

**STUDI REKAHAN ALAMI 2D BESERTA PEMODELANNYA DAN
PERUBAHAN REKAHAN 3D AKIBAT PENGARUH SUHU TINGGI
PADA BATUAN RESERVOIR PANAS BUMI**

PRANA FAHMI L TOBING

ABSTRAK

Rekahan memegang peranan penting dalam transpor fluida pada reservoir panas bumi. Rekahan yang dianalisis pada penelitian ini terbagi menjadi dua jenis yaitu rekahan alami 2D dan perubahan rekahan 3D akibat pengaruh suhu tinggi. Rekahan alami 2D diambil dari lapisan tipis (*thin section*) pada batuan panas bumi Kamojang dengan ukuran citra 3×5 cm. Dimensi fraktal rekahan alami 2D memiliki nilai yang hampir sama untuk setiap perubahan skala yaitu dengan rata-rata (1.861 ± 0.039). Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa rekahan alami bersifat fraktal yaitu memiliki nilai dimensi fraktal yang sama untuk setiap skala yang berbeda atau *self-similarity* yang cukup tinggi. Sehingga pemodelan rekahan yang paling tepat adalah model fraktal IFS (*Iterated Function System*). IFS secara matematis adalah metode pembuatan model objek fraktal (Barnsley dan Andrew, 2011). Pemodelan fraktal IFS ini karena rekahan bersifat kompleks dan heterogen dalam skala yang besar, sedangkan penerapan *upscaling* dengan model fraktal bersifat bebas dari heterogenitas (Gueguen, dkk, 2006). Hasil analisis citra digital pada model IFS dan data rekahan rekahan alami memiliki kesamaan bentuk, yaitu pada densitas rekahan akan bernilai konstan pada penambahan skala, intensitas rekahan bertambah secara eksponensial terhadap penambahan skala, dan dimensi fraktal model IFS adalah (1.863 ± 0.021). Pada Rekahan sampel 3D diberikan kelakuan temperatur yang berbeda pada sampel, yaitu suhu ruang (24°C), 300°C , dan 600°C yang kemudian dilakukan pemindaian citra menggunakan alat *Micro-Computed Tomography Scan* (μ -CTScan). Besaran fisis rekahan yang didapat sebagai fungsi suhu bertambah secara eksponensial, baik itu parameter rekahan [*aperture* $\{e(T)\}$, densitas $\{\Phi(T)\}$, dan intensitas $\{I(T)\}$], maupun besaran transpor rekahan [porositas $\{\phi(T)\}$, tortuositas $\{\tau(T)\}$, dan permeabilitas $\{k(T)\}$]. Perubahan sifat fraktal rekahan pada sampel 3D ini merupakan dampak dari berubahnya elemen mikrostruktur rekahan ($N_{fracture}$). Perubahan elemen ini menghasilkan persamaan yang menunjukkan dimensi fraktal sebagai fungsi dari suhu. Persamaan ini dihubungkan dengan besaran transpor fluida yaitu permeabilitas, sehingga akan diperoleh permeabilitas selain pada suhu ruang (24°C), 300°C , dan 600°C .

Kata Kunci: *Rekahan alami 2D, model fraktal IFS, perubahan rekahan 3D, suhu tinggi, parameter rekahan, dimensi fraktal.*

STUDY OF 2D NATURAL FRACTURE WITH ITS MODELLING AND 3D FRACTURE FORMING DUE TO EFFECT OF HIGH TEMPERATURE ON GEOTHERMAL RESERVOIR ROCK

PRANA FAHMI L TOBING

ABSTRACT

Fracture plays important role in fluid transport in geothermal reservoir. Fracture were analyzed in this study is divided into two type, there are 2D natural fracture and 3D fracture forming due to effect of high temperature. 2D natural fracture has taken from the thin section of Kamojang geothermal. Fractal dimension of 2D natural fracture has value that is almost same for every scale level with average (1.861 ± 0.039) . From these result, it shows that the natural fracture is a fractal object, which has the same fractal dimension value for each different scale or high in self-similarity. So, the most appropriate fracture modelling in 2D natural fracture is IFS (Iterated Function System) fractal model. In mathematics, IFS are method constructing fractal object (Barnsley dan Andrew, 2011). IFS fractal model is intended for complex and heterogeneous fracture on larger scale, while upscaling application of the fractal model is free of assumption of heterogeneity (Gueguen, et al, 2006). Result based on digital image analysis on the IFS model and real fracture sample has similar form, there are the density is almost constant with increasing its scale, fracture intensity increases exponentially with increasing its scale, and fractal dimension of IFS model is (1.863 ± 0.021) . In the other hand, 3D sample rock has given heat treatment, there are room temperature (24° C), 300° C, dan 600° C were then performed using scanning image of Micro-Computed Tomography Scan (μ -CTScan). Physical properties of fracture have obtained as function of temperature which increases exponentially, both fracture parameters [aperture $\{e(T)\}$, density $\{\Phi(T)\}$, and intensity $\{I(T)\}$], and fracture transport properties [porosity $\{\phi(T)\}$, tortuosity $\{\tau(T)\}$, and permeability $\{k(T)\}$]. The change of 3D fracture sample fractal properties has given the impact of changes in fracture microstructure element ($N_{fracture}$). These element changes produce an equation that shows the fractal dimension as function of temperature. This equation has linked to fluid transport property, permeability. It can help us to find the permeability out of room temperature (24° C), 300° C, dan 600° C.

Keywords: *2D natural fracture, IFS fractal model, 3D fracture forming, high temperature, fracture parameter, fractal dimension.*