

UNIVERSITAS TRISAKTI

FAKULTAS TEKNOLOGI KEBUMIHAN DAN ENERGI

Kampus A, Gedung D Lt.5, Jalan Kyai Tapa No.1, Jakarta 11440

Telp. (021)5670496, 5663232 Ext. 8505, 8510, Fax. (021) 2556 5637

Website: www.trisakti.ac.id E-mail : ftke@trisakti.ac.id

Nomor : 343/A.2/Dek-FTKE/USAKTI/IX/2023
Lampiran : -
Perihal : Permohonan Narasumber *Training of Trainer*

Kepada Yth. Dekan
Fakultas Teknologi Mineral
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Di Tempat

Dengan hormat,
Dalam rangka memenuhi Tridharma Perguruan Tinggi yaitu Pendidikan dan Pengembangan Kompetensi Dosen di lingkup FTKE Universitas Trisakti, kami bermaksud menyelenggarakan kegiatan *Training of Trainer* (ToT) dengan tema "Eksplorasi Geothermal".

Sehubungan dengan hal tersebut, bersama ini kami mengundang salah satu staff Dosen Prodi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta yaitu Bapak Dr. Ir. Dwi Fitri Yudiantoro, M.T., sebagai Narasumber yang sesuai dengan tema kegiatan ToT.

Adapun kegiatan tersebut akan dilaksanakan pada:

Hari/ Tanggal : Senin & Selasa, 25-26 September 2023

Jam : 08.00 s.d 16.00 (WIB)

Tempat : Ruang Diponegoro, Lantai 5, Gedung D, Universitas Trisakti

Demikian permohonan ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Jakarta, 20 September 2023
Dekan

Dr. Ir. Muhammad Burhannudinnur, M.Sc., IPU. 
NIK : 1978/USAKTI

CP:
Mira Meirawaty, S.T., M.T. (081910332838)



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA

FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL

Jl. Padjajaran (SWK) 104 (Lingkar Utara) Condongcatur, Yogyakarta 55283 Telp./Fax (0274) 487813

Jl. Babarsari 2, Tambakbayan, Yogyakarta 55281 Telp. /Fax (0274) 486911

Email: ftm@upnyk.ac.id ; Home Page: <http://www.ftmineral.upnyk.ac.id>

SURAT TUGAS

Nomor : B / 2090 / UN62.11 / ST / 2023

1. Berdasarkan surat dari Ketua Jurusan Teknik Geologi Nomor : 144 / UN62.11.01. / TU / 2023, tertanggal 24 September 2023, Perihal Permohonan Surat Tugas.
2. Berdasarkan surat dari Universitas Trisakti Nomor : 343/A.2/Dek-FTKE/USAkti/IX/2023 tanggal 20 September 2023, Perihal Permohonan Narasumber Trainer of Trainer
3. Sehubungan dengan hal tersebut di atas bersama ini,

Dekan Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional UPN "Veteran" Yogyakarta, memberikan tugas kepada :

NO	NAMA	NIP/NIK	Pangkat / Gol
1	Dr. Ir. Dwi Fitri Yudiantoro, M.T.	19630225 199003 1 002	Pembina Utama Muda – IV/c

Untuk melaksanakan tugas sebagai Dosen Tamu dalam kegiatan Trainer of Trainer di Universitas Trisakti yang dilaksanakan pada :

Hari/tanggal : Senin dan Selasa / 25 – 26 September 2023

Pukul : 08.00 WIB – Selesai.

Tempat : Ruang Diponegoro, Lantai 5, Gedung D, Universitas Trisakti.

4. Surat tugas ini dibuat untuk dilaksanakan dengan penuh tanggung jawab.

Yogyakarta, 25 September 2023



Dr.Ir. Sutarto, MT

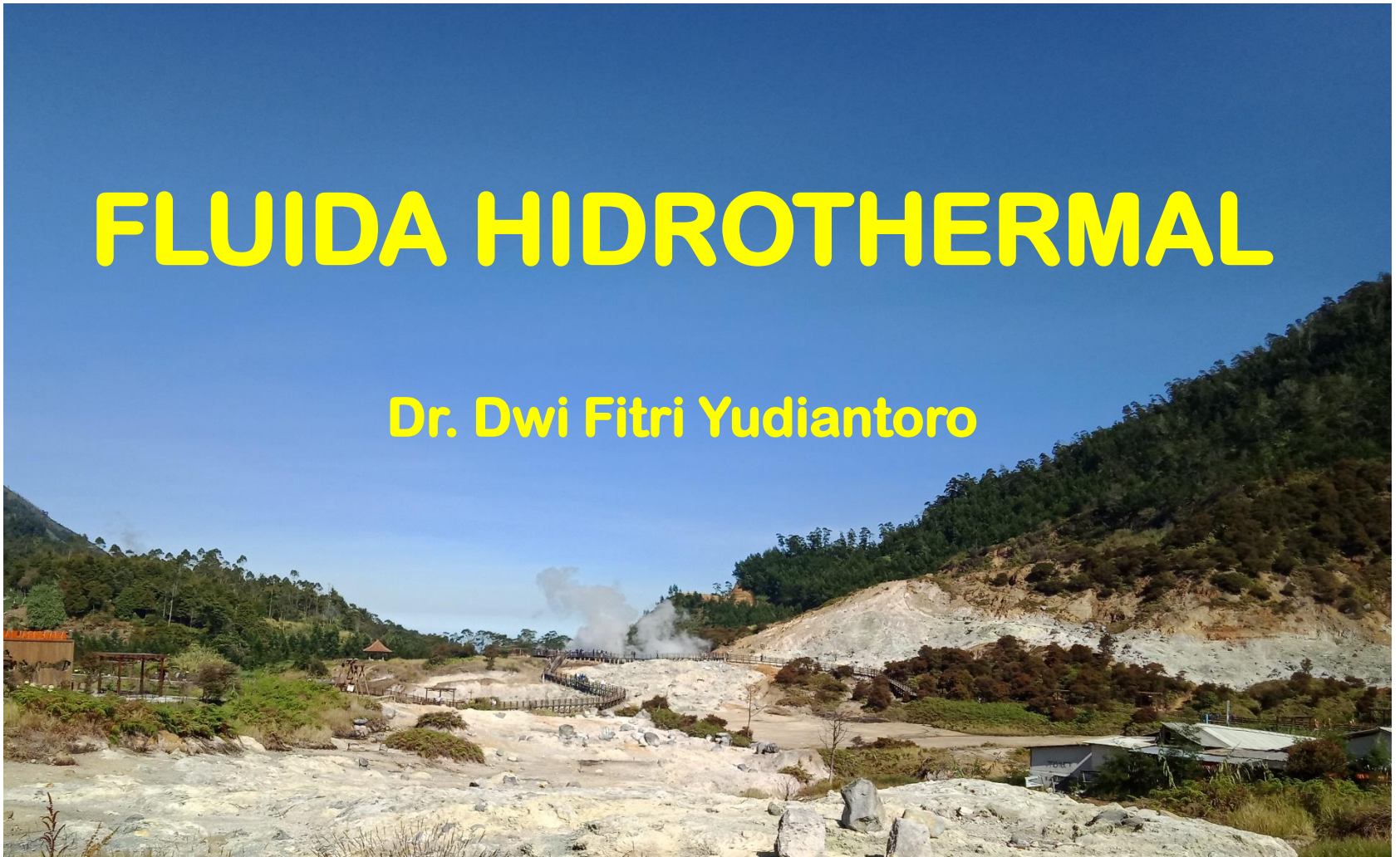
NIP.19650301 199103 1 001

Tembusan Yth.:

Ketua Jurusan Teknik Geologi
Fakultas Teknologi Mineral
UPN "Veteran" Yogyakarta

FLUIDA HIDROTHERMAL

Dr. Dwi Fitri Yudiantoro



GARIS BESAR PEMBAHASAN

- 1. JENIS-JENIS MANIFESTASI PANAS BUMI**
- 2. ASAL PEMBENTUKAN AIR PANAS BUMI**
- 3. PERAN GEOKIMIA**
- 4. KARAKTERISTIK FLUIDA**
- 5. GEOTHERMOMETER**

1. JENIS MANIFESTASI PANAS BUMI

1. Warm ground
2. Steaming ground
3. Hot pools
4. Mud pools
5. Warm and hot springs
6. Fumaroles
7. Geyser
8. Seepage
9. Hydrothermal eruption





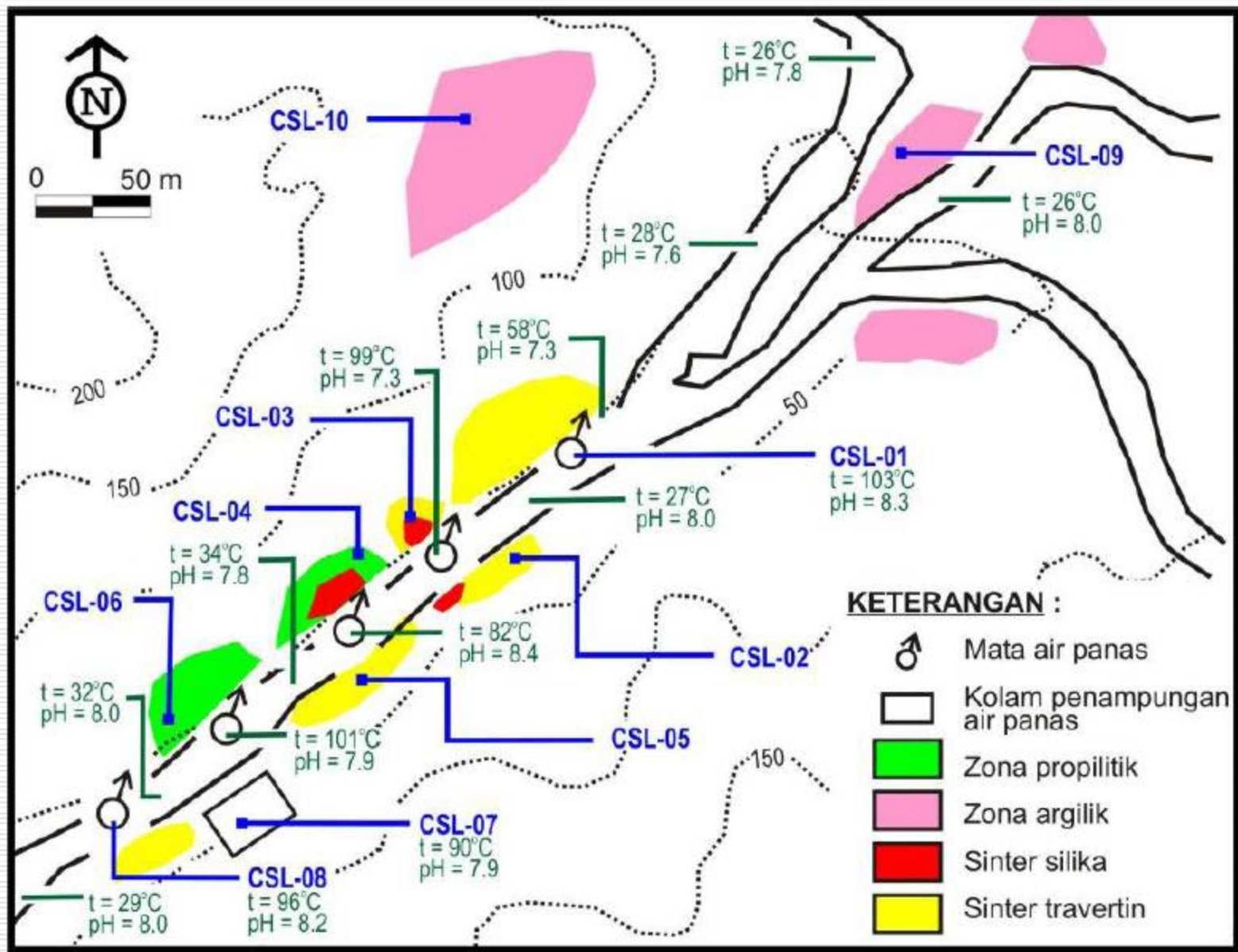
Manifestasi panasbumi di lapangan panasbumi Kamojang: A. Kawah Hujan), B. Kawah Cibuliran, C. Kolam lumpur dan D. Kawah Manuk



Alterasi permukaan di Cisolok, Cisarumpa



Singkapan batuan berubah menjadi kaolinit dan oksida besi (oker).

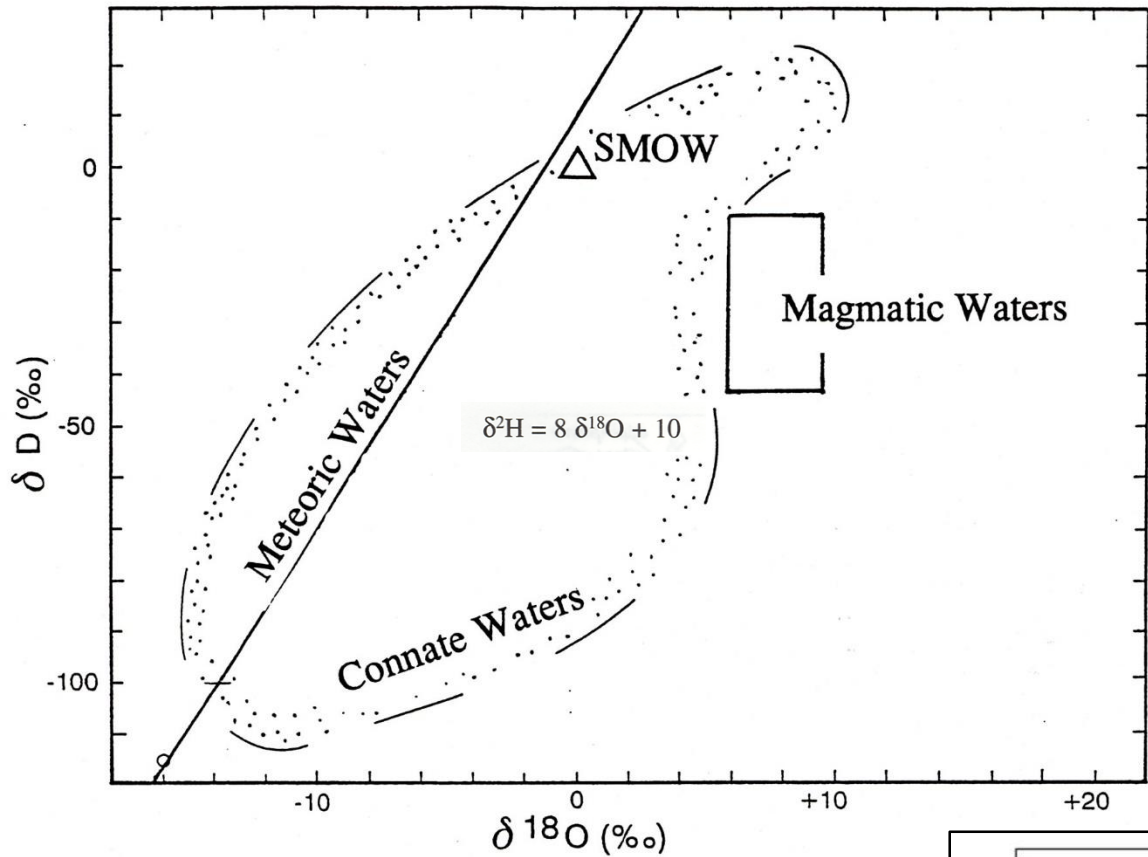


Peta manifestasi dan alterasi

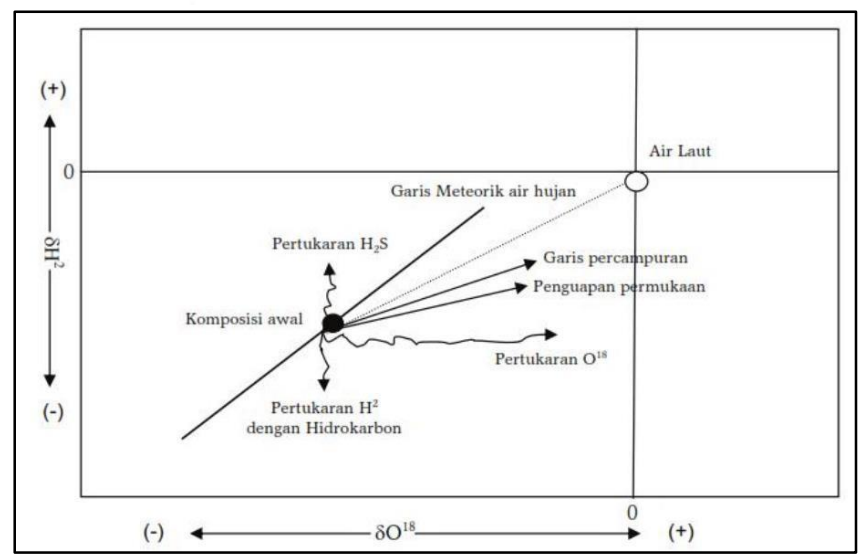
2. Origin air panas bumi

- Origin air panas bumi dapat diketahui dengan menggunakan isotop stabil ^{18}O dan ^2H .
- Air recharge berasal dari:
 - Air meteorik
 - Air laut
 - Air connate
 - Air magmatik

- 1) **Air Meteorik (Air Permukaan):** yaitu air yang berasal dari presipitasi atmosferik atau hujan, yang mengalami sirkulasi dalam hingga beberapa kilometer.
- 2) **Air Formasi (*connate Water*) :** Yaitu air meteorik yang terperangkap dalam formasi batuan sedimen dalam kurun waktu yang lama, air tersebut mengalami interaksi yang intensif dengan batuan yang menyebabkan air ini menjadi lebih *saline*.
- 3) **Air Metamorfik :** Yaitu air formasi yang berasal dari rekristalisasi mineral *hydrous* menjadi mineral yang kurang *hydrous* selama proses metamorfisme batuan.
- 4) **Air Magmatik:** Air magmatik dapat terbagi menjadi dua jenis, yaitu air magmatik yang berasal dari magma namun pernah menjadi bagian dari air meteorik dan air juvenile yang belum pernah menjadi bagian dari meteorik (Ellis & Mahon, 1977).
- 5) **Air Laut:** Yaitu air yang berasal dari laut, mengandung NaCl yang relatif tinggi



Air Meteorik



3. Peran geokimia

- Dalam penelitian geothermal geokimia berperan pada tahap:
 - Eksplorasi awal
 - Pemboran
 - Monitoring/produksi

Informasi geokimia

- Tingkat akuifer produksi dalam sumur dan suhunya
- Ratio air dan uap
- Penilaian kualitas air dan uap hubungannya dengan tujuan penggunaan dan efek lingkungan
- Kecenderungan scaling

Karakter kimia

- Mempunyai kandungan unsur kimia dalam bentuk aqueous, gas dan isotop.
- Satu unsur mungkin major elemen di fluida panas bumi tetapi minor di batuan.
- Yang mempengaruhi komposisi kimia fluida geothermal:
 - Pelarutan mineral primer
 - Presipitasi mineral sekunder

4. KARAKTERISTIK FLUIDA

AIR KLORIDA

- Sistem temperatur tinggi.
- Reservoir dalam
- Indikasi dari zona permeable tinggi (patahan, erupsi breksi atau conduit).
- Anion yang dominan adalah Cl dan biasanya memiliki konsentrasi ribuan sampai 10.000 mg/kg, dan pada air asin kandungan atau konsentrasi Cl dapat mencapai 100.000 mg/kg
- Unsur utama lainnya adalah sodium dan potassium dengan rasio perbandingan 10:1
- Kationnya adalah unsur silika (dimana konsentrasinya bertambah seiring meningkatnya kedalaman) dan boron
- Karbondioksida adalah kandungan gas utamanya

AIR SULFAT

- Kedalaman dangkal dan terbentuk sebagai akibat dari proses kondensasi gas panasbumi yang menuju dekat permukaan.
- Ditemukan pada batas daerah dan berjarak tidak jauh dari area *upflow* utama.
- Lokasi pastinya terletak jauh di atas *water table* dan di sekeliling *boiling zone*
- Mengalir melewati patahan (*fault*) menuju sistem panasbumi. Pada lokasi ini air sulfat dipanaskan, kemudian ambil bagian dalam alterasi batuan dan bercampur dengan air klorida.

AIR BIKARBONAT

- Banyak mengandung CO₂.
- Produk dari proses kondensasi gas dan uap menjadi mata air bawah tanah yang miskin oksigen.
- Banyak ditemukan pada area *non-volcanogenic* dengan temperatur tinggi.
- pH mendekati netral akibat reaksi dengan batuan lokal (baik pada reservoir dangkal atau selama proses mengalir ke permukaan).
- Mudah bereaksi dan sangat korosif (Hedenquist dan Stewart, 1985 dalam Nicholson, 1993).

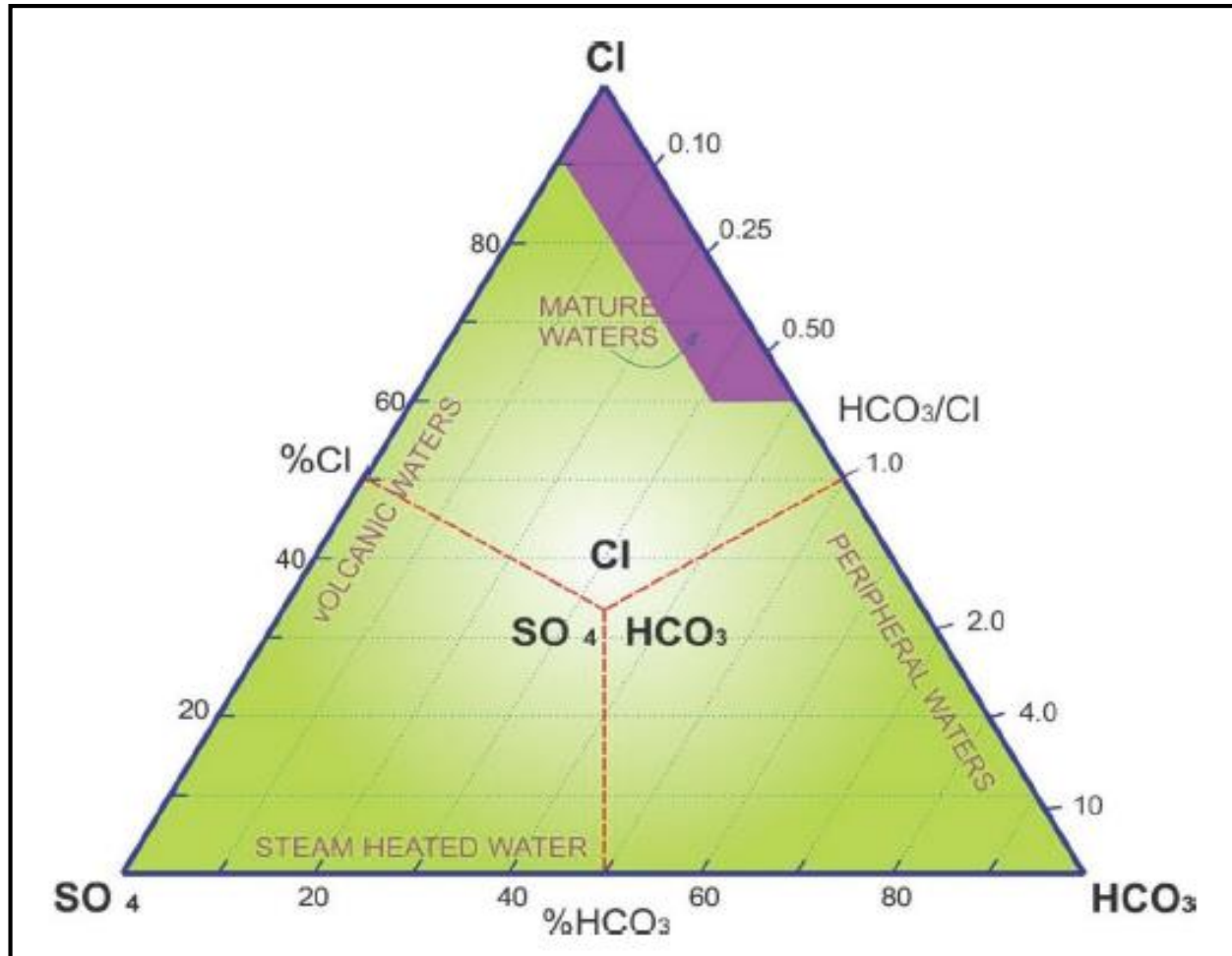


Diagram segitiga Cl-SO₄-HCO₃ (Giggenbach, 1988)

6. GEOTHERMOMETER

- Digunakan untuk memprediksi temperatur reservoir
- Berdasarkan variasi kandungan beberapa unsur dalam fluida panasbumi yang hadir sebagai fungsi dari temperatur
- Unsur : terlarut, gas, isotop
- Data : mata air panas, data pemboran/sumur
- Kesalahan : 5 hingga 10°C
- Fluida panasbumi muncul ke permukaan dengan cepat (≥ 2 kg/sec)
- Tidak ada *mixing* dengan fluida lain. Bila terjadi, *mixing* harus dapat dihitung
- Mengkombinasi beberapa perhitungan geotermometer

GEOTHERMOMETER AIR

Temperatur reservoir dapat dicerminkan dari beberapa unsur kimia yang terkandung di dalam air panas seperti:

- natrium (Na)
- kalium (K)
- silika (SiO_2)

Geotermometer Silika

1.	Kuarsa – <i>no steam loss</i>	$t^{\circ}\text{C} = \frac{1309}{5.19 - \log \text{SiO}_2} - 273$	$t = 0 - 250^{\circ}\text{C}$
2.	Kuarsa – <i>max steam loss</i>	$t^{\circ}\text{C} = \frac{1522}{5.75 - \log \text{SiO}_2} - 273$	$t = 0 - 250^{\circ}\text{C}$
3.	Kalsedon	$t^{\circ}\text{C} = \frac{1032}{4.69 - \log \text{SiO}_2} - 273$	$t = 0 - 250^{\circ}\text{C}$
4.	Kristobalite	$t^{\circ}\text{C} = \frac{1000}{4.78 - \log \text{SiO}_2} - 273$	$t = 0 - 250^{\circ}\text{C}$
5.	Opal CT	$t^{\circ}\text{C} = \frac{781}{4.51 - \log \text{SiO}_2} - 273$	$t = 0 - 250^{\circ}\text{C}$
6.	Silika amorf	$t^{\circ}\text{C} = \frac{731}{4.52 - \log \text{SiO}_2} - 273$	$t = 0 - 250^{\circ}\text{C}$

Geothermometer Na-K-Mg

-
- | | | |
|----------------------|--|---------------------------|
| 1. Na-K (Giggenbach) | $t^{\circ}\text{C} = \frac{1390}{\log(\text{Na/K}) + 1.75} - 273$ | $t > 150^{\circ}\text{C}$ |
| 2. K-Mg | $t^{\circ}\text{C} = \frac{4410}{14.0 - \log(\text{K}^2/\text{Mg})} - 273$ | $t > 150^{\circ}\text{C}$ |
-

Chalcedony

$t\text{ }^{\circ}\text{C} = 1112/(4.91 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$		25-180 °C	(a)
$t\text{ }^{\circ}\text{C} = 1264/(5.31 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	(after steam loss)	100-180 °C	(a)
$t\text{ }^{\circ}\text{C} = 1032/(4.69 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$		25-180 °C	(b)

Quartz

$t\text{ }^{\circ}\text{C} = 1164/(4.90 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$		180-300 °C	(a)
$t\text{ }^{\circ}\text{C} = 1498/(5.70 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	(after steam loss)	180-300 °C	(a)
$t\text{ }^{\circ}\text{C} = 1309/(5.19 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$		0-250 °C	(b)
$t\text{ }^{\circ}\text{C} = 1522/(5.75 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$	(after steam loss)	0-250 °C	(b)

Na - K (low albite / K - feldspar)

$t\text{ }^{\circ}\text{C} = 933/(0.993 + \log \text{Na/K}) - 273.15$		25-250 °C	(a)
$t\text{ }^{\circ}\text{C} = 1319/(1.699 + \log \text{Na/K}) - 273.15$		250-350 °C	(a)
$t\text{ }^{\circ}\text{C} = 1217/(1.483 + \log \text{Na/K}) - 273.15$		>150 °C	(c)
$t\text{ }^{\circ}\text{C} = 855.6/(0.8573 + \log \text{Na/K}) - 273.15$		>150 °C	(d)

Na - K - Ca

$t\text{ }^{\circ}\text{C} = 1647/(\log \text{Na/K} + \beta[\log(\sqrt{\text{Ca/Na}}) + 2.06] + 2.47) - 273.15$	<100°C $\beta = 4/3$		
	>100°C $\beta = 1/3$		(e)

(a) Arnórsson et al. 1983, (b) Fournier (1977), (c) Fournier (1979), (d) Truesdell (1975), (e) Fournier and Truesdell (1973).

Persamaan yang menyatakan ketergantungan suhu geothermometers kimia tertentu menggunakan konsentrasi analitik (mg/kg)

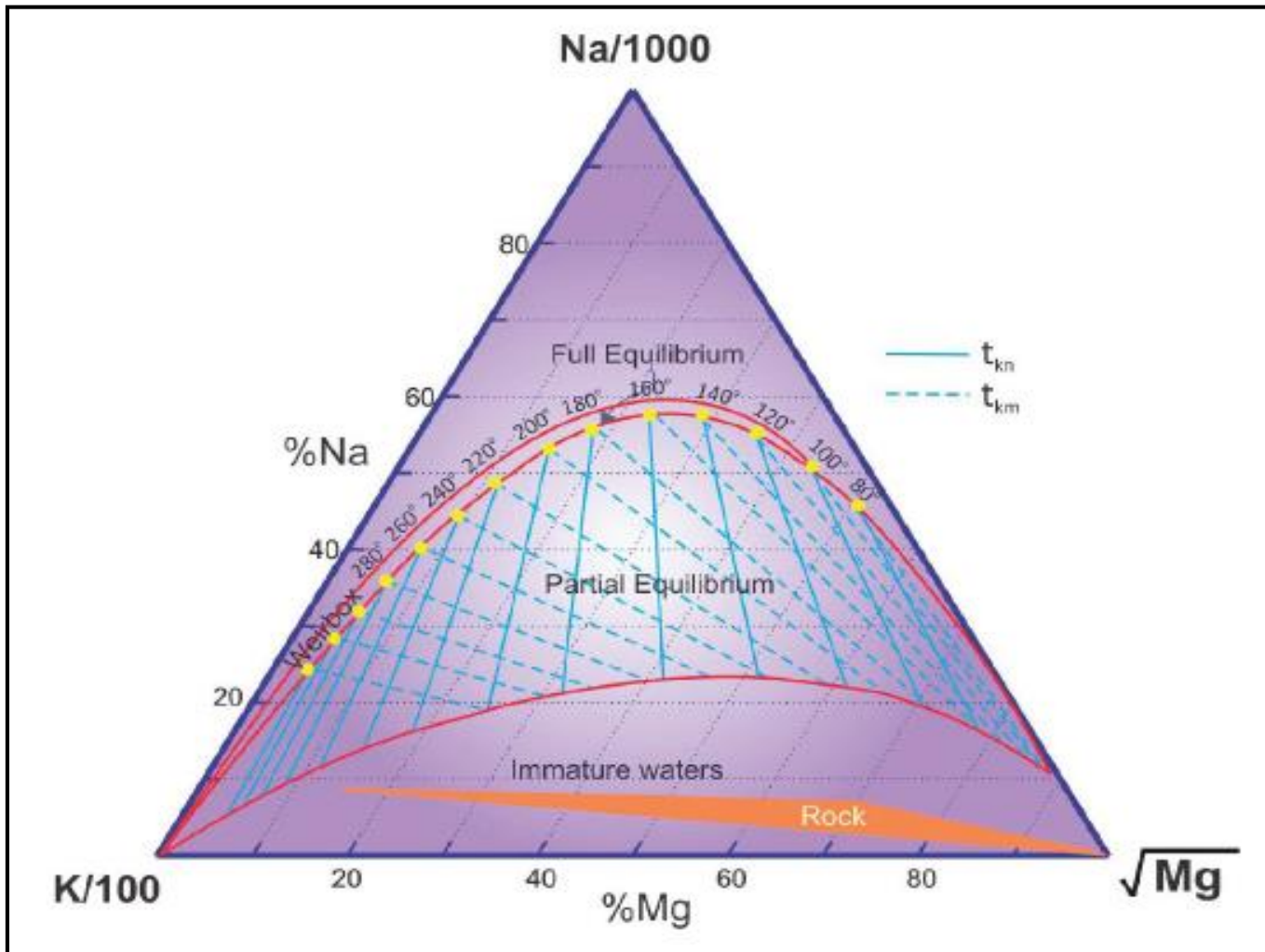


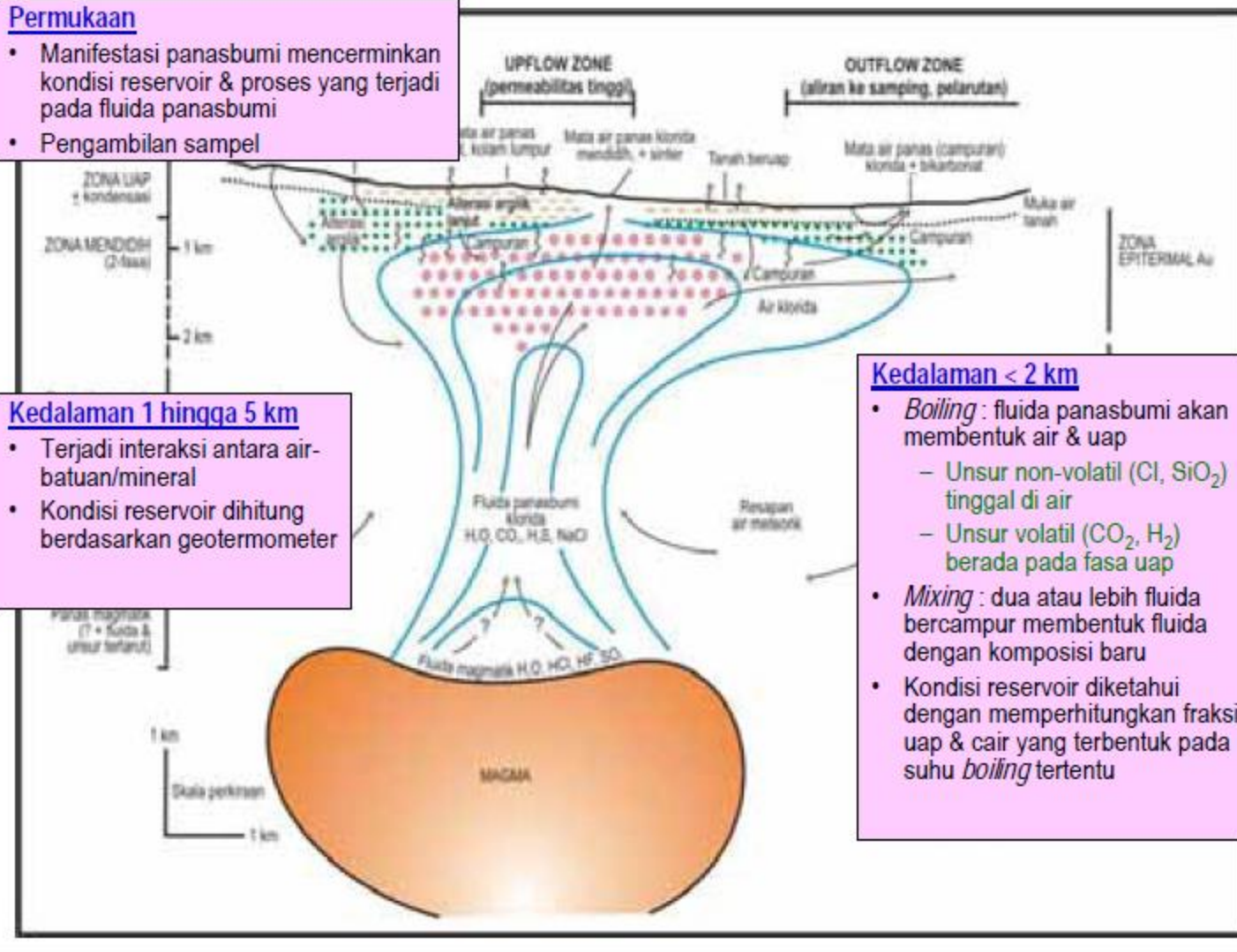
Diagram segitiga Na-K-Mg (Giggenbach, 1988)

Permukaan

- Manifestasi panasbumi mencerminkan kondisi reservoir & proses yang terjadi pada fluida panasbumi
- Pengambilan sampel

Kedalaman 1 hingga 5 km

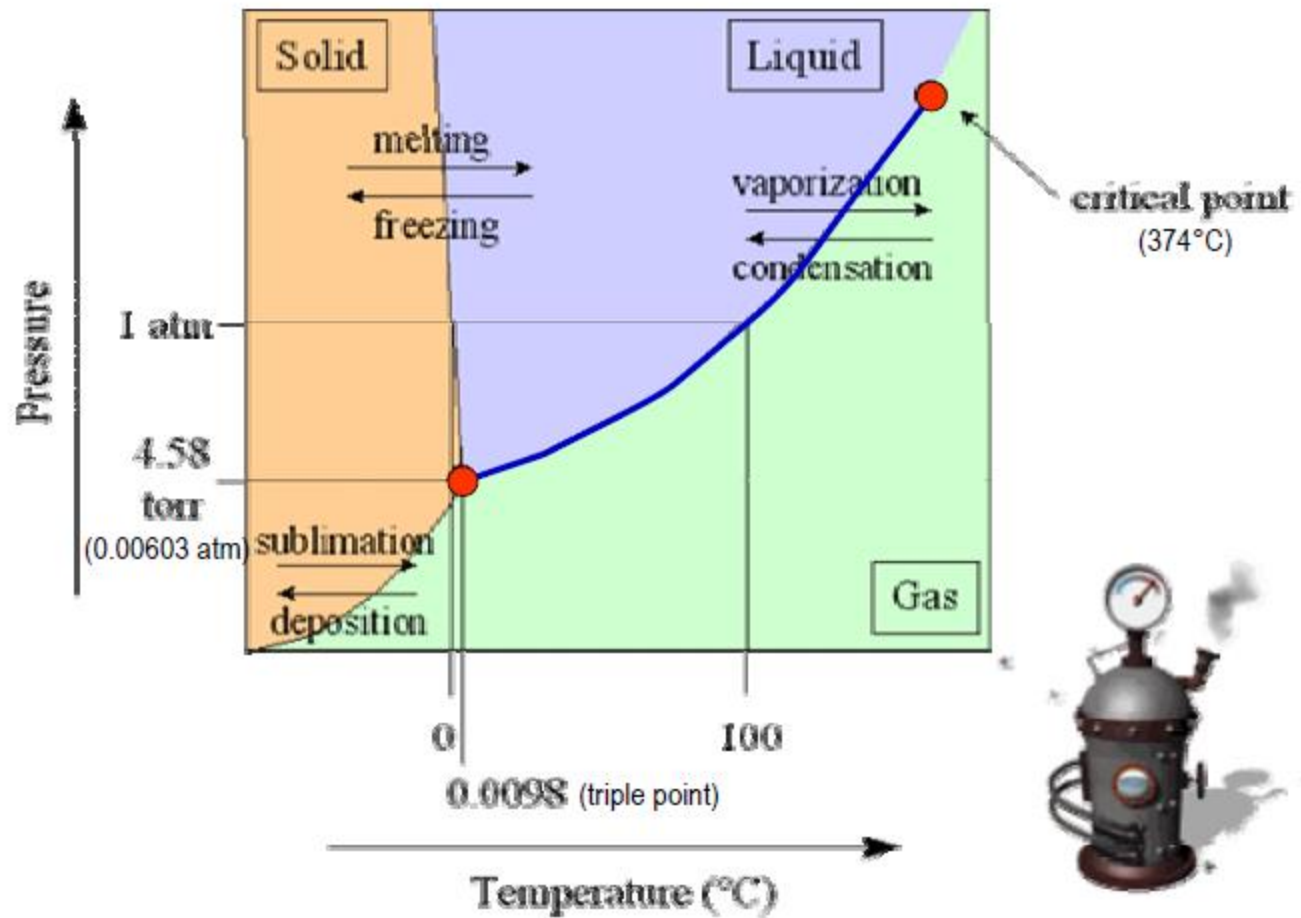
- Terjadi interaksi antara air-batuan/mineral
- Kondisi reservoir dihitung berdasarkan geotermometer



Kedalaman < 2 km

- **Boiling:** fluida panasbumi akan membentuk air & uap
 - Unsur non-volatil (Cl, SiO₂) tinggal di air
 - Unsur volatil (CO₂, H₂) berada pada fasa uap
- **Mixing:** dua atau lebih fluida bercampur membentuk fluida dengan komposisi baru
- Kondisi reservoir diketahui dengan memperhitungkan fraksi uap & cair yang terbentuk pada suhu *boiling* tertentu

Diagram fasa air



GEOTERMOMETER GAS

Mayoritas gas geotermometer mensyaratkan bahwa gas/uap, reservoir air panas, rasio uap/air harus diketahui (D'Amore dan Panichi, 1987 dalam Nicholson, 1993). Karena uap dan fase air yang sesuai jarang keluar bersama-sama di permukaan, rasio ini tidak dapat ditentukan untuk mata air panas atau fumarol.

Oleh karena itu hal ini membatasi penerapan sebagian besar gas geotermometer pada sumur *discharge*. Untuk geotermometer dari D 'Amore dan Panichi (1980), berdasarkan pada sistem $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{S-H}_2\text{-CH}_4$, dan CO , CO_2 dan geotermometer H-Ar, dapat diterapkan untuk uap alami dan sumur *discharge*.

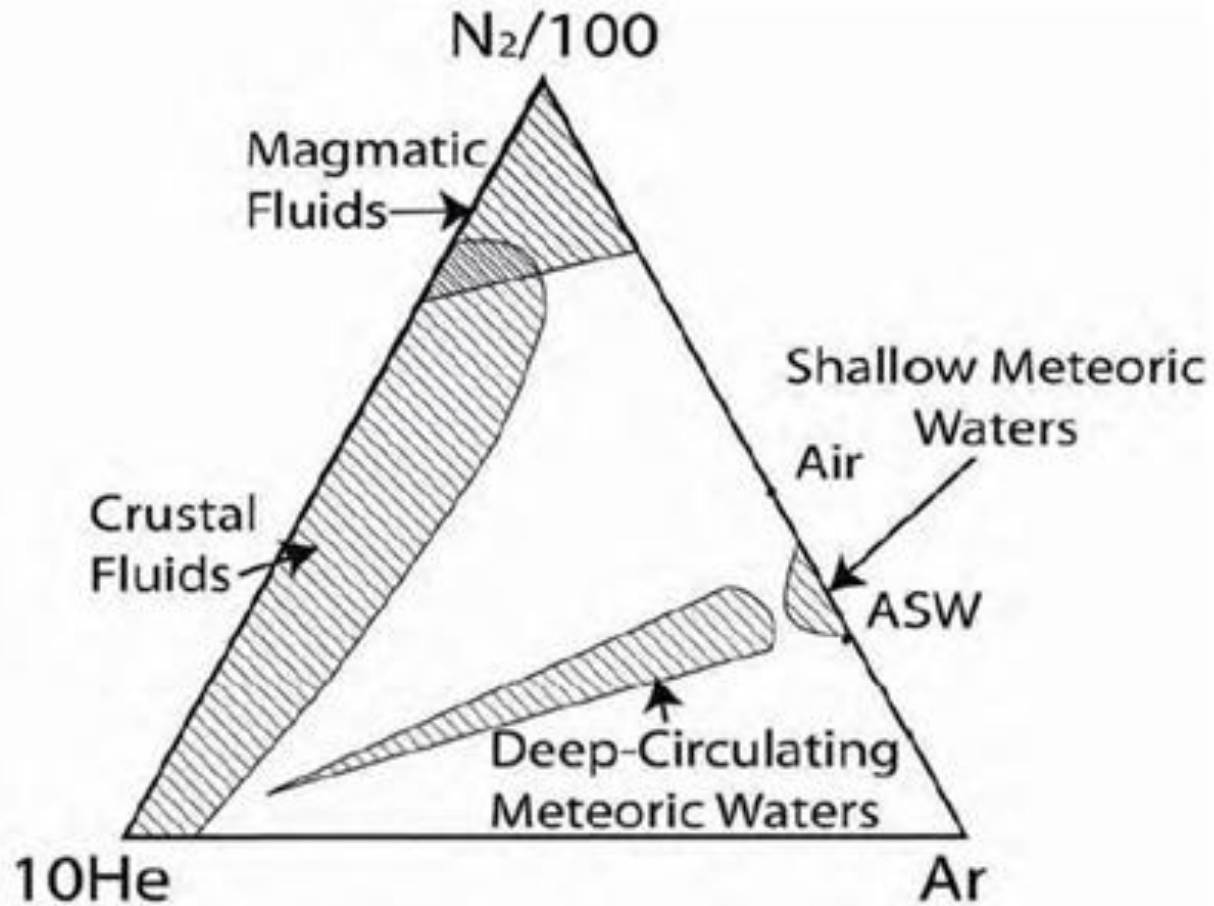
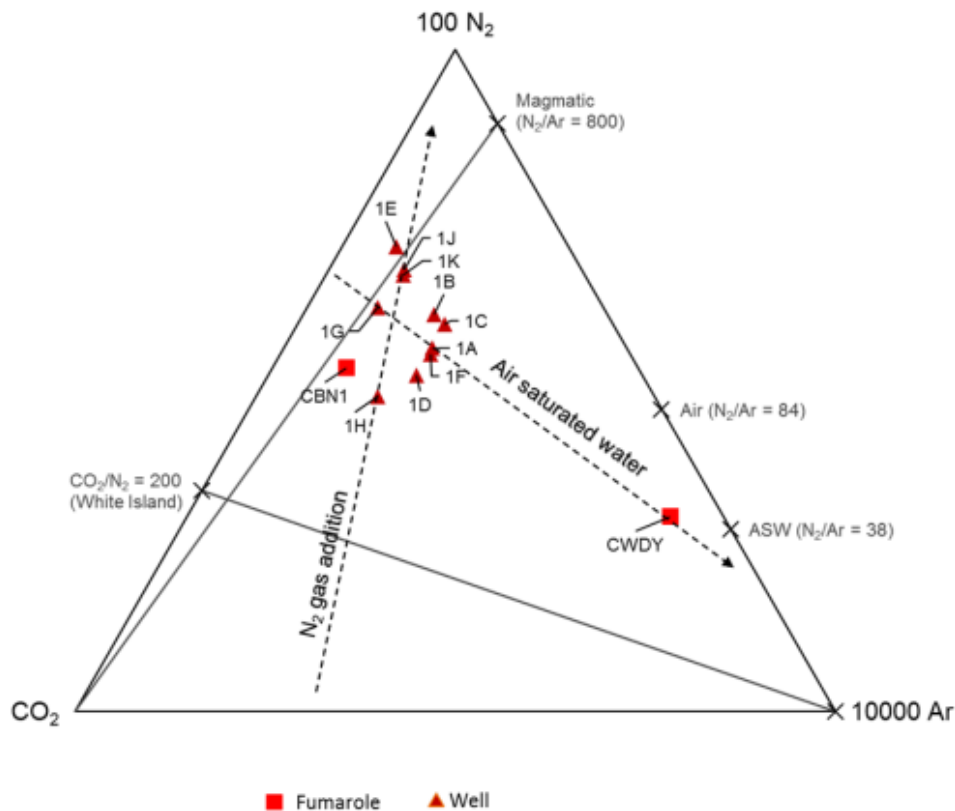


Diagram wilayah komposisi N_2 -Ar-He untuk magmatik, kerak, fluida meteorik bersirkulasi dalam, dan sumber fluida meteorik dangkal (dimodifikasi dari Norman dan Musgrave, 1994).

Gas Composition



- High CO₂ and H₂ concentrations - High Temperature
- H₂S CBN1 >>0.15 mol %) –high concentration – the enrichment of organic matter, which is supported by the high ratios of CH₄/Ar and N₂/Ar, which resulting from the decomposition of organic matte

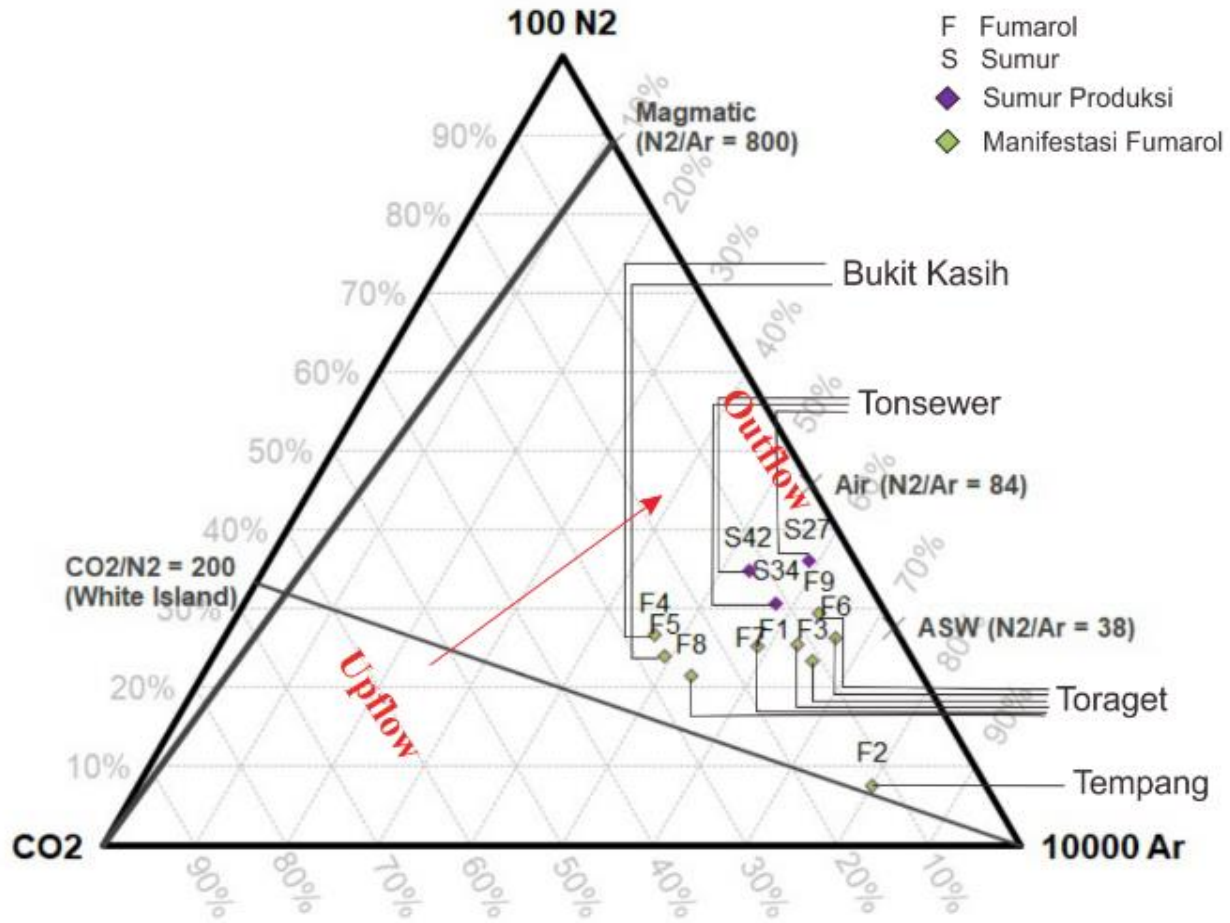
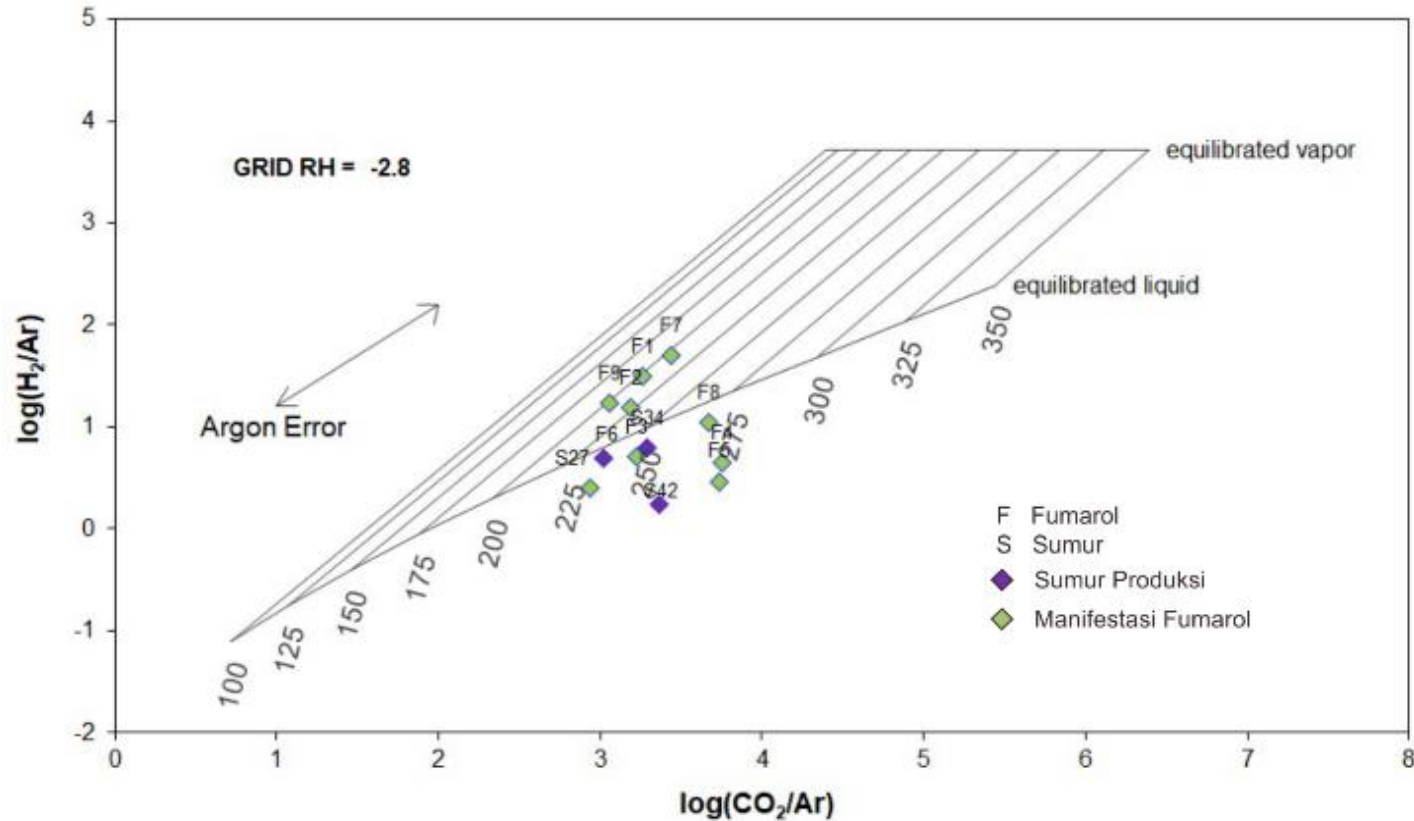


Diagram CO₂-N₂-Ar, menunjukkan kualitas dari suatu sampel gas



Cross-plot CO_2/Ar dan H_2/Ar (Giggenbach dan Glover (1992) dalam Powell dan Cumming (2010)) pada manifestasi gas dan sumur, menunjukkan beberapa sistem masuk kedalam dominasi air.

