

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak pada bagian cincin api pasifik (*Ring of Fire on Pacifik Rims*). Keberadaan geografis Indonesia yang berada pada bagian cincin api pasifik memiliki potensi sumber energi panas bumi. Sumber energi panas bumi yang terjadi di Indonesia berasal dari pergerakan tiga lempeng yang saling bertumbukan yaitu lempeng India-Australia, lempeng Pasifik dan lempeng Eurasia mengakibatkan terbentuknya sumber energi panas bumi (Saptadji, 2009).

Indonesia memiliki total potensi energi panas bumi diperkirakan 29 GW. Sampai saat ini baru dimanfaatkan sekitar 1,2 GWe. Pada tahun 2025 ditargetkan panas bumi dapat menyokong 5% bauran energi nasional, namun kenyataannya hingga saat ini perkembangan panas bumi sangat lambat baru dapat berkontribusi 1% (WWF, 2012).

Salah satu prospek panas bumi yang terletak di wilayah kabupaten Semarang provinsi Jawa Tengah bernama panas bumi Candi Umbul-Telomoyo. Daerah panas bumi Candi Umbul-Telomoyo sangat menarik karena kemunculan manifestasi panas bumi yang diperkirakan berkaitan dengan aktivitas gunung api Telomoyo terletak pada lingkungan geologi vulkanik kuarter. Sistem panas bumi Candi Umbul Telomoyo terbentuk pada lingkungan magma basaltik yang berasosiasi dengan aktivitas terakhir kompleks Telomoyo. Fluida panas yang terakumulasi di reservoir membentuk satu sistem fasa berupa fasa air yang memiliki temperatur tinggi. Lapisan reservoir ini ditutupi oleh lapisan penudung (*clay cap*) berupa batuan ubahan yang kedap air tersingkap luas dipermukaan. *Clay cap* berupa lava andesit yang tebal memiliki permeabilitas yang rendah dan menjadi batuan penudung yang baik untuk sistem panas bumi Candi Umbul-Telomoyo (Hermawan, dkk. 2012).

Di lingkungan tektonik aktif batuan *clay cap* mengalami deformasi dan membentuk rekahan, tetapi dengan adanya proses kimia (alterasi hidrotermal) berupa pengendapan mineral sangat membantu dalam

Sumarni, 2018

STUDI PERUBAHAN STRUKTUR PORI DAN REKAHAN 3D PADA BATUAN PENUDUNG PANAS BUMI AKIBAT PENGARUH TEKANAN UNIAXIAL SERTA KEAMANAN CLAY CAP DAERAH PANAS BUMI CANDI UMBUL-TELOMOYO, SEMARANG

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |
perpustakaan.upi.edu

menutup rekahan yang terbentuk. Alterasi hidrotermal yang terjadi pada batuan *clay cap* menyebabkan *clay cap* bersifat kedap air (*impermeable*) dan memiliki permeabilitas yang rendah. Permeabilitas batuan berfungsi sebagai jalur keluarnya fluida menuju permukaan yang ditunjukkan dengan keberadaannya manifestasi panas bumi (Saptadji, 2002). Permeabilitas batuan yang rendah dapat diatasi dengan pemberian

Sumarni, 2018

***STUDI PERUBAHAN STRUKTUR PORI DAN REKAHAN 3D PADA BATUAN
PENUDUNG PANAS BUMI AKIBAT PENGARUH TEKANAN UNIAXIAL SERTA
KEAMANAN CLAY CAP DAERAH PANAS BUMI CANDI UMBUL-TELOMOYO,
SEMARANG***

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |
perpustakaan.upi.edu

perlakuan pada batuan, diantaranya *hydraulic fracturing* (Legart, dkk. 2005), rekahan yang diinduksi dengan panas (Charlez, dkk. 1996) dan stimulasi kimia (Bartko, dkk. 2003).

Studi tentang peranan tekanan dalam reservoir telah dilakukan oleh Legart dkk. (2005) mengenai *hydraulic fracturing* pada reservoir panas bumi dan hasilnya diperoleh bahwa pemberian *hydraulic fracturing* berhasil menciptakan rekahan baru, meningkatkan produktivitas panas bumi dan perawatan dilakukan dengan cara *proppant* untuk menciptakan fraktur konduktif jangka panjang. Studi lain telah dilakukan oleh Cho, dkk. (2013) membahas bahwa penurunan tekanan pada reservoir menyebabkan rekahan tertutup mineral dan permeabilitas menurun. Banyak peneliti yang sudah melakukan penelitian tentang peranan tekanan dalam reservoir panas bumi di bawah tahun 2000 seperti Fehler (1989), Sasaki (1998), Murphy (1978), Aki dkk. (1982), Daneshy (1980), Brown (2000), House dkk (1985), dan Ito (1991). Akan tetapi, masih kurang peneliti yang meneliti tentang peranan tekanan dalam lapisan *clay cap* panas bumi. Penelitian lapisan *clay cap* panas bumi sangat penting untuk dilakukan karena untuk mengetahui karakteristik *clay cap* panas bumi yang ditinjau dari perubahan struktur pori dan rekahan 3D secara mikroskopis serta keamanan *clay cap* daerah panas bumi khususnya prospek panas bumi Candi Umbul-Telomoyo.

Studi tentang tekanan pada sifat mekanis batuan telah dilakukan oleh Rochmatulloh (2018) mengenai studi rekahan 3D pada batuan panas bumi akibat tekanan mekanis dan diperoleh bahwa perubahan permeabilitas dipengaruhi oleh perubahan tekanan. Permeabilitas semakin tinggi seiring peningkatan tekanan karena tekanan menginduksi terbentuknya rekahan baru serta membuat rekahan yang terbentuk semakin panjang sehingga membuat *aperture* rata-rata rekahan, densitas rekahan, porositas rekahan semakin besar sehingga diprediksi dapat mengubah sampel batuan non-*permeable* menjadi *permeable* sehingga dapat meningkatkan permeabilitas pada batuan. Studi mengenai *design lab apparatus: Single Stage Compressive Test (SST)* pada tekanan dan temperatur tinggi telah dilakukan oleh Mujib (2009) yang menjelaskan bahwa model laboratorium memberikan gambaran besarnya pengaruh tegangan baik tegangan maksimum atau tegangan minimum yang bekerja pada batuan reservoir dan pengaruh temperatur serta keberadaan

Sumarni, 2018

STUDI PERUBAHAN STRUKTUR PORI DAN REKAHAN 3D PADA BATUAN PENUNJANG PANAS BUMI AKIBAT PENGARUH TEKANAN UNIAXIAL SERTA KEAMANAN CLAY CAP DAERAH PANAS BUMI CANDI UMBUL-TELOMOYO, SEMARANG

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |
perpustakaan.upi.edu

fluida terhadap sifat kekuatan batuan reservoir. Banyak peneliti yang sudah melakukan penelitian tentang tekanan pada sifat mekanis batuan seperti Ozbek dkk (2012), Batzle dkk. (1980), Bernabe dkk. (1987), Bobet dkk. (1998), Eberhardt dkk. (1999), Kawakata dkk. (1997), Wawersik dkk. (1970) dan Yanagidani dkk. (1985). Oleh karena itu, terdapat banyak peneliti yang sudah melakukan penelitian tentang tekanan pada sifat mekanis batuan namun masih kurang peneliti yang menggunakan *digital rock physics* untuk karakteristik parameter struktur pori dan rekahan dalam bentuk citra 3D.

Digital Rock Physics merupakan analisis batuan yang dilakukan secara digital tanpa mengganggu struktur internal secara destruktif. Data yang digunakan berupa citra digital yang diperoleh menggunakan *Micro Computed Tomography (CT) Scan*. Penelitian ini menggunakan sampel batuan breksi andesit terubah melalui metode pemindaian *Micro CT Scan* berbentuk silinder dengan ukuran diameter 4,5 cm dan panjang 4,3 cm untuk dihitung parameter fisisnya. Parameter besaran fisis yang dianalisis meliputi distribusi ukuran pori, karakteristik rekahan berupa total orientasi rekahan, *aperture* rata-rata (e), densitas rekahan (Φ), intensitas rekahan (I) dan besaran transpor rekahan terdiri dari porositas (ϕ), tortuositas (τ), luas permukaan spesifik (SsA) dan dimensi fraktal (D) (Rochmatulloh, 2018; Tobing, 2016).

Oleh karena itu, penelitian ini akan membahas tentang studi perubahan struktur pori dan rekahan 3D pada batuan penudung panas bumi yang dipengaruhi oleh tekanan *uniaxial* (sumbu tunggal) serta keamanan lapisan penudung (*clay cap*) daerah Candi Umbul-Telomoyo, Semarang.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang akan muncul dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana perubahan struktur pori dan karakteristik pada sampel batuan akibat pengaruh tekanan *uniaxial*?
2. Bagaimana pembentukan rekahan 3D dan karakteristik pada sampel batuan akibat pengaruh tekanan *uniaxial*?

Sumarni, 2018

STUDI PERUBAHAN STRUKTUR PORI DAN REKAHAN 3D PADA BATUAN PENUDUNG PANAS BUMI AKIBAT PENGARUH TEKANAN UNIAXIAL SERTA KEAMANAN CLAY CAP DAERAH PANAS BUMI CANDI UMBUL-TELOMOYO, SEMARANG

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |
perpustakaan.upi.edu

3. Bagaimana karakteristik kekuatan batuan penudung panas bumi Candi Umbul-Telomoyo?
4. Bagaimana pengaruh tekanan *uniaxial* terhadap keamanan *clay cap* panas bumi Candi Umbul-Telomoyo?

1.3 Batasan Masalah Penelitian

Berdasarkan pada rumusan masalah diatas, batasan masalah penelitian dipaparkan sebagai berikut.

1. Struktur pori adalah pori, rekahan dan sisi batuan yang pecah. Karakteristik struktur pori meliputi distribusi ukuran pori, rata-rata ukuran pori, porositas, luas permukaan spesifik dan dimensi fraktal. Tekanan *uniaxial* yang dianalisis pada tekanan 59 bar, 75 bar, 91 bar, 107 bar, 123 bar dan 156 bar.
2. Pembentukan rekahan 3D akibat pengaruh tekanan *uniaxial* yang dianalisis pada tekanan 75 bar, 91 bar dan 107 bar. Karakteristik rekahan 3D meliputi total orientasi rekahan, *aperture* rata-rata rekahan, densitas rekahan, intensitas rekahan dan dimensi fraktal.
3. Karakterisasi kekuatan batuan penudung dengan memberikan perlakuan tekanan *uniaxial* secara periodik setiap kenaikan 10 bar dengan waktu penahanan 30 detik sampai batuan tidak mampu lagi menahan beban. Karakteristik kekuatan batuan penudung meliputi rata-rata ukuran pori, *open porosity*, luas permukaan spesifik, *connectivity*, total orientasi rekahan, *aperture* rata-rata rekahan, densitas rekahan, intensitas rekahan dan dimensi fraktal.
4. Keamanan *clay cap* daerah panas bumi Candi-Umbul Telomoyo ditinjau dari pemberian perlakuan tekanan *uniaxial* ketika batuan sudah tidak mampu menahan beban.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan batasan masalah diatas, tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi pengaruh perubahan struktur pori akibat pengaruh tekanan *uniaxial*, ditinjau dari :
 - a. visualisasi perubahan struktur pori 3D,
 - b. perubahan distribusi ukuran pori dan rata-rata ukuran pori,

Sumarni, 2018

STUDI PERUBAHAN STRUKTUR PORI DAN REKAHAN 3D PADA BATUAN PENUDUNG PANAS BUMI AKIBAT PENGARUH TEKANAN UNIAXIAL SERTA KEAMANAN CLAY CAP DAERAH PANAS BUMI CANDI UMBUL-TELOMOYO, SEMARANG

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |
perpustakaan.upi.edu

- c. porositas dan luas permukaan spesifik,
 - d. dimensi fraktal batuan.
2. Mengidentifikasi pembentukan rekahan 3D akibat pengaruh tekanan *uniaxial*, ditinjau dari :
 - a. visualisasi pembentukan rekahan 3D,
 - b. perubahan karakteristik rekahan pada batuan,
 - c. dimensi fraktal batuan.
3. Mengidentifikasi karakteristik kekuatan batuan penudung (*clay cap*) panas bumi Candi Umbul-Telomoyo.
4. Mengidentifikasi pengaruh tekanan *uniaxial* terhadap keamanan *clay cap* panas bumi Candi Umbul-Telomoyo.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah mampu memberikan informasi mengenai karakteristik perubahan struktur pori dan rekahan 3D batuan penudung panas bumi akibat pengaruh tekanan *uniaxial* secara mikroskopis serta keamanan *clay cap* daerah panas bumi Candi Umbul-Telomoyo. Hasil ini diharapkan dapat menambah referensi mengenai perkembangan penelitian dalam bidang fisika batuan digital.

1.6 Struktur Organisasi Skripsi

Struktur organisasi skripsi bertujuan untuk memberikan gambaran setiap bab secara garis besar. Sistematika penulisan skripsi terdiri dari lima bab sebagai berikut. Bab I terdiri dari uraian latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, manfaat penelitian serta struktur organisasi skripsi. Bab II terdiri dari sistem panas bumi, geologi regional daerah panas bumi Candi Umbul-Telomoyo, karakteristik batuan penudung panas bumi, keamanan *clay cap* panas bumi, sistem rekahan pada sistem panas bumi, teori elastisitas batuan, konsep citra digital, perubahan struktur pori dan rekahan 3D akibat tekanan *uniaxial*, parameter fisis batuan panas bumi yang terdiri dari parameter rekahan pada batuan, parameter transpor fluida dan teori fraktal. Bab III terdiri dari sampel penelitian, desain penelitian, pemberian perlakuan tekanan, tahap pemindaian, tahap

Sumarni, 2018

STUDI PERUBAHAN STRUKTUR PORI DAN REKAHAN 3D PADA BATUAN PENUDUNG PANAS BUMI AKIBAT PENGARUH TEKANAN UNIAXIAL SERTA KEAMANAN CLAY CAP DAERAH PANAS BUMI CANDI UMBUL-TELOMOYO, SEMARANG

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |
perpustakaan.upi.edu

rekonstruksi data digital sampel batuan, penentuan perubahan struktur pori, penentuan pembentukan rekahan 3D, penentuan karakteristik kekuatan batuan penudung panas bumi daerah Candi Umbul-Telomoyo, serta penentuan pengaruh tekanan *uniaxial* terhadap keamanan *clay cap* panas bumi Candi Umbul-Telomoyo. Bab IV terdiri dari pembahasan visualisasi dan karakteristik perubahan struktur pori 3D berupa perubahan distribusi ukuran pori, rata-rata ukuran pori, porositas (ϕ) dan luas permukaan spesifik (SsA) serta dimensi fraktal (D). Selanjutnya, pembahasan tentang visualisasi dan pembentukan rekahan 3D berupa karakteristik rekahan meliputi total orientasi rekahan (θ), *aperture* rata-rata rekahan (e), densitas rekahan (Φ), intensitas rekahan (I) dan dimensi fraktal pori rekahan (D). Pembahasan mengenai karakteristik kekuatan batuan penudung (*clay cap*) panas bumi Candi Umbul-Telomoyo. Kemudian, pembahasan tentang pengaruh tekanan *uniaxial* terhadap keamanan *clay cap* panas bumi Candi Umbul-Telomoyo. Bab V terdiri dari kesimpulan keseluruhan yang diperoleh dari penelitian beserta rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

Sumarni, 2018

STUDI PERUBAHAN STRUKTUR PORI DAN REKAHAN 3D PADA BATUAN PENUDUNG PANAS BUMI AKIBAT PENGARUH TEKANAN UNIAXIAL SERTA KEAMANAN CLAY CAP DAERAH PANAS BUMI CANDI UMBUL-TELOMOYO, SEMARANG

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu |
perpustakaan.upi.edu