

Analisis Pengaruh *Automatic Thresholding* dalam Pemrosesan Citra Batupasir *Berea*

Chris Evan Sebastian^{1,a)}, Chandra Winardhi^{1,b)}, Fourier Dzar Eljabbar Latief^{1,c)}

¹Laboratorium Fisika Batuan,
Kelompok Keilmuan Fisika Bumi dan Sistem Kompleks,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

^{a)} chris.egan@yahoo.com (corresponding author)

^{b)} chandra.winardhi@gmail.com

^{c)} fourier@fi.itb.ac.id

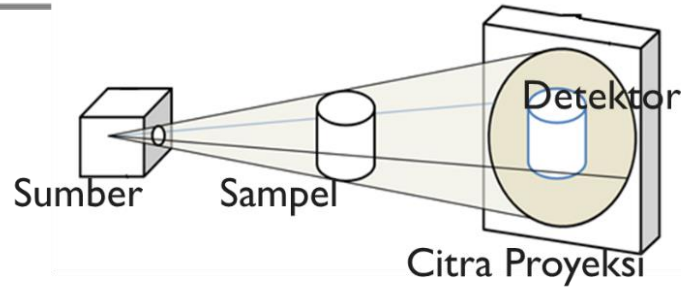
Abstrak

Thresholding merupakan salah satu langkah dalam pemrosesan citra digital untuk mengkonversi citra keabuan (greyscale) menjadi citra hitam-putih atau biner (binary). Citra mentah yang didapatkan melalui akuisisi menggunakan μ CT – Scan yang memiliki nilai intensitas piksel yang berbeda-beda dengan range 0-255 dalam skala keabuan. Dalam perkembangan analisis batuan secara digital (Digital Rock Physics atau DRP), thresholding diaplikasikan untuk dapat mengkonversi citra mentah batuan dengan intensitas piksel dalam skala keabuan menjadi biner, sehingga struktur pori dan butiran dapat terpisahkan dengan baik. Thresholding bekerja dengan menerapkan suatu nilai batas sehingga nilai piksel di atas nilai batas tersebut akan dikonversi menjadi 1 sementara nilai piksel di bawah nilai batas akan dikonversi menjadi 0. Adapun besaran fisis berupa porositas kemudian dapat dihitung berdasarkan perbandingan atau fraksi jumlah piksel bernilai 0 (diinterpretasikan sebagai pori) terhadap jumlah piksel pada citra biner tersebut. Dalam penelitian ini, terdapat beberapa macam metode thresholding otomatis yang diaplikasikan dalam analisis batuan secara digital, yaitu metode Global Thresholding (Otsu) dan Metode Local Thresholding (Adaptive). Dalam Local Thresholding, akan dilakukan juga variasi sebaran statistik penentuan nilai batas yaitu Mean, Median, dan Mean of Minimum-Maximum. Citra biner dari masing-masing metode thresholding kemudian akan diproses untuk menghasilkan nilai porositas sampel Batupasir Berea dan dibandingkan terhadap nilai referensi sampel tersebut. Data perhitungan yang dihasilkan menunjukkan bahwa Metode Adaptive Median menghasilkan nilai porositas yang paling mendekati nilai referensi.

Kata kunci : *Adaptive, Global thresholding, Local thresholding, Otsu.*

PENDAHULUAN

Dalam analisis citra batuan secara digital (*Digital Rock Physics / DRP*), informasi terkait komposisi batuan sangatlah penting untuk diketahui. Hal ini dikarenakan informasi tersebut dapat berkaitan erat dengan kandungan fluida yang menjadi target utama dalam eksplorasi, seperti hidrokarbon (minyak dan gas bumi) dan air. Adapun salah satu besaran fisis batuan yang paling umum adalah porositas, yang merupakan perbandingan dari jumlah volume pori terhadap total dari jumlah volume pori dan butiran dari suatu batuan (volume keseluruhan). Metode DRP memungkinkan sampel untuk diakuisisi dan didapatkan citra digital menggunakan μ CT – Scan dan dilakukan analisis struktur internal secara digital. Adapun citra mentah yang dihasilkan berupa citra keabuan atau *greyscale*, yaitu citra dengan skala intensitas piksel keabuan dengan range 0-255. Nilai intensitas piksel dalam citra digital tersebut mewakili densitas dari material yang terkandung didalam sampel batuan yang akan diuji atau dianalisis.



Gambar 1. Ilustrasi akuisisi citra sampel batuan menggunakan μ CT – Scan

Setelah akuisisi, citra keabuan kemudian akan diproses dalam tahap *thresholding* yang bertujuan untuk mengkonversi variasi nilai piksel yang bernilai 0-255 menjadi hanya dua nilai saja yaitu 0 atau 1 [1]. Citra hasil *thresholding* disebut citra biner (binary image). Piksel bernilai 0 dapat diinterpretasikan sebagai pori sementara piksel bernilai 1 dapat diinterpretasikan sebagai butiran/matrix. Dengan demikian, secara sederhana porositas (ϕ) dari citra sampel dapat dikalkulasikan berdasarkan perumusan berikut [2]

$$\phi = \frac{V_{pori}}{V_{pori} + V_{butiran}} \quad (1)$$

thresholding bekerja dengan menerapkan suatu nilai batas yang digunakan untuk perbandingan dengan nilai-nilai piksel pada citra sampel. Jika nilai piksel pada citra bernilai lebih besar dari nilai batas, maka nilai piksel tersebut akan diubah menjadi 1. Sementara jika nilai piksel pada citra bernilai lebih kecil atau sama dengan nilai batas, maka nilai piksel tersebut akan diubah menjadi 0. Penentuan nilai batas tersebut bergantung pada subjektivitas jika dilakukan secara manual. Dengan demikian, diperlukan suatu metode otomatis dalam penentuan nilai batas *thresholding* berdasarkan karakteristik matriks piksel yang terkandung oleh suatu citra keabuan.

AUTOMATIC THRESHOLDING

Automatic Thresholding terbagi menjadi dua kategori besar, yaitu *Global Thresholding* (Metode *Otsu*) dan *Local Thresholding* (Metode *Adaptive*). Metode *Adaptive* menggunakan variasi sebaran statistik dalam penentuan nilai batas, terbagi menjadi *Mean*, *Median*, dan *Mean of Minimum-Maximum*.

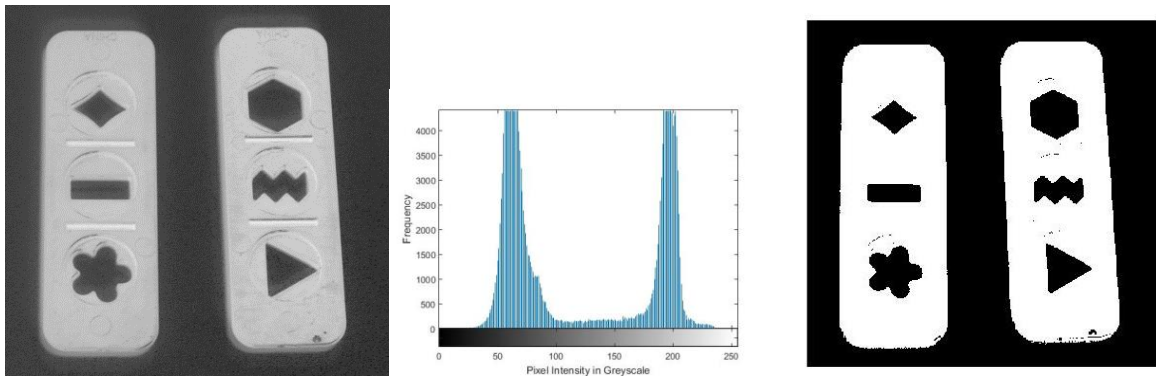
Metode *Otsu* (*Global Thresholding*)

Metode *Otsu* memanfaatkan konsep *clustering* statistik *Variance* untuk dapat memaksimalkan pemisahan antara *Foreground* dan *Background* yang memiliki nilai piksel 1 dan 0 secara berurutan. Perhitungan dilakukan dengan mencari nilai *Within Class Variance* (σ_w) dari tiap piksel terhadap piksel-piksel lainnya yang dijadikan *Foreground* (Piksel bernilai 1/berwarna putih) dan *Background* (Piksel bernilai 0/berwarna hitam). Nilai batas kemudian ditentukan berdasarkan piksel yang memiliki nilai *Within Class Variance* yang paling kecil. Berikut merupakan perumusan yang digunakan. [3]

$$\sigma_w^2 = W_b \sigma_b^2 + W_f \sigma_f^2 \quad (2)$$

dengan variabel W merupakan fraksi jumlah piksel serta σ merupakan *Variance* dari piksel-piksel *Foreground* dan *Background* yang disimulasikan untuk tiap piksel yang terdapat pada citra.

Metode *Otsu* juga disebut sebagai metode *Histogram-based*, yang berarti sangat bergantung terhadap bentuk histogram (plot antara piksel penyusun suatu citra terhadap kuantitas tiap piksel pada citra tersebut) suatu citra keabuan. Metode *Otsu* dapat bekerja dengan baik pada citra dengan histogram bimodal, yaitu histogram dengan dua puncak yang terpisah dengan cukup baik sehingga intensitas piksel tersebar secara merata. Pada umumnya, histogram bimodal dimiliki oleh citra dengan pencahayaan atau iluminasi yang merata.



Gambar 2. (kiri) Citra keabuan dengan iluminasi yang merata (tengah) histogram bimodal dari citra *kiri* (kanan) citra biner hasil *thresholding* dengan metode Otsu.

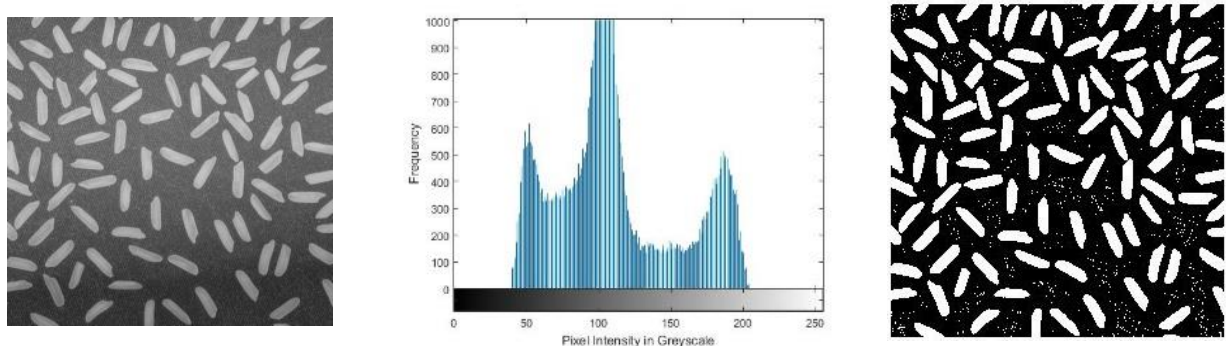
Metode Adaptive (Local Thresholding)

Berbeda dengan Metode *Otsu* yang hanya menerapkan satu nilai batas, Metode *Adaptive* menerapkan beberapa nilai batas terhadap beberapa bagian pada suatu citra. Ide utama metode ini adalah dengan citra yang memiliki iluminasi tidak merata, maka pencarian nilai batas tidak dapat dilakukan secara menyeluruh, melainkan dilakukan per bagian sehingga hasil yang didapat tetap mewakili citra asli. Nilai batas ditentukan menggunakan sebaran statistik berupa *Mean* (nilai rata-rata) dan *Median* (nilai tengah) dari sekumpulan piksel yang terdapat pada bagian lokal dari suatu citra keabuan. Selain itu dapat pula digunakan *Mean of Minimum-Maximum* (rata-rata dari nilai maksimum dan minimum) terhadap sekumpulan piksel pada bagian lokal citra. Penentuan sebaran statistik ini bergantung secara spesifik terhadap karakteristik matriks piksel penyusun suatu citra keabuan. Berikut merupakan perumusan umum dari Metode *Adaptive* [4]

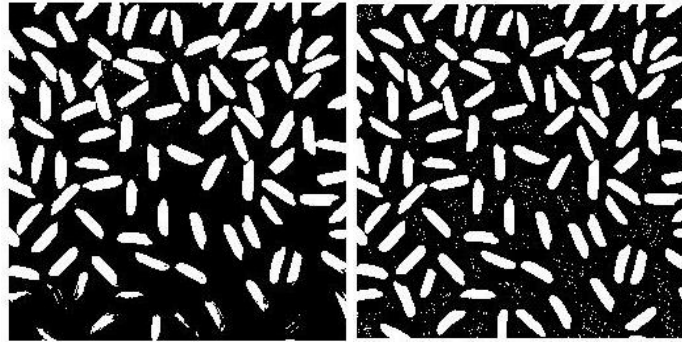
$$b(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{jika } I(x, y) \leq T(x, y) \\ 1, & \text{jika } I(x, y) > T(x, y) \end{cases} \quad (3)$$

dengan $b(x,y)$ merupakan kumpulan piksel hasil *thresholding*, $I(x,y)$ merupakan piksel sebelum *thresholding* dan $T(x,y)$ merupakan nilai batas lokal yang ditentukan berdasarkan sebaran statistik seperti yang disebutkan di atas.

Metode *Adaptive* tidak bergantung pada bentuk histogram citra, sehingga dapat melakukan *thresholding* pada citra keabuan dengan iluminasi yang tidak merata. Namun untuk mendapatkan partisi dimensi lokal yang kecil, dibutuhkan waktu *thresholding* yang lebih lama dari Metode *Otsu*.



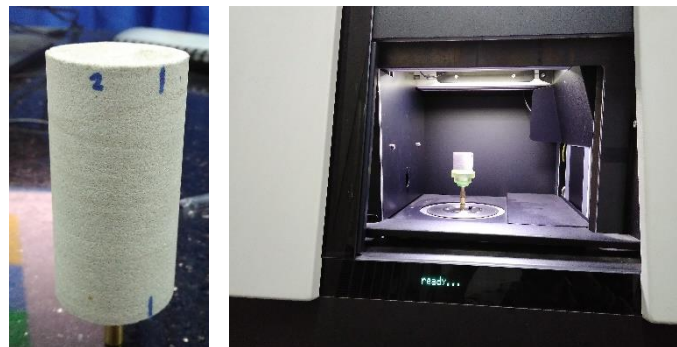
Gambar 3. (kiri) Citra keabuan dengan iluminasi tidak merata (tengah) histogram *non-bimodal* dari citra *kiri* (kanan) citra biner hasil *thresholding* dengan Metode *Adaptive*



Gambar 4. Citra biner hasil *thresholding* dari Gambar 3 menggunakan (kiri) Metode *Otsu* (kanan) Metode *Adaptive*. Terlihat terdapat bagian yang hilang pada hasil Metode *Otsu* jika citra input memiliki iluminasi yang tidak merata.

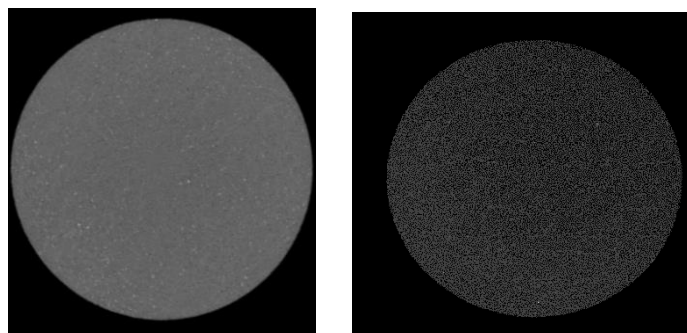
DATA DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan sampel Batupasir *Berea* dengan jari-jari = 2.5 cm dan tinggi = 7.0 cm serta ukuran butir pada kategori batupasir halus (0.125-0.25 mm). Nilai referensi porositas sampel (ϕ) adalah 17.37%. Percobaan dilakukan dengan dua metode pemindaian yaitu *Single Full (SF)* dan *Spiral (SP)*. Perbedaan keduanya terletak pada resolusi atau ukuran sebuah piksel dalam citra mentah yang dihasilkan. Resolusi pada metode *Single Full* adalah 35.625 μm sementara resolusi metode *Spiral* adalah 19.952 μm .



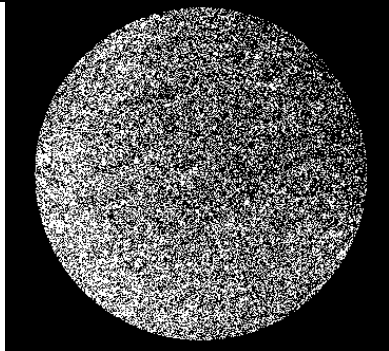
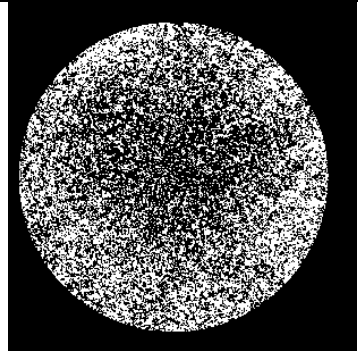
Gambar 5. (kiri) Sampel Batupasir *Berea* (kanan) Tahap persiapan pemindaian sampel menggunakan μCT – Scan

Citra diakuisisi menggunakan instrumen μCT – Scan Skyscan 1173 produksi Bruker, Belgia dan perhitungan porositas dilakukan menggunakan perangkat lunak *Image Processing CTAn* yang juga merupakan usungan Bruker. Pada hasil perhitungan akan terdapat tiga jenis porositas yaitu Porositas Terbuka (*Open Porosity*), Porositas Tertutup (*Closed Porosity*), dan Porositas Total (*Total Porosity*). Porositas Terbuka menyatakan porositas sampel yang terdiri dari koneksi antarpori yang saling terhubung, sementara Porositas Tertutup menyatakan pori-pori individu yang tidak saling terhubung. Nilai referensi sampel merupakan nilai Porositas Terbuka, sehingga penarikan kesimpulan dalam penelitian ini akan melibatkan Porositas Terbuka saja.

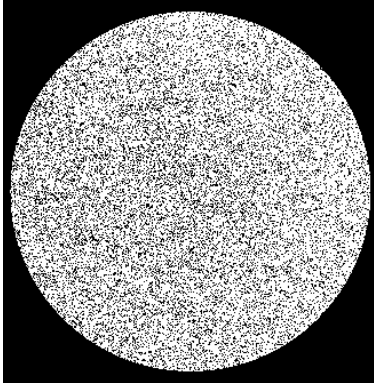
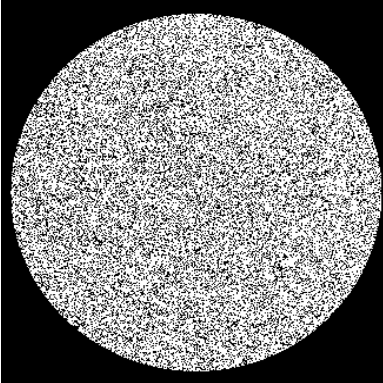
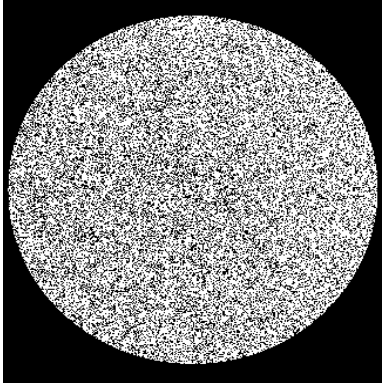


Gambar 6. Citra *Greyscale* hasil pemindaian (kiri) SF (kanan) SP

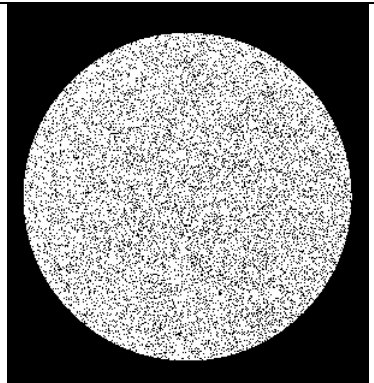
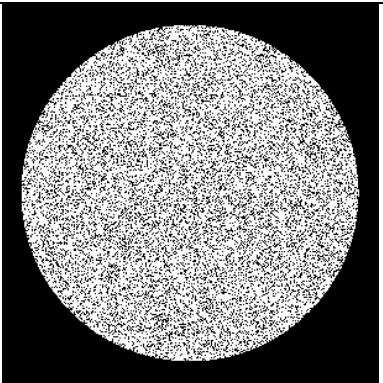
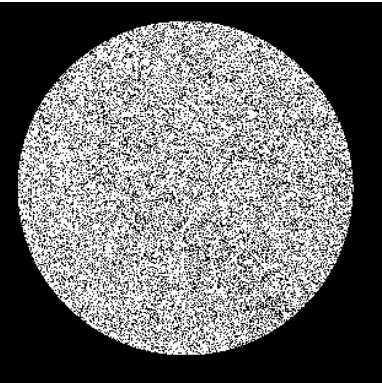
Tabel 1. Hasil *thresholding* dan kalkulasi porositas 3-D Metode *Otsu*

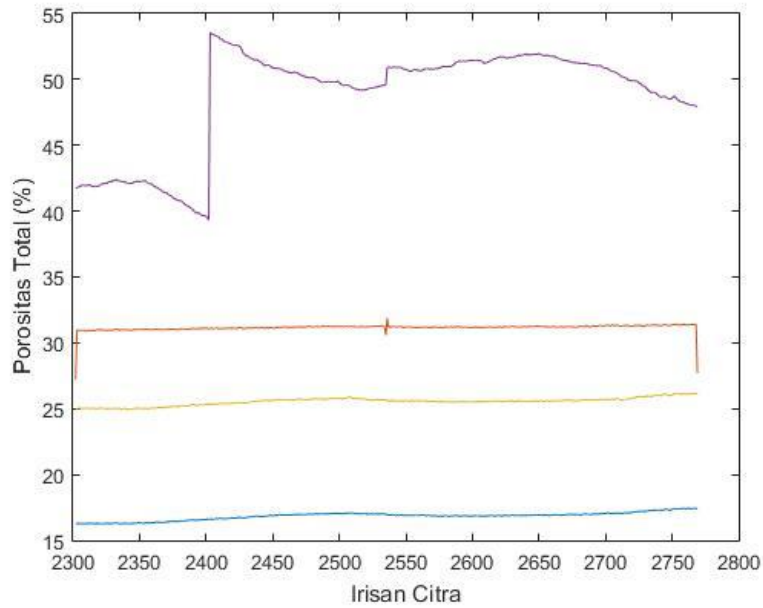
Metode Otsu	
SF	SP
	
Porositas Terbuka = 50.18%	Porositas Terbuka = 60.26%
Porositas Tertutup = 0.81%	Porositas Tertutup = 0.10%
Porositas Total = 50.99%	Porositas Total = 60.36%

Tabel 2. Hasil *thresholding* dan kalkulasi porositas 3-D Metode *Adaptive* dengan pemindaian SP

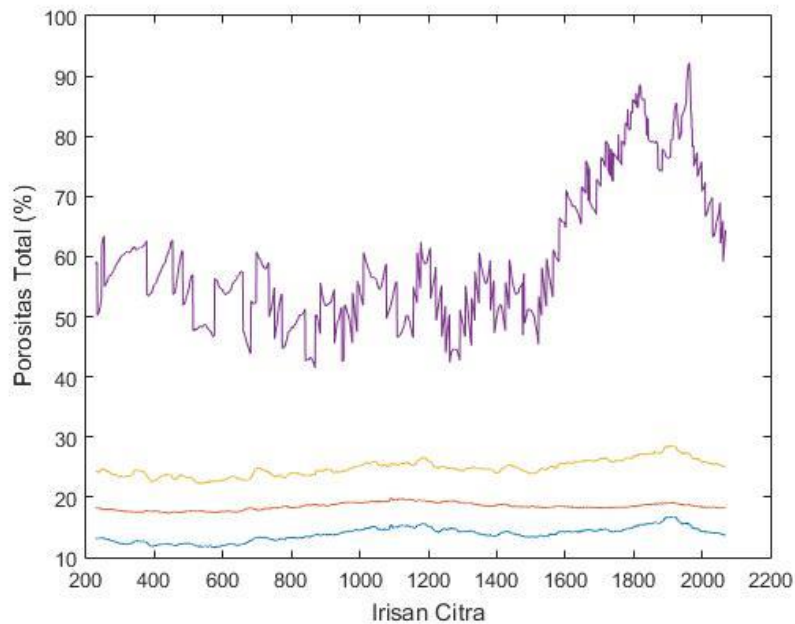
Adaptive Mean	Adaptive Median	Adaptive Mean of Min-Max
		
Porositas Terbuka = 2.16%	Porositas Terbuka = 15.51%	Porositas Terbuka = 23.38%
Porositas Tertutup = 15.25%	Porositas Tertutup = 9.89%	Porositas Tertutup = 4.03%
Porositas Total = 17.41%	Porositas Total = 25.40%	Porositas Total = 27.41%

Tabel 3. Hasil *thresholding* dan kalkulasi porositas 3-D Metode *Adaptive* dengan pemindaian SF

Adaptive Mean	Adaptive Median	Adaptive Mean of Min-Max
		
Porositas Terbuka = 3.72%	Porositas Terbuka = 15.72%	Porositas Terbuka = 24.80%
Porositas Tertutup = 10.90%	Porositas Tertutup = 4.31%	Porositas Tertutup = 1.53%
Porositas Total = 14.62%	Porositas Total = 20.03%	Porositas Total = 26.33%



Gambar 7. Plot porositas 2-Dimensi tiap irisan citra dari pemindaian SP. Warna Biru, Kuning, Oranye dan Ungu secara berurutan menandakan nilai porositas Metode *Adaptive Mean*, *Median*, *Mean of Minimum Maximum*, dan *Otsu*

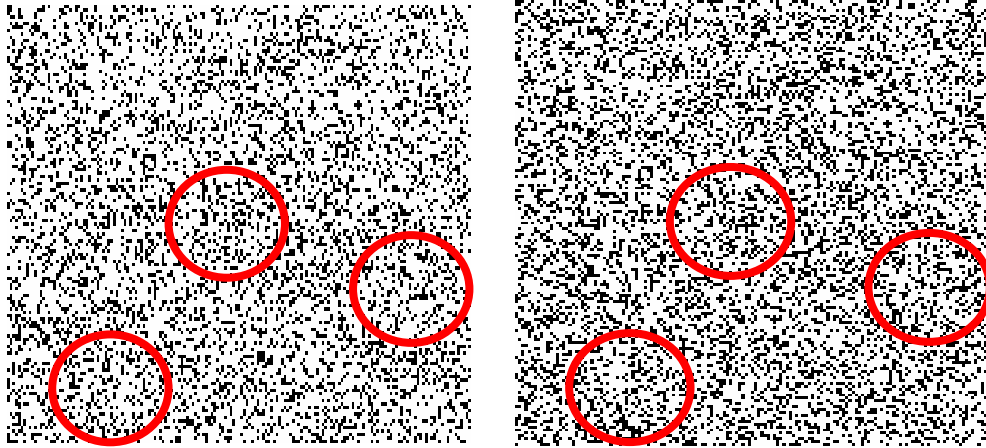


Gambar 8. Plot porositas 2-Dimensi tiap irisan citra biner dari pemindaian SF. Warna Biru, Kuning, Oranye dan Ungu secara berurutan menandakan nilai porositas Metode *Adaptive Mean*, *Median*, *Mean of Minimum Maximum*, dan *Otsu*

Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3 menampilkan hasil variasi metode *thresholding* dan metode *scan* serta hasil perhitungan porositas 3-Dimensi. Nilai yang dihasilkan melibatkan perhitungan konektifitas pori-pori dalam ruang 3-Dimensi citra batuan atau dengan kata lain antar irisan 2-Dimensi citra batuan. Dalam pelaksanaan pemindaian, citra diambil setiap pemutaran sampel sebesar 0.4° . Skema pemutaran tersebut dapat menyebabkan perbedaan iluminasi yang berbeda-beda untuk tiap irisan 2-Dimensi yang dihasilkan. Hasil *thresholding* serta perhitungan porositas 3-Dimensi menunjukkan bahwa metode *thresholding* yang cukup baik untuk dapat menghasilkan nilai Porositas Terbuka yang mendekati referensi adalah metode *Adaptive*. Untuk lebih spesifiknya, dari percobaan ini didapat bahwa Metode *Adaptive* dengan parameter sebaran statistik *Median* menghasilkan nilai porositas yang paling mendekati nilai referensi, yaitu sebesar 15%. Sebaran statistik *Median*

dapat menghasilkan pori-pori dengan konektifitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan sebaran statistik lainnya seperti *Mean*. Citra pembesaran yang menunjukkan fenomena tersebut terlihat pada Gambar 9.

Hasil Plot pada Gambar 7 dan Gambar 8 semakin menguatkan dugaan bahwa Metode *Adaptive* merupakan metode yang sangat sesuai untuk menganalisis sampel berupa batuan khususnya Batupasir Berea. Hal ini ditunjukkan dari hasil porositas 2-Dimensi tiap irisan dari Metode *Otsu* menghasilkan nilai yang sangat fluktuatif.



Gambar 9. Perbedaan persebaran konektifitas pori, khususnya pada daerah yang dilingkari berwarna merah, sebagai hasil dari *thresholding* dengan Metode (kiri) *Adaptive Mean* (kanan) *Adaptive Median*

KESIMPULAN

Dalam analisis batuan secara digital, pada umumnya akan dihasilkan citra yang memiliki iluminasi yang tidak merata. Dengan metode *Otsu*, citra biner yang dihasilkan memiliki visualisasi yang tidak merepresentasikan citra skala keabuan dengan baik. Sementara itu, iluminasi yang tidak merata dapat diatasi dengan lebih baik menggunakan metode *adaptive*. Pada kasus sampel yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu Batupasir Berea dengan resolusi rendah (resolusi pada rentang 19-36 μ m), didapatkan hasil citra biner yang paling baik menggunakan metode *adaptive* dengan sebaran statistik *Median*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Luluan Almanna Lubis dari Universiti Teknologi Petronas yang telah membantu kami dalam menyediakan sampel Batupasir *Berea* serta Laboratorium Micro-CT, Basic Science Advanced (BSC) – A FMIPA ITB yang telah memfasilitasi kami dalam pengambilan data.

REFERENSI

1. Chris Solomon. *Fundamentals of Digital Image Processing*. Wiley Blackwell, West Sussex (2011)
2. Gary Mavko. *The Rock Physics Handbook*. Cambridge University Press, New York (2009)
3. N. Otsu, *A Threshold Selection Method from Gray-Level Histogram*, IEEE TRANSCATION ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS (1979)
4. T.Romen Singh, Sudipto Roy, O. Imocha Singh, Tejmani Sihnam, dan Kh. Manglehm Singh, *A New Local Adaptive Thresholding Technique in Image Binarization*, INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE ISSUES, Volume 8, Issue 6. No. 2 (2011)