatan thermal di tepi dan dasar sungai Cisukarame dengan lintasan kurang lebih 500 meter (Widarto, D. S., 1987).



Foto 1. Mata air panas LP 36 sampel manifestasi C-12



Foto 2. Mata air dan kolam air panas LP 37

Data Geokimia Panasbumi Cisukarame

Data yang dipergunakan dalam penelitian ini yaitu data analisa geokimia panasbumi dari 7 manifestasi airpanas daerah Cisukarame. Hasil analisa geokimia dapat dilihat pada Tabel 1.

Data hasil analisa geokimia digunakan untuk menghitung prosentase unsur SO_4 , Cl, dan HCO_3 terlebih dahulu untuk menentukan jenis fluida manifestasi kemudian digunakan untuk menghitung geothermometer. Untuk menghitung konsentrasi klorida, sulfat, dan bikarbonat dengan cara menjumlahkan kandungan unsur $\sum \text{Konsentrasi} = \text{Cl} + \text{SO}_4 + \text{HCO}_3$ kemudian menghitung proporsi relatif dari masing-masing komponen jumlah di atas dalam persen sebagai berikut :

$$\% \text{Cl} = (\text{Cl} / \sum \text{Konsentrasi}) \times 100$$

$$\% \text{SO}_4 = (\text{SO}_4 / \sum \text{Konsentrasi}) \times 100$$

$$\% \text{HCO}_3 = (\text{HCO}_3 / \sum \text{Konsentrasi}) \times 100$$

Tabel 2. Hasil prosentase unsur SO_4 , Cl, dan HCO_3

Lokasi	% SO_4	%Cl	% HCO_3
C-09	17.77	50.15	32.08
C-10	15.94	40.22	43.84
C-11	17.19	56.99	25.82
C-12	19.19	64.83	15.98
C-13	18.89	64.17	16.94
C-14	19.76	68.31	11.93
C-15	19.02	63.68	17.30
C-16	19.67	68.30	12.03
C-17	22.66	24.46	52.88
C-18	10.50	1.47	88.03

Berdasarkan prosentase kandungan unsur SO_4 , Cl, dan HCO_3 dalam diagram Cl - SO_4 - HCO_3 (Gambar 3) dan Diagram K/100- $\sqrt{\text{Na}/1000-\sqrt{\text{Mg}}}$ (Gambar 4) daerah mataairpanas Cisukarame, terdapat 7 mataairpanas yang termasuk jenis fluida Cl

dan dapat digunakan untuk menghitung geothermometer yaitu C11, C12, C13, C14, C15, dan C16.

Geothermometer Panasbumi Cisukarame

Pada sistem panasbumi bertemperatur tinggi, variasi Na dan K sangat dikontrol oleh perubahan temperatur dan pertukaran ion-ion ini yang terdapat dalam mineral alkali feldspar-nya. Dalam menggunakan persamaan Na/K geothermometer sebaiknya digunakan 2 atau 3 persamaan agar kita dapat memperoleh gambaran besar rentangan perbedaannya. Apabila hanya menggunakan satu persamaan saja maka sebaiknya menggunakan formula dari Fournier (1979). Sebaiknya tidak menggunakan persamaan ini pada kondisi air dengan kandungan klorida rendah atau pada air yang mengandung Na-HCO₃ atau air kaya ammonia yang telah bereaksi dengan sedimen yang kaya bahan organik (Sumintadireja A, P., 2005) . Fournier, 1979 menyebutkan bahwa penentuan suhu bawah permukaan dengan perbandingan Na/K sedikit mempunyai keuntungan karena tidak dipengaruhi oleh pengenceran. Perhitungan *geothermometer* Na/K dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa persamaan empiris antara lain berdasarkan

1. Fournier (1979)

Persamaan empiris perhitungan *geothermometer* Na/K menurut Fournier, 1979 yaitu

$$T (^{\circ}\text{C}) = \frac{1217}{\text{Log (Na/K)} + 1.483} - 273$$

2. Giggenbach (1988)

Persamaan empiris perhitungan *geothermometer* Na/K menurut Giggenbach, 1988 yaitu

$$T (^{\circ}\text{C}) = \frac{1390}{\text{Log (Na/K)} + 1,75} - 273$$

Hasil penentuan jenis fluida panasbumi yang dapat digunakan untuk menghitung geothermometer yaitu manifestasi C11, C12, C13, C14, C15, dan C16, sehingga dapat diketahui geothermometer panasbumi daerah Cisukarame berkisar antara 185°C – 195°C (Fornier, 1979) atau 202°C – 212°C (Giggenbach, 1988)

Tabel 2. Hasil perhitungan geothermometer

Sampel	Geothermometer Na-K	
	Fornier, 1979	Giggenbach, 1988
C11	194	211
C12	192	209
C13	185	202
C14	188	205
C15	195	212
C16	195	212

Heatloss Panasbumi Cisukarame

Hasil pengambilan data dilapangan, terdapat 1 manifestasi panasbumi yang bisa digunakan untuk menghitung besarnya *heat loss* yaitu manifestasi kolam air panas C15 dengan data sebagai berikut :

Manifestasi	Debit (L/s)	Suhu (°C)	Ketinggian (m)
C15	62,5-80	98,9	245

Suhu udara rata-rata pada bulan Agustus 2009 dari data Stasiun Klimatologi Maranginan – Sukabumi yang berada pada ketinggian 412m adalah sebesar 24,1°C. To untuk menghitung *heat loss* diperoleh dari persamaan Brown, 1994 bahwa akan terjadi penurunan suhu sebesar 0,7°C setiap penurunan ketinggian sebesar 100 m, sehingga To Cisolak :

Manifestasi	Selisih Ketinggian (m)	To (°C)
C15	167	25,1

Untuk menghitung *heat loss*, nilai T dan To dikonversikan ke dalam *steam table* dengan cara perhitungan ekstrapolasi sehingga T dan To daerah prospek panasbumi Cisukarame adalah sebagai berikut :

Nilai To = 25,1°C

Diketahui :

T pada 25°C di *steam table* adalah 104,8°C

T pada 26°C di *steam table* adalah 108,9°C

Cara ekstrapolasi :

$$\frac{26 - 25}{25,1 - 25} = \frac{108,9 - 104,8}{X - 104,8}$$

$$\frac{X - 104,8}{0,1} = 4,1$$

$$X - 104,8 = 4,1 \times 0,1$$

$$X - 104,8 = 0,41$$

$$X = 0,41 + 104,8$$

$$X = 105,21^\circ\text{C}$$

Nilai T Manifestasi C15 = 98,9°C

Diketahui :

T pada 95°C di *steam table* adalah 398°C

T pada 100°C di *steam table* adalah 419,9°C

Cara ekstrapolasi :

$$\frac{100 - 95}{98,9 - 95} = \frac{419,9 - 398}{X - 398}$$

$$\frac{5}{3,9} = \frac{21,9}{X - 398}$$

$$5(X - 398) = 21,9 \times 3,9$$

$$5X - 1990 = 85,41$$

$$5X = 85,41 + 1990$$

$$5X = 2075,41^\circ\text{C}$$

$$X = 415,082^\circ\text{C}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diatas nilai T dan To untuk manifestasi C15 adalah

Manifestasi	T (°C)	To (°C)
C15	415,082	105,21

Maka *heat loss* di daerah Cisolok dapat dihitung dengan memakai rumus $Q = m (T - T_o)$, dimana $m = V \times \rho_f$, (Brown, 1994)

Perhitungan *heat loss* Cisukarame manifestasi C15 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q &= V \times \rho_f \times (T - T_o) \\ &= 62,5 \times 10^{-3} \times 1000 \times (415,082 - 105,21) \\ &= 62,5 \times 10^{-3} \times 1000 \times 309,872 \\ &= 19.367 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Kesimpulan

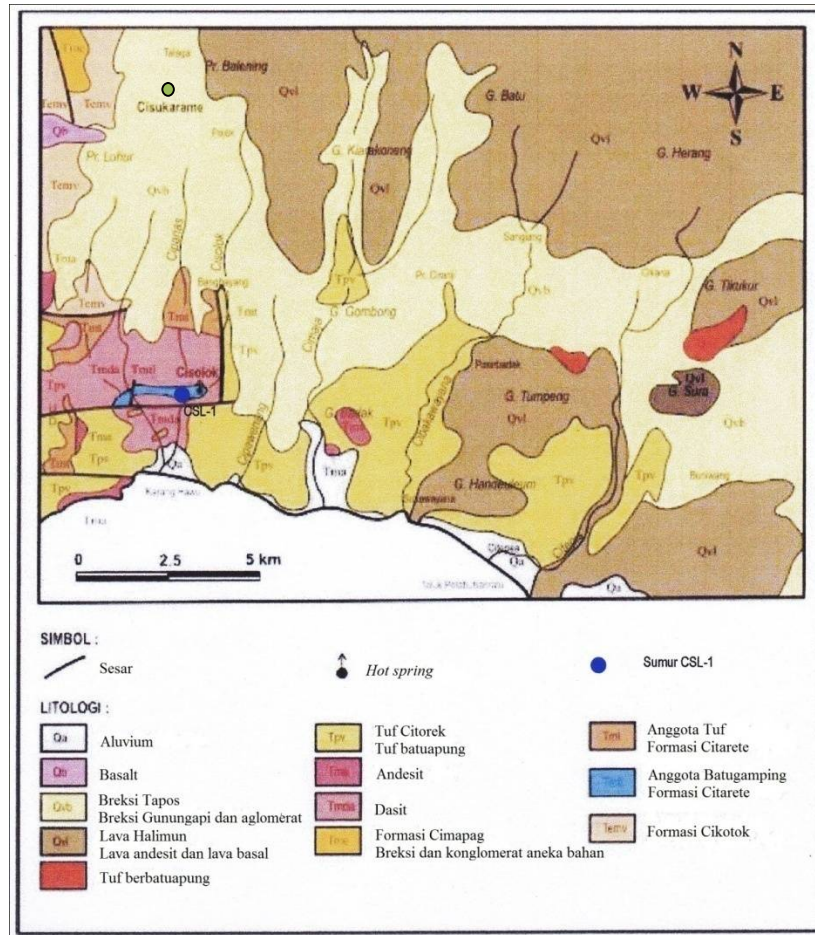
1. Manifestasi panasbumi Cisukarame berada di sepanjang sungai Cisukarame berupa *steaming ground* dan mata air panas sebanyak 8 titik.
2. Perhitungan *geothermometer* dari hasil analisa geokimia menunjukkan suhu reservoir berkisar 185°C-212°C sehingga lapangan panasbumi ini termasuk dalam klasifikasi system panasbumi entalphi sedang.
3. Hilang panas alamiah (*heat loss*) prospek lapangan panasbumi daerah Cisukarame sebesar 19.367 kJ/kg.
4. Studi *geothermometer* kimia sangat berperan dalam suatu rencana pengembangan lapangan panasbumi pada tahapan eksplorasi pendahuluan maupun eksplorasi rinci.

Ucapan Terima kasih

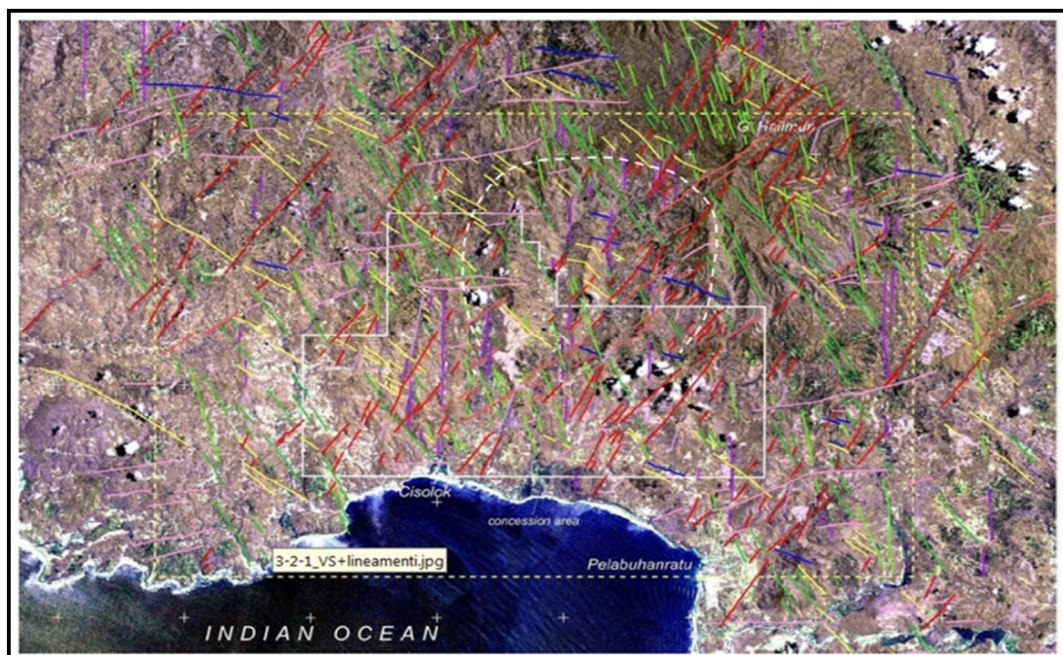
Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Jabar Rekind Geothermal (JRG) atas ijin pemakaian data dan publikasi penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Browne, P. R. L., and Freeston, D.H., 1994, *Teaching The Teachers : Geothermal Technology*, Geothermal Institute University of Auckland.
- Fournier, R.O., 1979, *A revised equation for the Na/K geothermometer*, Geothermal resources council, 221-224p.
- Giggenbach, W. F., 1988, *Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca geothermometers*. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 52, 2749-2765
- PT. JRG (Jabar Rekind Geothermal) – ELC (Electroconsult), 2010, *Geoscientific Survey of the Cisolok-Cisukarame Geothermal Field Province of West Java Republic of Indonesia*, Geological Report, Unpublish.
- Sujatmiko and Santosa, S., 1992. *Peta Geologi Lembar Leuwidamar, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G), Bandung.
- Suryantini and Hendrasto Fajar., 2009. *Ekskursi Geothermal (PB 6013 Evaluasi Prospek Panasbumi) Cisolok, Jawa Barat, 1 November 2009*, Magister Program In Geothermal Technology, Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung.
- Widarto, D.S., 1987, *Penafsiran Suhu Bawah Permukaan Berdasarkan Sifat Kimia Di Lapangan Panasbumi Cisolok-Cisukarame, Pelabuhan Ratu*, Teknologi Indonesia Jilid X No 1987, 1 - 17



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Cisukrame (modifikasi dari Sujatmiko dan Santoso, S., 1992 dalam Suryantini and Hendrasto Fajar., 2009)

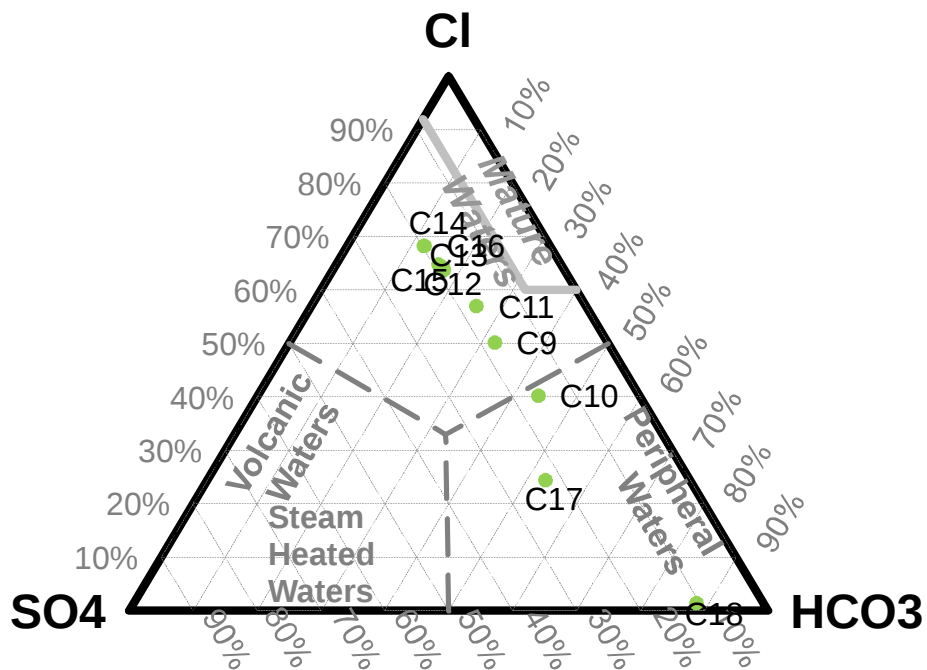


Gambar 2. Interpretasi Dstruktur Geologi dari Foto Udara

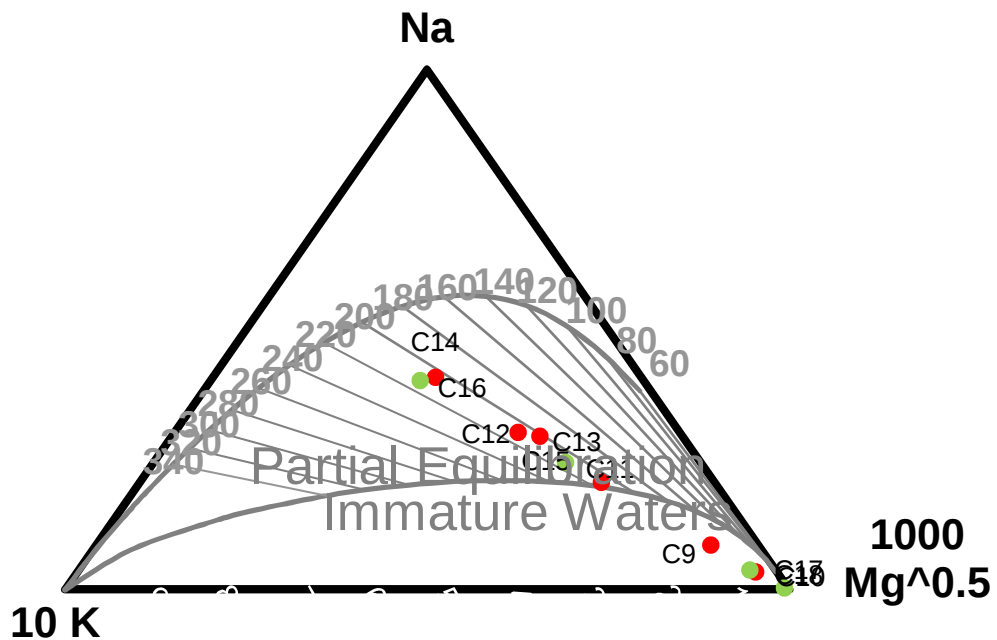
Sample	Type	Temp	pH	Na	K	Ca	Mg	NH ₄	SO ₄	Cl	F	Br	NO ₃
		°C		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
C-09	Mata air panas	54.2	6.92	132	10.2	24.7	1.75	0.11	55.96	157.9	0.82	0.46	0.94
C-11	Mata air panas	99.4	7.71	320.2	24.1	46.2	0.98	<0.05	123.1	408.2	1.75	0.96	1.07
C-12	Mata air panas	97.7	8.13	396.9	29.3	21.4	0.39	0.20	157.3	531.8	2.15	1.22	2.20
C-13	Mata air panas	98.7	8.15	392.1	26.2	30.0	0.46	<0.05	152.7	518.9	2.11	1.31	2.25
C-14	Mata air panas	99.6	8.09	439.3	30.6	21.5	0.11	<0.05	172.2	595.5	2.32	1.29	<0.05
C-15	Mata air panas	98.9	8.20	349.7	26.7	29.8	0.67	0.10	137.4	460.0	1.96	1.02	1.39
C-16	Mata air panas	99.0	8.08	436.8	33.5	18.8	0.10	<0.05	170.0	590.3	2.31	1.28	1.13
C-17	Mata air panas	53.6	6.83	82.9	7.54	62.1	4.14	<0.05	80.52	86.94	0.37	0.20	<0.05

Sample	Type	HS	SiO ₂	B	Li	Fe	As	HCO ₃
		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
C-09	Mata air panas	tidak terdeteksi	100.3	7.88	0.578	0.033	0.979	101
C-11	Mata air panas	tidak terdeteksi	195.8	19.65	1.314	0.018	1.590	185
C-12	Mata air panas	tidak terdeteksi	247.7	27.79	1.724	<0.005	2.712	131
C-13	Mata air panas	tidak terdeteksi	232.8	26.42	1.459	<0.005	2.378	137
C-14	Mata air panas	tidak terdeteksi	233.2	28.99	1.685	<0.005	2.158	104
C-15	Mata air panas	tidak terdeteksi	208.7	23.94	1.519	<0.005	2.108	125
C-16	Mata air panas	tidak terdeteksi	270.0	30.19	1.917	<0.005	2.611	104
C-17	Mata air panas	tidak terdeteksi	66.9	4.20	0.292	<0.005	0.720	188

Tabel 1. Hasil analisa geokimia dari mataairpanas Cisukarame



Gambar 3. Diagram Cl - SO₄ – HCO₃ air panas Cisukarama (Intan, 2013)



Gambar 4. Diagram K/100-Na/1000- $\sqrt{\text{Mg}}$ air panas Cisukarama (Intan, 2013)