

ANALISIS GEOKIMIA FLUIDA UNTUK PENENTUAN POTENSI SUMBERDAYA PANASBUMI LAPANGAN ZW, KABUPATEN GARUT, PROVINSI JAWA BARAT

Wirga Zulwidyatama

Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH Tembalang–Semarang, Gedung Sukowati
Phone (024) 7460053, fax (024) 7460055
email: zulwidyatama@geologist.com

ABSTRAK

Daerah Lapangan panasbumi ZW terletak pada Provinsi Jawa Barat menunjukkan keadaan Geologi yang memungkinkan untuk terdapatnya sumberdaya panasbumi. Posisinya terletak pada jalur pegunungan api sehingga memungkinkan terbentuknya suatu sistem panasbumi. Pada daerah ini ditemukan manifestasi panasbumi berupa mataair panas dan fumarol. Kimia fluida di daerah panasbumi mengandung informasi penting mengenai kondisi reservoir, sehingga dilakukan analisis kimia fluida untuk menentukan karakteristik geokimia dan potensi sumberdaya dari lapangan panasbumi ZW.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dan analisis dari data kimia fluida panasbumi. Hasil data diperoleh dari pengambilan 5 contoh air panas dari 12 manifestasi yang muncul disekitar lokasi penelitian. Contoh air panas yang diambil berasal dari mataair panas Cipayung, Citeduh, Cibeuning, Siun dan kawah Basah.

Berdasarkan hubungan rasio unsur kimia dan plotting pada diagram segitiga Giggenbach (Giggenbach, 1988) terhadap suatu sistem panasbumi, Berdasarkan analisis sifat fisik dan analisis geokimia maka Manifestasi Kawah Citeduh, Cipayung, kawah Basah dan Cibeuning berada pada zona *upflow*. Sedangkan Mataair Panas Siun berada pada zona *outflow* (Nicholson, 1993). Dalam pengeplotan diagram segitiga Giggenbach (Giggenbach, 1988) juga menunjukkan informasi bahwa Mata air Citeduh merupakan mata air Sulphat, Mataair Siun merupakan air Bikarbonat. Sementara kawah Cipayung, Cibeuning dan Basah memiliki sampel yang encer sehingga analisis geoindikator tidak valid. Berdasarkan perhitungan Geothermometer Gas yang digunakan, temperatur reservoir panasbumi lapangan ZW adalah 246,6°C, Termasuk dalam sistem panasbumi berentalpi tinggi (Hochstein, 1990). Adapun potensi berdasarkan perhitungan panas yang hilang/*heat loss* secara Konveksi adalah 49,2 MWe. Sementara dari perhitungan dengan metode volumetrik adalah 625,5 MWe, memungkinkan untuk dilakukan eksplorasi lebih lanjut sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik dan pemanfaatan langsung.

Kata Kunci: *geokimia, Heat loss, Geothermometer gas, mataair panas, potensi sumberdaya panasbumi, reservoir.*

1. Latar Belakang

Indonesia sebagai Negara yang paling banyak memiliki Gunungapi dan berada pada kawasan *Ring of Fire*, berdasarkan penelitian awal merupakan negara yang

yang paling banyak menyimpan energi panasbumi yaitu, 40% energi panasbumi dunia. Dengan banyaknya potensi energi panasbumi yang dimiliki Indonesia,

penyelidikan potensi/prospek panasbumi yang muncul di berbagai wilayah sangat penting untuk mendapatkan gambaran kuantitatif dan kualitatif potensi energi panasbumi. Sehingga nantinya Indonesia diharapkan menjadi mandiri dalam bidang energi, karena kebutuhan energi fosil mulai dapat dikurangi dengan berkembangnya energi non-fosil, seperti energi panasbumi ini.

Seperti contohnya adalah lapangan panasbumi Darajat di Kabupaten Garut yang sudah mulai beroperasi sejak 1984, saat ini sudah dimanfaatkan energinya dan terus berkembang dalam pemanfaatannya, bersama dengan Kamojang menjadi tolak ukur dari perkembangan energi terbarukan di Indonesia. Selain itu terdapat juga Lapangan Panasbumi ZW, yang berada pada provinsi Jawa Barat, Kabupaten Garut, yang merupakan wilayah WKP (Wilayah Kerja Panasbumi) PT Pertamina Geothermal Energy. Penyelidikan perlu dilakukan untuk mengetahui jumlah sumberdaya panasbumi yang terkandung di dalam lapangan ini.

2. Geologi Regional

Area Lapangan ZW tersusun atas beberapa unit vulkanik (PT. Pertamina Geothermal Energy, 1996), yaitu :

1. Unit Cakra

Terletak di sebelah timur Danau Pangkalan, membentuk morfologi perbukitan curam. Litologi dari formasi ini meliputi andesit basaltik sebagai hasil kegiatan vulkanik dari Gunung Cakra.

2. Unit Pasir Jawa

Terletak di sebelah barat Danau Pangkalan, membentuk morfologi perbukitan curam. Litologi dari formasi ini meliputi lava andesit hornblenda dan tuf sebagai hasil kegiatan vulkanik dari Gunung Pasir Jawa.

3. Unit Cibatuipis

Terletak di sebelah baratdaya Danau Pangkalan, membentuk morfologi

4. Endapan Kuarter

Terletak di daerah Danau Pangkalan, morfologi daerah ini berupa dataran. Litologi dari formasi ini meliputi endapan koluvium dan abu vulkanik.

Area panasbumi Lapangan ZW terletak pada rantai dataran tinggi vulkanik berarah Barat-Timur dari G. Rakutak di Barat sampai G. Guntur di sebelah Timur dengan ketinggian 1500 m dpl dengan panjang 15 km dan lebar 4,5 km. Sistem ini berasosiasi dengan endapan vulkanik kuarter berumur 400.000 tahun produk dari gunung vulkanik Pangkalan dan Gandapura dan terlihat menempati bagian dalam hasil depresi vulkanik yang dibentuk oleh rim kaldera Pangkalan yang berbentuk graben oleh sesar Kendeng di Barat dan sesar Citepus di Timur. Rim kaldera Pangkalan, sesar Citepus dan sistem sesar-sesar yang cenderung Barat-

Secara umum Area Panasbumi Lapangan ZW dan sekitarnya tersusun dari endapan *Pre-Caldera* dan *Post-Caldera*. Formasi *Pre-Caldera* dari yang berumur tua sampai termuda adalah Basalt Mt. Rakutak, Basalt Dogdog, Pyroxene andesite Mt. Cibeureum, Pyroclastic Mt. Sanggar, Pyroxene andesite Mt. Cibatuipis, Phosphory andesite Mt. Katomas, Basaltic andesite Legokpulus dan Mt. Putri, Andesite lava Pasir Jawa dan Pyroxene andesite Mt. Kancing. Sedangkan Formasi *Post-Caldera* dari yang berumur tua ke yang berumur muda terdiri dari Basaltic Andesite Mt. Batususun dan Mt. Gandapura, Andesite Lava Mt. Gajah, Basaltic Andesite Mt. Cakra-Masigit dan Guntur. Kelompok Formasi *Post-Caldera* menindih tidak selaras kelompok Formasi *Pre-Caldera*.

Struktur geologi yang berkembang adalah sesar dan depresi melingkar, yang mengendalikan permeabilitas lapangan Kamojang. Arah sesar-sesar adalah Barat Daya-Timur Laut (BD-TL), Barat Laut-Tenggara (BL-TG), Barat Barat Laut – Timur-Timur Laut (BBL-TTL) dan Utara-Selatan (U-S).

Berdasarkan umurnya sesar-sesar itu dapat diturunkan dari tua ke muda sebagai berikut (Hantono dkk, 1996):

A. Sesar BD-TL (arah N60⁰E) diperkirakan merupakan sesar tertua di daerah Kamojang di bagian Utara Danau Pangkalan merupakan sesar normal dengan Blok Tenggara relatif turun. Di bagian Selatan danau Pangkalan merupakan sesar mendatar.

B. Sesar BL-TG (arah N140⁰E) merupakan kelompok sesar normal yang rumit.

C. Sesar BBL-TTL (arah N110⁰E) muncul dibagian Timut Laut daerah Kamojang. Sesar ini merupakan sesar normal dengan Blok Selatan relatif turun.

D. Sesar U-S (arah N15⁰E) muncul di bagian timur daerah Kamojang, yang diperkirakan merupakan sesar termuda. Sesar ini merupakan sesar normal dengan Blok Barat relatif turun.

Penggunaannya dalam eksplorasi panasbumi adalah untuk mengetahui dan mengkaji potensi untuk pengembangan dari suatu sumberdaya panas bumi. Data kimia yang digunakan adalah data kimia dari manifestasi panasbumi (air dan gas) dan data isotop.

3.1 Geothermometer Gas

Gas panasbumi dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu sebagai berikut:

A. Gas-Gas Reaktif

Gas ini merupakan gas yang mudah mengalami reaksi (unsurnya). Contoh dari gas ini adalah H₂O, CO₂, H₂S, NH₃, H₂, N₂, CH₄. Gas-gas ini memberikan informasi kondisi bawah permukaan seperti menerangkan kondisi temperatur bawah permukaan.

B. Gas-Gas Inert atau Konservatif

Gas yang cenderung lebih stabil dan tidak reaktif. Contoh dari gas ini adalah gas mulia, hidrokarbon selain metana. Gas ini dapat digunakan untuk menunjukkan informasi sumber dari gas itu.

Geotermometer gas baik digunakan untuk menghitung temperatur dari data manifestasi berupa gas, seperti pada fumarol dan solfatara. Data kimia gas yang digunakan adalah CH₄, CO₂, H₂ dan tekanan (*pressure*) CO₂.

Arnorsson dan Gunlaugsson merumuskan perhitungan Geotermometer CO₂ dan sebagai berikut.

| |
|--|
| $Q = \log (\text{mmol/kg}) \text{ CO}_2 \text{ atau H}_2\text{S} \dots (1)$ $t^\circ\text{C} (\text{CO}_2) = -44.1 + 269.25 Q - 76.88 Q^2 + 9.52 Q^3 \dots (2)$ $\text{jika } [\text{Cl}] > 500 \text{ ppm maka } t^\circ\text{C} (\text{H}_2\text{S}) = 246.7 + 44.8 Q \dots (3)$ $\text{jika } [\text{Cl}] < 500 \text{ ppm maka } t^\circ\text{C} (\text{H}_2\text{S}) = 173.2 + 65.04 Q \dots (4)$ |
|--|

Gambar 2.1 Peta Geologi Peta Geologi Regional Area Panas Bumi Lapangan ZW

(Peta kompilasi Healy, 1975, Robert, 1983, PABUM UEP III, 1983, Agus, 1999, Kamah dan Nur, 2000)

3. Tinjauan Pustaka

Geokimia Panasbumi adalah ilmu yang mempelajari komposisi kimia dari fluida panas bumi. Bertujuan untuk mengetahui karakteristik reservoir panasbumi.

Untuk data kimia gas, data yang digunakan meliputi konsentrasi kandungan CO₂, H₂S, dan gas sisa O₂ & N₂. Dari hasil analisis kimia gas ini dapat digunakan untuk mengetahui perkiraan suhu reservoir dengan metode geotermometer gas Arnorsson & Gunlaugsson, 1985

3.2 Perhitungan Potensi Metode *Heat loss* Konveksi

Metode *Heat Loss* adalah metode yang berpedoman pada hilangnya energi panas di permukaan. Biasanya digunakan pada tahap awal eksplorasi lapangan panas bumi, untuk menentukan nilai potensi dengan data seminim mungkin. Pada perhitungan dengan metode ini konsep dasarnya adalah Hukum Kekekalan Massa, artinya mengasumsikan energi (melalui panas yang keluar) yang terkandung di dalam sama dengan energi yang keluar.

Untuk menghitung jumlah potensi adalah dengan menjumlahkan nilai panas yang hilang secara konveksi dijumlahkan dengan total panas yang hilang secara konduksi. Berikut adalah rumus perhitungan yang digunakan:

- Panas yang hilang secara Konveksi

3.3 Perhitungan Potensi Metode Volumetrik

Metode yang digunakan juga dalam estimasi potensi sumberdaya panasbumi (dalam MWe) adalah metode Volumetrik, yang ditulis oleh Panitia Kecil Standarisasi Panas Bumi (1994) dalam Tim Survei Geologi dan Geokimia – Pusat Sumber Daya Geologi (2009) dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$Q = 0,11585 \times h \times A \times (T_{ag} - T_{cut\ off})$$

Keterangan:

Q = Potensi Energi (MWe)

A = Luas Persebaran Reservoir (km²)

h = Tebal Reservoir (km)

T_{ag} = Temperatur Reservoir (°C)

4. Analisis Geokimia

Analisis Laboratorium dilakukan pada Lima sampel air pada lokasi manifestasi Mataair Citeduh, Cibeuning, kawah Basah, Siun dan Cipayung. Pengamatan dilakukan untuk melalui kandungan nilai geokimia fluida utamanya untuk selanjutnya dilakukan analisis. Adapun analisis menggunakan diagram trilinier Cl – SO₄ – HCO₃, diagram trilinier Na – K – Mg, Diagram Trilinier Cl – F – B dan Diagram trilinier Cl – Li – B. Dari diagram tersebut dapat dideterminasi karakteristik setiap manifestasi, jika berkaitan dapat juga untuk mendeterminasi karakter dari reservoir. Selain itu seluruh nilai konsentrasi geokimia fluida di analisis masing-masing nilai konsentrasinya, meskipun tidak melalui plotting pada diagram trilinier, melalui jumlah konsentrasi senyawa tertentu dan juga perbandingan dari nilai rasio unsur beberapa senyawa tertentu.

Setiap nilai konsentrasi dan perbandingan nilai rasio unsur akan memberikan informasi yang berbeda-beda untuk karakteristik dari manifestasi. Data konsentrasi senyawa geokimia dari fluida ini diperoleh dari analisis sampel air di laboratorium PT Pertamina Geothermal Energy. Sementara sampel gas yang di analisis adalah nilai konsentrasi dari CO₂ dan H₂S. Nilai konsentrasi kimia dari kelima manifestasi dapat dilihat pada tabel 4.1

Berdasarkan hasil plotting pada diagram trilinier Cl-SO₄-HCO₃ (gambar 4.1) menunjukkan hasil plotting kawah Cibeuning dan Citeduh merupakan mataair Sulfat. Sementara Kawah Basah, Cipayung dan Mataair Siun merupakan mataair bikarbonat. Tapi, jika dilihat lagi konsentrasi kandungan Cl-SO₄-HCO₃ pada kawah Cibeuning, Basah dan Cipayung memiliki nilai konsentrasi yang sangat rendah, jauh dari nilai konsentrasi yang biasanya berada pada reservoir ataupun lapisan kondensat. Sehingga dimungkinkan jika sampel air pada ketiga kawah ini telah mengalami pengenceran yang sangat intensif

Tabel 4.1 Komposisi kimia Fluida Panasbumi Lapangan ZW

| PARAMETER KIMIA | | K. CITEDUH | K. CIBEUNING | K. BASAH | MATAAIR SIUN | K. CIPAYUNG |
|--|-------|------------|--------------|----------|--------------|-------------|
| NO. LAB | | 338 | 336 | 335 | 337 | 334 |
| EC/MS/CM | Ms/cm | 43.90 | 43.9 | 47.90 | 43.9 | 52.70 |
| SUHU MATAAIR | °C | 94 | 90 | 94 | 55 | 90-93 |
| pH PENGUKURAN DI LAPANGAN | | 3.3 | 3.6 | 3.46 | 4.2 | 2.7 |
| pH/TEMP °C (25°C) | | 3.49 | 3.64 | 4.12 | 4.27 | 2.79 |
| TDS (TOTAL DISSOLVED SOLID) | PPM | 604.78 | 184.67 | 7.47 | 414.43 | 12.21 |
| NATRIUM Na ⁺ | PPM | 26.5499 | 14.8397 | 0.1093 | 49.871 | 0.0695 |
| KALIUM K ⁺ | PPM | 5.0173 | 4.5817 | 0.1347 | 18.712 | 0.0857 |
| CALCIUM Ca ⁺⁺ | PPM | 38.6560 | 8.3182 | 4.3822 | 44.136 | 3.6645 |
| MAGNESIUM Mg ⁺⁺ | PPM | 23.5317 | 3.2040 | 0.0540 | 26.391 | 0.0419 |
| LITHIUM Li ⁺ | PPM | 0.01120 | 0.338 | 0.01120 | 2.777 | 0.01110 |
| AMMONIUM NH ₄ ⁺ | PPM | 1.466 | 0.0111 | 1.388 | 0.0140 | 1.777 |
| BESI Fe ²⁺ | PPM | 2.079 | 0.763 | 0.010 | 0.332 | 0.010 |
| FLUOR F ⁻ | PPM | 0.047 | 0.018 | 0.062 | 0.056 | 0.059 |
| BICARBONAT HCO ₃ ⁻ | PPM | 3.070 | 0.00 | 14.684 | 415.976 | 13.657 |
| KLORIDA Cl ⁻ | PPM | 0.010 | 0.010 | 0.010 | 0.010 | 0.010 |
| SULFAT SO ₄ ⁻ | PPM | 302.019 | 73.676 | -NA- | 73.88 | 6.174 |
| HYDROGEN SULFIDE H ₂ S | PPM | 2.904 | 4.442 | 3.759 | 2.56 | 3.930 |
| BOBON HBO ₃ | PPM | 0.308 | 0.317 | 0.266 | 0.23 | 0.283 |
| SILIKA SiO ₂ | PPM | 206.902 | 77.315 | 2.754 | 181.65 | 2.140 |
| Ion Balance | % | 8.93 | 3.32 | 11.92 | 10.770 | 9.83 |

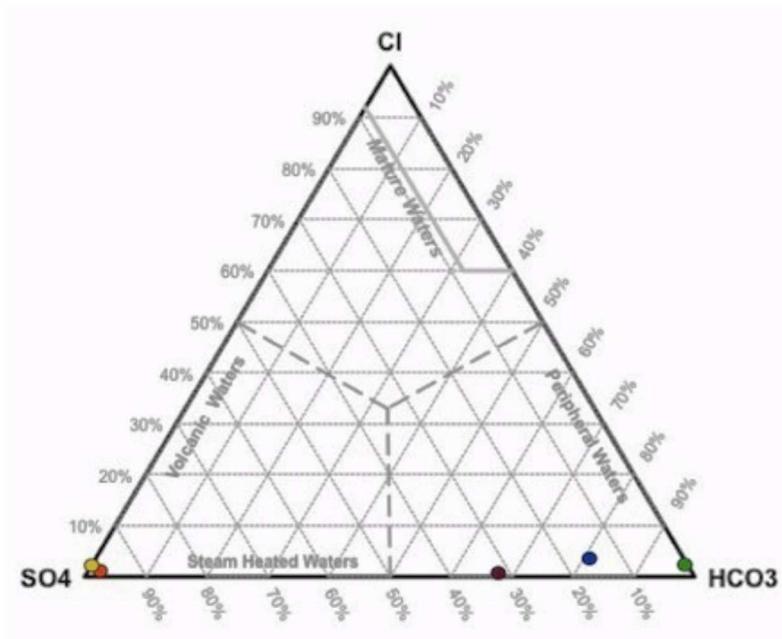
Sementara pada plotting diagram trilinear K-Na-Mg (gambar 4.2) menunjukkan seluruh sampel condong ke arah Mg. Menandakan bahwa telah terjadi reaksi yang signifikan antara fluida dengan batuan ketika fluida tertransport menuju permukaan, atau juga telah terjadi pengenceran yang cukup intensif oleh air meteorik yang kaya akan Mg. Sehingga memperkuat kemungkinan sampel pada kawah Cipayung, Basah dan Cibeuning telah mengalami pencampuran dengan air meteorik.

Dari Diagram Cl-F-B (gambar 4.3) menunjukkan kelima manifestasi memiliki nilai konsentrasi B yang dominan. Hal ini menandakan jika batuan induk lapangan panasbumi ZW adalah batuan Andesitik. Kandungan F yang rendah juga menunjukkan fluida bukan berasal dari kondensasi gas magmatik. Serta nilai Cl yang rendah menandakan fluida tidak berasal langsung dari reservoir

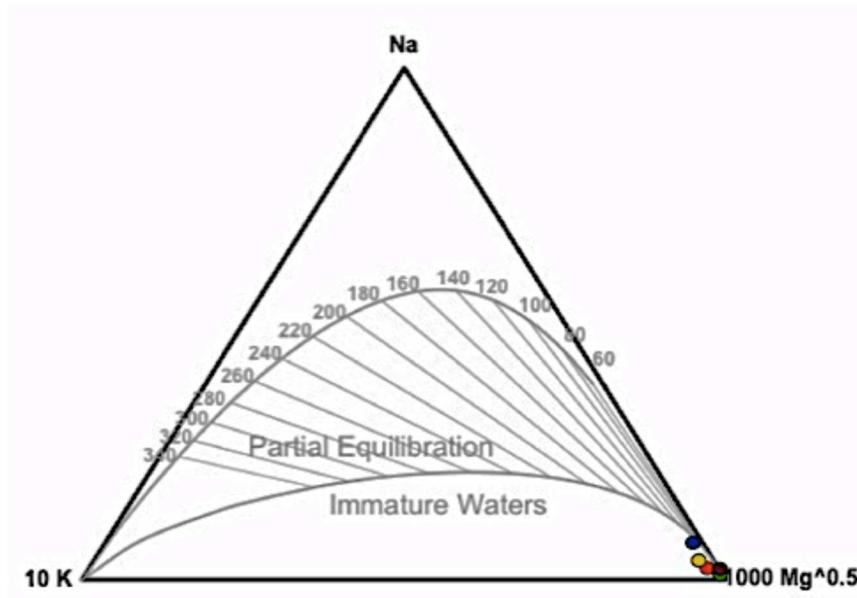
Diagram Cl-Li-B (Gambar 4.4) menunjukkan kawah Cibeuning dan mataair Siun menunjukkan nilai Li yang lebih dominan. Hal ini menandakan fluida tertransport tidak jauh dan atau fluida bergerak secara cepat ke permukaan, sehingga konsentrasi Li di dalam fluida tidak sempat (minim) diserap oleh mineral lempung didekat permukaan. Tiga manifestasi lain menunjukkan sebaliknya.

5. Pendugaan Suhu Di Reservoir

Berdasarkan analisis geokimia sebelumnya, semua mataair tidak ada yang berasal langsung dari reservoir. Air bikarbonat dan air sulfat berasal dari suatu lapisan kondensat di atas reservoir, dilihat dari nilai konsentrasi Cl yang rendah. Sehingga untuk melakukan pendugaan suhu di reservoir menggunakan geothermometer gas. Karena gas cenderung stabil dan tidak bereaksi tidak seperti air. Masih ada informasi dari reservoir yang dibawa oleh gas tersebut.



Gambar 4.1 Plotting penentuan jenis fluida panasbumi. Merah: Citeduh, Kuning: Cibeuning, Hijau: Basah, Biru: Siun, Coklat: Cipayung

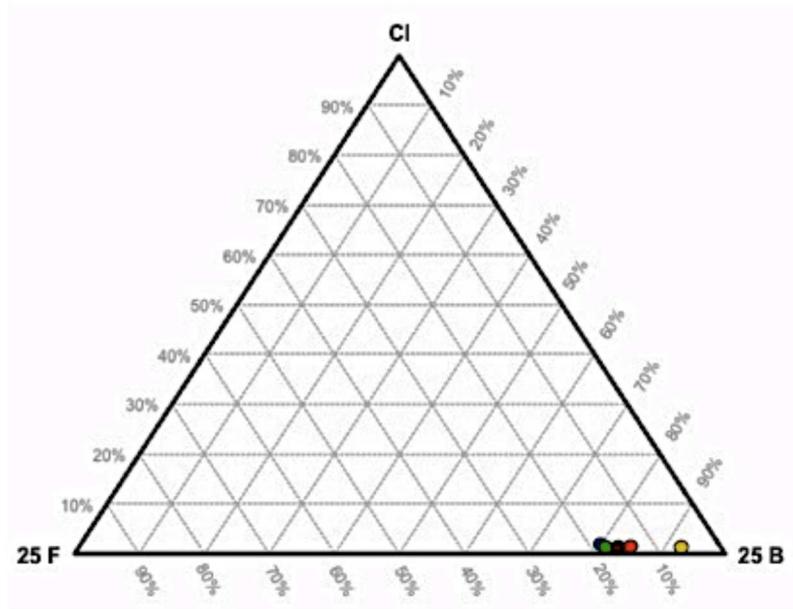


Gambar 4.2 Plotting konsentrasi K-Na-Mg. Merah: Citeduh, Kuning: Cibeuning, Hijau: Basah, Biru: Siun, Coklat: Cipayung

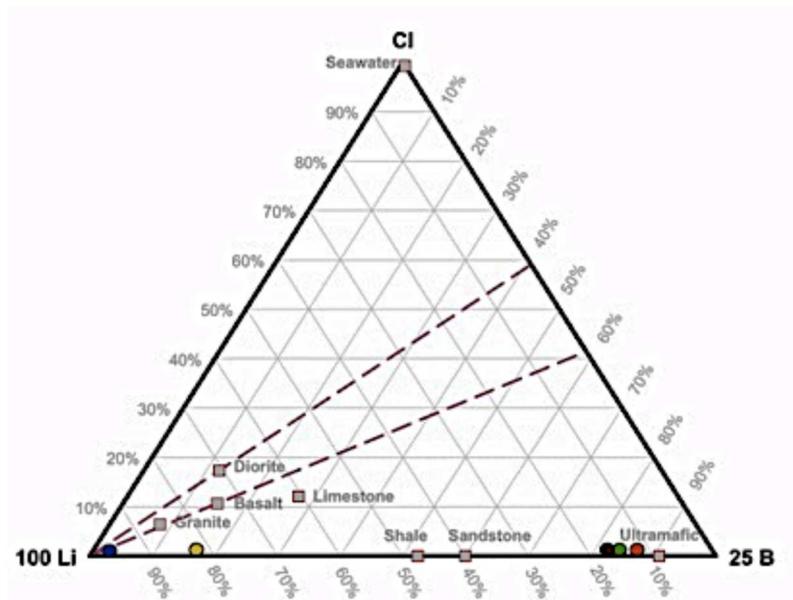
Dari hasil perhitungan di atas, data untuk menghitung H_2S yang digunakan adalah untuk $Cl < 500$ ppm. Karena kandungan Cl yang terkandung dalam kawah Cipayung dan kawah Basah kurang dari 500 ppm. Dari hasil perhitungan didapat bahwa suhu pada reservoir adalah kisaran antara 229-246 °C, Dari suhu reservoir yang diketahui maka sistem panasbumi pada lapangan ini adalah lapangan dengan *High enthalpy system*. Hasil perhitungan Geothermometer gas ditampilkan pada tabel 5.1 dan tabel 5.2

Tabel 5.1 hasil perhitungan geothermometer gas H_2S

| Contoh Gas | H_2S (mmol/kg) | Q (mmol/kg g) | t (°C) H_2S (Cl < 500 ppm) |
|------------|------------------|---------------|------------------------------|
| Basah | 7.44 | 0.87 | 229.90 |
| Cipayung | 6.99 | 0.84 | 238.14 |



Gambar 4.3 Plotting Konsentrasi Cl-F-B. Merah: Citeduh, Kuning: Cibeuning, Hijau: Basah, Biru: Siun, Coklat: Cipayung



Gambar 4.4 Plotting konsentrasi Cl-F-B. Merah: Citeduh, Kuning: Cibeuning, Hijau: Basah, Biru: Siun, Coklat: Cipayung

Tabel 5.2 hasil perhitungan geothermometer gas CO₂

| Contoh Gas | CO ₂ (mmol/kg) | Q (mmol/kg) | t (°C) CO ₂ |
|------------|---------------------------|--------------|------------------------|
| Basah | 60.72 | 1.78 | 245.55 |
| Cipayung | 62.38 | 1.80 | 246.56 |

6. Perhitungan Sumberdaya dengan Metode *heat loss konvektif*

Pada penelitian ini panas yang diperhitungkan adalah panas yang hilang secara konveksi. Panas yang hilang secara konveksi dapat diartikan sebagai pemindahan panas berdasarkan gerakan fluida. Dalam hal ini fluidanya adalah air dan gas di bawah permukaan. Artinya, panas yang hilang yang diperhitungkan adalah panas yang keluar bersamaan dengan air dan gas sebagai media di mana panas terkandung didalamnya.

Tabel 6.1 Hasil perhitungan *heat loss* konveksi

| Nama manifestasi | Luas (m ²) | Suhu (°C) | Enthalpi air (kJ/kg) | Enthalpi uap (kJ/kg) | Laju aliran massa air (L/s) | Laju Aliran massa Uap (L/s) | Heat Loss Konveksi |
|------------------|------------------------|-----------|----------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Ciracas | 3200 | 93 | 389.59 | 2664.4 | 2.6 | 1.5 | 5009.534 |
| Gempol | 1600 | 93 | 389.59 | 2664.4 | 3.1 | 1.4 | 4937.889 |
| Cipayung | 600 | 90 | 376.97 | 2659.5 | 2.5 | 1.6 | 5197.625 |
| Citeduh | 1800 | 94 | 393.81 | 2666 | 2.9 | 1.7 | 5674.249 |
| Basah | 285 | 94 | 393.81 | 2666 | 2.9 | 1.1 | 4074.649 |
| Cisambi | 40 | 90 | 376.97 | 2659.5 | 3.2 | 1.3 | 4663.654 |
| Niu | 60 | 90 | 376.97 | 2659.5 | 2.8 | 1.4 | 4778.816 |
| Rambo | 1250 | 89 | 372.76 | 2657.9 | 2.7 | 1.2 | 4195.932 |
| Cibeuning | 20 | 90 | 376.97 | 2659.5 | 3 | 1.5 | 5120.16 |
| Siun | 12 | 55 | 230.24 | 2600.1 | 2.9 | 1.5 | 4567.846 |

48220.354

TOTAL=

KWe

Data yang diperlukan antara lain adalah luas daerah setiap manifestasi yang muncul, suhu permukaan, suhu manifestasi, debit air dan uap/gas, *enthalpy* air dan uap, semua data diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan. Sementara *enthalpy* diperoleh dari *steam table*. Hasil penentuan jumlah potensi berdasarkan konsep panas yang hilang dapat dilihat pada tabel 6.1

Satuan luas di ukur langsung di lapangan dengan menggunakan alat pengukur sederhana. Begitu juga dengan Suhu Manifestasi menggunakan alat ukur suhu (termometer) langsung di lapangan. Untuk Enthalpi dari air dan uap bergantung dari suhu setiap manifestasi masing-masing, diperoleh dengan bantuan *steam table* atau aplikasi-aplikasi pada *software* tertentu. Nilai Laju alir air diambil di lapangan dengan membuat suatu parit yang berujung pada suatu bejana ukur yang telah ditanam, kemudian ditunggu sampai batas tertentu dan dihitung waktunya menggunakan *stopwatch*. Sementara untuk menghitung lajur alir uap/gas digunakan metode yang paling sederhana, yaitu dengan menggunakan bejana ukur yang dihubungkan dengan selang masuknya gas. Pertama buat dahulu lubang di daerah sekitar keluarnya manifestasi, amati apakah ada gas yang keluar jika ada masukan corong ke dalam tanah dan pastikan gas hanya keluar dari corong yang telah

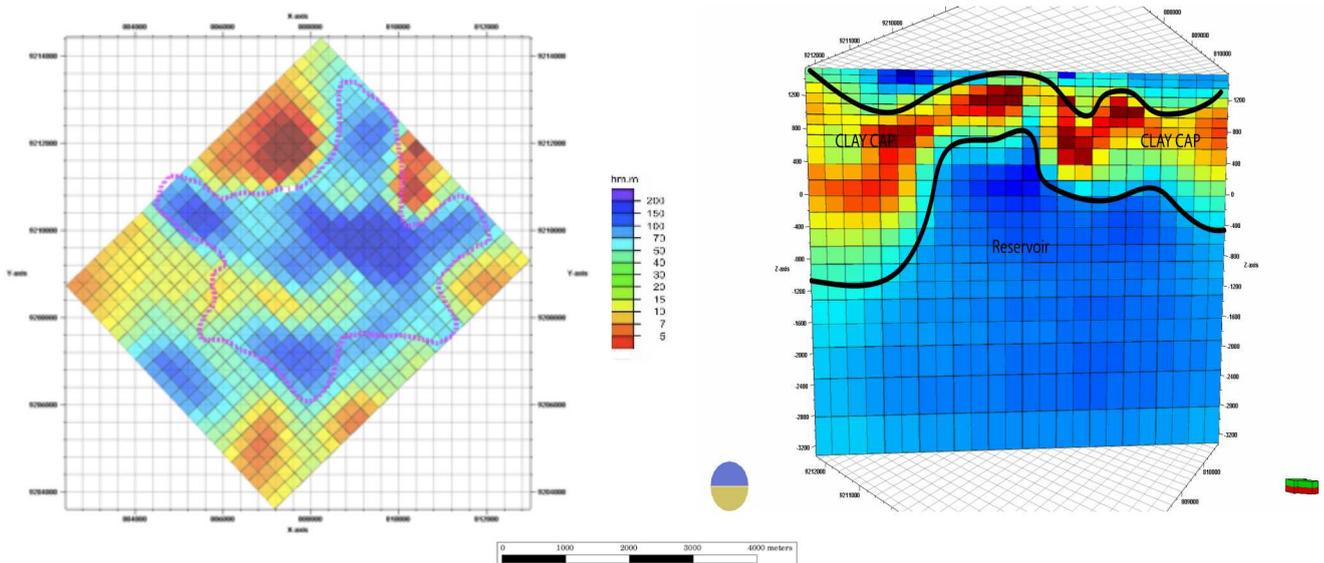
terhubung ke selang.

Hubungkan selang ke bejana ukur. Pada bejana ukur telah terisi larutan basa (NaOH), jika gas masuk ke dalam bejana maka akan ada gelembung-gelembung yang bergerak. Amati gelembung tersebut ketika bergerak dari suatu parameter tertentu hingga parameter berhentinya waktu pengeukuran. Misalnya: dipilih titik 10 ml dan 30 ml sebagai area pengukuran, saat gelembung yang diamati tepat menyentuh titik 10 ml, maka stopwatch mulai dijalankan, stopwatch berhenti saat gelembung yang kita amati tepat menyentuh titik 30 ml. Misalkan dihasilkan waktu 2 detik, berarti kecepatan alir gas sama dengan 20 ml per 2 detik atau 10 ml per detik. Karena nilai untuk laju alir air dan gas dalam satuan Kg/detik, maka konversikan nilai kecepatan sesuai kebutuhan.

Pada penentuan panas yang hilang ini data yang diambil terbatas, sehingga hanya dapat diamati panas yang hilang melalui konveksi saja. Dari hasil perhitungan maka nilai potensi adalah sebesar 48220 Kwe atau sekitar 48,2 Mwe.

7. Perhitungan Sumberdaya dengan Metode *Volumetrik*

Dalam metode volumetrik, data volume reservoir digunakan sebagai data utama. Berikut adalah data-data yang digunakan.



Gambar 7.1 Luas Persebaran Reservoir dan Tebal Reservoir

Luas dan Tebal reservoir, data ini diperoleh melalui penyelidikan geofisika, yaitu: MagnetoTelurik (Pertamina Geothermal Energy, 2013).

Dari hasil penyelidikan MT, maka dapat dilihat perkiraan sebaran zona reservoir beserta ketebalannya. Gambar 7.1 merupakan gambaran dari keadaan di bawah permukaan pada kedalaman 1025 Meter, batasan daerah dengan batas garis warna merah putus-putus menunjukkan daerah tersebut merupakan daerah luasan reservoir. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa luas reservoir adalah 23.200.000 M². Pada gambar 7.1 merupakan salah satu slice yang menunjukkan kedalaman dari daerah tersebut. Warna kuning-merah menunjukkan bahwa resistivity pada daerah tersebut tinggi, sehingga daerah tersebut termasuk pada clay cap/batuan penudung dari sistem panasbumi. Sementara bagian bawah dari Clay Cap dianggap sebagai bagian atas dari Reservoir. Tebal reservoir yang digunakan adalah tebal reservoir minimal yang terlihat pada gambar 7.1, yaitu 3500 meter.

Setelah mendapatkan data luas dan tebal reservoir selanjutnya adalah data dari Suhu. Data suhu yang digunakan adalah data dari perhitungan geothermometer gas, tabel 5.4, nilai suhu terendah digunakan sebagai data suhu fluida didalam reservoir. Suhu di reservoir adalah 229,9 °C.

Sementara data suhu pada kondisi akhir (suhu pada pembangkit), yaitu 180°C.

Rumus yang digunakan juga dalam estimasi potensi sumberdaya panasbumi (dalam MWe) adalah rumus metode Volumetrik, yang ditulis oleh Panitia Kecil Standarisasi Panasbumi (1994) dalam Tim Survei Geologi dan Geokimia – Pusat Sumber Daya Geologi (2009) dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$Q = 0,11585 \times h \times A \times (T_{ag} - T_{cut\ off})$$

Q: Potensi Energi (MWe)

A: Luas Persebaran Reservoir (km²)

h: Tebal Reservoir (km)

T_{ag}: Suhu Reservoir (°C)

T_{cut off}: Suhu cut off (°C)

Berikut adalah hasil perhitungan potensi panasbumi pada daerah penelitian:

$$\begin{aligned} Q &= 0,11585 \times 3,5 \times 23,2 \times (229,9 - 180) \\ &= 9,40702 \times 49,9 \\ &= 469,4 \text{ MWe} \end{aligned}$$

Potensi Sumberdaya hipotetik dari lapangan Panasbumi ZW adalah sebesar **469,4 MWe**.

8. Kesimpulan dan Saran

8.1 Kesimpulan

- Karakteristik Mataair panas adalah sbb:
 - a) Kawah Citeduh merupakan mataair Sulfat. Komposisi Mg yang tinggi akibat dari pencampuran dengan air meteorik dan reaksi/interaksi dengan batuan yang dilewati. Fluida berasal dari lapisan kondensat diatas reservoir. Batuan induk berupa batuan andesitic – Basaltik.
 - b) Kawah Cipayung memiliki sampel yang encer sehingga tipe mataairnya tidak dapat diketahui, tidak valid untuk dilakukan determinasi. Memiliki air bersifat asam dengan batuan induk berupa batuan Andesitik – Basaltik. Fluida tertransport cukup jauh dari sumbernya.
 - c) Kawah Basah memiliki sampel yang encer sehingga tipe mataairnya tidak dapat diketahui, tidak valid untuk dilakukan determinasi. Memiliki air bersifat asam dengan batuan induk berupa batuan Andesitik – Basaltik. Fluida tertransport cukup jauh dari sumbernya.
 - d) Kawah Cibeuning memiliki sampel yang encer sehingga tipe mataairnya tidak dapat diketahui, tidak valid untuk dilakukan determinasi. Pencampuran dengan air meteorik sangat intensif. Memiliki air bersifat asam dengan batuan induk berupa batuan Andesitik – Basaltik. Fluida naik secara cepat dan/atau tertransport jauh dari sumbernya.
 - e) Mataair Siun Merupakan mataair bikarbonat. Terbentuk pada lapisan kondensat di bawah muka airtanah, manifestasi ini berada pada zona *outflow*. Batuan induk berupa batuan Andesitik.
- Kisaran suhu reservoir berdasarkan geothermometer gas adalah 229,9 °C - 246,6 °C
- Manifestasi Kawah Citeduh, Kawah Cipayung, Kawah Basah dan Cibeuning berada pada zona *upflow*. Mataair Panas Siun berada pada zona *outflow*.

- Nilai potensi berdasarkan perhitungan dengan konsep *heat loss* konveksi adalah 48,2 MWe, sedangkan nilai potensi sumberdaya hipotetik berdasarkan perhitungan dengan metode volumetrik adalah 469,4 MWe

8.2 Saran

- Pengeboran wildcat sebaiknya dilakukan pada zona *upflow*, karena berasosiasi dengan zona permeabilitas tinggi.

Daftar Pustaka

- Arnórsson, S., 2000: *The quartz and Na/K geothermometers. II. Results and application for monitoring studies*. Proceedings of the World Geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan.
- Arnórsson, S., 2000: *Isotopic and chemical techniques in geothermal exploration, development and use*. Sampling methods, data handling, interpretation, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- Arnórsson, S., Gunnlaugsson, E., 1983: *Gas chemistry in geothermal systems*. Proceedings of the 9th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, Ca.
- Arnórsson, S., and Gunnlaugsson, E., 1985: *New gas geothermometers for geothermal exploration – calibration and application*, Geochim. Cosmochim. Acta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1999, SNI 13-6171-1999 ICS 73.020. Metode Estimasi Potensi Energi Panas Bumi. Badan standarisasi nasional-bsn, Jakarta.
- Bemmelen, R. W., 1949, *The Geology of Indonesia*, Vol. 1 A, Government Printing Office, The Hague, Amsterdam.
- Bogie, I. dan Mackenzie, K.M., 1998. *The Application of a Volcanic Facies Models to an Andesitic Stratovolcano Hosted Geothermal*

- Brahmantyo, Budi., 2005, *Catatan Kuliah Geologi Cekungan Bandung*, Penerbit ITB, Bandung.
- Browne, P. R. L., 1998, *Hydrothermal Alteration*, Lecture Note, Geothermal Institute, The University of Auckland.
- Chen, P. Y., 1977, *Table of Keys Lines in X-Ray Powder Diffraction Patterns of Minerals in Clays and Associated Rocks*, Department of Natural Resources Geological Survey Occasional Paper, Indiana.
- D'Amore, F., and Panichi, C., 1980: *Evaluation of deep temperatures in geothermal systems by a new gas geothermometer*. Geochim. Cosmochim. Acta, 44.
- Duchi, V., Minissale, A. A. and Prati, F., 1987, *Chemical composition of thermal springs, cold springs, streams and gas vents in the Mt Amiata geothermal region, Italy*. J: Volcanol. Geoth. Research, in press.
- Duchi, V., Minissale, A. A. and Rossi, R., 1987, *Chemistry of thermal springs in the Larderello-Travale geothermal field (southern Tuscany)*, Italy. Submitted to Appl. Geochem.
- Ellis, A. J., dan Mahon, W. A., 1977, *Chemistry and Geothermal System*, Akademik Press, New York.
- Fisher, R. V., dan Schmincke, H. U., 1984, *Pyroclastic Rocks*, Springer-Verlag, Berlin, Germany
- Fournier, R.O., 1977: *Chemical geothermometers and mixing model for geothermal systems*. Geothermics, 5, 41-50.
- Fournier, R.O., 1979: *A revised equation for Na-K geothermometer*. Geoth. Res. Council, Trans.
- Fournier, Robert O. 1989. *Water Geothermometers Applied to Geothermal Energy*. USA: US Geological Survey.
- Giggenbach, WF. 1988. *Chemical Techniques in Geothermal Exploration*. New Zealand:
- Hantono, D., Mulyono, A., Hasibuan, A., 1996, *Structural Control is a Strategy for Exploration Well at Kamojang Geothermal Field*, West Java, Indonesia, Divisi Panasbumi-Pertamina, Jakarta.
- Hochstein, MP. Patrick R.L. Browne. 2000. *Surface Manifestations of Geothermal Systems with Volcanic Heat Sources in Encyclopedia of Volcanoes*. Academic Press.
- Koesoemadinata, R. P., 2001, *Introduction to The Geology of West Java, Guide Book of Carbonate Fieldtrip to Tagogapu-Rajamandala Area*, West Java, Bandung.
- Mahon K, and Ellis, AJ. 1977. *Chemistry and Geothermal System*. Orlando: Academic Press Inc.
- Moore, J. N. Dan Adams, M. C., 2000, *The Fluid Inclusion and Mineralogic Record of the Transition from Liquid-to Vapor-Dominated Conditions in The Geysers Geothermal System, California*, Economic Geology vol 95, pp 1719-1737.
- Nasution, A. Kartadinata, M.N. 2004. *Age Dating and Geochemistry of Tangkuban Perahu geothermal Area, West Java, Indonesia*. Japan: Journal of Geothermal Research Society of Japan.
- Nicholson, K., 1993, *Geothermal Fluids; Chemistry and Exploration Techniques*, Springer Verlag, Inc, Berlin.
- Pertamina Geothermal Energy Co., 1996, *Unit Vulkanik daerah Kabupaten Garut dan Bandung*, Unpublished Report.
- Pertamina Geothermal Energy Co., 1999, *Pengamatan Citra Satelit wilayah Gunung Guntur*, Unpublished Report.
- Setianto. 1999. *Analisis Aspek Geologi Melalui Citra Landsat Daerah Kabupaten Garut dan Sekitarnya*. Pertamina Geothermal Energy Area Kabupaten Garut dan Kabupaten Bandung, Unpublished Report.

- Strelbitskaya, S., 2005, *Interpretation of Chemical Composition of Geothermal Fluid from the Geothermal Field Of Baransky Volcano, Iturup Island, Russia*, The United Nation University, Reykjavik, Iceland.
- Tim Kecil Kelompok Kerja Panitia Teknis Panas Bumi, 1994, *Cadangan dan Sumber Daya Panas Bumi Indonesia*, Departemen Pertambangan dan Energi, Jakarta.
- Tim Survey Terpadu Geologi dan Geokimia PSDG, 2009. Laporan Akhir Survey Geologi Dan Geokimia Daerah Panasbumi Arjuno-Welirang Kabupaten Mojokerto dan Malang Provinsi Jawa Timur. (Laporan Akhir). Bandung
- Wicaksono, Tondo. 2010. *Laporan Awal Explorasi Panasbumi Wilayah Kabupaten Garut dan Sekitarnya*. Pertamina Geothermal Energy Area Kabupaten Garut dan Kabupaten Bandung, Unpublished Report.