



UNIVERSITAS INDONESIA

**INVERSI SEISMİK SIMULTAN UNTUK MENGEKSTRAK
SIFAT PETROFISIKA RESERVOAR GAS : KASUS
LAPANGAN BLACKFOOT**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister

**BUDI RIYANTO
0806420852**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM PASCASARJANA FISIKA
KEKHUSUSAN GEOFISIKA RESERVOAR
JAKARTA
JUNI, 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Budi Riyanto

NPM : 0806420852

Tanda Tangan :.....

Tanggal :26 Juni 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Budi Riyanto
NPM : 0806420852
Program Studi : Magister Kekhususan Geofisika Reservoar
Judul Tesis : Inversi Seismik Simultan untuk Mengekstrak
Sifat Petrofisika Reservoar Gas : Kasus
Lapangan Blackfoot

Telah berhasil dipertahankan di hadapan dewan penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Fisika, pada Program Studi Kekhususan Geofisika Reservoar, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Abdul Haris ()
Penguji : Prof. Dr. Suprayitno Munadi ()
Penguji : Dr. Waluyo ()
Penguji : Dr. Ricky Adi Wibowo ()

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 8 Juli 2010

Kata Pengantar

Puji dan Syukur kepada Allah Yang Maha Kuasa, atas anugerah-Nya, bimbingan serta jalan keluar, dan atas segala yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Tesis yang berjudul “Inversi Seismik Simultan untuk Mengekstrak Sifat Petrofisika Reservoir Gas : Kasus Lapangan Blackfoot” disusun untuk memenuhi salah satu prasyarat menyelesaikan pendidikan di Kekhususan Geofisika Reservoir, Program Pascasarjana Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Indonesia

Penulis menyadari bahwa tesis yang telah penulis susun masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran, kritik dan masukan dari semua pihak sangat penulis harapkan demi kesempurnaan laporan ini.

Pada kesempatan ini pula penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penelitian dan penyusunan Tesis ini. Ucapan terima kasih terutama penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Suprajitno Munadi, terimakasih atas kesempatannya untuk berdiskusi dengan bapak semenjak awal penulisan tesis ini.
2. Bapak Dr. Abdul Haris selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis, sehingga dapat menyelesaikan tesis ini.
3. Seluruh dosen dan staf administrasi Kekhususan Geofisika Reservoir FMIPA UI, terimakasih atas segala bimbingan dan bantuannya.
4. Ibu penulis, Ibu Sutyem yang selalu berdo'a dan mengorbankan segalanya untuk penulis. Serta kakak - kakak penulis (Mbak Sus, Mas Min, Mas Pur, Mbak Anik, Mbak Prapti dan Mas Wid) yang tidak henti - hentinya memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis. Saya sangat menyayangi kalian semua. Juga ponakan-ponakan ku yang lucu, Zahwa, Galih, Lintang dan Frisa I love you full.
5. Gadang, Mbak Dyah, Cakra, Tika dan Quin yang menjadi teman diskusi selama ini. Khususnya Gadang yang selalu menjadi teman berkeluh kesah dalam segala hal, malam-malam bermotor berdua ke rumah dosen, ke kampus. Terimakasih "brother hood".

6. Fandy, terimakasih atas masukan dan diskusinya, tempat bertukar fikiran dan gila-gilaan. Selalu sama sejak 10 tahun lalu.
7. Ciani yang tiap hari selalu mengingatkan dan menawarkan bantuan, terimakasih banyak, Mas Adhy terimakasih atas segala bantuan dan informasinya.
8. dr. Yogi, Mas Rudy dan Mas Yoga yang terus kasih semangat di saat – saat jenuh.
9. Teman – teman Geofisika Reservoir UI angkatan 2008 (Tanpa terkecuali).
10. Teman – teman kosan (Mas Arif, Mbak Hana, si endut Yogi, Ryan, Sandi Izham dan Mas Dedi) terimakasih bantuannya.
11. Terima Kasih dan mohon maaf yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak lain yang telah membantu namun terlewatkan oleh penulis.

Semoga tesis ini ada manfaatnya, terutama untuk memperkaya khasanah penelitian dan pendidikan di FMIPA UI pada khususnya dan Indonesia pada umumnya.

Jakarta, Juni 2010

Budi Riyanto

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Budi Riyanto
NPM : 0806420852
Proram Studi : Kekhususan Geofisika Reservoar
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui dan memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Inversi Seismik Simultan Untuk Mengekstrak Sifat Petrofisika Reservoar Gas : Kasus Lapangan Blackfoot”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Jakarta
Pada Tanggal 26 Juni 2010

Yang menyatakan


(Budi Riyanto)

ABSTRAK

Nama : Budi Riyanto
Program Studi : Geofisika Reservoir
Judul Tesis : Inversi Seismik Simultan Untuk Mengekstrak Sifat Petrofisika Reservoir Gas : Kasus Lapangan Blackfoot

Membangun sebuah model reservoir membutuhkan informasi tentang parameter petrofisika. Parameter ini digunakan sebagai dasar dan masukan untuk analisis karakteristik reservoir yang akan digunakan sebagai penentu arah dan tujuan pengembangan reservoir. Adanya ketidakpastian distribusi spasial sifat petrofisika reservoir menimbulkan beberapa pertanyaan, bagaimana sebaran sifat petrofisika reservoir di setiap tempat dan ke mana arah penyebaran reservoir. Data seismik yang telah termigrasi terkadang masih memperlihatkan karakter refleksi yang kurang jelas sehingga menimbulkan ambiguitas dalam proses interpretasi. Dengan metode inversi seismik, jejak seismik dapat diubah menjadi impedansi akustik yang mewakili sifat fisik lapisan reservoir. Teknik ini mampu mempertajam bidang batas antar lapisan dan memperkirakan ketebalan lapisan.

Telah dilakukan analisis AVO dan inversi seismik simultan untuk mengekstrak sifat petrofisika reservoir gas di lapangan Blackfoot. Dalam inversi simultan, Z_p , Z_s dan densitas dihitung secara langsung dari data *pre-stack gather*. Koefisien k , k_c , m dan m_c dihitung menggunakan data log sumur. ΔL_S dan ΔL_D merupakan deviasi antara data dengan hasil plot hidrokarbon. Setelah melakukan proses inversi dan mendapatkan parameter impedansi P (Z_p) dan impedansi S (Z_s), proses selanjutnya adalah melakukan ekstraksi konstanta-konstanta elastik (inkompresibilitas (λ) & rigiditas (μ)) dan melakukan *cross-plot* antara $\lambda\rho$ vs $\mu\rho$. Interpretasi kuantitatif dilakukan dengan memprediksi parameter-parameter petrofisika batuan dan arah penyebarannya. Interpretasi kualitatif untuk mengetahui tipe atau jenis batuan dan sebagai indikator ada tidaknya akumulasi hidrokarbon.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa ketebalan zona target *channel* Glauconitic yang diperoleh dari data sumur ± 7 m. Analisis AVO mampu mendeteksi keberadaan gas di lapangan Blackfoot tetapi hasilnya masih menimbulkan ambiguitas dalam interpretasi. Keberadaan zona gas terdeteksi di sekitar sumur 01-17 terbukti dengan nilai positif dari *secondary attribute product* ($A*B$) dan anomali negatif dari *secondary attribute scaled Poisson's ratio*. Pemisahan gas jelas terlihat dari hasil inversi simultan parameter petrofisika $\Lambda - \rho$. Sifat petrofisika ini dikaitkan dengan sifat inkompresibilitas fluida. Nilai $\Lambda - \rho$ yang kecil mengindikasikan adanya gas di area ini. Dari hasil penelitian ini secara keseluruhan disimpulkan bahwa lapangan Blackfoot merupakan reservoir *sand*, di mana pada lokasi sekitar sumur 01-17 berisi gas. Gas tersebar secara terbatas di sekitar sumur 01-17

Kata kunci :
AVO, inversi simultan, reservoir, seismik, sifat petrofisika

ABSTRACT

Name : Budi Riyanto
Study Program : Reservoir Geophysics
Title : Simultaneous Seismic Inversion to Extract Petrophysical Properties of Gas Reservoir: Case Study of Blackfoot Field

Reservoir model building needs petrophysical parameter information. This parameter is used as a base and input to analyze the characteristic of the reservoir which will be used as a guidance for reservoir development. The uncertainty of spatial distribution of the reservoir's petrophysic leads to questions, how is the spreads of the petrophysical parameter and where is the direction of the reservoir extension. Migrated seismic data sometime shows unclear reflection character which causing ambiguity in the interpretation. With seismic inversion method, seismic trace can be changed into acoustic impedance which represent the physical property of the reservoir layer. This technique enhance the layer boundary and give an estimation of layer thickness.

An AVO analysis and simultaneous seismic inversion have been applied to extract the petrophysic property of gas reservoir in Blackfoot field. In simultaneous inversion, Z_p , Z_s and density calculated directly from pre-stack gather data. k , k_c , m and m_c calculated using well log data. ΔL_S and ΔL_D are the deviation between data with hydrocarbon plot result. After the inversion process and generating P-impedance parameter (Z_p) and S-impedance (Z_s), the next process is to extract elastic constants (incompressibility (λ) & rigidity (μ)) and generate a *cross-plot* between $\lambda\rho$ vs $\mu\rho$. Qualitative interpretation has been done by prediction of rock petrophysic properties and direction of its extends. This interpretation is used to determine the rock type and as an indicator of hydrocarbon existence.

The result shows that the thickness of the target zone Glauconitic channel which is given by the well data is ± 7 m. AVO analysis is able to detect the gas existence in Blackfoot field, but the result is still giving ambiguity in interpretation. The gas zone detected in the surrounding of well 01-17, proved by the positive value of *secondary attribute product* ($A*B$) and the negative anomaly of *secondary attribute scaled Poisson's ratio*. Gas separation is clearly visible as a result of simultaneous inversion from petrophysical parameter $\text{Lambda} - \text{Rho}$. This petrophysical properties is then correlated with the fluid incompressibility. Small value of $\text{Lambda} - \text{Rho}$ indicates the gas existence in the area. From the result of this research it is concluded that in general the Blackfoot field is a sand reservoir, where in the location near well 01-17 is filled with gas. The gas has a limited spreads around well 01-17

Key words:

AVO, simultaneous inversion, reservoir, seismic, petrophysical property

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pernyataan Orisinalitas	ii
Halaman Pengesahan	iii
Kata Pengantar	iv
Abstrak	vii
Abstract	viii
Daftar isi	ix
Daftar Gambar	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan	2
1.4 Sistematika Penulisan	3
BAB II GEOLOGI LAPANGAN BLACKFOOT	4
BAB III DASAR TEORI	
III.1 Sinyal dan Sistem	7
III.2 Sinyal Seismik	9
III.3 Hukum Snellius pada Gelombang Seismik	10
III.4 Koefisien Refleksi dan Transmisi	12
III.5 Persamaa Zoeppritz dan Konsep <i>Pre – Stack AVO</i>	13
III.6 Lambda – Mu – Rho (LMR)	16
BAB IV PENGOLAHAN DATA	
IV.1 Alat dan Bahan	19
IV.2 Analisis Penentuan Target dan Persiapan Data	19
IV.3 Inversi Simultan Lambda – Rho & Mu – Rho	25
IV.3.1 Parsial Stack	25
IV.3.2 Estimasi Wavelet	27
IV.3.3 Inversi untuk menentukan Z_p dan Z_s	27
IV.3.4 Interpretasi Lambda – Mu – Rho	32
IV.4 Diagram Alir Pengolahan Data	33
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	

V.1	Analisis AVO	34
V.2	Inversi Simultan	39
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		
VI.1	Kesimpulan	48
VI.2	Saran	49
REFERENSI		
LAMPIRAN A ANALISIS SENSITIFITAS		
		52



DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Lokasi daerah penelitian, lapangan Blackfoot
- Gambar 2.2 Stratigrafi lapangan Blackfoot, tanda elips merah merupakan zona target yang merupakan chanel Glauconitic (reka ulang dari Miller, 1996)
- Gambar 3.1 Trace kompleks, bagian riil dan imajiner
- Gambar 3.2 Pemantulan dan pembiasan pada bidang batas dua medium
- Gambar 3.3 Koefisien refleksi sudut datang nol (reka ulang dari Munadi,1991)
- Gambar 3.4 Analisis AVO, contoh AVO kelas III, terjadinya kenaikan amplitudo dengan semakin bertambahnya offset
- Gambar 3.5 Klasifikasi kelas AVO (Rutherford & Williams, 1989)
- Gambar 3.6 Garis Mudrock, dengan V_p/V_s konstan, persamaan Gardner pada AVO, cross plot intersep (A) dan gradien (B) (Castagna et al., 1998)
- Gambar 3.7 Interpretasi *cross plot* lambda-rho vs Mu-rho (Goodway et all, 1997)
- Gambar 4.1. Zona target sumur 01-17, data log gamma ray, densitas, NPSS, Resistivitas, SP dan P-wave. Cross over antara data log NPSS dan Densitas.
- Gambar 4.2 Anomali pada data *stack* seismik pada kedalaman Glauconitic, yang merupakan bagian dari Group Manville.
- Gambar 4.3 Seismik *gather Inline 15 Xline 15*, data *gather* sudah mengalami proses *outer mute* sehingga tidak diperlukan lagi *mute*.
- Gambar 4.4 Seismik *gather* setelah *bandpass filter* (5-10-30-80) *Inline 15 Xline 15* hasil filter data terlihat lebih bersih
- Gambar 4.5 Seismik *gather* setelah *supergather Inline 15 Xline 15*, *random noise* efektif berkurang setelah proses *supergather*
- Gambar 4.6 Seismik *gather* setelah *trims statics*, *traces* seimik terlihat lebih lurus setelah proses *trims statics*

- Gambar 4.7 *Well seismic tie* dengan sumur 01-17, besarnya koefisien korelasi 0.773
- Gambar 4.8 *Well seismic tie* dengan sumur 05-16, besarnya koefisien korelasi 0.632.
- Gambar 4.9 *Well seismic tie* dengan sumur 08-08, besarnya koefisien korelasi 0.645
- Gambar 4.10 *Well seismic tie* dengan sumur 12-16, besarnya koefisien korelasi 0.765
- Gambar 4.11a Parsial stack near offset, sudut $5^{\circ} - 15^{\circ}$
- Gambar 4.11b Parsial stack middle offset, sudut $15^{\circ} - 25^{\circ}$
- Gambar 4.11c Parsial stack middle offset, sudut $25^{\circ} - 35^{\circ}$
- Gambar 4.12 Analisis wavelet parsial stack, near, middle dan far offset
- Gambar 4.13 Korelasi model (*angle gather* sintetis) pada sumur 01-17 terhadap data *angle gather* riil, nilai korelasi 0.836
- Gambar 4.14 Korelasi model (*angle gather* sintetis) pada sumur 05-16 terhadap data *angle gather* riil, nilai korelasi 0.916
- Gambar 4.15 Korelasi model (*angle gather* sintetis) pada sumur 08-08 terhadap data *angle gather* riil, nilai korelasi 0.802
- Gambar 4.16 Korelasi model (*angle gather* sintetis) pada sumur 12-16 terhadap data *angle gather* riil, nilai korelasi 0.864
- Gambar 4.17 Analisis pada data *gather* sintetis, *Inline 15 Xline 51 - 61*. Dari analisis AVO menunjukkan bahwa data masuk dalam AVO kelas III
- Gambar 4.18 *Well color data plot* 4 sumur, interpretasi $\ln(Z_p)$, $\ln(Z_s)$ dan $\ln(\rho)$ untuk penentuan k , k_c , m , m_c , ΔL_S dan ΔL_D
- Gambar 4.19 Model impedansi yang dibuat berdasarkan data 4 sumur dengan range impedansi 4500 – 17000 (m/s)*(g/cc)
- Gambar 4.20 Diagram alir pengolahan data
- Gambar 5.1 *Product* intersep dan gradien ($A*B$) pada data seismik *Xline 47*, sumur 08-08, 01-17, 05-16 dan 12-16, jangkauan data -1 s/d 1
- Gambar 5.2 *Scaled Poisson's Ratio* pada data seismik *xline 47*, sumur 08-08, 01-17, 05-16 dan 12-16, jangkauan data -1 s/d 1

- Gambar 5.3 Peta intersep (A) AVO pada horison *gth top chanel* Glauconitic, nilai positif merah, nilai negatif biru
- Gambar 5.4 Peta gradien (B) AVO pada horison *gth top chanel* Glauconitic, nilai positif merah, nilai negatif biru
- Gambar 5.5 Peta *secondary attribute product* (A*B) pada horison *gth top chanel* Glauconitic, nilai positif merah, nilai negatif biru
- Gambar 5.6 Peta *secondary attribute scaled Poisson's ratio* pada horison *gth top chanel* Glauconitic
- Gambar 5.7 Ekstraksi Z_p pada data seismik *xline* 47, sumur 08-08, 01-17, 05-16 dan 12-16
- Gambar 5.8 Ekstraksi Z_s pada data seismik *xline* 47, sumur 08-08, 01-17, 05-16 dan 12-16
- Gambar 5.9 Ekstraksi parameter petrofisika $\Lambda - \rho$ pada data seismik *xline* 47, sumur 08-08, 01-17, 05-16 dan 12-16
- Gambar 5.10 Ekstraksi parameter petrofisika $\mu - \rho$ pada data seismik *xline* 47, sumur 08-08, 01-17, 05-16 dan 12-16
- Gambar 5.11 Peta parameter petrofisika $\Lambda - \rho$ pada *top chanel* Glauconitic
- Gambar 5.12 Peta parameter petrofisika $\mu - \rho$ pada *top chanel* Glauconitic
- Gambar 5.13 *Cross plot* $\Lambda - \rho$ terhadap $\mu - \rho$ untuk penentuan zonasi *gas sand* pada lapangan Blackfoot
- Gambar 5.14 Sebaran *gas sand* pada data seismik *Xline* 47 lapangan Blackfoot, hasil *cross plot* $\Lambda - \mu - \rho$