



**Bulletin of  
SCIENTIFIC CONTRIBUTION**

Fakultas Teknik Geologi  
UNIVERSITAS PADJADJARAN

p-ISSN : 1693 - 4873  
e-ISSN : 2541 - 514X

Volume 14, No.3  
Desember 2016

**PENDUGAAN TEMPERATUR BAWAH PERMUKAAN BERDASARKAN KEHADIRAN MINERAL  
ALTERASI PADA SUMUR LLK-1 LAPANGAN PANASBUMI LILLI, KABUPATEN POLEWALI  
MANDAR, PROVINSI SULAWESI BARAT**

**Fazillah. Adzka 1, Patonah. A 2, Simarmata S. L. Robertus 3**

1 Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

2 Lab. Petrologi dan Mineral, Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran

3Pusat Sumber Daya Geologi

**SARI**

Lapangan Panasbumi Lilli secara administratif termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Matanga, Kabupaten Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat. Hasil penyelidikan terdahulu diketahui memiliki daerah prospek seluas 18 km<sup>2</sup> yang masih membuka ke arah utara. Fokus penelitian ini adalah memperkirakan temperatur bawah permukaan dari sumur LLK-1 untuk menentukan zona reservoir dan zona penudungnya. Metode yang digunakan adalah petrografi dan alat SpecTerra untuk mengetahui jenis mineral lempung. Berdasarkan deskripsi dan analisis komposisi mineral primer dan alterasi pada batuan dari sumur tersebut diketahui bahwa batuan pada sumur LLK-1 dari bawah ke permukaan adalah porfiri andesit terubah dan andesit terubah. Mineral alterasi yang hadir adalah saponite, monmorilonite, smectite, chlorite, mineral oksida dan pirit. Berdasarkan asosiasi mineral alterasi tersebut, zona alterasi terbagi ke dalam 2 zona, yaitu zona smectite dan zona smectite-chlorite yang merupakan sebanding dengan tipe argilik dan subprofilitik, terbentuk pada temperatur 50oC – 230oC. Hasil data tersebut, maka sumur LLK-1 masih termasuk ke dalam zona penudung.

Kata Kunci : Alterasi, Paleotemperatur, Panasbumi Lilli

**ABSTRACT**

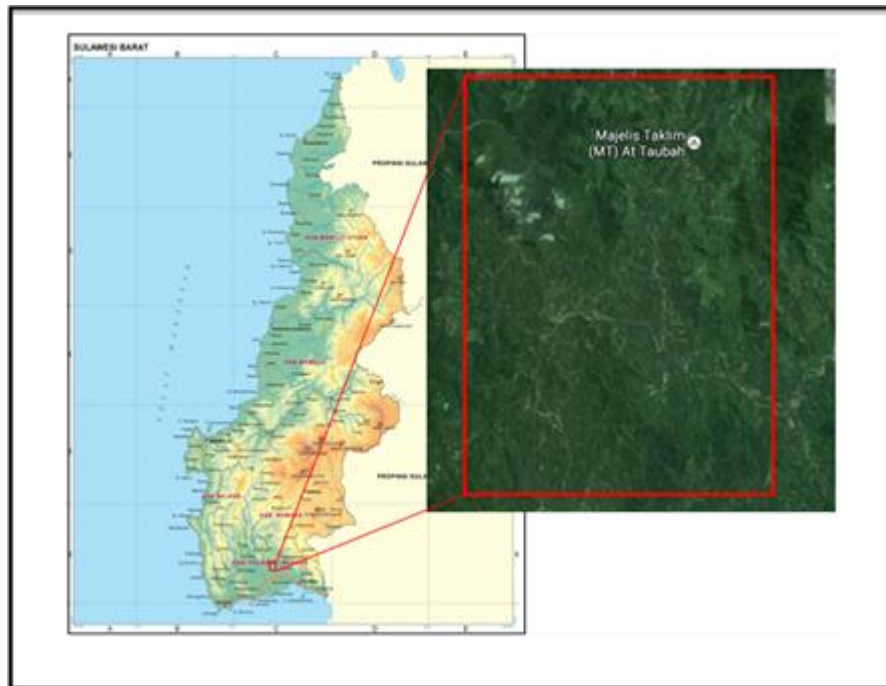
*Lilli Geothermal Field administratively located in Matanga, Polewali Mandar Districts, West Sulawesi. Result from latest investigation shows that this area have a prospect about 18 km<sup>2</sup> with distribution spreading probability to the North. Focus of this research is to estimate temperature below the surface from well LLK-1 (Lilli Geothermal field) to understand the reservoir and caps rock zone using petrography and SpecTerra measurement. Based on description and primary mineral composition, also from mineral alteration, well LLK-1 has altered andecite porfiri to altered andecite. Alteration mineral that can be found are saponite, montmorilonite, smectite, chlorite, oxide mineral and pyrite. From the alteration mineral association, alteration zone can be divided into two zone, there are smectite and smectite-chlorite zone that comparable with argilic and subpropilitic type that can be formed at 50°C - 230°C. It is conclude that LLK-1 well still include in the caps rock zone so the reservoir zone cannot be determined.*

*Keywords: Alteration, Paleotemperature, Lilli Geothermal Field*

**PENDAHULUAN**

Sebagai salah satu negara yang terletak pada jalur gunungapi aktif (ring of fire), Indonesia kaya akan sumber daya alam, salah satunya adalah sumber daya panas bumi. Dengan potensi yang besar dan sifatnya yang terbarukan serta ramah lingkungan, diharapkan panas bumi dapat memenuhi kebutuhan energi nasional.

Salah satu lapangan cukup berpotensi sebagai sumberdaya panasbumi adalah Lapangan panas bumi Lilli, Kabupaten Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat. Secara administratif, daerah ini termasuk dalam wilayah Kecamatan Matangga, Kabupaten Polewali Mandar, Propinsi Sulawesi Barat, atau secara geografis terletak pada posisi 119° 06' 14,7" - 119° 15' 25,9" BT dan 3° 05' 41,3" - 3° 14' 54" LS (Gambar 1).



Gambar 1 Lokasi daerah Penelitian (Tanpa Skala)

Daerah ini dipilih menjadi lokasi penyelidikan karena berdasarkan hasil penyelidikan terdahulu diketahui memiliki daerah prospek seluas 18 km<sup>2</sup> yang masih membuka kearah utara, dengan potensi cadangan terduga sebesar 198 Mwe (PSDG, Badan Geologi, 2011).

Secara umum, sebaran dari sumber panasbumi terdapat pada jalur gunungapi, maka didalam sistem hidrotermalnya sebagai sumber panas adalah magma, sedangkan batuan penudungnya merupakan hasil erupsi dari gunungapi, berupa bahan lepas-lepas (piroklastik) maupun berupa aliran lava (Alzwar, 1981).

Pada tahun ini, Tim panasbumi PSDG melakukan pengeboran sumur landaian suhu untuk mendapatkan data bawah permukaan (sub surface) yang lebih lengkap meliputi landaian suhu (thermal gradient), litologi, mineral ubahan, intensitas, dan tipe ubahan, serta sebagai pembuktian dari hasil penyelidikan terpadu sebelumnya. Dikarenakan kajian cukup banyak yang harus dikerjakan, maka fokus penelilitian saat ini adalah pendugaan temperatur bawah permukaan berdasarkan pendekatan mineral ubahan. Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu :

1. Mengetahui jenis litologi pada sumur LLK-1 berdasarkan data inti bor.
2. Menentukan jenis mineral alterasi berdasarkan petrografi dan *SpecTerra*.
3. Mengetahui temperatur bawah permukaan berdasarkan asosiasi mineral alterasi.

4. Menentukan zona reservoar dan zona cap rock berdasarkan kehadiran mineral alterasi.

#### **METODE PENELITIAN**

Untuk medapatkan hasil yang optimal, maka tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Studi literatur daerah penelitian, termasuk data hasil penelitian tim PSDG sebelumnya (2011).
2. Pengamatan batuan inti hasil pengeboran sumur LLK-1.
3. Analisis petrografi dan *SpecTerra* untuk menentukan jenis mineral primer penyusun batuan dan jenis mineral ubahan terutama mineral lempung dengan menggunakan alat *SpecTerra*.

#### **GEOLOGI REGIONAL**

Pulau Sulawesi merupakan salah satu pulau yang terletak di bagian tengah wilayah kepulauan Indonesia dengan luas wilayah 174.600 km<sup>2</sup>. Sulawesi berbatasan dengan Borneo di sebelah barat, Filipina di sebelah utara, Maluku di sebelah timur dan Flores di sebelah selatan.

Sulawesi dan sekitarnya merupakan daerah yang kompleks karena merupakan tempat pertemuan tiga lempeng besar, lempeng Indo-Australia yang bergerak kearah utara, lempeng Pasifik yang bergerak kearah barat dan lempeng Eurasia yang bergerak kearah selatan-tenggara serta lempeng yang lebih kecil yaitu lempeng Filipina. Hall and Wilson (2000) membagi Sulawesi menjadi empat zona fisiografi, antara lain:

1. Mandala Barat (*West & North Sulawesi Volcanic-plutonic Arc*)
2. Mandala Tengah (*Central Sulawesi Metamorphic Belt*)
3. Mandala Timur (*East Sulawesi Ophiolite Belt*)
4. Fragmen Benua Banggai-Sula-Tukang Besi

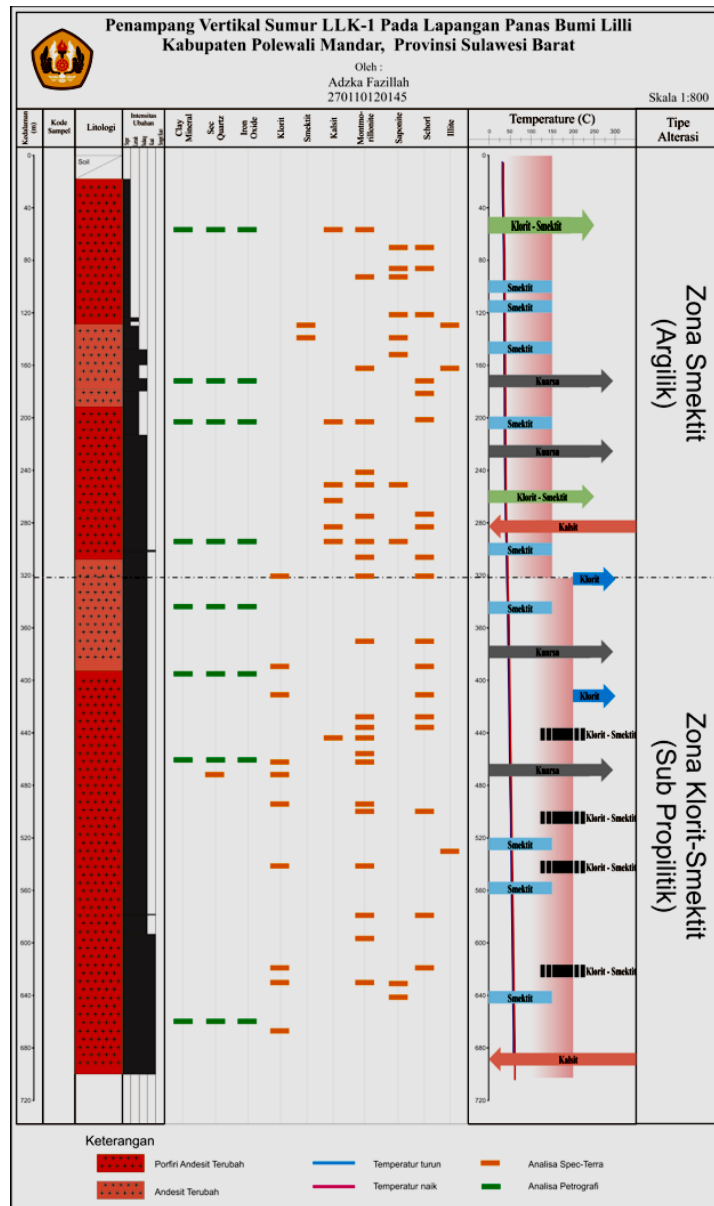
Berdasarkan pembagian zona tersebut, daerah penelitian termasuk ke dalam Mandala Barat. Mandala ini memanjang dari lengan utara sampai dengan lengan selatan Pulau Sulawesi. Van Leeuwen (1994) menyebutkan bahwa mandala barat sebagai busur magmatik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu bagian utara dan barat. Batuan bagian utara bersifat riodasitik sampai andesitik yang terbentuk pada Miosen – Resen dengan batuan dasar basaltik yang terbentuk pada Eosen – Oligosen. Busur

magmatik bagian barat mempunyai batuan penyusun lebih bersifat kontinen yang terdiri atas batuan gunung api – sedimen kapur Mesozoikum – Kuartar dan batuan malihan berumur Kapur.

Berdasarkan lembar peta geologi lembar Mejene dan Bag. Barat Palopo, Sulawesi (Djuri dan Sudjatmiko, 1994), daerah penelitian termasuk ke dalam Formasi Batuan Gunungapi.

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN STRATIGRAFI SUMUR LLK-1

Berdasarkan hasil pengamatan batuan ini pada sumur LLK-1, urutan batuan dari bawah sampai permukaan adalah Porfiri andesit terubah dan andesit terubah (Gambar 2).

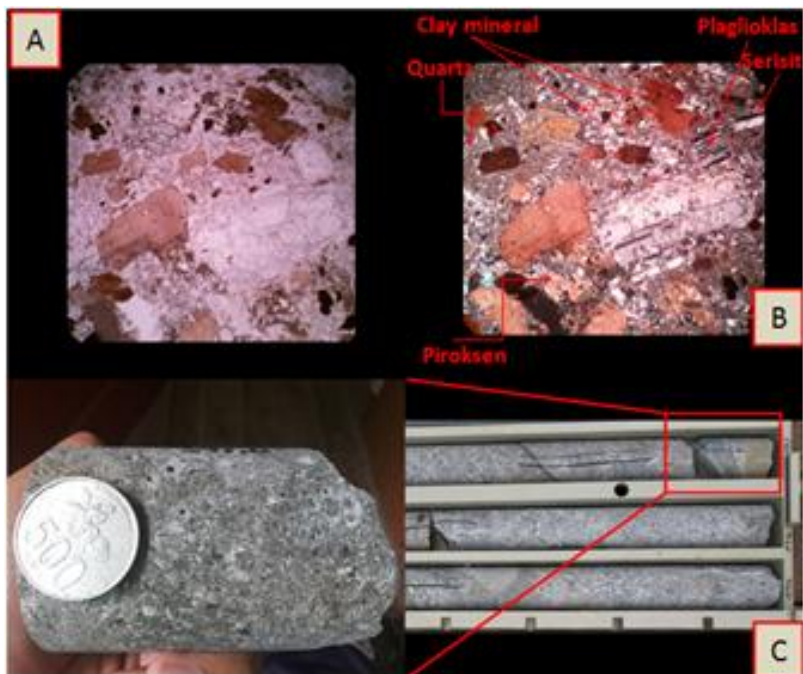


Gambar 2 Borehole Geology Log Sumur LLK-1

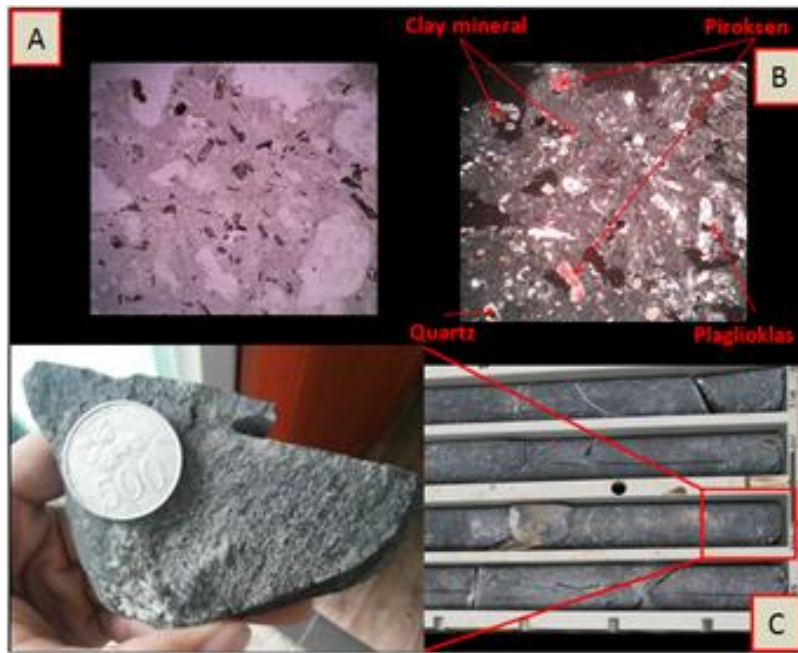
1. Porfiri andesit terubah; Batuan ini terdapat pada kedalaman 20 – 702,0 mKU, secara megaskopis memiliki karakteristik warna abu- abu hingga abu-abu kehijauan, mesokratik, porfiritik dengan massadasar afanitik, subhedral, hipkristalin, inequigranular, dan kekerasan keras, terdapat urat kuarsa dengan ukuran yang bervariasi, mulai dari 5mm - 30mm terisi oleh kalsit (Ca) dan kuarsa sekunder (SQ),. Porfiri andesit tersusun atas fenokris berupa plagioklas, amfibol dan piroksen; Massadasar berupa mikrokristalin dan gelas vulkanik. Batuan ini teralterasi sedang menjadi mineral lempung (Cl), oksida besi (IO), kuarsa sekunder (SQ), serta ditemukan pirit (Py). Secara mikroskopis, profiri andesit terubah berwarna kecokelatan, bertekstur porfiritik dengan massadasar afanitik, berukuran 0.1 – 3 mm, berbentuk euhedral – subhedral, hipokristalin, inequigranular, fenokris terdiri dari plagioklas, amfibol, piroksen dan mineral opak dengan masadasar terdiri dari mikrolit plagioklas dan gelas vulkanik. Mineral alterasi yang hadir berupa kuarsa sekunder, mineral lempung, mineral oksida dan mineral opak.. Berdasarkan komposisi

mineralnya, maka litologi ini diklasifikasikan ke dalam Andesit (Streckeisen, 1979) dan Porfiri Andesit (Travis, 1955). (Gambar 3)

2. Andesit Terubah; terdapat pada kedalaman 109,1 – 388,4 mKU. Secara megaskopis, batuan ini berwarna abu-abu, warna lebih kehijauan hingga kemerahan pada beberapa tempat, mesokratik, afanitik subhedral, inequigranular, hipokristalin, kekerasan keras. Pada andesit terubah terdapat urat dengan ukuran beragam mulai dari 3mm-15mm terisi oleh kalsit (Ca) dan kuarsa sekunder (SQ). Batuan ini telah teralterasi dengan intensitas lemah-sedang menjadi mineral lempung (Cl), oksida besi (IO), kuarsa sekunder (SQ), serta ditemukan pirit (Py). Secara mikroskopis, berwarna kecokelatan, bertekstur afanitik, hipokristalin, inequigranular, dominan subhedral, sebagai euhedral, terdiri dari terdiri dari plagioklas, amfibol, piroksen mineral opak, gelas vulkanik dan mineral opak. Mineral alterasi yang hadir adalah kuarsa sekunder, mineral lempung, mineral oksida dan mineral opak. Berdasarkan keterdapatan mineralnya batuan ini diklasifikasikan ke dalam Andesit (Streckeisen 1979; Travis, 1955).(Gambar 4).



Gambar 3 (A) Foto sayatan tipis contoh batuan pada kedalaman 397 mku // nikol; (B) Foto sayatan tipis contoh batuan pada kedalaman 397 mku X nikol; (C) Sampel core kedalaman 397 mKU.



Gambar 4 (A) Foto sayatan tipis conto batuan pada kedalaman 336 mku // nikol;  
 (B) Foto sayatan tipis conto batuan pada kedalaman 336 mku X nikol;  
 (C) Sampel core kedalaman 336 mKU

**ALTERASI SUMUR LLK-1**

Mineral alterasi yang hadir berdasarkan data petrografi sampel batuan inti dan identifikasi

SpecTerra pada sumur LLK-1 adalah sebagai berikut (gambar 5).

109.0 B		Copiapite (4.97) Montmorillonite (22.12) Rhodochrosite (20.68) Saponite (23.83) Zoisite (28.40)
119.3 A		Gypsum (3.67) Nontronite (6.59) Saponite-Fe (46.19) Saconite (8.7) Schorl (34.86)
119.3 B		Montmorillonite (1.84) Nontronite (16.76) Opal (29.38) Saponite-Fe (53.01)

Gambar 5 Jenis - jenis mineral lempung yang teridentifikasi dengan menggunakan SpecTerra Mineral Analyzer

- **Mineral Lempung**  
Mineral lempung secara megaskopis terlihat mulai kedalaman 189 mKU – 207,5 mKU. mineral lempung tampak berwarna putih kecokelatan dan hadir merubah fragmen serta massa dasar. Secara mikroskopis, mineral lempung dapat terdapat pada kedalaman 55 hingga 700 mKU mengubah plagioklas dan massa dasar (mikrolit plagioklas dan gelas vulkanik). Mineral lempung berjenis Saponite, Montmorillonite, Smectite dan chlorite (gambar 4).
- **Kuarsa Sekunder**  
Kuarsa sekunder merupakan mineral alterasi mengisi urat, mengubah matriks gelas vulkanik (silisifikasi) dan mengubah mineral plagioklas. Secara megaskopis, kuarsa sekunder hadir mengisi urat pada kedalaman 171,5 mKU.
- **Mineral Oksida**  
Mineral oksida terdapat pada kedalaman 430,2 mKU. Secara megaskopis. tampak berwarna cokelat kemerahan dan hadir menggantikan fragmen serta massa dasar batuan. Secara mikroskopis, sebagian menggantikan mineral plagioklas dan massa dasar.

## **ZONA ALTERASI SUMUR LLK-1**

### **Zona Smectite**

Himpunan mineral ubahan ini hadir secara melimpah antara kedalaman  $\pm$  189 mKU hingga  $\pm$  320,45 mKU sebagai ubahan terhadap Porfiri andesit terubah dan Andesit terubah. Berdasarkan keterdapatan mineral saponite, monmorilonite dan kuarsa, maka ini termasuk ke dalam zona smectite sebanding dengan zona argilik (argilic) (Corbett and Leach, 1997). Berdasarkan kehadiran mineral - mineral tersebut, maka zona ini diperkirakan terbentuk pada lingkungan berfluida asam hingga netral dengan temperatur sekitar 100-150°C.

### **Zona Smectite-chlorite**

Himpunan mineral ubahan ini hadir secara melimpah antara kedalaman  $\pm$  320,45 mKU hingga  $\pm$  702 mKU. Berdasarkan keterdapatan mineral ubahan tersebut, dapat ditentukan bahwa zona ini sebanding dengan zona sub propilitik (outer propylitic) (Corbett and Leach, 1997) dengan keterdapatan mineral lempung yang melimpah seperti Chlorite dan Smectite, serta kehadiran mineral silika, urat kalsit, dan oksida besi pada analisis petrografi. Berdasarkan kehadiran mineral- mineral tersebut zona tersebut umumnya terbentuk pada kondisi lingkungan dengan fluida relatif netral dengan temperatur sebesar 150°C - 230°C.

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan analisis laboratorium pada sumur LLK-1, batuan yang terdapat pada sumur tersebut hanya porfiri andesit terubah dan andesit terubah. Berdasarkan karakteristiknya diduga bahwa batuan ini masih berasal dari satu periode vulkanik. Adapun yang membedakan adalah tekstur dari batuan itu sendiri yang menandakan bahwa batuan beku porfiri andesit terbentuk di bawah dekat permukaan ditandai dengan tekstur porfiritik, sementara pendinginannya di permukaan dicirikan dengan tekstur afanitik. Batuan ini telah terkekarkan yang diisi oleh kuarsa dan kalsit dengan diameter hingga 30 mm. Kekar - kekar ini diduga merupakan salah satu jalan fluida hidrothermal menuju ke permukaan, merubah batuan - batuan yang dilewatinya. Hal ini ditunjukkan bahwa sebagian batuan telah terubah dengan intensitas - sedang.

Mineral - mineral ubahan yang hadir pada sumur LLK-1 adalah mineral lempung jenis saponite, monmorilonite, smectite, chlorite, kuarsa, mineral oksida dan mineral opak. Dilihat dari kehadiran asosiasi mineral tersebut, temperatur pembentukan diperkirakan dari 50oC - 230oC, menunjukkan bahwa fluida hidrothermal yang merubah batuan tersebut bersifat netral.

Berdasarkan asosiasi mineral alterasi yang hadir, maka sumur LLK-1 sampai kedalaman 320,45 mKU masih termasuk ke dalam zona cap rock (zona penudung).

## **SIMPULAN**

Hasil pengamatan batuan inti pada sumur LLK-1, Lapangan panas bumi Lilli, Kabupaten Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat memperlihatkan bahwa batuan yang hadir pada sumur tersebut dari bawah ke permukaan adalah porfiri andesit terubah dan andesit terubah dengan intensitas lemah sampai sedang. Mineral ubahan yang hadir, yaitu mineral saponite, montmorilonite, smectite, chlorite, kuarsa, mineral oksida dan pirit. Berdasarkan asosiasi mineral tersebut, zona alterasi pada sumur LLK-1 terbagi ke dalam 2 zona, yaitu zona smectite dan zona smectite - chlorite, termasuk ke dalam tipe argilik dan subporfilitik (Corbett and Leach, 197), diperkirakan terbentuk pada temperatur 50oC - 230oC.

## **SARAN**

Hasil pengamatan batuan inti hasil pemboran sampai kedalaman 320,45 mKU menunjukkan bahwa daerah penelitian masih merupakan zona penudung. Maka, untuk mengetahui pada kedalaman berapa zona reservoir tersebut, maka perlu dilakukan pemboran lebih dalam dan

penentuan titik bor berikutnya untuk dapat diketahui sumber panas nya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Browne, P.R.L. 1996. Hydrothermal Alteration. Lecture Handout. 655.611, The University of Auckland.
- Corbett dan Leach. 1997. Southwest Pasific Rim Gold-Copper Systems: Structure, Alteration and Mineralization, USA: Society of Economics Geologist, Inc.
- Dickson M.H. and Fanelli M. 2004. What is Geothermal Energy?. Instituto Geoscienze e Georisorse. Italy
- Djuri dan Sudjatmiko. 1994. Peta Geologi Lembar Majene dan Bagian Barat Palopo, Sulawesi. Badan Geologi.
- Ellis, A.J., dan Mahon, W.A.J. 1977. Chemistry and Geothermal Systems, New York: Academic Press.
- Hall, R., and Wilson, M.E.J., 2000, Neogene sutures in eastern Indonesia: Journal of Asian Earth Sciences, v. 18, p. 781–808, doi: 10.1016/S1367- 9120(00)00040-7.
- Lawless, et al. 1998. Hydrothermal Mineral Deposits in the Arc Setting. Kingston Morrison.
- Nicholson, K., 1993. Geothermal Fluids : Chemistry and Exploration Techniques. Springer-Verlag. Berlin
- Raybach, L. and Muffler, L.J.P., 1981. Geothermal Systems, Principles and Case Histories. John Willey and Sons. Chiches
- Saptadji, Nenny Miryani. Teknik Panas Bumi. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Streckeisen A. 1976. To each plutonic rock its proper name. Earth Sci. Rev. 12. h.1-33.
- Sumintadireja, P. 2005. Vulkanologi dan Geothermal. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Travis, Russel B. 1955. Classification of Rocks. Colorado School of Mines, 4th edition.

