



UNIVERSITAS INDONESIA

PEMETAAN DISTRIBUSI PERMEABILITAS
BERDASARKAN MULTIATRIBUT DAN INVERSI SEISMIK
(STUDI KASUS PADA DAERAH “XY”)

SKRIPSI

RACHMAN

0606040034

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI FISIKA
DEPOK
JUNI 2009



UNIVERSITAS INDONESIA

PEMETAAN DISTRIBUSI PERMEABILITAS
BERDASARKAN MULTIATRIBUT DAN INVERSI SEISMIK
(STUDI KASUS PADA DAERAH “XY”)

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

RACHMAN

0606040034

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI FISIKA
KEKHUSUSAN GEOFISIKA
DEPOK
JUNI 2009

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Rachman

NPM : 0606040034

Tanda Tangan :

Tanggal : 13 Juni 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Rachman

NPM : 0606040034

Program Studi : Fisika

Judul Skripsi : Pemetaan Distribusi Permeabilitas Berdasarkan
Multiatribut dan Inversi Seismik
(Studi Kasus Pada Daerah “XY”)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. rer. nat. ABD Haris ()

Penguji : Dr. Syamsu Rosid ()

Penguji : Ir. Anggoro, MT ()

Ditetapkan di : Depok

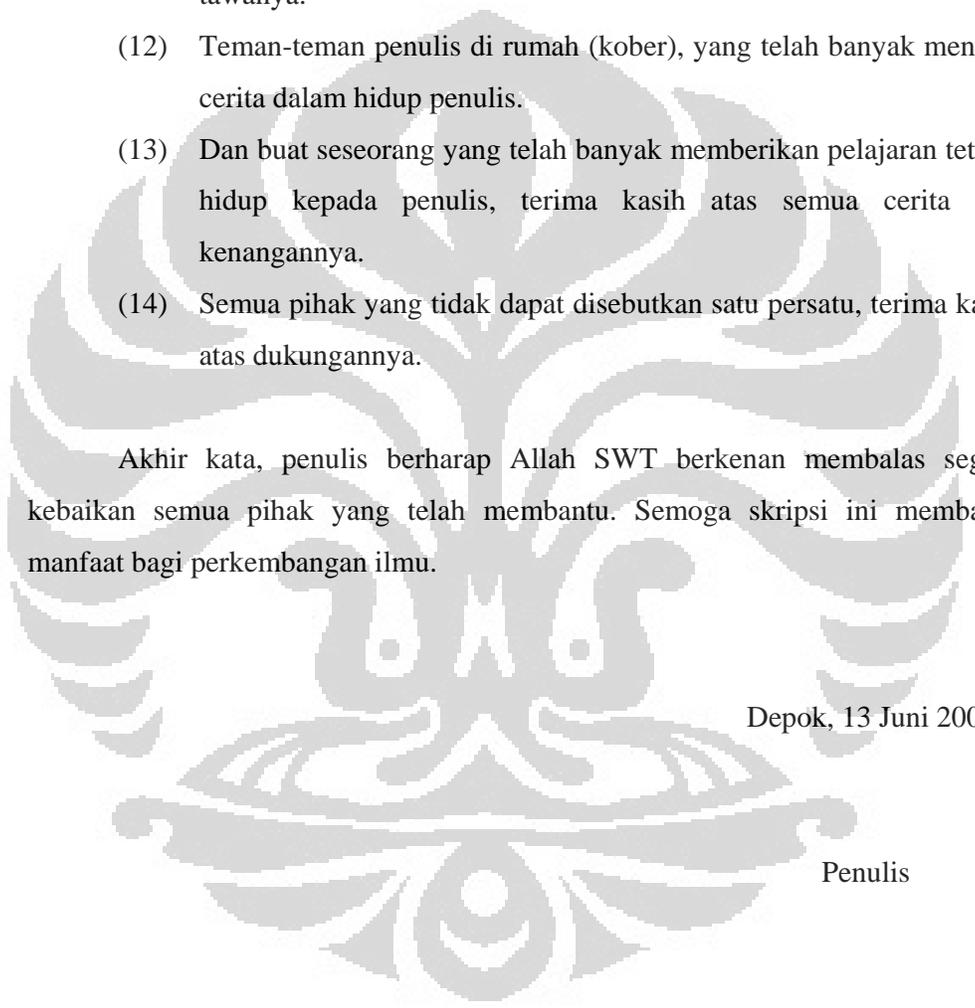
Tanggal : 13 Juni 2009

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Pemetaan Distribusi Permeabilitas Berdasarkan Multiatribut dan Inversi Seismik (Studi Kasus Pada Daerah “XY”). Selesainya tugas akhir ini merupakan kebahagiaan yang sangat mendalam bagi penulis. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

- (1) Dr. rer. nat ABD Haris, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
- (2) Dr. Syamsu Rosid, selaku penguji 1 atas kritik dan sarannya untuk kesempurnaan tugas akhir ini.
- (3) Ir. Anggoro, MT, selaku penguji 2 yang telah menyediakan waktu untuk berdiskusi dan bertukar pikiran.
- (4) Dr. Santoso Sukirno, selaku Ketua Departemen Fisika.
- (5) Dr. Eng. Yunus Daud, selaku Ketua Peminatan Geofisika dan dosen yang telah banyak memberikan ilmunya kepada penulis.
- (6) Seluruh staf pengajar di departemen fisika atas semua ilmu yang telah diberikan.
- (7) Seluruh karyawan departemen fisika khususnya Mas Riski dan Mba Ratna yang telah banyak direpotkan oleh penulis.
- (8) Bapak dan Ibu penulis yang telah memberikan semua kasih, cinta, sabar, doa, harapan dan bantuan finansial sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
- (9) Kakak-kakak dan keponakan penulis, atas doa dan motivasinya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

- 
- (10) Teman-teman seperjuangan penulis, Iroel dan Mr Rohadi yang telah menemani selama penulis menyelesaikan tugas akhir ini, tak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bei, Mas Amar, Majit, dan Robby.
 - (11) Teman-teman Ekstensi Geofisika 2006, Susan, Azis, Fitri, Riri, Ridwan, Haikal, Chandra, Indra, Asrim, makasih atas canda dan tawanya.
 - (12) Teman-teman penulis di rumah (kober), yang telah banyak mengisi cerita dalam hidup penulis.
 - (13) Dan buat seseorang yang telah banyak memberikan pelajaran tentang hidup kepada penulis, terima kasih atas semua cerita dan kenangannya.
 - (14) Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungannya.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi perkembangan ilmu.

Depok, 13 Juni 2009

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Rachman

NPM : 0606040034

Program Studi : Fisika

Departemen : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Jenis Karya : Skripsi

Demi perkembangan 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 Permeabilitas Berdasarkan
Multiatribut dan Inversi Seismik (Studi Kasus Pada Daerah “XY”)”**

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 memublikasikan 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 : Depok

Pada tanggal : 13 Juni 2009

Yang menyatakan

Rachman

ABSTRAK

Nama : Rachman
Program Studi : Fisika
Judul : Pemetaan Distribusi Permeabilitas Berdasarkan
Multiatribut dan Inversi Seismik
(Studi Kasus Pada Daerah “XY”)

Tugas akhir ini membahas tentang analisa multiatribut dari data seismik atribut dan data sumur. Sepuluh buah sumur digunakan pada penelitian ini. Kesepuluh sumur ini dipilih karena memiliki data sumur yang lengkap dan memiliki korelasi paling baik dengan data seismik. Wavelet yang digunakan adalah wavelet statistik yang merupakan hasil ekstrak dari data sintetik. Dalam proses inversi, horison yang digunakan adalah horison top, base A, dan bot D. Model inisial dibuat dengan menggunakan kontrol sepuluh buah sumur dan tiga horizon tersebut. Dilakukan tiga jenis inversi yang diterapkan pada model inisial yaitu Inversi Bandlimited, Inversi Modelbased “Constrained” dan LP-Sparse Spike. Volum hasil inversi itu kemudian dijadikan eksternal atribut dalam pembuatan volum pseudo permeabilitas hasil analisa atribut. Jumlah atribut yang digunakan di tentukan oleh proses step wise regression. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa metoda multiatribut dapat menghasilkan prediksi distribusi permeabilitas.

Kata kunci :
Multiatribut seismik, inversi seismik, permeabilitas

ABSTRACT

Name : Rachman
Study Program : Physics
Title : Mapping Permeability Distribution Based on Multiattribute
and Seismic Inversion (Case Study on “XY” Field)

This study will discuss about multiattribute analysis from seismic attribute and log properties. Ten wells are used in this study. These wells are chosen because they have complete well data and have a good correlation with seismic at well-seismic tie process. The best wavelet that is used is extracted wavelet from statistic. In inversion process, horizon top, base A, bot D is used. Initial model is made with control of those ten wells and three horizon. Three inversion type are applied to the initial model, i.e. Bandlimited inversion, Modelbased “Constrained” and LP-Sparse Spike. The inverted volume is than used as input of attribute process to produce pseudo permeability volume. The number of attributes which is used in the process, in relegation step wise regression process. Multiattribute result give distribution of permeability prediction.

Key words :

Seismic multiatribut, seismic inversion, permeability

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|-----------|
| Halaman Pernyataan Orisinalitas | ii |
| Halaman Pengesahan | iii |
| Kata Pengantar | iv |
| Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi | vi |
| Abstrak | vii |
| Abstract | viii |
| Daftar Isi | ix |
| Daftar Gambar | xi |
| Daftar Tabel | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Tujuan Penulisan | 1 |
| 1.3. Batasan Masalah | 2 |
| 1.4. Metode Penulisan | 2 |
| 1.5. Sistematika Pembahasan | 3 |
| BAB II DASAR TEORI | 4 |
| 2.1. Konsep Dasar Seismik Refleksi | 4 |
| 2.1.1. Koefisien Refleksi | 5 |
| 2.1.2. Wavelet | 6 |
| 2.1.3. Check Shot | 7 |
| 2.1.4. Synthetic Seismogram | 7 |
| 2.2. Metode Seismik Inversi | 8 |
| 2.2.1. Inversi Seismik Rekursif/Bandlimited | 9 |
| 2.2.2. Inversi Seismik Model Based | 10 |
| 2.2.3. Inversi Seismik Sparse Spike | 10 |
| 2.3. Metode Multiatribut | 11 |
| 2.3.1. Atribut Input Dalam Analisa Multiatribut | 12 |
| 2.3.2. Cros-Plot | 16 |
| 2.3.3. Regresi Linear Multiatribut | 18 |
| 2.3.4. Validasi | 20 |
| 2.3.5. Convolutional Multi-Attribute | 22 |
| 2.4. Tinjauan Umum Well-Logging | 23 |
| 2.4.1 Log Densitas | 23 |
| 2.4.2 Log Sonik | 23 |
| 2.4.3 Log Permeabilitas | 24 |
| BAB 3. DATA DAN PENGOLAHAN DATA | 25 |
| 3.1. Data | 25 |
| 3.1.1. Data Seismik | 25 |
| 3.1.2. Data Sumur | 25 |
| 3.1.3. Data Checkshot | 26 |
| 3.2. Pengolahan Data | 27 |
| 3.2.1. Penentuan Geometrid an Posisi Survey | 27 |

| | |
|--|-----------|
| 3.2.2. Tahapan Pengerjaan | 28 |
| 3.2.3. Ekstraksi Wavelet dan Well Seismik Tie..... | 29 |
| 3.3. Seismik Inversi | 32 |
| 3.3.1. Pembuatan Model Inisial..... | 32 |
| 3.3.2. Inversi Bandlimited..... | 32 |
| 3.3.3. Inversi Modelbased..... | 33 |
| 3.3.3. Inversi Sparse Spike..... | 34 |
| 3.4. Volum Pseudo Permeabilitas | 34 |
| 3.4.1. Single Atribut..... | 35 |
| 3.4.1. Multiatribut | 37 |
| BAB 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN | 40 |
| 4.1. Analisa Well-Seismik Tie | 40 |
| 4.2. Analisa Inversi | 40 |
| 4.2.1. Analisa Model Inisial | 41 |
| 4.2.2. Analisa Hasil Inversi..... | 41 |
| 4.2.2. Analisa Distribusi Impedansi Akustik | 43 |
| 4.3. Analisa Proses Single dan Multiatribut..... | 45 |
| 4.3.1. Single Atribut..... | 45 |
| 4.3.2. Analisa Model Inisial..... | 45 |
| 4.4. Analisa Volum Pseudo Permeabilitas | 46 |
| 4.4.1. Single Atribut..... | 46 |
| 4.4.2. Multiatributl | 47 |
| BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN..... | 50 |
| 5.1. Kesimpulan | 50 |
| 5.1. Saran..... | 51 |
| DAFTAR ACUAN..... | 52 |
| LAMPIRAN | 54 |

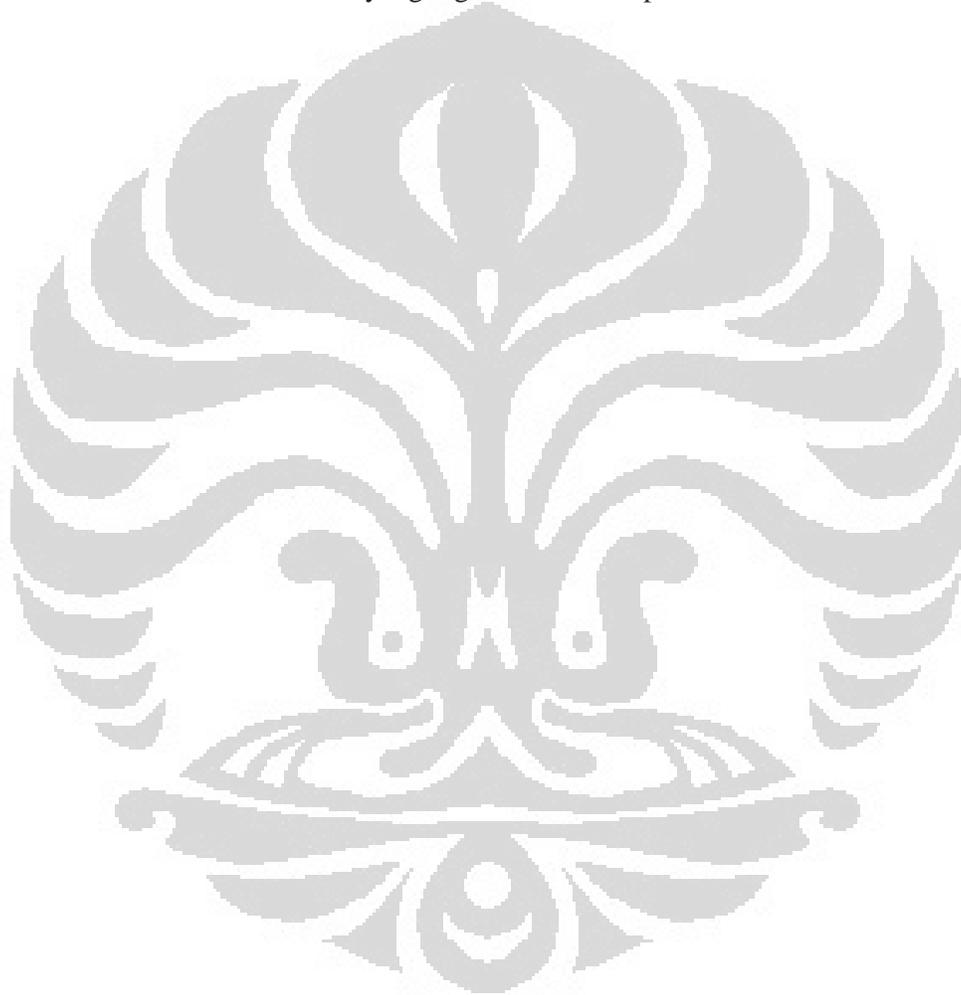
DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 2.1. Perambatan Gelombang Seismik yang Melewati Dua Medium | 5 |
| Gambar 2.2. Seismogram Sintetik. | 8 |
| Gambar 2.3. Metode Inversi Model Based | 10 |
| Gambar 2.4. Penulisan Tras Komplek Dalam Bentuk Polar | 13 |
| Gambar 2.5. Display Target Log, Tras Seismik, dan Eksternal Atribut | 16 |
| Gambar 2.6. Conventional Cross-plot antara Log Target dan Atribut Seismik .. | 16 |
| Gambar 2.7. Ilustrasi Cross-plot | 18 |
| Gambar 2.8. Contoh kasus tiga atribut seismik..... | 18 |
| Gambar 2.9. Ilustrasi cross-validasi. | 20 |
| Gambar 2.10. Plot Validation Error dan Predikcion Error | 21 |
| Gambar 2.11. Perbedaan frekuensi antara data seismik dan data log | 22 |
| Gambar 2.12. Penggunaan 5 titik operator konvolusi..... | 22 |
| Gambar 3.1. Data Seismik yang telah mengalami Migrasi | 25 |
| Gambar 3.2. Data Sumur | 26 |
| Gambar 3.3. Kurva Sonik Sebelum dan Sesudah Checkshot | 27 |
| Gambar 3.4. Peta Dasar Daerah Penelitian | 28 |
| Gambar 3.5. Diagram Alir Penelitian | 29 |
| Gambar 3.6. Wavelet Statistik | 30 |
| Gambar 3.7. Proses Well Seismic Tie pada Sumur R01 | 31 |
| Gambar 3.8. Cross plot antara Permeability vs (LP_Sparse Spike)**2..... | 37 |
| Gambar 3.9. Tes Operator Length | 38 |
| Gambar 3.10. Cross Plot Correlation | 39 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.1. Model Inisial Inline 366 Sumur R13 | 41 |
| Gambar 4.2. Hasil Inversi Modelbased Inline 366 Sumur R13 | 42 |
| Gambar 4.3. Hasil Inversi Bandlimited Inline 366 Sumur R13 | 42 |
| Gambar 4.4. Hasil Inversi Sparse Spike Inline 366 Sumur R13 | 43 |
| Gambar 4.5. Hasil Impedansi Akustik Dibandingkan Dengan Data Sumur..... | 44 |
| Gambar 4.6. Plot hasil training single atribut | 45 |
| Gambar 4.7. Plot hasil training multiatribut..... | 46 |
| Gambar 4.8. Volum Pseudo Permeabilitas Menggunakan Single Atribut | 47 |
| Gambar 4.9. Volum Pseudo Permeabilitas Menggunakan Multiatribut | 48 |
| Gambar 4.10. Volum Cube Pseudo Permeabilitas | 48 |
| Gambar 4.11. Slice Pseudo Permeabilitas Horizon Base A | 49 |
| Gambar 4.12. Slice Pseudo Permeabilitas Horizon Bot D..... | 49 |
| Gambar A.1. Volum Cube Pseudo Porositas (Hasil Interpreter Lain)..... | 54 |
| Gambar A.2. Slice Pseudo Porositas Horizon Base A (Hasil Interpreter Lain)... | 55 |
| Gambar A.2. Slice Pseudo Porositas Horizon Bot D (Hasil Interpreter Lain)..... | 55 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 3.1. Nilai koefisien korelasi sintetik-seismik pada tiap sumur | 30 |
| Tabel 3.2. Daftar Single Atribut. | 36 |
| Tabel 3.3. Tabel atribut yang digunakan dalam proses analisa multiatribut..... | 38 |



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Integrasi antara data log dan data seismik telah menjadi perhatian dari para *geophysicist dan geologist*. Kedua data ini memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing. Data seismik memiliki resolusi horizontal yang baik dengan resolusi vertical yang kurang baik, sementara data log memiliki resolusi horizontalnya buruk. Mengintegrasikan keduanya akan menghasilkan interpretasi yang lebih akurat.

Analisa seismik inversi dan multiatribut terlahir dari keinginan untuk menggabungkan kedua data utama bawah permukaan tersebut. Pada metode inversi, tampilan impedansi akustik menghasilkan perlapisan yang lebih interpretatif dalam memetakan keadaan bawah permukaan karena metoda ini tidak hanya menggambarkan batas lapisan, melainkan sudah kepada keadaan dari lapisan itu sendiri. Metode multiatribut sendiri pada dasarnya dilakukan dengan mencari hubungan statistik antara data log dan set dari atribut seismik pada lokasi sumur, lalu memanfaatkan hubungan tersebut untuk membuat suatu volum properti log yang diinginkan.

Pada saat ini banyak lapangan sudah pada tahap pengembangan, sehingga sudah memiliki data yang diperlukan untuk karakterisasi reservoir lebih lanjut, sehingga proses analisa inversi maupun multiatribut sudah selayaknya menjadi salah satu cara yang dapat digunakan untuk karakterisasi reservoir tersebut.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memetakan distribusi permeabilitas dengan menggunakan inversi seismik dan metode multiatribut seismik.

1.3 Batasan Masalah

- a. Metode yang digunakan adalah multiatribut seismik dan inversi seismik.
- b. Data yang digunakan adalah data log sumur, meliputi data log sonik, densitas, dan permeabilitas. Sedangkan data seismik yang digunakan adalah data seismik 3D.
- c. Metode seismik inversi yang dilakukan tidak untuk diinterpretasi secara lebih lanjut, melainkan hanya menjadi eksternal atribut pada analisa multiatribut.

1.4 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian adalah sebagai berikut:

1. Penentuan masalah dan tujuan
2. Studi literatur tentang metode yang akan digunakan
3. Pengumpulan data dan pengolahan data

Pengolahan data termasuk pembuatan volum inversi dan volum pseudo log hasil analisa multiatribut dimana sebelumnya juga dilakukan well-seismic tie dan cros-plot untuk mengetahui jenis volum yang bisa dibuat

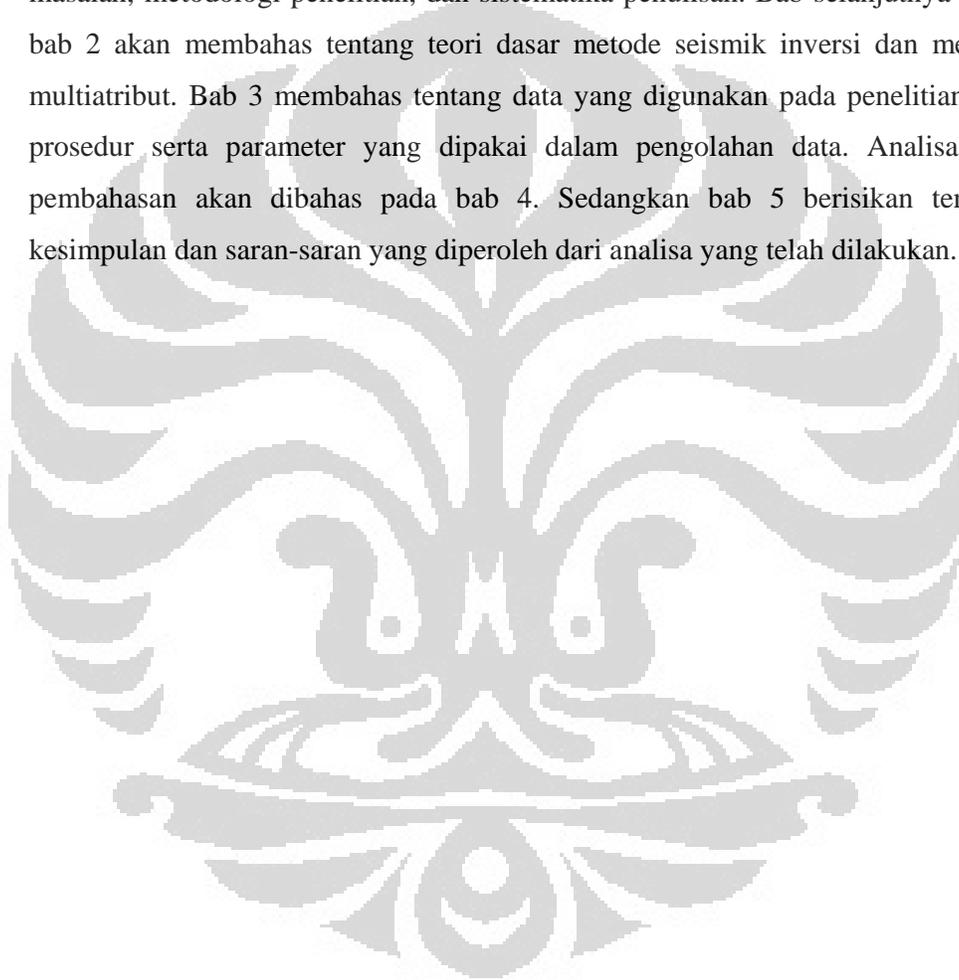
Dalam pengolahan data digunakan beberapa software seperti berikut:

- Hampson-Russel software
 - a. Geoview, digunakan sebagai database dari sumur.
 - b. eLog, digunakan untuk proses ekstrasi wavelet dan well-seismic tie
 - c. STRATA, digunakan untuk pembuatan model inisial dan melakukan proses inversi
 - d. EMERGE, digunakan untuk pembuatan volum pseudo-log setelah dicari hubungan secara statistik antara data log target dengan suatu
- Microsoft Excel
Merupakan program untuk menghitung dan mengolah data.

4. Analisa dan interpretasi terhadap hasil pengolahan data.
5. Menarik kesimpulan hasil penelitian dan saran.

1.5 Sistematika Penulisan

Pada bab 1 berisi tentang latar belakang masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan. Bab selanjutnya yaitu bab 2 akan membahas tentang teori dasar metode seismik inversi dan metode multiatribut. Bab 3 membahas tentang data yang digunakan pada penelitian dan prosedur serta parameter yang dipakai dalam pengolahan data. Analisa dan pembahasan akan dibahas pada bab 4. Sedangkan bab 5 berisikan tentang kesimpulan dan saran-saran yang diperoleh dari analisa yang telah dilakukan.



BAB II DASAR TEORI

2.1 Konsep Dasar Seismik Refleksi

Metode seismik didasarkan pada respon bumi terhadap gelombang seismik yang merambat dari suatu gelombang buatan di permukaan bumi. Sumber gelombang pada permukaan bumi melepaskan energi ke dalam bumi dalam bentuk energi akustik dan dirambatkan ke segala arah. Apabila dalam perambatannya gelombang mengenai bidang batas antara dua medium yang memiliki perbedaan kontras impedansi akustik, maka sebagian energi akan dipantulkan kembali ke permukaan dan sebagian ditransmisikan. Pantulan gelombang inilah yang direkam pada permukaan tanah menggunakan alat yang dinamakan geophone, jika pengukuran dilakukan di darat atau hydrophone, jika pengukuran dilakukan di laut. Perbedaan kontras impedansi akustik pada umumnya terjadi pada batas antara dua lapisan batuan, maka secara tidak langsung gelombang seismik membawa informasi tentang struktur batuan bawah permukaan bumi.

Dalam seismik eksplorasi, gelombang yang umumnya diselidiki adalah gelombang kompresi atau gelombang primer (P). Jika gelombang kompresi merambat dalam suatu medium menuju batas medium yang berbeda sifat, maka gelombang akan terpartisi ke dalam empat komponen energi, yaitu energi gelombang kompresi pantul, shear pantul, kompresi bias dan shear bias. Jumlah keempat komponen energi sama dengan energi gelombang mula-mula.

Perubahan arah gelombang seismik akibat mengenai bidang batas dua medium yang berbeda dijelaskan oleh hukum Snellius sebagai berikut :

$$\frac{\sin \theta_1}{V_{P1}} = \frac{\sin \theta_1'}{V_{P1}} = \frac{\sin \theta_2}{V_{P2}} = \frac{\sin \delta_1}{V_{S1}} = \frac{\sin \delta_2}{V_{S2}} = p \quad (2.1)$$

dengan

p = parameter gelombang

V_{P1} = kecepatan gelombang P pada medium 1

V_{P2} = kecepatan gelombang P pada medium 2

V_{S1} = kecepatan gelombang S pada medium 1

V_{S2} = kecepatan gelombang S pada medium 2

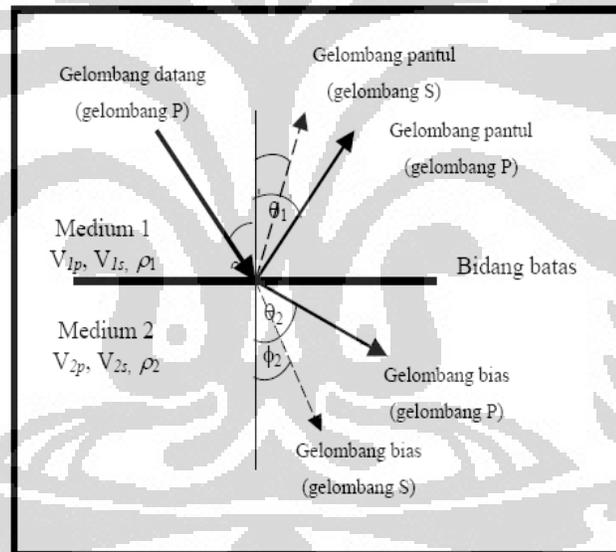
θ_1 = sudut datang gelombang P

θ_1 = sudut bias gelombang P

θ_1' = sudut pantul gelombang P

δ_1 = sudut pantul gelombang S

δ_2 = sudut bias gelombang S



Gambar 2.1 Perambatan Gelombang Seismik yang Melewati Dua Medium (Ozdogane)

2.1.1 Koefisien Refleksi

Refleksi seismik terjadi bila terdapat perubahan impedansi akustik dimana suatu gelombang akustik dari amplitudo yang melalui batas antara dua lapisan dengan impedansi akustik yang berbeda. Koefisien refleksi tergantung dari sudut datang gelombang seismik. Koefisien refleksi sudut datang nol adalah besarnya

Universitas Indonesia

koefisien refleksi untuk gelombang yang datang tegak lurus terhadap bidang pemantul. Koefisien refleksi gelombang P adalah :

$$KR = \frac{(Z2 - Z1)}{(Z2 + Z1)} \quad (2.2)$$

$$Z = \rho v \quad (2.3)$$

dimana :

ρ = densitas.

v = kecepatan gelombang seismik.

2.1.2 Wavelet

Wavelet merupakan sinyal transient yang mempunyai interval dan amplitude terbatas. Ada empat macam tipe wavelet berdasarkan fase gelombangnya yaitu wavelet fase nol, fase maksimum, fase minimum, dan fase campuran. Tipe-tipe wavelet ini mempunyai letak konsentrasi energi yang berbeda-beda.

Wavelet fase nol mempunyai konsentrasi energi maksimum di tengah, mempunyai waktu tunda nol dan sempit dalam kawasan waktu. Wavelet fase minimum mempunyai energi terpusat pada bagian depan dan mempunyai pergeseran fase kecil pada setiap frekuensi. Wavelet fase maksimum mempunyai konsentrasi energi di akhir. Sedangkan wavelet campuran merupakan wavelet yang mempunyai energi campuran dari ketiga bentuk wavelet yang lain. Wavelet merupakan kumpulan dari sejumlah gelombang harmonik yang mempunyai amplitudo, frekuensi, dan fasa tertentu. Suatu gelombang harmonik dapat dilihat secara unik melalui tiga karakter gelombang, yaitu:

1. Amplitudo maksimum adalah simpangan maksimum gelombang harmonik dari nilai simpangan rata-rata.

2. Frekuensi adalah jumlah putaran gelombang perdetik. Frekuensi dapat ditentukan dengan menghitung jumlah puncak dalam interval satu detik.
3. Fasa selalu diukur relatif terhadap suatu referensi.

Wavelet sangat penting pada pembuatan seismogram sintetik. Dalam inverse seismik, bentuk wavelet yang digunakan umumnya adalah fasa minimum dan fasa nol (Russell, 1991). Pada wavelet fasa minimum, energi terbesar terkonsentrasi di bagian depan wavelet. Kebanyakan wavelet pada eksplorasi seismik mendekati wavelet jenis ini. Zero phase wavelet memiliki bentuk yang simetris terhadap titik tengahnya. Ricker wavelet adalah suatu tipe zero phase wavelet untuk rekonstruksi pulsa seismik dimana didalamnya terkandung informasi-informasi perpindahan partikel, kecepatan dan percepatannya. Wavelet ini dibuat simetri (zero phase) dan skala waktunya dapat digeser-geser sehingga pusat wavelet dapat mengindikasikan waktu tiba. Dalam proses inversi seismik tersebut, bentuk wavelet yang digunakan adalah zero phase.

2.1.3 Checkshot

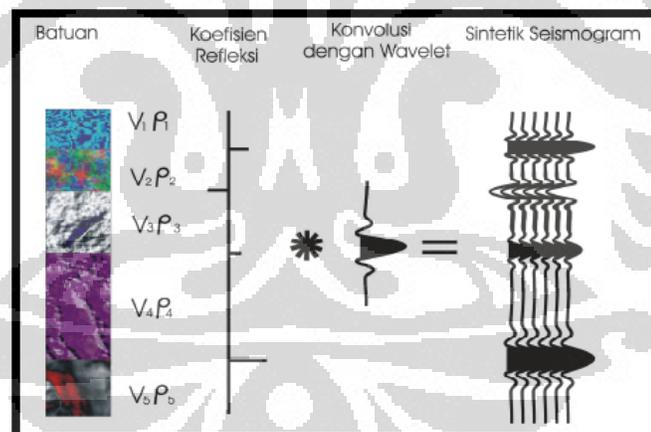
Checkshot adalah shot (tembakan) yang bertujuan untuk mengkoreksi dan mengontrol hasil survey kecepatan kontinyu (*well velocity survey*) atau log sonic dalam menentukan waktu referensi atau koreksi waktu tiba karena geometri. Metode ini menentukan kecepatan rata-rata sebagai fungsi kedalaman dengan menempatkan geophone ke dalam lubang sumur, sedangkan sumber seismiknya diletakkan di permukaan dekat mulut sumur. Waktu yang terjumlahkan diatur dan dikontrol oleh *check shot time*. Hal ini akan memberikan waktu rambat yang terbaik untuk kontrol waktu di dalam pembuatan seismogram sintetik.

2.1.4 Seismogram Sintetik

Seismogram sintetik adalah rekaman seismik buatan yang dibuat dengan melakukan pendigitan dari data log kecepatan (*p-wave*) dan log densitas membentuk fungsi koefisien refleksi (stikogram) yang selanjutnya dikonvolusikan

dengan wavelet. Konvolusi deret stikogram dengan wavelet seismic menghasilkan model trace seismic yang akan dibandingkan dengan data riil seismic dekat sumur. Seismogram sintetik dibuat untuk mengkorelasikan antara informasi sumur (litologi, kedalaman, dan sifat – sifat fisis lainnya) terhadap penampang seismic guna memperoleh informasi yang lebih lengkap dan komprehensif (Sismanto, 1996). Seismogram sintetik ini dikorelasikan dengan penampang seismic, maka akan diperoleh *error trace* yang akan digunakan untuk mengkoreksi model koefisien refleksi sedemikian rupa, sehingga sampai diperoleh korelasi yang optimum.

Seismogram sintetik diperoleh dari konvolusi deret koefisien refleksi dengan wavelet. Deret koefisien refleksi ini menggunakan data impedansi akustik yang diperoleh dari log sumur (log densitas dan log sonic/kecepatan). Wavelet dapat diturunkan secara matematis, atau didapatkan dari ekstraksi dari data seismic baik secara statis maupun dengan bantuan log sumur.



Gambar 2.2 Seismogram Sintetik yang dibuat dari koefisien refleksi yang dikonvolusi dengan wavelet

2.2 Metode Seismik Inversi

Pengertian secara lebih spesifik tentang seismik inversi dapat didefinisikan sebagai suatu teknik pembuatan model bawah permukaan dengan menggunakan data seismic sebagai input dan data sumur sebagai kontrol (Sukmono, 2000).

Universitas Indonesia

Definisi tersebut menjelaskan bahwa metoda inversi merupakan kebalikan dari pemodelan dengan metoda ke depan (forward modelling) yang berhubungan dengan pembuatan seismogram sintetik berdasarkan model bumi. Russell (1988) membagi metoda seismik inversi dalam dua kelompok, yaitu inversi pre-stack dan inversi post-stack. Pada penelitian ini akan dibahas inversi post-stack yang berhubungan dengan inversi amplitudo, dimana dalam inversi ini terdiri dari beberapa algoritma, yaitu inversi bandlimited (rekursif), inversi berbasis model (blocky) dan inversi sparse spike.

2.2.1 Inversi Seismik Rekursif/Bandlimited

Inversi rekursif (bandlimited) adalah algoritma inversi yang mengabaikan efek wavelet seismik dan memperlakukan seolah-olah trace seismik merupakan kumpulan koefisien refleksi yang telah difilter oleh wavelet fasa nol. Metoda ini paling awal digunakan untuk menginversi data seismik dengan persamaan dasar (Russel, 1988) :

$$r_i = \frac{\rho_{i+1}V_{i+1} - \rho_i V_i}{\rho_{i+1}V_{i+1} + \rho_i V_i} = \frac{Z_{i+1} - Z_i}{Z_{i+1} + Z_i} \quad (2.4)$$

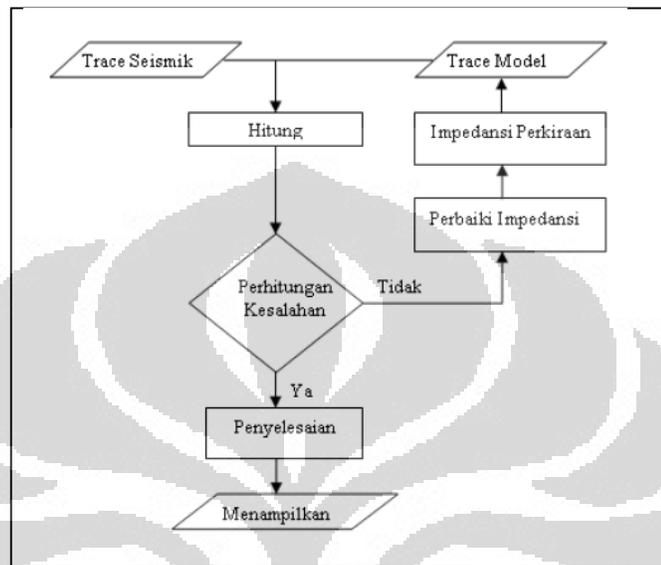
dengan r = koefisien refleksi, (ρ = densitas, V = kecepatan gelombang P dan Z = Impedansi Akustik). Dimulai dari lapisan pertama, impedansi lapisan berikutnya ditentukan secara rekursif dan tergantung nilai impedansi akustik lapisan di atasnya dengan perumusan sebagai berikut :

$$Z_{i+1} = Z_i * \prod \left[\frac{1+r_i}{1-r_i} \right] \quad (2.5)$$

2.2.2 Inversi Seismik Model Based

Prinsip metoda ini adalah membuat model geologi dan membandingkannya dengan data rill seismik. Hasil perbandingan tersebut digunakan secara iteratif memperbaharui model untuk menyesuaikan dengan data

seismik . Metode ini dikembangkan untuk mengatasi masalah yang tidak dapat dipecahkan menggunakan metode rekursif. Teknik ini dapat dijelaskan melalui diagram alur berikut.



Gambar 2.3 Metoda Inversi Model Based

Keuntungan penggunaan metoda inversi berbasis model adalah metode ini tidak menginversi langsung dari seismik melainkan menginversi model geologinya. Sedangkan Permasalahan potensial menggunakan metoda inversi berbasis model adalah Sifat sensitif terhadap bentuk wavelet dan Sifat ketidak- unikan (non-uniqueness) untuk wavelet tertentu.

2.2.3 Inversi Seismik Sparse Spike

Metode Sparse-spike ini mengasumsikan bahwa reflektivitas yang sebenarnya dapat diasumsikan sebagai seri dari spike-spike besar yang bertumpukan dengan spike- spike yang lebih kecil sebagai background. Kemudian dilakukan estimasi wavelet berdasarkan asumsi model tersebut. Sparse-spike mengasumsikan bahwa hanya spike yang besar yang penting. Inversi ini mencari lokasi spike yang besar dari tras seismik. Spike-spike tersebut terus ditambahkan sampai tras dimodelkan secara cukup akurat. Amplitudo dari blok impedansi ditentukan dengan menggunakan algoritma inversi Model Based. Input parameter

Universitas Indonesia

tambahan pada metoda ini adalah menentukan jumlah maksimum spike yang akan dideteksi pada tiap trace seismik dan threshold pendeteksian seismik. Model dasar trace seismik didefinisikan oleh :

$$s(t) = w(t) * r(t) + n(t) \quad (2.6)$$

Persamaan mengandung tiga variabel yang tidak diketahui sehingga sulit untuk menyelesaikan persamaan tersebut, namun dengan menggunakan asumsi tertentu permasalahan dekonvolusi dapat diselesaikan dengan beberapa teknik dekonvolusi yang dikelompokkan dalam metoda sparse-spike. Teknik-teknik tersebut meliputi :

1. Inversi dan dekonvolusi maximum-likelihood
2. Inversi dan dekonvolusi norm-L1
3. Dekonvolusi entropi minimum (MED)

2.3 Metoda Multiatribut

Analisis seismik multiatribut adalah salah satu metode statistik menggunakan lebih dari satu atribut untuk memprediksi beberapa properti fisik dari bumi. Pada analisa ini dicari hubungan antara log dengan data seismik pada lokasi sumur dan menggunakan hubungan tersebut untuk memprediksi atau mengestimasi volum dari properti log pada semua lokasi pada volum seismik.

Statistik dalam karakteristik reservoir digunakan untuk mengestimasi dan mensimulasikan hubungan spasial variabel pada nilai yang diinginkan pada lokasi yang tidak mempunyai data sampel terukur. Hal ini didasarkan pada kenyataan yang sering terjadi di alam bahwa pengukuran suatu variabel di suatu area yang berdekatan adalah sama. Kesamaan antara dua pengukuran tersebut akan menurun seiring dengan bertambahnya jarak pengukuran.

Schultz et al. (1994) mengidentifikasi tiga sub-kategori utama pada teknik analisa multi-atribut geostatistik, yaitu:

1. Perluasan dari co-kriging untuk melibatkan lebih dari satu atribut sekunder untuk memprediksi parameter utama.
2. Metode yang menggunakan matriks kovariansi untuk memprediksi suatu parameter dari atribut input yang telah diberi bobot secara linear.
3. Metode yang menggunakan Artificial Neural Networks (AANs) atau teknik optimisasi non-linear untuk mengkombinasikan atribut-atribut menjadi perkiraan dari parameter yang diinginkan.

Dalam kasus yang paling umum, kita mencari sebuah fungsi yang akan mengkonversi m atribut yang berbeda ke dalam properti yang diinginkan, ini dapat ditulis sebagai :

$$P(x, y, z) = F[A_1(x, y, z), \dots, A_m(x, y, z)] \quad (2.7)$$

dimana :

P = properti log, sebagai fungsi dari koordinat x, y, z

F = fungsi yang menyatakan hubungan antara atribut seismik dan properti log

A_i = atribut m , dimana $i = 1, \dots, m$.

Untuk kasus yang paling sederhana, hubungan antara log properti dan atribut seismik dapat ditunjukkan oleh persamaan jumlah pembobotan linier.

$$P = w_0 + w_1 A_1 + \dots + w_m A_m \quad (2.8)$$

dimana :

w_i = nilai bobot dari $m+1$, dimana $i = 0, \dots, m$

2.3.1 Atribut Input Dalam Analisa Multiatribut (Internal Attribute)

Atribut-seismik dapat dibagi kedalam dua kategori :

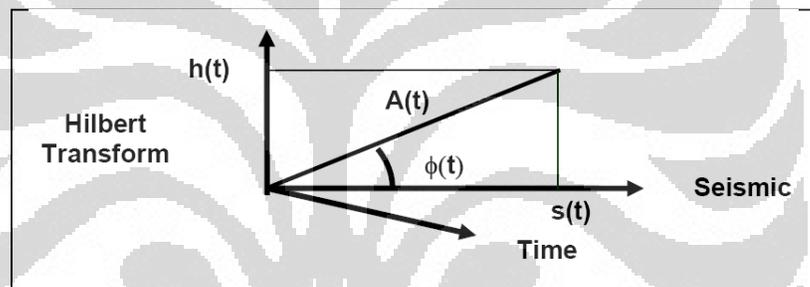
- Horizon-based attributes : dihitung sebagai nilai rata-rata antara dua horizon.

- Sample-based attributes : merupakan transformasi dari tras input untuk menghasilkan tras output lainnya dengan jumlah yang sama dengan tras input (nilainya dihitung sampel per sampel).

Atribut yang digunakan dalam analisa multiatribut dengan menggunakan perangkat lunak EMERGE harus dalam bentuk sample-based attributes. Atribut-atribut ini dapat dikelompokkan kedalam 6 kategori, yaitu :

1. Atribut Sesaat (Instantaneous Attribute)/Atribut Kompleks

Atribut ini dihitung dari tras kompleks $C(t)$, yang terdiri dari tras seismik $s(t)$, dan transformasi Hilbertnya $h(t)$, yang merupakan pergeseran fasa sebesar 90° dari tras seismik.



Gambar 2.4 Penulisan Tras Komplek Dalam Bentuk Polar (Russell, 2006)

Penulisan tras kompleks dalam bentuk polar, seperti yang terlihat pada Gambar 2.4, memberikan kita dua atribut dasar, yaitu : kuat refleksi $A(t)$ dan fasa sesaat, $\Phi(t)$.

$$\begin{aligned}
 C(t) &= s(t) + ih(t) \\
 &= A(t)e^{i\phi(t)} \\
 &= A(t)\cos\phi(t) + A(t)\sin\phi(t)
 \end{aligned}
 \tag{2.9}$$

Atribut dasar yang ketiga adalah frekuensi sesaat, yang merupakan turunan waktu dari fasa sesaat. Persamaan frekuensi sesaat ini dapat ditulis sebagai :

$$w(t) = \frac{d\Phi(t)}{dt}
 \tag{2.10}$$

Atribut-atribut lainnya merupakan kombinasi dari tiga atribut dasar tersebut, seperti yang terlihat di bawah ini :

$\cos\phi(t)$ = kosinus fasa sesaat

$A(t)\cos\phi(t)$ = amplitude weighted cos phase

$A(t)\phi(t)$ = amplitude weighted phase

$A(t)\omega(t)$ = amplitude weighted frequency

Sedangkan atribut polaritas semu merupakan kuat refleksi dikalikan tanda pada sampel seismik pada nilai puncaknya. Perhitungan ini memberikan tanda positif saat koefisien refleksi positif dan tanda negatif saat koefisien refleksi negatif.

2. Atribut Jendela Frekuensi (Windowed Frequency Attributes)

Set atribut yang kedua didasarkan pada windowed frequency analysis atau analisa frekuensi menggunakan window. Pada proses ini, fourier transform dari setiap tras seismic diambil sebanyak 64 sampel (default)

Dari window ini, baik amplitudo frekuensi rata-rata maupun amplitudo frekuensi dominan digunakan dan nilainya lalu ditempatkan pada tengah-tengah window. Window baru lalu dipilih 32 sampel kemudian, dan atribut frekuensi yang baru lalu dihitung dan demikian seterusnya.

3. Atribut Filter Slice

Set ketiga dari atribut terdiri dari narrow band filter slices dari tras seismic. Enam slices yang digunakan adalah sebagai berikut: 5/10 – 15/20 Hz, 15/20 – 25/30 Hz, 25/30 – 35/40 Hz, 35/40 – 45/50 Hz, 45/50 – 55/60 Hz, 55/60 – 65/70 Hz

4. Derivative Attributes

Set keempat dari atribut didasarkan pada turunan pertama atau kedua dari tras seismic ataupun amplitudo envelopnya (atau amplitudo sesaat). Turunan tersebut dihitung melalui cara berikut, dimana s_i = sampel tras seismic atau amplitudo envelope ke i , $d1_i$ = turunan pertama dari i , $d2_i$ = turunan kedua dari i dan Δt = interval sampling:

$$d1_i = \frac{s_i - s_{i-1}}{\Delta t}, \quad (2.11)$$

$$d2_i = \frac{d1_i - d1_{i-1}}{\Delta t} = \frac{s_i - 2s_{i-1} - s_{i-2}}{\Delta t^2}, \quad (2.12)$$

5. Integrated Attributes

Jenis kelima dari atribut yang terdapat pada EMERGE didasarkan pada integrasi dari tras seismic atau kuat refleksi. Nilai integrasi dihitung dengan cara berikut,

$$I_i = s_i + I_{i-1} \quad (2.13)$$

s_i = sampel ke- i dari tras seismic atau nilai kuat refleksinya, I_i = nilai integrasi. Perlu dicatat bahwa ini merupakan penjumlahan berjalan (running sum). Pada akhir dari penjumlahan berjalan, integrasi dari seismic difilter dengan menggunakan 50 titik, sehingga dihasilkan tras seismic dengan frekuensi rendah. Integrasi dari kuat refleksi dinormalisasi dengan membagi hasil integrasinya dengan perbedaan antara sampel minimum dan maksimum dari keseluruhan sampel.

6. Atribut Waktu (Time Attributes)

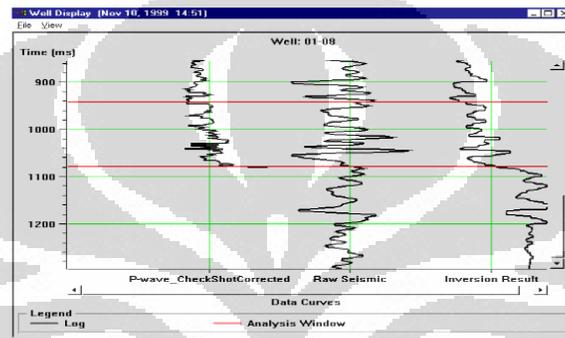
Atribut terakhir dari EMERGE adalah atribut waktu. Atribut ini sangat sederhana, ia merupakan nilai waktu dari tras seismic, sehingga membentuk

Universitas Indonesia

sebuah fungsi “ramp” yang dapat menambah sebuah trend dalam menghitung parameter reservoir. Perangkat lunak EMERGE lalu mencari hubungan antara properti log dan kombinasi atribut dari tras seismik pada interval target.

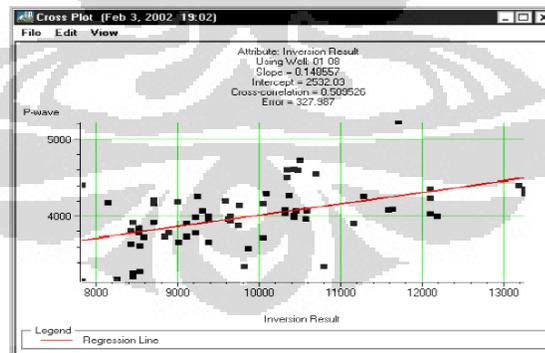
2.3.2 Cross-Plot

Salah satu cara untuk mengukur korelasi antara data target dan atribut adalah dengan melakukan kros plot antara keduanya.



Gambar 2.5 Display target log, tras seismik, dan eksternal atribut (Russell,2006)

Gambar berikut menunjukkan target (P-wave) sebagai sumbu vertikal yang di kros plotkan dengan suatu atribut tertentu. Dalam hal ini hasil inversi.



Gambar 2.6 Conventional Cross-plot Antara Log Target dan Atribut Seismik (Russell,2006)

Hubungan linier antara log target dan atribut ditunjukkan oleh sebuah garis lurus yang memenuhi persamaan:

$$y = a + b * x \quad (2.14)$$

Koefisien a dan b pada persamaan ini diperoleh dengan meminimalisasikan mean-square prediction error :

$$E^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - a - b * x_i)^2 \quad (2.15)$$

dimana penjumlahan dilakukan pada setiap titik di cross-plot. Dengan mengaplikasikan garis regresi tersebut kita dapat memberikan prediksi untuk atribut target.

Lalu dihitung kovariansi yang didefinisikan dalam persamaan:

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - m_x)(y_i - m_y) \quad (2.16)$$

Dimana mean nya adalah:

$$m_x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (2.17)$$

$$m_y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad (2.18)$$

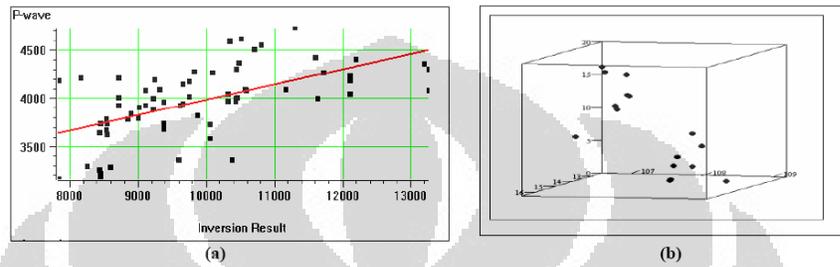
Nilai Kovariansi yang sudah dinormalisasi adalah:

$$\rho = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \quad (2.19)$$

Nilai ini merupakan prediksi eror, yaitu hasil pengukuran kecocokan untuk garis regresi. Prediksi eror ini merupakan perbedaan RMS antara target log sebenarnya dan target log prediksi. Nilai korelasi terkadang dapat diperbaiki dengan mengaplikasikan transform non-linear untuk variabel target, variabel atribut, ataupun keduanya.

2.3.3 Regresi Linear Multi-Atribut

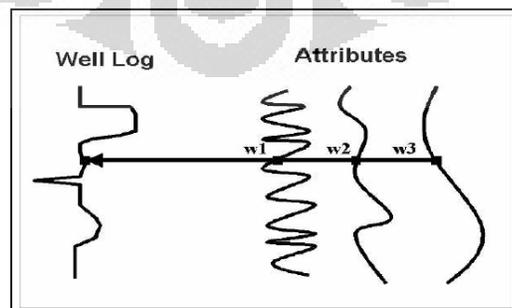
Pengembangan dari Cross-plot konvensional adalah dengan menggunakan multiple-attribute.



Gambar 2.7 Ilustrasi Cross-plot dengan menggunakan (a) satu atribut dan (b) dua atribut (Russell, 2006)

Dalam metoda ini, tujuan kita adalah untuk mencari sebuah operator, yang dapat memprediksi log sumur dari data seismik didekatnya. Pada kenyataannya, kita menganalisa data atributseismik dan bukan data seismik itu sendiri. Salah satu alasan kenapa kita melakukan hal ini karena menggunakan data atribut seismik lebih menguntungkan dari pada data seismik itu sendiri, banyak dari atribut ini bersifat non linier, sehingga mampu meningkatkan kemampuan prediksi.

Pengembangan (extension) analisa linier konvensional terhadap multiple atribut (regresi linier multivariat) dilakukan secara langsung. Sebagai penyederhanaan, kita mempunyai tiga atribut seperti yang terlihat pada Gambar :



Gambar 2.8 Contoh kasus tiga atribut seismik, tiap sampel log target dimodelkan sebagai kombinasi linier dari sampel atribut pada interval waktu yang sama (Russell, 2006)

Pada tiap sampel waktu, log target dimodelkan oleh persamaan linier :

$$L(t) = w_0 + w_1 A_1(t) + w_2 A_2(t) + w_3 A_3(t) \quad (2.20)$$

Pembobotan (weights) pada persamaan ini dihasilkan dengan meminimalisasi mean-squared prediction error

$$E^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (L_i - w_0 - w_1 A_{1i} - w_2 A_{2i} - w_3 A_{3i})^2 \quad (2.21)$$

Solusi untuk empat pembobotan menghasilkan persamaan normal standar :

$$\begin{bmatrix} w_0 \\ w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N & \sum A_{1i} & \sum A_{2i} & \sum A_{3i} \\ \sum A_{1i} & \sum A_{1i}^2 & \sum A_{1i} A_{2i} & \sum A_{1i} A_{3i} \\ \sum A_{2i} & \sum A_{1i} A_{2i} & \sum A_{2i}^2 & \sum A_{2i} A_{3i} \\ \sum A_{3i} & \sum A_{1i} A_{3i} & \sum A_{2i} A_{3i} & \sum A_{3i}^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum L_i \\ \sum A_{1i} L_i \\ \sum A_{2i} L_i \\ \sum A_{3i} L_i \end{bmatrix} \quad (2.22)$$

Seperti pada kasus atribut tunggal, mean-squared error yang dihitung menggunakan pembobotan, merupakan pengukuran kesesuaian untuk transformasi tersebut, dimana sekarang koordinat x merupakan nilai log yang diprediksi dan koordinat y merupakan nilai real dari data log.

Lalu bagaimana caranya memilih kombinasi atribut yang paling baik untuk memprediksi log target? Dilakukan sebuah proses yang dinamakan *step-wise regression*:

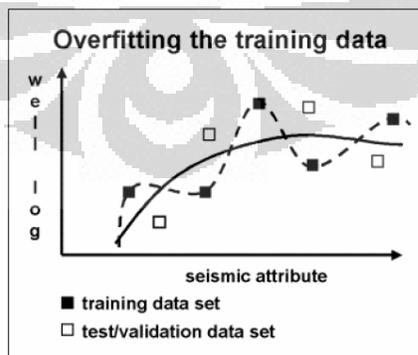
1. Dicari atribut tunggal pertama yang paling baik dengan menggunakan *trial and error*. Untuk setiap atribut yang terdapat pada software dihitung error prediksinya. Atribut terbaik adalah atribut yang memberikan error prediksi terendah. Atribut ini selanjutnya akan disebut atribut-a
2. Dicari pasangan atribut yang paling baik dengan mengasumsikan anggota pasangan yang pertama adalah atribut-a. Pasangan yang paling baik adalah pasangan yang memberikan error paling kecil. Atribut ini selanjutnya akan disebut atribut-b.

3. Dicari tiga buah atribut yang berpasangan paling baik, dengan mengasumsikan dua buah anggota yang pertama atribut-a dan atribut-b. Tiga buah atribut yang paling baik adalah yang memberikan error prediksi paling kecil. Prediksi ini berlangsung terus sebanyak yang diinginkan. Error prediksi, E_n , untuk n atribut selalu lebih kecil atau sama dengan E_{n-1} untuk $n-1$ atribut, tidak peduli atribut mana yang digunakan.

2.3.4 Validasi

Pertanyaan selanjutnya yang harus dijawab adalah kapan kita harus berhenti menambahkan jumlah atribut. Bagaimanapun juga transformasi multi-atribut dengan jumlah atribut $N+1$ selalu mempunyai prediksi error lebih kecil atau sama dengan transformasi dengan N atribut. Menambah jumlah atribut, serupa dengan mencari kurva regresi yang cocok untuk sebuah plot data, dengan menggunakan polinomial yang ordenya semakin besar.

Apabila jumlah atribut yang digunakan semakin banyak, maka error prediksi akan semakin berkurang. Masalah yang kemudian timbul adalah, biasanya data yang dihasilkan akan buruk bila diterapkan pada data baru (yang tidak termasuk dalam data training), karena atribut tersebut terlalu dicocokkan dengan data training. Hal ini biasa disebut dengan over-training.



Gambar 2.9 Ilustrasi cross-validasi (Russell, 2006)

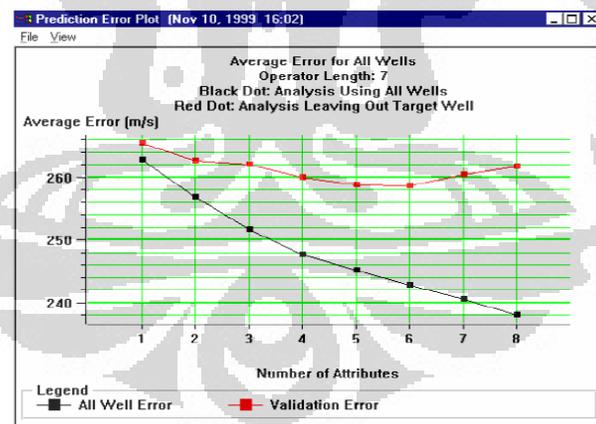
Kedua kurva digunakan untuk mencocokkan data. Kurva putus-putus menunjukkan korelasi yang baik dengan data training. Namun buruk jika kemudian digunakan set data validasi.

Untuk mengukur validitas dari jumlah atribut yang digunakan, dilakukan prosedur sebagai berikut. Misalnya, terdapat tiga buah atribut dan lima buah well. Untuk perhitungan pertama, sumur pertama tidak diikutkan. Lalu dihitung koefisien regresinya, tanpa menggunakan data dari sumur pertama. Dengan nilai koefisien yang dihasilkan, lalu dihitung prediksi error dari sumur satu dengan rumus:

$$E^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\varphi_i - w_0 - w_1 * I_i - w_2 * E_i - w_3 * F_i)^2 \quad (2.23)$$

Ini adalah error validasi untuk sumur satu. Proses ini kemudian diulang untuk sumur 2, sumur 3, dan sumur 4. Error rata-ratanya dihitung dengan:

$$E_A = \frac{(E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5)}{5} \quad (2.24)$$



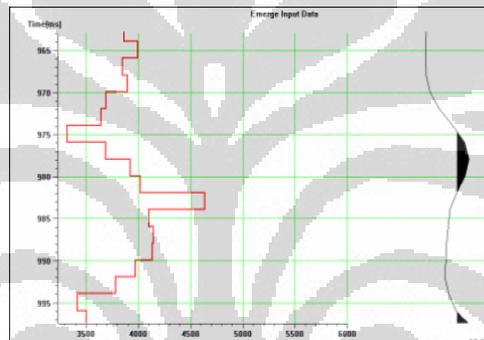
Gambar 2.10 Plot Validation Error dan Prediction Error. (Russell, 2006)

Pada gambar di atas, kurva yang berwarna hitam menunjukkan error prediksi yang dihitung dengan menggunakan data training, sedangkan kurva yang merah menunjukkan error validasi dengan tidak mengikutkan satu sumur dalam

perhitungannya (data validasi). Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa digunakan lebih dari enam atribut, eror validasinya bertambah besar, yang artinya terjadi “*over-training*”

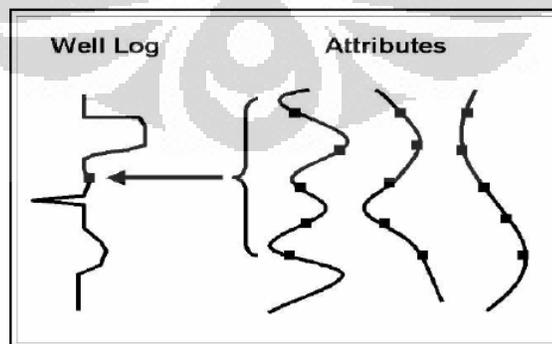
2.3.5 Convolutional Multi-Attribute

Analisa multi-atribut yang telah dijelaskan di atas melakukan korelasi dari setiap sampel target dengan sampel seismik atribut pada titik yang sama. Pendekatan ini sangat terbatas karena tidak mengindahkan kenyataan bahwa terdapat perbedaan kandungan frekuensi antara data seismik dengan data log.



Gambar 2.11 Perbedaan frekuensi antara data seismik dan data log. (Russell, 2006)

Alternatif lain untuk menyelesaikan masalah ini yaitu dengan mengasumsikan tiap sampel pada log target berhubungan dengan sejumlah sampel yang berdekatan pada atribut seismik.



Gambar 2.12 Penggunaan 5 titik operator konvolusi untuk menghubungkan atribut seismic dengan log target. (Russell, 2006)

Pengembangan persamaan dengan melibatkan operator konvolusi adalah :

$$L = w_0 + w_1 * A_1 + w_2 * A_2 + w_3 * A_3 \quad (2.25)$$

dimana * operator konvolusi, dan w_1 adalah operator jarak tertentu. Perlu dicatat jumlah koefisien bertambah menjadi (jumlah waktu atribut panjang operator) + 1 Koefisien operator dihasilkan dengan meminimalisaskan *mean-squared prediction error* :

$$E^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=j}^N (L_i - w_0 - w_1 * A_{1i} - w_2 * A_{2i} - w_3 * A_{3i})^2 \quad (2.26)$$

2.4 Tinjauan Umum Well-Logging

2.4.1 Log Densitas

Prinsip kerja log ini adalah memancarkan sinar gamma energi menengah kedalam suatu formasi sehingga akan bertumbukan dengan elektron-elektron yang ada. Tumbukan tersebut akan menyebabkan hilangnya energi sinar gamma yang kemudian dipantulkan dan diterima oleh detektor yang akan diteruskan untuk direkan ke permukaan. Hal ini mencerminkan fungsi dari harga rata-rata kerapatan batuan.

Kegunaan dari Log Densitas yang lain adalah menentukan harga porositas batuan, mendeteksi adanya gas, menentukan densitas batuan dan hidrokarbon serta bersama-sama log neutron dapat digunakan untuk menentukan kandungan lempung dan jenis fluida batuan.

2.4.2 Log Sonik

Log Sonik adalah log yang bekerja berdasarkan kecepatan rambat gelombang suara. Gelombang suara yang dipancarkan kedalam suatu formasi kemudian akan dipantulkan kembali dan diterima oleh penerima. Waktu yang

dibutuhkan gelombang suara untuk sampai ke penerima disebut interval transit time. Besarnya selisih waktu tersebut tergantung pada jenis batuan dan besarnya porositas batuan sehingga log ini bertujuan untuk mengetahui porositas suatu batuan dan selain itu juga dapat digunakan untuk membantu interpretasi data seismik, terutama untuk mengkalibrasi kedalaman formasi. Log ini bertujuan untuk menentukan jenis batuan terutama evaporit. Pada batuan yang sarang maka kerapatannya lebih kecil sehingga kurva log sonik akan mempunyai harga besar seperti pada serpih organik atau lignit. Apabila batuan mempunyai kerapatan yang besar, maka kurva log sonik akan berharga kecil seperti pada batugamping.

3.4.3 Log Permeabilitas

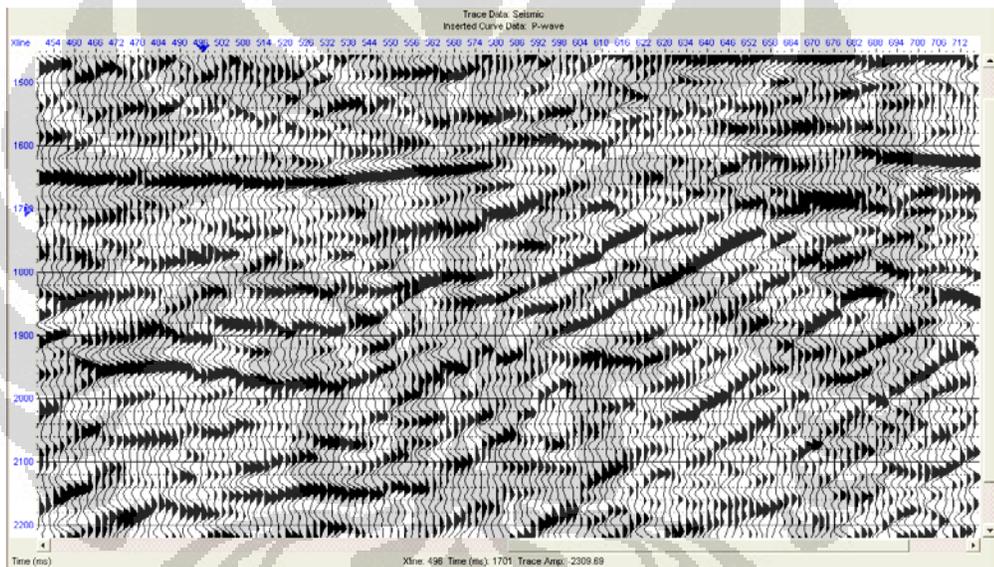
Parameter yang diukur dalam log permeabilitas adalah log gamma ray, dengan prinsip fisika yang mendasari yaitu perekaman radioaktivitas alami batuan. Radioaktivitas log GR berasal dari 3 unsur radioaktif yang ada dalam batuan yaitu: Uranium (U), Thorium (Th), Potasium (K), yang secara kontinu memancarkan GR dalam bentuk pulsa-pulsa energi radiasi tinggi. kaliper (Cal). Dengan skala dari kiri ke kanan. Tingkat radiasi serpih (shale) lebih tinggi dibandingkan batuan lain karena unsur-unsur radioaktif cenderung mengendap di lapisan serpih yang tidak permeable. Pada formasi permeabel (sand) tingkat radiasi GR lebih rendah dan kurva turun (mendeflek) ke kiri. Log GR adalah log permeabilitas yang bagus sekali karena mampu memisahkan dengan baik lapisan serpih dari lapisan permeable.

BAB III DATA DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 Data

3.1.1 Data Seismik

Data seismik yang digunakan adalah data seismik tiga dimensi dan merupakan data post-stack, serta memiliki ordinat waktu dari 1397 ms sampai 2302 ms. Dengan polaritas normal dan fasa nol dalam format SEG-Y. Interval sampling adalah 4 ms. Crossline daerah penelitian 150 – 750 dan inline 152 - 900.

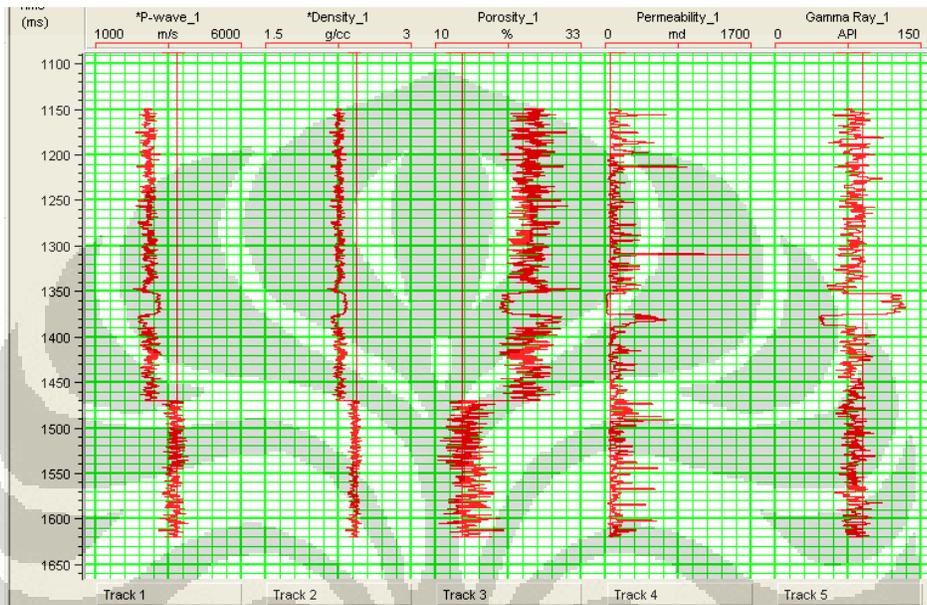


Gambar 3.1 Data Seismik yang telah mengalami migrasi

3.1.2 Data Sumur

Daerah penelitian merupakan suatu lapangan yang sudah berkembang dengan baik, sehingga sudah memiliki banyak sumur. Sumur-sumur tersebut memiliki sonik, densitas, porositas, permeabilitas maupun data gamma ray. Log sonik dan densitas digunakan untuk pengikatan sumur dengan seismik menghasilkan tras

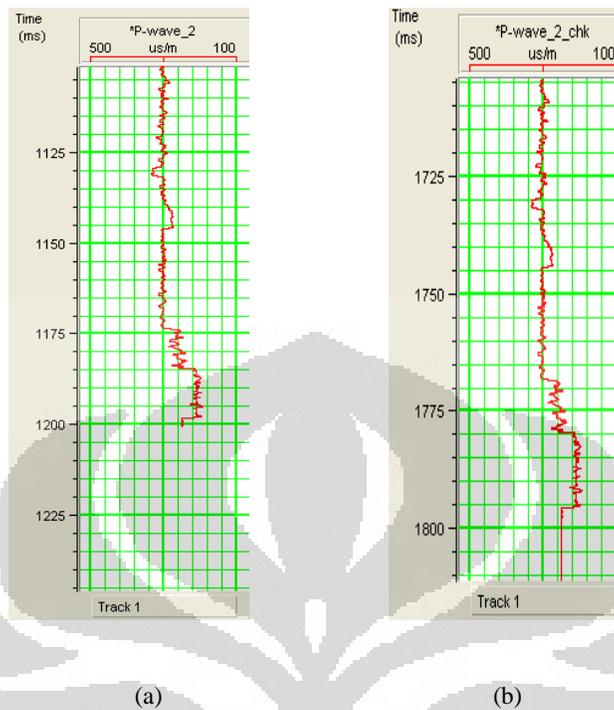
seismik sintetik, sedangkan log lainnya digunakan untuk mendukung interpretasi dan pemodelan. Dari sumur tersebut, dipilih 10 sumur yang memiliki korelasi yang cukup baik dengan data seismic. Sumur-sumur yang digunakan adalah sumur R01, R02, R03, R09, R10, R11, R12, R13, R14, R15.



Gambar 3.2 Data Sumur

3.1.3 Data Checkshot

Data checkshot digunakan untuk proses penyesuaian antara kurva data sonik dengan kurva depth-time yang diperoleh dari data seismic. Koreksi ini dilakukan karena data sonik yang diperoleh dari pengukuran pada batuan bawah permukaan memiliki domain kedalaman yang berbeda dari data seismic (domain time), oleh karena itu diperlukan adanya kalibrasi, hal ini agar data sumur dan data seismic yang digunakan pada proses inversi memiliki domain yang sama.



Gambar 3.3 Kurva Sonik Sebelum Checkshot (a) dan Sesudah Checkshot (b)

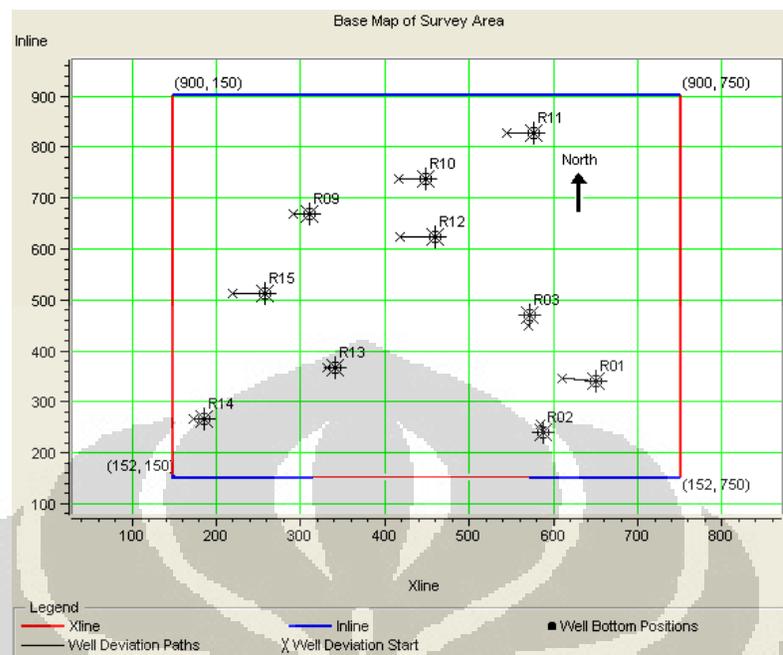
3.2 Pengolahan Data

Tahapan yang disusun untuk estimasi properti reservoir dari data seismik (analisa multiatribut) adalah sebagai berikut :

3.2.1 Penentuan Geometri dan Posisi Survey.

Agar metoda ini dapat digunakan dengan baik, sejumlah data harus dimiliki, diantaranya :

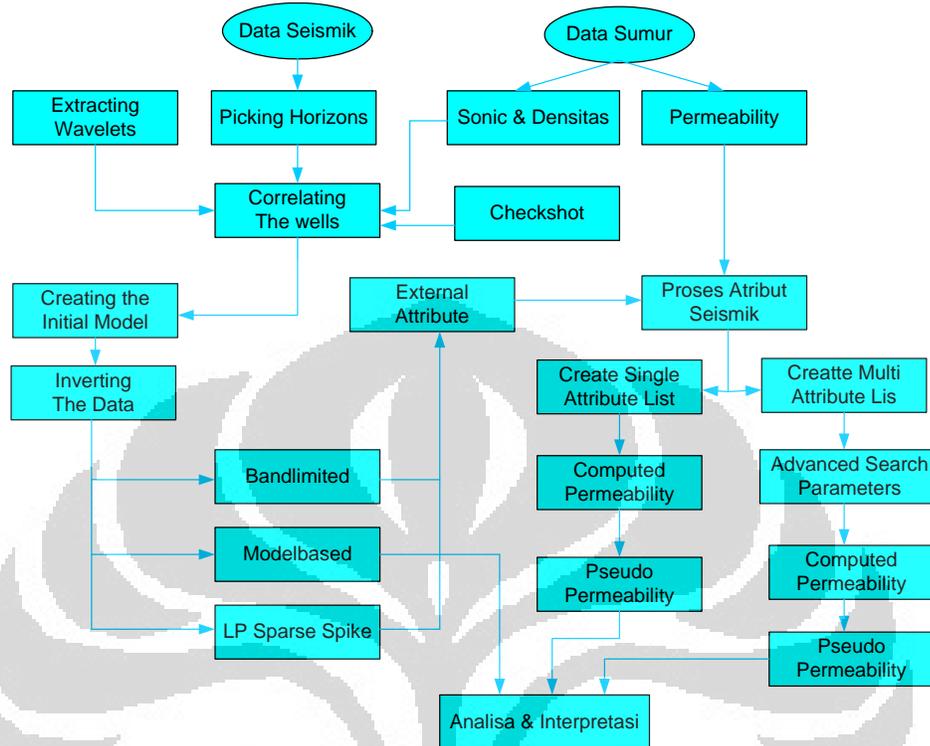
- a. Volume seismik
- b. Data sumur yang cukup untuk menghasilkan hubungan statistik yang baik, sehingga mampu merepresentasikan variasi spasial daerah studi.



Gambar 3.4 Peta Dasar Daerah Penelitian

3.2.2 Tahapan Pengerjaan

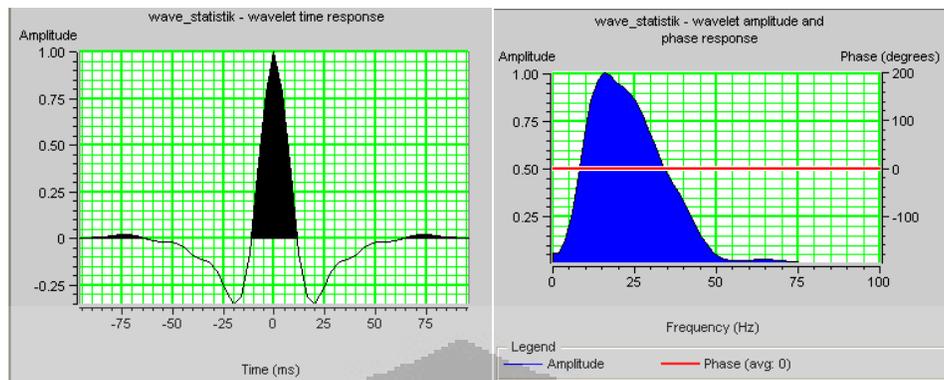
- Ekstraksi wavelet dan well-seismic tie, dilakukan pembuatan wavelet dengan mengubah-ubah parameter dan semua sumur dikonversikan dari skala kedalaman ke waktu, kemudian tras seismik diekstrasi untuk setiap lokasi yang dekat dengan data sumur.
- Picking horizon, tahapan ini mengacu pada hasil penarikan batas horizon yang telah dilakukan oleh interpreter sebelumnya.
- Melakukan inversi dan parameter yang akan digunakan dalam memetakan properti reservoir.
- Membuat cube inversi pada batas horizon target yang telah ditetapkan.
- Analisa cube inversi menjadi external attribute pada proses multiatribut.
- Pembuatan data volume pseudo log, dengan menggunakan persamaan empiris yang dihasilkan dari properti log dan atribut seismik



Gambar 3.5 Diagram Proses Inversi dan Atribut Seismik

3.2.3 Ekstraksi Wavelet dan Well Seismic Tie

Proses ekstraksi wavelet dapat dilakukan dengan beberapa metoda. Pertama, dengan menggunakan cara statistik, yaitu dengan mengekstraksi wavelet dari cube data seismik disekitar zona target. Kedua, menggunakan data sumur, dimana wavelet diekstraksi disekitar lokasi sumur. Ketiga, dengan membuat wavelet Ricker. Sumur dikonversi dari kedalaman menjadi fungsi waktu dengan menggunakan data *checkshot*. Pada penelitian ini dipilih wavelet statistik. Wavelet ini dipilih karena menghasilkan korelasi yang paling cukup baik pada saat melakukan well seismic tie.



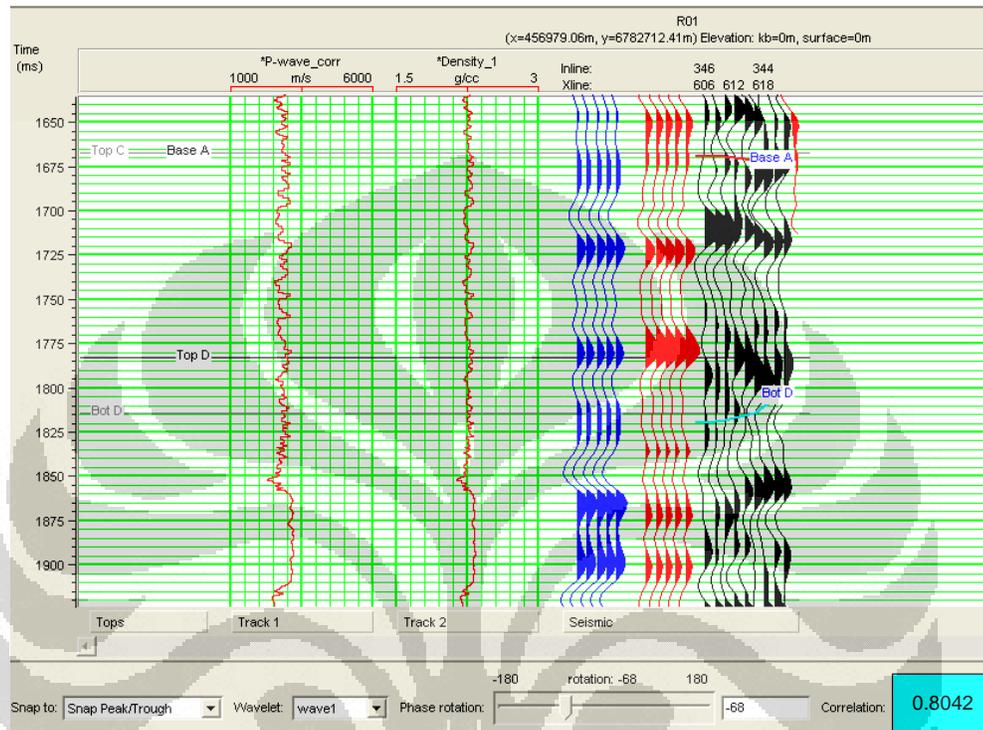
Gambar 3.6 Wavelet Statistik

Tabel 3.1 Nilai koefisien korelasi sintetis-seismik pada tiap sumur

| | | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | R01 | R02 | R03 | R09 | R10 |
| Well | 0.6321 | 0.4434 | 0.4531 | 0.4434 | 0.4531 |
| Ricker | 0.7521 | 0.4341 | 0.8129 | 0.5341 | 0.8129 |
| Statistik | 0.8042 | 0.6863 | 0.8861 | 0.7163 | 0.8861 |
| | R11 | R12 | R13 | R14 | R15 |
| | 0.4231 | 0.5428 | 0.5576 | 0.5412 | 0.5362 |
| | 0.6621 | 0.6217 | 0.7429 | 0.5287 | 0.6556 |
| | 0.7972 | 0.7842 | 0.9216 | 0.9863 | 0.8362 |

Wavelet kemudian dikonvolusikan dengan koefisien refleksi untuk membuat seismogram sintetis yang akan digunakan dalam proses well seismic tie. Sebelum melakukan proses well seismic tie ini, data sumur (sonik) terlebih dahulu dikonversi dari domain kedalaman menjadi domain waktu dengan menggunakan data checkshot. Proses well seismic tie pada dasarnya banyak dipengaruhi oleh proses bulkshifting ataupun stretch/squeeze dengan toleransi pergeseran sekitar 10 ms. Batas pergeseran tersebut perlu diperhatikan karena jika melebihi 10 ms akan menyebabkan data sumur mengalami shifting. Hal ini akan berpengaruh

pada saat penentuan nilai fasa dari data sumur tersebut, dimana nilai fasanya akan mengalami pergeseran dari nilai fasa sebenarnya.



Gambar 3.7 Proses Well Seismic Tie Pada Sumur R01

Gambar 3.7 memperlihatkan hasil koreksi data sintetik dan data riil. Tras berwarna biru memperlihatkan tras sintetik sedangkan tras berwarna merah menunjukkan tras riil, hasil komposit dari line tras sekitarnya. Korelasi dilakukan antara tras merah dengan tras biru. Nilai korelasi berkisar antara nol dan satu, nilai korelasi nol berarti korelasi sangat buruk dan nilai korelasi satu berarti sangat baik, dalam studi ini korelasi antara tras seismik dengan tras tras sintetik bernilai 0.8042.

3.3 Seismik Inversi

Inversi seismik juga disebutkan sebagai proses ekstraksi sifat fisika geologi bawah permukaan dari data seismik (Hampson & Russell, 2005). Tujuan dasar dari inversi seismik adalah melakukan transformasi data seismik refleksi menjadi nilai kuantitatif sifat fisik serta deskripsi reservoir. Sebelum melakukan proses inversi terlebih dahulu dibuat model inisial dengan menggunakan data sumur, wavelet, dan horizon yang ada.

3.3.1 Pembuatan Model Inisial

Setelah didapatkan nilai korelasi yang optimum antara data seismik dengan data sumur, maka langkah selanjutnya adalah membuat model bumi. Model bumi merupakan model geologi yang dibuat berdasarkan informasi data sumur dan horizon. Deskripsi geologi yang diperoleh dari data sumur akan diekstrapolasi secara lateral mengikuti batas horizon yang telah dibuat. Dalam membuat model bumi diperlukan data sonik yaitu P-wave dan wavelet. Data sonik yang digunakan merupakan data yang memiliki korelasi optimum dengan data seismik, sedangkan wavelet yang digunakan adalah wavelet yang dihasilkan dari sintetik. Parameter yang menjadi masukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Sumur : R01, R02, R03, R09, R10, R11, R12, R13, R14, dan R15

Log : P-wave dan density

Horizon : Horizon Top, Base A dan Bot D

Wavelet : Wavelet sintetik

3.3.2 Inversi Bandlimited

Model awal yang telah dibuat kemudian dilakukan inversi dengan menggunakan Bandlimited Inversion. Untuk melihat perbandingan antara sebaran impedansi yang dihasilkan dari proses inversi, dengan log impedansi yang

dihasilkan dari perkalian antara log densitas dengan log sonik (p-wave). Dari metode inversi ini dapat menganalisis penyebaran reservoir karena merupakan gabungan data antara impedansi akustik hasil inversi dengan data sumur yang ada, sehingga penampang impedansi akustiknya dapat terlihat jelas.

Pada inversi ini, yang menjadi parameter masukan yang cukup penting adalah high-cut constraint. Parameter ini digunakan untuk mengganti frekuensi yang rendah yang hilang pada seismik. Semua frekuensi yang bernilai di atas nilai frekuensi masukan akan dihilangkan dari model inisial dan semua frekuensi yang berada di bawah nilai frekuensi akan dihilangkan dari tras seismik yang telah diinversi secara rekursif. Kemudian kedua data ini digabungkan untuk memperoleh hasil akhir.

Parameter masukan secara lengkap untuk metode inversi bandlimited yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Window : 1397 – 2301 ms
 Maximum constraint frequency : 10 Hz

3.3.3 Inversi Modelbased

Metode inversi modelbased ini terbagi menjadi dua metode yaitu metode constrained dan stochastic. Pada metode constrained, ditentukan sejauh apa impedansi dari hasil inversi dapat berubah dari model inisialnya (ditentukan batas atau constrain- nya). Sedangkan pada metode stochastic tidak ditentukan sejauh apa impedansi dari hasil inversi dapat berubah dari model inisialnya. Pada penelitian ini, yang dilakukan adalah metode model based constrained dengan parameter sebagai berikut:

Window : 1397 – 2301 ms
 Constrained : lower 25% dan upper 25%
 Average block size : 4 ms
 Iterasi : 20

Constrained dipilih 25 % yang artinya batas bawah dan batas atas dari model inisial bias berubah sebesar 25% dalam mendapatkan model hasil inversinya. Average block size yang dipilih adalah 4 ms sesuai dengan sampling dari seismiknya. Iterasi yang dipilih adalah 20 kali iterasi untuk mendapatkan model final.

3.3.4 Inversi Sparse Spike

Metode inversi sparse-spike juga dibagi menjadi dua teknik, yaitu sparse-spike linear programming dan sparse-spike maximum likelihood. Inversi sparse-spike yang pertama didasarkan pada algoritma linear programming yang bertujuan untuk memperbaiki model impedansi akustik dengan reflektivitas "jarang" dengan meminimalkan error antara tras model dengan tras seismik. Sedangkan inversi sparse-spike maximum likelihood berdasarkan pada algoritma dekonvolusi maximum likelihood. Untuk setiap tras, sekuen reflektivitas diestimasi dengan cara menambahkan koefisien refleksi satu per satu hingga hasil yang optimal diperoleh. Reflektivitas broadband kemudian diperbaiki secara gradual hingga hasil tras sintetik sesuai dengan tras riil. Untuk kedua metode ini diasumsikan bahwa wavelet pada data seismik diketahui yaitu current wavelet. Pada penelitian ini dilakukan inversi sparse-spike linear programming dengan parameter sebagai berikut:

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Detail Analisis Window | : Top Horizon - BotZ+50ms |
| Sparseness | : 100% |
| Constraint Frequency | : 10 Hz |
| Window Length | : 128 |
| Output Impedance | : full spectrum impedance |

3.4 Volum Pseudo Permeabilitas

Setelah kita melakukan pengikatan data sumur dengan data seismik dan menentukan properti log yang akan digunakan, kemudian dilakukan analisa single

atribut dan multiatribut. Pada penelitian ini akan dibuat volum pseudo permeabilitas. Volum akustik impedans akan dijadikan eksternal atribut dalam proses analisa single dan multiatribut ini.

Dalam melakukan analisa atribut seismik, sumur yang digunakan dikurangi atau tidak menggunakan semua sumur yang ada, pemilihan sumur tertentu ini lebih dikarenakan beberapa sumur memiliki kesalahan atau error yang sangat tinggi. Adapun sumur-sumur yang digunakan adalah sebanyak 7 sumur, yaitu sumur R02, R03, R09, R10, R13, R14 dan R15

3.4.1 Single Atribut

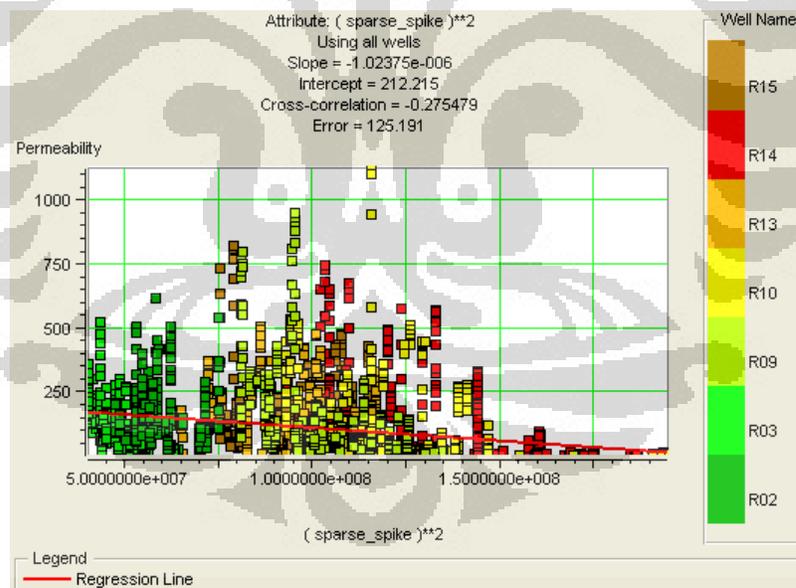
Setelah dilakukan pengikatan data sumur dengan data seismic (*well-seismic tie*) dan pembuatan initial model serta model-model lainnya yang merupakan gambaran penyebaran impedansi akustik (*P-impedance*) yang akan digunakan sebagai eksternal atribut, maka langkah selanjutnya adalah membuat daftar atribut yang akan digunakan (*Create Single Attribute List*), lalu bisa diambil atribut terbaik yang bisa digunakan menjadi atribut dalam proses pembuatan pseudo permeabilitas, dalam hal ini atribut yang terbaik adalah (*LP-Sparse Spike*)**2 yang memiliki persentase error terkecil diantara atribut lainnya yaitu sebesar 125.19 md dan tingkat korelasi sebesar 0.275.

Tabel 3.2 Daftar single atribut

Single Attribute Correlation Results

| Target | Attribute | Error | Correlation |
|----------------------|----------------------|------------|-------------|
| Permeability | (sparse_spike)**2 | 125.190659 | -0.275479 |
| Permeability | sparse_spike | 125.740456 | -0.260296 |
| Permeability | Sqrt(sparse_spike) | 126.056654 | -0.251110 |
| Permeability | Log(sparse_spike) | 126.387978 | -0.241097 |
| Permeability | 1 / (sparse_spike) | 127.054298 | 0.219478 |
| Permeability | (modelbased)**2 | 128.323456 | -0.170469 |
| Permeability | (bandlimited)**2 | 128.419418 | -0.166153 |
| Sqrt(Permeability) | (sparse_spike)**2 | 128.668259 | -0.414414 |
| Permeability | modelbased | 128.681473 | -0.153734 |
| Permeability | bandlimited | 128.710449 | -0.152298 |
| Permeability | Sqrt(bandlimited) | 128.856552 | -0.144830 |
| Permeability | Sqrt(modelbased) | 128.861877 | -0.144550 |
| Permeability | Log(bandlimited) | 128.998779 | -0.137161 |

There are 200 samples.

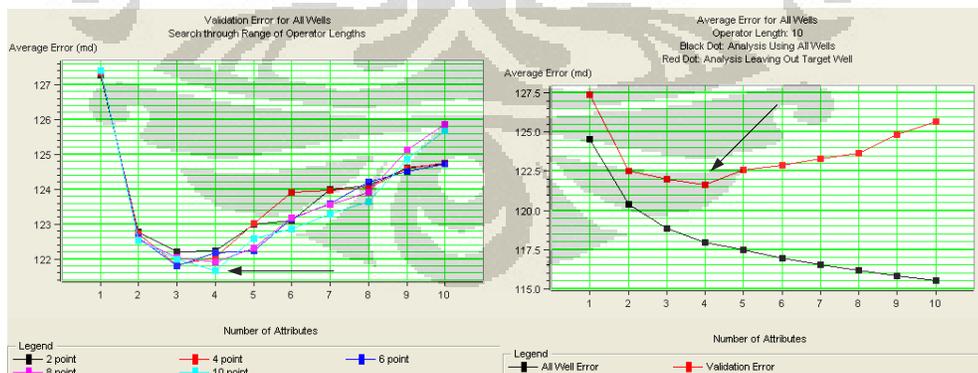
Gambar 3.8 Cross plot antara Permeability vs $(LP_Sparse\ Spike)^{*2}$

3.4.2 Multiatribut

Untuk menentukan kelompok atribut yang akan digunakan untuk membuat volum permeabilitas dilakukan training terhadap kelompok multiatribut tersebut. Yang pertama dilakukan adalah memilih operator length terbaik. Dengan memilih operator length lebih dari satu, maka data sampel yang diikuti sertakan dalam proses multiatribut melibatkan data tetangga sejauh besar operator length yang kita pilih tersebut. Besar operator length yang digunakan ditentukan dengan melakukan tes operator length.

Selanjutnya dilihat berapa banyak atribut yang dapat digunakan sebelum data mengalami over-training. Untuk itu, digunakan prediksi eror dan validasi eror. Prediksi eror selalu akan berkurang seiring dengan bertambah banyaknya jumlah atribut yang digunakan. Maka dari itu, digunakan juga validasi eror, yaitu eror prediksi yang akan didapatkan bila salah satu sumur tidak diikuti sertakan pada proses analisa multi atribut tersebut. Nilai validasi ini menunjukkan tingkat kepercayaan bila hasil analisa diberlakukan ke seluruh volum seismik.

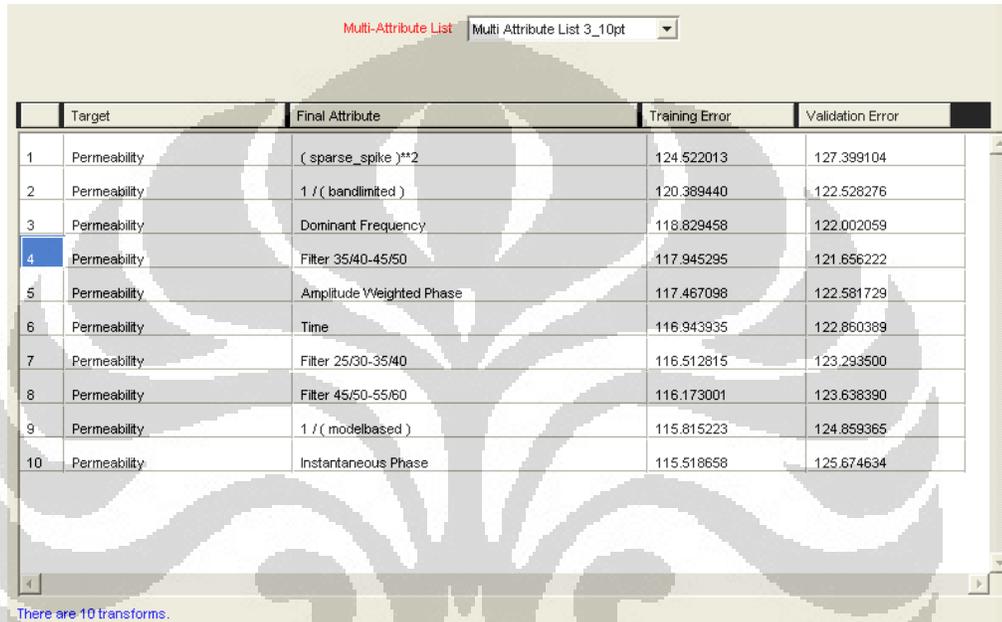
Berikut adalah parameter yang digunakan pada proses pembuatan volum permeabilitas.



Gambar 3.9 Tes Operator Length menunjukkan nilai operator yang paling baik adalah empat

Dari test operator length tersebut dapat dilihat bahwa jumlah operator yang paling baik digunakan adalah sepuluh buah operator dengan jumlah atribut maksimal yang dapat digunakan adalah empat buah atribut.

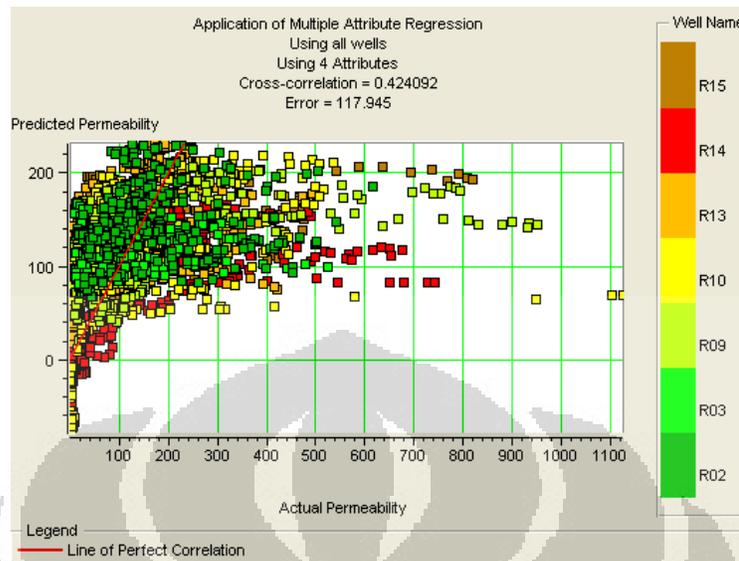
Tabel 3.3 Tabel atribut yang digunakan dalam proses analisa multiatribut. Dalam proses ini menggunakan lima atribut



| | Target | Final Attribute | Training Error | Validation Error |
|----|--------------|---------------------------|----------------|------------------|
| 1 | Permeability | (sparse_spike)**2 | 124.522013 | 127.399104 |
| 2 | Permeability | 1 / (bandlimited) | 120.389440 | 122.528276 |
| 3 | Permeability | Dominant Frequency | 118.829458 | 122.002059 |
| 4 | Permeability | Filter 35/40-45/50 | 117.945295 | 121.656222 |
| 5 | Permeability | Amplitude VWeighted Phase | 117.467098 | 122.581729 |
| 6 | Permeability | Time | 116.943935 | 122.860389 |
| 7 | Permeability | Filter 25/30-35/40 | 116.512815 | 123.293500 |
| 8 | Permeability | Filter 45/50-55/60 | 116.173001 | 123.638390 |
| 9 | Permeability | 1 / (modelbased) | 115.815223 | 124.859365 |
| 10 | Permeability | Instantaneous Phase | 115.518658 | 125.674634 |

There are 10 transforms.

Dapat dilihat pada tabel diatas, merupakan jenis-jenis atribut yang digunakan dalam proses iterasi. Dari hasil training diperoleh bahwa nilai validasi error dan prediksi error menurun hingga digunakannya empat buah atribut. Penggunaan lebih empat buah atribut akan menyebabkan data menjadi 'over training', hal ini diperlihatkan oleh nilai validasi,



Gambar 3.10 Cross plot antara *Actual Permeability* vs *Predicted Permeability* dengan menggunakan 4 atribut

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Well-Seismic Tie

Seismogram sintetis untuk ke sepuluh sumur menunjukkan hasil yang baik. Dapat terlihat terdapat kesesuaian bentuk dan ukuran antara seismogram sintetis dengan tras seismic riil. Hal ini diperlihatkan oleh nilai korelasi antara sintetis dengan riil yang cukup tinggi, hampir semuanya di atas 0.7.

Setelah dilakukan trial and error, wavelet terbaik yang digunakan adalah wavelet yang di ekstrak dari data seismik sintetis bertipe constant phase.

Nilai korelasi ini juga dipengaruhi oleh besarnya window yang digunakan untuk proses korelasi tersebut. Maka sebaiknya window yang digunakan mencakup zona interest, tidak terlalu kecil dan tidak terlalu besar.

4.2 Analisa Inversi

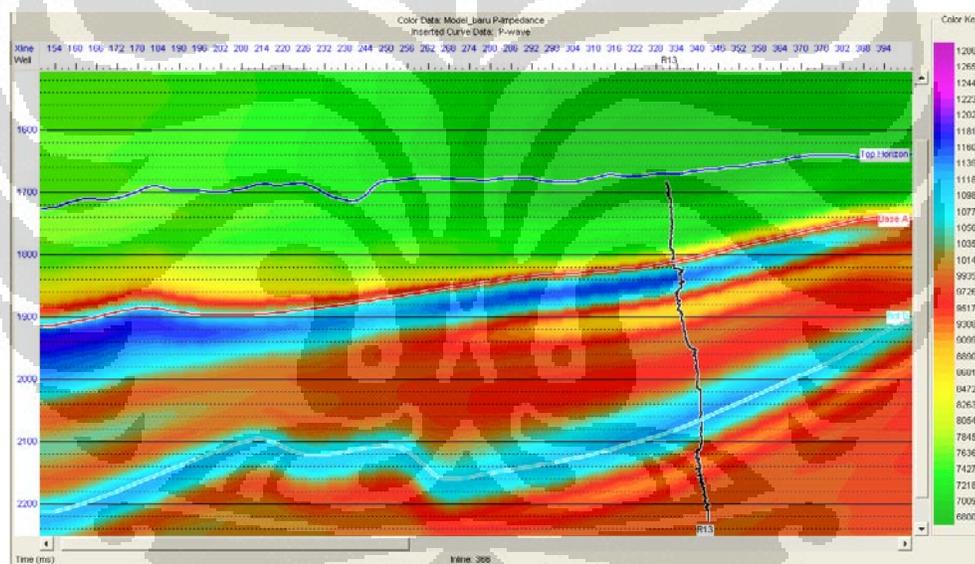
Parameter fisika seperti kecepatan sonik dan densitas merupakan faktor yang penting dalam menghasilkan nilai impedansi akustik, perubahan kedua nilai tersebut akan berpengaruh terhadap perubahan nilai impedansi akustiknya. Dari persamaan dapat diketahui bahwa perbedaan nilai kecepatan sonik maupun nilai densitas akan menyebabkan perbedaan nilai impedansi akustiknya. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar perbedaan nilai kecepatan sonik ataupun nilai densitas antara dua lapisan akan menghasilkan nilai koefisien refleksi yang semakin besar pula.

Besarnya amplitudo pada data tras seismik menunjukkan besarnya nilai koefisien refleksi pada batas antar lapisan, karena tras seismik yang dihasilkan merupakan konvolusi antara koefisien refleksi dengan wavelet. Dengan melihat besarnya

amplitudo pada tras seismik, kita dapat mengetahui besarnya perbedaan nilai impedansi akustiknya yang dapat diturunkan menjadi perbedaan kecepatan sonik ataupun densitas dari tiap lapisan.

4.2.1 Analisa Model Inisial

Model inisial dibuat dengan menggunakan penampang seismik 3D, wavelet hasil analisis, tiga buah top dan sepuluh data sumur sebagai kontrol. Model inisial ini sudah menunjukkan hasil yang cukup baik, dengan ekstrapolasi nilai impedansi akustik mengikuti control dari sepuluh sumur ini. Berikut adalah penampang model inisial melewati yang sumur R13.

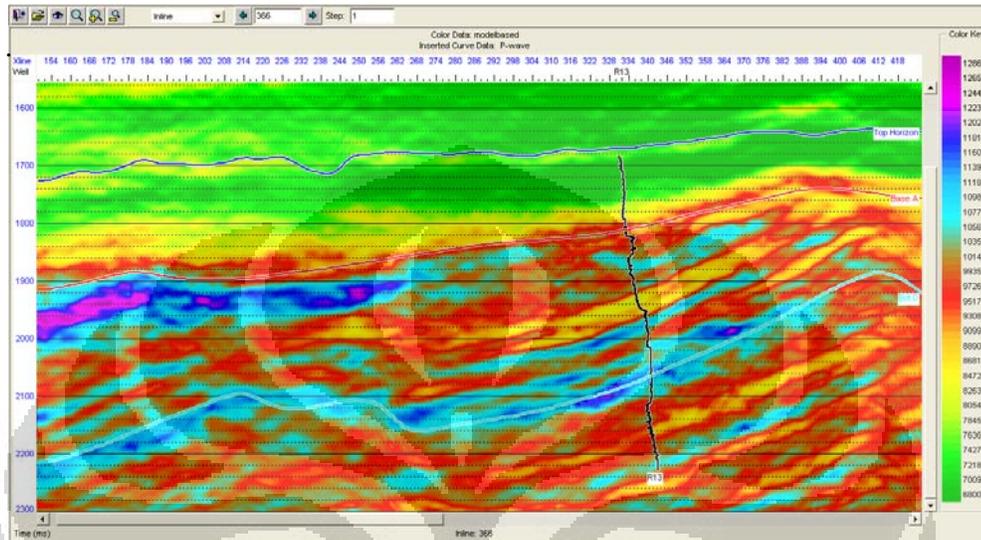


Gambar 4.1 Model Inisial Inline 366 Sumur R13

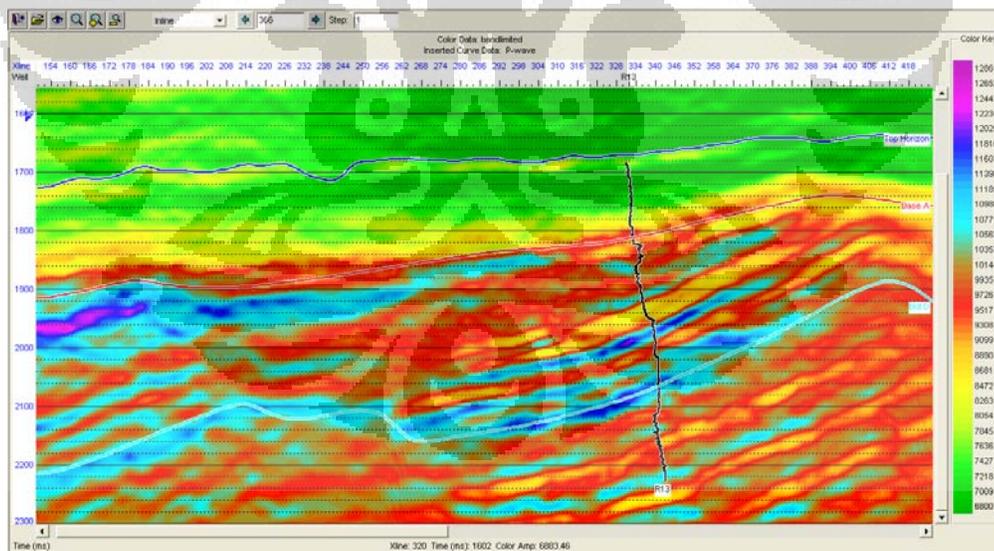
4.3.2 Analisa Hasil Inversi

Secara umum, hasil inversi bandlimited, modelbased dan LP sparse spike menunjukkan hasil display yang cukup serupa. Tapi bila diamati lebih jauh metode LP sparse spike menunjukan hasil yang lebih baik dikarenakan mampu memisahkan kemenerusan yang cukup baik bila dibandingkan metode

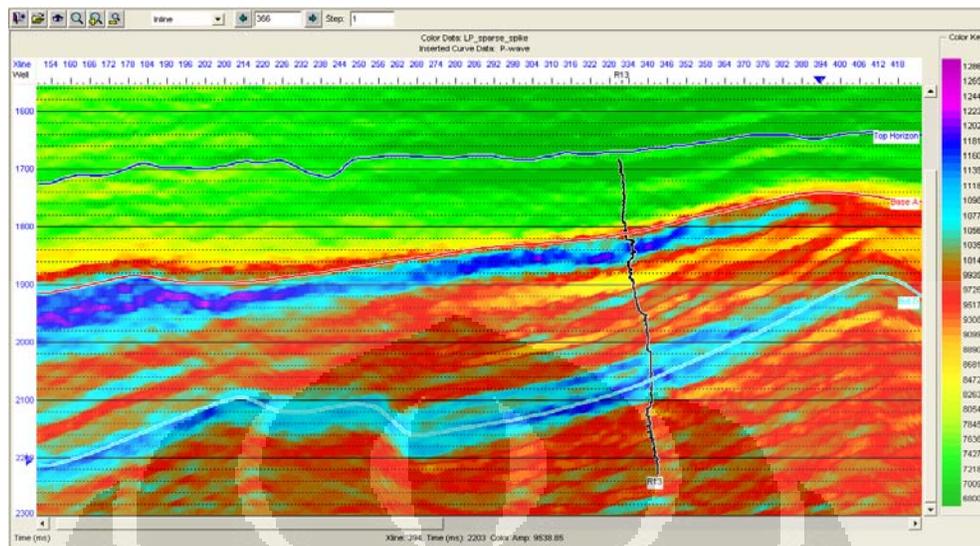
bandlimited dan modelbased. Gambar di bawah ini menunjukkan penampang inversi hasil bandlimited, modelbased, dan LP sparse spike.



Gambar 4.2 Hasil Inversi Modelbased Inline 366 Sumur R13



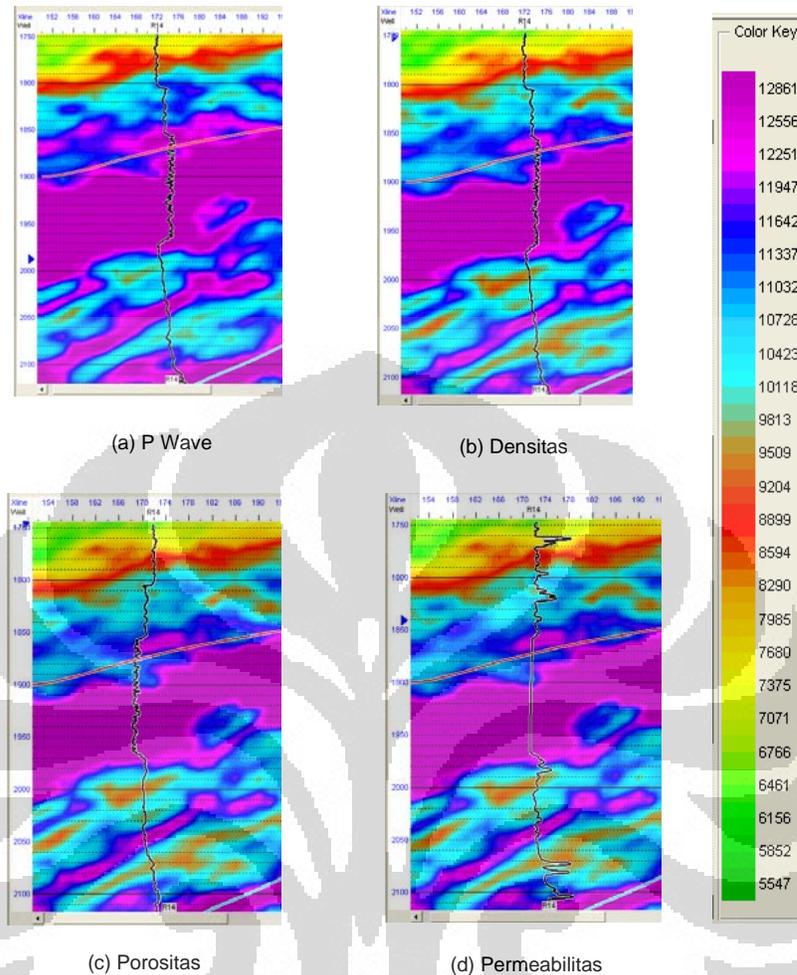
Gambar 4.3 Hasil Inversi Bandlimited Inline 366 Sumur R13



Gambar 4.4 Hasil Inversi LP Sparse Spike Inline 366 Sumur R13

4.2.3 Analisa Distribusi Impedansi Akustik

Hasil inversi distribusi impedansi akustik ini dapat dibandingkan dengan data sumur yang dimiliki, hal ini dilakukan untuk melihat kualitas hasil inversi penampang geologi dari parameter akustik impedansi. Berikut ini adalah korelasi hasil inversi distribusi impedansi akustik dengan data-data sumur.



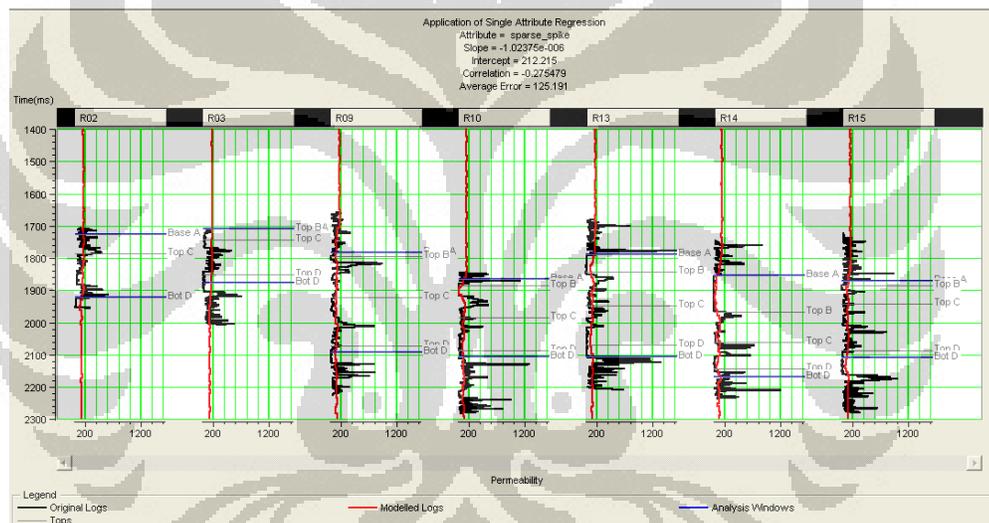
Gambar 4.5 Hasil Inversi Impedansi Akustik Dibandingkan Dengan Data-data Sumur

Dapat dilihat pada gambar 4.5 hubungan antara impedansi akustik hasil inversi modelbased dengan data-data sumur memiliki korelasi yang sangat baik. Seperti ditunjukkan pada gambar (a) dan (b) yaitu disaat impedansi akustik memiliki nilai yang cukup tinggi maka kurva log P-wave dan densitas juga akan mengalami peningkatan dari harga sebelumnya ke tingkat harga yang lebih tinggi. Dan sebaliknya terlihat pada gambar (c) yaitu log porositas mengalami penurunan nilai disaat impedansi akustik memiliki nilai yang tinggi. Gambar (d) menunjukkan nilai permeabilitas yang sangat rendah disaat nilai impedansi akustiknya memiliki nilai yang saat tinggi.

4.3 Analisa Proses Single dan Multiatribut

4.3.1 Single Atribut

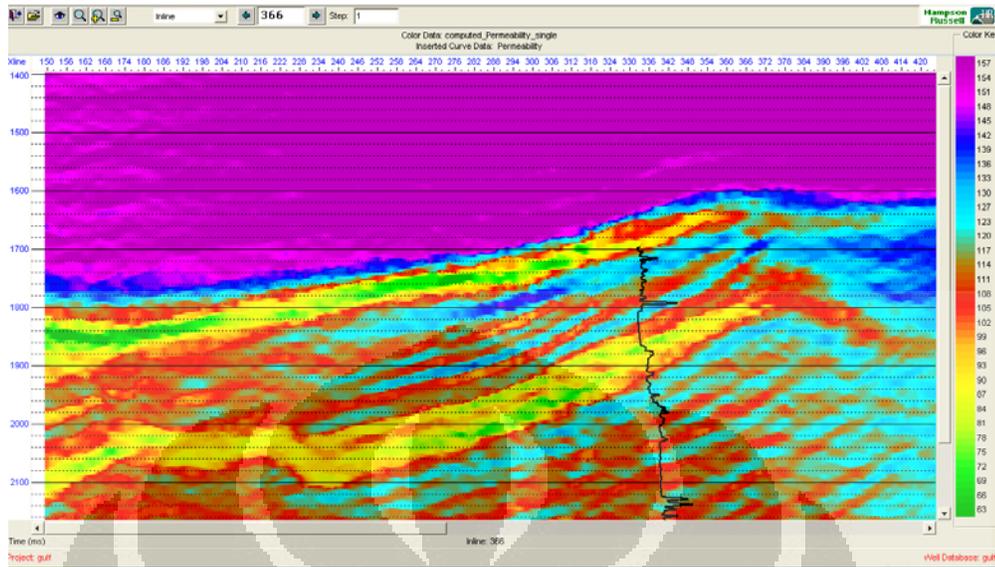
Dengan korelasi sebesar 0.275 dan tingkat error lebih dari 125 md, hasil dari proses single atribut tidak cukup baik, hal itu lebih diperjelas lagi dari hasil training dibawah, terlihat pada sumur R02, R03 dan R09 memberikan gambaran *modelled log* yang tidak cukup baik karena sangat berbeda dari *original log*, adapun untuk sumur lainnya, walaupun terlihat dari *modelled log* yang memiliki kecenderungan yang sedikit mengikuti *original log*, tetapi tetap saja menggambarkan hasil yang kurang dapat dipercaya.



Gambar 4.6 Plot hasil training single atribut

4.3.2 Multiatribut

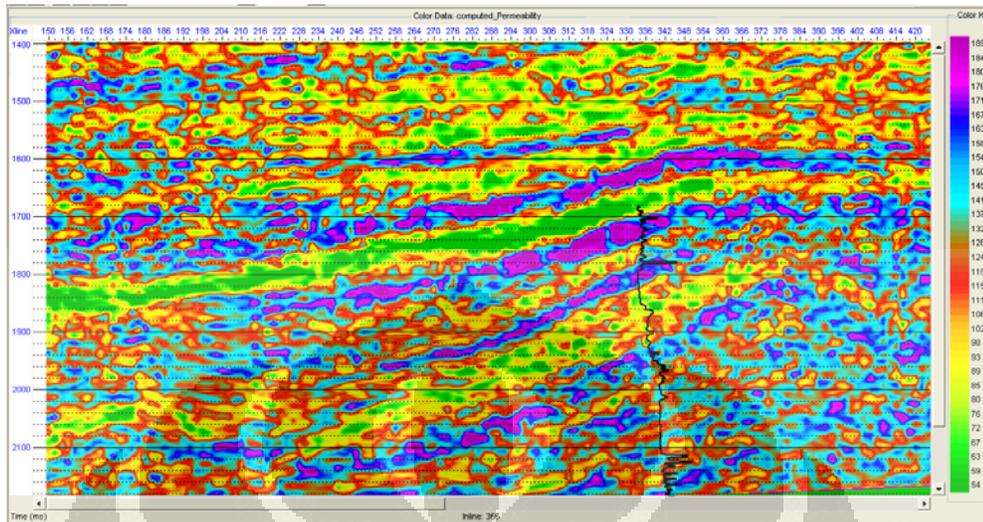
Hasil dari plot training multiatribut dibawah menunjukkan hasil yang sangat bervariasi dari setiap sumur yang digunakan, pada sumur R02, R03 dan R09 terdapat hasil yang kurang baik, karena terlihat pada gambar dibawah *modelled log* yang dihasilkan kurang mengikuti kecenderungan dari *original log*, jadi analisa yang dapat diberikan pun terbatas. Berbeda dari itu semua, hasil yang ditunjukkan sumur lainnya yaitu R10, R13, R14 dan R15 cukup baik, karena kecenderungan antara *modelled log* dan *original log*. Adapun nilai korelasi yang



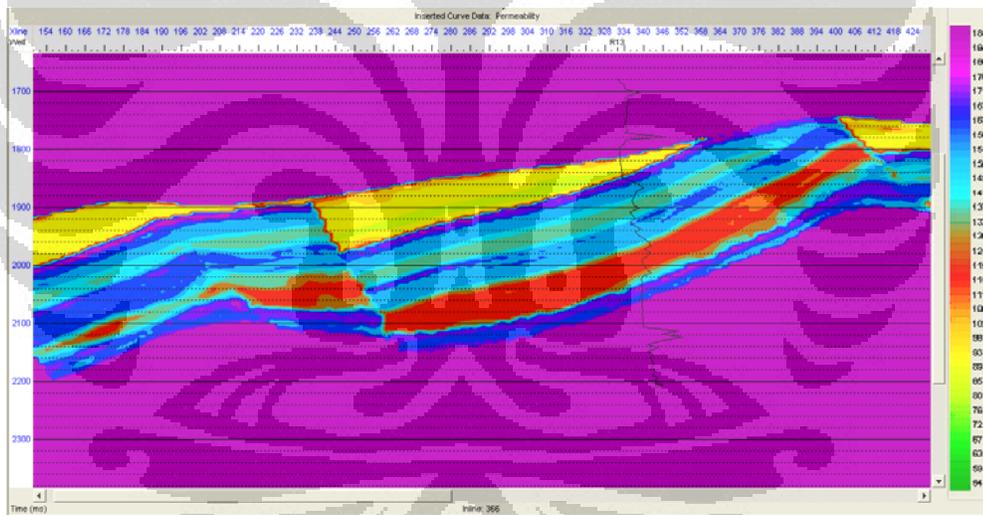
Gambar 4.8 Volum pseudo permeabilitas menggunakan single atribut

4.4.2 Multiatribut

Jumlah atribut yang digunakan adalah 4 atribut, hasil yang ditampilkan volum permeabilitas sangat baik karena apabila dibandingkan dengan volum yang dihasilkan dengan menggunakan single atribut (Gambar 4.8) memberikan gambaran yang lebih jelas, karena kemenerusan secara lateral yang bisa ditunjukkan dengan kemenerusan nilai permeabilitas ditampilkan dengan lebih baik, informasi ini cukup penting karena merupakan representasi dari litologi bawah permukaan, interpretasi lebih lanjutnya adalah informasi yang menunjukkan lapisan yang permeable atau lapisan yang merupakan reservoir dan lapisan yang impermeable. Dan apabila dibandingkan dengan log permeabilitas pada sumur R13, maka sangat sesuai dan tepat.

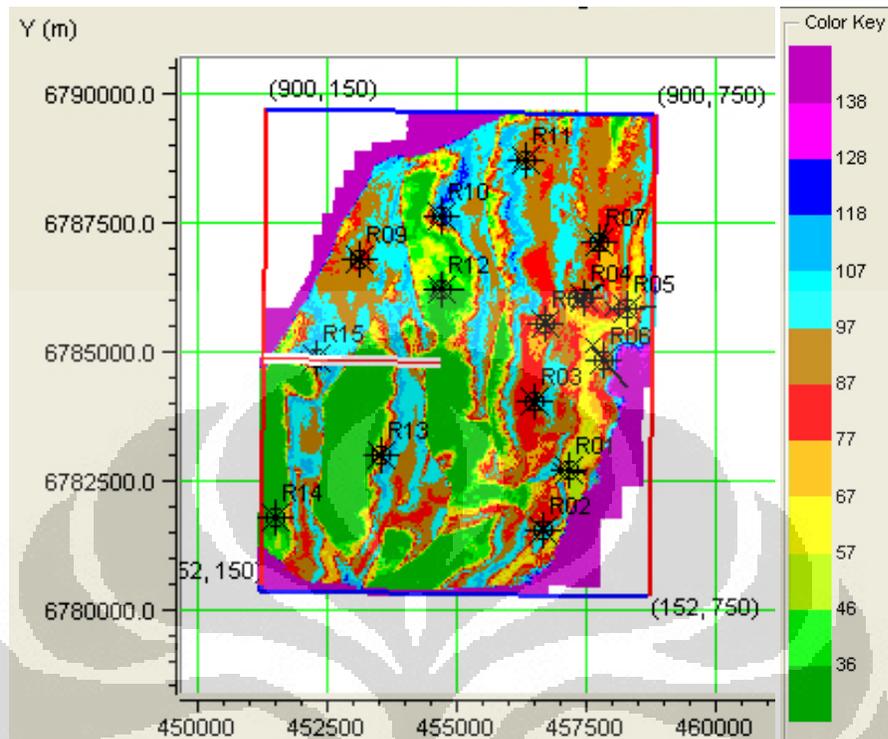


Gambar 4.9 Volum pseudo permeabilitas menggunakan multiatribut

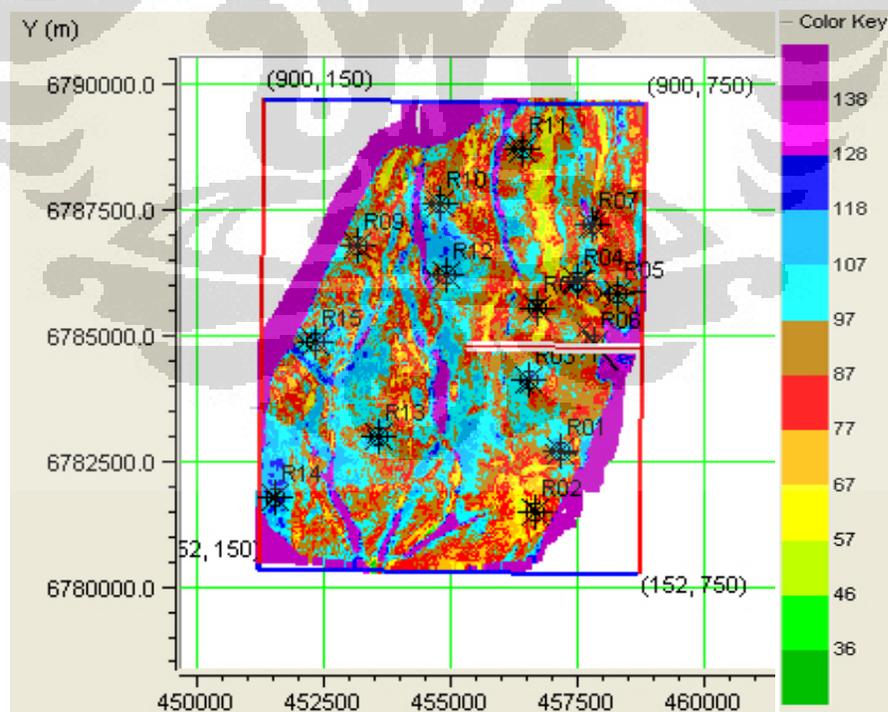


Gambar 4.10 Volum cube pseudo permeabilitas

Dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12 merupakan distribusi penyebaran permeabilitas yang merupakan hasil slice volum pseudo permeabilitas pada horizon Base A dan Bot D.



Gambar 4.11 Slice Pseudo Permeabilitas Horizon Base A



Gambar 4.12 Slice Pseudo Permeabilitas Horizon Bot D

BAB V

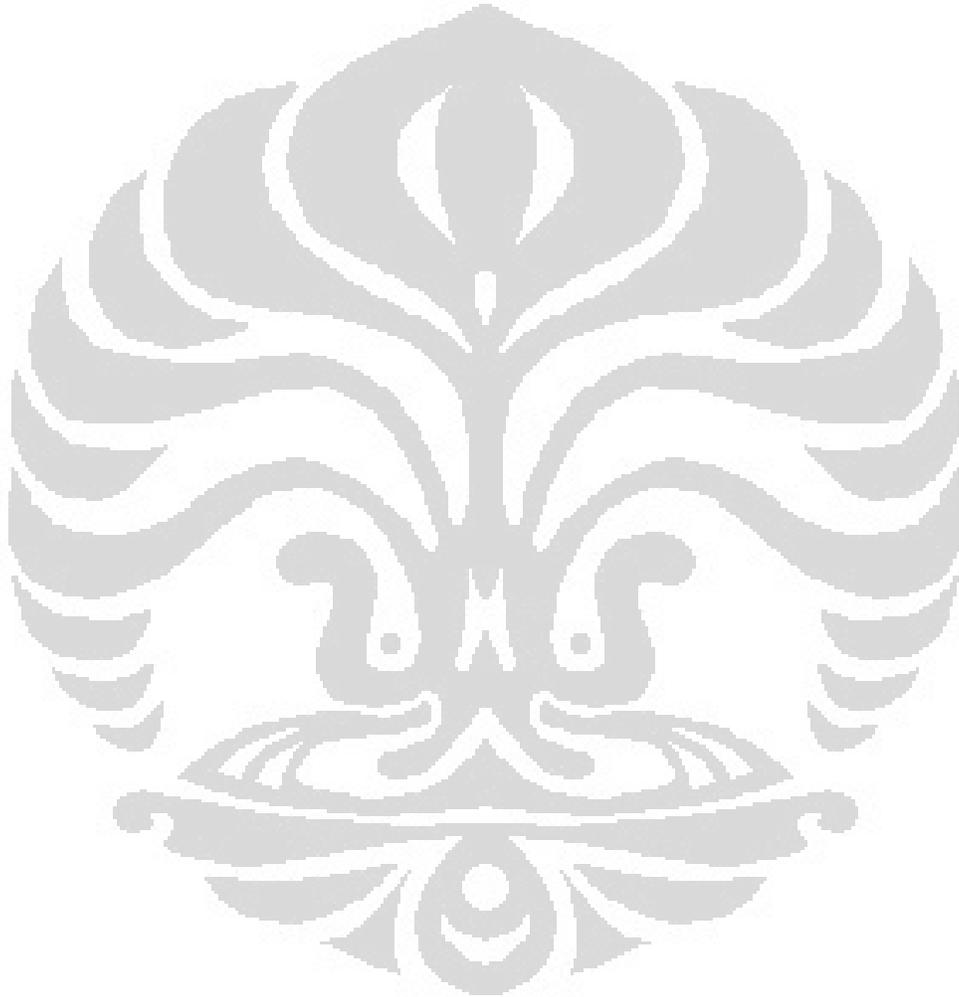
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Inversi impedansi akustik bisa menggambarkan pola penyebaran AI yang menunjukkan adanya kontras densitas dan kecepatan dibawah permukaan, dan hasil inversi tersebut bisa digunakan sebagai eksternal atribut pada proses pembuatan volum pseudo permeabilitas agar didapat hasil dengan tingkat keakuratan yang lebih baik.
- Hasil penyebaran distribusi permeabilitas yang dihasilkan dengan menggunakan metode multiatribut jauh lebih baik dibandingkan dengan single atribut, hal ini menunjukkan penggunaan atribut yang lebih banyak menghasilkan hasil yang lebih baik dan lebih akurat.
- Perpaduan antara multiatribut seismik dan inversi impedansi akustik (yang digunakan sebagai eksternal atribut) dapat membuat penyebaran distribusi permeabilitas yang lebih baik dengan kemenerusan secara lateral yang tergambar dengan jelas, dan itu berujung pada pemberian informasi mengenai variasi nilai permeabilitas pada daerah penelitian.
- Peta penyebaran distribusi permeabilitas yang dihasilkan sudah cukup baik, dikarenakan memberikan korelasi yang sesuai dengan peta penyebaran porositas (yang dihasilkan interpreter sebelumnya).
- Pada peta penyebaran distribusi permeabilitas (horizon Base A) menunjukkan kontras permeabilitas yang cukup tinggi. Pada bagian timur laut nilai permeabilitasnya cukup tinggi, bagian tengah dan bagian selatan menunjukkan nilai permeabilitas yang rendah.
- Sedangkan peta penyebaran distribusi permeabilitas (horizon Bot D) menunjukkan variasi nilai permeabilitas yang sedang hingga tinggi.

5.2 Saran

- Hasil pseudo porositas dapat digunakan sebagai eksternal atribut agar memperoleh korelasi yang lebih baik lagi.
- Integrasi Analisa AI dan Multiatribut dapat dilakukan untuk mengurangi ambiguitas interpretasi.



DAFTAR ACUAN

- Badley, M.E., 1985, Practical Seismic Interpretation, Prentice Hall
- Ensiklopedi Seismik Online, 2008, Multiattribute Analysis.
<http://ensiklopediseismik.blogspot.com/2008/multiattribute-analysis.html>
- Ensiklopedi Seismik Online, 2008, Multi Linear Regression.
<http://ensiklopediseismik.blogspot.com/2008/multi-linear-regression-mlr.html>
- Hampson, D., Schuelke, J., and Qurein, J. A., 2001, Use of Multiattribute Transforms to Predict Log Properties from Seismic Data, *Geophysics*, 66, p. 220-236.
- Haris, A., 2006, Seismik Eksplorasi, Modul Kuliah Metode Seismik Mahasiswa Geofisika Universitas Indonesia, Depok
- Haris, A., 2006, Interpretasi Seismik, Modul Kuliah Interpretasi Seismik Mahasiswa Geofisika Universitas Indonesia, Depok.
- Harsono, A., 1997, Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log, Schlumberger Oilfield Service, Edisi ke-8, Jakarta.
- Herawan, F., 2007, Analisa Multiatribut Seismik Untuk Memetakan Litologi dan Porositas Reservoir "X" dan Lapangan "FY", Bandung
- Huwell, J.R., B.F., 1959, Introduction to Exploration Geophysics, McGraw Hill.
- Kurniawan, Y., 2007, Interpretasi Seismik 3D Pada Lapangan "Y", Depok.
- Russell, B., Hampson, D., Schuelke, J., and Qurein, J., 1997, Multiattribute Seismic Analysis, *The Leading Edge*, Vol. 16, p. 1439-1443.

Russel, B., and Hampson, D., 2006, Emerge Theory, Software Hampson Russell.

Russel, B., and Hampson, D., 2006, Strata Theory, Software Hampson Russell.

Santoso, D., 2002, Pengantar Teknik Geofisika , Penerbit ITB, Bandung.

Santoso, D., Alam, S., Hendrajaya, L., Alfian, Sulistiono and Munadi, S., 1995, Estimation of Limestone Reservoir Porosity Seismic Attribute and AVO Analysis, Expl. Geoph. 26, p.437-443.

Schultz, P. S., Ronen, S., Hattori, M., and Corbett, C., 1994, Seismic Guided Estimation of Log Properties, The Leading Edge, Vol. 13, p. 305-315.

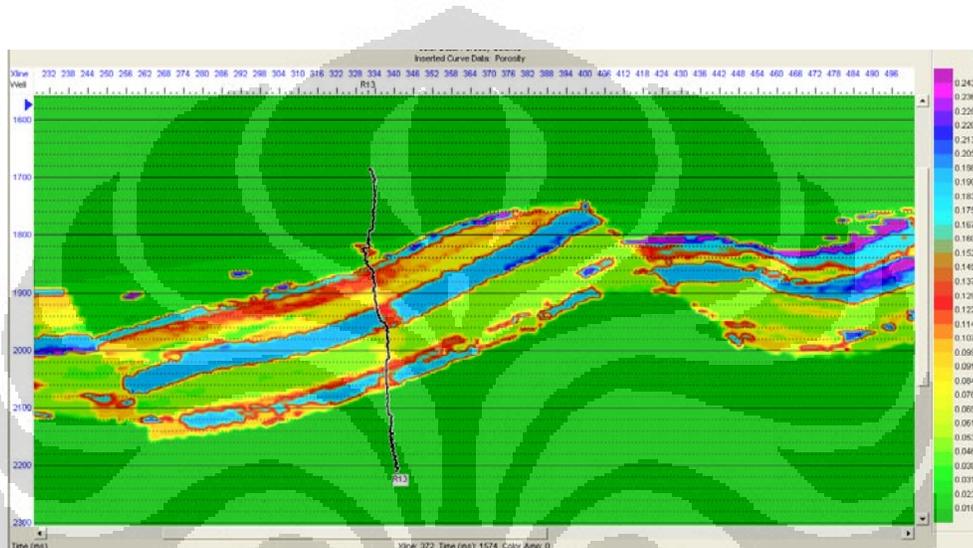
Sherif, R.B., and Geldart, P.L., Exploration Seismology, Cambridge.

Sukmono, S., 2002, Seismic Inversion for Reservoir Characterization.

LAMPIRAN

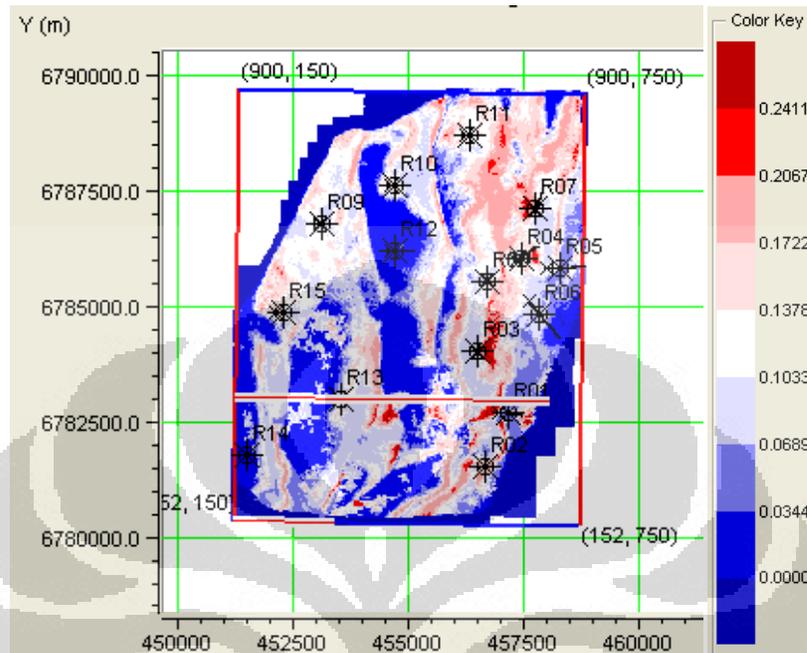
Lapiran A

Berikut ini merupakan gambar dari penampang pseudo porositas, hasil slice horizon Bot A dan Bot D yang merupakan hasil dari pekerjaan interpreter lain.

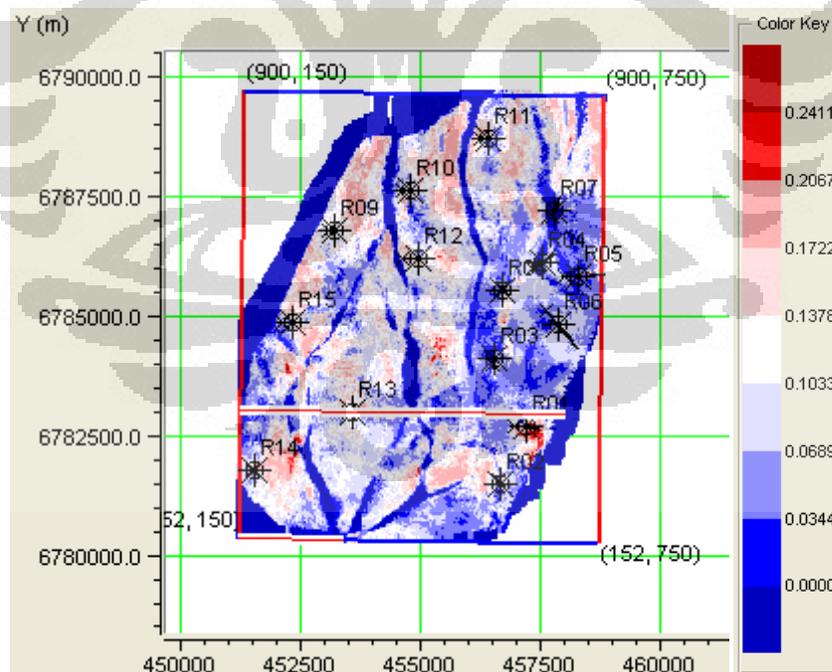


Gambar A1. Volum Cube Pseudo Porositas (Hasil Interpreter Lain)

(Lanjutan)



Gambar A2. Slice Pseudo Porositas Horizon Base A (Hasil Interpreter Lain)



Gambar A3. Slice Pseudo Porositas Horizon Bot D (Hasil Interpreter Lain)

Universitas Indonesia