PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK PENGOLAHAN CITRA UNTUK PENENTUAN SIFAT FISIS BATUAN

Afdal
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas
Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163
e-mail: afdal@fmipa.unand.ac.id

Abstrak

Interpretasi data geofisika dalam geofisika eksplorasi, *well logging*, pertambangan, teknik dan geofisika lingkungan membutuhkan pengetahuan tentang sifat fisis batuan. Beberapa sifat fisis batuan dapat diperoleh dengan teknik pengolahan citra digital. Dalam penelitian ini dikembangkan perangkat lunak pengolahan citra digital untuk penentuan sifat fisis batuan. Perangkat lunak pengolahan citra yang dikembangkan dapat digunakan untuk menentukan beberapa sifat fisis batuan seperti karakteristik pori dan rekahan. Karakteristik pori terdiri atas porositas dan dimensi fraktal. Sedangkan karakteristik rekahan terdiri atas distribusi panjang rekahan, densitas dan dimensi fraktal. Penerapan pada beberapa sampel juga ditemukan bahwa dimensi fraktal dan densitas rekahan berbanding lurus. Sedangkan dimensi fraktal turun terhadap porositas.

Kata kunci : citra digital, sifat fisis batuan

1. Pendahuluan

Informasi rinci tentang kondisi bawah permukaan bumi (seperti porositas, permeabelitas, orientasi rekahan dinding bor, tinggi permukaan air) penting dalam pengembangan, manajemen, karakterisasi serta pemeliharaan sumber minyak dan air. Geofisika lubang bor (*borehole geophysics*) menyediakan cara untuk mendapatkan informasi tersebut.

Ada banyak metode geofisika lubang bor yang biasa digunakan selama ini, seperti pengukuran resistivitas, akustik dan *logging* elektromagnet.. Tetapi semua metode tersebut merupakan metode tidak langsung. Dalam metode tidak langsung, informasi (besaran) tentang kondisi lubang bor yang diinginkan tidak diperoleh secara langsung, tetapi melalui data lain yang diproses sampai diperoleh informasi yang diinginkan tersebut. Sebagai contoh, metode radar lubang bor digunakan untuk mendeteksi daerah rekahan, tetapi informasi rekahan

tidak diperoleh langsung. Data yang diperoleh langsung adalah waktu tempuh gelombang. Data ini kemudian diolah untuk mendapatkan karakteristik rekahan. Metode tidak langsung sudah cukup baik, tetapi beberapa hal seperti kemampuan alat, metode pengolahan dan interpretasi data akan mempengaruhi keakuratan hasil.

Untuk mengatasi hal tersebut maka diperlukan suatu metode atau pendekatan baru dimana besaran-besaran yang diinginkan seperti sifat fisis batuan dapat diamati secara langsung. Dengan metode penyelidikan langsung ini maka hasil yang diperoleh akan lebih baik dan akurat. Kemajuan teknologi komputasi telah mendorong perluasan penerapan teknik pengolahan citra digital di banyak bidang, termasuk geofisika dan dapat digunakan sebagai bagian dari metode penyelidikan langsung tersebut.

Metode penyelidikan langsung tersebut terdiri atas tiga bagian yaitu: pengembangan perangkat lunak pengolahan citra digital, teknik penyiapan sampel dan pengembangan perangkat keras akuisisi citra batuan. Di sini yang dilakukan hanya pengembangan perangkat lunak pengolahan citra saja.

2. Dasar Teori

Sifat fisis batuan yang akan ditentukan disini adalah karakteristik rekahan (terdiri atas panjang, lebar, orientasi, distribusi, densitas, intensitas, dan dimensi fraktal) dan karakteristik pori (terdiri dari porositas dan dimensi fraktal). Dimensi fraktal dihitung dengan metode *box-counting* yang memenuhi persamaan 1 (Pietgan dkk, 1992).

$$N = \frac{1}{s^D} \qquad (1)$$

dimana N adalah jumlah kotak yang memuat reakahan atau pori, s adalah panjang sisi kotak, D adalah dimensi fraktal pola rekahan atau pori. Jumlah kotak yang memuat rekahan atau pori N diplot terhadap $(1/s)$ dalam grafik bilogaritma. Nilai D diestimasi dari kemiringan garis regresi dari titik-titik data menggunakan metode *least-square fitting*.

Intensitas Rekahan adalah perbandingan panjang total rekahan terhadap luas permukaan citra. Densitas Rekahan adalah perbandingan luas total rekahan terhadap luas permukaan citra. Porositas adalah perbandingan antara luas pori dengan luas matriks.

$$\text{Intensitas Rekahan} = \frac{1}{A}\sum_{i=1}^{n} l_i \qquad (2)$$

dimana l_i adalah panjang rekahan ke-i dan A adalah luas permukaan citra.

$$\text{Densitas Rekahan} = \frac{A_f}{A} \qquad (3)$$

dimana A_f adalah luas total rekahan dan A adalah luas permukaan citra.

$$\text{Porositas} = \frac{A_p}{A_m} \qquad (4)$$

diman A_p adalah luas permukaan pori dan A_m adalah luas permukaan matriks.

3. Metodologi

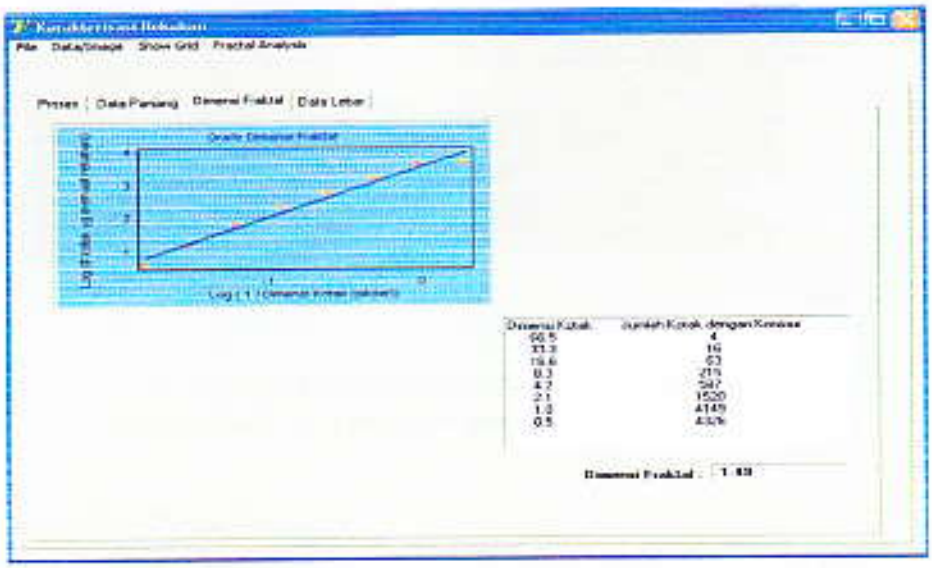
Proses-proses penanganan citra seperti teknik pengambilan yang tidak benar, pengubahan bentuk dan pengiriman dapat menyebabkan citra yang diperoleh memiliki kualitas yang kurang baik. Pada citra seperti itu ada informasi mengenai citra tersebut yang hilang atau tertutupi. Citra seperti itu perlu diperbaiki sehingga menjadi lebih mudah diinterpretasi dan digunakan lebih lanjut. Dalam penulisan ini perbaikan kualitas citra diperlukan agar informasi yang ada pada permukaan batuan dapat dilihat dengan lebih jelas. Secara umum, perbaikan kualitas citra adalah pemberian tekanan pada informasi tertentu dari suatu citra. Disini proses perbaikan kualitas citra yang akan dilakukan adalah pengaturan kecerahan dan perataan histogram (*histogram equalization*).

Setelah proses perbaikan dilakukan pada sebuah citra batuan, maka citra tersebut sudah dapat dianalisis untuk ditentukan sifat fisisnya. Penentuan sifat fisis batuan dengan analisis citra digital memerlukan format citra tertentu. Untuk mendapatkan citra dengan format tersebut maka perangkat lunak ini dilengkapi dengan fitur-fitur khusus seperti *edge detection* dan *thresholding*.

Selanjutnya perangkat lunak yang dihasilkan divalidasi dengan melakukan karakterisasi terhadap beberapa sampel citra batuan. Gambar 1 adalah salah satu sampel citra batuan yang digunakan untuk membandingkan hasil perhitungan dimensi fraktal dengan perangkat lunak yang telah dibuat dengan hasil perhitungan penulis lain.

Gambar 1 Sampel bor dengan rekahan, rekahan ditunjukan oleh garis hitam solid dalam sampel (Nakamura, 2001).

Hasil perhitungan dimensi fraktal sampel bor Njm-006 dengan perangkat lunak yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 2.



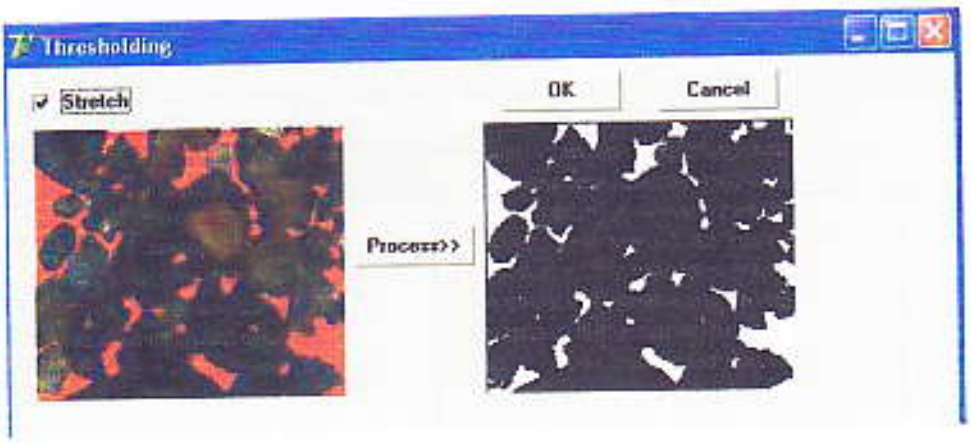
Gambar 2 Tampilan program dimensi fraktal untuk sampel Njm-006

Dimensi fraktal yang diperoleh adalah 1,49. Nilai ini cukup dekat dengan nilai dimensi fraktal menurut Nakamura yaitu 1,50.

Untuk menentukan karakteristik pori batuan dari citra digital, pertama tentukan kriteria pori berdasarkan warna. Lalu ubah format citra menjadi citra biner, pori menjadi berwarna putih dan yang bukan pori (butiran) menjadi berwarna hitam. Selanjutnya program dapat menghitung porositas dan dimensi fraktal dari citra sampel batuan tersebut. Prosedur ini dapat dilihat pada gambar 3.

(a)

(c)



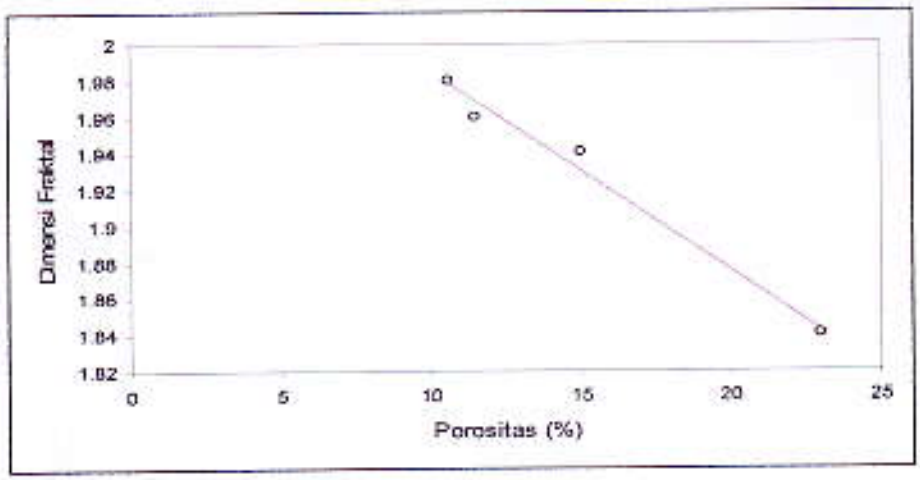
(b)

Gambar 3 Prosedur penentuan karakteristik pori.
(a) Citra awal. (b) Pemilihan warna pori. (c) Karakteristik pori

4. Hasil Dan Pembahasan

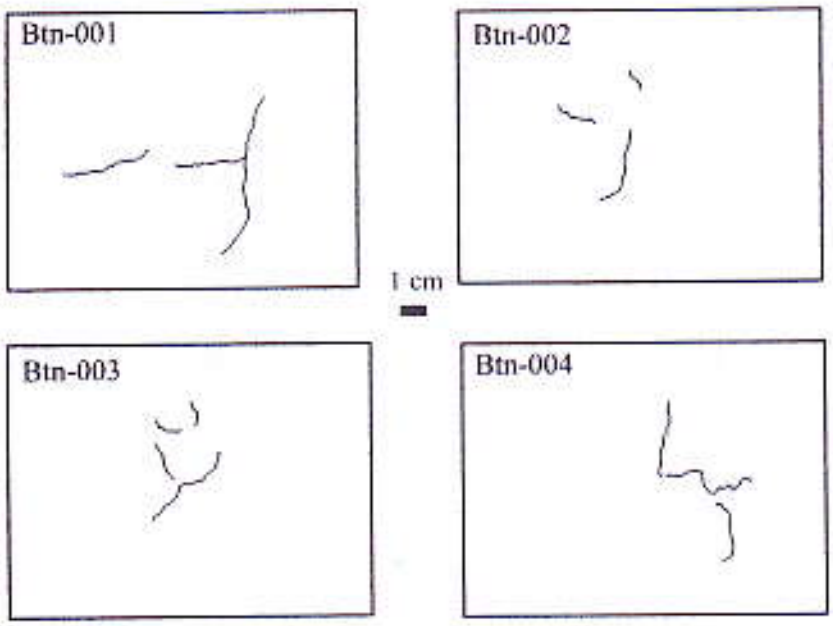
Selanjutnya program ini digunakan untuk mengkarakterisasi pori beberapa sampel citra batuan. Perangkat lunak yang dibuat dapat menentukan karakteristik pori batuan, yaitu porositas dan dimensi fraktal, secara kuantitatif. Dari penerapan

pada beberapa sampel juga ditemukan bahwa dimensi fraktal turun terhadap porositas. Hubungannya adalah seperti gambar 4.

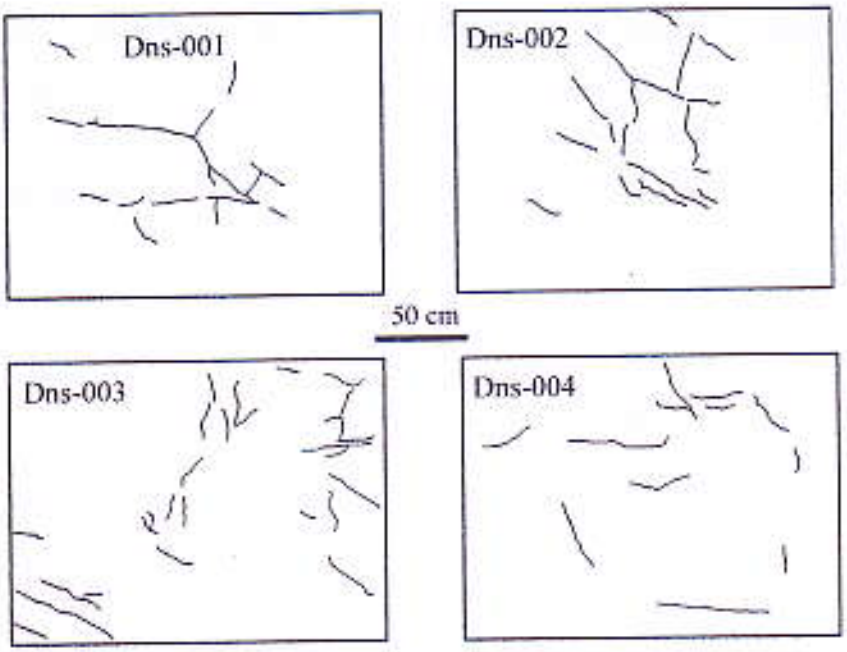


Gambar 4 Hubungan dimensi fraktal dengan porositas

Selanjutnya program ini digunakan untuk mengkarakterisasi rekahan batuan. Sampel yang digunakan adalah citra rekahan pada batuan dan dinding singkapan di sekitar sesar Lembang, Jawa Barat. Pola rekahan sampel dan hasil identifikasinya dapat dilihat pada gambar 5 dan 6.



Gambar 5 Pola rekahan sampel batuan yang diambil di sekitar sesar Lembang, Jawa Barat.



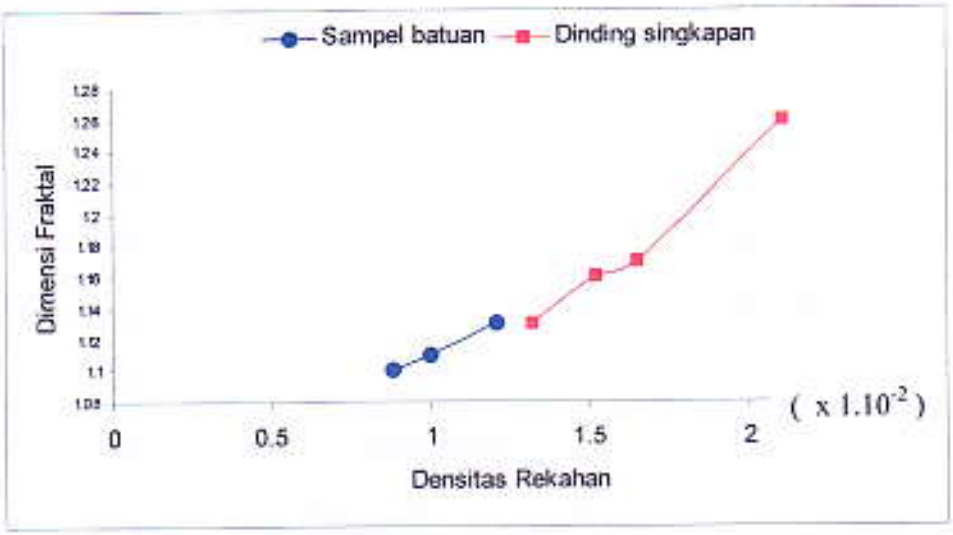
Gambar 6 Pola rekahan dinding singkapan yang diambil di sekitar sesar Lembang, Jawa Barat.

Hasil perhitungan dimensi fraktal dan densitas rekahan untuk semua citra rekahan batuan dan dinding singkapan tersebut dapat dilihat dalam tabel 1.

Tabel 1 Dimensi fraktal beberapa sampel batuan dan dinding singkapan di sekitar sesar Lembang

No.	Sampel	Dimensi Fraktal	Densitas
1.	Btn-001	1,13	0,0121
2.	Btn-002	1,11	0,0100
3.	Btn-003	1,10	0,0088
4.	Btn-004	1,10	0,0088
5.	Dns-001	1,17	0,0165
6.	Dns-002	1,13	0,0132
7.	Dns-003	1,26	0,0211
8.	Dns-004	1,16	0,0152

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa dimensi fraktal rekahan pada permukan keempat sampel batuan (sampel-sampel dengan nama Btn-00x) konstan disekitar nilai 1,1. Dimensi fraktal dinding singkapan (sampel-sampel dengan nama Dns-00x) menunjukkan nilai yang lebih besar daripada dimensi fraktal sampel batuan. Data juga menunjukkan bahwa dimensi fraktal sebanding dengan densitas rekahan (Gambar 7).



Gambar 7 Hubungan dimensi fraktal dengan densitas rekahan

5. Kesimpulan Dan Saran

a) Metode analisis citra digital menawarkan suatu cara alternatif dalam penentuan sifat fisis batuan.

b) Geometri fraktal menyediakan suatu cara untuk menganalisis struktur rekahan batuan yang rumit.

c) Porositas dan rekahan batuan menunjukkan sifat fraktal.

d) Dimensi fraktal turun terhadap porositas

e) Dimensi fraktal sebanding dengan densitas rekahan.

6. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian Universitas Andalas yang telah membiayai penelitian ini melalui Dana DIPA Unand Tahun 2006.

7. Daftar Pustaka

1. Gonzales, R.C., Wintz, P. (1987), *Digital Image Processing*, Second edition, Addison-Wesley Publishing Company, Reading.
2. Li, K., Horne, R.N. (2003), Fractal Characterization of the geysers rock, *Geothermal Resources Council Transaction*, **27**.
3. Nakamura, N., Nagahaka, H. (2001), Change in magnetic and fractal properties of fractured granites near the Nojima Fault, Japan, *The Island Arc*, 10, 486 – 494.
4. Nieto-Samaniego, A.F., Alaniz-Alvarez, S.A., Tolson, G., Oleschko, K., Kovin, G., Xu, S.S., Perez-Vensor, J.A., (2005), Spatial distribution, scaling and self-similar of fracture arrays in the Los Planes Fault, Baja California Sur, Mexico, *Pure Appl. Geophys*. **162**, 805-826.
5. Pietgan, H-O., Jürgens, H., Saupe, D., (1992), *Fractal for the Classroom*, Part one, *Introduction to Fractals and Chaos*, Springer -Verlag, New York.
6. Pyrak-Nolte, L.J., Montemagno, C.D., Nolte, D.D., (1997), Volumetric imaging of aperture distributions in connected fracture networks, *Geophysical Research Letters*, **24**, 18, 2343-2346.
7. Rosenfeld, A., Kak, A.C., (1976), *Digital Picture Processing*, Academic Press, New York.

8. Sahimi, M., (1995), *Flow and Transport in Porous Media and Fractured Rock From Classical Methods to Modern Approach*, VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim.

9. Schalkoff, R.J., *Digital Image Processing and Computer Vision*, John Wiley & Sons, Inc., Singapore.

10. Schön, J.H., (1996), Physical Properties of Rocks, Fundamental and Principles of Petrophysics, dalam *Handbook of Geophysical Exploration Seismic Exploration*, Volume 18, Helbig, K., Treitel, S., Editor, Pergamon, Oxford.

11. Thompson, A.H., Katz, A.J., Krohn, C.E. (1987), The microgeometry and transport properties of sedimentary rock, *Advance in Physics*, **36**, 5, 625-694.

12. Xie, H. (1993), Fractal in Rock Mechanics, dalam *Geomechanics Research Series 1*, Kwaśniewski, M.A., Editor-in-chief, A.A. Bakelma, Rotterdam.