

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan sistem panas bumi merupakan fenomena alam yang menarik dan penting untuk dikaji, terutama di wilayah-wilayah dengan potensi panas bumi yang besar seperti Indonesia. Menurut Hochstein (1990), sistem panas bumi dapat didefinisikan sebagai wilayah di mana panas dari dalam bumi dimanfaatkan melalui air yang mengalir di dalam reservoir bawah tanah. Fluida ini umumnya berupa air yang dipanaskan oleh panas bumi, kemudian muncul ke permukaan dalam bentuk manifestasi alam seperti geyser, mata air panas, dan fumarol.

Di daerah Kalompie, Kecamatan Barru, Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan, terdapat fenomena alam berupa mata air panas yang menjadi indikator adanya aktivitas geotermal di bawah permukaan. Kehadiran mata air panas ini tidak hanya menunjukkan adanya sumber energi panas bumi, tetapi juga mencerminkan dinamika geologi lokal yang berpotensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut. Mata air panas di daerah Kalompie diyakini terhubung dengan aktivitas geotermal di kedalaman tertentu, di mana air yang mengalir melalui celah-celah batuan dipanaskan hingga mencapai suhu tinggi dan akhirnya muncul ke permukaan.

Studi geokimia terhadap mata air panas ini menjadi penting untuk memahami karakteristik air panas yang terkandung di dalamnya, seperti komposisi kimia, suhu, dan tekanan, yang merupakan faktor-faktor penting dalam menentukan potensi dan kelayakan energi panas bumi. Dengan mengidentifikasi kandungan geokimia pada sumber air panas di Kalompie, kita dapat memahami lebih lanjut tentang sistem panas bumi di wilayah ini, termasuk kondisi reservoir dan kemungkinan pemanfaatannya sebagai sumber energi terbarukan.

Penelitian ini diadakan karena kehadiran mata air panas tersebut memberikan prospek pengembangan energi panas bumi di wilayah Kalompie. Melalui analisis geokimia, penelitian ini bertujuan untuk memberikan data awal yang dapat digunakan sebagai landasan dalam upaya pemanfaatan potensi energi panas bumi di wilayah ini. Hasil penelitian diharapkan dapat membantu menilai

kelayakan teknis dan ekonomi eksploitasi panas bumi di Kalompie dan mendukung pengembangan energi terbarukan di Sulawesi Selatan.

Oleh karena itu, penelitian yang berjudul "Geokimia Air Panas Daerah Kalompie, Kecamatan Barru, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan" diadakan untuk mendalami karakteristik geokimia dari mata air panas yang ada di wilayah ini.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang menjadi dasar untuk melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana tipe air panas yang ada pada daerah penelitian?
2. Bagaimana kematangan fluida yang ada pada daerah penelitian?
3. Bagaimana perkiraan suhu bawah permukaan pada daerah penelitian?
4. Bagaimana geologi regional yang ada pada daerah penelitian?
5. Bagaimana air panas pada daerah Kalompie dapat terbentuk?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui geokimia air panas pada daerah Kalompie, Kecamatan Barru, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dapat mengetahui tipe air panas pada daerah penelitian
2. Dapat mengetahui kematangan fluida pada air panas daerah penelitian
3. Dapat mengetahui perkiraan suhu bawah permukaan
4. Dapat mengetahui geologi regional yang ada pada daerah penelitian
5. Dapat mengetahui proses pembentukan air panas kalompie.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat di beberapa aspek seperti :

1. Menambah data geologi lokal yang berguna untuk memahami struktur bawah permukaan dan dinamika geotermal daerah penelitian jika tidak layak untuk eksploitasi energi

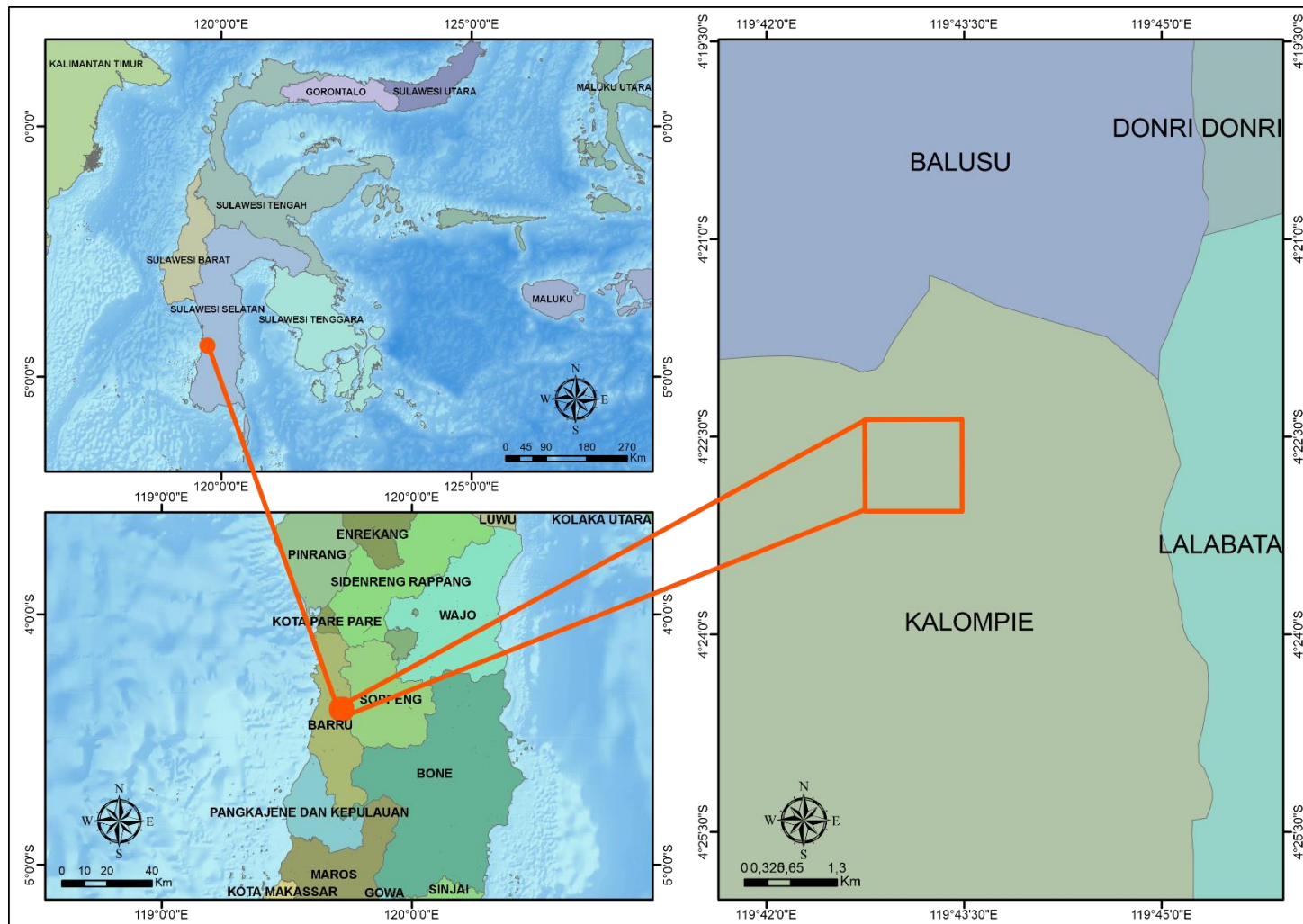
2. Membuka peluang pemanfaatan alternatif sumber air panas untuk tujuan lain, seperti wisata atau penelitian ilmiah dalam bidang geologi dan ekologi
3. Menyediakan informasi yang dapat digunakan untuk konservasi sumber daya geologi dan untuk edukasi masyarakat lokal mengenai karakteristik alam daerahnya.

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, cakupan permasalahan dibatasi karakteristik geokimia air panas, litologi penyusun dan struktur geologi daerah penelitian.

1.6 Waktu, Letak dan Kesampaian Daerah

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 12 September 2024 di Daerah Kalompie, Kecamatan Barru, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan. Daerah penelitian terletak pada koordinat 119°42'30"LT - 119°43'30"LT dan 4°22'20"LS - 4°23'00"LS. Dengan menggunakan kendaraan baik roda dua ataupun roda empat, daerah penelitian dapat ditempuh selama ± 3 Jam perjalanan sejauh 127km dari Kampus Teknik Universitas Hasanuddin. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta lokasi penelitian

1.7 Peneliti Terdahulu

Adapun peneliti terdahulu pada daerah penelitian adalah sebagai berikut.

1. RAB, Sukamto, Pemetaan Geologi Regional Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat tahun 1982
2. M. Ilyas, Identifikasi Litologi pada Daerah Panas Bumi menggunakan Metode Resistivity Konfigurasi Wenner-Schlumberger di Desa Galung Kabupaten Barru tahun 2017
3. Huda, Nashir Idzharul and Aribowo, Yoga and Hidayatillah, Ahmad Syauqi, Studi Fault Fracture Density dan Geokimia Fluida pada Lapangan Panasbumi Barru, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan tahun 2018

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Panas Bumi

Sistem panas bumi adalah suatu mekanisme alam di mana panas yang berasal dari dalam bumi dihasilkan dan ditransfer melalui batuan dan air yang berada di bawah permukaan bumi. Secara umum, sistem ini dapat diklasifikasikan berdasarkan karakteristiknya, seperti didominasi oleh cairan atau uap, suhu rendah atau tinggi, serta jenis lingkungan geologis tempat mereka terbentuk, seperti di lapisan sedimen atau vulkanik. Menurut Nicholson (1993), salah satu aspek fundamental dalam memahami sistem panas bumi adalah keadaan kesetimbangan reservoir, yang terbagi menjadi dua kategori utama.

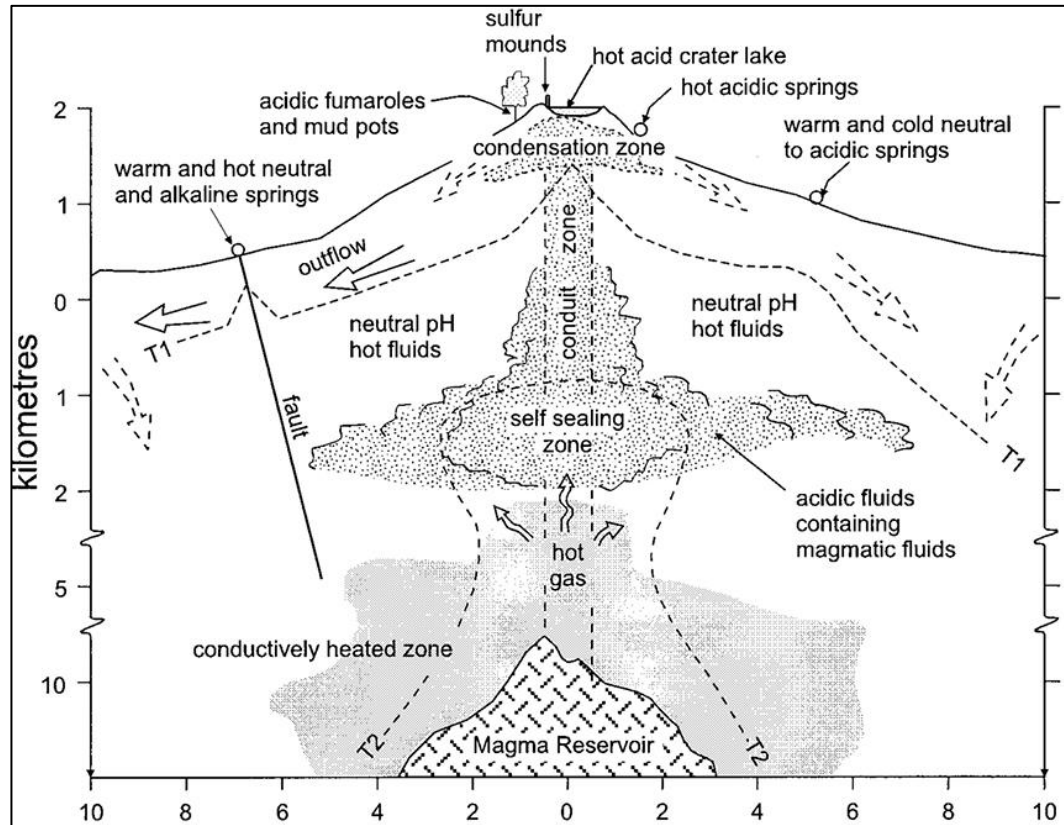
1. Sistem kesetimbangan dinamis

Reservoir secara aktif diisi ulang oleh air yang masuk ke dalam reservoir, di mana air tersebut dipanaskan dan kemudian dilepaskan kembali, baik ke permukaan maupun ke lapisan permeabel di bawah tanah. Proses perpindahan panas dalam sistem ini terjadi melalui konveksi, di mana fluida yang bergerak membawa energi panas ke berbagai bagian reservoir.

2. Sistem kesetimbangan statis

Pengisian ulang yang sangat minimal atau bahkan tidak ada sama sekali, sehingga panas hanya dipindahkan melalui konduksi, yaitu perpindahan panas yang terjadi tanpa adanya pergerakan fluida.

Berikut ini adalah konseptual model sistem panas bumi menurut Goff and Janik (2000).



Gambar 2 Konseptual model sistem panas bumi vulkanik menurut Goff and Janik (2000)

Goff dan Janik (2000) membagi zona dalam sistem hidrotermal menjadi 3 bagian, yakni diantaranya sebagai berikut.

1. *Zona Outflow*

Zona ini berada di bagian bawah sistem hidrotermal, di mana fluida panas yang telah mencapai permukaan mulai menyebar ke arah lateral. Biasanya, zona ini ditemukan di daerah dengan permeabilitas tinggi seperti sedimen atau batuan yang memiliki banyak rekahan. Fluida di zona ini mendingin melalui proses seperti pencampuran dengan air tanah lokal atau kehilangan panas secara konduktif. *Zona outflow* seringkali dicirikan oleh keberadaan mata air panas di permukaan yang mencerminkan komposisi kimia dari reservoir di bawahnya.

2. *Zona Recharge*

Zona ini merupakan area tempat air permukaan (seperti air hujan atau air tanah) masuk ke dalam sistem hidrotermal. Air yang masuk di zona *recharge* bergerak ke bawah melalui rekahan atau celah dalam batuan dan mulai mengalami pemanasan secara bertahap. Proses kimia seperti

pengurangan magnesium dan oksigen sering terjadi, tergantung pada suhu dan waktu tinggal air di zona ini. Komposisi fluida di zona ini sulit ditentukan secara langsung karena belum mencapai reaksi utama dengan batuan panas.

3. Zona *Upflow*

Zona *upflow* adalah jalur utama di mana fluida panas dari reservoir naik ke permukaan. Fluida di zona ini biasanya bergerak melalui rekahan atau saluran yang memiliki permeabilitas tinggi. Selama pergerakannya ke atas, fluida mengalami pendinginan melalui dekompresi adiabatik, kehilangan panas konduktif, dan pencampuran dengan fluida dingin di sekitarnya. Zona ini sering mengandung mineral sekunder yang terbentuk akibat presipitasi mineral dari fluida yang mendingin.

2.1.1 Sumber Panas

Menurut Nicholson (1993) dalam bukunya yang berjudul "*Geothermal Fluid*" Sumber panas dalam sistem bumi bergantung pada kondisi geologi atau tektonik. Jika aliran panas yang menggerakkan sistem disediakan oleh magma, maka sistem seperti ini disebut vulkanogenik. Sistem-sistem ini umumnya merupakan sistem yang memiliki suhu tinggi. Namun, panas tidak selalu harus berasal dari magma, dan sistem panas bumi dapat terbentuk di area aktivitas tektonik. Misalnya, panas dapat disuplai oleh pengangkatan tektonik dari batuan dasar yang panas, atau air dapat dipanaskan oleh sirkulasi yang sangat dalam yang dihasilkan oleh lipatan horizon yang dapat dilalui atau pergerakan sesar. Sistem-sistem ini disebut sistem *non-vulkanogenik* dan mencakup contoh reservoir dengan suhu tinggi maupun rendah.

2.1.2 Fluida Panas Bumi

Nicholson (1993) membagi fluida panas bumi menjadi dua jenis utama, yaitu *liquid-dominated* (didominasi cairan) dan *vapor-dominated* (didominasi uap). Dalam kebanyakan sistem panas bumi, kedua fase ini yakni cair dan uap bisa ditemukan dalam proporsi yang bervariasi, yang sering kali membentuk zona dua fase. Sistem yang didominasi cairan lebih umum ditemukan, meskipun

beberapa sistem juga bisa mengandung lapisan uap, yang berkembang atau berkembang seiring waktu, seperti yang terjadi di Wairakei, Selandia Baru.

Fluida yang terdapat dalam sistem panas bumi terutama berupa air, yang bisa berasal dari beberapa sumber utama, diantaranya :

1. Air permukaan (meteorit)

Air ini adalah air yang berasal dari atmosfer, yang kemudian masuk ke dalam tanah melalui infiltrasi dan perjalanan melalui rekahan atau sesar. Air ini bisa mencapai kedalaman yang sangat dalam, tergantung pada kondisi geologi daerah tersebut.

2. Air formasi (*connate water*)

Air formasi adalah air yang terkubur bersama sedimen induknya selama proses geologis, yang terperangkap di dalam batuan sedimen yang kemudian menjadi batuan reservoir sistem panas bumi.

3. Air metamorfik

Air ini dihasilkan selama proses metamorfosis batuan di bawah tekanan dan suhu tinggi.

4. Air Juvenil (magmatik)

Air yang terperangkap dalam magma dan dapat dilepaskan ke dalam sistem panas bumi melalui proses magma.

2.1.3 Batuan Reservoir

Batuan Reservoir (*Reservoir rocks*) adalah batuan yang menyimpan dan mentransmisikan fluida geotermal (seperti air panas atau uap) yang digunakan untuk menghasilkan energi panas bumi. Menurut Parlaktuna, 2012 batuan reservoir dalam sistem panas bumi memiliki karakteristik tertentu yang mendukung peranannya dalam menyimpan dan mengalirkan energi panas, diantaranya :

1. Batuan reservoir dalam sistem panas bumi umumnya berada pada suhu yang relatif tinggi, yang bisa mencapai lebih dari 100°C tergantung pada kedalaman reservoir dan jenis sistem geotermalnya (sistem dominasi uap atau cair).
2. Batuan reservoir harus cukup *porus* dan permeabel (terutama batuan yang

terfrakturasi) untuk memungkinkan aliran fluida geotermal. Batuan reservoir yang baik akan memungkinkan fluida panas bergerak melalui retakan atau pori-pori batuan, dan ini adalah kunci bagi keberhasilan sistem panas bumi.

3. Banyak batuan reservoir yang berasal dari proses vulkanik dan cenderung memiliki struktur yang terfrakturasi (penuh celah atau retakan). Struktur retak ini penting karena memungkinkan fluida panas mengalir melalui batuan dengan mudah.

2.1.4 Caprock

Berperan sebagai penghalang aliran fluida geothermal ke permukaan, menjaga tekanan di dalam reservoir agar tetap stabil. Biasanya terdiri dari batuan dengan permeabilitas rendah, seperti shale atau batuan sedimen lainnya, yang efektif dalam menyegel fluida panas (Nicholson, 1993).

2.2 Geokimia Air panas

Analisis kimia bertujuan untuk mengelompokkan basis umum antara perbandingan dan klasifikasi dari cairan panas bumi, serta untuk memperoleh data kimia fluida dan gas dan unsur-unsur lain yang terkandung dalam manifestasi, data kimia panasbumi sangat berguna untuk memberikan perkiraan tentang sistem panas bumi yang berada di bawah permukaan, sehingga dapat mengetahui suhu karakteristik fluida dan karakteristik reservoir (Arikalang, dkk, 2000).

Data kimia air panas sangat berguna, antara lain untuk memberikan perkiraan mengenai sistim panas bumi yang terdapat di bawah permukaan (misalnya: temperatur dan jenis reservoir, asal muasal air), serta untuk mengetahui sifat fluida khususnya tentang korosifitasnya dan kecenderungannya untuk membentuk endapan padat (*scale*) yang diperlukan untuk perencanaan sistim pemipaan dan sistim pembangkit listrik.

2.2.1 Tipe Air Panas

Tipe Air Panas ditentukan untuk melihat kandungan utama dari air panas.

Kandungan fluida ini dapat menjadi petunjuk mengenai sumber maupun proses yang mempengaruhi terbentuknya fluida tersebut. Tipe Air Panas biasanya menggunakan 3 unsur utama dalam suatu air panas, yaitu klorida, sulfat dan bikarbonat, lihat Gambar 2. Kandungan ketiga unsur ini diplot dalam sebuah diagram *ternary* untuk melihat tipe dari air panas (Giggenbach, 1991). Tipe Air Panas ini juga digunakan sebagai parameter untuk dapat menggunakan analisis geothermometer.

1. Air Klorida

Jenis air ini merupakan tipe fluida panasbumi yang ditemukan pada kebanyakan area dengan system temperatur tinggi. Area yang memiliki mataair panas yang mengalir dalam skala besar dengan konsentrasi Cl yang tinggi berasal dari reservoir dalam, dan merupakan indikasi dari zona permeabel pada area tersebut, namun demikian area ini dapat saja tidak terletak di atas zona upflow utama, karena ada beberapa kemungkinan lain seperti pengaruh topografi yang juga dapat memberikan dampak besar dalam mengontrol hidrologi. Mata air klorida juga dapat mengidentifikasi daerah *permeable* zona tinggi (contoh: patahan, erupsi breksi atau conduit).

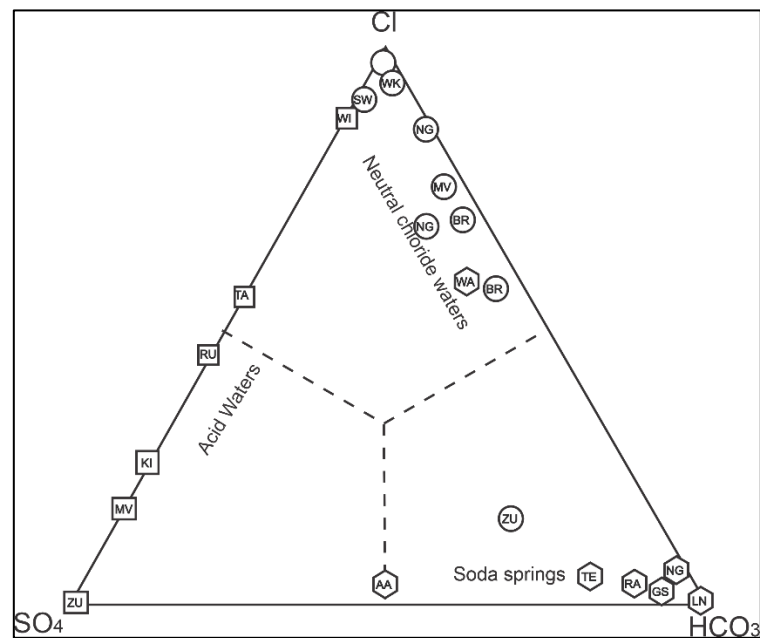
2. Air Sulfat

Jenis air panasbumi ini dikenal juga dengan Air Asam Sulfat (*Acid-Sulphate Water*), merupakan fluida yang terbentuk pada kedalaman dangkal dan terbentuk sebagai akibat dari proses kondensasi gas panas bumi yang menuju dekat permukaan. Gas panas bumi, dengan kandungan gas dan volatilnya, pada dasarnya larut dalam kandungan fluida yang terletak pada zona yang dalam tetapi terpisah dari air klorida. Air sulfat biasanya ditemukan pada batas daerah dan berjarak tidak jauh dari area *upflow* utama. Jika dilihat dari topografi, maka lokasi pastinya terletak jauh di atas water table dan di sekeliling *boiling zone*.

3. Air Bikarbonat

Air tipe ini banyak mengandung CO₂. Jenis tipe fluida ini disebut juga dengan netral *bicarbonate-sulphate waters*, merupakan produk dari proses kondensasi gas dan uap menjadi mata air bawah tanah yang miskin oksigen. Air bikarbonat banyak ditemukan pada area *nonvolcanogenic* dengan temperatur yang tidak terlalu tinggi, dengan pH yang mendekati netral sebagai akibat reaksi

dengan batuan lokal (baik pada reservoir dangkal atau selama proses mengalir ke permukaan). Selama reaksi tersebut, proton banyak yang hilang dan menghasilkan air dengan pH mendekati netral dengan bikarbonat dan sodium sebagai parameter utama. Sulfat kebanyakan hadir dengan bermacam-macam jumlah dan kandungan. Klorida memiliki konsentrasi rendah atau tidak ada sama sekali (Mahon, 1980 dalam Nicholson, 1993). Air tipe ini cenderung mudah bereaksi dan sangat korosif (Hedenquist dan Stewart, 1985 dalam Nicholson, 1993). Diagram ternary Cl-SO₄-HCO₃ dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Diagram ternary Cl-SO₄-HCO₃ (Giggenbach, 1991)

2.2.2 Kematangan Fluida

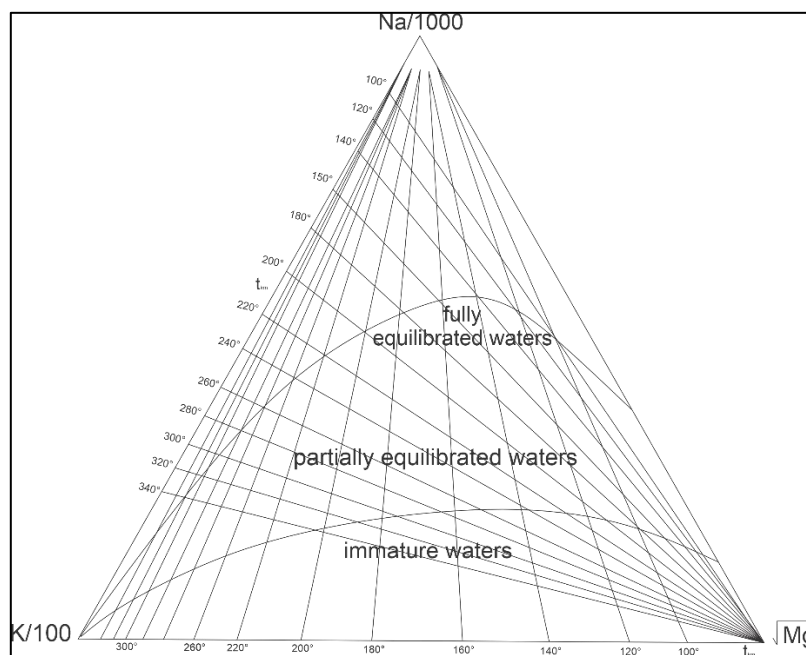
Hubungan antara tiga variabel independen (Na, K, dan Mg) sering dilakukan dengan menggunakan diagram segitiga. Diagram ini membutuhkan konversi data dari nilai absolut ke nilai relatif dengan menerapkan faktor normalisasi atau skala linier. Namun, karena hubungan termodinamika antara Na, K, dan Mg bersifat *non-linear*, pendekatan menggunakan diagram segitiga standar hanya dapat berlaku dalam kondisi tertentu, yaitu saat $mNa + mK + 2mMg = 1$.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut dan agar dapat diaplikasikan pada berbagai tingkat salinitas, data Na, K, dan Mg direpresentasikan dalam bentuk logaritma alami. Akan tetapi, hal ini mengorbankan kemampuan diagram segitiga untuk menampilkan hubungan pencampuran sebagai garis lurus. Meski begitu,

untuk proses yang melibatkan perubahan kandungan relatif Mg, garis pencampuran masih dapat tetap terlihat lurus.

Diagram segitiga (Gambar 4) yang menggunakan variabel dapat representasi komposisi larutan yang mencapai kesetimbangan air-batuan penuh untuk berbagai tingkat salinitas dalam satu diagram. Agar lebih praktis, skala konsentrasi (dalam mg/kg) digunakan. Dalam hal ini:

- Konsentrasi natrium dibagi dengan 1000,
- Konsentrasi kalium dibagi dengan 100, dan
- Akar kuadrat dari konsentrasi magnesium (digunakan sebagai pengukuran).



Gambar 4 Diagram ternary kematangan fluida (Giggenbach, 1991)

2.3 Manifestasi Panas Bumi

2.3.1 Geoindikator

Geoindikator adalah parameter atau alat ukur yang digunakan untuk memahami proses atau kondisi geologis tertentu, seperti keseimbangan antara air dan batuan dalam sistem geotermal. Giggenbach, 1991 mengungkapkan bahwa bahwa penting untuk menetapkan batasan yang jelas dalam penggunaan geoindikator, sehingga penggunaannya tidak salah arah. Dalam analisis grafis untuk mengevaluasi keseimbangan antara air dan batuan (gambar 3), ditemukan

dua area penting:

1. *Immature Waters*

Dalam Giggenbach (1991), fluida yang termasuk kategori ini dicirikan oleh dominasi ion magnesium (Mg), yang mengindikasikan bahwa air belum mengalami reaksi kimia yang signifikan dengan batuan reservoir. Lokasinya pada diagram Na-K-Mg terletak di dekat sumbu $\sqrt{\text{Mg}}$, yang menunjukkan interaksi yang sangat terbatas antara fluida dan batuan. Fluida ini biasanya berasal dari air meteorik atau air dangkal dengan waktu tinggal yang sangat singkat di dalam reservoir geotermal. Kondisi ini menyebabkan komposisi kimia fluida masih sangat mirip dengan air permukaan atau air tanah dangkal.

2. *Partially Equilibrated Waters*

Kategori ini menggambarkan fluida yang telah mengalami sebagian interaksi dengan batuan reservoir tetapi belum mencapai kondisi kesetimbangan penuh. Giggenbach (1991) menunjukkan bahwa fluida ini berada di antara zona *immature waters* dan *fully equilibrated waters* dalam diagram Na-K-Mg. Pada area ini, rasio ion Na, K, dan Mg mencerminkan proses reaksi kimia yang sedang berlangsung, menunjukkan tahap transisi menuju kesetimbangan. Fluida ini sering digunakan untuk memperkirakan suhu reservoir dangkal menggunakan geotermometer K-Mg, serta untuk mengidentifikasi karakteristik sistem geotermal yang berada dalam kondisi transisi.

3. *Fully Equilibrated Waters*

Fluida ini telah mencapai kesetimbangan penuh dengan mineral-mineral di reservoir geotermal, yang biasanya terjadi pada suhu tinggi dan waktu tinggal yang lama. Pada diagram Na-K-Mg, fluida ini berada di dekat garis kesetimbangan Na-K, yang sejajar dengan sumbu utama diagram. *Fully equilibrated waters* mencerminkan kondisi reservoir yang matang, sehingga sangat cocok untuk digunakan dalam estimasi suhu reservoir dalam menggunakan geotermometer Na-K. Fluida ini sering ditemukan pada sistem geotermal yang stabil dan memiliki tingkat interaksi fluida-batuan yang sempurna

2.3.2 Geothermometer

Geothermometer ialah metode yang digunakan untuk dapat memperkirakan temperature dari reservoir daerah penelitian menggunakan data kimia fluida pada manifestasi maupun data sumur. Geothermometer adalah metode yang sangat penting pada tahap eksplorasi lapangan baru serta monitoring kondisi *hydrologi* pada *system* panas bumi daerah yang telah berproduksi. Geothermometer ini air ini menggunakan pertukaran reaksi seperti Na-K, Na-K-Mg dan K-Mg (Nicholson, 1993)

1. Geothermometer Na-K dan K-Mg

Kandungan relatif Na, K, dan Mg pada fluida dalam kesetimbangan penuh dengan sistem mineral yang stabil secara termodinamika yang diturunkan melalui rekristalisasi isokimia dari rata-rata batuan kerak, pada suhu dan salinitas tertentu, mempunyai nilai tetap. Bersama dengan komposisi air yang dihasilkan dari peleburan batuan secara isokimia, mereka memberikan petunjuk mengenai nilai tingkat keseimbangan fluida-batuan.

Giggenbach, 1991 mengungkapkan bahwa dalam penggunaan Na – K untuk memperkirakan suhu reservoir yang lebih dalam karena sifatnya yang lambat mencapai kesetimbangan. Sedangkan K – Mg digunakan untuk mengestimasi suhu reservoir yang lebih dangkal karena sistem ini lebih cepat beradaptasi dengan perubahan suhu. Untuk menghitung temperatur berdasarkan geothermometer Na-K dan K-Mg adalah sebagai berikut (Giggenbach, 1991):

$$T^{\circ}\text{C} (Na - K) = \frac{1390}{1.75 + \log \frac{Na}{K}} - 273.15$$

$$T^{\circ}\text{C} (K - Mg) = \frac{4410}{14.0 + \log \frac{K^2}{Mg}} - 273.15$$

2. Geothermometer Na-K-Ca

Untuk memperkirakan suhu terakhir setelah interaksi air-batuan telah dirancang. Didasarkan pada konsentrasi molar Na, K, dan Ca pada manifestasi maupun data sumur yang valid dari 4-340 °C. Geothermometer Na-K-Ca sangat sesuai untuk tahap eksplorasi maupun produksi energi panas bumi. Metode ini

juga dapat digunakan dalam menafsirkan komposisi inklusi cairan. Perhitungan yang dilakukan untuk memperkirakan temperature berdasarkan Geothermometer Na-K- Ca adalah (Fournier dan Truesdell, 1973):

$$T^{\circ}\text{C} (Na - K - Ca) = \frac{1647}{\log \frac{Na}{K} + \beta (\log \frac{\sqrt{Ca}}{Na} + 2.06 + 2.47)} - 273.15$$

$$\beta = \frac{4}{3} \text{ (Jika } T < 100^{\circ}\text{C) atau } \beta = \frac{1}{3} \text{ (Jika } T > 100^{\circ}\text{C)}$$