

**PEMETAAN DISTRIBUSI PROBABILITAS HIDROKARBON  
DENGAN APLIKASI AVO FLUID INVERSION  
(STUDI KASUS LAPANGAN BLACKFOOT)**

**TESIS**

**TEZAR IRAWAN  
0606001525**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM PASCA SARJANA ILMU FISIKA  
KEKHUSUSAN GEOFISIKA RESERVOIR  
JAKARTA  
MEI 2009**

**PEMETAAN DISTRIBUSI PROBABILITAS HIDROKARBON  
DENGAN APLIKASI AVO FLUID INVERSION  
(STUDI KASUS LAPANGAN BLACKFOOT)**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
Gelar Magister Bidang Sains dan Matematika  
Program Studi Ilmu Fisika Kekhususan Geofisika Reservoir**

**Oleh:**

**TEZAR IRAWAN  
0606001525**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM PASCA SARJANA ILMU FISIKA  
KEKHUSUSAN GEOFISIKA RESERVOIR  
JAKARTA  
MEI 2009**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Tezar Irawan**  
**NPM : 0606001525**  
**Tanda Tangan :**  
**Tanggal : 23 Mei 2009**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :  
Nama : Tezar Irawan  
NPM : 0606001525  
Program Studi : Geofisika Reservoir  
Judul tesis : Pemetaan Distribusi Probabilitas Hidrokarbon  
dengan Aplikasi AVO Fluid Inversion  
(Studi Kasus Lapangan Blackfoot)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Fisika Kekhususan Geofisika Reservoir, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

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

**Ketua Program Studi Magister Fisika  
Program Pascasarjana FMIPA – UI**

Dr. Dedi Suyanto

NIP: 130935271

Ditetapkan di : Universitas Indonesia, Salemba, Jakarta

Tanggal : 23 Mei 2009

## UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, segala puja dan puji syukur kehadiran Allah SWT, Penguasa alam semesta dan sumber dari segala ilmu pengetahuan, atas segala berkah dan rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan segala kekurangan, ketidaksempurnaan dan keterbatasan penulis.

Terima kasih kepada Dr. Abdul Haris, selaku dosen pembimbing, atas segala bantuan, kritik dan saran yang diberikan untuk penyelesaian tesis ini.

Kepada para dosen penguji, Prof. Dr. Suprayitno Munadi, Dr. Waluyo dan Dr Ricky W., terima kasih atas segala kritik, saran dan masukan yang telah diberikan untuk perbaikan penulis ke depan. Tak lupa pula penulis haturkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada segenap dosen, staff dan karyawan Program Studi Ilmu Fisika Kekhususan Geofisika Reservoir S2 Universitas Indonesia atas segala waktu dan tenaganya dalam menambah ilmu, kualitas dan wawasan serta membantu penulis.

Kepada ayah dan bunda tercinta, H.M.Ardiansjah dan Hj. Rosita, terima kasih atas segala pengorbanan, jerih payah, cinta tulus tanpa pamrih yang tak pernah pudar kepada penulis. Terima kasih juga kepada abang dan adik-adikku, yang selalu memberi semangat dan dukungan.

Kepada istriku tercinta, Puti Ramadhani, terima kasih atas perhatian dan motivasi yang tak pernah henti. Kepada anakku yang kelak menyinari dunia, kupersembahkan tesis ini untukmu.

Terima kasih kepada Dina, Gunawan, Vita, Iin, Budi dan semua rekan-rekan mahasiswa S2 Geofisika Reservoir UI angkatan 2006, semoga hubungan baik yang sudah terjalin ini terus berlanjut tak putus di lekang waktu.

Jakarta, 10 Mei 2009

Penulis

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

---

---

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

Nama : Tezar Irawan  
NPM : 0606001525  
Program Studi : Magister Sains  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis karya : Tesis

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

Pemetaan Distribusi Probabilitas Hidrokarbon dengan Aplikasi AVO Fluid  
Inversion (Studi Kasus Lapangan Blackfoot)

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari 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 : 23 Mei 2009  
Yang menyatakan

( Tezar Irawan)

## SARI

Nama : Tezar Irawan  
Program Studi : Magister Sains Geofisika Reservoir  
Judul : Pemetaan Distribusi Probabilitas Hidrokarbon dengan Aplikasi  
AVO Fluid Inversion (Studi Kasus Lapangan Blackfoot)

Analisa AVO dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis lithologi dan kandungan fluida yang menyebabkan anomali amplitudo. Jenis kandungan fluida diketahui berdasarkan nilai *Poisson's ratio* yang merupakan fungsi dari kecepatan gelombang kompresional (*P-wave*) dan gelombang *shear (S-wave)*.

Perkembangan dari AVO dalam mengidentifikasi hidrokarbon di reservoir adalah metode *Amplitude Variation with Offset (AVO) Fluid Inversion*. Metode ini digunakan untuk menganalisa dan memahami ketidakpastian (*uncertainty*) pada proses AVO. Dengan melakukan analisis *AVO Fluid Inversion (AFI)* akan didapat *fluid properties* dari reservoir target dan juga probabilitas penyebaran dari fluida itu.

Model *Intercept-Gradien* untuk nilai sintetik dikalibrasi dengan model *Intercept-Gradien* dari data seismik. Hasil analisis yang didapat adalah berasal dari kalibrasi antara data seismik dan data sumur di target reservoir tersebut. Dalam mendapatkan hasil analisis yang baik, proses *trend analysis* untuk pembuatan model sintetik *Intercept-Gradien* dan proses kalibrasi adalah dua faktor yang berperan penting.

Analisis AFI pada daerah Blackfoot menghasilkan peta-peta berupa Peta Indikator Fluida, Peta Probabilitas Hidrokarbon dengan harga probabilitas 0.5 – 0.7, Peta Probabilitas Gas dengan harga probabilitas 0.1 – 0.5 dan Peta Probabilitas *Oil* dengan harga probabilitas 0.2 – 0.4.

Metode penyekala yang digunakan untuk kalibrasi *real data* dan *synthetic data* adalah manual, dengan harga skala *global scaler* 2.8 dan *gradient* 0.13. Batas minimum probabilitas yang diterima dalam pembuatan peta probabilitas di daerah studi ini adalah 0.4.

## ABSTRACT

Name : Tezar Irawan  
Study Program: Magister Sains of Reservoir Geophysic  
Title : Mapping of Hydrocarbon Probability Distribution by Using AVO Fluid Inversion Application (Case Study on Blackfoot Field)

AVO analysis can be used to identify lithology and fluid content which causes amplitude anomaly. Fluid content can be identified using Poisson's ratio, which are function of P-wave velocity and S-wave velocity.

Development of AVO in identifying hydrocarbon in reservoir rock is carried out using AVO Fluid Inversion (AFI) method. This method is used to analyze uncertainty in AVO process. By doing AFI analysis, not only fluid properties can be identified but also the probability of fluid distribution.

Intercept-Gradient model from synthetic data have to be calibrated with Intercept-Gradient model from seismic data. The result of AFI analysis is coming from the calibration of both seismic data and synthetic data in the reservoir target. To have a good analysis result, trend analysis process in the making of Intercept-Gradient synthetic model and calibration process are two factors that have to be considered carefully.

The result of AFI analysis on Blackfoot area are Fluida Indicator Map, Hydrocarbon Probability Map with the range of probability 0.5 – 0.7, Gas Probability Map with the range of probability 0.1 – 0.5 and Oil Probability Map with the range of probability 0.2 – 0.4.

Manual scale is the method to calibrate real data and synthetic data on Blackfoot area. The value of global scaler is 2.8 and gradient is 0.13. Minimum acceptable probability in this analysis is 0.4.



## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
UCAPAN TERIMA KASIH .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	iv
SARI .....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
<b>Bab 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Maksud dan Tujuan .....	2
1.3. Metode Penelitian .....	3
1.4. Sistematika Pembahasan .....	3
<b>Bab 2. TEORI DASAR DAN METODE PENELITIAN .....</b>	<b>4</b>
2.1. AVO .....	4
2.1.1. Teori AVO .....	5
2.1.2. Analisis AVO .....	7
2.2. AVO Fluid Inversion (AFI) .....	9
2.2.1. Teori AFI .....	9
2.2.2. Parameter-Parameter .....	12
2.2.3. Perhitungan Biot-Gassmann .....	14
2.2.4. Synthetic Trace .....	18
2.2.5. Kalibrasi .....	18
2.2.6. Perhitungan Probabilitas .....	19
2.3. Metodologi Penelitian .....	20
<b>Bab 3. PENGOLAHAN DATA .....</b>	<b>27</b>
3.1. Daerah Studi Kasus .....	27
3.1.1. Geologi dan Sistem Hidrokarbon Daerah Studi .....	28
3.2. Data Seismik .....	30
3.2.1. Data Seismik Daerah Studi .....	31
3.2.2. Gradien Analysis .....	33
3.3. Data Sumur .....	36
3.3.1. Data Sumur Daerah Studi .....	36
3.3.2. Sumur 1-17 .....	37
3.3.3. Sumur 8-8 .....	38
3.3.4. Sumur 9-8 .....	39
3.4. Seismik-Well Tie .....	40
<b>Bab 4. ANALISIS DATA .....</b>	<b>42</b>
4.1. Analisis Seismik .....	43
4.2. Analisis Sumur .....	45
4.3. Kalibrasi .....	49

<b>Bab 5. PEMBAHASAN</b>	.....55
<b>Bab 6. KESIMPULAN</b>	.....63
<b>DAFTAR ACUAN</b>	.....65



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Hubungan antar <i>offset</i> dengan sudut datang terhadap anomali AVO, di mana amplitude meningkat seiring pertambahan <i>offset</i> .....	7
Gambar 2.2.	Proses pembuatan <i>Intercept-Gradien</i> dari <i>amplitude</i> di <i>synthetic Trace</i> .....	10
Gambar 2.3.	<i>Crossplot Intercept-Gradien</i> dengan 3 <i>cluster</i> (hijau=gas, merah=oil, biru=brine) .....	11
Gambar 2.4.	a. Model distribusi gas, <i>oil</i> dan <i>brine</i> yang diasumsikan, b. Distribusi gas, <i>oil</i> dan <i>brine</i> setelah perhitungan probabilitas .....	12
Gambar 2.5.	Kondisi di mana perhitungan probabilitas tidak cukup tinggi .....	12
Gambar 2.6.	Model 3 lapisan sebagai asumsi reservoir, dengan lapisan <i>sand</i> di antara lapisan <i>shale</i> .....	13
Gambar 2.7.	Distribusi probabilitas untuk parameter pada <i>shale</i> .....	13
Gambar 2.8.	Distribusi probabilitas untuk parameter pada <i>sand</i> .....	14
Gambar 2.9.	Peta atribut AVO, <i>scaled poisson's ratio change</i> (SPR), di <i>interest horizon</i> yang digunakan untuk analisa .....	21
Gambar 2.10.	<i>Trend analysis</i> dari parameter batuan yang digunakan (contoh: <i>density</i> pada <i>shale</i> ) .....	22
Gambar 2.11.	Kalibrasi nilai <i>real data</i> (hitam) dan nilai sintetik (berwarna) pada cross plot I-G .....	24
Gambar 2.12.	Peta probabilitas hidrokarbon dari hasil kalibrasi .....	25
Gambar 2.13.	Diagram alir pekerjaan analisis AFI .....	26
Gambar 3.1.	Lokasi area studi, <i>Blackfoot field</i> , Alberta, Canada .....	27
Gambar 3.2.	Base Map seismik 3D dan sumur yang digunakan dalam studi .....	28
Gambar 3.3.	Kolom Stratigrafi area <i>Blackfoot</i> .....	30
Gambar 3.4.	Seismik 3D <i>pre-stack</i> dari CDP <i>gather</i> .....	31
Gambar 3.5.	Seismik <i>Super Gather</i> hasil dari proses <i>trim static</i> untuk mengurangi <i>noise</i> .....	32
Gambar 3.6.	<i>Arbitrary line CDP stack</i> melintasi ketiga sumur .....	32
Gambar 3.7.	<i>Gradien analysis</i> , hubungan antara amplitude dan <i>offset</i> .....	33
Gambar 3.8.	a. <i>Pick amplitude</i> pada <i>trough</i> dan <i>peak</i> di inline 39 dan xline 50 b. <i>Gradien analysis</i> pada <i>trough</i> dan <i>peak</i> di inline 39 dan xline 50 .....	34
Gambar 3.9.	a. <i>Pick amplitude</i> pada <i>trough</i> dan <i>peak</i> di inline 21 dan xline 41 b. <i>Gradien analysis</i> pada <i>trough</i> dan <i>peak</i> di inline 21 dan xline 41 .....	35
Gambar 3.10.	a. <i>Pick amplitude</i> pada <i>trough</i> dan <i>peak</i> sumur 1-17 b. <i>Gradien analysis</i> pada <i>trough</i> dan <i>peak</i> sumur 1-17 .....	37
Gambar 3.11.	a. <i>Pick amplitude</i> pada <i>trough</i> dan <i>peak</i> sumur 8-8 b. <i>Gradien analysis</i> pada <i>trough</i> dan <i>peak</i> sumur 8-8 .....	38
Gambar 3.12.	a. <i>Pick amplitude</i> pada <i>trough</i> dan <i>peak</i> sumur 9-8	

	b. <i>Gradien analysis</i> pada <i>trough</i> dan <i>peak</i> sumur 9-8	.....39
Gambar 3.13.	a. Posisi sebelum <i>well-seismik tie</i> pada salah satu sumur	
	b. Posisi sebelum <i>well-seismik tie</i> pada salah satu sumur	.....40
Gambar 3.14.	Koreksi <i>check shot</i> pada salah satu sumur	.....41
Gambar 4.1.	<i>Picking horizon top</i> Glauconite pada seismik <i>super gather</i>	.....42
Gambar 4.2.	Peta <i>top glauconite</i> dalam time	.....43
Gambar 4.3.	Peta <i>Scaled Poisson's Ratio (A+B)</i>	.....44
Gambar 4.4.	Peta <i>Scaled Poisson's Ratio (A+B)</i> dengan pembagian zona-zonanya	.....45
Gambar 4.5.	a. <i>Trend analysis</i> untuk <i>shale</i> dari ketiga sumur	
	b. <i>Trend analysis</i> untuk <i>sand</i> dari ketiga sumur	.....46
Gambar 4.6.	Titik kontrol kedalaman di sekitar target	.....47
Gambar 4.7.	Model parameter untuk <i>sand</i> pada kedalaman 1600 m	.....48
Gambar 4.8.	Harga yang diharapkan dari <i>Intercept/Gradien</i> untuk gas, <i>oil</i> dan <i>brine</i> pada kedalaman tertentu	.....49
Gambar 4.9.	Kalibrasi antara <i>real data</i> (seismik) dengan simulasi/sintetik data (sumur) pada tiap zona	.....50
Gambar 4.10.	Peta Indikator fluida pada top glauconite sand	.....51
Gambar 4.11.	Peta Probabilitas Hidrokarbon pada top glauconite sand	.....52
Gambar 4.12.	Peta Probabilitas Gas pada top glauconite sand	.....53
Gambar 4.13.	Peta Probabilitas Oil pada top glauconite sand	.....54
Gambar 5.1.	Harga yang diharapkan dari <i>Intercept/Gradien</i> untuk gas, <i>oil</i> dan <i>brine</i> pada kedalaman tertentu	.....55
Gambar 5.2.	Simulasi yang diharapkan dari <i>Intercept/Gradien</i> untuk gas, <i>oil</i> dan <i>brine</i> dengan jumlah simulasi = 1000	.....56
Gambar 5.3.	Kalibrasi dengan metode skala <i>auto</i> dari 3 sumur	.....58
Gambar 5.4.	Peta Indikator dengan metode skala <i>auto</i>	.....59
Gambar 5.5.	Peta Probabilitas Hidrokarbon dengan metode skala <i>auto</i>	.....60
Gambar 5.6.	Peta Probabilitas Gas dengan metode skala <i>auto</i>	.....61
Gambar 5.7.	Peta Probabilitas <i>Oil</i> dengan metode skala <i>auto</i>	.....62