



KARAKTERISASI MINERALOGI PETUNJUK TEMPERATUR PADA SUMUR "VN" LAPANGAN WAYANG WINDU, PANGALENGAN, JAWA BARAT

Vina Oktaviany^{1*}, Johannes Hutabarat¹, Agus Didit Haryanto¹

¹ Fakultas Teknik Geologi UNPAD, Jl. Raya Bandung-Sumedang Km.21, Jatinangor, 45363

*Korespondensi: vina.oktaviany@gmail.com

ABSTRAK

Lapangan panasbumi Wayang Windu berada di Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui mineral ubahan dan karakterisasi mineral petunjuk temperatur pada sumur VN. Objek dalam penelitian ini adalah data serbuk bor dari sumur VN dengan metode penelitian yang digunakan adalah metode petrologi, petrografi, dan XRD. Berdasarkan hasil pengamatan, litologi daerah penelitian terdiri atas andesit terubah, tuf litik terubah, dan tuf kristal terubah. Mineral alterasi yang berkembang di daerah penelitian didominasi mineral alterasi pH netral, yaitu kuarsa sekunder, kalsit, epidot, montmorilonit, illit, smektit, klorit, oksida besi, dan pirit, serta beberapa mineral pH asam seperti kaolinit, kristobalit, anhidrit, dan haloysit. Berdasarkan asosiasi mineralnya, alterasi pada sumur VN dibagi menjadi tiga tipe, yaitu tipe alterasi argilik, tipe alterasi subpropilitik, dan tipe alterasi propilitik. Temperatur pembentukan mineral ubahan pada tipe argilik adalah <180°C, tipe subpropilitik sekitar 150°C-220°C, dan tipe propilitik sekitar 210°C-340°C.

Kata kunci : Alterasi, Argilik, Subpropilitik, Propilitik, Temperatur, Wayang Windu

ABSTRACT

Wayang Windu geothermal field is located in Pangalengan District, Bandung Resident, West Java. The purpose of this research is to know the lithologies, alteration minerals, type of alteration in the subsurface, to determine the temperature of VN well based on mineral geothermometry and compare it with P-T data from drilling, and compose borehole geology log from VN well. The object of this research is cutting sample from VN well, and methods used in this research is petrological method, petrographical method and XRD. Observation results show that lithologies found in the well are altered andesite, lithic tuff and crystal tuff. Alteration minerals found are dominated neutral pH alteration minerals (secondary quartz, calcite, epidote, montmorillonite, illite, smectite, chlorite, iron oxide and pyrite) and acid-neutral pH alteration minerals (kaolinite, cristobalite, anhydrite and halloysite). Based on it associated minerals, VN well is divided into three alteration types : argillic, subpropylitic, propylitic. Temperatures obtained from mineral geothermometry are <180°C in argillic type, 150°-220°C in subpropylitic type, and 210°-340°C in propylitic type.

Keyword : Alteration, Argillic, Subpropylitic, Propylitic, Temperature, Wayang Windu

1. PENDAHULUAN

Panasbumi merupakan suatu sistem geologi yang terdiri dari sumber panas, reservoir, lapisan penudung, dan fluida panas (Sukaesih dkk., 2015). Adanya interaksi antara fluida panas (hidrotermal) dan batuan sampling pada sistem panasbumi menghasilkan mineral-mineral sekunder yang dapat dijadikan salah satu indikator

prospek atau tidaknya sistem tersebut. Pembentukan mineral ubahan akibat fluida hidrotermal tergantung pada temperatur, komposisi dan konsentrasi fluida, komposisi batuan asal, permeabilitas, tekanan, dan durasi aktivitas hidrotermal (Browne, 1989). Mineral ubahan yang sering ditemukan pada lingkungan panasbumi antara lain kalsit, klorit,

kalsedon, pirit, ilit, smektit, kristobalit, epidot, oksida besi, wairakit, dan kuarsa.

Penelitian berlokasi di Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. Secara geografis, terletak pada 107°34'00"-107°40'00" BT dan 7°07'00"-7°15'00" LS. Sumur VN yang menjadi objek penelitian terletak di bagian utara wilayah kerja panasbumi Wayang Windu, dengan elevasi 2077 mdpl dan kedalaman sekitar 1829 mKU. Lapangan panasbumi Wayang Windu memproduksi sejak tahun 2000 dengan energi total yang telah dihasilkan sebesar 227 MW, yang terbagi menjadi unit 1 menghasilkan 110 MW dan unit 2 menghasilkan 117 MW. Pembangkit listrik ini didukung oleh 22 sumur produksi dan 3 sumur injeksi (Asrizal dkk., 2015). Penelitian dilakukan untuk mengetahui mineral ubahan yang terbentuk dibawah permukaan serta karakterisasi mineral petunjuk temperatur pada sumur VN.

2. TINJAUAN PUSTAKA

GEOLOGI REGIONAL

Lapangan Panas Bumi Wayang Windu terletak di Pegunungan Selatan Jawa Barat, sekitar 40 km dari Kota Bandung, tepatnya di bagian Selatan lereng Gn. Malabar (gunungapi strato besar berkomposisi andesitik) dan pada rangkaian gunungapi kecil yang membentang ke arah Selatan, termasuk Gn. Bedil, Gn. Wayang, dan Gn. Windu (Bogie and Mackenzie, 1998). Batuan yang umum terdapat pada daerah penelitian adalah aliran lava andesitik, breksi aliran, lahar dan piroklastik yang memiliki ukuran butir mulai dari breksi tufan sampai lapili masif dan tuf kristal. Berdasarkan peta geologi Garut-Pameungpeuk lembar 1206-8 (Alzwar, dkk., 1992), daerah penelitian disusun oleh Andesit Waringin-Bedil atau Malabar tua (Qwb), Endapan Rempah Lepas Gunungapi Tua Tak-Teruraikan (Qopu), Batuan gunungapi Malabar-Tilu (Qmt), dan Batuan gunungapi muda (Qyw).

Secara struktur, patahan yang ada memiliki dips curam ($>80^\circ$) dengan arah sekitar $30-40^\circ$ dan $330-340^\circ$ (Bogie dkk., 2008). Akibat adanya rekahan yang ditimbulkan

oleh struktur geologi, muncul beberapa manifestasi yang menunjukkan adanya sistem panas bumi di bawah permukaan, antara lain mata air panas, fumarola, dan tanah beruap. Sebagian besar mata air panas berjenis air bikarbonat dengan pH netral dengan kandungan sulfat 5-65% dan memiliki temperatur hingga 66°C . Fumarola kaya akan sulfat dengan pH 1,6-2,77 dan temperatur $56^\circ\text{C}-93^\circ\text{C}$ (Abrenica dkk, 2010).

3. METODE

Metode yang dilakukan dalam penelitian yaitu melakukan deskripsi megaskopis terhadap serbuk bor sumur VN dari kedalaman 50-1169 mKU, deskripsi mikroskopis terhadap 11 sayatan tipis, analisis *X-ray Diffraction* (XRD), analisis data *P-T survey*, melakukan pengolahan data dan interpretasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan megaskopis dan mikroskopis serta analisis serbuk bor (*cutting*) dilakukan untuk mengetahui litologi sumur VN. Hasil pengamatan menunjukan bahwa pada sumur VN terdapat tiga jenis litologi, yaitu andesit terubah, tuf litik terubah, dan kristal tuf terubah.

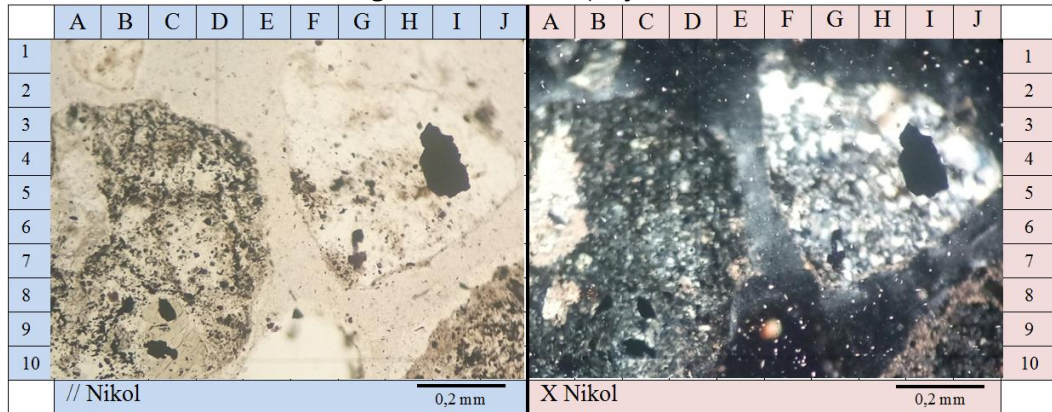
Batuan pada sumur VN telah mengalami alterasi dari intensitas lemah hingga kuat. Identifikasi mineral alterasi pada sumur VN dilakukan melalui metode analisis mikroskopis (petrografi) dan metode *X-Ray Diffraction* (XRD). Berdasarkan hasil analisis tersebut, diketahui bahwa mineral ubahan yang terdapat pada sumur VN didominasi oleh mineral ubahan pH netral, seperti kuarsa sekunder, pirit, smektit, kalsit, klorit, oksida besi dan epidot. Terdapat juga mineral dengan pH asam seperti kaolinit, kristobalit, anhidrit, serta halosit. Berikut adalah beberapa mineral ubahan yang umum ditemukan pada sumur VN.

1. Kuarsa sekunder, SiO_2

Pada sumur VN, kuarsa sekunder hadir mengubah matriks gelas vulkanik, mengubah mineral plagioklas, serta mengisi urat pada batuan. Kenampakan mineral ini

pada sayatan tipis adalah tidak berwarna pada nikol sejajar, bergantian hitam dan putih pada nikol bersilang, relief rendah, bentuk kristal anedral, morfologi kuarsa

polikristalin, *bladed*, atau *mosaic*. Terdapat hampir di semua kedalaman sumur. Kuarsa sekunder memiliki suhu stabil $>100^{\circ}\text{C}$ (Reyes, 1990).



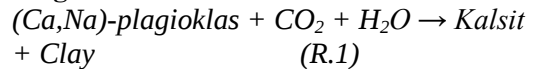
Gambar 1. Kuarsa sekunder pada sayatan tipis sampel *cutting* kedalaman 482-485 mKU; terlihat kuarsa sekunder (H4), mineral opak (I4), kalsit (A5)

2. Kalsit, CaCO_3

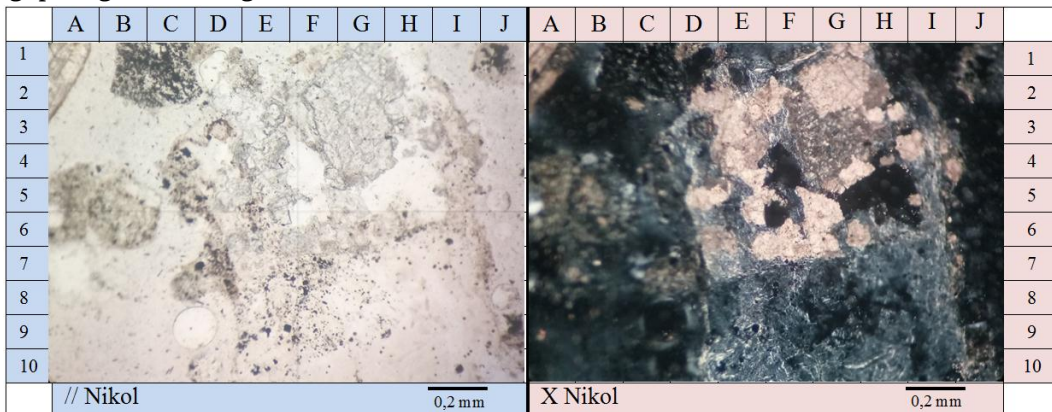
Kalsit hadir sebagai mineral ubahan yang menggantikan mineral primer ataupun matriks batuan, serta mengisi urat pada batuan. Kenampakan kalsit pada sayatan tipis adalah tidak berwarna pada nikol sejajar dan berwarna kecoklatan pada nikol bersilang, relief bergelombang, bias rangkap tinggi, bentuk anedral. Mineral yang paling umum digantikan oleh kalsit

adalah plagioklas serta matriks gelas vulkanik. Umumnya kalsit terbentuk pada lingkungan yang kaya kandungan CO_2 . Mineral ini dapat terbentuk pada semua suhu.

Plagioklas $\rightarrow$ Kalsit

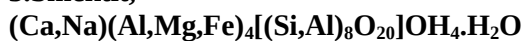


(Utami, 2011)



Gambar 2. Kalsit pada sayatan tipis sampel *cutting* kedalaman 482-485 mKU; terlihat kalsit (E4)

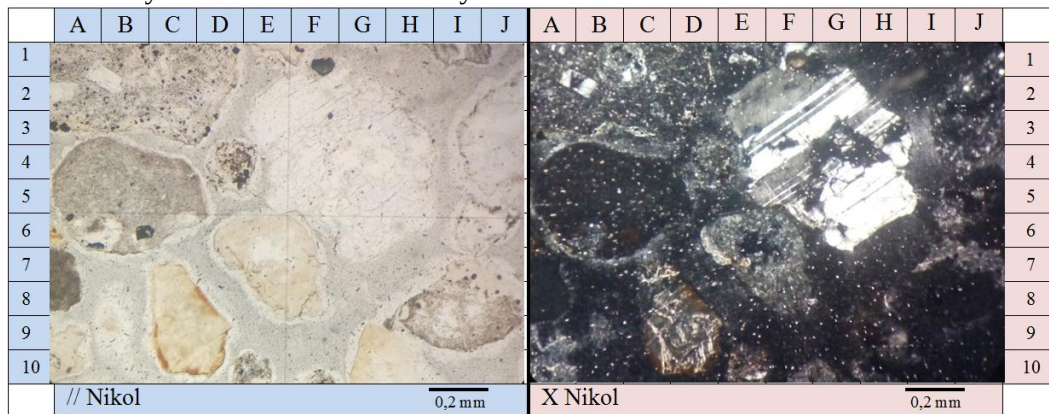
3. Smektit,



Smektit hadir sebagai mineral yang mengubah gelas vulkanik dan fenokris pada batuan. Kenampakan smektit pada sayatan tipis adalah tidak berwarna, kecoklatan,

atau hijau gelap, berukuran sangat halus ($<0,01$ mm). Mineral ini terbentuk dari fluida dengan pH netral-asam dan memiliki suhu stabil sekitar $<140^{\circ}\text{C}$, bahkan bisa mencapai 210°C (Reyes, 1990). Smektit hadir melimpah pada tipe alterasi argilik

dan lebih banyak diketahui kehadirannya melalui analisis XRD.



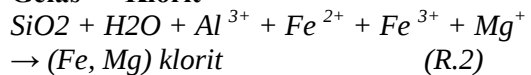
Gambar 3. Smektit pada sayatan tipis sampel *cutting* kedalaman 140-143 mKU; terlihat smektit (D8), plagioklas (F3), gelas vulkanik (B5), pirit (B6)

4. Klorit, $(\text{Mg}, \text{Fe}^{+2})_6(\text{OH})_8\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$

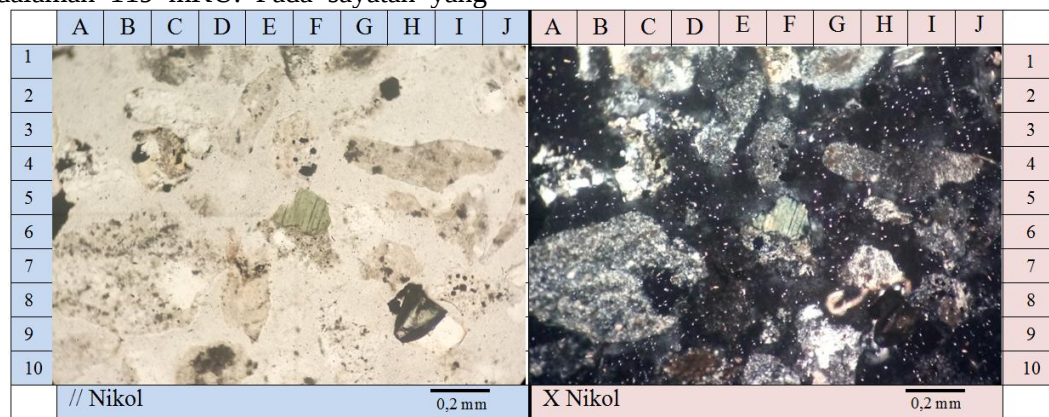
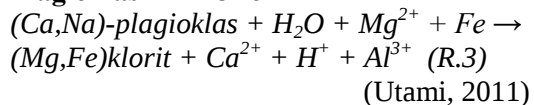
Klorit hadir sebagai mineral yang mengubah gelas vulkanik dan mineral plagioklas baik berupa fenokris maupun mikrolit plagioklas. Kenampakan klorit pada sayatan tipis adalah berwarna hijau dan berwarna hijau gelap pada nikol bersilang, relief sedang, bentuk anhedral-subhedral. Klorit mulai terbentuk pada suhu 120°C dan mulai stabil pada 220°C (Reyes, 1990). Klorit mulai muncul pada kedalaman 119 mKU. Pada sayatan yang

diamati, klorit mengubah gelas dan plagioklas dengan reaksi sebagai berikut:

Gelas $\rightarrow$ Klorit



Plagioklas $\rightarrow$ Klorit



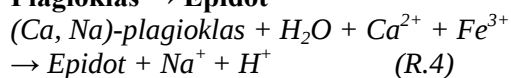
Gambar 4. Klorit pada sayatan tipis sampel *cutting* kedalaman 1166-1169 mKU; terlihat klorit (F5), kuarsa sekunder (A4)

5. Epidot, $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$

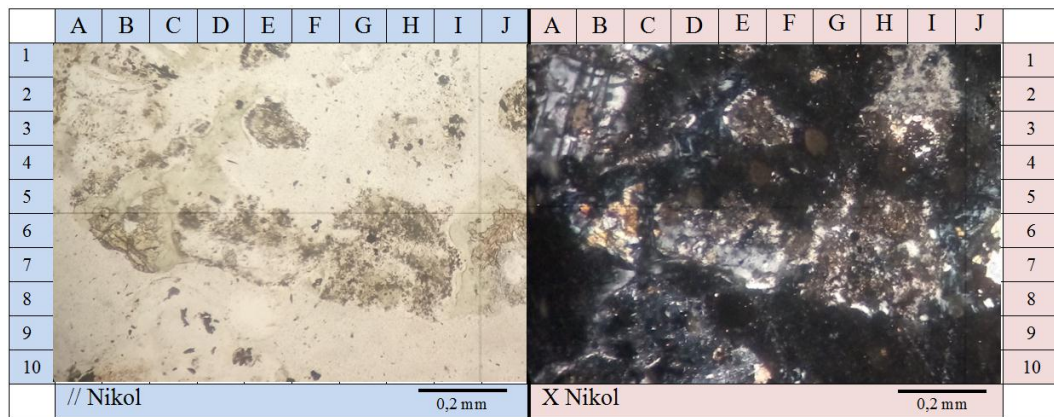
Pada sumur VN, epidot mulai hadir pada kedalaman 821 mKU. Kenampakan epidot pada sayatan tipis adalah berwarna hijau pucat hingga coklat kehijauan, pleokroisme lemah-sedang, bentuk kristal anhedral-subhedral. Mineral ini menggantikan

mineral primer plagioklas, dengan temperatur hidrotermal $>200^\circ\text{C}$ (Reyes, 1990).

Plagioklas $\rightarrow$ Epidot



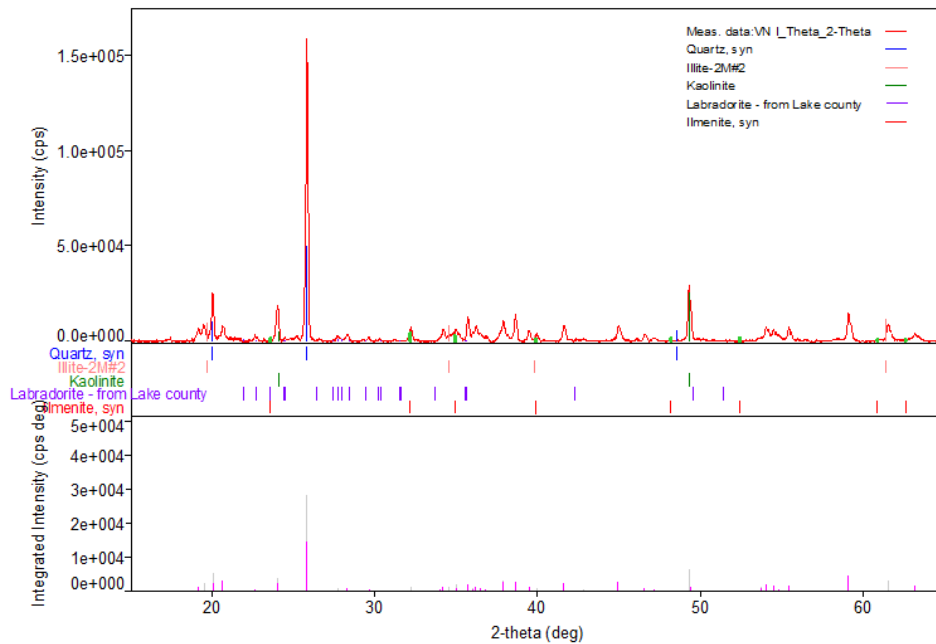
(Utami, 2011)



Gambar 5. Epidot pada sayatan tipis sampel *cutting* kedalaman 944-947 mKU; terlihat epidot (B6), plagioklas (A2), kalsit (I3)

Untuk melengkapi data mineral ubahan yang ada di sumur VN, dilakukan analisis XRD pada 3 sampel serbuk bor, yaitu kedalaman 320-323 mKU, 710-713 mKU, dan 1070-1073 mKU. Pada sampel kedalaman 320-323 mKU, terdapat mineral kuarsa, ilit, kaolinit,

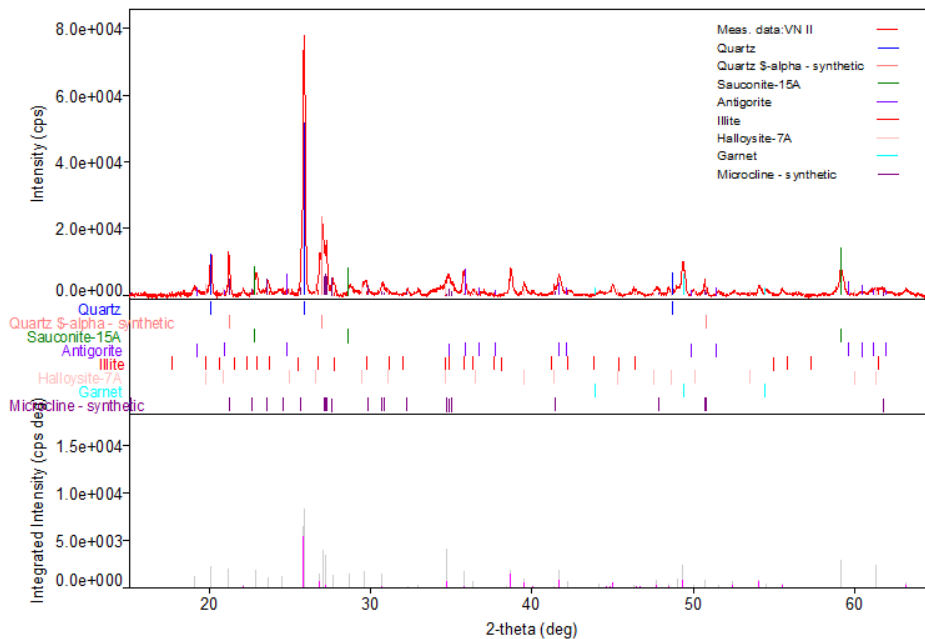
labradorit, ilmenit, dan pirit. Dapat diperkirakan batuan ini terbentuk pada kedalaman cenderung dangkal pada pH asam-netral (pH 4-6) dengan temperatur pembentukan sekitar 120°-250°C (Reyes, 1990).



Gambar 6. Data analisis XRD pada sampel kedalaman 320-323 mKU, terdapat *peak* dari mineral kuarsa, ilit, kaolinit, labradorit dan ilmenit

Pada sampel kedalaman 710-713 mKU, terdapat mineral kuarsa, ilit, haloysit, smektit, anortit dan kaolinit. Batuan ini juga diperkirakan terbentuk pada kedalaman

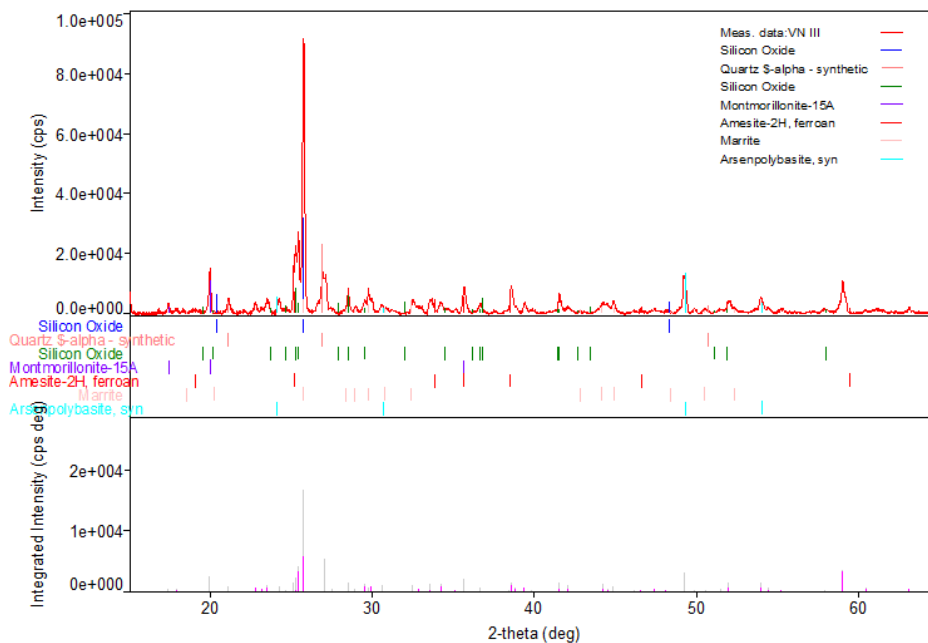
cenderung dangkal pada pH mendekati netral dengan temperatur pembentukan sekitar 100°-250°C (Reyes, 1990).



Gambar 7. Data analisis XRD pada sampel kedalaman 710-713 mKU, terdapat *peak* dari mineral kuarsa, ilit dan halloysit

Pada sampel kedalaman 1070-1073 mKU, terdapat mineral kuarsa, oksida besi, montmorilonit, anortit, kaolinit dan epidot. Dapat diperkirakan batuan ini terbentuk

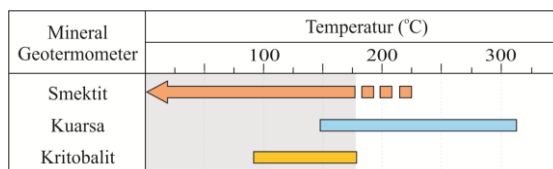
pada pH mendekati netral dengan temperatur pembentukan sekitar 150°-300°C (Reyes, 1990)



Gambar 8. Data analisis XRD pada sampel kedalaman 1070-1073 mKU, terdapat *peak* dari mineral kuarsa, oksida besi dan montmorilonit

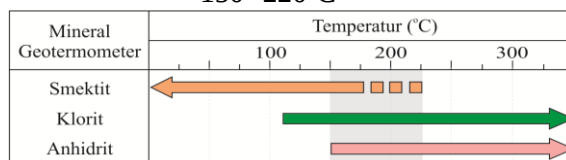
Berdasarkan mineral-mineral penciri tersebut, maka alterasi sumur VN dapat dibagi menjadi 3 tipe, yaitu alterasi argilik, alterasi subpropilitik, dan alterasi propilitik (Corbett dan Leach, 1997). Tipe alterasi argilik berada pada kedalaman 50-119 mKU, mengandung mineral lempung dengan kehadiran kuarsa, smektit, mineral opak dan oksida besi dalam jumlah minor yang mengindikasikan temperatur pembentukan mineral pada kedalaman ini adalah $<180^{\circ}\text{C}$.

Tabel 1. Kisaran temperatur tipe alterasi argilik berdasarkan geotermometer mineral (Reyes, 1990) dari mineral smektit, kuarsa, dan kristobalit, yaitu $<180^{\circ}\text{C}$



Tipe alterasi subpropilitik terdapat pada kedalaman 119-820 mKU dengan ditandai hadirnya mineral klorit, terdapat pula mineral karbonat (kalsit), kuarsa, dan mineral opak (pirit) serta mineral ilit, anhidrit, kaolinit dan zeolit pada beberapa sampel. Diperkirakan temperatur pembentukan mineral pada kedalaman ini sekitar 150°C - 220°C dalam kondisi pH netral.

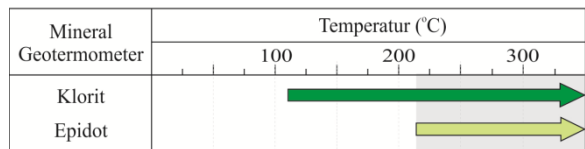
Tabel 2. Kisaran temperatur tipe alterasi subpropilitik berdasarkan geotermometer mineral (Reyes, 1990) dari mineral smektit, klorit, dan anhidrit, yaitu sekitar 150°C - 220°C



Tipe alterasi propilitik terdapat pada kedalaman 820-1169 mKU, dapat dijadikan salah satu patokan zona reservoir. Kehadiran mineral epidot-klorit merupakan ciri utama tipe alterasi ini dengan mineral sekunder lain yang hadir yaitu kuarsa, oksida besi, anhidrit, mineral opak (pirit) dan wairakit. Diperkirakan alterasi ini dipengaruhi oleh fluida yang memiliki

temperatur sekitar 210°C - 340°C dalam kondisi pH netral.

Tabel 3. Kisaran temperatur tipe alterasi propilitik berdasarkan geotermometer mineral (Reyes, 1990) dari mineral klorit dan epidot, yaitu sekitar 210°C - 340°C



5. KESIMPULAN

Terdapat tiga jenis litologi yang ditemukan pada sumur VN, yaitu andesit terubah, tuf litik dan tuf kristal. Mineral ubahan pada sumur VN umumnya menunjukkan pH asam-netral pada kedalaman dangkal dan pH netral pada bagian yang lebih dalam. Mineral dengan pH asam antara lain kaolinit, kristobalit, anhidrit, serta haloysit, sedangkan mineral ber-pH netral diantaranya kuarsa, klorit, pirit, smektit, ilit, montmorilonit, epidot dan wairakit.

Sumur VN memiliki tiga tipe alterasi, yaitu tipe argilik, tipe subpropilitik, dan tipe propilitik. Tipe argilik berada pada kedalaman 50-119 mKU, tersusun atas litologi andesit terubah, mengandung mineral lempung, kuarsa dan kristobalit, diperkirakan mineral ubahan pada kedalaman ini terbentuk pada temperatur $<180^{\circ}\text{C}$. Tipe subpropilitik terdapat pada kedalaman 119-820 mKU, andesit, tuf litik, maupun tuf kristal, mengandung banyak mineral smektit dan klorit, serta ilit pada beberapa kedalaman, temperatur pembentukan mineral pada tipe ini sekitar 150°C - 220°C . Tipe propilitik pada kedalaman 820-1169 mKU, dengan kehadiran epidot-klorit sebagai mineral penciri, litologi penyusunnya adalah tuf litik dan tuf kristal, temperatur pembentukan mineral sekitar 210°C - 340°C .

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Star Energy Geothermal Indonesia Ltd. yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan

penelitian di daerah Wayang Windu, Pangalengan, Jawa Barat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrenica, A.B., Harijoko, B., Kusumah, Y.I., Bogie, I. 2010. *Characteristics of Hydrothermal Alteration in Part of the Northern Vapor-Dominated Reservoir of the Wayang Windu Geothermal Fields, West Java*. Proceedings World Geothermal Congress 2010.
- Alzwar, M., Akbar, N., Bachri, C. 1992. Peta Geologi Garut-Pameungpeuk, Jawa Barat (1208- 6), Skala 1:250.000. Bandung : Pusat dan Pengembangan Geologi
- Bogie, I., Kusumah, Y.I., Wisnandary. 2008. *Overview of the Wayang Windu Geothermal Field, West Java, Indonesia*. Amsterdam : Elsevier Scientific Publishing Company, p. 347-365.
- Bogie, I., Mackenzie, K. M. 1998. *The Application of A Volcanic Facies Model To An Andesitic Stratovolcano Hosted Geothermal System at Wayang Windu, Java, Indonesia*. Proceedings 20th New Zealand Geothermal Workshop, New Zealand.
- Browne, P.R.L. 1989. *Contrasting Alteration Styles of Andesitic and Rhyolitic Rocks in Geothermal Fields of the Taupo Volcanic Zone*. Proceedings 11th New Zealand Geothermal Workshop, New Zealand.
- Corbett, Greg J., Leach, Terry M. 1997. *Southwest Pacific Rim Gold-Copper System: Structure, Alteration, and Mineralization*. Society of Economic Geologist. Special Publication 6, p. 238.
- Masri, A., Barton, C., Hartley, L., Ramadhan, Y. 2015. *Structural Permeability Assessment Using Geological Structural Model Integrated with 3D Geomechanical Study and Discrete Fracture Network Model in Wayang Windu Geothermal Field, West Java, Indonesia*. Proceedings 40th Workshop of Geothermal Reservoir Engineering, Stanford, California.
- Masri, A., Hadi, J., Bahar, A., Sihombing, J.M. 2006. *Uncertainty Quantification By Using Stochastic Approach in Pore Volume Calculation, Wayang Windu Geothermal Field, W Java, Indonesia*. Proceedings 31st Workshop of Geothermal Reservoir Engineering, Stanford, California.
- Reyes, A. G. 1990. *Petrology of Philippine Geothermal Systems and the Application of Alteration Mineralogy to their Assessment*. Journal of Volcanology and Geothermal Research. 43, p. 279-309. Amsterdam : Elsevier Science Publisher B.V.
- Sukaesih, Rezky, Y., Rosana, M.F., Mardiana, U. 2015. *Alterasi di Sumur Pengeboran SMN-1 dan SMN-2 di Daerah Panasbumi Sumani, Kabupaten Solok, Propinsi Sumatera Barat*. Buletin Sumber Daya Geologi Vol.10 No. 3, p. 153-166. Bandung : Pusat Sumber Daya Geologi.
- Utami, Pri. 2011. *Hydrothermal Alteration and the Evolution of the Lahendong Geothermal System, North Sulawesi, Indonesia*. New Zealand: University of Auckland.