

KARAKTERISTIK ALTERASI BAWAH PERMUKAAN PADA SUMUR CKK-1A KEDALAMAN 250-822 METER WILAYAH KERJA PANAS BUMI DAERAH X, KABUPATEN SUKABUMI, JAWA BARAT

Jasin Arrasyid Nugraha¹, Karyono², Oman Abdurahman³, Adang Saputra⁴, Lano Adhitya⁵,

Mochamad Nur Hadi⁶, Wanda Adinugraha⁷

^{1,2} Balai Besar Pengujian Mineral dan Batubara tekMIRA

^{3,4} Politeknik Energi Dan Pertambangan Bandung

^{5,6} PSDMBP Badan Geologi

⁷ PPSDM GEOMINERBA

Email Penulis: jasinarrasyidnugraha@gmail.com

Naskah Diterima: November 2022/Revisi: November 2022 /Disetujui: Desember 2022

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan pada sumur eksplorasi panas bumi CKK-1A dari kedalaman 250 – 822 meter yang terletak di wilayah kerja panas bumi daerah X, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis litologi, jenis mineral alterasi, zona mineral alterasi, tipe alterasi, temperatur, jenis fluida, dan mengkorelasikan antara temperatur terukur (logging temperatur dan drilling mud temperatur) dengan temperatur mineral alterasi (geotermometer). Pengamatan secara megaskopis dilakukan menggunakan bantuan loupe dengan perbesaran 20x dan analisis mikroskopis dan analisis XRD (X-Ray diffraction) di laboratorium PSDMBP. Terdapat 5 jenis variasi litologi pada sumur penelitian yaitu, breksi tuf berubah, breksi andesit berubah, andsit berubah, tuf berubah, dan breksi vulkanik berubah. Dari hasil analisis mikroskopis dan analisis XRD, terdapat beberapa jenis mineral alterasi berupa klorit, zeolit, karbonat, kuarsa sekunder, tridimit, albit, clay, oxide, dan pirit. Berdasarkan kumpulan mineral alterasi yang hadir, terdapat 2 zona mineral alterasi yaitu: 1) Zona Klorit – Zeolit dari kedalaman 250 – 732,40 meter, 742,25 – 803,60, dan 805,25 – 822 meter; dan 2) Zona Mineral Lempung dari kedalaman 732,40 – 742,25 meter dan 803,60 – 805,25 meter. Zona Klorit – Zeolit diinterpretasikan sebagai Tipe Alterasi Sub Propilitik dengan kisaran temperatur >200°C dan terbentuk pada fluida netral, kemudian Zona Mineral Lempung diinterpretasikan sebagai Tipe Alterasi Argilik dengan kisaran temperatur <180°C dan terbentuk pada Fluida asam mendekati netral. Adapun korelasi antara temperatur terukur (logging temperatur dan drilling mud temperatur) dengan temperatur mineral alterasi hidrotermal (geotermometer mineral) menunjukkan adanya ketidakselarasan antara kehadiran mineral temperatur tinggi >200°C, dengan nilai temperatur terukur yang hanya berkisaran 10°C – 58°C. Serta tidak adanya peningkatan panas yang hadir pada Mud Temperatur Out. Diinterpretasikan bahwa mineral penciri temperatur tinggi tersebut telah mendingin dan menjadi fosil. Hal tersebut juga terlihat dari hadirnya mineral lempung temperatur rendah (monmorilonit) di dalam zona klorit - zeolit yang bertemperatur tinggi.

Kata kunci: litologi, mineral alterasi, zona mineral alterasi, tipe alterasi, temperatur, fluida.

ABSTRACT

This research was conducted at the CKK-1A geothermal exploration well from a depth of 250 – 822 meters which is located in the geothermal working area area X, Sukabumi Regency, West Java. This study aims to determine the lithology type, alteration mineral type, alteration mineral zone, alteration type, temperature, fluid type, and correlate measured temperature (logging temperature and drilling mud temperature) with alteration mineral temperature (geotermometer). Megascopic observations were carried out using a loupe with a magnification of 20x, while microscopic analysis and XRD (X-Ray diffraction) analysis were carried out by the PSDMBP laboratory. There are 5 types of lithological variations in the research wells, namely, altered tuff breccia, altered andesitic breccia, altered andsit, altered tuff, and altered volcanic breccia. From the results of microscopic analysis and XRD analysis, several types of alteration minerals were present, namely chlorite, zeolite, carbonate, secondary quartz,

tridymite, albite, clay, oxide, and pyrite. Based on the assemblage of alteration minerals present, there are 2 zones of alteration minerals, namely: 1) Chlorite – Zeolite Zone from a depth of 250 – 732.40 meters, 742.25 – 803.60, and 805.25 – 822 meters; and 2) Clay Mineral Zone from a depth of 732.40 – 742.25 meters and 803.60 – 805.25 meters. The Chlorite – Zeolite Zone is interpreted as a Sub Propylitic Alteration Type with a temperature range of $>200^{\circ}\text{C}$ and formed in neutral fluids, then the Clay Mineral Zone is interpreted as an Argillic Alteration Type with a temperature range of $<180^{\circ}\text{C}$ and formed in near neutral acidic fluids. The correlation between measured temperature (logging temperature and drilling mud temperature) and hydrothermal alteration mineral temperature (mineral geothermometer) shows that there is a mismatch between the presence of high temperature minerals $>200^{\circ}\text{C}$, with measured temperature values only ranging from 10°C – 58°C . As well as the absence of increased heat present in Mud Temperature Out. It is interpreted that the high temperature characteristic minerals have cooled and become fossilized. This can also be seen from the presence of low temperature clay minerals (monmorillonite) in the high temperature chlorite - zeolite zone.

Keywords: lithology, alteration minerals, alteration mineral zone, alteration type, temperature, fluid.

PENDAHULUAN

Kebutuhan Indonesia akan energi listrik akan semakin meningkat setiap tahunnya. Akan tetapi sebaliknya, persediaan energi konvensional yang tidak terbarukan seperti minyak, batubara, dan gas bumi terus mengalami pengurangan. Selain itu sumber energi konvensional tersebut menghasilkan emisi yang berpotensi berbahaya bagi lingkungan. Oleh sebab itu, Indonesia membutuhkan energi terbarukan yang ramah lingkungan dan juga melimpah. Salah satu energi yang memiliki ciri – ciri seperti itu adalah energi panas bumi.

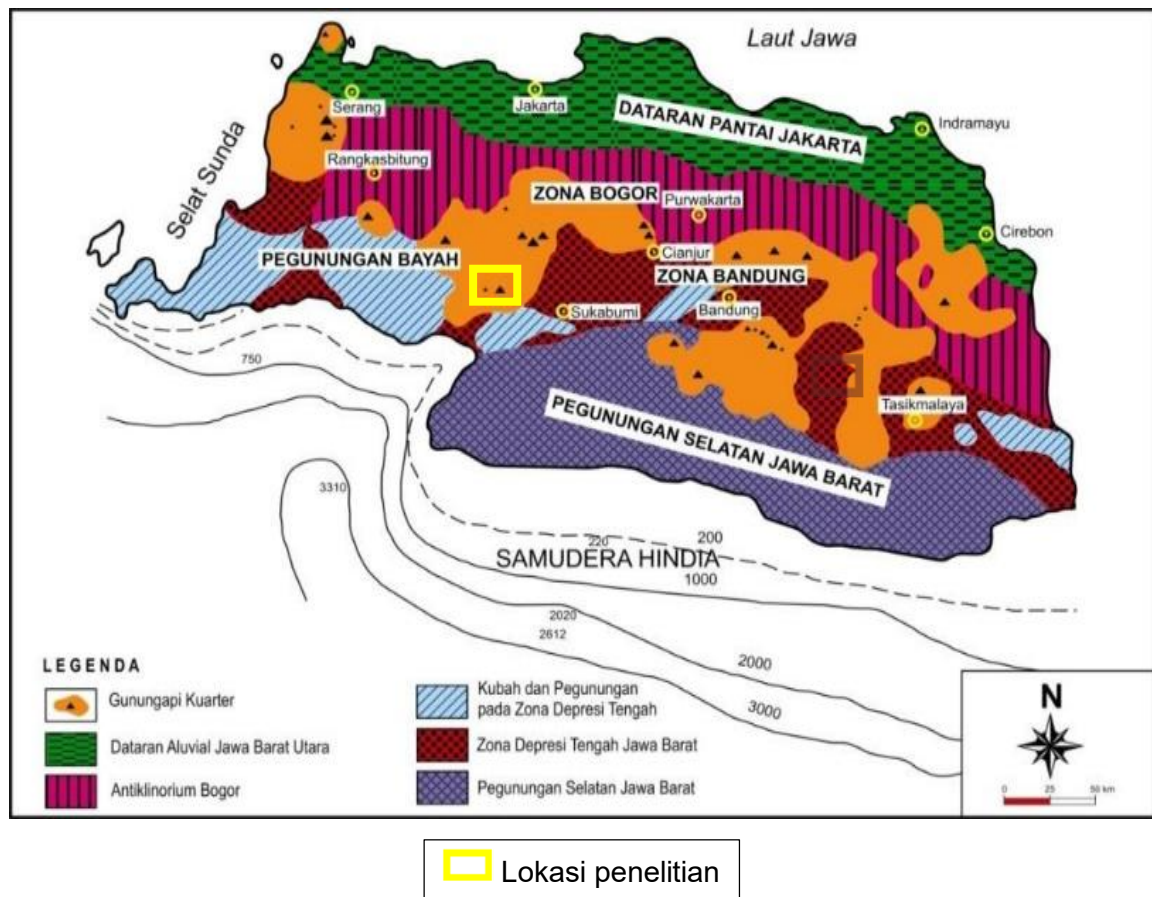
Indonesia adalah negara yang terletak pada lokasi pertemuan tiga lempeng bumi, yakni Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. pergerakan dari tiga lempeng tersebut mengakibatkan tumbukan yang menyebabkan aktivitas vulkanisme sebagai sumber potensi panas bumi. Jika ditinjau dari letak geografisnya Indonesia terletak pada jalur “*ring of fire*” yang mengakibatkan banyaknya aktivitas vulkanisme yang menjadikan Indonesia memiliki potensi panas bumi yang sangat besar.

Suatu lapangan panas bumi mulai dapat diproduksi atau dimanfaatkan secara maksimal jika telah diketahui secara jelas mengenai karakteristik dari panas bumi tersebut, sehingga bisa memberikan pertimbangan penggunaan teknologi yang tepat dan ekonomis. Pengeboran panas bumi dilakukan untuk mengetahui karakteristik sistem panas bumi bawah permukaan yang terekam pada mineral alterasi hidrotermal. Mineral alterasi tersebut dapat menjelaskan secara ilmiah mengenai kondisi panas bumi pada masa lampau yakni meliputi; temperatur, tekanan, permeabilitas, komposisi fluida, dan perubahan-perubahan yang terjadi pada reservoir. (Browne, 1978)

Penelitian ini dilakukan pada salah satu sumur eksplorasi yang terdapat di wilayah kerja panas bumi (WKP) Daerah X yang sedang dikembangkan guna pengembangan daerah prospek panas bumi di Indonesia. Pengembangan panas bumi dilakukan setelah diketahui karakteristik dari alterasi panas bumi meliputi tipe atau zona alterasi lapangan panas bumi dan pendugaan temperatur pembentuknya.

METODOLOGI

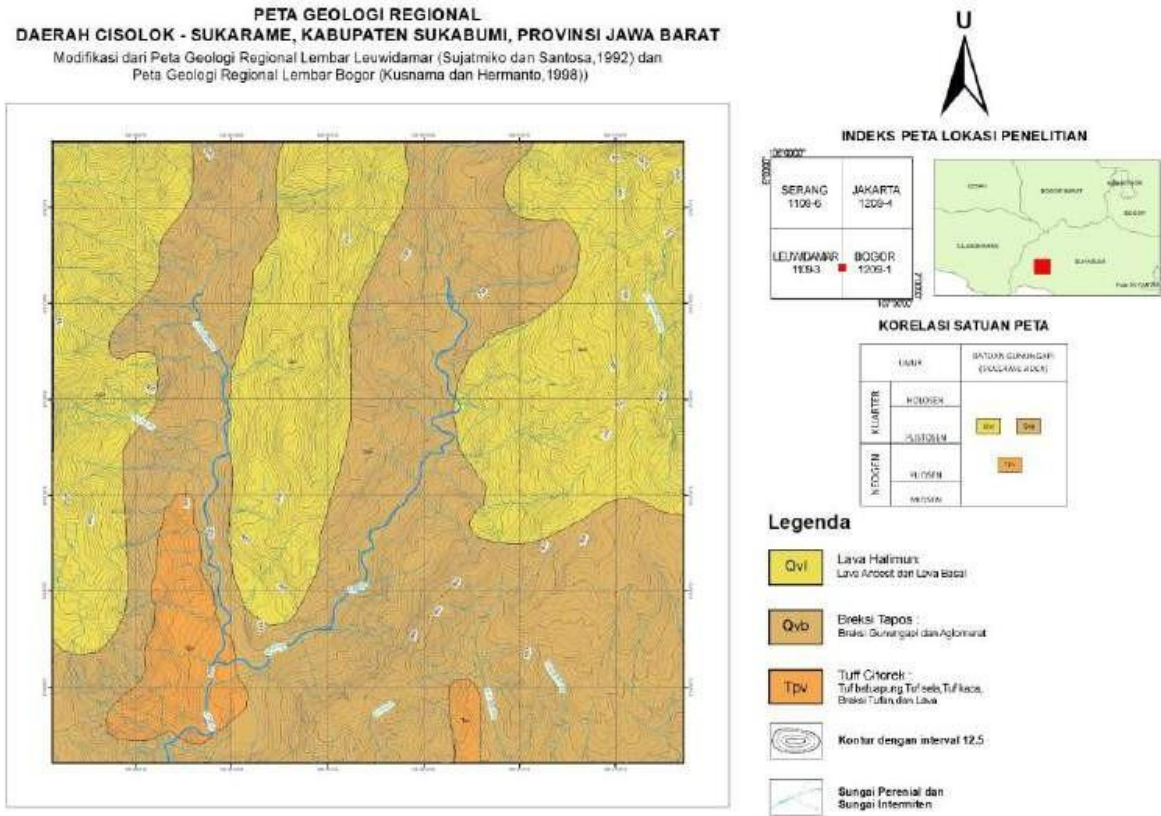
Lokasi penelitian, secara administratif berada di sebagian wilayah Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat. Secara regional, menurut van Bemmelen (1949), Jawa Barat terbagi menjadi 4 fisiografi umum, dan lokasi penelitian termasuk kedalam fisiografi zona Bogor yang termasuk kedalam zona gunung api kuarter (Gambar 1). Zona Bogor ini berada di bagian barat dari zona bandung dan berada di bagian timur dari zona pegunungan bayah.



Gambar 1 Pembagian Fisiografi Jawa Bagian Barat (modifikasi dari van Bemmelen, 1949)

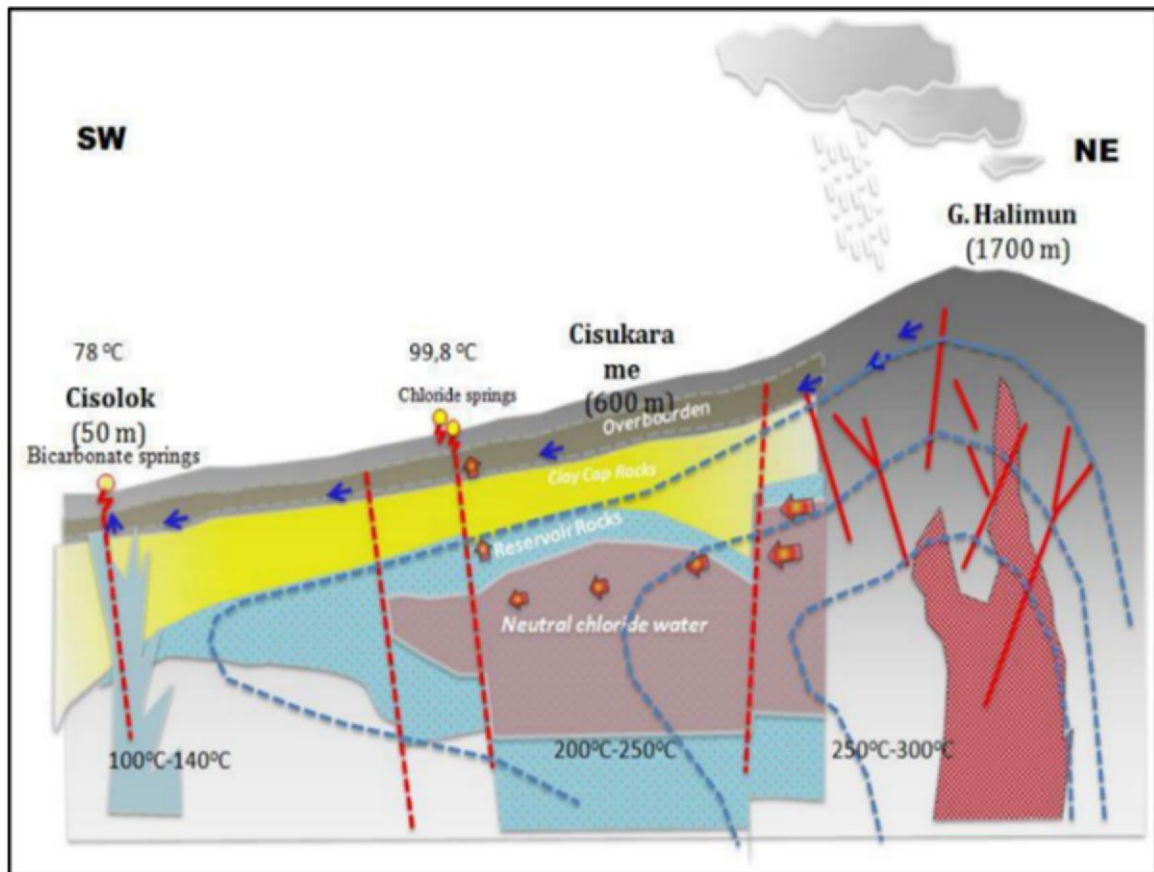
Lokasi penelitian termasuk kedalam sebagian Peta Geologi Regional lembar Bogor skala 1:100.000 (Kusnama & Hermanto, 1998) dan sebagian Peta Geologi Regional lembar Leuwidamar skala 1:100.000 (Sujatmiko & Santosa, 1992) yang mana tersusun dari batuan gunungapi tua. Secara stratigrafi lokasi penelitian secara regional terbagi menjadi 3 kelompok batuan atau formasi, yaitu breksi gunungapi (Qvb) dan batuan lava gunungapi (Qvl) yang berumur Plistosen, serta batuan bahan gunungapi (Tpv) yang berumur Pliosen (Gambar 2).

**KARAKTERISTIK ALTERASI BAWAH PERMUKAAN PADA SUMUR CKK-1A KEDALAMAN 250-822 METER
WILAYAH KERJA PANAS BUMI DAERAH X, KABUPATEN SUKABUMI, JAWA BARAT**



Gambar 2 Peta Geologi Regional Daerah Panasbumi Cisolok – Sukarame (Modifikasi dari Peta Geologi Regional Lembar Leuwidamar (Sujatmiko dan Santosa, 1992) dan Peta Geologi Regional Lembar Bogor (Kusnama dan Hermanto, 1998))

Menurut Pasal 1 UU No. 21 Tahun 2014, panas bumi adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air, dan batuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya yang secara genetis semuanya tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panas bumi. Sistem panas bumi yang ideal memiliki beberapa unsur yaitu sumber panas, fluida, lapisan batuan permeabel, dan lapisan batuan impermeabel. Perpindahan panas secara konduksi terjadi pada saat sumber panas atau *heat source* memanaskan batuan permeabel yang bertindak menjadi wadah untuk fluida. Proses tersebut memanaskan fluida yang ada di dalam batuan permeabel yang kemudian menghasilkan aliran konveksi dari fluida yang selanjutnya tertahan oleh lapisan batuan impermeabel dan setelah itu terakumulasi atau keluar melewati rekahan-rekahan yang ada di dalam batuan dan membentuk manifestasi-manifestasi panas bumi di permukaan. Manifestasi tersebut yang menjadi penciri keberadaan sistem panas bumi di suatu area (Gambar 3).



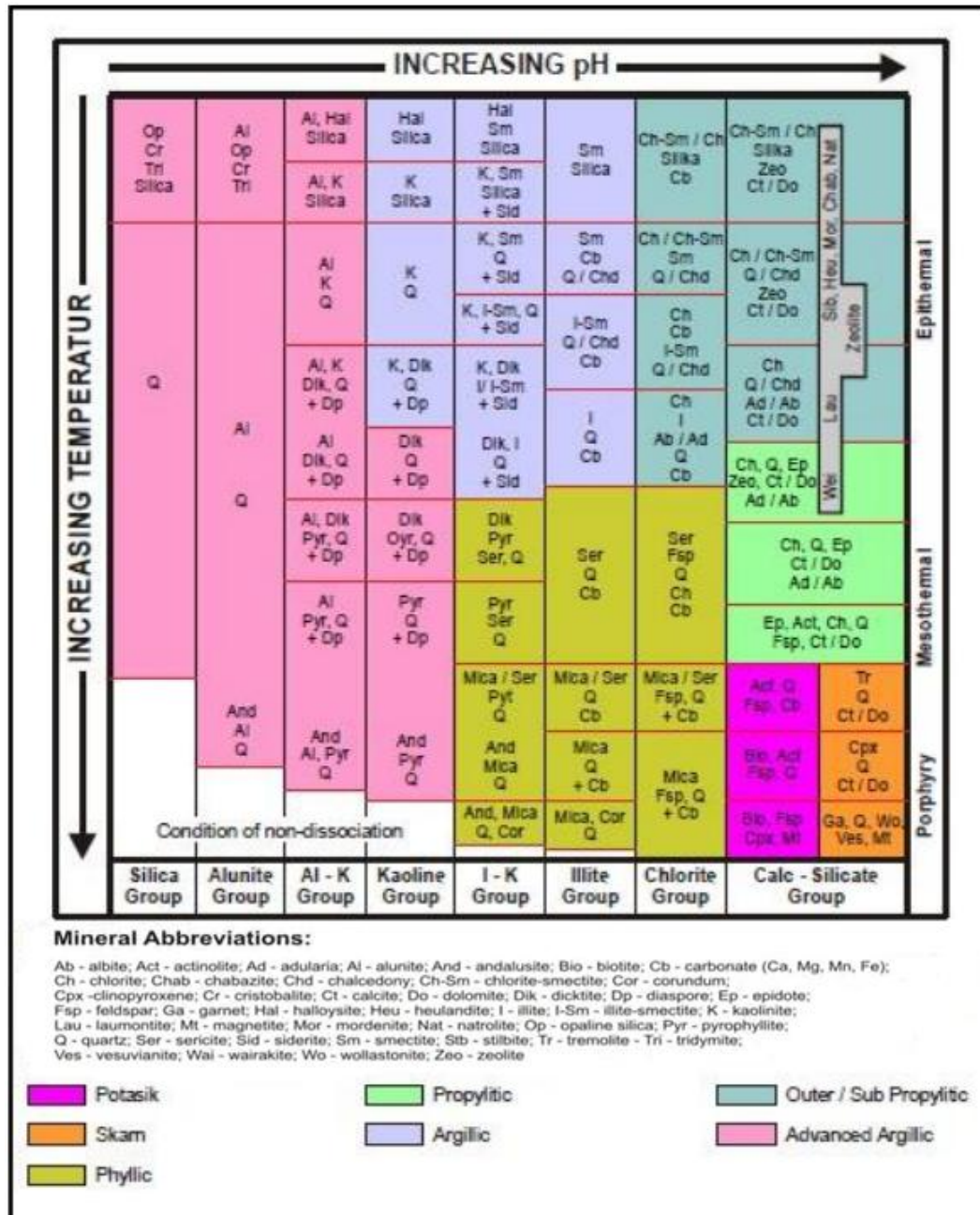
Gambar 3 Sistem konseptual panas bumi Cisolok (EBTKE,2017)

Menurut (Hocstein dan Browne, 2000) ada 3 sistem panas bumi yakni, sistem hidrotermal, sistem vulkanik, dan sistem hidrotermal – vulkanik. Namun dari ketiga sistem tersebut yang paling banyak dimanfaatkan adalah sistem hidrotermal dikarenakan pada pori – pori batuan nya mengandung air dan uap ataupun keduanya dan reservoir terletak tidak terlalu dalam sehingga masih ekonomis untuk digunakan.

Pada sistem panas bumi batuan reservoir dan fluida saling berinteraksi dan bereaksi satu sama lain, sehingga menghasilkan perubahan – perubahan komposisi mineral dan komposisi kimia pada batuan dan fluida serta menghasilkan kumpulan mineral sekunder yang disebut dengan mineral alterasi hidrotermal. (Freestone dan Browne, 1994). Menurut (Browne,1984) terdapat 6 faktor yang mempengaruhi terbentuknya mineral alterasi yaitu, temperatur, jenis batuan induk, tekanan, komposisi kimia fluida, permeabilitas reservoir dan durasi. Keberadaan mineral alterasi dapat menjadi acuan temperatur terbentuknya mineral alterasi pada suatu lokasi kedalaman.

Terdapat 5 pembagian tipe alterasi berdasarkan mineral ubahannya dari (Corbett dan Leache, 1998) yaitu, tipe argilik, tipe advance argilik, propilitik, potasik, dan filik. (Gambar 4).

KARAKTERISTIK ALTERASI BAWAH PERMUKAAN PADA SUMUR CKK-1A KEDALAMAN 250-822 METER
WILAYAH KERJA PANAS BUMI DAERAH X, KABUPATEN SUKABUMI, JAWA BARAT



Gambar 4 Zona mineral alterasi pada sistem hidrotermal (Corbett & Leach,1998)

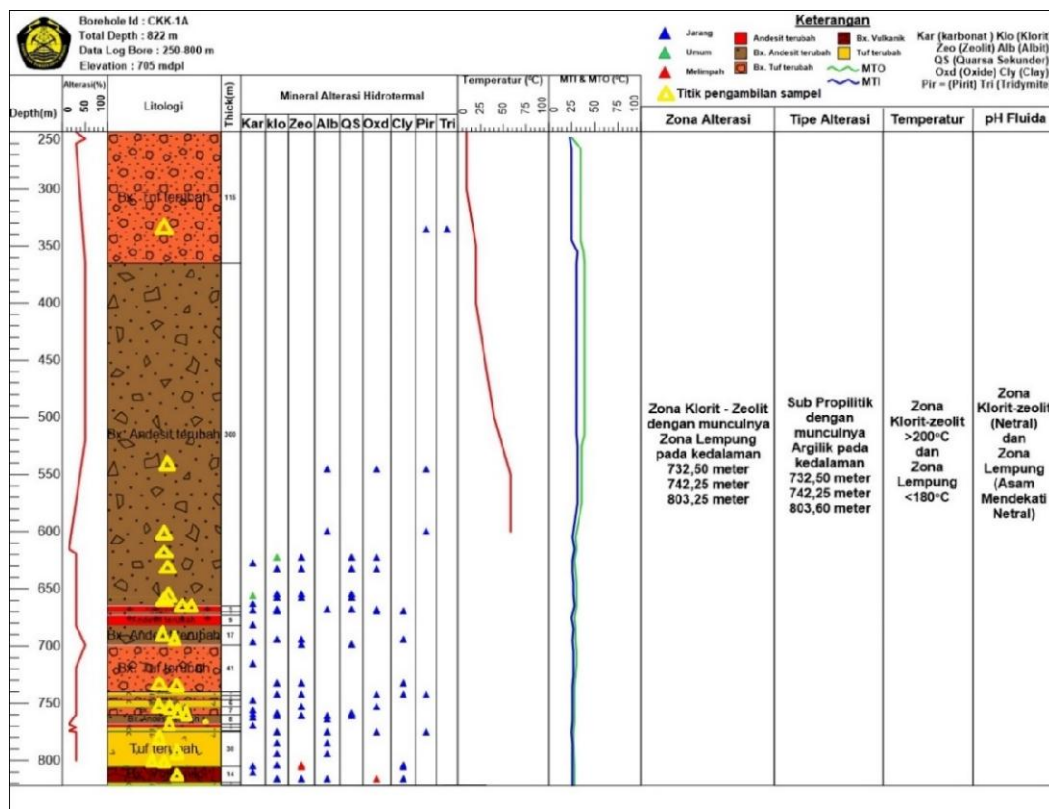
Objek penelitian yang diamati pada penelitian ini berupa conto sampel serbuk bor dari kedalaman 250 – 615-meter dan conto sampel inti bor dari kedalaman 615 – 822 meter. Serta penelitian ini dibantu dengan menggunakan analisis megaskopis, analisis mikroskopis, dan analisis XRD (X – Ray diffraction) guna mengetahui jenis litologi, jenis mineral alterasi, zona mineral alterasi, dan tipe alterasi serta temperatur dan pH fluida. Jumlah conto sampel yang digunakan untuk analisis pada penelitian ini adalah 20 conto sampel untuk analisis mikroskopis dan 23 conto sampel untuk analisis XRD. (Analisis mikroskopis dan analisis XRD pada penelitian ini dilakukan oleh pihak laboratorium PSDMBP).

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Litostratigrafi Sumur CKK-1A Kedalaman 250-822 Meter

Sumur CKK-1A terletak di daerah X kabupaten Sukabumi Jawa Barat, dengan elevasi 705 mdpl. Dan kedalaman sumur hingga 822 meter. Penentuan nama batuan pada litologi sumur CKK-1A dilakukan berdasarkan pengamatan conto batuan hasil pengeboran berupa serbuk bor (*cutting*) dari kedalaman 250-615 meter, dan inti bor (*core*) dari kedalaman 615 – 822-meter secara megaskopis dan mikroskopis. Analisis secara megaskopis ini dilakukan oleh peneliti menggunakan alat bantu berupa *loupe* dengan perbesaran 20x, sedangkan analisis secara mikroskopis dan analisis XRD (*X – Ray diffraction*) dilakukan oleh pihak laboratorium PSDMBP.

Terdapat 5 jenis variasi litologi pada sumur penelitian yaitu, breksi tuf terubah, breksi andesit terubah, andesit terubah, tuf terubah, dan breksi vulkanik terubah. Dari hasil analisis mikroskopis dan analisis XRD, hadir beberapa jenis mineral alterasi berupa klorit, zeolit, karbonat, kuarsa sekunder, tridimit, albit, clay, oxide, dan pirit. Berdasarkan kumpulan mineral alterasi yang hadir, terdapat 2 zona mineral alterasi yaitu: 1) Zona Klorit – Zeolit dari kedalaman 250 – 732,40 meter, 742,25 – 803,60, dan 805,25 – 822 meter; dan 2) Zona Mineral Lempung dari kedalaman 732,40 – 742,25 meter dan 803,60 – 805,25 meter. Zona Klorit – Zeolit diinterpretasikan sebagai Tipe Alterasi Sub Propilitik dengan kisaran temperatur >200°C dan terbentuk pada fluida netral, kemudian Zona Mineral Lempung diinterpretasikan sebagai Tipe Alterasi Argilik dengan kisaran temperatur <180°C dan terbentuk pada Fluida asam mendekati netral (Gambar 5).



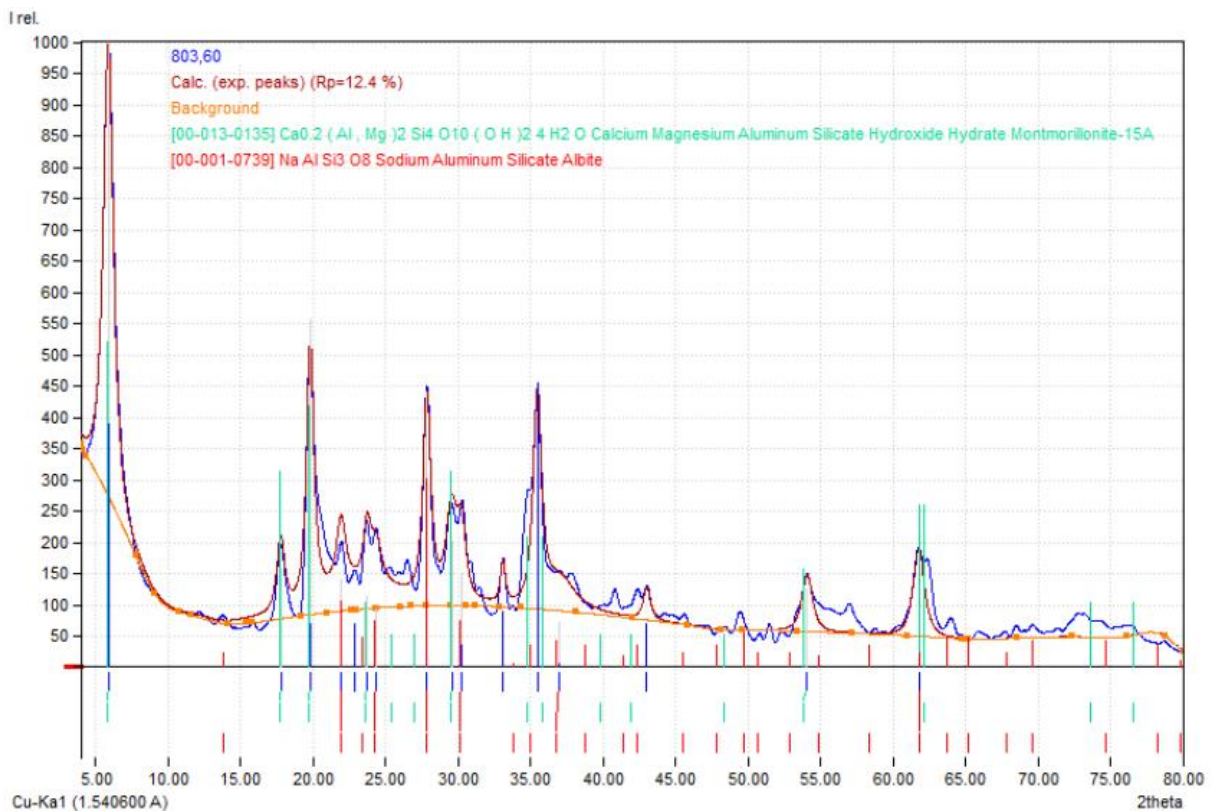
Gambar 5 litostratigrafi Sumur CKK-1A Kedalaman 250-822 Meter

b. Zona mineral alterasi

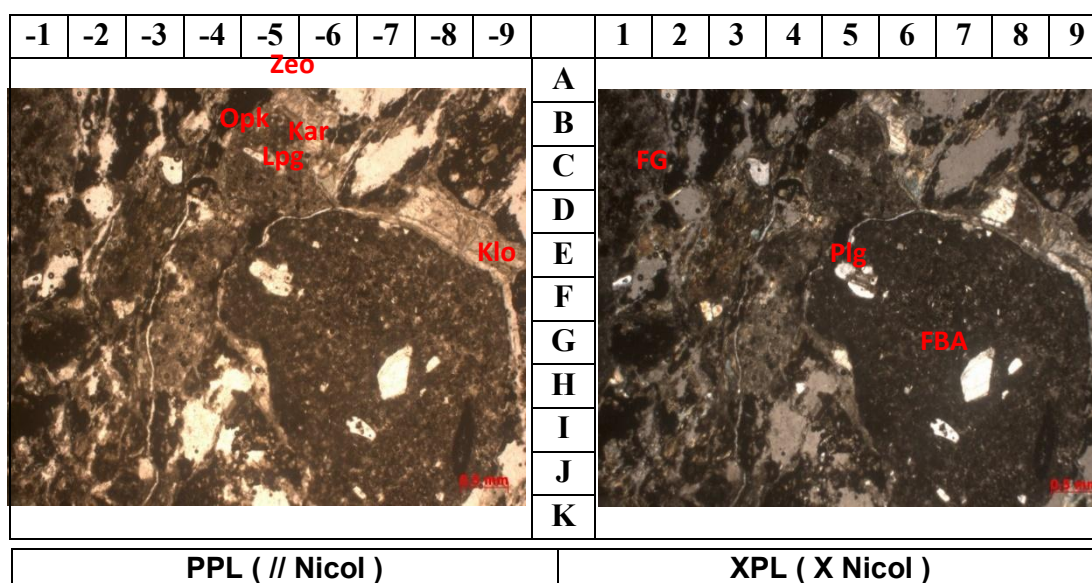
Zona mineral alterasi pada sumur CKK-1A dari kedalaman 250 – 822 meter berupa zona klorit – zeolit dengan diiringi hadirnya zona lempung pada kedalaman 732,50 meter, 742,25 meter, dan 803,60 meter. Berikut zona mineral alterasi yang tersebar pada sumur penelitian :

1. Zona mineral lempung

Zona Mineral Lempung dari kedalaman 732,40 – 742,25 meter dan 803,60 – 805,25 meter. Zona Mineral Lempung diinterpretasikan sebagai Tipe Alterasi Argilik dengan kisaran temperatur $<180^{\circ}\text{C}$ dan terbentuk pada Fluida asam mendekati netral. Untuk mewakili Zona Mineral lempung ini diperlihatkan oleh hasil analisis XRD pada kedalaman 803,60 meter dan foto sayatan pada kedalaman 742,25 meter dengan litologi berupa tuf terubah. (Gambar 6 dan Gambar 7).



Gambar 6 Hasil analisis XRD pada kedalaman 803,60 meter, dengan batuan tuf terubah yang memperlihatkan kehadiran mineral lempung berjenis monmorilonit (PSDMBP,2022)



Gambar 7 Foto sayatan kedalaman 742,25 meter yang menunjukkan Tekstur Piroklastik, tersusun oleh Fragmen Batuan Andesit (D-J, 5-8), Fragmen Gelas (A-C, -1-2), Plagioklas (E,5), Klorit (E,-9), Zeolit, Karbonat, Lempung, Opak (A,-5) pada matriks Mineral Kriptokristalin (B-C,-6). (PSDMBP,2022)

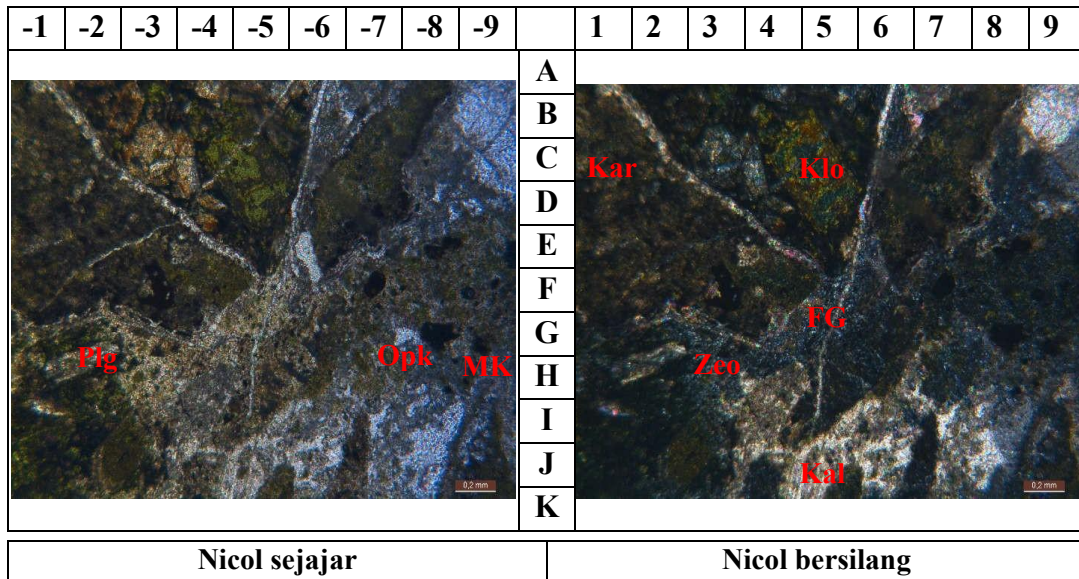
Berdasarkan geotermometer mineral bahwa kehadiran mineral lempung jenis monmorilonit pada zona ini menandakan bahwa zona tersebut memiliki temperatur berkisaran $<180^{\circ}\text{C}$, dan terbentuk pada lingkungan berfluida asam mendekati netral, serta termasuk pada tipe alterasi Argilik (Corbett & Leach, 1998).

Berdasarkan kehadiran zona mineral lempung (temperatur rendah) didalam zona klorit – zeolit (temperatur tinggi) bahwa dapat diinterpretasikan pada zona klorit – zeolit tersebut telah mengalami pendinginan temperatur atau zona klorit – zeolit tersebut bukan lagi penciri temperatur pada masa kini (zona klorit – zeolit tersebut sudah menjadi fosil). Dan kemungkinan zona mineral lempung tersebut yang penciri panas masa kini menggantikan zona klorit – zeolit. Hal itu disebabkan karena kehadiran mineral lempung jenis monmorilonit sebagai zona lempung yang hadir sebagai sistem panas bumi terkini yang berada di dalam zona klorit – zeolit. Hal tersebut didukung juga dengan data temperatur terukur (*logging*) dan data temperatur lumpur *in* dan *out* (MTI & MTO) yang menunjukkan temperatur rendah.

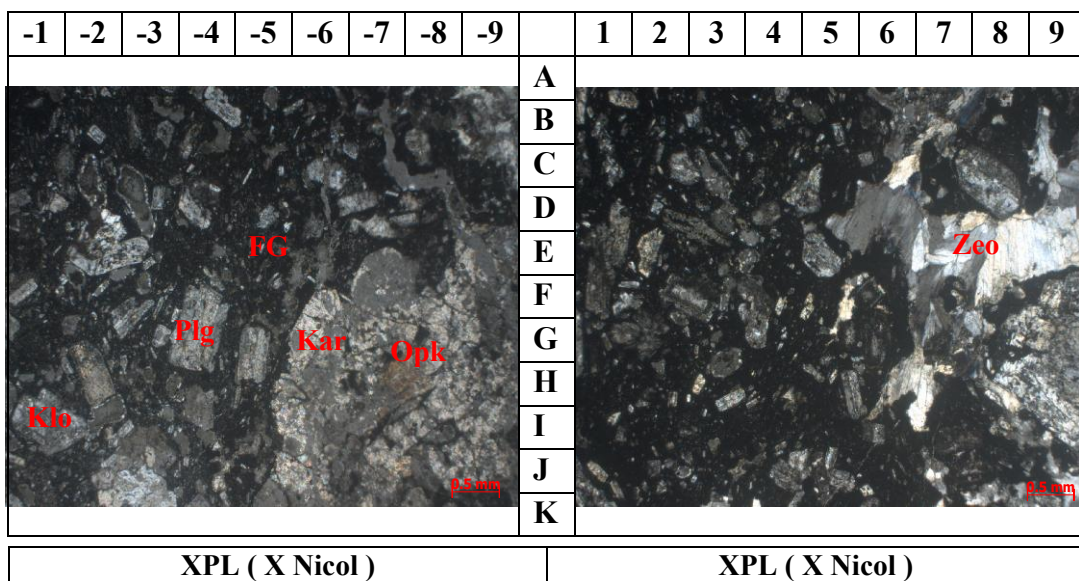
2. Zona klorit – zeolit

Zona Klorit – Zeolit ini terdapat pada kedalaman 250 – 732,40 meter, 742,25 – 803,60, dan 805,25 – 822 meter, serta Zona Klorit – Zeolit diinterpretasikan sebagai Tipe Alterasi Sub Propilitik dengan kisaran temperatur $>200^{\circ}\text{C}$ dan terbentuk pada fluida netral. Untuk mewakili zona klorit – zeolit ini diperlihatkan oleh contoh sampel inti bor pada kedalaman 622,50 meter dan 760,50 meter dengan litologi breksi tuf terubah (Gambar 8 dan Gambar 9).

**KARAKTERISTIK ALTERASI BAWAH PERMUKAAN PADA SUMUR CKK-1A KEDALAMAN 250-822 METER
WILAYAH KERJA PANAS BUMI DAERAH X, KABUPATEN SUKABUMI, JAWA BARAT**



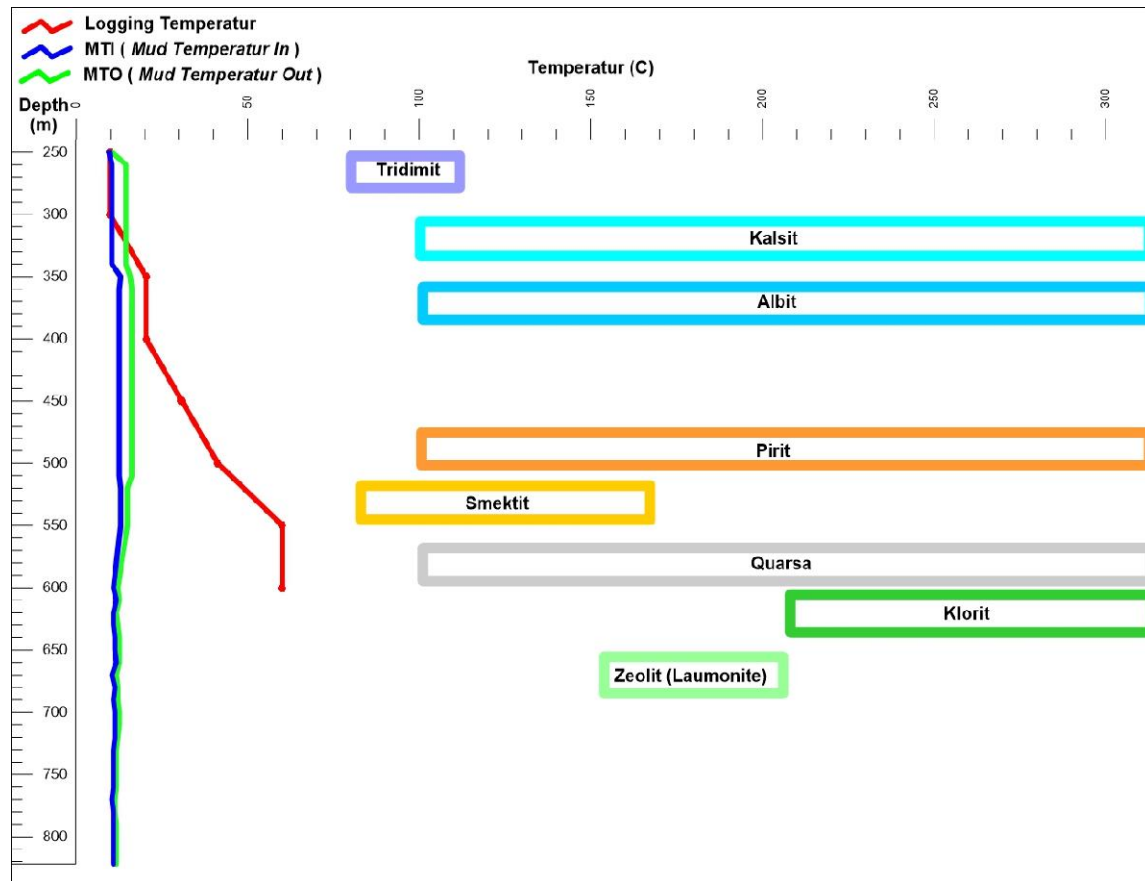
Gambar 8 Foto sayatan pada kedalaman 622,50 meter, Tersusun Fragmen Gelas (G,5), Plagioklas (H,- 2), Karbonat (C,1), Kalsit (K,5), Klorit (C,5), Mineral Kriptokristalin (H,-9), Zeolit (H,3), dan Opak (G,-8). (PSDMBP,2022)



Gambar 9 Foto sayatan pada kedalaman 760,50 meter, menunjukkan tekstur piroklastik, tersusun oleh fragmen gelas (A- K, -1-9), zeolit (D-E,6-9), plagioklas (G,-4), karbonat (G,-6), klorit (I,-1), opak (G,-8), di dalam mineral kriptokristalin. (PSDMBP,2022)

Berdasarkan hadirnya beberapa mineral ubahan berupa klorit, zeolit, dan karbonat pada conto sayatan tersebut, menandakan bahwa zona ini termasuk pada tipe alterasi Sub Propilitik dengan kisaran temperatur >200C dan terbentuk pada fluida netral.

Akan tetapi hadirnya mineral lempung bertemperatur rendah <180°C (monmorilonit) sebagai zona mineral lempung yang hadir didalam zona klorit – zeolit mengindikasikan bahwa ada pendinginan temperatur pada zona klorit – zeolit tersebut. Dengan kata lain zona klorit – zeolit tersebut sudah bukan menjadi penciri temperatur pada masa kini atau sudah menjadi fosil.



Gambar 10 Diagram temperatur terukur Sumur CKK-1A

Berdasarkan data nilai pada gambar diatas yaitu, data *logging temperature*, data temperatur mud drilling (lumpur pemboran), dan data mineral alterasi penciri temperatur. Dari data-data tersebut memperlihatkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara kedua data temperatur (*Logging* temperatur dan *mud* temperatur) dengan data kehadiran mineral alterasi. Hal tersebut diperlihatkan dengan hadirnya mineral klorit dan zeolit sebagai penciri temperatur tinggi $>200^{\circ}\text{C}$, berbanding terbalik dengan data logging temperatur yang menunjukkan nilai temperatur rendah $10^{\circ}\text{C} - 58^{\circ}\text{C}$. Serta didukung dengan data Mud temperature In dan Mud Temperature Out (MTI & MTO), yang menunjukkan tidak terjadi perubahan panas yang signifikan pada nilai Mud Temperature Out.

Maka dari hasil analisis temperatur pada (Gambar 4.103) tersebut dapat diinterpretasikan bahwa ketidak selarasan antara kehadiran mineral alterasi penciri temperatur tinggi dengan rendahnya nilai logging temperatur dan tidak adanya perubahan panas pada Mud Temperatur Out dikarenakan mineral alterasi penciri temperatur tinggi tersebut bukan lagi penciri temperatur masa kini melainkan penciri temperatur pada masa lampau. Dengan kata lain mineral penciri temperatur tinggi tersebut sudah mendingin atau menjadi fosil. Hal tersebut juga terlihat dengan hadirnya mineral penciri temperatur rendah didalam zona temperatur tinggi, yang kemungkinan mineral penciri temperatur rendah tersebut lah yang menjadi penciri temperatur baru pada masa kini.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada sumur CKK-1A di wilayah kerja panas bumi (WKP) daerah X, kabupaten sukabumi, jawabarat menghasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Litologi yang hadir pada sumur CKK-1A dari kedalaman 250 – 822 meter antara lain, Breksi Tuf Terubah, Breksi Andesit Terubah, Andesit Terubah, Tuf Terubah, dan Breksi Vulkanik Terubah. Berdasarkan data analisis petrografi dan XRD, hadir beberapa mineral alterasi berupa Klorit, Zeolit, Karbonat, Lempung, Albit, Tridimit, kuarsa, hematit, kalsit, laumontit, clinochlore, pilipsit, anortit, sodalit, pirit, dan mineral opak.
2. Berdasarkan kumpulan mineral alterasi yang hadir, terdapat 2 zona mineral alterasi yaitu: 1) Zona Klorit – Zeolit dari kedalaman 250 – 732,40 meter, 742,25 – 803,60, dan 805,25 – 822 meter; dan 2) Zona Mineral Lempung dari kedalaman 732,40 – 742,25 meter dan 803,60 – 805,25 meter. Zona Klorit – Zeolit diinterpretasikan sebagai Tipe Alterasi Sub Propilitik dengan kisaran temperatur $>200^{\circ}\text{C}$ dan terbentuk pada fluida netral, kemudian Zona Mineral Lempung diinterpretasikan sebagai Tipe Alterasi Argilik dengan kisaran temperatur $<180^{\circ}\text{C}$ dan terbentuk pada Fluida asam mendekati netral.
3. Berdasarkan korelasi antara temperatur terukur (*logging temperature* dan *mud temperature*) dengan interpretasi temperatur mineral alterasi hidrotermal (geotermometer) menunjukkan ketidak selarasan antara kehadiran mineral temperatur tinggi $>200^{\circ}\text{C}$ dengan nilai temperatur terukur yang hanya berkisaran 10°C – 58°C . Serta tidak adanya peningkatan panas yang hadir pada *Mud Temperature Out*. Sehingga dapat diinterpretasikan bahwa mineral penciri temperatur tinggi tersebut telah mendingin dan menjadi fosil. Hal tersebut juga terlihat dengan hadirnya mineral lempung jenis monmorilonit sebagai penciri temperatur rendah didalam zona klorit - zeolit bertemperatur tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Alhamdulillah segala puji dan syukur kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan kuasanya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Serta tidak lupa penulis ucapkan terimakasih kepada pimpinan Balai Besar Pengujian Mineral dan Batubara tekMIRA yang telah memberikan izin untuk menjadi bagian dari *team wellsite geologist* di lapangan, serta ucapan terimakasih kepada pimpinan PSDMBP dan seluruh jajarannya bidang panas bumi dan laboratorium yang telah memberikan izin penggunaan data analisis mikroskopis dan analisis XRD (*X – Ray diffraction*) untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Browne, P. R. L. (1978). Hydrothermal alteration in active geothermal fields. *Annual review of earth and planetary sciences*, 6, 229-250.
- Cahyati Fajar., Ildrem Syafri., Aton Patonah., Fajri Jamil Reza. 2018. Alterari Hidrotermal dan Temperatur Bawah Permukaan Sumur X Lapangan Panasbumi Patuha. *Padjadjaran Geoscience Journal*. Vol.2, No. 6.
- Corbett, G. J., and Leach, T. M., 1998. Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structures, Alteration, and Mineralization: *SEG Special publication number 6*, USA, 236p.
- Dickson, M. H. & Fanelli, M., 2004. What is Geothermal Energy?. Pisa: Instituto di

Geoscienze.

- Haty, I. P. & Nugroho, A. N., 2013. *Geothermometer dan Heat Loss dalam Eksplorasi Geokimia Lapangan Panasbumi Daerah Cisukarame, Jawa Barat. National Journal Accreditation*, Vol.1(1).
- Hochstein, M.P., & Browne, P.R.L., 2000, Surface Manifestation of Geothermal Systems With Volcanic Heat Sources. Editors: Haraldur Sigurdsson, *Encyclopedia of Volcanoes*, Academic Press, pp.835-855
- Lagat John. 2007. *Hydrothermal Alteration Mineralogy in Geothermal Fields with Case Examples from Olkaria Domes Geothermal Field, Kenya. United Nations University*.
- Pirajno, F. 2009. *Hidrotermal Processes and Mineral Systems*. Springer, Australia
- Regista Arrizki., Ildrem Syafi., Aton Patonah., Ali Auza., 2017. Karakteristik Alterasi Bawah Permukaan Sumur RA Wilayah Kerja Panas Bumi Wayang Windu, Pangalengan, Jawabarat. *Padjadjaran Geoscience journal*. Vol.1, No.2.
- Reyes G Agnes. *Petrology and Mineral Alteration in Hydrothermal Systems: from Diagenesis to Volcanic Catastrophes*.1998. *United Nations University*.
- Schmid, R. 1981. Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments. United State of America: *Geologische Rundschau*.
- Streckeisen, A.L. (1976) Classification and Nomenclature of Igneous Rocks. *N.Jahrb.Mineral. Abh.*, 107, 144-240.
- Sujatmiko & Santosa, S., 1992. *Peta Geologi Lembar Leuwidamar, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*.
- Undang-Undang Nomor 21 Tahun 2014 tentang Panas Bumi (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 217. Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5585).
- Van Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesia*. The Hague Martinus Hifhoff, vol.IA