



M I P A

RINGKASAN PENELITIAN HIBAH BERSAING

**KARAKTERISASI DAN PEMODELAN STRUKTUR PORI
BATUAN BERPOTENSIAL RESERVOIR GEOTHERMAL
BERBASIS ANALISIS CITRA**

Oleh :

Drs.Waslaluddin, M.T.

Dibiayai oleh DIPA UPI, sesuai dengan Perjanjian Pelaksanaan Penelitian hibah Bersaing dengan SK Rektor UPI Nomor: 2784/H.40/PL/2009, tanggal 07 Mei 2009

UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

2009

I. PENDAHULUAN

Indonesia kaya akan reservoir geothermal. Sumber geothermal di Indonesia tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia. Hal ini terkait dengan kondisi geologi Indonesia yang merupakan daerah subduksi dan gunung api. Pengembangan potensi geothermal memerlukan adanya kajian dan pemahaman yang menyeluruh tentang karakteristik reservoir geothermal. Tentunya penelitian atau kajian harus dilakukan dari seluruh aspek terkait, termasuk pemahaman tentang batuan yang menjadi reservoir.

Pemahaman tentang struktur mikro batuan sangat penting, mengingat bahwa potensi dan kondisi struktur makro batuan bergantung pada struktur mikronya. Pemahaman yang baik tentang struktur mikro batuan akan memberikan informasi berarti mengenai potensi geothermal serta dapat memberikan kontribusi pada kajian struktur makro. Analisis berdasarkan citra (Sun, 1998; Wei Wei, 2006; Teo LL, 2006; Wang, 2005, Pape, 1994, Mistakidis, 1997) telah banyak dilakukan untuk mengkarakteristik media berpori baik yang alami maupun sintetik

Pemodelan struktur mikro batuan akan membantu pemahaman sifat makronya. Oleh karena struktur pori batuan merupakan sistem yang kompleks dan mempunyai karakteristik yang sangat berbeda antara jenis batuan, maka kajian khusus satu jenis batuan seperti batuan reservoir geothermal amat diperlukan. Hasil kajian struktur mikro dapat dimanfaatkan untuk prediksi sifat makroskopik (Hilfer, 1996; Boger, 1992 dan Hilfer, 2002) Pemodelan yang baik dapat digunakan untuk memperoleh hubungan antara besaran fisika dengan parameter mikro sehingga besaran fisis penting seperti porositas dan permeabilitas batuan dapat diestimasi berdasarkan relasi yang diperoleh. Hubungan antar besaran fisis penting batuan juga dapat diturunkan dari hasil pemodelan struktur mikro. Beberapa peneliti (Sun, 1998; Wei Wei, 2006; Teo LL, 2006; Wang, 2005, Pape, 1994, Mistakidis, 1997) menggunakan pendekatan fractal untuk menggenerasi model batuan. Ini sangat memungkinkan, karena banyak batuan alami memiliki sifat fractal, yaitu memiliki kemiripan diri (self-similar) di beberapa skala. (Sun, 1998)

Dari uraian di atas, masalah utama penelitian ini adalah ingin mengetahui bagaimana karakteristik batuan berpotensi geothermal di daerah Gunung Tangkuban Perahu, Jawa Barat dan memodelkan batuan tersebut serealistik mungkin yang digenerasi oleh fraktal

Hasil-hasil yang diperoleh dari berbagai penelitian tahun pertama merupakan data data pendukung untuk memodelkan batuan realistik di penelitian tahun kedua. besaran-besaran batuan dan image dari sampel bantuan akan menjadi masukan-masukan penting dalam input variabel-variabel pemodelan batuan yang realistik.

II. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

2.1 Tujuan

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui bagaimana karakteristik dari batuan berpotensi reservoir geothermal di Tangkuban perahu, Bandung Jawa Barat. Karakteristik batuan berupa analisis petrofisika, karakteristik pori 2D dan 3D berbasis citra.
2. Menghasilkan aset fisis (mini laboratorium dan perangkat lunak karakterisasi dan pemodelan batuan) untuk penelitian dan pengembangan topik ini lebih lanjut. Secara tidak langsung, terlaksana penelitian ini akan mempekaya iklim penelitian dan pengembangan bagi institusi.

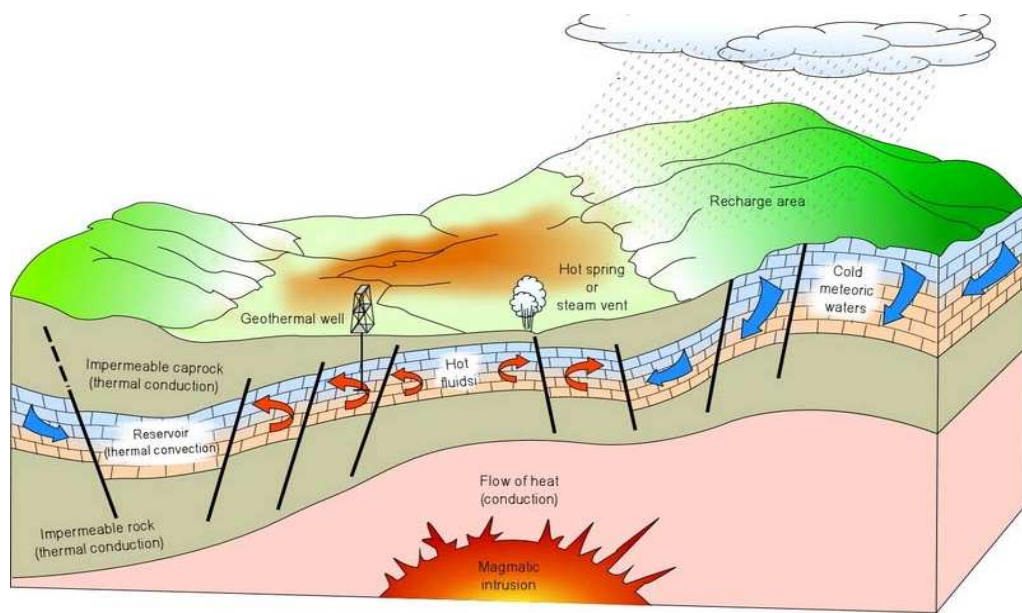
2.2. Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan untuk memprediksi karakteristik reservoir geothermal yang potensial di Indonesia dan memperkaya perkembangan karakterisasi dan metoda pemodelan batuan geothermal di Indonesia. Selain memberikan kontribusi informatif tentang aset alam yang potensial, tujuan lain dari penelitian ini adalah menghasilkan aset fisis (mini laboratorium dan perangkat lunak karakterisasi dan pemodelan batuan) untuk penelitian dan pengembangan topik ini lebih lanjut. Secara tidak langsung, terlaksana penelitian ini akan memperkaya iklim penelitian dan pengembangan bagi institusi. Target lain dari penelitian ini adalah menuangkan hasil yang didapat dalam seminar dan jurnal nasional. Dengan menargetkan suatu paper/jurnal, diharapkan akan meningkatkan kemampuan peneliti dalam meningkatkan profesionalisme dalam bidang keilmuan dan akademik.

III. TINJAUAN PUSTAKA

3.1. Sistem geothermal

Sistem geothermal dideskripsikan secara skematis sebagai *‘air yang berkonveksi di bagian atas kerak bumi, yang merupakan lapisan tertutup, mentransfer panas dari sumber panas ke sebuah tandon panas, biasanya berupa permukaan terbuka’*. Sebuah sistem geothermal terdiri tiga elemen utama: sumber panas, sebuah reservoir dan fluida yang merupakan *carrier* yang mentransfer panas. Sumber panas dapat berupa intrusi magmatik yang bersuhu sangat tinggi ($> 600\text{ }^{\circ}\text{C}$) yang telah mencapai kedalaman yang relatif cukup dangkal (5-10 km) atau, sistem dengan temperatur tertentu yang cukup rendah, namun terus bertambah seiring dengan kedalaman. Reservoir geothermal berupa batu panas yang permeabel di mana fluida yang mengisi dan melaluinya mengambil panas.



Gambar 3.1. Representasi skematik sederhana dari sistem geothermal ideal.

Energi geothermal merupakan energi yang dihasilkan dari panas yang tersimpan di bawah permukaan bumi. Energi geothermal menyumbang 0.416% dari total energi dunia. Jika sumber panas yang dikumpulkan melalui pompa-pompa panas bumi diikutsertakan, maka kapasitas energi geothermal non-generator-listrik diperkirakan mencapai 100 GW (gigawat dari daya thermal) dan digunakan secara komersil di lebih dari 70 negara.

3.2. Karakterisasi Pori Batuan

Analisis berdasarkan hasil eksperimen, analitik dan citra telah banyak dilakukan untuk mengkararakteristik media berpori baik yang alami maupun sintetik. Beberapa peneliti juga (Hilfer, 1996; Boger, 1992; Blair, 1993; Virgin, 1996; Biswal, 1998; Hilfer, 2002, Feranie, 2007a) mengkararakteristik mikrogeometri dari media berpori 2D dan 3D diantaranya menggunakan two point correlation function, analisis kebergantungan skala, local porosity dan konsep entropy untuk untuk mengetahui pengaruh struktur pori pada besaran-besaran penting batuan.

Besaran-besaran penting batuan diantaranya porositas, turtositas, bilangan koordinasi (Fauzi, 2006; Feranie, 2007), luas permukaan spesifik, jari-jari hidrolik dan permeabilitas. Besaran-besaran tersebut dapat diestimasi dari citra dalam

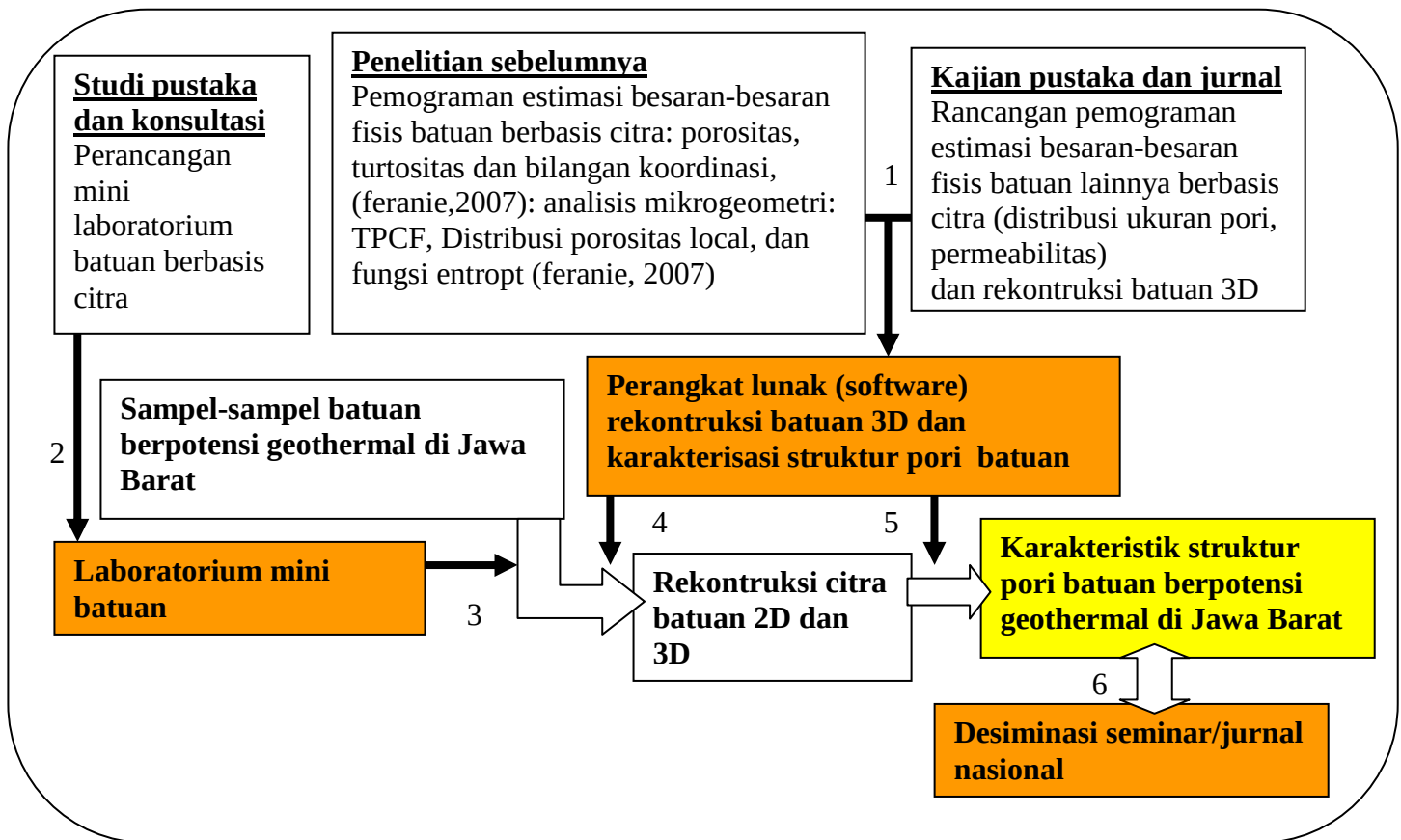
bentuk data array dua dimensi maupun data array tiga dimensi. Bagian matriks batuan dan bagian pori digambarkan dengan perbedaan warna yang ekstrem. Misal pori batuan diberi warna putih, maka bagian matriks batuan diberi warna hitam. Gambar digital dipetakan sebagai grid titik atau elemen gambar (*pixels*). Setiap pixel merupakan nilai warna (hitam, putih, abu-abu atau warna) yang merepresentasikan kode biner (nol atau satu). Nilai setiap *pixel* juga memiliki makna nilai tingkat energi gelombang mikro yang dipantulkan oleh objek. *Binary digits* (bits) untuk setiap pixel dikirim secara berurutan oleh komputer dan selalu direduksi menjadi representasi matematik. Kemudian bits diinterpretasi dan dibaca oleh komputer untuk menghasilkan versi analog untuk kepentingan tampilan (*display*) atau cetak (*print*).

Selain mengestimasi besaran-besaran batuan fisis, dalam mengkarakterisasi citra media berpori juga harus dianalisis mikrogeometrinya. Salah satunya *two point correlation function* (TPCF) yang dikembangkan oleh Blair (1993). Blair telah berhasil mengestimasi besaran-besaran batuan dari suatu fungsi korelasi antar dua titik seperti porositas, spesifik surface area, rata-rata diameter pori dan diameter hidrolis. Dengan TPCF juga dapat diestimasi ukuran unisotropik dari suatu media berpori. Sedangkan teori porositas lokal dan fungsi entropi digunakan untuk melihat kebergantungan distribusi spasial dan penskalaan terhadap besaran-besaran fisis batuan. Menurut Boger (1992) dan Biswal (1998), kedua teori ini memiliki potensial untuk membedakan antara dua mikrostruktur yang berbeda dan untuk keperluan *upscaling*.

IV. METODE PENELITIAN

Diagram alur penelitian tiap tahunnya dapat dilihat pada diagram berikut

Tabel 1. Diagram alur penelitian.



Langkah-langkah penelitian

Berdasarkan diagram alur penelitian maka langkah-langkah penelitian tahun pertama adalah sebagai berikut

- Langkah 1: Pengambilan sampel-sampel batuan berpotensi geothermal di Gunung Tangkuban Perahu. Perancangan dan pengembangan perangkat lunak karakterisasi batuan berdasarkan pemograman hasil penelitian sebelumnya dan program pengembangan berdasarkan studi pustaka dan jurnal
- Langkah 2: Perancangan dan pembuatan laboratorium mini batuan hasil kajian pustaka dan konsultasi dengan pengelola laboratorium batuan yang sudah mapan (laboratorium batuan KK fisika sistem komplek. ITB)
- Langkah 3: Setelah laboratorium mini batuan siap digunakan, sampel-sampel dikonstruksi dalam bentuk citra 2D dan 3D menggunakan peralatan yang telah dirancang.

- Langkah 4: Kontruksi 3D memerlukan program tambahan menggunakan perangkat lunak kontruksi batuan 3D menggunakan tehnik serial sectioning.
- Langkah 5: Citra batuan sampel dalam 2D dan 3D dikarakterisasi menggunakan perangkat lunak yang telah dirancang.
- Langkah 6: Hasil karakteristik struktu pori batuan berpotensi geotermal di daerah Tangkuban Perahu siap dipublikasi dalam seminar nasional/internasional atau jurnal nasional.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sesuai dengan kegiatan penelitian yang telah dilakukan, maka dalam jangka waktu yang telah dijadwalkan, telah dilakukan serangkaian kegiatan penelitian dengan sasaran dari setiap kegiatannya seperti ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 2. Rincian kegiatan penelitian tahun pertama yang telah dilaksanakan

No	Jenis kegiatan magang/pelatihan	Tempat	Waktu	Luaran
1	Pengambilan sampel-sampel batuan berpotensi geothermal di Gunung Tangkuban Perahu.	Kawah Domas , Tangkuba perahu	April, 2009	Sampel batuan berpotensi geothermal bersama pengukuran suhu dan data lokasi pengambilan batuan untuk di karakterisasi
2	Persiapan Kebutuhan alat Hardware dan Software karakterisasi batuan, rancangan alat dan setting perlengkapan karakterisasi batuan Analisis petrofisika batuan	Lab. IPBA dan bengkel	Mei-Juli 2009	Program karakterisasi batuan, rancangan alat karakterisasi siap dibuat, Pemotongan batuan Hasil analisa petrofisis sample batuan Lab mini batuan: seperangkat alat karakterisasi dan alat ukur permeabilitas

3	Setelah laboratorium mini batuan siap digunakan, sampel-sampel dikonstruksi dalam bentuk citra 2D dan 3D menggunakan peralatan yang telah dirancang.	Lab mini batuan Lab IPBA Fsika UPI	Agustus-September, 2009	Citra hasil serial sectioning dan konstruksi 3D sample batuan
4	Citra batuan sampel dalam 2D dan 3D dikarakterisasi menggunakan perangkat lunak yang telah dirancang dan pengukuran permeabilitas sample batuan	Lab mini batuan Lab IPBA Fsika UPI	September-November 2009	Hasil karakterisasi sampel batuan berbasis citra dan permeabilitas sampel batuan.

5.1. Lokasi pengambilan sampel batuan

Pengambilan sample batuan di Kawah domas, Tangkuban perahu, Bandung, Jawa Barat. Kawah domas ini berada 1548 m diatas permukaan laut. Kawah domas terletak di lereng gunung Tangguban Perahu. Gunung Tangkuban perahu adalah salah satu gunung api di indonesia. Di bawah setiap gunung api terdapat sumber panas yang disebut magma yaitu batuan cair yang berada di bawah permukaan bumi dengan suhu mencapai 1100°C. Air permukaan kawah dapat mencapai 150°C.



Gambar 5.1a. Lokasi pengambilan sample batuan kawah domas, Tangkuban perahu, Bandung Jawa Barat



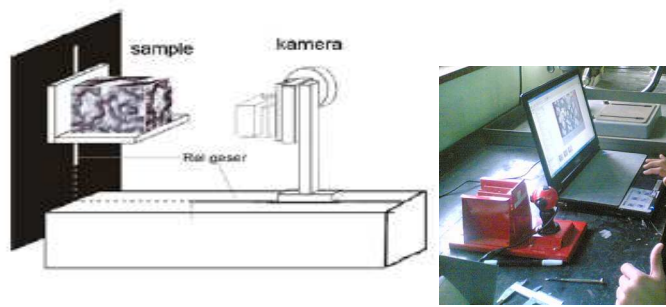


Gambar 5.1b. Pengukuran suhu air permukaan di lokasi pengambilan sampel batuan

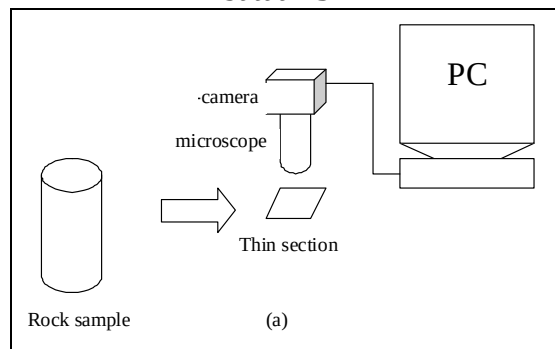
5.2. Mini Lab batuan

Daftar alat dan bahan karakterisasi batuan yang digunakan dalam Mini lab batuan adalah sebagai berikut.

1. Alat pengambilan citra digital 2D dan untuk kontruksi batuan 3D (gambar 5.2.a dan gambar 5.2.b)
2. Alat pemotong batuan, Kapur, Pилоk, ampelas,
3. Seperangkat PC dan program karakterisasi
4. Seperangkat alat pengukuran permeabilitas batuan (Gambar 5.2.c) dan termometer, stopwacth



Gambar 5.2.a. Rancangan dan alat pengambil citra digital untuk kontruksi batuan 3D



Gambar 5.2.b. Rancangan dan alat pengambil citra digital untuk karakterisasi citra batuan 2D



Gambar 5.2.c. Pemotongan batuan dan pengambilan citra dan karakterisasi menggunakan perangkat lunak



Gambar 5.2.d. Lab mini batuan Sistem peralatan yang digunakan dalam penelitian tahap I (Tahun pertama)

5.3 Hasil analisis petrografi batuan

A. HASIL UJI PETROGRAFI BATUAN BEKU

Nama batuan : *Basalt (amygdaloidal)*

Warna : Bening – keruh kecoklatan

Struktur : Amygdaloidal

Tekstur : Mikro porfiri afanitik dengan kristal subhedral – anhedral

Fenokris : Jejak plagioklas (12%) dan Sisa mineral bijih (1%)

Masadasar : Gelas (55%)

Mineral ubahan: - Silika (kalsedon) (17%)

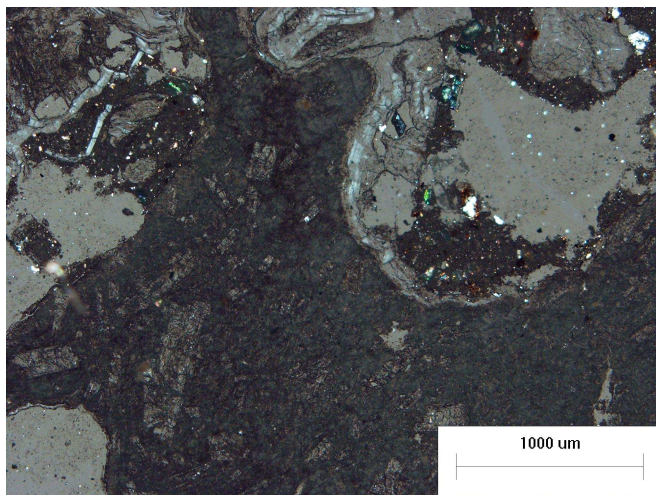
- Mineral lempung (7%)

- Klorit (5%)
- Oksida besi (3%)

Porositas : Sisa rongga (5%)

B. Deskripsi batuan:

Batuan ini adalah batuan beku yang berkembang dengan tekstur hipohialin mikro forfiri afanitik sangat halus. Beberapa kristal penyusun batuan tampak tervitrifikasi, sehingga jenisnya sudah sulit diperi, seperti pada plagioklas. Sejumlah besar rongga-rongga vesikuler hadir, dan pada umumnya telah terisi oleh silika sekunder bertekstur kalsedoni konsentris yang kadang-kadang bercampur dengan klorit, mineral lempung dan oksida besi membentuk struktur amygdaloidal.



Gambar 5.3 Thin Section sampel batuan berpotensi geothermal

C. Petrogenesis (*petrogenesis*):

Diduga berasal dari batuan ekstrusif (letusan magma basaltik) yang berongga dan telah mengalami pengisian kembali.

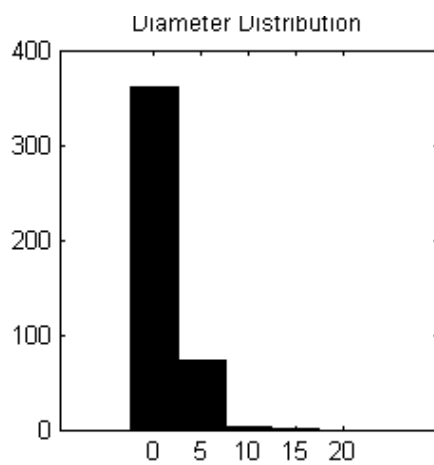
5.4 Hasil Karakterisasi 2D sampel batuan berbasis citra

Hasil karakterisasi 2D sampel batuan berbasis citra didapat estimasi besaran

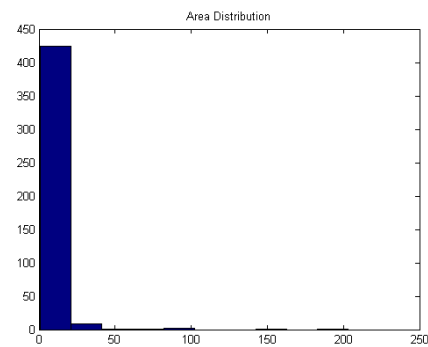
Dari Hasil analisis Two point correlation Function dan analisis citra

Porosity : 5.97%

Specific surface area : 0.01507 per mm



(a)



(b)

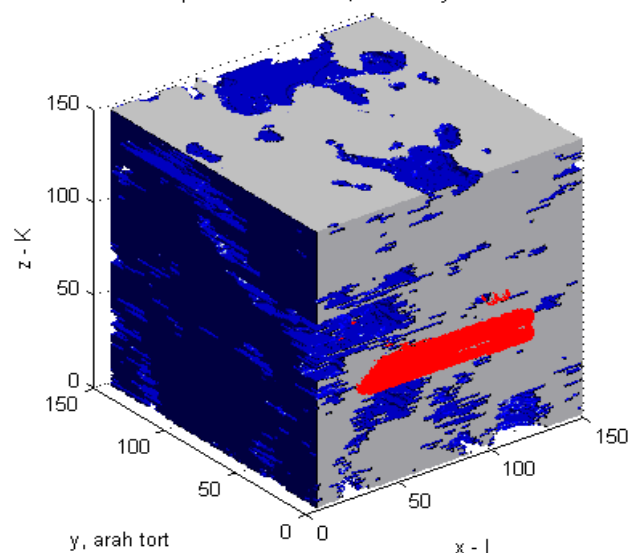
Gambar 5.4 a dan b. Distribusi diameter dan luas pori sampel batuan

5.5. Hasil Karakterisasi 3D sampel batuan berbasis citra

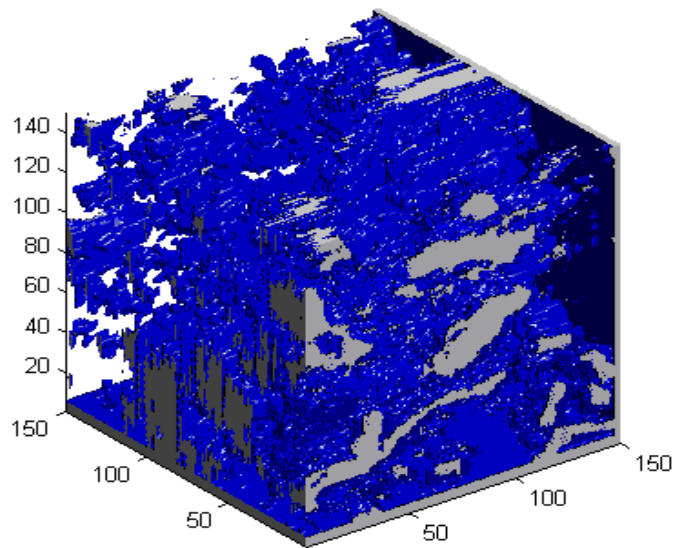
Hasil karakterisasi 3D sampel batuan berbasis citra didapat estimasi besaran

- Porositas : 24.3194%
- Tortuositas : 4.0573

Real pore = 24.3194 %, Tortuosity = 4.0573



Gambar 5.5a Kontruksi 3D batuan sampel dan aliran fluida pada batuan (merah)



Gambar 5.5.b Kontruksi 3D batuan sampel dan struktur 3D pori batuan sampel

5.6.Hasil Pengukuran Koefisien Permeabilitas batuan sampel

Pengukuran konstanta permeabilitas batuan menggunakan metoda constant head.

Tgl Pengambilan data : 30 Oktober 2009

Diuji oleh : Idham Mustafa, Roni

Sampel batuan : Basalt01 (Kawahdomas2009)

Panjang sample(L) : 5 cm

Luas permukaan alat ukur permeabilitas : 100 cm^2

Tabel 3. Data hasil pengukuran permeabilitas

h(cm)	V(ml)	t(detik)	suhu air(oC)	K20
5	150	2599.85	20	0.00057696
8	150	2294.9	20	0.00040851
10	150	2294.73	20	0.00032684
15	150	2272.53	20	0.00022002
20	150	2191.84	20	0.00017109
				0.00034068

Rata-rata Koefisien permeabilitas pada temperatur 20°C $K_{20} = 0.00034068$ cm/sec

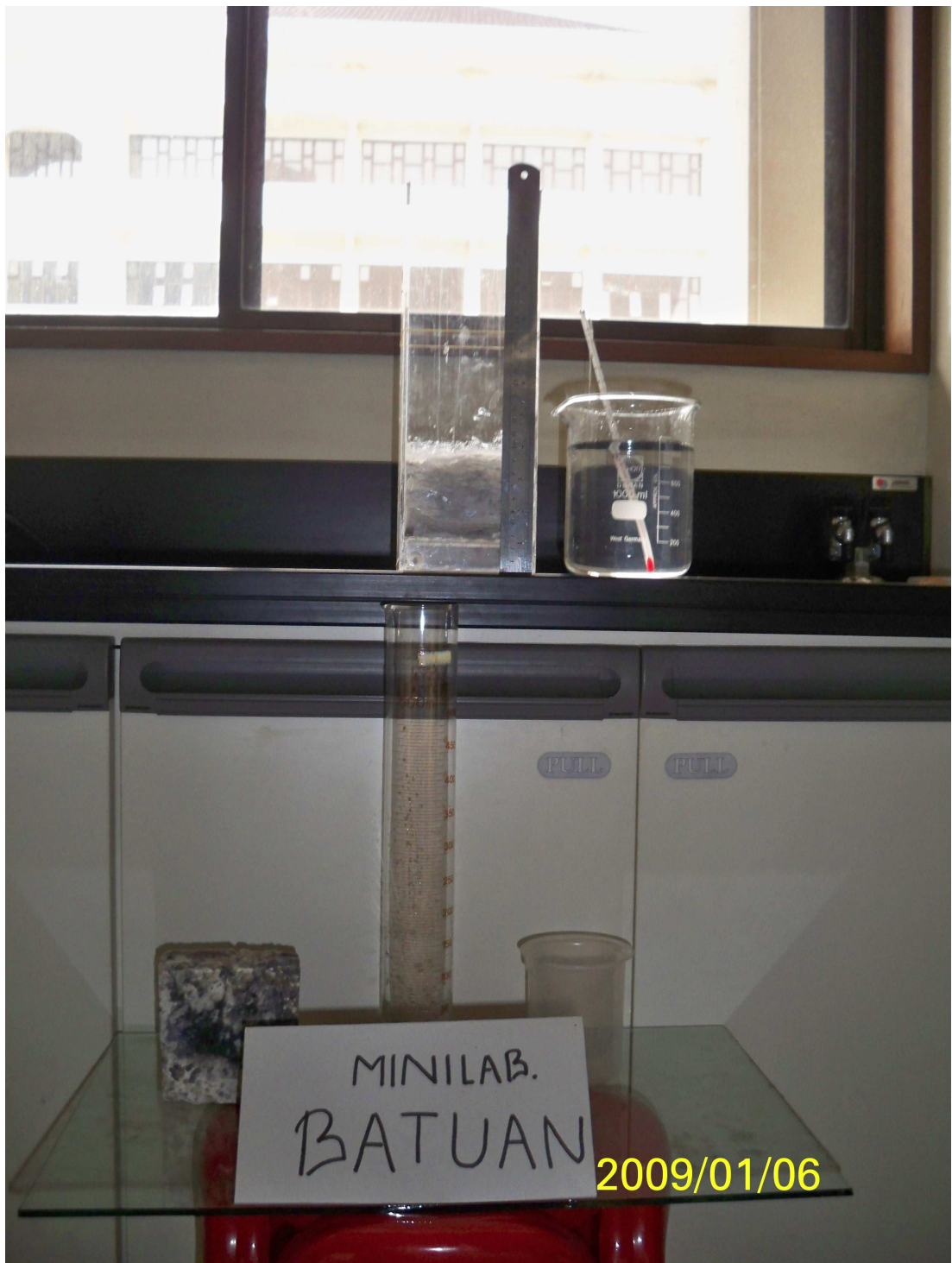
h(cm)	V(ml)	t(detik)	suhu air(oC)	K ₂₀
5	100	1955.04	20	0.0005115
8	100	1900.53	20	0.00032886
10	100	1650.35	20	0.00030297
15	100	1300.23	20	0.00025636
20	100	1000.5	20	0.00024988
				0.00032991

Rata-rata Koefisien permeabilitas pada temperatur 20°C $K_{20} = 0.00033$ cm/sec.

Untuk melihat keajegan dari pengukuran konstanta permeabilitas dilakukan analisis data dengan volume yang berbeda 100ml dan 150 ml dan dari hasil analisis koefisien permeabilitas rata-rata di dapat sekitar 0.00033 cm/s.

Permeabilitas sample batuan didapat 3.4 mD. Batuan vulkanik dan basalt yang biasanya memiliki porositas yang tinggi memiliki permeabilitas lebih dari 1 mD.

(Yves Gueguen, 1941)



Gambar..5.6. Perangkat alat pengukuran permeabilitas

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Hasil analisis petrografi menunjukkan bahwa Batuan ini adalah batuan beku yang berkembang dengan tekstur hipohialin mikro forfiri afanitik sangat halus. Beberapa kristal penyusun batuan tampak ter vitrifikasi, sehingga jenisnya sudah sulit diperi, seperti pada plagioklas. Sejumlah besar rongga-rongga vesikuler hadir, dan pada umumnya telah terisi oleh silika sekunder bertekstur kalsedoni konsentris yang kadang-kadang bercampur dengan klorit, mineral lempung dan oksida besi membentuk struktur amygdaloidal. Batua ini diduga berasal dari batuan ekstrusif (letusan magma basaltik) yang berongga dan telah mengalami pengisian kembali.
2. Hasil karakterisasi 2D berbasis citra didapatkan besaran besaran batuan seperti porositas (5.97%) lalu luas permukaan spesifik (0.01507 per mm).
3. Hasil karakterisasi 3D sampel batuan berbasis citra didapat estimasi besaran batuan Porositas (24.3194%) dan Tortuositas (4.0573).
4. Pengukuran konstanta permeabilitas batuan menggunakan metoda constant head **didapatkan** Rata-rata Koefisien permeabilitas pada temperatur 20°C $K_{20} = 0.00033$ cm/sec. Untuk melihat keajegan dari pengukuran konstanta permeabilitas dilakukan analisis data dengan volume yang berbeda 100ml dan 150 ml dan dari hasil analisis koefisien permeabilitas rata-rata di dapat sekitar 0.00033 cm/s. Permeabilitas sample batuan didapat 3.4 mD. Batuan vulkanik dan basalt yang biasanya memiliki porositas yang tinggi memiliki permeabilitas lebih dari 1 mD. (Yves Gueguen, 1941)

DAFTAR PUSTAKA

- A. Koponen, M. Kataja, J. Timonen, (1996) Tortuosity Flow on Porous Media, Phys. Rev., E Stat. Phys. Plasmas Fluids Relat. Interdiscip. Topics 54, 406.
- Babadagli, T. and Develi, K., 2000, Fractal analysis of natural and synthetic fracture surfaces of geothermal reservoir rocks, Proceedings World geothermal Congress, Kyushu-Tohoku, Japan, May 28-June 10, 2000
- Babadagli, T, 2000, Evaluation of Out Crop Fracture Pattern of Geothermal Reservoir in Southern Turkey, Proceedings World geothermal Congress, Kyushu-Tohoku, Japan, May 28-June 10, 2000
- Biswal, B., Manwart, C., and Hifler, R., "Three-dimensional Local Porosity Analysis of Porous Media", *Physica A*, 1998, in press.
- Blair S.C., Berge P.A., and Berryman, J.G., "Two Point Correlation Function to Characterize Microgeometry and Estimate Permeabilities Of Synthetic And Natural Sandstones", UCRL-LR-114182, Distribution Category UC-403, 1993.
- Boger, F., Feder, J., Jøssang, T., and Hifler, R., "Microstructural Sensitivity of Local Porosity Distributions", *Physica A* 55-70, North Holland, 1992.
- E. S. Mistakidis (1997), Fractal Geometry in Structural Analysis Problems: A Variational Formulation for Fractured Bodies with Non-monotone Interface Conditions., *Chaos, Solitons & Fractals* Vol. 8, No. 2, pp. 269-285, ELSEVIER
- FERANIE Selly**, FAUZI Umar, BIJAKSANA Satria, (2007) Tortuosity and Coordination Number of Porous Media Generated by 3D Random Sierpinski Carpets (RSCs), to be submitted to chin physics letter.
- Feranie.S**, Fauzi U,S Bijaksana,(2007) Microgeometry Analysis of Two Dimensional-Random Sierpinski Carpets (RSCs), Proceeding 2nd Asian Physics Symposium 2007, .Grand Aquila Hotel Bandung, November 29-30, 2007
- Feranie.S**, Fauzi U,S Bijaksana,(2008), Studi Awal Analisis Geometri Tortusitas dalam Pemodelan Rekahan yang Digenerasi Fraktal IFS, Proceeding Seminar Nasional Fisika, HFI Bandung, 5-6 Februari 2008.
- Fauzi, U. and Hamzah, I., 2006, Reconstruction of Microstructure Using Pigeon-hole Model as a Preliminary Study to Investigate Relationship between Porosity and Hydraulic Radius with Fractal Dimension International Conference on Mathematics and Natural Sciences, Bandung.
- Fauzi. U. 2006. Application of local porosity theory and renormalisation group approach to estimate permeability anisotropy of sandstone. Geophysical Research Abstracts. Vol. 8.01473. European Geophysical Union.
- Hansgeorg Pape, Christoph Clauser, and Joachim Iffland (1999), *Permeability prediction based on fractal pore-space geometry*, GEOPHYSICS, VOL. 64, NO. 5 (SEPTEMBER-OCTOBER 1999); P. 1447–1460
- Hifler, R., "Transport and Relaxation in Porous Media", *Advances in Chemical Physics*, Volume XCII, p.299., 1996, in print.
- Hifler R., "Review on Scale Dependent Characterization of the Microstructure of Porous Media, *Transport in Porous Media* **46**: 373-390, 2002.
- Hongbin Sun (1998), Manfred Koch, *Fractal generation of surface area of porous media*, Stochastic Hydrology and Hydraulics 12 83±96

- Kang Wang, Renduo Zhang, Fuqin Wang, (2005), *Testing the Pore-Solid Fractal Model for the Soil Water Retention Function*, Reproduced from Soil Science Society of America Journal. Published by Soil Science Society of America. May 6, 2005
- Lay Lian Teo, B. S. Daya Sagar (2006), Modeling, Description, And Characterization Of Fractal Pore Via Mathematical Morphology, Hindawi Publishing Corporation Discrete Dynamics in Nature and Society, Volume 2006, Article ID 89280, Pages 1–24, DOI 10.1155/DDNS/2006/89280
- Virgin, B., Haslund, E., and Hilfer, R., "Rescaling Relations between Two- and Three-Dimensional Local Porosity Distributions for Natural and artificial Porous Media", *Physica A*, 1996, in press.
- Wong Wei-Wei (2006), Heat Conduction and Characteristic size of Fraktal Porous Media., *Chin Physics Letter*, Vol 23 no.6 1511
- Yves Gueguen and Victor Palciauskas (1941), *Introduction to the Physics of Rocks*, Princeton University Press.

HALAMAN PENGESAHAN RINGKASAN LAPORAN AKHIR

1. Judul Penelitian : Karakterisasi dan Pemodelan Struktur Pori Batuan Berpotensi Reservoir Geothermal Berbasis Analisis Citra
2. Peneliti
- a. Nama Lengkap : Drs. Wasluluddin, M.T.
 - b. Jenis Kelamin : Laki-Laki
 - c. NIP : 196302071991031002
 - d. Jabatan Fungsional : Lektor
 - e. Jabatan Struktural : -
 - f. Bidang Keahlian : Instrumentasi dan pemodelan
 - g. Program Studi/Jur : Fisika
 - h. Perguruan Tinggi : Universitas Pendidikan Indonesia (UPI)

Mengetahui
Dekan FPMIPA UPI,

Bandung, 30 Desember 2009
Ketua Peneliti,

Dr. Asep Kadarohman M.Si.
NIP. 19630509198703102

Drs. Wasluluddin, M.T..
NIP. 196302071991031002

RINGKASAN

Karakterisasi dan Pemodelan Struktur Pori Batuan Berpotensial Reservoir Geothermal Berbasis Analisis Citra

Indonesia kaya akan reservoir geothermal. Sumber geothermal di Indonesia tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia. Hal ini terkait dengan kondisi geologi Indonesia yang merupakan daerah subduksi dan gunung api. Pengembangan potensi geothermal memerlukan adanya kajian dan pemahaman yang menyeluruh tentang karakteristik batuan geothermal. Tujuan penelitian ini adalah Mengetahui bagaimana karakteristik dari batuan berpotensi reservoir geothermal. Sample batua diambil dari kawasan Tangkuban perahu, Bandung Jawa Barat. Karakteristik batuan berupa analisis petrofisika, karakteristik pori 2D dan 3D berbasis citra. Selain itu tujuan lain enelitian ini adalah menghasilkan aset fisis (mini laboratorium dan perangkat lunak karakterisasi). Hasil analisis petrografi mnunjukkan bahwa Batuan ini adalah batuan beku yang berkembang dengan tekstur hipohialin mikro forfiri afanitik sangat halus. Beberapa kristal penyusun batuan tampak tervitrifikasi, sehingga jenisnya sudah sulit diperi, seperti pada plagioklas. Sejumlah besar rongga-rongga vesikuler hadir, dan pada umumnya telah terisi oleh silika sekunder bertekstur kalsedoni konsentris yang kadang-kadang bercampur dengan klorit, mineral lempung dan oksida besi membentuk struktur amygdaloidal. Batua ini diduga berasal dari batuan ekstrusif (letusan magma basaltik) yang berongga dan telah mengalami pengisian kembali. Hasil karakterisasi 2D berbasis citra didapatkan besaran besaran batuan seperti porositas (5.97%) lalu luas permukaan spesifik (0.01507 per mm). Sedangkan Hasil karakterisasi 3D sampel batuan berbasis citra didapat estimasi besaran batuan Porositas (24.3194%) dan Tortuositas (4.0573). Pengukuran konstanta permeabilitas batuan menggunakan metoda constant head. Rata-rata Koefisien permeabilitas pada temperatur 20°C $K_{20} = 0.00033$ cm/sec. Untuk melihat keajegan dari pengukuran konstanta permeabilitas dilakukan analisis data dengan volume yang berbeda 100ml dan 150 ml dan dari hasil analisis koefisien pemeabilitas rata-rata di dapat sekitar 0.00033 cm/s. Permeabilitas sample batuan didapat 3.4 mD. Batuan vulkanik dan basalt yang biasanya memiliki porositas yang tinggi memiliki permeabilitas lebih dari 1 mD. (Yves Gueguen, 1941)

Kata kunci: karakterisasi, batuan, geothermal

Summary

Image Analysis Based Characterization and Modeling Pore Structure of Potential Geothermal Rock

Indonesia is rich in geothermal reservoir which hold important role in energy especially electricity. Geothermal source in indonesia are spread all over location in indonesia, It may due to Indonesia is a Subduction and vulcanic chain area. Indonesia Better understanding of c geothermal reservoirs and rock characteristic especially in their transport phenomena therefore become crucial. The main problem of this research is how to characterize based on image analysis of Pore microstructure of Potential geothermal rock. The rock sample is taken from Tangkuban Perahu (kawah Domas), Bandung, West java. The characterization is divided in three part e.g. Petrography analysis, 2D and 3D image analysis characterization and Permeability measurement. The petrography analysis result shows that the rock name is *Basalt (amygdaloidal)* constructed with smooth hipohialin mikro forfiri afanitik texture. Some rock composed crystals seem to be vitrified, therefor their type is hard to be distinguished like in plagioklas. There are many vesikuler cavities and in general they have been filled by secunder sylica kalsedoni concentris textured which are sometimes collide with clorit, Lempung minerals, Ferit ocida formed amygdaloidal structure. The rock source is from balastik magma eruption in cavities form and filled by silica. The image 2D analysis characterization result shows that the estimated rock quantity e.g. Porosity (5.97%) and specific surface area (0.01507 per mm). And The image 3D analysis characterization result shows that the estimated rock quantity e.g. Porosity (24.3194%) and avarage tortuosity (4.0573) The coeficient permeability is measured by contant head method. The avarage coeficient permeability on 20°C is found $K_{20} = 0.00033$ cm/sec. Permeability of the rock sample is found to be 3.4 mD. The value of permeability Volcanic rock and Basalt type of rock is more than 1mD. It may due to They have high porosity. (Yves Gueguen, 1941)

Key words: Characterization, Rock, Geothermal.