



**POTENSI PERMEABILITAS DAERAH PROSPEK PANAS BUMI SORIK MARAPI,  
MANDAILING NATAL, SUMATERA UTARA**

Farhan Deo Febriadin<sup>1</sup>, Agus Didit Haryanto<sup>1</sup>, Johannes Hutabarat<sup>1</sup>, Ridha Hendri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

<sup>2</sup>KS Orka Renewables Ltd.

Email Korespondensi: [farhan16017@mail.unpad.ac.id](mailto:farhan16017@mail.unpad.ac.id)

**ABSTRACT**

*The Sumatra Island is one of the islands in Indonesia which has the largest geothermal potential. Therefore, data is needed related to the system and geothermal potential in the region. The purpose of this study was to determine the geological conditions, lithological characteristics and reservoir zones of wells in the Sorik Marapi area of Mandailing Natal Regency, North Sumatra. The study was conducted on samples of wells X4, Y9 and Z2 using petrographic analysis methods, gravity and pressure & temperature methods. The results of this study indicate the characteristics of lithology in the Sorik Marapi research area are lithic tuff. Bouguer anomaly values that spread in the study area ranged from -2.1 to 2.1 mGal. Based on the modeling of the two cross sections, it can be seen that there are 2 faults down in the study area. Based on the pressure & temperature method, wells that have permeable zones or feed zones are wells X4 and Y9. Whereas, for the Z2 well the resulting graph tended to be stable, there was no kick log that determined the feed zone.*

**Keywords:** *geothermal, petrographic analysis, gravity method, pressure & temperature, Sorik Marapi*

**ABSTRAK**

Pulau Sumatera merupakan salah satu pulau di Indonesia yang memiliki potensi panas bumi terbesar. Oleh karena itu, dibutuhkan data-data terkait sistem dan potensi panas bumi pada wilayah tersebut. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kondisi geologi, karakteristik litologi serta zona reservoir sumur di wilayah Sorik Marapi Kabupaten Mandailing Natal, Sumatera Utara. Penelitian dilakukan terhadap sampel sumur X4, Y9 dan Z2 menggunakan metode analisis petrografi, metode *gravity* dan *pressure & temperature*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan karakteristik litologi pada sumur daerah penelitian Sorik Marapi adalah tuf litik. Nilai anomali bouguer yang menyebar di daerah penelitian berkisar -2,1 hingga 2,1 mGal. Berdasarkan pemodelan kedua penampang, dapat diketahui bahwa terdapat 2 sesar turun di daerah penelitian. Berdasarkan metode *pressure & temperature*, sumur yang mempunyai zona permeable atau *feed zone* yaitu sumur X4 dan Y9. Sedangkan, untuk sumur Z2 grafik yang dihasilkan cenderung stabil tidak terjadi kick log yang menjadi penentu *feed zone*.

**Kata kunci:** *panas bumi, analisis petrografi, metode gravity, pressure & temperature, Sorik Marapi*



## Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian secara administratif terletak di Kabupaten Mandailing Natal, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia. Lokasi penelitian terletak pada koordinat  $99^{\circ} 32' 53.62''$  BT –  $99^{\circ} 35' 3.03''$  BT dan  $0^{\circ} 44' 30.64''$  LU –  $0^{\circ} 41' 15.21''$ . Daerah penelitian merupakan lapangan panas bumi yang dimiliki oleh KS Orka Renewables. Sampel serbuk bor pada penelitian ini berasal dari sumur X4, Y9 dan Z2 milik KS Orka Renewables.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan September tahun 2019 sampai bulan Juni tahun 2020. Sampel yang diteliti berasal dari 3 sumur daerah penelitian yaitu sumur X4, Y9 dan Z2. Penelitian dilakukan menggunakan metode petrografi, *gravity* dan uji *pressure temperature*. Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder yang diperoleh dari KS Orka Renewables Ltd pada bulan Agustus tahun 2019. Analisis petrografi pada penelitian ini yaitu dengan mengidentifikasi mineral-mineral yang hadir dalam sampel serbuk bor secara mikroskopis. Analisis petrografi menggunakan klasifikasi dari Brownie (1991) untuk menentukan intensitas alterasi ; Corbett dan Leach (1996) untuk jenis alterasi ; dan Pettijohn (1975) untuk menentukan jenis litologi. Metode *gravity* dan pemodelan 2 dimensi dilakukan dengan menggunakan *software Oasis Montaj*. Uji *pressure & temperature* dilakukan dengan cara menganalisis *feed zone* dengan mengamati perubahan tekanan, temperatur sumur dan kemunculan *total loss circulation*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Sumur X4

Sumur ini memiliki kedalaman sebesar 2040.5 mMD. Pengambilan data sumur

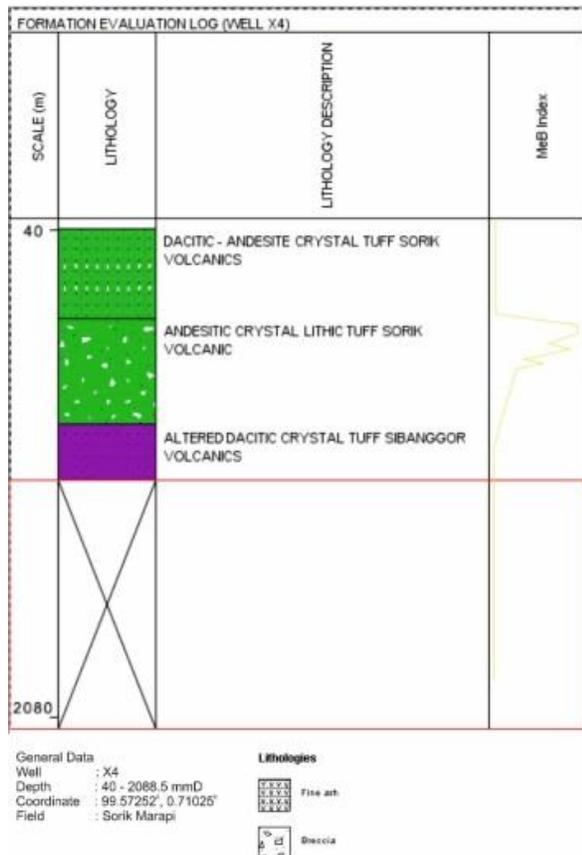
dilakukan di titik awal kedalaman 40 mMD dan titik akhir kedalaman 2088.5 mMD. Sampel *cutting* yang diteliti dari sumur X4 berjumlah 4 sampel yang diambil dari kedalaman 280, 772, 847 dan 1054 mMD.

Pada kedalaman 280 mMD, litologi yang menempati kedalaman tersebut adalah tuf kristal dasit-andesit (endapan vulkanik sorik). Litologi ini mempunyai warna hijau, beberapa kepingan berwarna kecoklatan hingga merah bata. Tingkat kekerasan umumnya sedang hingga keras. Umumnya bertekstur porfiritik dan kadang-kadang seperti tekstur semi-kristalin. Terjadi silifikasi, proses alterasi lemah dengan klorit yang lemah hingga sedang aksesoris magnetit kecil, jarang ditemukan pirit, tidak ada kalsit dan jarang smektit. Pada kedalaman ini, sampel *cutting* memiliki variasi *indeks MeB* rendah (0-10%).

Pada kedalaman 772 mMD, litologi yang menempati kedalaman tersebut adalah tuf kristal litik andesitik (endapan vulkanik sorik). Litologi ini didominasi oleh warna putih hingga hijau kehitaman dengan sedikit kepingan merah. Kekerasan sedang. Berfragmen, kaya tuf kristal dengan fragmen litik andesitik. Didominasi oleh kuarsa dan kalsit, klorit jarang hingga lemah, illit jarang hingga lemah mulai bertambah di kedalaman 658 mMD. Kristal memilah mulai muncul dari kedalaman 610 mMD. Pada kedalaman ini, sampel *cutting* memiliki variasi *indeks MeB* tinggi (dengan nilai variasi 40-80%).

Pada kedalaman 847 mMD, litologi yang menempati kedalaman tersebut adalah tuf kristal litik andesitik (endapan vulkanik sorik). Litologi ini didominasi oleh warna putih hingga hijau kehitaman dengan sedikit kepingan merah, kekerasan sedang. Berfragmen, kaya tuf kristal dengan fragmen litik andesitik. Didominasi oleh kuarsa dan kalsit, klorit jarang hingga lemah, illit lemah hingga sedang mulai. Kristal memilah. Pada kedalaman ini, sampel *cutting*

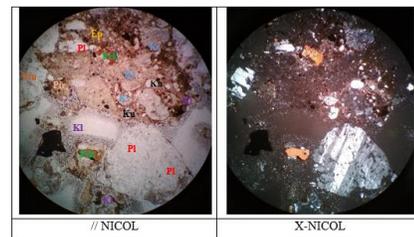
memiliki variasi indeks MeB rendah (0-20%). Pada kedalaman 1054 mMD, litologi yang menempati kedalaman tersebut adalah tuf kristal dasitik yang teralterasi (endapan vulkanik sibanggor). Litologi ini berwarna putih hingga abu-abu terang dan beberapa fragmen hijau kehitaman, tingkat kekerasan keras, utamanya kriptokristalin, beberapa fragmen menunjukkan tekstur porfiritik. Didominasi oleh persebaran kuarsa dan kalsit, kuarsa menunjukkan amorf hingga kristal *drusy* yang berbentuk euhedral, kalsit menunjukkan kristal berbilah, illit hadir lemah hingga sedang, pirit kubus berkurang dari lemah ke jarang, magnetit jarang, kepingan muskovit bertahan melewati interval. Pada kedalaman ini, sampel *cutting* memiliki variasi indeks MeB rendah (0-10%).



Gambar 2. Formation Evaluation Log Sumur X4

Analisis petrografi pada tiap sayatan di sumur X4 menunjukkan epidot pertama muncul pada kedalaman 1054 mMD pada batuan tuf litik (Pettijohn, 1975).

Sayatan tipis X4 (1) yang berasal dari kedalaman 280 mMD sebagian butirannya berubah atau teralterasi sedang, ukuran butirannya halus sampai kasar, bentuk butir menyudut hingga menyudut tanggung, kemas tertutup, pemilahan buruk dan teramati tekstur *microfracture* pada mineral sebagai indikasi struktur di geologi sekitar. Sampel didominasi oleh kehadiran tuff litik dalam kondisi segar maupun teralterasi dengan sedikit butiran plagioklas, piroksen dan butiran yang teralterasi menjadi mineral klorit, kalsit, pirit dan mineral opak. Komponen batuan terdiri dari fragmen litik (70%), fragmen kristal berupa mineral (20%) dan massa dasar (10%). Berdasarkan mineral-mineral alterasi yang hadir dalam sampel batuan, dapat disimpulkan bahwa nama batuan ini adalah *Arkosic arenite* (Pettijohn, 1975)



Gambar 3. Sayatan tipis sampel X4 (1) merupakan batuan tuff litik yang berubah sedang.

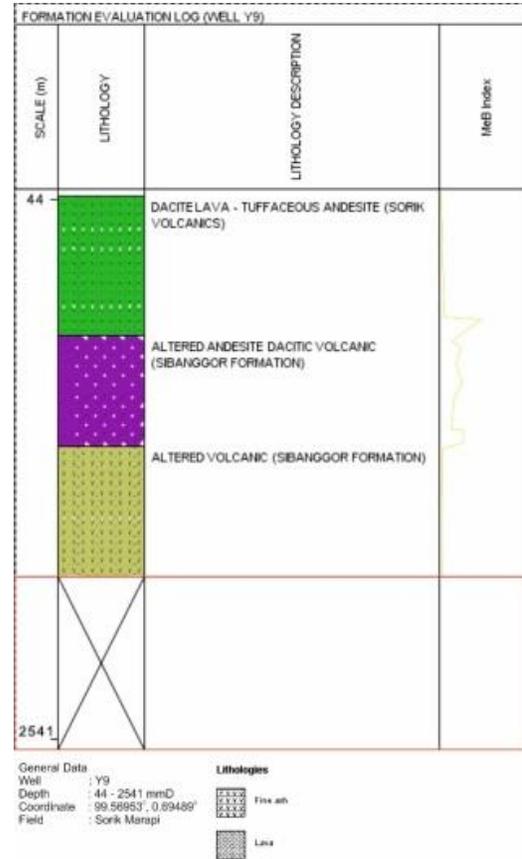
Sayatan tipis X4 (2) yang berasal dari kedalaman 772 mMD sebagian butirannya berubah/teralterasi sedang, ukuran butirannya halus sampai sedang, bentuk butir menyudut hingga menyudut tanggung, kemas terbuka, pemilahan buruk dan teramati tekstur *microfracture* pada mineral sebagai indikasi struktur di geologi sekitar. Sampel didominasi oleh kehadiran tuff litik dalam kondisi segar maupun teralterasi dengan sedikit butiran plagioklas, piroksen dan butiran yang teralterasi menjadi mineral



pilotaksitik dan trakitik campuran dengan beberapa porfiritik. Kalsit amorf dalam jumlah yang jarang menggantikan massa dasar. Jarang pirit dan oksida besi, smektit jarang hingga lemah. Smektit mulai muncul dari 370 mMD. Smektit bertambah dari kedalaman 411 hingga 426 mMD. Pada kedalaman ini, sampel cutting memiliki variasi indeks MeB sedang (0-40%).

Pada kedalaman 675 mMD, litologi yang menempati kedalaman tersebut adalah andesit-dasitik yang teralterasi (endapan vulkanik sibanggor). Litologi ini berwarna abu-abu hingga hijau kehitaman. Tingkat kekerasan sedang. Tekstur kriptokristalin dan amorf. Produk alterasi didominasi oleh kalsit dan biasanya diasosiasikan dengan penyebaran silika amorf. Kelimpahan illit sedang dan masih bertambah. Klorit amorf sedang secara konsisten. Jumlah pirit lemah hingga sedang. Pada kedalaman ini, sampel cutting memiliki variasi indeks MeB rendah (10-25%).

Pada kedalaman 1200 mMD litologi yang menempati kedalaman tersebut adalah vulkanik yang teralterasi (endapan vulkanik sibanggor). Litologi ini berwarna abu-abu hingga hijau kehitaman, tingkat kekerasan sedang, kriptokristalin, pseudomorf. Epidot ditemukan dalam massa dasar silika. Wairakit jarang hingga lemah ditemukan dalam massa dasar silika. Bintik illit sedang, magnetit sekunder menyebar, pirit ditemukan jarang hingga lemah. Pada kedalaman ini, sampel *cutting* memiliki variasi indeks MeB rendah (0-10%).

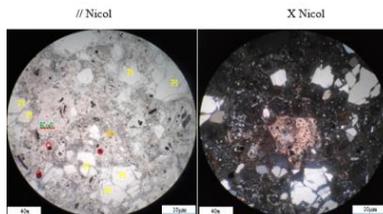


Gambar 7. Formation Evaluation Log Sumur Y9

Analisis petrografi pada tiap sayatan di sumur Y9 menunjukkan epidot pertama muncul pada kedalaman 1300 mMD pada batuan tuf litik (Pettijohn, 1975).

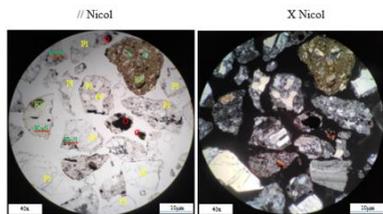
Sayatan tipis Y9 (1) yang berasal dari kedalaman 375 mMD sebagian butirannya berubah atau teralterasi sedang, ukuran butirannya halus sampai kasar, bentuk butir menyudut tanggung hingga membulat tanggung, kemas tertutup, pemilahan buruk dan teramati tekstur microfracture pada mineral sebagai indikasi struktur di geologi sekitar. Sampel didominasi oleh kehadiran tuff litik dalam kondisi segar maupun teralterasi dengan sedikit butiran kuarsa, plagioklas dan butiran yang teralterasi menjadi mineral kuarsa sekunder, kalsit serta mineral opak. Komponen batuan terdiri dari fragmen litik (65%), fragmen kristal berupa mineral (25%) dan massa dasar

(10%). Menurut mineral-mineral alterasi yang hadir dalam sampel batuan, dapat disimpulkan bahwa nama batuan ini adalah tuf litik (Pettijohn, 1975).



**Gambar 8.** Sayatan tipis sampel Y9 (1) merupakan batuan tuff litik yang terubah sedang.

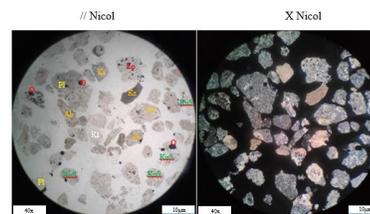
Sayatan tipis Y9 (2) yang berasal dari kedalaman 675 mMD sebagian butirannya terubah/teralterasi sedang, ukuran butirannya sampai kasar, bentuk butir menyudut tanggung hingga membulat tanggung, kemas terbuka, pemilahan baik dan teramati tekstur *microfracture* pada mineral sebagai indikasi struktur di geologi sekitar. Sampel didominasi oleh kehadiran tuff litik dalam kondisi segar maupun teralterasi dengan sedikit butiran kuarsa, plagioklas dan butiran yang teralterasi menjadi mineral kuarsa sekunder, illit, karbonat serta mineral opak. Komponen batuan terdiri dari litik tuff (75%) massa dasar (20%) dan fragmen kristal berupa mineral (5%). Menurut mineral-mineral alterasi yang hadir dalam sampel batuan, dapat disimpulkan bahwa nama batuan ini adalah tuf litik (Pettijohn, 1975).



**Gambar 9.** Sayatan tipis sampel Y9 (2) merupakan batuan tuff litik yang terubah sedang.

Sayatan tipis Y9 (3) yang berasal dari kedalaman 1300 mMD sebagian butirannya terubah atau teralterasi sedang, ukuran

butirannya sampai halus-sedang, bentuk butir menyudut tanggung hingga membulat tanggung, kemas terbuka, pemilahan baik-sedang dan teramati tekstur *microfracture* pada mineral sebagai indikasi struktur di geologi sekitar. Sampel didominasi oleh kehadiran tuff litik dalam kondisi segar maupun teralterasi dengan sedikit butiran kuarsa, plagioklas dan butiran yang teralterasi menjadi mineral kuarsa sekunder, kalsit, epidot, klorit, albit serta mineral opak. Komponen batuan terdiri dari litik tuff (75%), massa dasar (20%) dan fragmen kristal berupa mineral (5%). Menurut mineral-mineral alterasi yang hadir dalam sampel batuan, dapat disimpulkan bahwa nama batuan ini adalah tuf litik (Pettijohn, 1975).



**Gambar 10.** Sayatan tipis sampel Y9 (3) merupakan batuan tuff litik yang terubah sedang.

## Karakteristik Sumur Z2

Sumur ini mempunyai kedalaman sebesar 2548 mMD. Pengambilan data sumur dilakukan di titik awal kedalaman 45 mMD dan titik akhir kedalaman 2593 mMD. Sampel *cutting* yang diteliti dari sumur Z2 berjumlah 4 sampel yang diambil dari kedalaman 300, 1470, 2256 dan 2502 mMD. Pada kedalaman 300 mMD, litologi yang menempati kedalaman tersebut adalah tuff litik andesit atau breksi. Litologi ini berwarna abu-abu hingga abu keputihan. Tingkat kekerasan sedang. Tekstur berfragmen. Hematit dan limonit ditemukan menggantikan ferromagnesian. Pirit jarang ditemukan dan smektit jarang bertahan. Jarang hingga lemah vermikulit di bagian bawah. Jarang urat kuarsa dari pirit dan hematit. Pada kedalaman ini, sampel *cutting*

memiliki variasi indeks MeB rendah (10-30%).

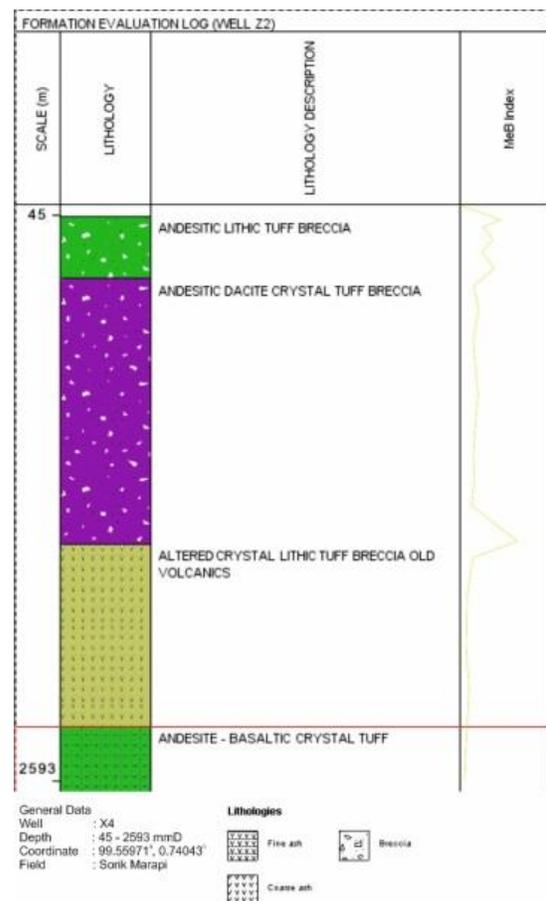
Pada kedalaman 1470 mMD, litologi yang menempati kedalaman tersebut adalah tuf kristal/breksi dan andesitik dasit. Litologi ini berwarna abu keputihan hingga abu kegelapan. Tingkat kekerasan sedang. Afanitik dan holokristalin andesitik-dasitik dan kristal vulkanik. Permeabilitas buruk-baik. Kalsit amorf dengan tingkat kekuatan sedang, kuarsa amorf dan smektit lemah kadang-kadang berlapis lempung jarang. Urat kalsit. Pirit dan kuarsa dalam jumlah yang jarang. Pada kedalaman ini, sampel *cutting* memiliki variasi indeks MeB rendah (5-15%, indeks tertinggi sebesar 60%).

Pada kedalaman 2256 mMD, litologi yang menempati kedalaman tersebut adalah tuf kristal litik breksi yang teralterasi endapan vulkanik tua. Didominasi oleh warna *cutting* merahmudaan yang tercampur dengan warna abu kehitaman dan kepingan putih. Tingkat kekerasan rapuh hingga sedang. *Matrix-supported*. Terindikasi oleh menguatnya hematit, silika sedang keduanya amorf dan kuarsa kristalin dan kadang-kadang drusy. Kalsit menunjukkan drusy dan tekstur terbilah dan jumlah sedang. Kehadiran illit sedang hingga kuat. Epidot hadir dalam bentuk kristal dengan kelimpahannya lemah. Magnetit dan klorit jarang hingga lemah. Pada kedalaman ini, sampel *cutting* memiliki variasi indeks MeB rendah (0-10%).

Pada kedalaman 2502 mMD, litologi yang menempati kedalaman tersebut adalah tuf kristal litik breksi yang teralterasi endapan vulkanik tua. tuf kristal andesitik basaltik. Litologi ini berwarna fragmen abu kehitaman dengan campuran tuf kristal lapilli merah kecoklatan. Tingkat kekerasan andesitik-basaltik. Kriptokristalin.

Didominasi oleh besi kecoklatan yang tersilifikasi tuf kristal dengan campuran abu kehitaman fragmen andesitik-basaltik, tekstur kriptokristalin, tingkat alterasi

kuat, komposisi kuarsa dengan kuarsa titik dan drusy, kalsit, klorit, epidot, magnetit dan hematit, dimana feldspar tergantikan oleh klorit dan kalsit, yang tertanam pada massa dasar silika, menunjukkan konsistensi epidot. Terlihat pirit dalam fragmen mafik, lemah mineral sulfida sebagai urat dan klorit bertambah pada kedalaman 2475 mMD. Pada kedalaman ini, sampel *cutting* memiliki variasi indeks MeB rendah (0-5%).

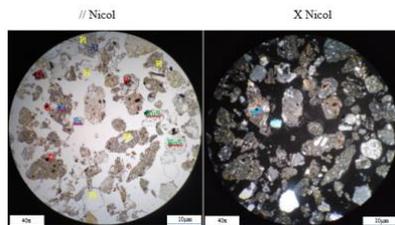


Gambar 11. Formation Evaluation Log Sumur Z2

Analisis petrografi pada tiap sayatan di sumur Y9 menunjukkan epidot pertama muncul pada kedalaman 1300 mMD pada batuan tuf litik (Pettijohn, 1975).

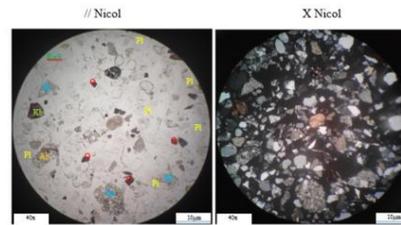
Sayatan tipis Z2 (1) yang berasal dari kedalaman 300 mMD sebagian butirannya berubah/teralterasi sedang, ukuran butirannya sampai halus-sedang, bentuk butir menyudut tanggung hingga

membundar tanggung, kemas terbuka, pemilahan baik-sedang dan teramati tekstur microfracture pada mineral sebagai indikasi struktur di geologi sekitar. Sampel didominasi oleh kehadiran tuff litik dalam kondisi segar maupun teralterasi dengan sedikit butiran kuarsa, plagioklas, piroksen dan butiran yang teralterasi menjadi mineral kuarsa sekunder, alunit serta mineral opak. Komponen batuan terdiri dari fragmen litik (84%), massa dasar (10%) fragmen kristal (6%). Menurut mineral-mineral alterasi yang hadir dalam sampel batuan, dapat disimpulkan bahwa nama batuan ini adalah tuf litik (Pettijohn, 1975).



**Gambar 12.** Sayatan tipis sampel Z2 (1) merupakan batuan tuff litik yang terubah sedang.

Sayatan tipis Z2 (2) yang berasal dari kedalaman 1470 mMD sebagian butirannya terubah/teralterasi sedang, ukuran butirannya sampai halus-sedang, bentuk butir menyudut tanggung hingga membundar tanggung, kemas terbuka, pemilahan baik-sedang dan teramati tekstur microfracture pada mineral sebagai indikasi struktur di geologi sekitar. Sampel didominasi oleh kehadiran tuff kristal dalam kondisi segar maupun teralterasi dengan sedikit butiran kuarsa, plagioklas dan butiran yang teralterasi menjadi mineral kuarsa sekunder, albit, kalsit, epidot, karbonat serta mineral opak. Komponen batuan terdiri dari litik tuff (80%), fragmen kristal (15%) dan massa dasar (5%). Menurut mineral-mineral alterasi yang hadir dalam sampel batuan, dapat disimpulkan bahwa nama batuan ini adalah tuf litik (Pettijohn, 1975).

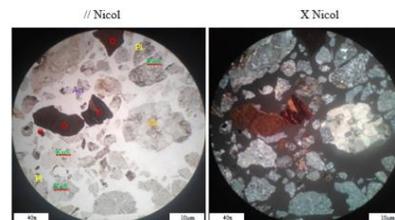


**Gambar 13.** Sayatan tipis sampel Z2 (2) merupakan batuan tuff kristal yang terubah sedang.

Sayatan tipis Z2 (4) yang berasal dari kedalaman 2256 mMD sebagian butirannya terubah/teralterasi sedang, ukuran butirannya sampai halus-kasar, bentuk butir menyudut tanggung hingga membundar tanggung, kemas terbuka, pemilahan buruk dan teramati tekstur microfracture pada mineral sebagai indikasi struktur di geologi sekitar. Sampel didominasi oleh kehadiran tuff litik dalam kondisi segar maupun teralterasi dengan sedikit butiran kuarsa, plagioklas, dan butiran yang teralterasi menjadi mineral kuarsa sekunder, actinolit serta mineral opak.

Komponen batuan terdiri dari fragmen litik (80%), massa dasar (15%) dan fragmen Kristal (5%).

Menurut mineral-mineral alterasi yang hadir dalam sampel batuan, dapat disimpulkan bahwa nama batuan ini adalah tuf litik (Pettijohn, 1975).

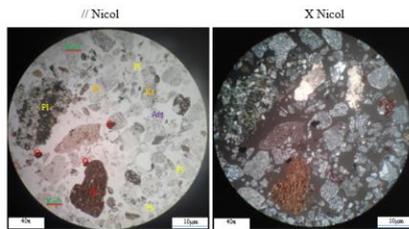


**Gambar 14.** Sayatan tipis sampel Z2 (3) merupakan batuan tuff litik yang terubah sedang.

Sayatan tipis Z2 (5) yang berasal dari kedalaman 2502 mMD sebagian butirannya terubah sedang, ukuran butirannya sampai halus-kasar, bentuk butir menyudut tanggung hingga membundar tanggung,

kemas terbuka, pemilahan buruk dan teramati tekstur microfracture pada mineral sebagai indikasi struktur di geologi sekitar. Sampel didominasi oleh kehadiran tuff litik dalam kondisi segar maupun teralterasi dengan sedikit butiran kuarsa, plagioklas dan butiran yang teralterasi menjadi mineral kuarsa sekunder, actinolit serta mineral opak.

Komponen batuan terdiri dari fragmen litik (70%), fragmen kristal (15%) dan massa dasar (15%). Menurut mineral-mineral alterasi yang hadir dalam sampel batuan, dapat disimpulkan bahwa nama batuan ini adalah tuf litik (Pettijohn, 1975).



**Gambar 15.** Sayatan tipis sampel Z2 (4) merupakan batuan tuff litik yang berubah sedang.

### ZONA ALTERASI

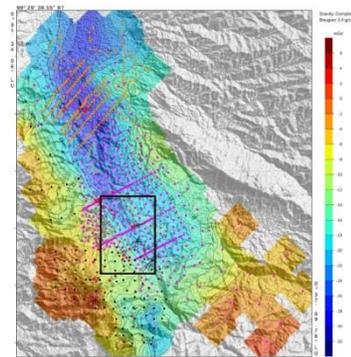
Dalam analisis petrografi ditemukan berbagai jenis mineral yaitu mineral kuarsa sekunder, pirit, kalsit, klorit, epidot, albit, aktinolit, karbonat, alunit dan illit. Penentuan intensitas alterasi menggunakan klasifikasi (Brownie, 1991). Dapat diamati dari tabel tersebut bahwa semakin bawah kedalamannya maka intensitas alterasi akan semakin meningkat. Penentuan zona alterasi didasari oleh keterdapatannya mineral pada kedalaman tertentu (Corbett & Leach, 1996). Pada sumur X4, zona alterasi yang teridentifikasi pada setiap kedalaman yaitu propilitik, propilitik, propilitik dan pilik. Pada sumur Y9, zona alterasi yang teridentifikasi pada setiap kedalaman yaitu pilik, argilik dan propilitik. Sedangkan pada sumur Z2, zona alterasi yang teridentifikasi pada setiap kedalaman yaitu argilik lanjut, propilitik, potasik dan potasik.

**Tabel 1** Alterasi Hidrotermal

| Sumur | Kedalaman (mKU) | Alterasi Hidrotermal   |       |        |        |        |       |           |          |        | Intensitas Alterasi (Brownie, 1991) | Zona Alterasi  |
|-------|-----------------|--|-------|--------|--------|--------|-------|-----------|----------|--------|-------------------------------------|--|
|       |                 | Kelimpahan Mineral Alterasi 1-Jarang 2-Beberapa 3-Cukup 4-Melimpah |       |        |        |        |       |           |          |        |                                     |  |
|       |                 | Kuarsa Sekunder  | Pirit | Kalsit | Klorit | Epidot | Albit | Aktinolit | Karbonat | Alunit |                                     |  |
| X4    | 280             | 2  | 1     | 1      | 1      |        |       |           |          |        |                                     | Propilitik (Kuarsa Sekunder)<br>Propilitik (Kuarsa Sekunder)<br>Propilitik (Kuarsa Sekunder)<br>Pilik (Kuarsa Sekunder-Epidot) |
|       | 772             | 2  | 1     | 1      | 1      |        |       |           |          |        |                                     |  |
|       | 847             | 2  | 1     | 1      | 1      |        |       |           |          |        |                                     |  |
|       | 1054            | 2  | 1     | 1      | 1      | 1      |       |           |          |        |                                     |  |
| Y9    | 375             | 2  |       | 1      |        |        |       |           |          |        |                                     | Pilik (Kuarsa Sekunder)<br>Argilik (Kuarsa Sekunder)<br>Propilitik (Kuarsa Sekunder-Epidot)                                    |
|       | 657             | 2  |       | 1      |        |        |       | 1         |          | 1      |                                     |  |
|       | 1200            | 2  |       | 1      | 1      | 2      | 1     |           |          |        |                                     |  |
| Z2    | 300             | 2  |       |        |        |        |       |           |          |        | 1                                   | Argilik Lanjut (Kuarsa Sekunder)<br>Propilitik (Epidot-Albit)<br>Potasik (Kuarsa Sekunder)<br>Potasik (Kalsit)                 |
|       | 1470            | 2  |       | 1      |        | 2      | 4     |           |          | 1      |                                     |  |
|       | 2256            | 4  |       |        |        |        |       | 1         |          |        |                                     |  |
|       | 2502            | 1  |       | 2      |        |        |       | 1         |          |        |                                     |  |

### METODE GRAVITY

Interpretasi kualitatif terhadap kontur anomali lengkap tersebut menunjukkan hasil bahwa nilai anomali berkisar antara 6 sampai -32 mGal. Nilai densitas anomali bouguer lengkap adalah 2.4 g/cc. Jika diamati lebih lanjut, nilai anomali terendah terletak pada sebelah barat laut dan utara. Sedangkan, nilai anomali tertinggi terletak pada sebelah tenggara dan barat daya.

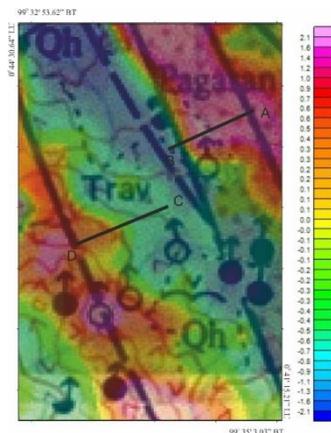


**Gambar 16.** Kontur Anomali Bouguer Lengkap

Hal yang harus diperhatikan sebelum melakukan pembuatan kontur anomali residual adalah menentukan kontur anomali regional dan memisahkannya dari kontur anomali lengkap & regional. Kemudian diperoleh kontur anomali residual seperti gambar di bawah ini. Interpretasi kualitatif terhadap kontur anomali tersebut

menunjukkan hasil bahwa nilai anomali yang tersebar di daerah penelitian berkisar antara 2.1 sampai -2.1 mGal. Jika diamati lebih lanjut, nilai anomali terendah terletak pada sebelah barat.

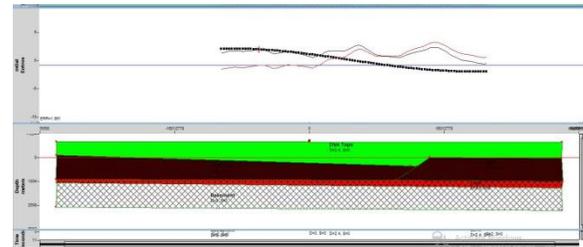
Berdasarkan gambar kontur anomali bouguer residual yang telah dioverlay dengan peta geologi daerah penelitian menunjukkan bahwa pada daerah penelitian terdapat sesar yang berarah barat laut-tenggara. Hal ini diperkuat dengan adanya perbedaan nilai anomali Bouguer rendah di sisi selatan dan tinggi di sisi utara. Terdapat perbedaan nilai anomali Bouguer yang tinggi menunjukkan bahwa di daerah tersebut memiliki potensi permeabilitas atau zona patahan/sesar.



**Gambar 17.** Kontur Anomali Residual di Topografi Daerah Penelitian

Pemodelan 2 dimensi data gravitasi penampang A-B menunjukkan bahwa ada 3 lapisan batuan yang memiliki nilai densitas yang berbeda dan terdapat sesar pada model tersebut. Model yang diperoleh memiliki nilai error sebesar 1.891. Lapisan pertama dengan warna coklat merupakan jenis litologi tuff. Lapisan tersebut memiliki nilai densitas sebesar 2 gr/cm<sup>3</sup>. Lapisan tersebut berasal dari endapan vulkanik sibanggor. Lapisan kedua dengan warna merah merupakan jenis litologi lava. Lapisan tersebut memiliki nilai densitas sebesar 2.4 gr/cm<sup>3</sup>. Lapisan tersebut berasal dari endapan vulkanik sibanggor. Lapisan ketiga

dengan warna putih merupakan lapisan basement yang tidak diketahui jenisnya.



**Gambar 18.** Pemodelan 2 Dimensi Data Gravitasi \ Penampang A-B

Pemodelan 2 dimensi data gravitasi penampang C-D menunjukkan bahwa ada 3 lapisan batuan yang memiliki nilai densitas yang berbeda dan terdapat sesar pada model tersebut. Model yang diperoleh memiliki nilai error sebesar 1.446. Lapisan pertama dengan warna coklat merupakan jenis litologi tuff. Lapisan tersebut memiliki nilai densitas sebesar 2 gr/cm<sup>3</sup>. Lapisan tersebut berasal dari endapan vulkanik sibanggor. Lapisan kedua dengan warna merah merupakan jenis litologi lava. Lapisan tersebut memiliki nilai densitas sebesar 2.4 gr/cm<sup>3</sup>. Lapisan tersebut berasal dari endapan vulkanik sorik. Lapisan ketiga dengan warna putih merupakan lapisan basement yang tidak diketahui jenisnya.



**Gambar 19.** Pemodelan 2 Dimensi Data Gravitasi pada Penampang C-D

Berdasarkan pemodelan kedua penampang tersebut, dapat diketahui bahwa terdapat 2 sesar turun di daerah penelitian. Sesar turun di lintasan penampang A-B dengan hanging wall di sebelah timur laut dan *foot wall* di

sebelah barat daya. Sedangkan sesar turun di lintasan penampang C-D dengan hanging wall di sebelah barat daya dan *foot wall* di sebelah timur laut.

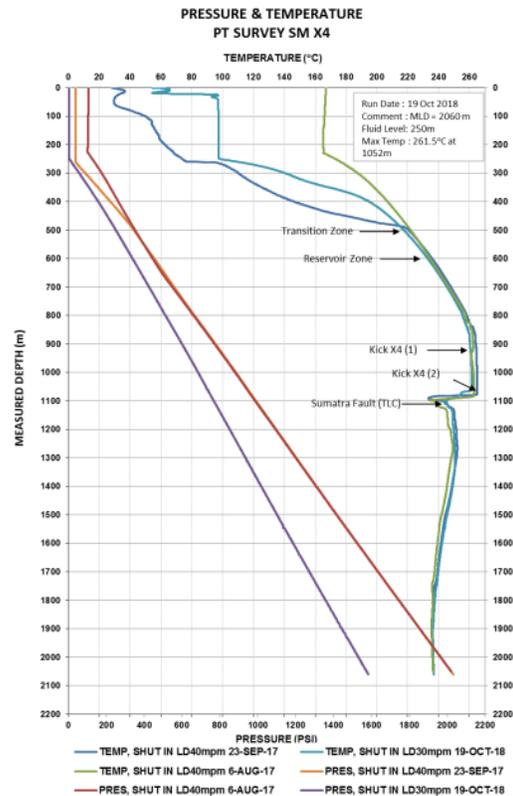
### UJI PRESSURE & TEMPERATURE X4

Pada daerah penelitian, sumur penelitian X4 (1) dibor hingga kedalaman 2050 m dan log P&T dilaksanakan pada 6 Agustus 2017. Gambar menunjukkan adanya zona transisi yang dapat diamati dari perubahan pada grafik temperatur uji X4 (1) dan uji X4 (2) pada kedalaman 500 mMD. Suhu dan tekanan sumur yang tercatat pada kedalaman uji X4 (1) adalah sebesar 2180 C dan 338 PSI. Sedangkan, suhu dan tekanan sumur yang tercatat pada kedalaman uji X4 (2) adalah sebesar 2160 C dan 333 PSI. Teramati sumur X4 memiliki zona reservoir pada kedalaman 600 mMD. Hal ini diperkuat oleh kesamaan temperatur dan tekanan pada kedua alat uji yang terdapat di sumur X4 (Teramati stabil). Suhu dan tekanan sumur yang tercatat pada kedalaman uji X4 adalah sebesar 2160 C dan 333 PSI.

Drilling report menunjukkan no cutting returns karena TLC di kedalaman 917-948 mMD yang diperkirakan akibat adanya struktur geologi Sesar Sumatera. Sumur ini diperkirakan mempunyai *Feed zone* utama pada kedalaman 920- 2050 mMD, yang ditandai oleh kemunculan kick pada log temperatur di kedalaman 923 mMD dan temperatur yang menstabil dan meningkat di kedalaman berikutnya. Formasi temperatur sumur X4 (1) mencapai 261°C di kedalaman 920 m dan tekanan awal yang mencapai 790 PSIA.

Sumur penelitian X4 (2) dibor hingga kedalaman 2050 m dan log P&T ini dilaksanakan pada 19 Oktober 2018. Drilling report menunjukkan keberadaan TLC di kedalaman 1070 – 2050 mMD yang diperkirakan akibat adanya struktur geologi Sesar Sumatera. Sumur ini diperkirakan

mempunyai *Feed zone* utama pada kedalaman 1080 - 2050 mMD, yang ditandai oleh kemunculan kick pada log temperatur di kedalaman 1081 mMD dan temperatur yang menstabil dan meningkat di kedalaman berikutnya. Formasi temperatur sumur X4 (1) mencapai 263°C di kedalaman 1080 m dan tekanan awal yang mencapai 753 PSIA.



Gambar 20. Grafik Pressure & Temperature X4

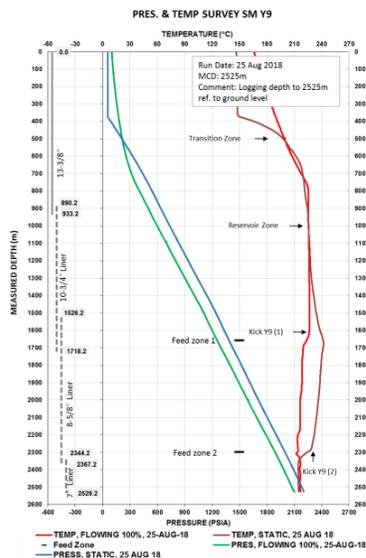
### UJI PRESSURE & TEMPERATURE Y9

Pada daerah penelitian, sumur penelitian Y9 (1) dibor hingga kedalaman 2520 m dan log P&T dilaksanakan pada 25 Agustus 2018. Gambar menunjukkan adanya zona transisi yang dapat diamati dari perubahan pada grafik temperatur uji Y9 (1) dan uji Y9 (2) pada kedalaman 500 mMD. Suhu dan tekanan sumur yang tercatat pada kedalaman uji Y9 (1) adalah sebesar 1960 C dan 181 PSI. Sedangkan, suhu dan tekanan sumur yang tercatat pada kedalaman uji Y9 (2)

adalah sebesar 1940 C dan 179 PSI. Teramati sumur Y9 memiliki zona *reservoir* pada kedalaman 1000 mMD. Hal ini diperkuat oleh kesamaan temperatur pada kedua alat uji yang terdapat di sumur Y9 walaupun tekanan yang dilakukan dua pengujian itu berbeda (*flowing & static*) Suhu sumur yang tercatat pada kedalaman uji Y9 adalah sebesar 2250 C.

Sumur ini diperkirakan mempunyai Feed zone utama pada kedalaman 1659 - 2520 mMD, yang ditandai oleh kemunculan *kick* pada log temperatur di kedalaman 1634 mMD dan temperatur yang menstabil dan meningkat di kedalaman berikutnya. Formasi temperatur sumur Y9 (1) mencapai 223°C di kedalaman 1659 m dan tekanan awal yang mencapai 1269 PSIA.

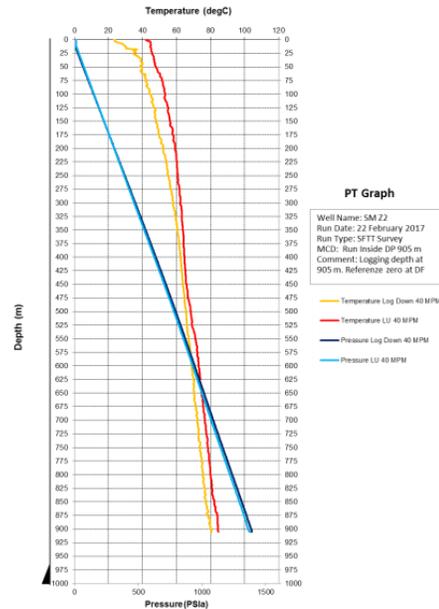
Pada daerah penelitian, sumur penelitian Y9 (2) dibor hingga kedalaman 2520 m dan log P&T dilaksanakan pada 25 Agustus 2018. Sumur ini diperkirakan mempunyai *Feed zone* utama pada kedalaman 2300 - 2520 mMD, yang ditandai oleh kemunculan *kick* pada log temperatur di kedalaman 2287 mMD dan temperatur yang menstabil dan meningkat di kedalaman berikutnya. Formasi temperatur sumur Y9 (2) mencapai 224°C di kedalaman 2300 m dan tekanan awal yang mencapai 2005 PSIA.



Gambar 21. Grafik Pressure & Temperature Y9

## UJI PRESSURE & TEMPERATURE Z2

Pada daerah penelitian, sumur penelitian Z2 (1) & Z2 dibor hingga kedalaman 905 m. Penentuan *feed zone* tidak dapat dilakukan sebab tidak ada perubahan pada *mass rate* di suatu kedalaman (relatif konstan)



Gambar 22. Grafik Pressure & Temperature Z2

## POTENSI PERMEABILITAS DAERAH PROSPEK PANAS BUMI

Berdasarkan data petrografi, data gravity, dan data pressure temperature yang telah dilakukan, terdapat potensi permeabilitas di daerah prospek panas bumi sorik marapi. Untuk membuktikan hal tersebut, maka dilakukan pengujian data dari sumur X4, Y9 & Z2

Analisis petrografi menunjukkan masing-masing sumur mempunyai kesamaan dalam jenis litologinya pada setiap kedalamannya yaitu tuff litik. Secara umum, dapat disimpulkan bahwa litologi yang terdapat pada daerah penelitian adalah litologi yang mempunyai sifat permeabilitas tinggi.

Metode gravity menunjukkan hasil dari kontur anomali residual memiliki nilai anomali yang tersebar di daerah penelitian berkisar antara 2.1 sampai -2.1 mGal. Terdapat perbedaan nilai anomali Bouguer yang tinggi menunjukkan bahwa di daerah tersebut memiliki potensi permeabilitas atau zona patahan/sesar.

Uji pressure & temperature menunjukkan masing-masing sumur mempunyai grafik yang berbeda. Sumur yang mempunyai zona permeable atau *feed zone* yaitu sumur X4 dan Y9. Namun, diantaranya terdapat satu sumur yang dilewati oleh Struktur Sumatera yaitu sumur X4. Penemuan ini ditinjau dari drilling report yang dihasilkan. Terdapat TLC pada kedalaman 917-948 mMD dan 1070 – 2050 mMD yang diperkirakan karena adanya struktur geologi Sesar Sumatera.

Berdasarkan 3 pengujian metode di atas dapat disimpulkan bahwa sumur X4 memiliki nilai potensi permeabilitas tinggi dibandingkan dengan sumur lainnya.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan 3 metode yang digunakan yaitu analisis petrografi, metode gravity dan metode pressure & temperature, dapat disimpulkan bahwa terdapat potensi permeabilitas di daerah Sorik Marapi.
2. Ditinjau dari hasil penemuan bahwa Sumur X4 memiliki nilai potensi permeabilitas tinggi dibandingkan dengan sumur lainnya. Karakteristik reservoir sumur X4 yaitu memiliki jenis litologi tuf litik, terdapat pada daerah yang memiliki nilai permeabilitas tinggi dan ditemukan *feed zone* serta TLC

## SARAN

Diperlukan data geokimia manifestasi air dan gas serta pengujian MT untuk memperkuat adanya system potensi panas bumi di daerah penelitian.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada KS Orka Renewables Ltd. & PT. Sorik Marapi Geothermal Power yang telah memberikan sarana dan prasarana untuk melakukan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Buscato, Normann M. 2012. *Quantifying Feed Zone Contributions from Pressure-Temperature-Spinner Data and Pressure Transient Analysis Using Well Tester. Geothermal Training Programme. Iceland*
- Corbett, G. J., & Leach, T. M. (1998). *Southwest Pacific Rim gold-copper systems: structure, alteration, and mineralization (No. 6). Boulder, Co: Society of Economic Geologists.*
- Cumming, W. (2009, February). *Geothermal resource conceptual models using surface exploration data. In Proceedings.*
- Direktorat Jenderal EBTKE, Direktorat Panas Bumi. (2017). *Potensi Panas Bumi Indonesia. Jakarta. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.*
- Fauzi, A. (2015). *Geothermal resources and reserves in Indonesia: an updated revision. Geothermal Energy Science, 3(1).*
- Hochstein, M. P. (1990). *Classification and assessment of geothermal resources. Small geothermal resources: A guide to development and utilization, UNITAR, New York, 31-57.*
- Ilmi, S., Harmoko, U., & Widada, S. (2014). *Interpretasi Bawah Permukaan Sistem Panas Bumi Diwak dan Derekan*

- Berdasarkan Data Gravitasi*. *Youngster Physics Journal*, 3(2), 165-170.
- Moeck, I. S. (2014). *Catalog of geothermal play types based on geologic controls*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, 867-882.
- O'Sullivan, M. J., Pruess, K., & Lippmann, M. J. (2001). *State of the art of geothermal reservoir simulation*. *Geothermics*, 30(4), 395-429.
- PT Sorik Marapi Geothermal Power: *Notice of Resource Confirmation (NORC)*, 2017.
- Ramadhan, Fahmi dan Bambang Kustono. 2015. *Analisis Hasil PTS Survey pada Saat Kompleksi untuk Menentukan Zona Produksi Sumur "X" Lapangan Wayang Windu*. Seminar Nasional Cendekiawan.
- Rock, N. M. S., D. T. Aldiss, J. A. Aspden, M. C. G. Clarke, A. Djunuddin, W. Kartawa, S. J. Miswar, R. Thompson, and R. Whandoyo. *"The Geology of the Lubuk Sikaping Quadrangle (0716) Sumatra, scale 1: 250 000."* *Geological Survey of Indonesia, Directorate of Mineral Resources, Geological Research and Development Centre, Bandung* (1983).
- Sagala, B. D., Chandra, V. R., & Purba, D. P. (2016). *Conceptual model of Sorik Marapi geothermal system based on 3-G data interpretation*. *Proceedings of IIGCE 2016*.
- Suari, S., & Fauzi, A. (1991). *Geothermal prospects in Sumatera*.
- Telford, W. M., Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied geophysics*. *Cambridge university press*.