

LANDAIAN SUHU DAERAH PANAS BUMI KEPAHANG PROVINSI BENGKULU

Oleh:

Yuanno Rezky dan Robertus S.L.Simarmata

Pusat Sumber Daya Geologi

Jalan Soekarno-Hatta No.444, Bandung

SARI

Satuan batuan penyusun sumur landaian suhu KPH-1 Kepahiang terdiri dari empat jenis batuan, yaitu : Andesit, Breksi Tufa, Skoria dan Basalt yang beberapa diantaranya berubah akibat aktivitas hidrotermal dengan intensitas lemah hingga sedang.

Berdasarkan kelompok mineral ubahan yang hadir, kedalaman 0 – 98,40 m merupakan *overburden*, kedalaman 98,40 – 452,20 m dikelompokkan kedalam lapisan penudung panas (*clay cap*) dengan tipe ubahan *argillic*. Indikasi munculnya kelompok mineral-mineral bertemperatur tinggi belum dijumpai hingga kedalaman terakhir, hal ini menunjukkan bahwa litologi sumur landaian suhu KPH-1 hingga kedalaman terakhir masih berada pada zona batuan penudung (*clay cap*).

Permeabilitas batuan dari beberapa conto inti bor terpilih berkisar antara 0,20 hingga 143,26 mDarcy dengan nilai tertinggi didapatkan dari conto inti bor di kedalaman 410 m. Sedangkan porositas antara 2,39 % hingga 21,53 % dengan nilai tertinggi juga didapatkan dari conto inti bor di kedalaman 410 m. Pada kedalaman ini batuan memiliki permeabilitas dan porositas baik.

Konduktivitas panas batuan pada sumur KPH-1 berkisar antara 1,43 – 1,77 W/mK. Temperatur formasi (*Initial Temperature*) di kedalaman 100 m, 257 m, 380 m, dan 450 m masing-masing adalah sebesar 20°C, 40,12°C, 52,66°C, dan 107°C. Nilai landaian suhu (*thermal gradient*) pada sumur KPH-1 sebesar 19,11°C/100 meter.

Kata kunci : Landaian suhu , Kepahiang, Panas bumi.

ABSTRACT

Lithology units of KPH-1 Kepahiang gradient thermal well consists of four rock types, which are : andesite, tuff breccia, Scoriae and Basalt, some of which are altered as a result of hydrothermal activity, from weak to moderate of intensity.

Based on the occurrence of group of alteration mineral, the depth of 0 to 98.40 m is a overburden, depth of 98.40 to 452.20 m grouped into cap rock layer in the form of clay with argillic alteration types. Indication of the present of high-temperature minerals had not been found until the total depth. This indicates that the lithology of KPH-1 gradient thermal well until total depth still in the cap rock zone.

Rock permeability of some selected core samples ranged from 0.20 to 143.26 mDarcy with the highest value obtained from sample at a depth of 410 m. Porosity values between 2.39% to 21.53% as the highest values were also obtained from core sample at a depth of 410 m. At this depth, rocks has good permeability and porosity.

The thermal conductivity of rocks at KPH-1 well ranged from 1.43 to 1.77 W / mK. Formation temperature (initial temperature) at a depth of 100 m, 257 m, 380 m, and 450 m, each is 20°C, 40.12°C, 52.66°C, and 107°C. The value of thermal gradient at KPH-1 well is 19.11 °C/100 meters.

Keyword : Gradient thermal, Kepahiang, Geothermal.

PENDAHULUAN

Berdasarkan pembagian mandala geologi Tersier Pulau Sumatera, daerah Kepahiang terletak dalam Busur Magmatik dan nama lajur yang digunakan adalah Lajur Barisan. Lajur barisan membentuk Rangkaian Gunungapi Barisan yang membujur di sepanjang bagian barat dan sejajar dengan sumbu panjang Pulau Sumatera. Lajur ini merupakan suatu daerah kegiatan magmatik selama Tersier dan Kuarter (Bemmelen, van R.W., 1949). Jenis batuan meliputi tuf dan breksi gunungapi, lava dengan retas atau retas lempeng yang menyertainya, sedikit sedimen dan terobosan pluton.

Daerah Kepahiang - Rejang Lebong merupakan daerah terminasi utama Sistem Sesar Dekstral Sumatera. Ada tiga segmen utama sesar yang paling aktif, yaitu: Sesar Ketaun-Tes, Sesar Despateh dan Sesar Musi-Keruh. Terbentuknya pola kelurusan utara-selatan tersebut dikontrol oleh struktur rekahan dalam (*deep seated structures*). Aktifitas panas bumi berasosiasi dengan pola struktur sesar yang berarah timurlaut-baratdaya dan zona sesar aktif utama dari sistim sesar Sumatera berarah baratdaya-tenggara (Gafoer dkk., 1992).

Secara administratif daerah panas bumi Kepahiang termasuk dalam wilayah Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu. Terletak pada posisi 102° 31' 47" - 102° 42' 20" BT s.d. 3° 27' 3" - 3° 40' 11" LS (Gambar 1), dimana lokasi bor terletak pada posisi 102° 36' 35.52" BT s.d. 3° 34' 57.98" LS dengan elevasi 1016 m.

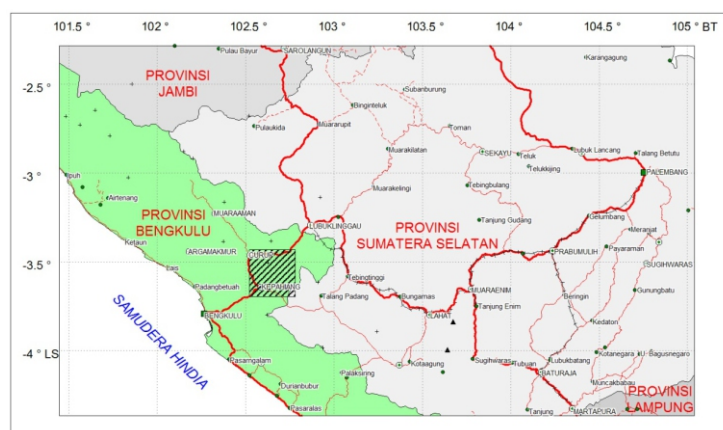
Hasil penyelidikan terdahulu yang dilakukan oleh Badan Geologi diketahui

daerah Kepahiang memiliki daerah prospek seluas 32 km², dengan potensi cadangan terduga cukup besar yaitu sebesar 325 MWe. Temperatur reservoir sekitar 250 °C (geothermometer gas), (Gambar 2).

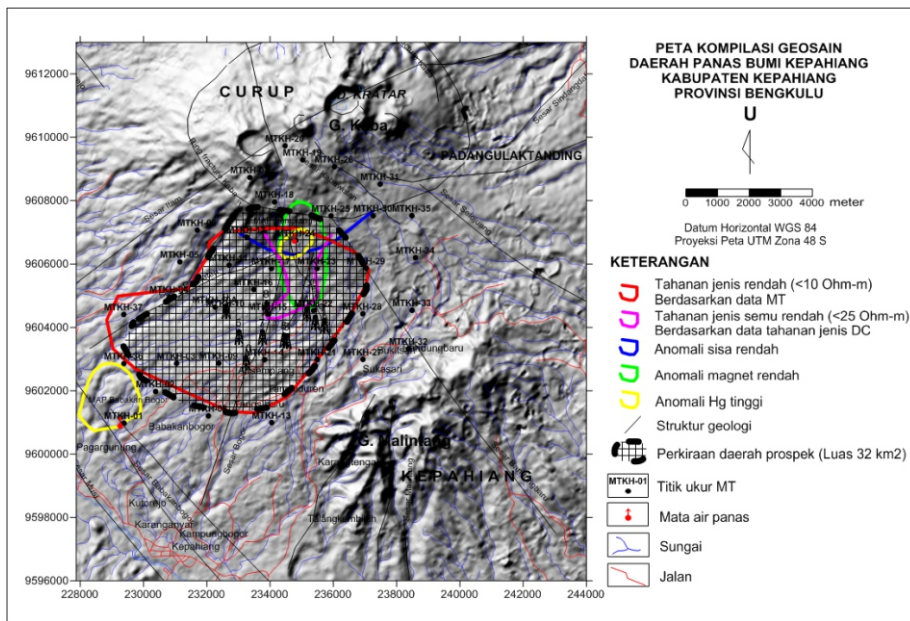
Hasil pemodelan tahanan jenis dari data MT yang dilakukan oleh Badan Geologi tahun 2010 menunjukkan bahwa tahanan jenis rendah tersebar dengan ketebalan antara 1500 meter hingga 2000 meter. Tahanan jenis rendah ini diinterpretasikan sebagai batuan penudung (*smectite*). Di bagian bawahnya terlihat adanya sebaran tahanan jenis sedang yang diinterpretasikan sebagai zona reservoir (*illite/chloride*). Puncak dari reservoir ini diperkirakan berada pada kedalaman 1500 - 1750 meter.

Operasi pengeboran landaian suhu KPH-1 dilakukan dalam beberapa trayek/tahapan, yaitu trayek selubung 6", trayek selubung 4", dan trayek *open hole*. Operasi pengeboran menggunakan *tricone bit* ukuran 7 5/8", 5 5/8", dan *diamond bit* ukuran 3 4/5", 3" (Gambar 3).

Kendala teknis yang terjadi berupa seringnya terjadi hilang sirkulasi lumpur pembilas baik *Partial Loss Circulation* (PLC) maupun *Total Loss Circulation* (TLC) yang tidak dapat diatasi dengan menggunakan *Loss Circulation Material* (LCM). Kendala ini dapat teratasi dengan metode *casing adventure/drilling with casing*. Selain itu, kendala teknis lainnya berupa jepitan (*stuck pipe*) dan lubang tidak stabil (*unstable hole*) juga dijumpai pada proses pengeboran. Adanya kendala tersebut diduga akibat pengeboran sumur KPH-1 banyak memotong patahan serta rekahan-rekahan batuan.



Gambar 1. Peta lokasi daerah panas bumi Kepahiang



Gambar 2. Peta Kompilasi Geosains Daerah Panas Bumi Kepahiang, Pusat Sumber Daya Geologi, 2010

METODOLOGI

Pengukuran suhu ekstrapolasi (*static formation temperatur test*), dilakukan dengan sistem *Temperature Transient Analyze* dan metode *Horner Plot* (Menzeis A.J, Roux at all, 1979). Dimana menurut sistem tersebut di atas, suhu formasi pada kedalaman tertentu dapat dihitung apabila persyaratan seperti berikut dipenuhi: dilakukan pengukuran data pengamatan kenaikan suhu pada kedalaman tertentu secara berulang pada waktu berbeda beda, setelah mengalami pendinginan pada waktu pengeboran dan sirkulasi pengeboran berlangsung.

Dengan asumsi-asumsi:

- Keadaan formasi homogen, baik secara lateral ataupun vertikal.
- Panas Jenis formasi tetap.
- Suhu yang diukur adalah panas yang mengalir secara konduksi hanya pada arah radial.

Suhu Formasi dapat dihitung dengan rumus seperti dibawah ini,

$$T_i = T_{ws} + (m \times T_{db})$$

Dimana : T_i = suhu formasi (°C)
 T_{ws} = Suhu yang diperoleh dari ekstrapolasi data pada harga $\frac{t}{t + \Delta t / \Delta t} = 1$

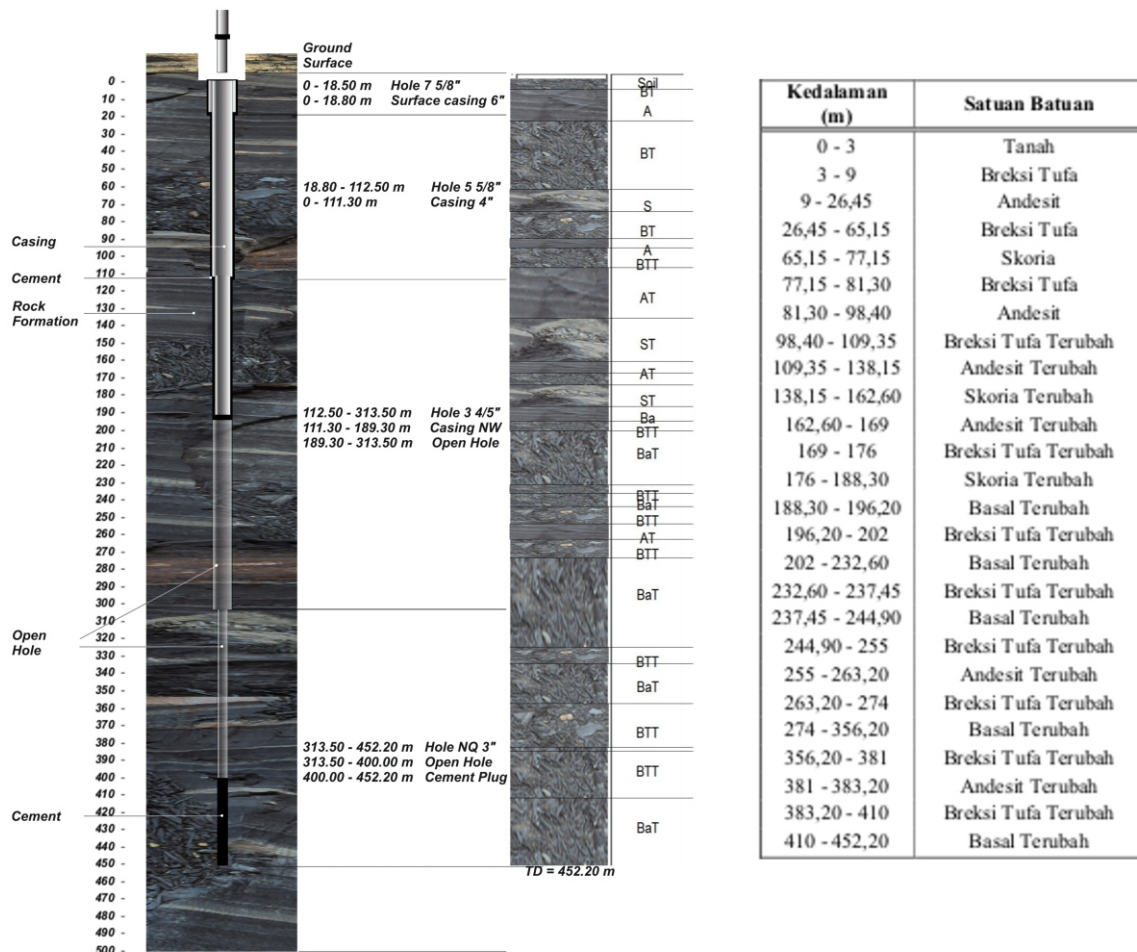
m = kemiringan (°C/cycle)
 T_{db} = faktor koreksi panas yang hubungannya dengan dimensi waktu sirkulasi (T_{cd})
 $T_{cd} = t \times K / (C_p \cdot \rho \cdot r^2)$
 t = Waktu pendinginan formasi (dihitung sejak tembus formasi sampai *stop* sirkulasi).
 K = konduktivitas panas formasi
 ρ = densitas formasi
 C_p = *Spesific heat* formasi
 Harga $K / (C_p \cdot \rho \cdot r^2)$ diasumsikan sebesar 0,43 /jam untuk diameter sumur 8 inchi atau $r^2 = 0.01$ m. (Bixley P.F, 1985).

3. HASIL DAN ANALISIS

Geologi sumur

Litologi sumur KPH-1 dari permukaan hingga kedalaman akhir (452,20 m) berdasarkan analisis megakospis dari contoh batuan bor disusun oleh beberapa satuan batuan (Gambar 3).

Batuan/litologi sumur landaian suhu KPH-1 Batuan/litologi sumur landaian suhu KPH-1 mulai dari kedalaman 98,40 – 174,15 m telah mengalami ubahan hidrotermal dengan intensitas ubahan lemah sampai sedang (SM/TM = 10 – 40 %) oleh proses ubahan argilitisasi, silisifikasi/devitrifikasi, oksidasi, piritisasi dan kloritisasi. Dan dari kedalaman 174,15 m – 452,20 m juga masih mengalami ubahan hidrotermal dengan



Gambar 3. Konstruksi sumur landaian suhu KPH-1, daerah panas bumi Kepahiang

intensitas ubahan lemah sampai sedang (SM/TM = 10 – 75 %) oleh proses ubahan argilitisasi, silisifikasi/devitrifikasi, oksidasi, piritisasi dan kloritisasi. Ubahan hidrotermal sumur KPH-1 memiliki tipe ubahan yang didominasi tipe *argillic* (didominasi mineral montmorilonit, nontronit, gypsum, lempung magnesium, tourmalin dan zoisite) berfungsi sebagai batuan penudung panas (*clay cap*).

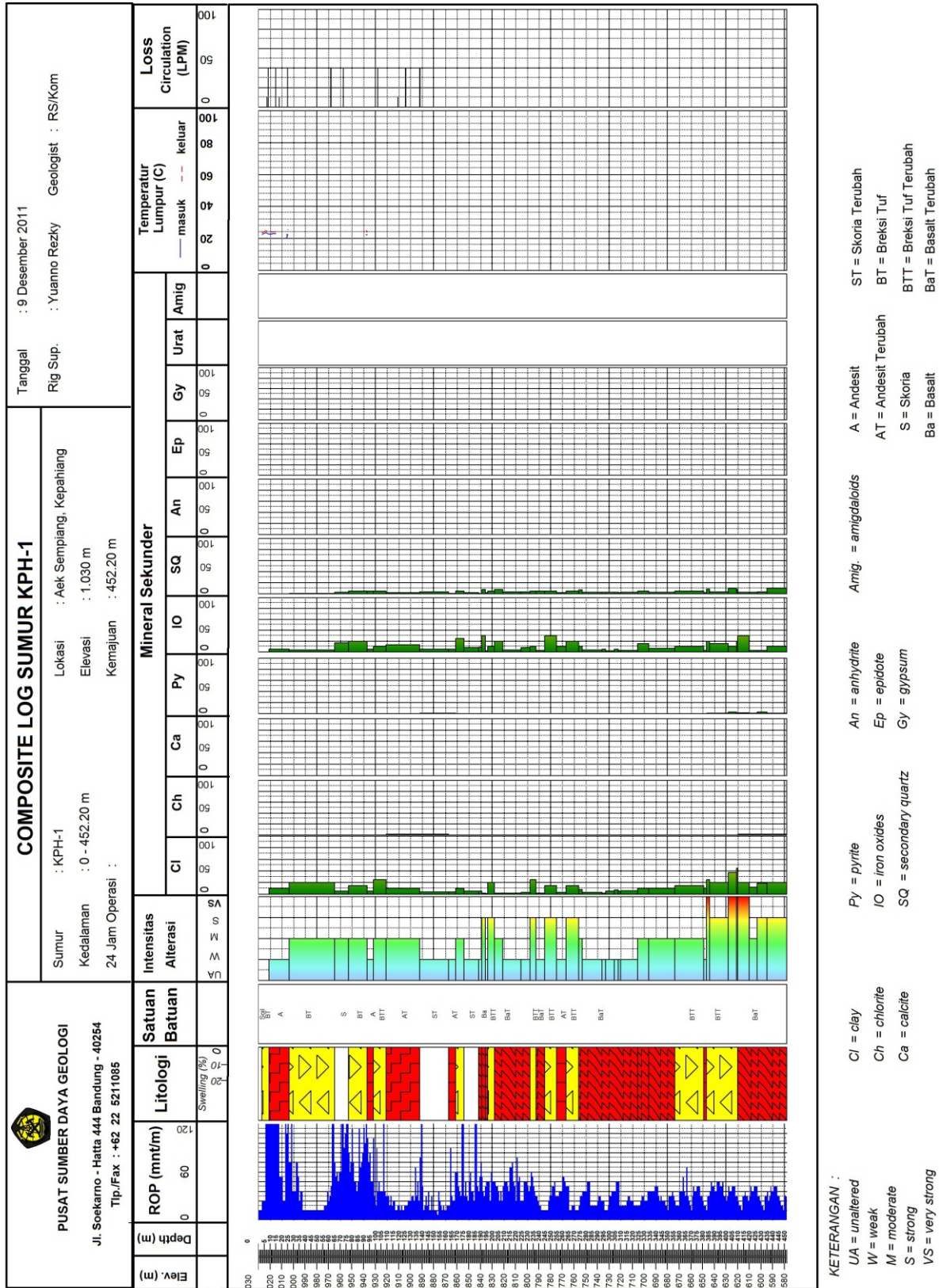
Beberapa contoh batuan dilakukan analisis laboratorium dengan menggunakan Uji Sedimentologi Metode Keporian Dengan Merkuri. Dari hasil analisis (kedalaman 26,45 m, 77,15 m, 98,50 m, 172,45 m, 358 m, 377,30 m, 384,30 m 399,80 m, dan 410 m), dengan metode keporian menggunakan merkuri ini, didapatkan permeabilitas antara 0,20 mDarcy hingga 143,26 mDarcy, dengan nilai tertinggi didapatkan dari contoh inti bor di kedalaman 410 m. Sedangkan porositas antara 2,39 % hingga 21,53 % dengan nilai tertinggi juga didapatkan dari contoh inti bor di kedalaman 410 m.

Berdasarkan hasil analisis inklusi

fluida, dari pengamatan secara megaskopis menunjukkan jenis batuan (vulkanik) yang tidak banyak mengandung mineral-mineral induk inklusi fluida. Selain itu kondisi batuan yang telah terdeformasi (dengan indikasi breksiasi dan milonitisasi, serta garis gores), dapat pula mengakibatkan inklusi fluida yang terbentuk menjadi rusak. Inklusi fluida dapat ditemukan pada veinlet kalsit, atau mineral kuarsa penyusun batuan tersebut, namun karena umumnya terdiri dari satu fase (monofase), dan bifase (L dan V) yang sudah rusak, dan berukuran sangat halus maka pengukuran tidak dapat dilakukan.

Beberapa contoh batuan dari sumur KPH-1 dipilih untuk selanjutnya dianalisis laboratorium dengan menggunakan metode konduktivitas panas. Hasil dari analisis tersebut memberikan hasil konduktivitas panas berkisar antara 1,43 – 1,77 W/mK.

Kehadiran struktur geologi pada sumur pengeboran panas bumi dapat ditafsirkan dari beberapa ciri struktur seperti sifat fisik batuan (milonitisasi dan rekahan)



Gambar 4. Composite Log sumur KPH-1, daerah panas bumi Kepahiang, Kabupaten Kepahiang – Provinsi Bengkulu.

yang dikombinasikan dengan data pengeboran seperti adanya hilang sirkulasi (total/sebagian) dan terjadinya *drilling break*.

Selama kegiatan pengeboran sumur landaian suhu KPH-1 sampai kedalaman akhir, terjadi hilang sirkulasi lumpur pembilas secara parsial (PLC) di kedalaman 7,4 m, 17,85 dan 119,35 m, masing-masing sebesar 10 lpm dan hilang sirkulasi total (TLC) di kedalaman 8,5 m, 14,72 m, 20,75 m, 24,95 m, 62 m, 72,80 m, 102,20 m, 126 m dan 138,15 m. Selanjutnya sampai kedalaman 452,20 m, terjadi hilang sirkulasi lumpur pembilas secara total (TLC). Banyak dijumpai kekar-kekar gerus, rekahan-rekahan dan breksiasi yang sebagian terisi mineral lempung, oksida besi dan kuarsa sekunder.

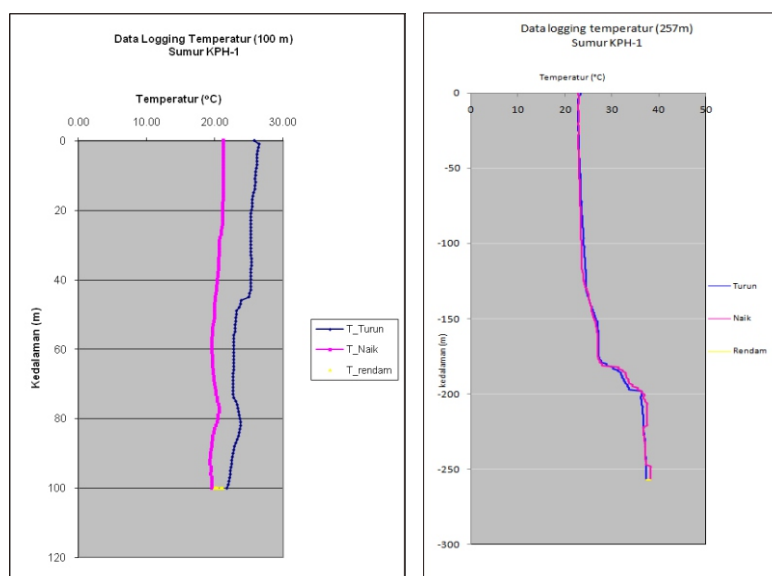
Hasil pengukuran temperatur lumpur masuk (*Tin*) dan temperatur keluar (*Tout*) sumur KPH-1 hanya dapat terukur hingga kedalaman 7,4 m dan di beberapa zona kedalaman, dengan temperatur berkisar antara $T_{in} = 19,6 - 24,2C$ dan $T_{out} = 21,2 - 25,7 C$, dengan selisih temperatur masuk dan keluar sebesar $0,1 - 2C$. Namun hasil pengukuran temperatur lumpur masuk (*Tin*) dan temperatur keluar (*Tout*) sumur KPH -1 ini secara keseluruhan tidak dapat dilakukan karena dari awal pengeboran pada kedalaman 7,4 m sudah mengalami Loss Circulation (PLC/TLC) hingga kedalaman akhir (452,20 m).

Logging Temperatur

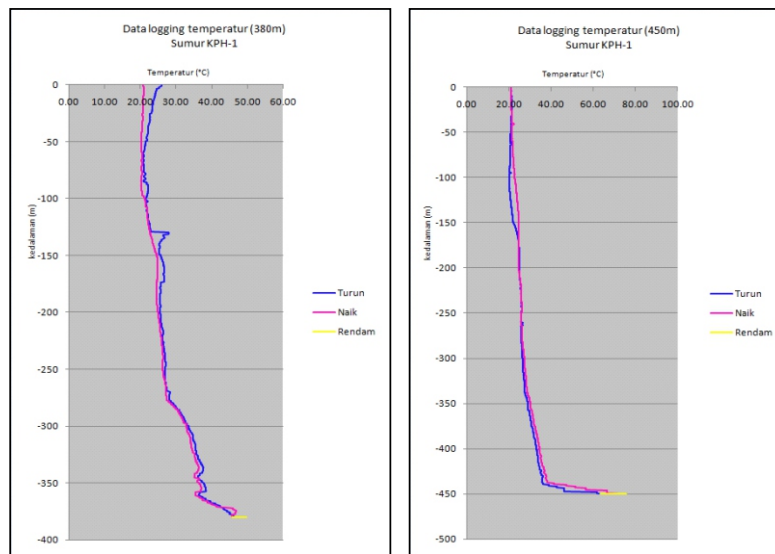
Hasil pekerjaan *logging* temperatur pada tahap pertama dilakukan mulai dari permukaan sampai kedalaman lubang bor 100 meter, temperatur dipermukaan tanah/posisi kedalaman sama dengan nol terukur sebesar $25,80\text{ }^{\circ}C$. Sedangkan pada dasar lubang bor (100 meter) terukur $21,80\text{ }^{\circ}C$ setelah *logging tool temperature* direndam di kedalaman 100 m selama ± 4 jam, temperatur terbaca sebesar $20,00\text{ }^{\circ}C$ (Gambar 5a).

Selanjutnya dari pekerjaan *logging* temperatur dari permukaan sampai kedalaman lubang bor 257 meter, temperatur dipermukaan tanah/posisi kedalaman sama dengan nol terukur sebesar $23,30\text{ }^{\circ}C$, dan pada dasar lubang bor (257 meter) terukur $37,30\text{ }^{\circ}C$ setelah *logging tool temperature* direndam di kedalaman 257 m selama ± 8 jam, temperatur maksimum terbaca sebesar $38,20\text{ }^{\circ}C$ (Gambar 5b).

Kemudian dari pekerjaan *logging* temperatur sampai kedalaman lubang bor 380 meter, temperatur dipermukaan tanah/posisi kedalaman sama dengan nol terukur sebesar $26,00\text{ }^{\circ}C$, dan pada dasar lubang bor (380 meter) terukur $46,90\text{ }^{\circ}C$ setelah *logging tool temperature* direndam di kedalaman 380 m selama ± 8 jam, temperatur maksimum terbaca sebesar $49,80\text{ }^{\circ}C$ (Gambar 5c).



Gambar 5. a) Grafik temperatur vs kedalaman sumur bor KPH-1 di Kedalaman 100 m, b) Grafik temperatur vs kedalaman sumur bor KPH-1 di Kedalaman 257 m



Gambar 5. c) Grafik temperatur vs kedalaman sumur bor KPH-1 di Kedalaman 380 m, d) Grafik temperatur vs kedalaman sumur bor KPH-1 di Kedalaman 450 m

Dan pengukuran *logging* temperatur terakhir dilakukan dari permukaan sampai kedalaman lubang bor 450 meter, temperatur dipermukaan tanah/posisi kedalaman sama dengan nol terukur sebesar 21,10 °C, pada dasar lubang bor (450 meter) terukur 63,20 °C setelah *logging tool temperature* direndam di kedalaman 450 m selama ± 8 jam, temperatur maksimum terbaca sebesar 75,60C (Gambar 5d).

PEMBAHASAN

Batuan penyusun sumur landaian suhu KPH-1 disusun oleh batuan vulkanik berupa breksi tufa, andesit, dan skoria yang pada umumnya belum terkena ubahan hidrotermal secara signifikan, Intensitas ubahan bervariasi dari lemah hingga sedang (SM/TM = 10 – 75 %). Secara umum proses ubahan yang terjadi di sumur landaian suhu KPH-1 sampai kedalaman akhir masih menunjukkan ubahan berderajat rendah yang dicirikan oleh ubahan hasil proses argilitisasi, oksidasi, dengan/tanpa piritisasi, karbonatisasi. Mineral-mineral ubahan tersebut dikelompokkan termasuk ke dalam jenis argilik (*argilic Type*) yang berfungsi sebagai lapisan punudung panas (*clay cap*).

Hadirnya mineral-mineral ubahan dengan intensitas rendah di sumur KPH-1 hingga kedalaman akhir yang didominasi mineral oksida besi ini, mendukung data survei terpadu sebelumnya, yang menunjukkan bahwa di kedalaman tersebut

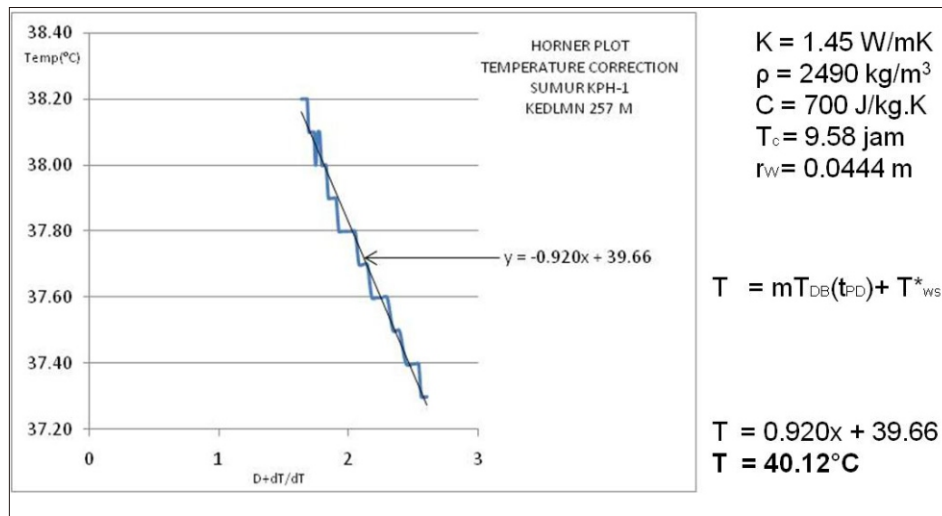
lapisan batuan masih belum memiliki tahanan jenis rendah (*low resistivity*) dimana zona tahanan jenis rendah terdeteksi di kedalaman 500 m - 1500 m.

Pada sumur landaian suhu KPH-1, pengeboran dilakukan dalam kondisi hilang sirkulasi hingga kedalaman akhir (452,20 m), dimana PLC dan TLC ini diduga disebabkan oleh permeabilitas sekunder berupa rekahan, pengekaran hingga breksiasi pada satuan lava dan permeabilitas primer yang cukup tinggi berupa rongga antar butir pada batuan piroklastik dan rongga vesikuler pada lava skoria di interval kedalaman tersebut.

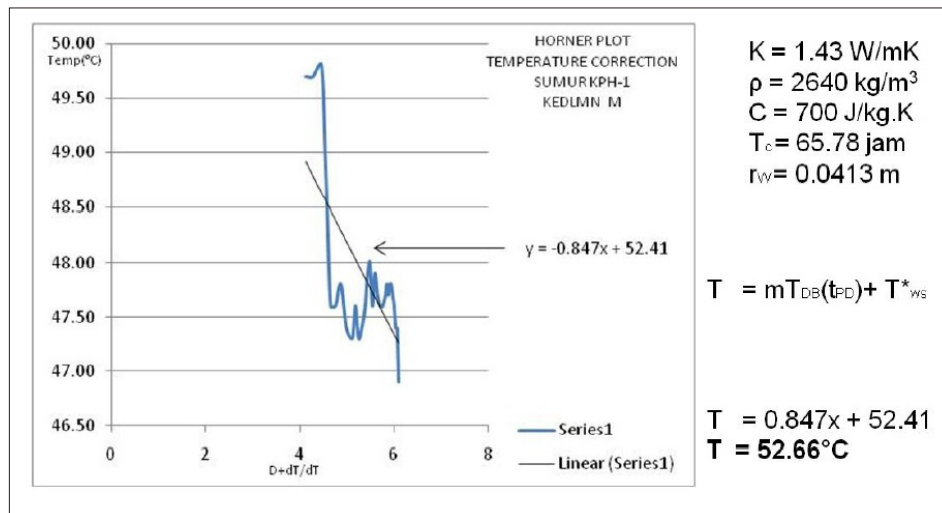
Hasil pengukuran *logging* temperatur selanjutnya dilakukan perhitungan dengan metode Horner Plot untuk mendapatkan harga temperatur formasi (*Initial Temperature*). Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh harga temperatur formasi sebesar 40,12 °C (Gambar 6a) pada posisi kedalaman 257 meter, 52,66 °C (Gambar 6b) pada posisi kedalaman 380 meter, dan 107,002 °C (Gambar 6c) pada posisi kedalaman 450 meter.

Berdasarkan temperatur formasi pada posisi kedalaman pengukuran 450 m, diperoleh harga *thermal gradient* (landaian suhu) sebesar 19,11°C/100 meter (Gambar 7) atau sekitar enam (6) kali gradien rata-rata bumi (± 3°C per 100 m).

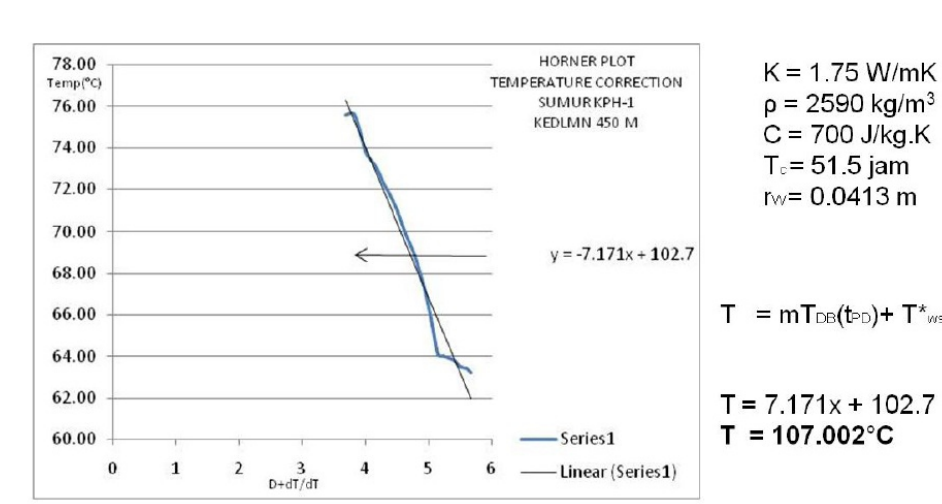
Selanjutnya, jika perkiraan *top reservoir* di daerah panas bumi Kepahiang berada di kedalaman sekitar 1500 m (hasil



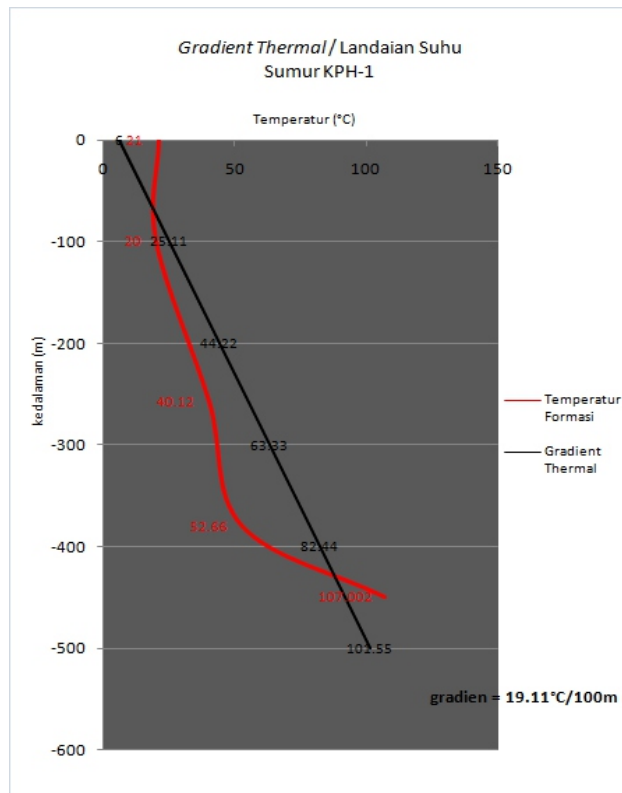
Gambar 6. a) Grafik Analisis Temperatur Formasi di kedalaman 257 m dengan Metode Horner Plot.



Gambar 6. b) Grafik Analisis Temperatur Formasi di kedalaman 380 m dengan Metode Horner Plot



Gambar 6. c) Grafik Analisis Temperatur Formasi di kedalaman 450 m dengan Metode Horner Plot



Gambar 7. Landaian suhu (*Thermal gradient*) sumur KPH-1

survei terpadu, 2009) dan gradien diasumsikan linier pada sumur KPH-1, maka temperatur formasi di kedalaman tersebut sekitar 306 °C. Atau jika perkiraan temperatur reservoir adalah sebesar 250 °C (hasil survei terpadu, 2009), maka *top reservoir* pada titik pengeboran ini berada pada kedalaman 1200 m.

Dari data *gradient thermal* ini, dikompilasikan dengan model geologi berdasarkan data kompilasi geofisika, dapat diperkirakan nilai isothermal daerah panas bumi Kepahiang (Gambar 8).

Bentuk isothermal ditarik dari bentuk zona resistivity rendah, dimana tahanan jenis rendah berdasarkan data MT tersebar dengan ketebalan antara 1500 meter hingga 2000 meter. Tahanan jenis rendah ini diinterpretasikan sebagai batuan penutup (*smectite*). Di bagian bawahnya tahanan jenis sedang yang diinterpretasikan sebagai zona reservoir (*illite/chloride*). Puncak dari reservoir ini diperkirakan berada pada kedalaman 1500 - 1750 meter.

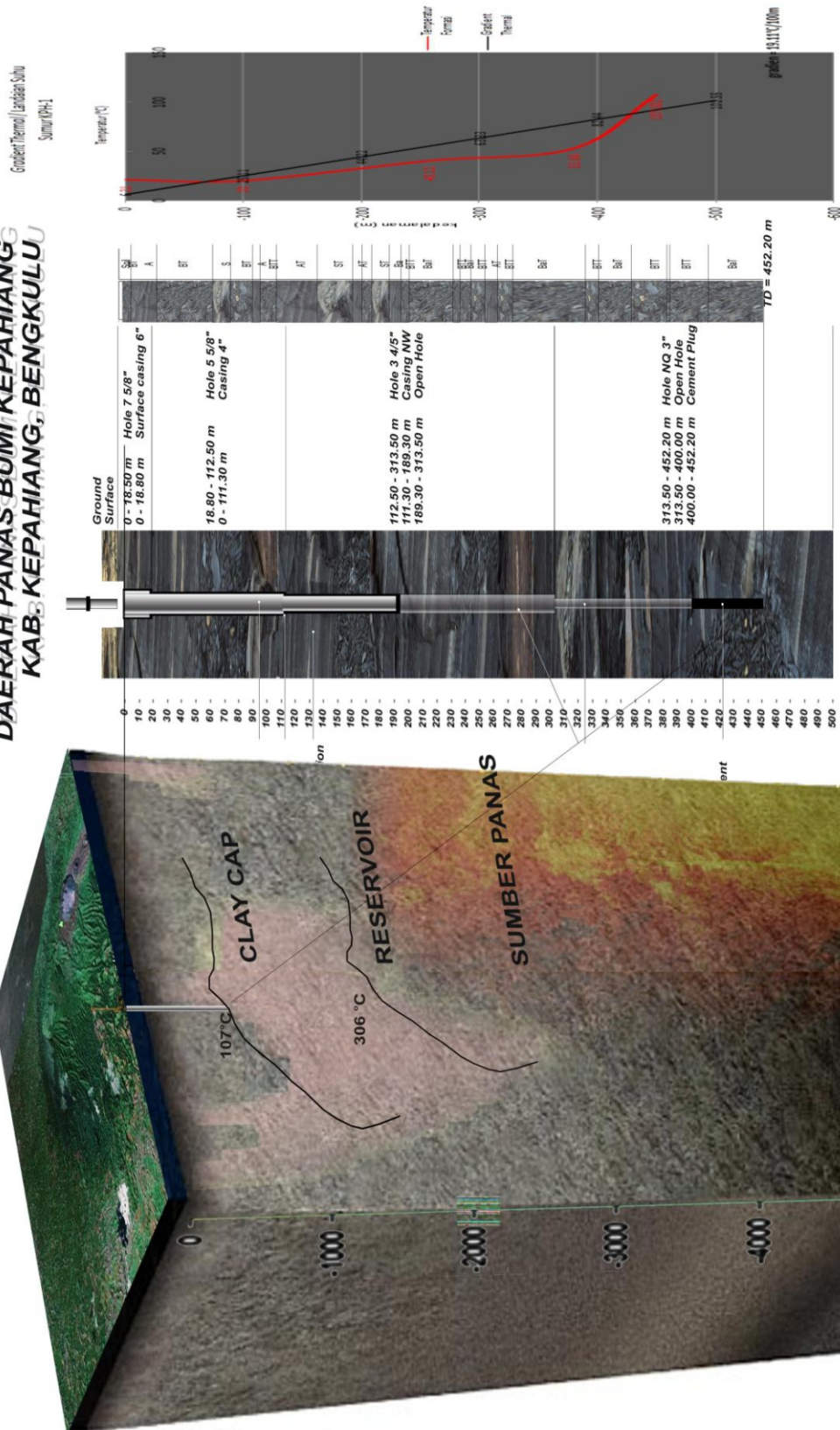
Kemudian nilai temperatur pada garis isothermal diambil dari nilai landaian suhu (*thermal gradient*) sumur KPH-1.

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan dapat dibuat mengenai kepanas-bumian di daerah penyelidikan, yaitu, sbb:

- Batuan sumur landaian suhu KPH-1 mulai dari permukaan hingga kedalaman akhir 452,20 m disusun oleh batuan vulkanik berupa breksi tufa, scoria, basalt dan andesit yang sebagian terkena ubahan hidrotermal, dengan intensitas rendah-sedang ($SM/TM = 10 - 75\%$) dan secara umum masih menunjukkan ubahan berderajat rendah dengan tipe argilik (*argilic Type*) yang berfungsi sebagai lapisan penutup panas (*clay cap*).
- Temperatur formasi (*Initial Temperature*) pada kedalaman 450 meter, temperatur maksimum terbaca sebesar 75,60°C, setelah dikoreksi menggunakan metode *horner plot* adalah sebesar 107°C.
- Harga thermal gradient (landaian suhu) sumur KPH-01 pada kedalaman 450 m sebesar 19,11°C/100 meter atau sekitar enam (6) kali gradien rata-rata bumi ($\pm 3^\circ\text{C}$ per 100 m), dimana jika perkiraan *top*

**KONSTRUKSI LUBANG SUMUR KPH-011
DAERAH PANAS BUMI KEPAHANG
KAB. KEPAHANG, BENGKULU**



Gambar 8. Distribusi temperatur daerah panas bumi Kepahiang mengacu pada landaian suhu sumur KPH-1

reservoir di daerah panas bumi Kepahiang berada di kedalaman sekitar 1500 maka temperatur formasi di kedalaman tersebut sekitar 306 °C atau jika perkiraan temperatur *reservoir* adalah sebesar 250°C maka top *reservoir* pada titik pengeboran ini berada pada kedalaman 1200 m.

- Untuk tahapan eksplorasi selanjutnya adalah melakukan pengeboran eksplorasi dengan target kedalaman 1800 – 2500 m, serta pengeboran landaian suhu di beberapa titik dengan target kedalaman 500 – 750 m.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh tim Pengeboran Landaian Suhu KPH-1 Kepahiang, Program Penelitian Panas Bumi, Pusat Sumber Daya Geologi yang telah banyak membantu dalam proses penyelidikan landaian suhu daerah Kepahiang hingga terselesaikannya tulisan ini. Serta kepada Pemerintah Kabupaten Kepahiang, Dinas ESDM Kepahiang, serta seluruh instansi terkait yang telah memberikan dukungan dan bantuannya dalam proses pengeboran landaian suhu daerah Kepahiang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2007. Program Pengembangan Sumber Daya Alam Riset Panas Bumi.
- Anonim, 2010, 'Laporan Survei Terpadu Geologi dan Geokimia Daerah Panas Bumi Kepahiang, Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu.' Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia. (Unpubl. Report).
- Anonim, 2010, 'Laporan Survei Geofisika Terpadu Panas Bumi Daerah Kepahiang, Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu.' Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia. (Unpubl. Report).
- Anonim, 2010, 'Laporan Survei Magnetotellurik Daerah Panas Bumi Kepahiang, Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu.' Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia. (Unpubl. Report).
- Bachrudin R. dan Saputra E., 1988. Pemetaan Geologi Potret Gunung Kaba, Bengkulu, Sumatera Selatan, Direktorat Vulkanologi.
- Bemmelen, van R.W., 1949. The Geology of Indonesia Vol. IA, The Hague. Netherlands.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Kepahiang, 2009, Kepahiang Dalam Angka.
- Bixley, P.F, Introduction to Geothermal Reservoir Engineering, 1985.
- Gafoer dkk., 1992. Peta Geologi Lembar Bengkulu, Sumatera, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Grant, M.A., Donaldson, I.G., Bixley, P.F, Geothermal Reservoir Engineering, 1982. Glover, Paul, Petrophysics Msc Course Note, page 85-87.
- Kusumadinata, K., 1979, Data Dasar Gunungapi Indonesia, Direktorat Vulkanologi.

Diterima tanggal 10 September 2013
Revisi tanggal 30 Oktober 2013