Identifikasi Perambatan Gelombang pada Batuan Berpori dengan Bantuan Jaringan Syaraf Tiruan pada Matlab dan Sistem Operasi Linux

John Adler
Teknik Komputer, Universitas Komputer Indonesia (UNIKOM)

Abstract

Parameter gelombang seismik memainkan peran yang sangat penting untuk mengkarakterisasi sifat reservoar sedangkan parameter pori adalah salah satu parameter yang paling penting dari reservoar. Oleh karena itu, fenomena perambatan gelombang dalam media berpori penting untuk dipelajari. Berdasarkan pada riset ini , metode tidak langsung pengukuran pori berdasarkan perambatan gelombang seismik dapat dikembangkan .

Porositas memainkan peran penting dalam reservoar, karena porositas berfungsi sebagai wadah fluida. Ada banyak jenis porositas seperti porositas primer maupun sekunder. Batuan karbonat terdiri dari berbagai jenis porositas, diantaranya : porositas inter-granular, moldic *dan juga retakan. Kompleksitasnya jenis pori dalam batuan karbonat membuat perambatan gelombang pada batuan ini lebih kompleks daripada reservoar pasir .*

Kami telah mempelajari perambatan gelombang secara numerik dalam batuan karbonat oleh perbedaan pemodelan beda-hingga dalam domain ruang-waktu. Medium perambatan gelombang dimodelkan oleh hasil pengenalan pola menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Citra pada Thin Slice *(sayatan tipis) batuan karbonat kemudian diterjemahkan ke dalam matriks kecepatan. Masing-masing mineral termasuk pori citra* Thin Slice *diterjemahkan ke dalam kecepatan karena mineral memiliki kecepatan yang unik. Setelah model kecepatan matriks dikembangkan, gelombang seismik dirambatkan secara numerik dalam model ini .*

Fenomena difraksi jelas ditunjukkan saat gelombang merambat di dalam medium karbonat kompleks ini. Gelombang seismik dimodelkan dalam berbagai frekuensi . Hasilnya menunjukkan fenomena dispersif dimana frekuensi gelombang tinggi cenderung merambat dalam matriks sebaliknya tidak dapat merambat dalam pori-pori. Di sisi lain, gelombang frekuensi rendah cenderung untuk merambat melalui ruang pori meskipun kecepatan pori sangat rendah . Oleh karena itu, fenomena dispersif dari perambatan gelombang seismik dapat menjadi teknologi pengukuran tidak langsung masa depan untuk memprediksi keberadaan atau intensitas ruang pori dalam batuan reservoar . Ini akan sangat berguna untuk karakterisasi reservoar masa depan .

Kata kunci : *batuan karbonat , fenomena dispersif , fisika batuan*

1. Pendahuluan

Karakterisasi reservoir hidrokarbon, yaitu penggambaran struktur dan deskripsi variasi litologi dan variasi spasial dalam parameter reservoar, sangat penting dalam pengembangan ladang minyak dan produksi. Karakterisasi reservoar utamanya mengandalkan informasi dari data sumur, umumnya diperoleh hanya dari beberapa sumur.

Parameter pori memainkan peran penting dalam reservoar, terutama untuk reservoar fluida. Beberapa model perambatan gelombang seismik dalam zona berpori, terutama efek pori maupun fluida pori terhadap kecepatan telah diteliti oleh beberapa penulis [1,2,3,4].

Dalam makalah ini, kami akan menunjukkan efek heterogenitas karbonat dalam perambatan gelombang, dalam berbagai frekuensi.

2. Perambatan Gelombang Seismik dalam Pori

Beberapa penulis telah meneliti efek dari pori-pori dalam perambatan gelombang seismik [5,6,7]. Biot [5] telah menghubungkan efek frekuensi gelombang seismik dan parameter pori berdasarkan persamaan berikut:

$$\omega_c = \frac{\mu\phi}{k\rho_f} \qquad (1)$$

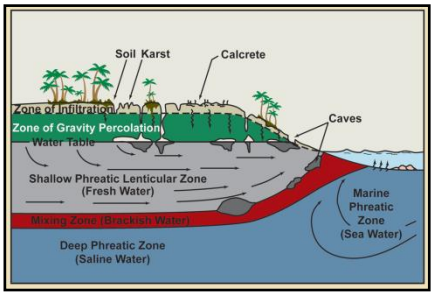
ω_c adalah frekuensi sudut, μ adalah viskositas fluida; k adalah permeabilitas rangka, ρ_f adalah koefisien tekanan (*stress*) efektif pori-elastik.

Dalam makalah ini, kami ingin menunjukkan keberadaan efek pori dalam parameter perambatan gelombang seismik. Dengan pemodelan numerik dan pemodelan *Fresnel* terhadap perambatan gelombang seismik. Kedua pemodelan untuk perambatan gelombang-P tanpa mempertimbangkan viskositas fluida. Dan juga permeabilitas rangka batuan. Inputan

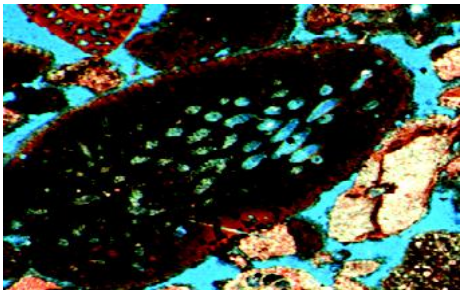
hanya kecepatan gelombang-P dari rangka batuan dan pori termasuk fluida pori.

3. Jenis Pori Batuan Karbonat

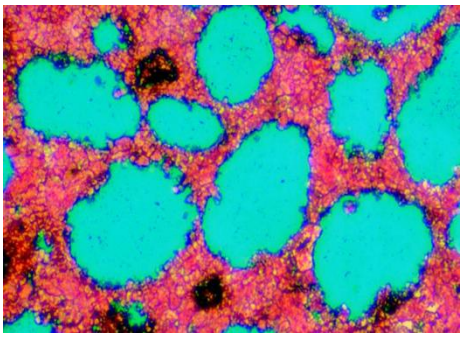
Batuan karbonat memiliki berbagai jenis pori, yaitu: pori antar butir atau pori antar kristal, pori *moldic* (intra fosil), dan *cavernous*, pori retakan. Pori diagenetis dalam karbonat dapat dilihat pada gambar 1, porositas *moldic* pada gambar 2 dan porositas *ooid* pada gambar 3.



Gambar 1. Mekanisme yang menghasilkan sistem pori diagenetis dalam karbonat [16].



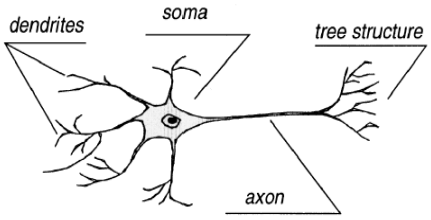
Gambar 2. Porositas *Mouldic*.



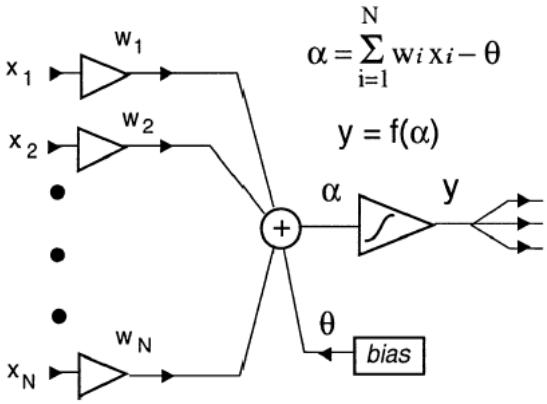
Gambar 3. Porositas *Ooid*.

4. Menerjemahkan Citra *Thin Slice* ke dalam Kecepatan Menggunakan Jaringan Syaraf

Jaringan saraf adalah salah satu prosedur komputasi yang meniru sedekat mungkin dengan cara kerja otak. Oleh karena itu prosedur komputasi akan meniru bagaimana sebuah neuron bekerja seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4 dan gambar 5.



Gambar 4. Struktur neuron.



Gambar 5. Sel untuk perhitungan jaringan syaraf.

Untuk model perambatan gelombang dalam batuan karbonat, kita menggunakan citra dari *thin slice* batuan karbonat. Batuan karbonat dapat diwarnai oleh pewarna biru (*blue dye*) untuk memberi warna biru dalam daerah berpori dan kemudian dicelupkan oleh *alzherine* untuk membedakan antara dolomit dan kalsit.

Citra *thin slice* ini kemudian dilatih oleh Jaringan Syaraf menggunakan sel jaringan saraf yang ditunjukkan oleh gambar 5. Prosedur pelatihan terletak dalam beberapa posisi seperti yang ditunjukkan pada gambar 6. Di lokasi ini, mesin jaringan saraf dilatih untuk mengidentifikasi pori, dolomit dan kalsit.

Pori-pori teridentifikasi dengan warna biru, dolomit dengan warna merah dan kalsit dengan warna putih .

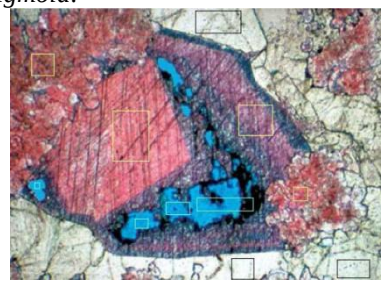
Kami menggunakan Jaringan Syaraf *perceptron* banyak lapisan (*multi-layer*) (setelah [9]) yang keluarannya akan memprediksi sel Jaringan Syaraf yang telah dirumuskan dalam persamaan 2 :

 (2)

Kemudian, kami telah meminimalkan sekumpulan kesalahan pelatihan dengan meminimalkan mengikuti persamaan berikut :

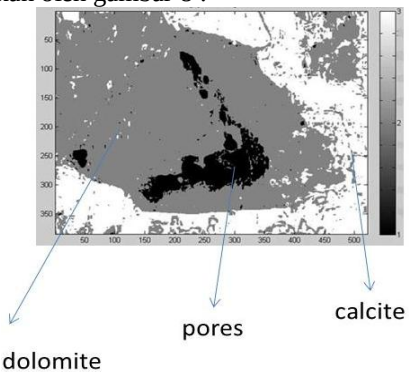
$$E = -\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{i\neq j=1}^{n} w_{ij}x_i x_j - \sum_{i=1}^{n}\phi_i \quad (3)$$

dimana *w* menunjukkan berat, *x* menunjukkan inputan, ϕ menunjukkan nilai sebenarnya dalam objek pelatihan, Θ adalah bias, n_h menunjukkan jumlah lapisan tersembunyi dan σ menunjukkan fungsi aktivasi *sigmoid*.

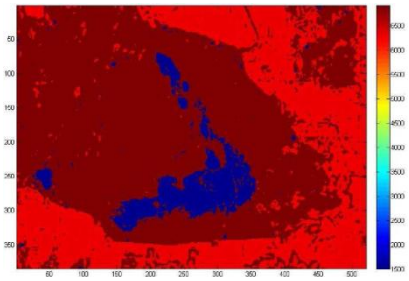


Gambar 6. Citra *Thin Slice* dari batuan karbonat .

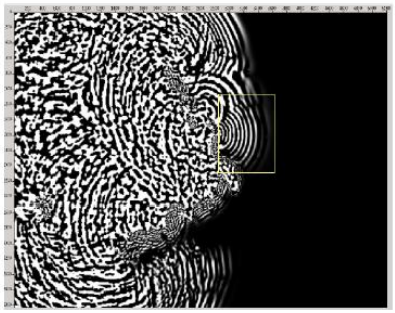
Prediksi nilai litofasies dihasilkan dari Jaringan Syaraf yang ditunjukkan oleh gambar 7, kemudian digantikan oleh kecepatan dolomit, pori dan kalsit yang ditunjukkan oleh gambar 8 .



Gambar 7. Prediksi Litofasies oleh Jaringan Syaraf



Gambar 8. Matriks kecepatan dari batuan karbonat .



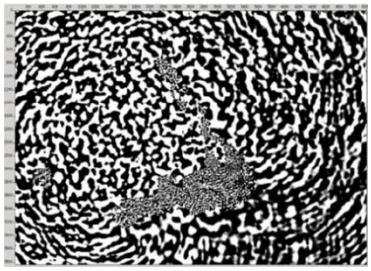
Gambar 9. Perambatan gelombang seismik melalui model yang ditunjukkan pada gambar 8

5. Pemodelan Perambatan Gelombang Seismik dalam Batuan Karbonat

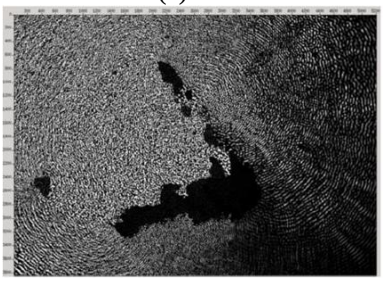
Beberapa penulis mempelajari pengaruh porositas pada perambatan gelombang seismik [10,11,12,13,14] baik berdasarkan teori Biot dan teori Squirt. Dalam makalah ini kita akan mempelajari tentang fenomena perambatan gelombang seismik dalam batuan karbonat menggunakan berbagai macam frekuensi, gelombang merambat dalam medium elastis yang mengandung sistem pori.

Pemodelan gelombang seismik menggunakan algoritma Kelly dkk [15] yang mensimulasikan gelombang seismik menggunakan beda-hingga. Dalam pemodelan perambatan gelombang seismik ini menganggap hanya gelombang-P saja.

Hal ini jelas ditunjukkan pada gambar 10 dan 10b, amplitudo gelombang-P dengan frekuensi tinggi (1000Hz) lebih dilemahkan dalam ruang pori daripada amplitudo gelombang-P dengan frekuensi rendah (100Hz).

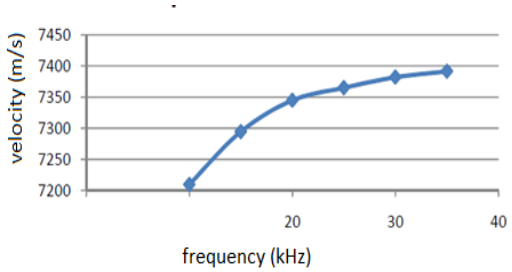


(a)



(b)

Gambar 10. Pemodelan gelombang seismik menggunakan berbagai frekuensi.
(a) pemodelan menggunakan 100 Hz,
(b) pemodelan menggunakan 1000 Hz.



Gambar 11. Pemodelan kecepatan gelombang melalui kecepatan dari gambar 8 menggunakan berbagai frekuensi .

Pemodelan gelombang dilakukan juga dalam berbagai frekuensi yang diposisikan gelombang sumber di sebelah kiri matriks kecepatan dan penerima terletak di sisi kanan matriks kecepatan, kecepatan gelombang seismik-P menunjukkan terjadinya fenomena dispersi seperti gambar 11.

6. Kesimpulan

Batuan karbonat terdiri dari berbagai jenis porositas dimana kompleksitas jenis pori dalam batuan karbonat memainkan peran yang penting dalam perambatan gelombang seismik .

Gelombang frekuensi tinggi memberikan atenuasi yang lebih tinggi dalam ruang pori daripada gelombang seismik berfrekuensi rendah. Fenomena dispersif disebabkan oleh keberadaan pori yang dapat diamati dengan jelas oleh pemodelan gelombang seismik.

Gelombang frekuensi tinggi cenderung merambat dalam matriks tidak bisa merambat melewati pori-pori. Di sisi lain, gelombang frekuensi rendah cenderung untuk merambat melalui ruang pori meskipun kecepatan pori sangat rendah.

Ucapan Terimakasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Lab WISFIR dan Lab Rock-Fluid Imaging untuk menyediakan semua fasilitas penelitian untuk proyek ini.

7. Referensi

[1] Biot, M.A., 1956a, *Theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid, Part I: Low frequency range:* Journal of the Acoustical Society of America, 28, no. 2, 168–178.

[2] ———, 1956b, *Theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid, Part II:Higher frequency range:* Journal of the Acoustical Society of America, 28, no. 2, 179–191.

[3] Berryman, J. B., 1988, *Seismic wave attenuation in fluid-saturated porous media*: PAGEOPH, 128, 423.

[4]Batzle, M. L., and Wang, Z., 1992, *Seismic properties of pore fluids:* Geophysics, 57, 1396–1408.

[5] Biot, M. A., 1962, *Mechanics of deformation and acoustic propagation in porous media:* Journal of Applied Physics, 33, 1482–1498.

[6] Gassmann, F., 1951, *Elastic waves through a packing of spheres:* Geophysics, 16, 673–685.

[7] Gurevich, B., Ciz, R., and Denneman, A. I. M., 2004, *Simple expressions for normal incidence reflection coefficients from an interface between fluid saturated porous materials*, Geophysics, 69, No. 6, P. 1372–1377.

[8] Van Der Baan, M., and Jutten, C., 2000, *Neural networks in geophysical applications*, Geophysics, 65, 4, P. 1032–1047.

[9] Carcione, J. M., H. B. Helle, and N. H. Pham, 2003, *White's model for wave propagation in partially saturated rocks: Comparison with poroelastic numerical experiments*: Geophysics, 68, 1389–1398.

[10]Carcione, J. M., and S. Picotti, 2006, *P-wave seismic attenuation by slow-wave diffusion: Effects of inhomogeneous rock properties:* Geophysics, 71, no. 3, O1–O8.

[11] Dutta, N. C., and H. Ode, 1979a, *Attenuation and dispersion of compressional waves in fluid-filled porous rocks with partial gas saturation (White model) — Part I: Biot theory*: Geophysics, 44, 1777–1788.

[12] ———, 1979b, *Attenuation and dispersion of compressional waves in fluid-filled porous rocks with partial gas saturation (White model) — Part II: Results:* Geophysics, 44, 1789–1805.

[13] Silin, D., and G. Goloshubin, 2010, *An asymptotic model of seismic reflection from a permeable layer:Transport in Porous Media*, 83, no. 1, 233–256.

[14] Kelly, R. W., Ward, R.W., Treitel, S., Alford, R. M., 1976, *Synthetic Seismograms: A Finite-Difference Approach*, Geophysics, 41, 1, P. 2-27.

[15] Scholle, P. A., James, N. P., dan Read, J. F. (1989): *Carbonate Sedimentology and Petrology, Volume 4, Short Course*, American Geophysics Union.

[16] Scholle, P. A., and Ulmer-scholle, D. S. (2003) : *a colour guide to the Petrography of carbonates rocks : grain, texture, porosity, diagenesis."* American association of petroleum geologist, Tulsa-Oklahoma.