

**KARAKTERISTIK ALTERASI BAWAH PERMUKAAN
DI LAPANGAN PANAS BUMI “X”, KABUPATEN SUKABUMI, PROVINSI JAWA BARAT**

**(CHARACTERISTICS ALTERATION OF SUB-SURVEY
IN “X” GEOTHERMAL FIELD, SUKABUMI, WEST JAVA PROVINCE)**

Flaurentina Nadya¹, Aton Patonah¹, Undang Mardiana¹, dan Mochammad Nurhadi²

¹Universitas Padjadjaran

²Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi

flaurentina.nadya@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki potensi panas bumi terbesar di dunia. Salah satunya terletak di Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Untuk dapat mengoptimalkan potensi panas bumi, diperlukan penelitian mengenai karakteristik panas bumi, salah satunya penelitian mineral alterasi pada manifestasi panas bumi. Penelitian ini difokuskan pada studi alterasi menggunakan data *coring* dan *cutting* dari pengeboran Sumur X. Urutan Batuan pada sumur X dari tua ke muda terdiri atas endapan danau, tufa teralterasi, breksi tufa teralterasi, dasit teralterasi, andesit teralterasi, breksi andesit teralterasi dan breksi vulkanik teralterasi yang terbagi kedalam dua periode vulkanik yakni periode Pliosen yang berasal dari letusan Gunung Citorek dan Plistosen yang berasal dari letusan Gunung Halimun dan Gunung Tapos. Berdasarkan himpunan mineral alterasinya, zona alterasi pada sumur X terbagi kedalam 3 zona yakni zona smektit -klorit pada kedalaman 24 s.d 600 MD, zona illit – klorit pada kedalaman 600 s.d 700 MD, dan zona klorit - smektit pada kedalaman 700 s.d 821 MD. Berdasarkan komposisi mineral dan zona alterasinya, tipe alterasi pada sumur X adalah sub-profilitik dengan pH netral dan temperatur 200-300°C dan dapat bertindak sebagai zona penudung dan dilihat dari pemunculan manifestasi yang dikontrol oleh struktur, daerah penelitian berada di bagian zona *outflow*.

Kata Kunci: Panas Bumi, Alterasi, Zona Alterasi, Sub-Profilitik, Zona *Outflow*

ABSTRACT

Indonesia is one of the countries that has the largest geothermal potential in the world. One of them is located in Sukabumi Regency, West Java. In order to optimize geothermal potential, research on geothermal characteristics is needed, one of which is the study of alteration minerals in geothermal manifestations. This research is focused on alteration studies using coring and cutting data from the drilling of Well X. The sequence of rocks in Well X from oldest to younger succession consists of lake deposits, altered tuff, altered tuff breccias, altered dacite, altered andesite, altered andesite breccias and late volcanic breccias. which is divided into two volcanic periods, namely the Pliocene period from the eruption of Mount Citorek and the Pleistocene from the eruption of Mount Halimun and Mount Tapos. Based on the assemblage of alteration minerals, the alteration zone in Well X is divided into 3 zones, namely the smectite-chlorite zone at a depth of 24 to 600 MD, illite-chlorite zone at a depth of 600 to 700 MD, and the chlorite-smectite zone at a depth of 700 to 821 MD. Based on the mineral composition and alteration zone, the type of alteration in Well X is sub-prophyllitic with neutral pH and temperature 200-300°C and can act as a containment zone and judging from the appearance of manifestations controlled by the structure, the study area is in the outflow zone.

Keywords: Geothermal, Alteration, Alteration Zone, Sub-prophyllitic, Outflow Zone

PENDAHULUAN

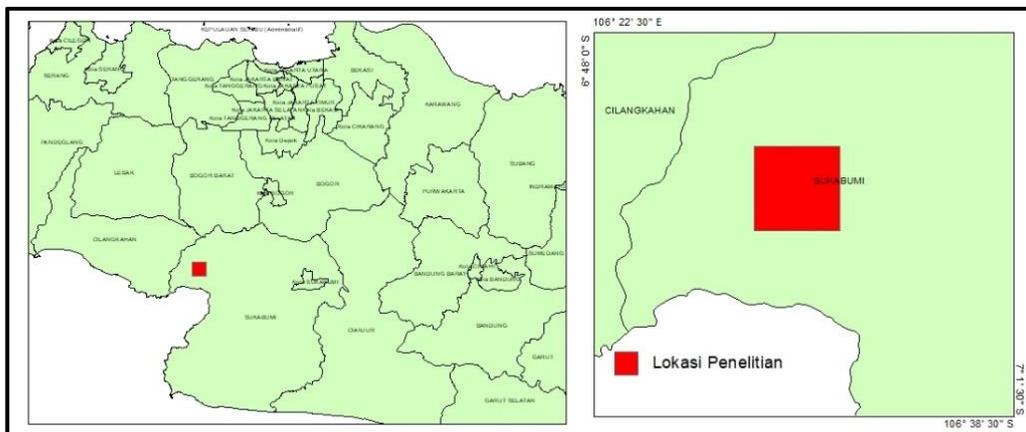
UU nomor 21 tahun 2014 tentang Panas Bumi, menyatakan bahwa Panas Bumi adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air, dan batuan bersama dengan mineral ikutan dan gas lainnya yang secara genetik tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panas bumi. Sumberdaya energi panas bumi dapat ditemukan pada batuan dan air di dekat permukaan bumi dengan ciri khas suhu yang tinggi. Selain di permukaan sumberdaya panas bumi juga dapat ditemukan di bawah permukaan sampai dengan kedalaman beberapa kilometer atau bahkan dapat ditemukan juga sampai dengan kedalaman yang sangat tinggi dengan suhu ekstrim dari batuan atau magma yang mencair.

Secara geografis, Indonesia merupakan negara yang berada pada jalur “*Ring of Fire*”, yang ditandai dengan banyaknya aktivitas vulkanisme sehingga potensi panas bumi di Indonesia sangatlah besar, yakni mencapai 23,9 Giga Watt. Potensi tersebut, Indonesia diharapkan bisa memanfaatkan sebagai sumber energi pembangkit listrik dan kegiatan perekonomian masyarakat (PPSDM KEBTKE, 2020).

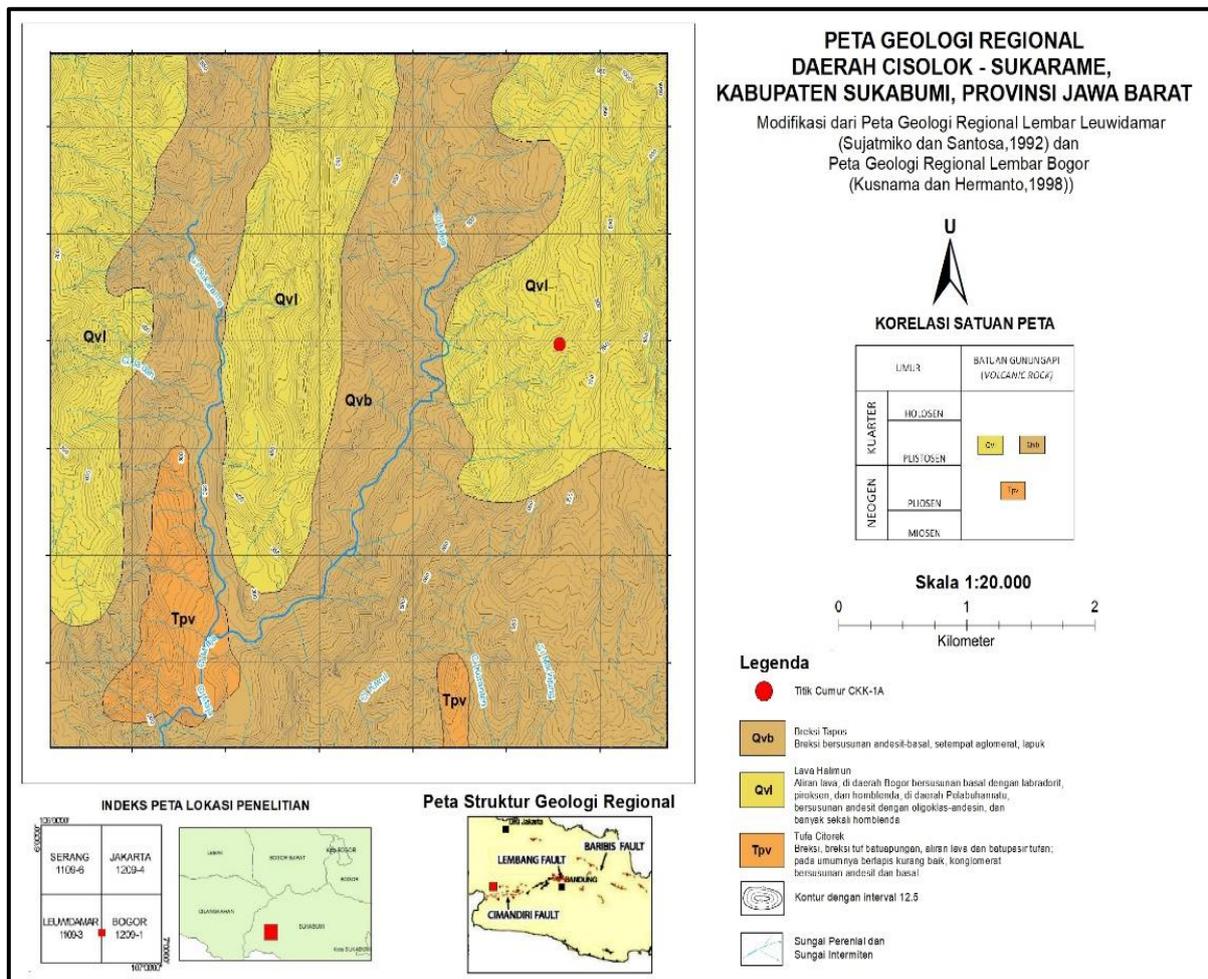
Salah satu wilayah Indonesia yang memiliki potensi panas bumi yang dapat dikembangkan lebih lanjut adalah daerah Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat (Gambar 1). Potensi ini dibuktikan dengan

adanya geyser, kubangan lumpur panas, mata air panas, kolam air panas, dan travertin. Untuk dapat mengoptimalkan potensi panas bumi tersebut, diperlukan penelitian mengenai karakteristik panas bumi, salah satunya adalah meneliti manifestasi panas bumi berupa mineral alterasi. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakteristik alterasi lapangan panas bumi dan pendugaan temperatur pembentukannya.

Lokasi daerah penelitian termasuk ke dalam fisiografi Zona Pegunungan Selatan yang terbentang mulai dari Teluk Pelabuhanratu sampai Pulau Nusakambangan. Berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Leuwidamar skala 1:100.000 (Sujatmiko dan Santosa, 1992) dan sebagian Peta Geologi Regional Lembar Bogor skala 1:100.000 (Kusnama dan Hermanto, 1998), daerah penelitian tersusun dari tiga formasi, yaitu Batuan Tufa Citorek (Tpv) yang berumur Pliosen, Batuan Lava Halimun (Qvl), dan Breksi Tapos (Qvb) yang berumur Plistosen (Gambar 2). Struktur geologi regional daerah penelitian terdiri atas kekar dan sesar dengan arah orientasi timur laut – barat daya, barat – timur, dan hampir utara – selatan. Ketiga sesar utama tersebut, terdapat satu sesar utama, yakni sesar dengan orientasi timur laut – barat daya, sesar tersebut merupakan sesar yang paling berperan dalam mengontrol pemunculan manifestasi di permukaan (Haty dan Nugroho, 2013).



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian



Gambar 2. Peta Geologi Regional daerah penelitian

METODOLOGI

Penelitian ini difokuskan kepada studi alterasi dengan objek penelitian yang diamati adalah data hasil pengeboran yang terdiri dari sampel into bor (*coring*), sampel serbuk bor (*cutting*) dan data *SpecTerra*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengamatan secara megaskopis dengan tujuan untuk mengidentifikasi karakteristik fisik batuan sehingga dapat diketahui tekstur, struktur, komposisi, dan jenis litologi pada daerah penelitian. Selanjutnya, dilakukan pemilihan yakni sebanyak sepuluh sampel mewakili dari setiap batuan dan mineral ubahan untuk dilakukan analisis petrografi dengan tujuan mendeskripsi lebih detail tekstur, struktur, dan mineral penyusun batuan serta mineral ubahannya. Tahapan berikutnya adalah analisis *SpecTerra*, sebagai salah satu metoda yang digunakan untuk menentukan

jenis mineral yang berbutir sangat halus terutama mineral lempung dengan menembakan spektrum cahaya pada sampel terpilih sehingga menghasilkan grafik reflektan terhadap panjang gelombang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

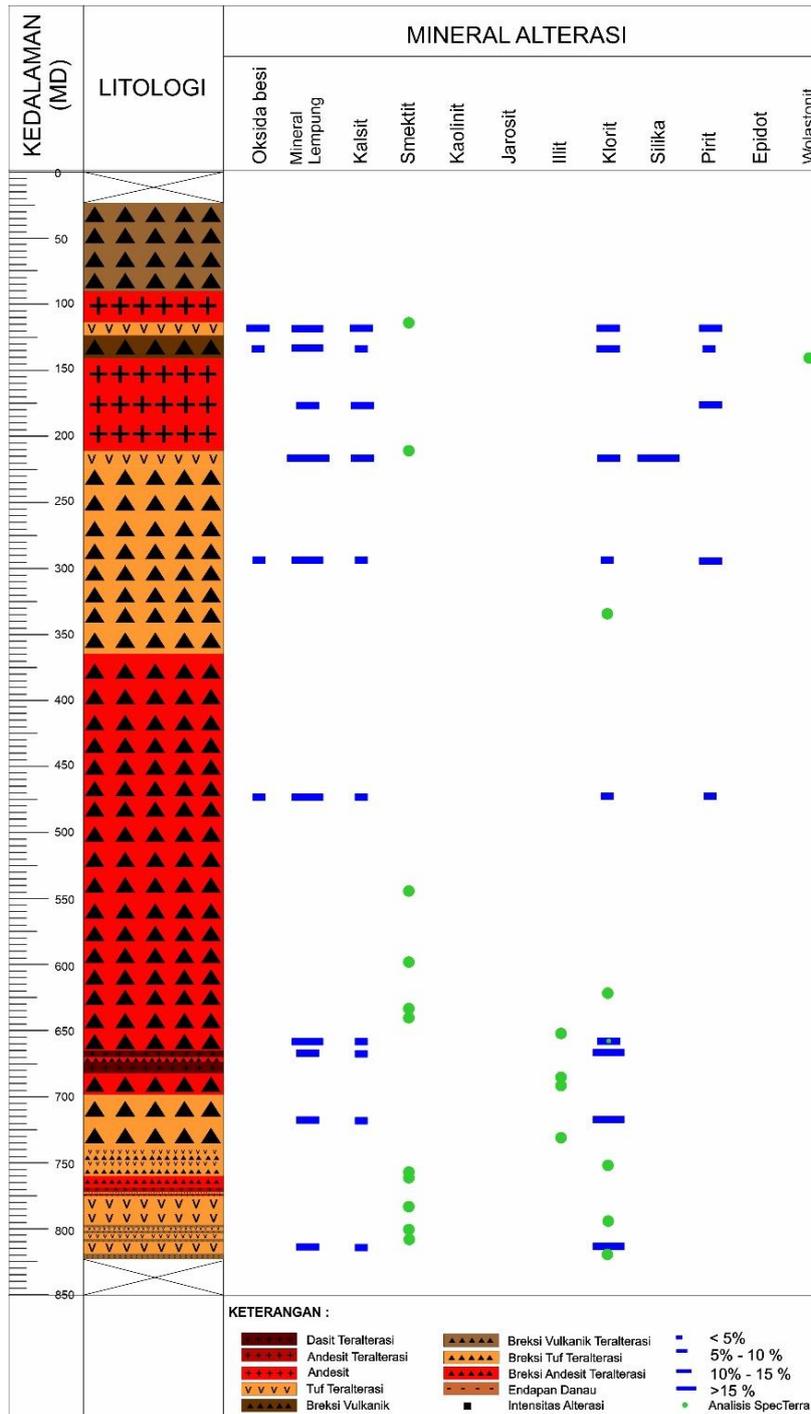
Stratigrafi Sumur X

Data diperoleh dari Sumur X dengan kedalaman hingga 821 MD (*Meter Depth*). Penentuan litologi pada sumur X dilakukan melalui analisis megaskopis dan analisis mikroskopis dari kenampakan sampel batuan di bawah permukaan berupa sampel serbuk bor (*cutting*) dan sampel inti bor (*coring*). Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, urutan batuan pada sumur X dari tua ke muda terdiri atas endapan danau, tufa teralterasi, breksi tufa teralterasi, dasit teralterasi, andesit

teralterasi, breksi andesit teralterasi dan breksi vulkanik terlaterasi yang terbagi kedalam dua periode vulkanik yakni periode Pliosen pada kedalaman 600 s.d 821MD yang berasal dari letusan Gunung Citorek dan periode Plistosen pada kedalaman 24 s.d 600MD yang berasal dari letusan Gunung Halimun dan Gunung Tapos (Gambar 3).

Mineral Alterasi Hidrotermal Sumur X

Berdasarkan hasil analisis mikroskopis dan analisis specterra, mineral alterasi yang terdapat pada sumur X adalah Mineral Lempung, Mineral Karbonat, Klorit, Mineral Oksida, dan Mineral Sulfida (Gambar 3). Berikut penjelasan lebih detail mengenai karakteristik masing – masing mineral alterasi.



Gambar 3. Komposisi mineral alterasi pada Sumur X

Mineral Lempung

Jenis mineral lempung merupakan mineral yang sulit diidentifikasi melalui analisis megaskopis dan mikroskopis, dengan demikian perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk menentukan namanya, salah satunya yakni dengan analisis *SpecTerra*. Berdasarkan hasil analisis tersebut, jenis mineral lempung yang terdapat pada sumur X ini terdiri atas mineral smektit dan illit.

Smektit hadir pada kedalaman 114 MD s.d 639 MD. Mineral smektit pada sumur X merupakan mineral monmorilonit (Gambar 4 dan 5). Mineral ini adalah mineral hasil ubahan dari mineral plagioklas dan gelas vulkanik. Mineral ini umumnya terdapat pada tipe alterasi argilik (Corbet dan Leach, 1998) dan terbentuk pada temperatur cukup rendah yakni <200°C (Reyes,1990). Selain smektit, juga hadir mineral illit yang merupakan mineral lempung berwarna putih yang terlihat kehadirannya pada kedalaman 654 s.d 732 MD. Mineral ini memiliki PH 4 s.d 6 yang merupakan penciri dari tipe alterasi argilik dan terbentuk pada temperatur 200°C s.d 250°C (Corbet dan Leach, 1998) (Gambar 6).

Mineral Karbonat

Mineral karbonat jenis kalsit hadir pada setiap kedalaman sampel yang dilakukan analisis petrografi. Mineral ini mengisi rekahan pada batuan. Berdasarkan mikroskopis, mineral kalsit tersebut

memiliki karakteristik agak kecoklatan, granular, relief tinggi bias rangkap tinggi, mengisi rekahan pada batuan. (Gambar 6).

Klorit

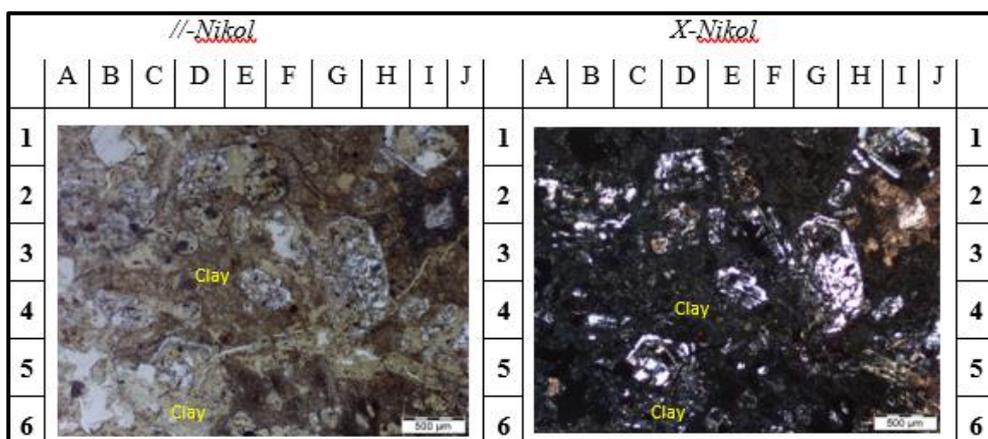
Mineral klorit melimpah seiring dengan bertambahnya kedalaman. Pada pengamatan petrografi, mineral klorit memiliki warna hijau muda, beragregat (Gambar 7), mengisi celah dan hasil ubahan dari mineral piroksen dan plagioklas. Mineral klorit merupakan mineral yang memiliki rentang temperatur yang cukup panjang yakni 0 s.d 120°C (Reyes,1990).

Mineral Oksida

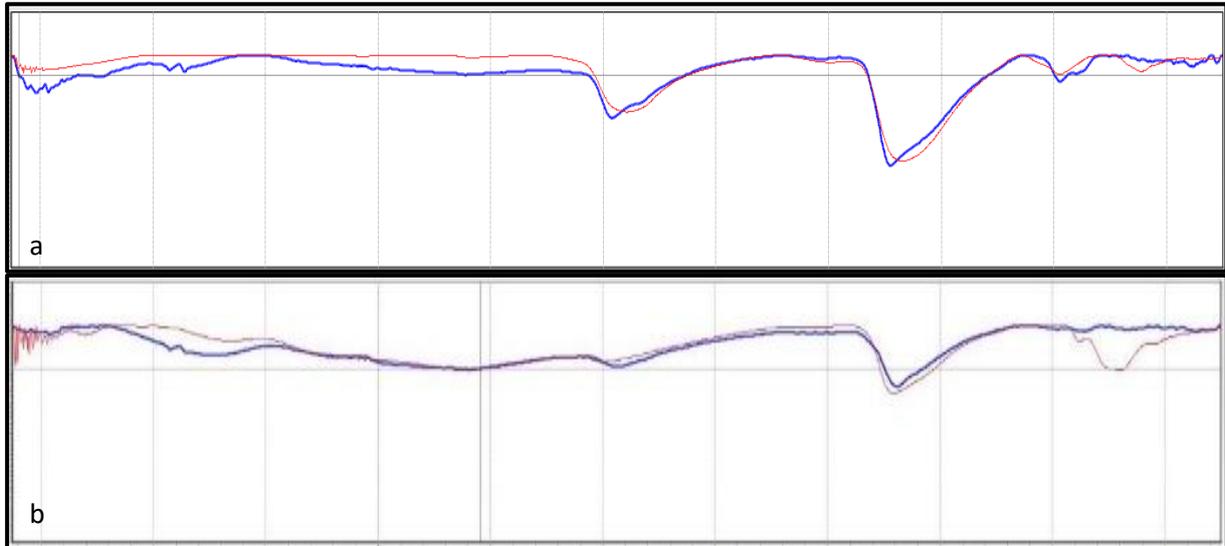
Mineral oksida pada sumur X terlihat dalam analisis mikroskopis. Mineral ini hadir dengan karakteristik berwarna coklat pucat, warna interferensi coklat kehitaman, mengisi rekahan atau menggantikan mineral piroksen dan plagioklas. (Gambar 8).

Mineral Sulfida

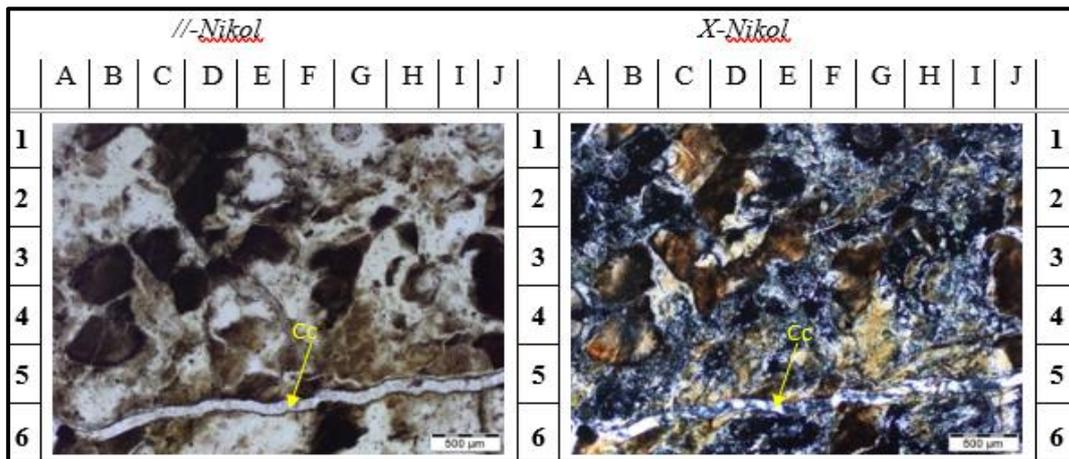
Mineral sulfida yang terdapat pada sumur X adalah mineral pirit. Mineral ini memiliki karakteristik berwarna hitam, berbentuk kubik isometris, ukuran butir <2mm, bersifat isotrop (Gambar 9). Mineral pirit terdapat hampir di seluruh sampel sayatan tipis dan terdapat secara *spotted* pada titik kedalaman tertentu dan ada juga yang mengisi rekahan bersama dengan mineral kalsit.



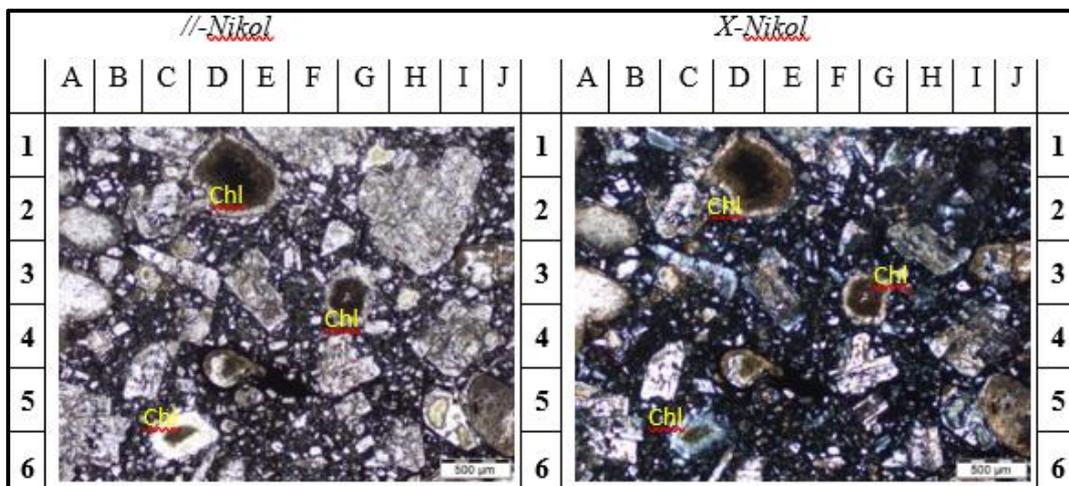
Gambar 4. Kenampakan mineral lempung menggantikan mineral plagioklas dan gelas vulkanik pada sampel batuan breksi vulkanik kedalaman 125 s.d. 141MD (clay = mineral lempung)



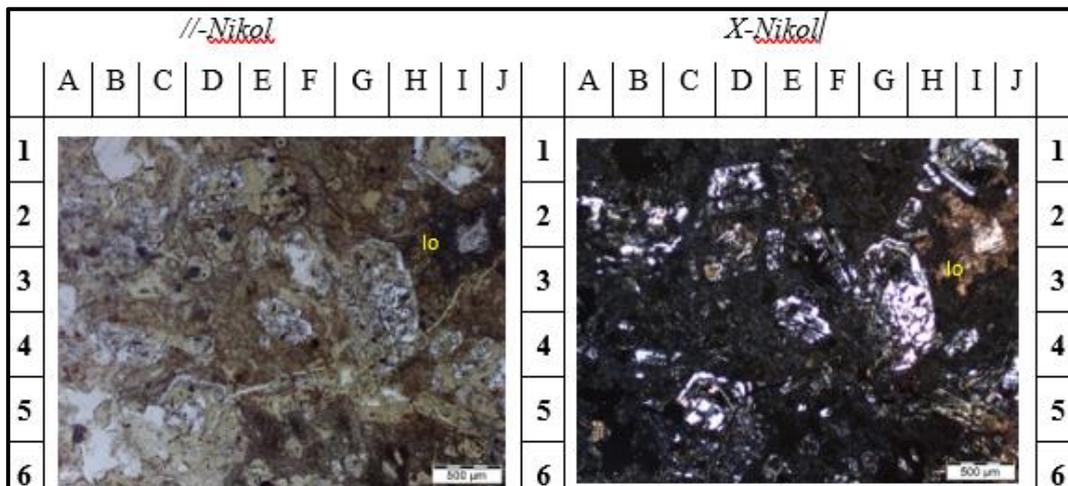
Gambar 5. a. Grafik specterra mineral monmorilonit pada kedalaman 114 MD
 b. Grafik specterra mineral illit pada kedalaman 654 MD



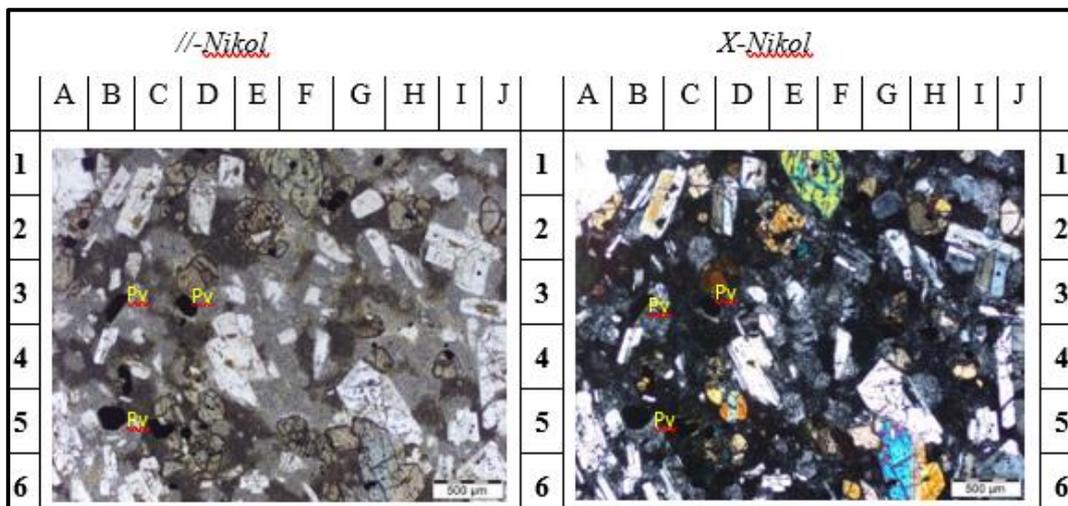
Gambar 6. Kenampakan mineral kalsit pada batuan breksi andesit teralterasi kedalaman 211 s.d 223 MD, kalsit hadir dengan mengisi rekahan (Cc = Kalsit)



Gambar 7. Kenampakan mineral klorit pada batuan breksi andesit teralterasi kedalaman 656 s.d 665 MD (Chl = Klorit)



Gambar 8. Kenampakan mineral oksida pada batuan breksi vulkanik kedalaman 125 s.d 141 MD (IO = Iron Oxide)



Gambar 9. Kenampakan mineral pirit) pada batuan andesit kedalaman 141 s.d 211 MD (Py = Pyrite)

Zonasi Mineral Alterasi Sumur X

Hasil analisis mikroskopis pada 10 sampel sayatan dan analisis *SpecTerra* pada 24 titik kedalaman pada sumur X, terdapat tiga zona alterasi (Gambar 10) yaitu;

Zona Smektit – Klorit

Zona Smektit – Klorit terdapat pada kedalaman 24 s.d 600 MD. Pada kedalaman tersebut, ditemukan mineral

alterasi smektit, klorit, ilit, mineral oksida, kalsit, dan pirit (Gambar 10). Berdasarkan himpunan mineralnya zona mineral alterasi didominasi oleh smektit – klorit (Gambar 11). Menurut Corbet dan Leach (1998), zona smektit – klorit merupakan zona transisi dari alterasi tipe argilik yang merupakan zona penudung dan tipe sub-propilitik (Corbett dan Leach, 1998).

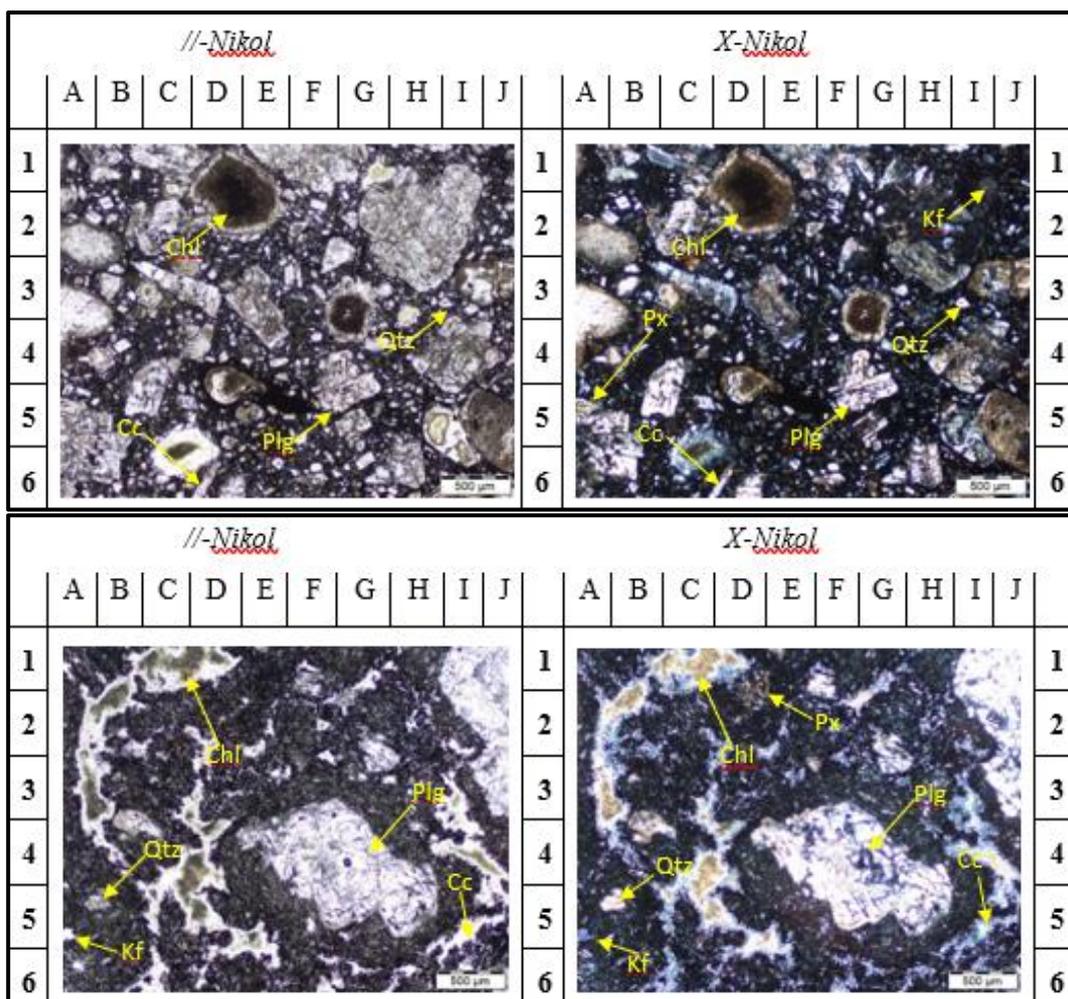
Dilihat dari mineral alterasi yang dominan yakni mineral smektit dan mineral klorit, maka pH zona ini termasuk pH netral. Untuk temperaturnya itu sendiri, mineral smektit memiliki temperatur keterbentukan <200°C dan mineral klorit memiliki temperatur keterbentukan >200°C (Reyes,1990) sehingga zona smektit – klorit ini terbentuk pada temperatur 200°C (Tabel 1).

Zona Iilit – Klorit

Zona ini dapat ditemukan pada kedalaman 600 s.d 700 MD. Pada Zona ini, mineral alterasi didominasi oleh mineral illit dan klorit, sebagian kecil hadir mineral oksida, kalsit, dan pirit (Gambar 12).Mineral ini hadir padabatuan breksi, andesit teralterasi dan dasit, Berdasarkan himpunan mineral alterasinya, zona ini merupakan zona transisi antara tipe argilik dan propilitik yakni zona sub-propilitik (Corbett dan Leach, 1998).

Tabel 1. Temperatur keterbentukan zona smektit – klorit

JENIS MINERAL	TEMPERATUR (°C)						
	50	100	150	200	250	300	350
SMEKTIT							
KLORIT							



Gambar 12. a. Foto sayatan komponen breksi andesit teralterasi pada kedalaman 656 s.d 665 MD. b. Foto sayatan dasit pada kedalaman 665 s.d 670 MD (Cc = Kalsit, Plg = Plagioklas, Kf = k-feldspar, Qtz = Kuarsa, Chl = Klorit)

Dilihat dari asosiasi mineral alterasi yang hadir, maka zona ini memiliki pH netral dengan temperatur pembentukan di antara 200 s.d 300°C (Reyes, 1990). (Tabel 2)

Zona Klorit - Smektit

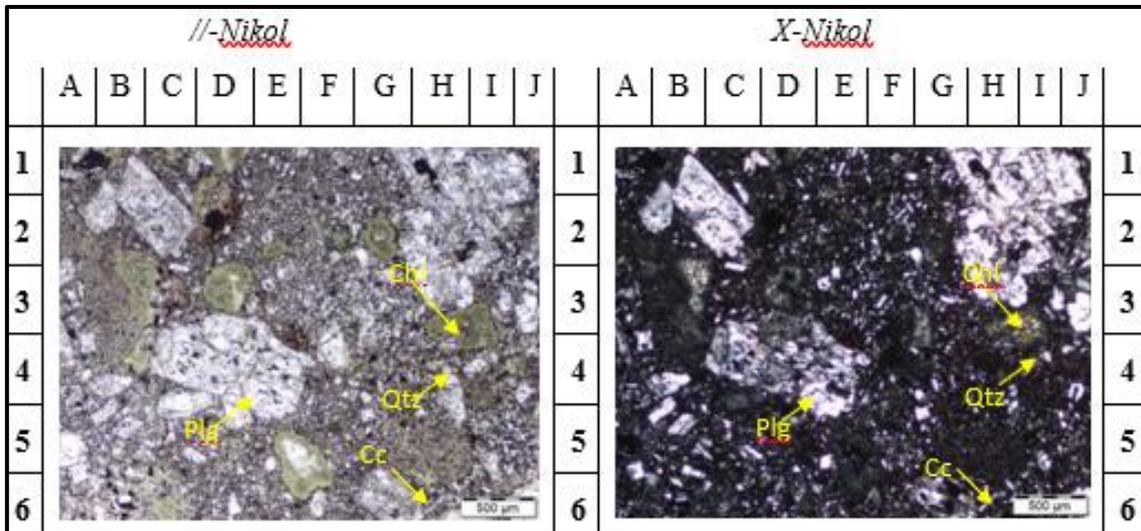
Zona Klorit – Smektit terdapat pada kedalaman 700 s.d 821 MD Sumur X. Pada kedalaman tersebut memiliki kesamaan mineral alterasi dominan dengan kedalaman 24 s.d 615 MD, namun terdapat perbedaan komposisi mineral alterasi lainnya yakni ditemukan mineral alterasi monmorilonit, klorit yang lebih dominan, dan sedikit illit. Mineral klorit pada kedalaman tersebut semakin banyak kehadirannya dari kedalaman sebelumnya dan sangat mendominasi.

Salah satu sampel yang dilakukan analisis yang hasilnya mewakili zona klorit – smektit ini adalah sampel sayatan batuan pada kedalaman 700 s.d 740 MD dengan litologi breksi tuf teralterasi. Berdasarkan hasil analisis batuan ini memiliki intensitas alterasi sedang (Browne,1984) dengan mineral sekunder sebesar 30% yang tersusun atas mineral lempung, kalsit, dan klorit yang kehadirannya cukup banyak. (Gambar 13).

Dilihat dari mineral alterasi yang dominan yakni mineral klorit maka pH zona ini adalah netral, dengan temperaturnya keterbentukan mineral klorit >200°C dan mineral smektit <200°C (Reyes,1990) sehingga zona ini diperkirakan terbentuk pada temperatur 200°C (Tabel 3).

Tabel 2. Temperatur keterbentukan zona Illit – Klorit

JENIS MINERAL	TEMPERATUR (°C)						
	50	100	150	200	250	300	350
ILIT							
KLORIT							



Gambar 13. Foto sayatan komponen pada breksi tuf teralterasi pada kedalaman 700 –s.d 740 MD (Cc= Kalsit, Plg = Plagioklas, Qtz = Kuarsa, Chl = Klorit)

Tabel 3. Temperatur keterbentukan zona klorit - smektit

JENIS MINERAL	TEMPERATUR (°C)						
	50	100	150	200	250	300	350
SMEKTIT							
KLORIT							

Karakteristik Alterasi Sumur X

Hasil pengamatan dan identifikasi karakteristik batuan hasil pemboran pada Sumur X dan grafik landaian suhu panas bumi, litologi daerah penelitian berasal dari dua paket erupsi yakni erupsi periode Pliosen pada kedalaman 600 s.d 821 MD yang tersusun atas batuan breksi andesit teralterasi, dasit teralterasi, breksi tuf teralterasi, tuf teralterasi, andesit teralterasi, dan endapan danau, serta paket erupsi periode Plistosen pada kedalaman 24 s.d 600 MD yang tersusun atas litologi batuan breksi vulkanik teralterasi, andesit, tufa teralterasi, breksi andesit teralterasi, dan breksi tufa teralterasi. Kedua periode tersebut dibatasi dengan perbedaan temperatur yang dilihat pada grafik landaian suhu dimana pada kedalaman 600 MD terjadi kenaikan temperatur dan juga didukung dengan data intensitas rekahan yang semakin banyak dengan ukuran yang lebih besar pada kedalaman 600m tersebut yang diduga karena pengaruh dari tektonik Pliosen Atas (Plio-Plistosen) (Van Bemmelen, 1949). Batuan pada sumur X secara umum memiliki tingkat alterasi yang beragam yakni mulai dari lemah sampai kuat, hal ini juga dipengaruhi oleh beberapa faktor dan salah satunya adalah intensitas rekahan pada batuan disetiap kedalamannya.

Berdasarkan kelimpahan mineral alterasi pada Sumur X yang telah diidentifikasi melalui analisis megaskopis dan analisis spectra, zona mineral alterasi pada Sumur X terbagi menjadi 3 yakni zona smektit –

klorit yang berada pada kedalaman 24 s.d 600 MD, zona illit – klorit pada kedalaman 600 s.d 700 MD, dan zona klorit - smektit pada kedalaman 700 s.d 821 MD (Tabel 4).

Zona smektit – klorit berada pada kedalaman 24 s.d 600 MD memiliki pH netral dan temperatur 200°C dengan kehadiran mineral sekunder lebih banyak mineral smektit daripada mineral kloritnya, zona illit – klorit yang berada pada kedalaman 600 s.d 700 MD memiliki pH netral dan temperatur 200 s.d 300°C dan zona klorit - smektit pada kedalaman 700 s.d 821 MD memiliki pH netral dan temperatur 200 °C dengan kehadiran mineral klorit lebih dominan daripada mineral smektitnya.

Berdasarkan karakteristik tersebut dapat disimpulkan bahwa ketiga zona tersebut tergolong kedalam tipe alterasi sub-propilitik (Corbet and Leach, 1997) dan dapat bertindak sebagai zona penudung (*caprock*), merupakan zona yang tersusun dari mineral lempung tertentu yakni smektit, kaolinit, klorit, mineral silika berupa kuarsa dan kristobalit, iron oxide, kalsit, dan mineral sulfida. Namun, bila melihat pemunculan manifestasi air panas di daerah penelitian, maka diduga berasosiasi dengan adanya struktur geologi berupa zona lemah yang menyebabkan fluida dapat melewati zona tersebut sehingga muncul di permukaan. Berdasarkan hal tersebut, maka daerah penelitian berada di bagian zona *outflow*.

Tabel 4. Himpunan mineral alterasi, karakteristik pH dan temperatur setiap zona dan tipe alterasi

KEDALAMAN (M)	PERIODE VULKANIK	KOMPOSISI MINERAL ALTERASI	LANDAIAN SUHU	ZONA MINERAL ALTERASI	KARAKTERISTIK PH FLUIDA	TEMPERATUR MINERAL ALTERASI	TIPE ALTERASI
24 - 600 m	PLISTOSEN	Klorit, Smektit, Illit, Silika, Pirit, Kalsit, Oksida	12°C	Smektit - Klorit	Netral	200°C	SUB-PROPILITIK (Corbet and Leach, 1998)
600 - 700 m				Illit - Klorit	Netral	200 - 300°C	
700 - 823 m	PLIOSEN		58°C	Klorit - Smektit	Netral	200°C	

KESIMPULAN

Hasil identifikasi litologi dari hasil pemetaan permukaan dan sumur, litologi daerah penelitian merupakan produk dari dua periode vulkanik yakni periode Pliosen dan Plistosen yang terdiri atas batuan breksi tufa teralterasi, tufa teralterasi, breksi andesit teralterasi, endapan danau, dasit teralterasi, andesit, dan breksi vulkanik teralterasi. Sebagian besar batuan pada Sumur X mengalami peningkatan intensitas ubahan seiring dengan bertambahnya kedalaman kecuali pada kedalaman 700 s.d 821 MD mengalami penurunan kembali. Hal tersebut diduga karena adanya pengaruh dari struktur geologi yang terjadi pada tektonik Pliosen Atas sehingga menyebabkan kenaikan intensitas alterasi pada kedalaman 600 s.d 700 MD yakni pada periode Pliosen. Batuan pada Sumur X mengalami ubahan yang menghasilkan zona alterasi smektit – klorit pada kedalaman 24 s.d 600 MD, illit – klorit pada kedalaman 600 s.d 700 MD dan klorit smektit pada kedalaman 700 s.d 821 MD. Zona alterasi tersebut tergolong kedalam tipe sub-propilitik dengan pH netral dan temperatur 200°C. Berdasarkan manifestasi panas bumi, litologi, struktur geologi, dan tipe alterasinya, daerah penelitian termasuk ke dalam zona *outflow*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan Syukur kepada Tuhan yang Maha Esa yang telah memberikan berkat dan rahmat hingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Terimakasih kepada PSDMBP yang telah memfasilitasi penelitian dan memberikan izin untuk mempublikasi penelitian ini. Terimakasih

kepada dosen pembimbing yang senantiasa membimbing dan mendukung penulis hingga penelitian ini selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Corbett G and Leach T. 1997. Southwest Pacific Rim Gold-Copper System: Structure, Alteration, and Mineralization, Manual Kursus Singkat Eksplorasi di Baguio, Philippines.
- Bemmelen Van, R.W. 1949. The Geology of Indonesia. Martinus Nyhoff, Netherland: The Hague.
- Browne, P. R. L. (1978). Hydrothermal alteration in active geothermal fields. Annual review of earth and planetary sciences, 6, 229-250.
- Haty, I. P. & Nugroho, A. N., (2013). Geothermometer dan Heat Loss dalam Eksplorasi Geokimia Lapangan Panas bumi Daerah Cisukarame, Jawa Barat. National Journal Accreditation, 1(1).
- Kusnama, A. E. & Hermanto, B., 1998. Peta Geologi Lembar Bogor, Bandung; Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Pirajno, F. (2009). Hidrotermal Processes and Mineral Systems. Springer, Australia
- Reyes G Agnes. (1998) Petrology and Mineral Alteration in Hydrothermal Systems: from Diagenesis to Volcanic Catastrophes. United Nations University.
- Sujatmiko & Santosa, S., 1992. Peta Geologi Lembar Leuwidamar, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Diterima	: 11 Juli 2022
Direvisi	: 6 Oktober 2022
Disetujui	: 30 November 2022