



Seminar Nasional Kebumihan VIII-2013

Yogyakarta, 5 September 2013



No ISBN : 978-602-19765-2-4

PROSIDING

**Menuju Pengelolaan Energi dan Sumberdaya Mineral
Indonesia Yang Lebih Berdaulat :
Tantangan, Teknologi, Sistem, dan Solusi**

FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN
YOGYAKARTA

-	The Formation of Steam Heated - Acid Sulphate (Advance Argillic) Alteration in Associated with Low Sulfidation Epithermal Deposit in The Oligo-Miocene Volcanism, Kalibangkang Hope, Ayah Area, Southern Central Java Adi SULAKSONO, Putu A. ANDIHIRA, Bambang PRASTISTHIO, Joko SOESILO, SUTARTO	277
-	Karakteristik Geometri Lapisan Batubara di Antiklin Palaran Bambang KUNCORO Prasongko.....	287
-	Alterasi dan Komposisi Kimia Epidot pada Sumur Kmj-26 Lapangan Panasbumi Kamojang, Jawa Barat, Indonesia D.F.YUDHANTORO, Emmy SUPARKA, Suyatno YUWONO, Isao TAKASHIMA dan Yustin KAMAH	298
-	Studi Mineralisasi Daerah Paslaten dan Sekitarnya, Kecamatan Tatapaan, Kabupaten Minahasa Selatan, Sulawesi Utara Hari Wiki UTAMA, SUPRAPTO, SUTANTO	307
-	Magmatism and Porphyry Cu-Au Mineralisation at Randu Kuning Prospect, Selogiri Area, Central Java SUTARTO, Arifudin IDRUS, Spto PUTRANTO, Agung HARJOKO, Lucas DONNY, SETIADJI, Michael MEYER and Rama DANY	316
-	Hidrogeologi dan Program Konservasi Airtanah Daerah Lereng Gunung Arjuno, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur Sari BAHAGIARTI K., Puji PRATIKNYO, Herry RISWANDI, Eni MURYANI.....	330
-	Arti Penting Fragmen Breksi Formasi Mandalika di Daerah Selogiri, Wonogiri, Jawa Tengah Rama DANNY, SUTARTO, C. PRASETYADI, dan Spto PUTRANTO.....	348
-	Perkembangan Struktur Geologi dan Sedimentasi selama Fase Synrift, Sagging sampai dengan Kompresi di Lapangan "Key" Block, Cekungan Sumatera Tengah Jatmika SETIAWAN, Bambang TRIWIBOWO	357

Alterasi dan Komposisi Kimia Epidot pada Sumur KMJ-26 Lapangan Panasbumi Kamojang, Jawa Barat, Indonesia

D.F.Yudiantoro¹, Emmy SUPARKA², Suyatno YUWONO, Isao TAKASHIMA³
dan Yustin KAMAH⁴

¹Jurusan Teknik Geologi UPN "Veteran" Yogyakarta, Indonesia

²Jurusan Teknik Geologi Institut Teknologi Bandung, Indonesia

³Centre for Geo-Environmental Science, Akita University, Japan

⁴Pertamina Geothermal Energy, Indonesia

Abstract

Sistem sumber energi panasbumi merupakan sistem yang sangat dinamis, sehingga dapat disebut "renewable", karena sangat berbeda dengan sistem energi yang lain, seperti: minyak bumi, gas alam dan batubara yang tidak dapat diperbaharui lagi. Lapangan panasbumi Kamojang merupakan salah satu lapangan panasbumi yang menghasilkan listrik untuk pasokan Jawa-Bali dan lapangan panasbumi ini merupakan sistem dominasi uap yang bertemperatur tinggi sekitar 250°C. Pada tahun 2008, kapasitas produksi di Kamojang ditingkatkan dari 140 menjadi 200 MW.

Proses ubahan hidrotermal akan merubah batuan induk secara fisik, kimiawi dan mineralogi batuan asal. Proses ini terjadi akibat interaksi antara fluida panas dengan batuan, sehingga mineral primer menjadi tidak stabil di dalam kondisi lingkungan baru. Perubahan kondisi lingkungan ini menyebabkan mineral primer berubah menjadi mineral ubahan. Untuk melakukan identifikasi mineral ubahan pada penelitian ini dengan menggunakan analisis defraksi sinar X, petrografi dan Electron Probe Microscope Analyzer (EPMA) terhadap sampel batuan dari sumur KMJ-26. Hasil analisis defraksi sinar X dan petrografi diperoleh bahwa mineral ubahan yang terdapat pada sumur KMJ-26 adalah kristobalit, kuarsa, montmorilonit, illit-montmorilonit, illit, klorit, epidot, aktinolit, biotit, wairakit, kalsit, anhidrit, gipsum, hematit dan pirit. Sedangkan pada mineral epidot dilakukan analisis Electron Probe Microscope Analyzer (EPMA) dan hasil analisis tersebut menunjukkan komposisi kimiawi epidot, yaitu SiO₂ (39,01-39,15%), Al₂O₃ (23,52-27,69%), CaO (21,58-23,79%), Fe₂O₃ (1,24-1,78%), FeO (6,30-9,10%), TiO₂ (0,07-0,17%), MnO (0,13-0,59%), MgO (0,01-0,16%), K₂O (0,01%), Na₂O (0,004%) dan H₂O (1,79-1,87%). Mineral epidot ini sebagai penciri reservoir panasbumi dan terbentuk pada temperatur >250°C. Hasil studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengetahuan mengenai karakteristik lapangan panasbumi Kamojang khususnya dan eksplorasi panasbumi pada umumnya.

Kata kunci: mineral ubahan-epidot-komposisi kimiawi, makalah, Seminar Nasional, SemDum VIII/2013

1. Pendahuluan

Lapangan panasbumi Kamojang terletak di Provinsi Jawa Barat, yaitu kurang lebih 60 km dari Bandung ke arah tenggara. Secara administratif lapangan ini termasuk di wilayah Kecamatan Ibum, Kabupaten Bandung. Wilayah lapangan panasbumi Kamojang dibatasi oleh beberapa bentuk morfologi gunungapi, seperti: G.Gandapura di bagian timur, G.Pasir Jawa dan G.Sanggar di bagian barat, G.Jawa di bagian selatan dan di utara ditempati oleh G.Cakra. Secara geografis daerah ini terletak pada koordinat 107° 47' 53" - 107° 48' 8" Bujur Timur hingga 7° 00' - 7° 02'



10° Lintang Selatan. Lapangan ini dapat dicapai melalui kota Garut, kemudian dilanjutkan ke arah utara kurang lebih 21 km.

Kamojang merupakan salah satu sistem panasbumi dominasi uap yang sangat langka di dunia, seperti: Darajat di Indonesia, Larderello di Italia dan The Geysers di Kalifornia (Nicholson, 1993). Keunikan sistem ini menimbulkan berbagai macam permasalahan diantaranya adalah faktor kecilnya permeabilitas pada sistem tersebut, sehingga melahirkan sejumlah penelitian untuk lebih memahami sistem panasbumi ini.

Lapangan panasbumi Kamojang ditemukan oleh Kolonial Belanda pada tahun 1920 dan eksplorasi diawali pada tahun 1973 dengan bentuk kerjasama antara pemerintah Indonesia dengan New Zealand. Setelah 10 tahun eksplorasi, lapangan ini berproduksi pada tahun 1983 dengan menghasilkan 30 MWe, kemudian pada tahun 1987 diperbesar menjadi 140 MWe (Sudarman dkk, 1995).

2. Geologi Kamojang

Tatanan geologi Kamojang telah banyak dipelajari oleh beberapa ahli geologi diantaranya adalah Robert (1988). Menurut Robert (1988) bahwa lapangan panasbumi Kamojang terletak dalam suatu rangkaian gunungapi besar dengan wilayah panjang 15 km dan lebar 4,5 km. Serta daerah tersebut terletak dalam suatu rangkaian pegunungan yang disusun oleh sejumlah gunungapi yang berjajar dari barat ke arah timur, meliputi: Gunung Rakutak, Danau Ciharus, Danau Pangkalan, Gunung Gandapura, Gunung Guntur dan Gunung Masigit. Gunung Rakutak berumur lebih tua daripada Gunung Guntur dan keduanya masih aktif. Sedangkan lapangan panasbumi Kamojang sendiri dihatasi oleh Gunung Rakutak di sebelah barat dan Gunung Guntur di sebelah timur. Perkembangan gunungapi ini dapat teramati melalui kesejajaran pusat magmatiknya, yaitu perkembangan gunungapi berawal dari barat ke arah timur. Selain hal tersebut berdasarkan analisis gravity dan magnetik yang dilakukan oleh Sudarman dan Hochstein (1983) menunjukkan bahwa terdapat bahan padat pada kedalaman yang dalam (> 2 km). Bahan padat tersebut bagian atasnya masih sangat bersifat magnet. Hal ini menurut Sudarman (1983) merupakan pluton yang mendingin, berkomposisi diorit dan pluton ini yang berfungsi sebagai sumber panas yang memanasi sistem panasbumi Kamojang.

Robert, dkk (1983) telah menyusun stratigrafi dan geologi daerah Kamojang berdasarkan data pemboran dangkal dan dalam. Dengan melakukan korelasi litologi dan log litologi antar sumur, maka menghasilkan peta geologi, kolom stratigrafi dan penampang stratigrafi. Menurutnya daerah Kamojang terdiri dari dua formasi (dari tua ke muda) adalah Formasi Pangkalan dan Formasi Gandapura. Formasi Pangkalan berumur $1,2 \pm 0,02$ jtl yang menempati bagian barat, sedangkan Formasi Gandapura berumur $0,452 \pm 0,05$ jtl menempati bagian timur Kamojang (pentarikhan umur menggunakan metoda K-Ar).

Mineral ubahan yang terjadi di lapangan panasbumi Kamojang menurut Yudiantoro (1997) dapat dibagi menjadi 3 zona ubahan, yaitu: zona kaolinit-montmorillonit, zona anhidrit-kalsit dan zona epidot-klorit. Zona kaolinit-montmorillonit dan zona anhidrit-kalsit terletak pada kedalaman yang dangkal, yang merupakan zona argilik atau sebagai lapisan penutup (*cap rock*) dari sistem reservoir panasbumi ini. Sedangkan zona epidot-klorit terletak pada kedalaman yang dalam dan merupakan zona propilitik atau merupakan zona reservoir dari sistem reservoir panasbumi. Sedangkan Utami (2000) membagi himpunan mineral lapangan panasbumi ini menjadi dua himpunan mineral ubahan, yaitu: himpunan mineral asam dan

netral. Himpunan mineral ubahan asam meliputi: kaolin dengan atau tanpa smectite, alunite, kuarsa, kristobalit dan pirit, himpunan mineral ini terletak pada kedalaman yang dangkal sekitar 100-300 m. Sedangkan himpunan mineral netral terdiri dari epidot, titanit, wairaldit, laumontit, kalsit, hematite, pirit, klorit, illit dan perlapisan mineral lempung (*mixed layer clay*). Himpunan mineral netral ini terletak pada kedalaman yang lebih dalam. Menurut Kamah, dkk (2003) zonasi mineral ubahan lapangan panasbumi ini dapat dibagi menjadi zona argilik dan propilitik. Zona argilik didominasi oleh mineral lempung yang terdiri dari kaolin (<120° C), smectite (<150° C) dan smectite-illite (> 200°C) yang terbentuk dalam kondisi asam mendekati netral (*steam zone*). Sedangkan zona propilitik merupakan kumpulan mineral yang berada di kedalaman, mempunyai temperatur di atas 200°C berada di dalam zona reservoir. Mineral yang hadir pada zona ini adalah epidot, adularia, wairakit, *non swelling chlorite* dan kalsit. Sedangkan Purba (1994) yang melakukan penelitian di sumur KMJ-48 dan KMJ-53 menjumpai mineral ubahan yang mengindikasikan temperatur pada sumur tersebut yaitu wairakit, illit dan epidot, mineral ini mempunyai kisaran temperatur sekitar 250°C, sedangkan hasil pengukuran temperatur menunjukkan 245°C. Adularia mengindikasikan permeabilitas tinggi dan terdapat pada *core* pada sumur KMJ-53 (710-712 m, 992-996 m) dan KMJ-48 (819-821 m dan 1372-1375 m).

3. Metodologi

Penelitian ini pada pelaksanaannya adalah melakukan indentifikasi analisis mineral ubahan terhadap sampel serbuk bor dari sumur KMJ-26 dari kedalaman dangkal hingga dalam. Sampel dianalisa dengan menggunakan metode defraksi sinar X (XRD) dan petrografi, sedangkan untuk mengetahui karakteristik komposisi kimiawi mineral epidot dengan menggunakan analisis Electron Probe Microscope Analyzer (EPMA). Dengan mengetahui distribusi mineral ubahan dan jenis, serta komposisi epidot, maka dapat diperoleh informasi kondisi reservoir panasbumi dari kedalaman yang dangkal hingga dalam. Semakin menuju kedalaman yang dalam, maka akan diperoleh mineral ubahan yang terbentuk pada temperatur tinggi. Dengan demikian kehadiran mineral ubahan yang diperoleh dapat dipergunakan untuk mengetahui kondisi temperatur dari reservoir panasbumi sumur KMJ-26.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Jenis mineral Ubahan

Sampel batuan ubahan di sumur KMJ-26 yang dipergunakan pada penelitian ini yaitu sampel batuan yang terdapat pada kedalaman 138 m, 390 m, 492 m, 543 m, 762 m, 861 m, 924 m, 1032 m dan 1038 m. Sampel-sampel batuan ubahan ini dilakukan analisis defraksi sinar X dan petrografi, sedangkan pada sampel di kedalaman 1038 m dilakukan analisis EPMA. Hasil analisis petrografi yang dilakukan terhadap sampel-sampel di sumur KMJ-26, memperlihatkan bahwa jenis batuan yang terdapat pada sumur tersebut adalah tuff, lava andesit, breksi andesit dan mikro diorite yang telah mengalami ubahan. Batuan tersebut disusun oleh mineral primer, seperti: plagioklas, piroksen dan gelas vulkanik. Secara umum mineral primer tersebut telah mengalami ubahan hidrotermal menjadi mineral ubahan. Hasil indentifikasi mineral dengan menggunakan analisis petrografi dan defraksi sinar X disajikan dalam Gambar 1 dan distribusi mineral ubahan terhadap kedalaman ditabulasikan yang dapat dilihat pada Gambar 2. Sehingga mineral ubahan yang hadir pada sumur KMJ-26 dapat dijelaskan sebagai berikut:

Silika Sekunder

Kristobalit, hadir pada kedalaman yang dangkal dan mineral ini teramati dari hasil analisis difraksi sinar-X pada sampel di kedalaman 138 m. Kuarsa, hadir hampir di setiap kedalaman berkisar antara 5-30 %. Kuarsa ini menunjukkan semakin melimpah dengan bertambahnya kedalaman. Kuarsa hadir merubah fenokris dan masadasar, serta sebagai mineral pengisi di dalam urat dan rongga. Sebagai pengisi urat dapat hadir bersama kalsit, anhidrit, gypsum, klorit, pirit dan hematit. Sedangkan sebagai pengisi rongga (*vuggy*) kuarsa dapat pula hadir bersama kalsedon dan silika amorf. Kalsedon, hadir pada kedalaman 138 m, 492 m, 762 m, 924 m, 1032 m dan 1038 m. Mineral ini hadir mengisi rongga (*vuggy*) bersama kuarsa, silika amorf dan klorit. Hadir sekitar 1-3 % di dalam batuan ubahan. Silika amorf, hadir pada umumnya mengisi rongga (*vuggy*) bersama dengan kuarsa dan kalsedon. Hadir pada kedalaman yang dangkal yaitu pada kedalaman 138 m.

Mineral lempung

Mineral ini diidentifikasi dengan menggunakan metode difraksi sinar-X. Secara umum mineral lempung ini hadir di dalam batuan ubahan yang merubah mineral fenokris dan masadasar. Beberapa mineral lempung yang hadir pada sumur ini dari kedalaman yang dangkal hingga dalam adalah: montmorillonit, illit-montmorillonit dan illit. Montmorillonit hadir pada kedalaman dangkal, yaitu yaitu pada sampel di kedalaman 138 m. Sedangkan illit-montmorillonit hadir pada sampel di kedalaman 492 m dan 543 m. Adapun illit hadir pada sampel di kedalaman 1038 m.

Mineral karbonat dan sulfat

Kalsit, mineral ini hadir merubah plagioklas, piroksen dan masadasar, serta dapat hadir sebagai mineral pengisi urat dan rongga. Kalsit dapat hadir bersama beberapa mineral, yaitu kuarsa, epidot, wairakit, anhidrit, klorit, pirit dan hematit. Kehadiran kalsit ini berkisar antara 5-20 % dan hampir di setiap kedalaman mineral ini dapat dijumpai. Anhidrit, hadir sebagai mineral ubahan yang merubah fenokris dan masadasar. Selain sebagai mineral ubahan, anhidrit ini sebagai mineral pengisi rekahan kristal, rongga ataupun urat bersama dengan aktinolit, kalsit, gypsum, klorit dan kuarsa. Hadir kurang dari 12 % di dalam batuan ubahan dan hadir pada hampir setiap kedalaman. Gypsum, hadir pada sampel di kedalaman 492 m, 543 m dan 762 m. Mineral ini hadir bersama anhidrit dan di dalam batuan ubahan hadir sekitar 5%.

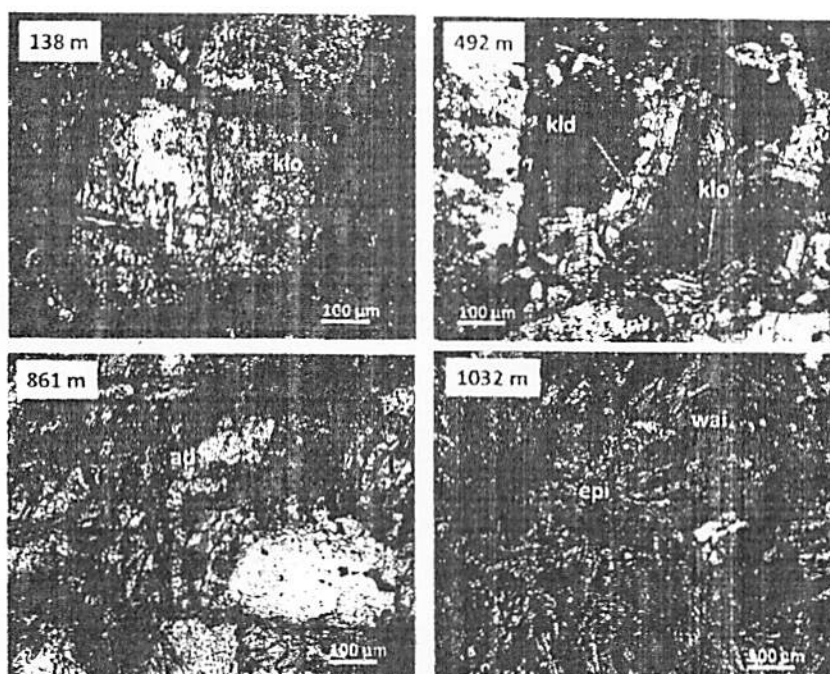
Mineral silikat

Klorit, mineral ini mengganti beberapa mineral plagioklas, piroksen dan masadasar. Pada plagioklas dan piroksen, klorit ini sering nampak merubah pada bagian tepi ataupun pada bidang belahan kristal. Selain sebagai mineral ubahan, klorit di beberapa sayatan nampak hadir sebagai mineral pengisi rekahan, rongga ataupun urat bersama dengan kalsit, anhidrit, mineral opak (pirit, hematit) kuarsa dan kadang bersama kalsedon. Klorit hadir berkisar antara 5-20 % di dalam batuan ubahan. Aktinolit, hadir pada kedalaman yang dalam, yaitu di kedalaman 861 m, 924 m dan 1032 m. Mineral ini hadir kurang dari 5% dan hadir bersama anhidrit, epidot dan wairakit. Biotit, hadir pada kedalaman 924 m. Mineral ini hadir sekitar 5% dan sebagian biotit ini berubah menjadi hematit dan mineral opak. Epidot, hadir pada kedalaman yang dalam, yaitu pada sampel batuan di kedalaman 861-1038 m. Mineral ini hadir merubah sebagian mineral plagioklas dan epidot ini di dalam batuan ubahan hadir sekitar 10%. Di beberapa tempat di dalam sayatan dijumpai epidot yang digantikan oleh kalsit dan wairakit. Adularia, hadir di kedalaman yang dalam, yaitu pada sampel batuan ubahan di kedalaman 861 m dan mineral ini mengganti plagioklas. Wairakit, mineral wairakit hadir pada sampel batuan ubahan di

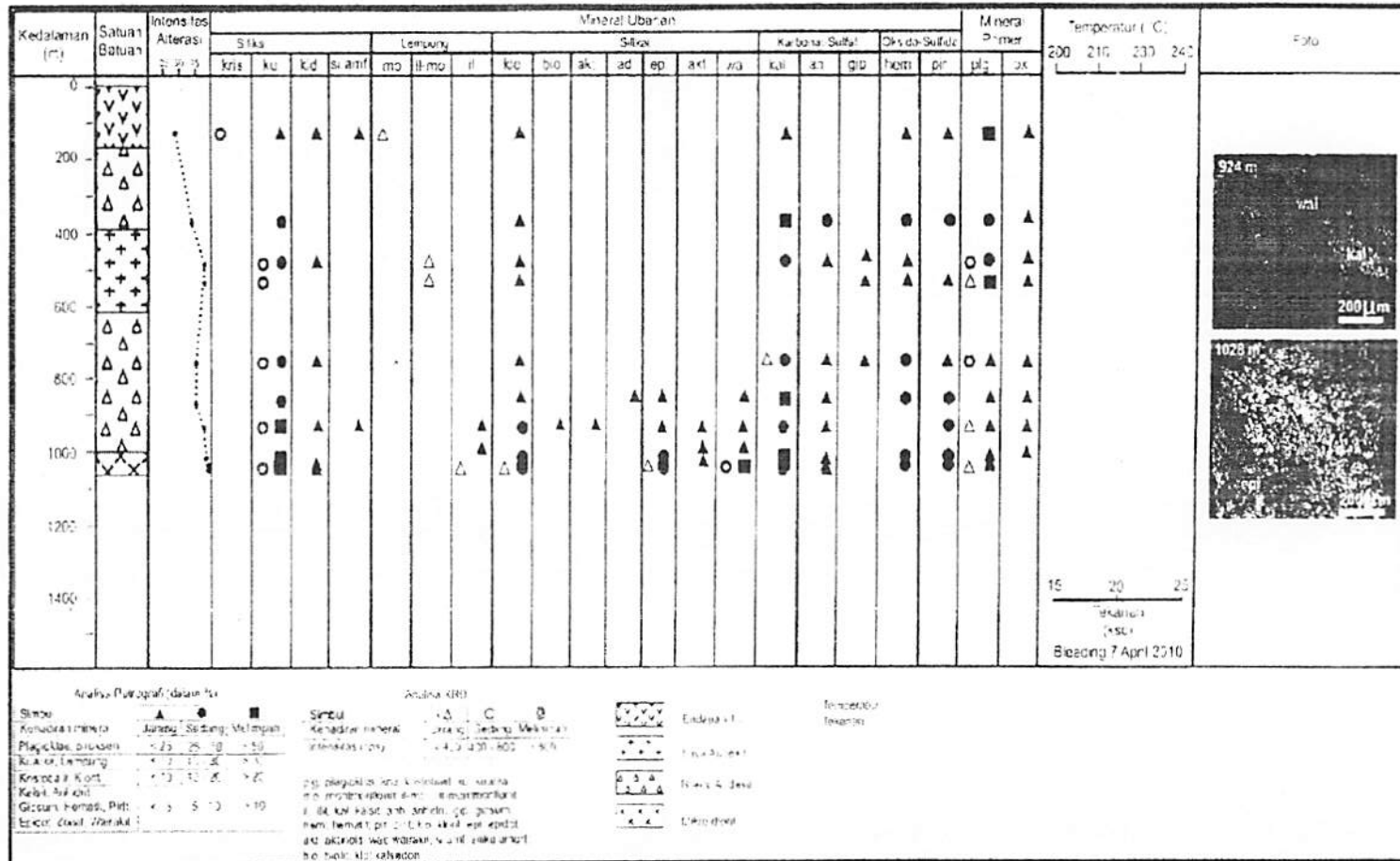
kedalaman 861-1038 m dan wairakit ini mengganti plagioklas dan masadasar. Hadir pada batuan ubahan sekitar 10%. Pada sampel di kedalaman 924 m, dijumpai wairakit yang diganti oleh kalsit.

Mineral opak

Hematit, hadir merubah sebagian plagioklas, piroksen dan masadasar, serta dapat hadir sebagai mineral pengisi urat dan rongga. Sebagai pengisi urat hematit dapat hadir bersama kuarsa, klorit dan kalsit. Hematit dapat dijumpai di kedalaman yang dangkal hingga dalam dan hadir berkisar antara 3-12%. **Pirit**, mineral ini hampir hadir di setiap kedalaman. Pirit hadir merubah sebagian fenokris dan masadasar dan kadang nampak menginklusi fenokris. Selain itu pirit dapat hadir sebagai mineral pengisi urat bersama dengan hematit, kuarsa dan kadang kalsit. Kehadiran pirit ini di dalam sayatan batuan ubahan berkisar antara 2-12%.



Gambar 1. Memperlihatkan foto sayatan tipis pada posisi nikol silang dari beberapa mineral ubahan yang hadir pada sumur KMJ-26 dari kedalaman yang dangkal hingga dalam. Keterangan: klo: klorit, kld: kalsedon, epi: epidot, wai: wairakit, ad: adularia.

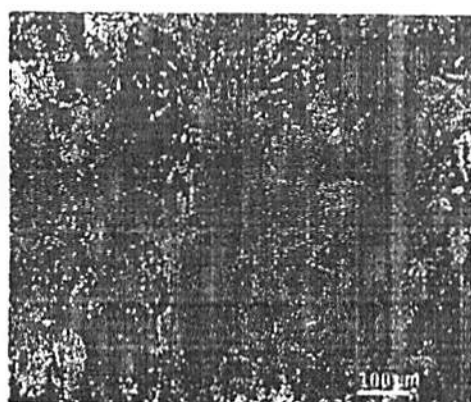


Gambar 2. Komposit log sumur KMJ-26

4.2. Komposisi epidot

Untuk mengetahui komposisi epidot pada penelitian ini dengan menggunakan metode Electron Probe Microscope Analyzer (EPMA). Sampel yang dipilih untuk mewakili komposisi epidot adalah mineral epidot yang terdapat pada kedalaman 1038 m. Pada penelitian ini dilakukan sebanyak empat kali penembakan terhadap mineral epidot (lokasi titik penembakan dan tabulasi hasil analisis kimiawi dapat dilihat pada Gambar 3). Dari hasil penembakan tersebut, maka dapat diperoleh jenis dan komposisi dari epidot. Adapun hasil diidentifikasi dengan menggunakan metode EPMA ini menunjukkan bahwa mineral yang dilakukan analisa adalah berjenis epidot. Mineral ini mempunyai kandungan kimiawi sebagai berikut SiO_2 (39,01-39,15%), Al_2O_3 (23,52-27,69%), CaO (21,58-23,79%), Fe_2O_3 (1,24-1,78%), FeO (6,30-9,10%), TiO_2 (0,07-0,17%), MnO (0,13-0,59%), MgO (0,01-0,16%), K_2O (0,01%), Na_2O (0,004%) dan H_2O (1,79-1,87%).

Kondisi reservoir panasbumi sumur KMJ-26 diidentifikasi berdasarkan kehadiran mineral epidot, adularia, biotit dan aktinolit. Adapun berdasarkan kehadiran mineral tersebut, maka temperatur reservoir panasbumi yaitu sekitar 250°C (menurut Inoue, 1995), sedangkan hasil pengukuran temperatur sumur menunjukkan temperatur sekitar 217°C di kedalaman 1260 m (Pertamina, 2010). Hal demikian ini menunjukkan bahwa temperatur reservoir panasbumi Kamojang telah mengalami perubahan.



Unsur	KMJ26-1038 m				Epidot (*)
	EPI-1	EPI-2	EPI-3	EPI-4	
SiO_2	39.01	39.15	38.15	37.18	38.64
Al_2O_3	24.80	25.50	27.07	23.52	27.69
CaO	23.10	22.71	22.69	21.58	23.79
Fe_2O_3	1.77	1.76	1.24	1.78	7.57
FeO	9.02	8.97	6.30	9.10	0.14
TiO_2		0.10	0.17	0.07	0.14
MnO	0.20	0.13	0.30	0.59	0.04
MgO	0.04	0.01	0.11	0.16	0.11
K_2O	0.01				
NaO	0.004			0.004	
H_2O	1.87	1.84	1.86	1.79	1.84
Total	99.82	100.18	97.88	95.78	95.78
Kation					
Oksigen	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
Si	3.3131	3.116	3.07	3.122	3.01
Al	2.346	2.394	2.568	2.327	2.54
Ca	1.987	1.938	1.956	1.941	1.83
Fe	0.712	0.705	0.499	0.752	0.443
Ti		0.039	0.01	0.004	0.01
Mn	0.014	0.012	0.02	0.042	0.00
Mg	0.005	0.006	0.013	0.02	0.01
K	0.001				
Na	0.001			0.001	
OH	1	1	1	1	
Mg/Mg+Fe	0.007	0.008	0.026	0.026	0.029
Total	9.3791	9.18	9.136	9.209	7.943

Gambar 3. Titik lokasi penembakan dan komposisi kimiawi epidot hasil analisis dengan metode EPMA terhadap sampel epidot di kedalaman 1038 m. Standart epidot (*) menurut Deer dkk (1985)

5. Kesimpulan

Berdasarkan analisis petrografi dan defraksi sinar X menunjukkan bahwa mineral ubahan yang terdapat pada sumur KMJ-26 adalah kristobalit, kuarsa, montmorilonit, illit-montmorilonit, illit,

klorit, epidot, aktinolit, biotit, wairakit, kalsit, anhidrit, gipsum, hematit dan pirit. Mineral kristobalit, montmorillonit, illit-montmorillonit hadir pada kedalaman kurang dari 600 m, sedangkan illit, aktinolit, adularia, biotit dan epidot hadir di kedalaman lebih dari 600 m. Mineral yang terdapat di kedalaman yang dalam ini merupakan mineral yang terbentuk pada temperatur tinggi yaitu sekitar 250°C, sedangkan hasil pengukuran temperatur sumur di kedalaman 1260 m adalah sekitar 217°C (Pertamina, 2010). Hal demikian ini menunjukkan bahwa temperatur reservoir panas bumi Kamojang telah mengalami perubahan.

Berdasarkan hasil analisis EMPA terhadap mineral epidot, maka dapat diketahui bahwa komposisi mineral epidot adalah SiO₂ (39,01-39,15 %), Al₂O₃ (23,52-27,69%), CaO (21,58-23,79%), Fe₂O₃ (1,24-1,78%), FeO (6,30-9,10%), TiO₂ (0,07-0,17%), MnO (0,13-0,59%), MgO (0,01-0,16%), K₂O (0,01%), Na₂O (0,004%) dan H₂O (1,79-1,87%).

6. Daftar Pustaka

- Browne P.R.L., 1978, Hydrothermal Alteration in Active Geothermal Fields, Earth Planet Sci, p. 229 - 250
- Browne, P.R.L. and Brown, K.L., 1996, Geothermal technology : "Teaching the Teachers" Course Stage III, ITB Bandung Indonesia-University Auckland
- Deer, FRS, WA, Howie, RA, Zussman, J., 1985, An Introduction to The Rock Forming Mineral. Longman Group Limited, England.
- Hochstein MP, Moore Joseph N., 2008, Indonesia: Geothermal Prospect and Development, Geothermics 37, p. 217-219
- Inoue A, 1995, Formation of Clay Minerals in Hydrothermal Environments. In: Origin and Mineralogy of Clay, Bruce Velde (edt), Springer-Verlag, 334 pp.
- Kamah Y., Tavip D. and Agus A.Z., 2003, Penanggulangan Problem Geologi Dalam Operasi Pemboran Sumur Di Blok Timur Area Geothermal Kamojang Jawa Barat Indonesia, proc. 6th Indonesian Geothermal Association, p.175-184
- PERTAMINA, 1995, Evaluasi Kelayakan Pengembangan Area Panasbumi Kamojang, Laporan Internal PERTAMINA Divisi Panasbumi Direktorat Eksplorasi dan Produksi, Tim Pokja Kamojang, 53 pp
- PERTAMINA, 2010, Pengukuran Temperatur dan Tekanan Sumur-Sumur Kamojang
- Purba, S., 1994, Hydrothermal Alteration of Core and Cutting Samples From Wells KMJ-48 and 53 Kamojang Geothermal Field West Java Indonesia, 58 pp.
- Robert ,D., Raharso R, Bastaman S., 1983, Exploration and Development of the Kamojang Geothermal Field, proc. IPA p. 171 - 190
- Robert, D., 1987, Geological Study of the Western Part of The Kawah Kamojang Geothermal, PERTAMINA/BEICIP report, 89 pp.

- Robert, D., 1988, Subsurface Study on the Optimalisation of the Development of the Kamojang Geothermal Field, BEICIP/ GEOSERVICES, PERTAMINA Divisi Panasbumi (Internal Report), 47 pp.
- Sudarman S., 1983, Geophysical Studies of the Kamojang and Darajat Geothermal Field (Java), Thesis Master Degree of University of Auckland, 157 pp.
- Sudarman S., Hochstein M.P., 1983, Geophysical Structure of The Kamojang Geothermal Field (Java), proc. 5th NZ Geothermal Workshop, p. 225 - 230
- Sudarman S, M. Boedihardi, Kris Pudyastuti, Bardan, 1995, Kamojang Geothermal Field 10 Year Operation Experience, proc. WGC, p.1773-1777
- Utami, P., 2000, Characteristics of the Kamojang Geothermal Reservoir (West Java) as Revealed By Its Hydrothermal Alteration Mineralogy, proc. World Geothermal Congress, Kyushu-Tohoku, Japan, May 28-June 10, 2000, p.1921-1926
- Yudiantoro, D.F., 1997, Kimia Batuan Ubahan Hidrotermal Sumur KMJ-49 dan Sumur KMJ-57 Lapangan Panasbumi Kamojang Jawa Barat, Tesis Magister Program Studi Teknik Geologi ITB Bandung, 146 pp.