



# STUDI MINERAL LEMPUNG HIDROTERMAL DAN APLIKASINYA UNTUK OPERASI PEMBORAN PANASBUMI (Studi Kasus : Prospek Panasbumi Ulubelu, Lampung)

Marihot SP Silaban

DIVISI PANASBUMI - PERTAMINA

Gedung Kwarnas Lt. 6, Jl. Medan Merdeka Timur 6 Jakarta 10110,  
Telp. 021-3502150 ext.1673, Fax.021-3508033, E-mail : [msilaban@link.net.id](mailto:msilaban@link.net.id)

**Kata kunci :** Ulubelu, alterasi hidrotermal, mineral lempung, X-ray diffraction, analisa petrografi, operasi pemboran.

## INTISARI

Di dalam prospek panasbumi Ulubelu telah dibor 3 (tiga) sumur eksplorasi slimhole yaitu UBL-01, UBL-02 dan UBL-03, masing-masing dengan kedalaman 1200, 928 dan 967m. Studi mineral lempung hidrotermal dilakukan dengan menganalisa cuttings dan cores dari ketiga sumur tersebut dengan tujuan untuk memberi gambaran dan pemahaman kondisi bawah permukaan (reservoir) dari segi mineralogi, serta mengaplikasikan hasil studi ini untuk tercapainya pemboran yang lebih efektif dan efisien.

Seperti halnya kelompok mineral calc-silicate (epidot, prehnit, wairakit dan biotit), mineral lempung hidrotermal seperti smektit, klorit, illit, kaolin dan mixed-layer clay terbukti memiliki struktur yang sensitif terhadap perubahan temperatur dan kondisi kimiawi fluida. Sehingga dengan mengenal karakteristik dari setiap jenis mineral lempung, dapat diperoleh informasi penting yang berkaitan dengan temperatur, permeabilitas dan kondisi kimia fluida reservoir panasbumi.

Cara yang paling akurat untuk mengidentifikasi mineral lempung hidrotermal yaitu melalui metoda analisa difraksi sinar-X (X-ray diffraction). Namun biaya analisa dengan metoda ini jauh lebih mahal dibandingkan dengan analisa petrografi. Sehingga dalam upaya mengurangi biaya analisa batuan, maka kombinasi analisa petrografi dan difraksi sinar-X akan merupakan pilihan yang paling efektif dan efisien. Dalam hal ini dilakukan upaya dalam bentuk meningkatkan kemampuan atau keahlian mengidentifikasi mineral lempung melalui analisa petrografi, sehingga jumlah analisa difraksi sinar-X (XRD) dapat dikurangi. Cara ini akan lebih optimal bilamana diterapkan pada conto-conto batuan (drilling cores) dari satu lapangan panasbumi yang sama.

Manfaat penting lainnya bilamana kita mampu mengidentifikasi mineral lempung hidrotermal pada saat operasi pemboran adalah memberi pertimbangan dalam penentuan kedalaman production casing, memprediksi zona puncak reservoir dan mengetahui zona asam.

## 1. PENDAHULUAN

Area panasbumi Ulubelu terletak sekitar 90 km di sebelah barat Bandarlampung, dan sampai saat ini telah dibor 3 (tiga) sumur slimhole dengan kedalaman 1200, 928 dan 967m (**Gambar-1**).

Berdasarkan conto serbuk dan inti bor telah dilakukan studi mineral alterasi hidrotermal untuk setiap sumur secara terpisah, diantaranya studi sumur UBL-01 oleh Siahaan, EE (1997), UBL-03 oleh Silaban, MSP (1998) dan studi mineral lempung oleh Suharno (1999). Tulisan ini membahas hasil studi tersebut yaitu, identifikasi dan distribusi mineral lempung yang berkaitan dengan kondisi reservoir pada saat proses hidrotermal berlangsung. Selanjutnya dibahas juga manfaat studi ini bilamana diaplikasikan dalam kegiatan pemboran.

## 2. DEFINISI & IDENTIFIKASI

Selama ini kelompok mineral calc-silicate seperti epidot, prehnit, wairakit, wollastonit dan biotit sudah umum digunakan sebagai mineral indikator temperatur tinggi (>220°C). Dengan semakin meningkatnya studi dan penelitian terhadap mineral lempung diketahui bahwa mineral inipun memiliki struktur yang sensitif terhadap perubahan temperatur dan kondisi kimiawi. Sehingga didalam studi alterasi hidrotermal, mineral ini digunakan sebagai geothermometer mineral, mulai dari temperatur rendah (~50°C) sampai tinggi (>220°C); dan juga untuk mengevaluasi kondisi kimia fluida saat berinteraksi dengan batuan. Mineral lempung hidrotermal adalah mineral silikat-alumina hidrat (hydrated alumino-silicate) yang terbentuk melalui proses alterasi terhadap mineral-mineral

primer, seperti felspar, mika dan mineral-mineral ferromagnesium. Secara umum mineral ini dapat dikelompokkan menjadi 6 tipe yaitu kaolin, pirofillit (pyrophyllite), mika (mica), illit (illite), smektit (smectite) dan klorit (chlorite).

### X-Ray Diffraction Analysis (XRD)

Identifikasi mineral lempung dengan metoda XRD merupakan metoda yang paling efektif dan akurat hingga saat ini. Namun dibandingkan dengan metoda petrografi biayanya relatif lebih mahal, sehingga kombinasi kedua metoda ini akan sangat bermanfaat dan efisien. Melalui metoda XRD beberapa jenis mineral lempung dari sumur-sumur eksplorasi di Ulubelu dapat diidentifikasi dengan ciri-cirinya yang spesifik seperti berikut ini :

**Smektit**, umumnya memperlihatkan *strong peak* pada ~14 Å untuk basal pertama dan mengembang menjadi 17 Å bilamana preparat (conto lempung) diberi larutan glikol, namun *strong peak* relatif tetap 14 Å bila conto dipanaskan 550°C. Basal kedua dan ketiga akan memperlihatkan panjang gelombang ~7 Å dan 3.5 Å.

**Klorit**, akan memperlihatkan *strong peak* pada ~14 Å dan tidak memperlihatkan perubahan walaupun telah diberi glikol, tetapi intensitasnya meningkat bila dipanaskan hingga 550°C.

**Kaolin**, memperlihatkan *strong peak* pada 7 Å, serupa dengan smektit dan klorit basal kedua. Namun kaolin tidak memperlihatkan perubahan bila diberi larutan glikol dan *destroyed* saat dipanaskan 550°C. Ciri inilah yang membedakannya dengan klorit dan smektit.

**Illit**, umumnya menunjukkan *strong peak* pada  $\sim 10 \text{ \AA}$  dan tidak menunjukkan perubahan bilamana preparat diberi glikol ataupun dipanaskan.

**Smektit-illit**, memperlihatkan ciri yang merupakan kombinasi kedua mineral; *strong peak* terlihat pada 10-14  $\text{ \AA}$ , namun akan mengembang lebih besar bila diberi glikol dan *collapse* menjadi 10  $\text{ \AA}$  bila dipanaskan 550°C.

**Smektit-klorit**, menunjukkan *strong peak* pada 14-15.5  $\text{ \AA}$  dan bergeser lebih besar menjadi 14-18  $\text{ \AA}$  saat diberi larutan glikol, namun menunjukkan harga yang tetap atau bertambah intensitasnya bila dipanaskan.

**Illit-vermikulit**, memiliki *strong peak* pada 10-14  $\text{ \AA}$  dan tidak berubah bila diberi larutan glikol, tetapi *collapse* menjadi 10  $\text{ \AA}$  saat dipanaskan 550°C.

### Petrografi

Analisa petrografi dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis mineral, namun agak sulit untuk menentukan jenis mineral lempung. Karena itu metoda ini perlu didukung oleh metoda XRD. Ciri-ciri mineral lempung berdasarkan analisis petrografis dapat diuraikan berikut ini.

**Smektit** (montmorillonit), abu-abu, coklat, birefringence rendah, mengubah massa dasar atau plagioklas.

**Klorit**: hijau terang, fibrous, umumnya mengubah piroksen, membentuk urat halus, kadang-kadang pleokroik.

**Illit**: bintik-bintik kecil di massa dasar dan mengubah plagioklas, birefringence sedang-tinggi.

Cara lain yang dapat digunakan untuk mengenal jenis mineral lempung adalah melalui metoda *Methylene Blue*, *Differential Thermal Analysis (DTA)* dan *Semi Electron Micrograph (SEM)*. Namun tulisan ini tidak akan membicarakan metoda-metoda tersebut.

### 3. STUDI TERDAHULU

#### Mineral lempung sebagai indikator temperatur

**Smektit**, memiliki temperatur dibawah 140-150°C, berdasarkan struktur kristalnya dibagi menjadi *dioctahedral* (montmorillonite, beidellite, nontronite) dan *trioctahedral* (stevensite, saponite, hectorite dan ghassoulite) *smectite*.

**Smektit-Klorit**, berdasarkan hasil penelitian dari beberapa penulis pada lapangan yang berbeda diperoleh variasi temperatur untuk mineral-mineral ini. Misalnya *trioctahedral smectite* (*saponite*) tidak muncul ketika temperatur mencapai 85-95°C, selanjutnya *chlorite-smectite* (*corrensites*) mulai terbentuk (Iijima & Utada, 1971 dalam Harvey, 1998). Tomasson & Kristmannsdottir menyatakan bahwa perubahan *iron-rich saponite* menjadi *mixed-layer clays* di lapangan panasbumi Iceland terjadi pada temperatur 160°C. Kristmannsdottir (1976) melaporkan perubahan smektit menjadi klorit secara berangsur, dan berakhir pada temperatur 270°C.

**Illit-Klorit**, ada sedikit data menguraikan *mixed layer clays* ini di dalam sistem hidrotermal. Mineral ini diidentifikasi melalui analisa XRD.

**Klorit**, klorit terbentuk pada interval temperatur yang cukup panjang. Cahtelineau (1988 dalam Harvey, 1998) mencatat bahwa klorit terbentuk antara temperatur 100-140°C. Di Iceland, Kristmannsdottir and Tomasson (1975) mencatat klorit

hadir berasosiasi dengan pembentukan epidot pada 230°C di batuan basalt.

Penelitian mengenai mixed-layer smektit-illit dalam kaitannya dengan temperatur telah dilakukan oleh CC Harvey & PRL Browne (1991) di lapangan panasbumi Wairakei (NZ).

#### Mineral lempung sebagai indikator fluida

Reyes (1979) mengungkapkan hubungan antara kehadiran mineral alterasi hidrotermal kaolin, *dickite* dan pirofilit dengan kondisi fluida asam (pH=3-4) dan temperatur di beberapa lapangan panasbumi Filipina.

#### Mineral lempung & permeabilitas

Harvey & Browne (1991) mendapatkan suatu kesimpulan bahwa illit yang diendapkan secara langsung pada temperatur 190-220°C erat kaitannya dengan batuan yang lebih permeabel. Sedangkan illit yang terbentuk melalui beberapa tahap temperatur cenderung terjadi pada batuan yang memiliki temperatur rendah.

### 4. HASIL STUDI DI ULUBELU

Jenis mineral lempung hidrotermal yang dijumpai pada sumur UBL-01, 02 dan 03 antara lain: smektit (montmorillonit), klorit, illit, kaolin dan *mixed-layer clays (MLC)* klorit-smektit, illit-vermikulit, illit-smektit, dan illit-klorit (Siahaan, 1997; Silaban, 1998; Suharno, 1999). Berdasarkan identifikasi dan distribusi mineral lempung dari ketiga sumur ini nampak bahwa pada sumur UBL-01 dan UBL-02 dijumpai distribusi *mixed-layer clay* yang cukup luas, sedangkan pada sumur UBL-03 tidak terlalu dominan. Jenis MLC pada sumur UBL-01 didominasi oleh klorit-smektit (Siahaan, 1997), dengan ciri *strong peak* pada 14 - 15.5  $\text{ \AA}$ , dan bergeser menjadi 14-18  $\text{ \AA}$  saat diberi larutan glikol namun tidak berubah ketika dipanaskan 550 °C. Jenis MLC pada UBL-02 lebih didominasi oleh illit-vermikulit (Suharno, 1999), yang memiliki ciri *strong peak* 10 - 14  $\text{ \AA}$  dan *collapse* menjadi 10  $\text{ \AA}$  saat dipanaskan sampai 550 °C. Sedangkan sumur UBL-03 lebih didominasi oleh kehadiran smektit dan klorit (Silaban, 1998). Distribusi zona klorit pada ketiga sumur relatif sama yaitu antara 200-500 m dpl (**Gambar 2**). Fenomena lain yang serupa adalah dijumpainya lempung sedimen, yang dapat dijadikan sebagai *key bed* dari zona depresi Ulubelu. UBL-03 nampak sebagai bagian pusat dari depresi tersebut. Dari studi inipun terlihat bahwa puncak zona illit (+200 m dpl) dijumpai beberapa meter sebelum *key bed* lempung sedimen, yang diduga merupakan puncak zona reservoir.

Dikaitkan dengan temperatur pengukuran dari setiap sumur, maka terlihat suatu pola yang cukup jelas bahwa zona smektit menunjukkan harga landaian suhu 1.6 - 2 °C/10m, zona klorit 4 - 5.5 °C/10m dan zona illit hampir 0 °C/10m. Hal ini memberi arti bahwa zona illit berkaitan dengan puncak zona reservoir yang bersifat permeabel dimana fluida mengalir secara konveksi, sehingga temperatur pada zona tersebut relatif homogen atau landaian suhu nol. Sedangkan zona smektit, MLC dan klorit merupakan bagian *cap rock* dari sistem panasbumi.

Mineral kaolin muncul baik pada zona dangkal maupun pada zona dalam (>700 m). Kehadiran mineral ini pada kedalaman besar bisa merupakan indikasi adanya influks air dari permukaan, yang berpengaruh tidak menguntungkan bagi upaya pengelolaan sumur. Mineral ini memberi indikasi bahwa fluida

reservoir menjadi lebih asam dan temperatur reservoir menjadi lebih rendah. Namun karena mineral-mineral yang terbentuk pada kondisi fluida netral (seperti smektit, klorit dan illit) jauh lebih dominan maka pengaruh tersebut di atas tidak terlalu berarti walaupun tetap harus diantisipasi.

## 5. MANFAAT UNTUK OPERASI PEMBORAN

### Kualitatif

Bilamana kita dapat mengidentifikasi jenis mineral lempung dengan cara petrografis, maka akan sangat bermanfaat dalam pekerjaan pemboran eksplorasi. Beberapa cara yang dapat ditempuh untuk mengidentifikasi mineral ini secara petrografis yaitu dengan melakukan *cross check* terhadap hasil analisis XRD. Pertama-tama kita deskripsi mineral ini secara petrografis, lalu kita tentukan jenis mineralnya secara XRD, selanjutnya kita lihat lagi ciri-ciri spesifik secara petrografis. Dengan demikian jenis mineral lempung menurut analisis XRD dapat dikenal secara petrografis. Hal ini akan lebih mudah bila diterapkan secara berulang saat menganalisa batuan pada lapangan yang sama. Untuk mencapai kemampuan menganalisa seperti tersebut diatas diperlukan "latihan dan pengalaman" dari para *wellsite geologist* sehingga benar-benar mengenal jenis mineral lempung secara mikroskopis (di bawah mikroskop polarisasi).

Dengan mengetahui puncak zona ilit ( $>220^{\circ}\text{C}$ ), maka kita dapat menentukan lokasi (kedalaman) yang paling sesuai untuk *set production casing*, yaitu kedalaman dimana temperatur belum terlampaui tinggi ( $<250^{\circ}\text{C}$ ), sehingga material dan peralatan *production casing* tidak mengalami kerusakan dan proses *setting* ( termasuk penyemenan) dapat berlangsung dengan baik.

Zona *mixed-layer* smektit-ilit umumnya merupakan lapisan penutup (*cap rocks*) pada suatu sistem panasbumi, sehingga pada saat pemboran memasuki zona illit, hal ini berarti pemboran mulai memasuki puncak reservoir. Bilamana kita sudah mengenal dan mempelajari karakteristik reservoir berdasarkan satu atau beberapa pemboran, maka akan lebih mudah mengenal kondisi bawah permukaan dalam pemboran berikutnya. Misalnya bilamana ketebalan lapisan penutup dari zona smektit-illit telah diketahui, maka kita dapat memprediksi kapan atau pada kedalaman berapa puncak reservoir akan tertembus pemboran. Dengan dukungan parameter pemboran dan kehadiran mineral indikator lainnya, kita dapat memberikan informasi mengenai kondisi bawah permukaan yang diperlukan oleh *driller* sebelum dan pada saat pemboran berlangsung.

Secara operasional di lapangan (saat operasi pemboran berlangsung) diperlukan beberapa perlengkapan standar yang harus dipenuhi agar para *well site* dapat menjalankan metoda ini secara optimal. Adapun perlengkapan tersebut adalah: mikroskop binokuler, mikroskop polarisasi, perlengkapan analisa methylene blue, dan mesin pembuat sayatan tipis yang siap pakai di lapangan atau minimal akses untuk membuat sayatan tipis secara cepat.

### Kuantitatif

Berdasarkan standar biaya dari Lemigas, analisa difraksi sinar-X untuk mineral lempung adalah US\$ 150 (sekitar Rp. 1.500.000) per conto, sedangkan biaya pembuatan sayatan tipis untuk analisa petrografi sebesar US\$ 15 (Rp. 150.000) per conto. Bilamana kita dapat mengurangi jumlah analisa XRD sampai 30 % dan mengalihkan biaya tersebut untuk analisa

petrografi, yang biayanya hanya sepersepuluhnya saja, maka biaya yang dapat dihemat sudah cukup berarti. Terutama bila analisa dilakukan dalam jumlah banyak dan dalam kurun waktu yang panjang untuk suatu lapangan panasbumi.

## 6. KESIMPULAN & SARAN

Mineral lempung merupakan alternatif lain selain mineral calc-silikat yang menunjang sebagai indikator temperatur, permeabilitas dan kimia fluida.

Identifikasi mineral ini selama operasi pemboran perlu diaplikasikan dalam pemboran eksplorasi di lingkungan Pertamina.

Diperlukan mesin penyayat batuan di lapangan atau akses pembuatan sayatan secara cepat, bilamana metoda ini akan diterapkan.

## 7. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada manajemen Pertamina Divisi Panasbumi atas dukungan dan ijin yang diberikan untuk penulisan ini. Terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan pekerja di Dinas Eksplorasi Panasbumi, atas kerja sama dan diskusi yang membangun .

## 8. DAFTAR PUSTAKA

HULEN, JEFFREY B, 1997, *Preliminary atlas of hydrothermal alteration minerals and textures, for Unocal Geothermal of Indonesia (UGI), Ltd.*, Energy & Geoscience Institute, Dept. of Civil & Environmental Engineering Univ. of Utah, Salt Lake City, Utah.

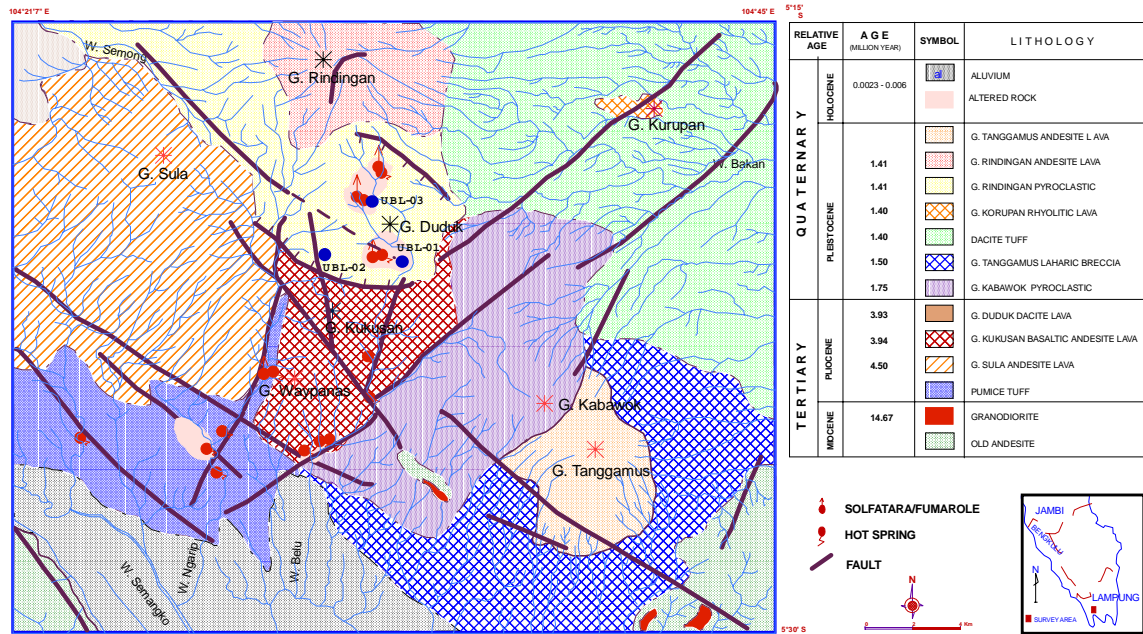
HARVEY, CC & BROWNE, PRL, 1991, *Mixed-layer clay geothermometry in the Wairakei geothermal field*, New Zealand, Clays & clay minerals, vol.39 no.6, 614-621.

HARVEY, CC, 1998, Lectures and seminar on clay minerals, Geothermal Institute, the University of Auckland, New Zealand.

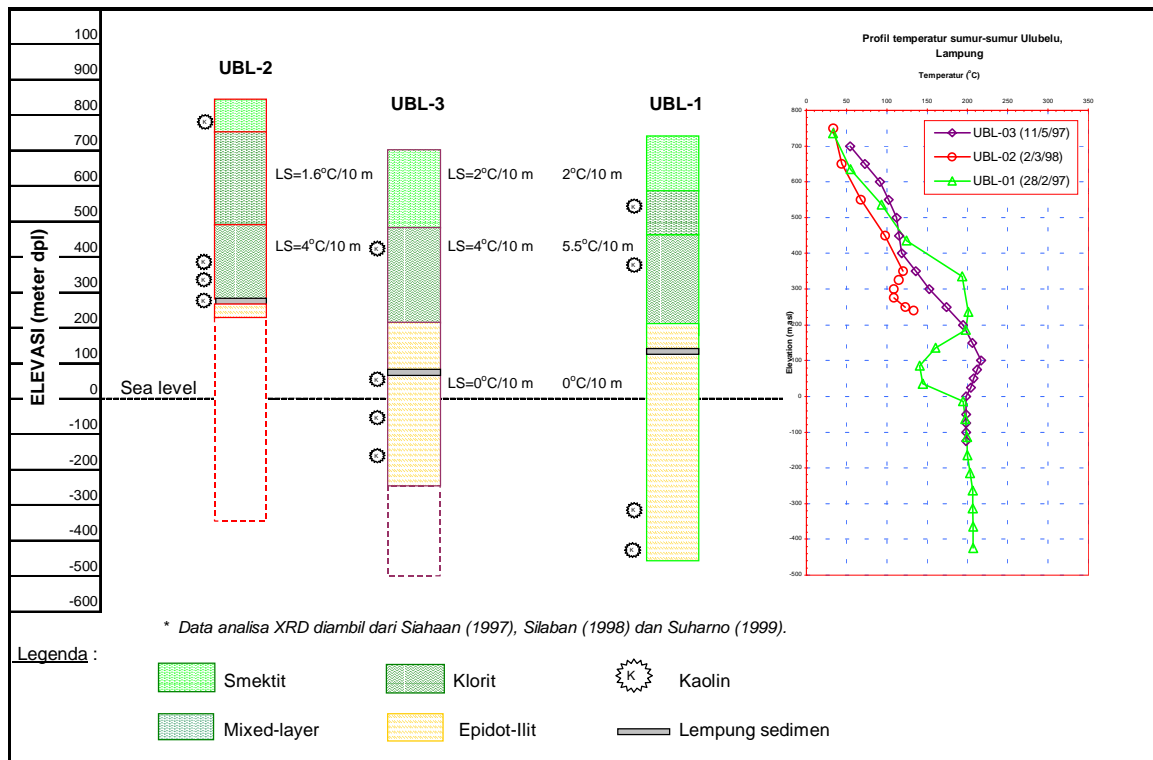
SIAHAAN, EE, 1997, Hydrothermal alteration and fluid inclusion geothermometry of samples from drillhole UBL-01, Ulubelu Geothermal Field, Sumatra, Indonesia, Geothermal Institute, the University of Auckland, Report no. 97.22.

SILABAN, MSP, 1998, Hydrothermal alteration and fluid inclusion study of samples from well UBL-03, Ulubelu Geothermal Field, Sumatra, Indonesia, Geothermal Institute, the University of Auckland, Report no. 98.21.

SUHARNO, 1999, Hydrothermal clay minerals in the Ulubelu Geothermal Field, Lampung, Indonesia, 21th New Zealand Geothermal Workshop, Auckland.



Gambar 1. Peta geologi daerah prospek panasbumi Ulubelu, Lampung (M. Masdjuk, 1990)



Gambar 2. Zona alterasi sumur-sumur panasbumi Ulubelu dan hubungannya dengan temperatur bawah permukaan.