



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**IDENTIFIKASI LITOLOGI DAN POROSITAS  
MENGUNAKAN ANALISA INVERSI  
DAN MULTI-ATRIBUT SEISMIK,  
STUDI KASUS LAPANGAN BLACKFOOT**

**TESIS**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains

**FITRIYANIE BREN**

**08.06.421.060**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**PROGRAM STUDI ILMU FISIKA**

**KEKHUSUSAN GEOFISIKA RESERVOAR**

**JAKARTA**

**Juni 2011**

## ABSTRAK

### HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk memodelkan ketidakpastian dalam kegiatan investasi. Program ini kemudian dikembangkan, oleh *World Bank Institute*, menjadi bagian dari *Infrisk* model untuk keperluan analisis simulasi dan kelayakan. Dalam penelitian ini hasil keluaran yang diinginkan melalui pendekatan ini adalah berbentuk *probabilistic simulation* dan *multi-period VAR (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti NPV, IRR, *debt service coverage ratio* dan *social benefit from the project*.

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara *investor* dan *lender* dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif *investor* sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif *lender* cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi *lender* akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak *lender* hanya akan menerima konsekuensi terhadap *debt-financed* yang rendah.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi *Infrisk* yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

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

Nama : Fitriyanie Bren

NPM : 08 06 421 060

Tanda Tangan : 

Tanggal : 11 Juni 2011

## ABSTRAK

### HALAMAN PENGESAHAN

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi

besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi.

Tesis ini diajukan oleh

Nama : Fitriyanie Bren

NPM : 08 06 421 060

Program Studi : Magister Kekhususan Geofisika Reservoir

Judul Thesis : **Identifikasi Litologi dan Porositas Menggunakan Analisa Inversi dan Multi-atribut Seismik, Studi Kasus Lapangan Blackfoot.**

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan.

Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. Program ini kemudian dikembangkan oleh *World Bank Institute* menjadi bagian dari *Infrisk* model untuk keperluan analisis simulasi dan kelayakan. Dalam penelitian ini hasil keluaran yang diinginkan melalui pendekatan ini adalah berbentuk *probabilistic simulation* dan *multi-period VAR (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti NPV, IRR, *debt service coverage ratio* dan *social benefit from the project*.

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

### DEWAN PENGUJI

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara *investor* dan *lender* dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif *investor* sangat berorientasi sejalan dengan meningkatnya resiko, *investor* dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif *lender* cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi *lender* akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak *lender* hanya akan menerima konsekuensi terhadap *debt-financed* yang rendah.

Pembimbing : Dr. rer. nat. Abdul Haris

Penguji : Prof. Dr. Suprayitno Munadi

Penguji : Dr. Waluyo

Penguji : Dr. Charlie Wu

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus.

Sebab Simulasi *Infrisk* yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 11 Juni 2011

## ABSTRAK

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk meningkatkan modal investasi

besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung risiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi.

Sujud syukur dan terimakasih tak terhingga kepada Allah SWT dan Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh risiko dalam perpanjangan tangan-Nya di dunia yaitu kedua orangtua saya, M. Bren RN (alm.) dan Erlyne Bren atas berkah hidup, tuntunan, jalan keluar dan semua pertolongan pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel risiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil risiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap data yang telah diadopsi dan dimasukkan pada struktur pendanaan yang selalu hadir mewarnai setiap hela nafas tersebut. Kepada merekalah thesis ini dipersembahkan.

Simulasi adalah metode dalam analisis risiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis risiko dalam kegiatan investasi. Program ini kemudian dikembangkan oleh *World Bank Institute*, menjadi bagian dari *Infrisk* model untuk keperluan analisis simulasi dan kelayakan. Dalam penelitian ini hasil keluaran yang diinginkan melalui pendekatan ini adalah berbentuk *probabilistic simulation* dan *multi-period VAR (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti NPV, IRR, *debt service coverage ratio* dan *social benefit from the project*.

Ucapan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada pihak-pihak yang telah membantu penyusunan thesis ini yaitu:

1. Bapak Prof. Dr. Suprajitno Munadi selaku Ketua Peminatan Geofisika Reservoir yang selalu bersedia untuk berdiskusi dan menjawab pertanyaan-pertanyaan saya.
2. Bapak Dr. rer. nat. Abdul Haris selaku dosen pembimbing yang telah mencurahkan pikiran, waktu dan tenaganya untuk membimbing dan mengarahkan penulis selama masa penyusunan thesis ini.

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh risiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif investor sangat beragam sejalan dengan meningkatnya risiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif lender cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa tingkat risiko yang dihadapi oleh lender akan menerima konsekuensi

3. Seluruh dosen Kekhususan Geofisika Reservoir FMIPA UI tanpa kecuali, yang telah memperkaya visi keilmuan saya.
4. Semua penghuni milis RGUI'08 tanpa terkecuali, You Rawk, Guys!

5. Staf administrasi Kekhususan Geofisika Reservoir FMIPA UI atas tinggi penyertaan modal bantuan selama mengurus administrasi, pihak lender hanya akan menerima konsekuensi

6. Laptop, internet, Twitter, kursi pojokan e-library FMIPA UI, sepeda klasik hadiah suami, bergelas-gelas kopi, dan semua kesulitan serta cinta

Perlu dicatat bahwa kasus yang menemani penyusunan thesis ini sejak awal hingga akhir. Tanpa Sebab Simulasi Infrisk yang kalian semua, thesis ini tak akan pernah ada.

merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

Depok, Juni 2011  
Fitriyani Bren

Universitas Indonesia



## ABSTRAK

### HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur yang sangat penting bagi pembangunan ekonomi yang besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta

upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Untuk melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol, penelitian yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta resiko yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah sebuah metode analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. Program penelitian dikembangkan, oleh *World Bank Institute*, menjadi bagian dari *Infrisk* model untuk keperluan analisis simulasi dan kelayakan. Dalam penelitian ini hasil keluaran yang dikembangkan melalui pendanaan ini akan berbentuk *probabilistic simulation* kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:


#### “Identifikasi Litologi dan Porositas Menggunakan Analisa Inversi dan Multi-atribut Seismik, Studi Kasus Lapangan Blackfoot”

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif lender cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi lender akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak lender hanya akan menerima konsekwensi terhadap *debt-maintenance* yang rendah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai kasus yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang sehat. Pada tanggal 11 Juni 2011

Sebab Simulasi *Infrisk* yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek ini, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

  
(Fitriyanie Bren)

## ABSTRAK

### ABSTRAK

Nama : Fitriyanie Bren

Program Studi : Geofisika Reservoir

Judul : **Identifikasi Litologi dan Porositas Menggunakan Analisa Inversi dan Multi-atribut Seismik, Studi Kasus Lapangan Blackfoot**

Integrasi data seismik dan log sumur dilakukan pada dataset lapangan Blackfoot untuk mengidentifikasi penyebaran litologi dan porositas pada zona target reservoir tipis di lapangan ini. Integrasi dilakukan menggunakan analisa inversi dan multi-atribut seismik. Dengan inversi seismik, tras seismik dapat diubah menjadi volume impedansi akustik yang kemudian dikonversikan menjadi porositas dengan suatu asumsi sedangkan dengan multiatribut seismik, volume porositas dapat diprediksi dengan transformasi linier dan non-linier antara properti log sumur dengan serangkaian atribut seismik.

Tiga jenis metoda inversi impedansi akustik diterapkan pada dataset yaitu inversi rekursif, *linear programming sparse-spike (LPSS)* dan *model-based*. Hasil inversi kemudian dibandingkan satu sama lain melalui parameter *cross correlation* dan *error log*. Hasil dari inversi yang berbeda-beda ini secara konsisten menunjukkan reservoir dengan impedansi rendah didalam channel pada kedalaman kurang lebih 1060ms pada domain waktu. Inversi berbasis model menunjukkan pencitraan yang lebih baik dan koefisien korelasi yang paling tinggi (99.8%) dibandingkan kedua jenis inversi lainnya. Karenanya, hasil inversi impedansi akustik *model-based* ini kemudian digunakan sebagai atribut eksternal pada analisa multi-atribut. Volume pseudo porositas dibuat dari fungsi regresi dari *crossplot* hubungan impedansi akustik hasil inversi dengan log porositas yang tersedia pada setiap sumur.

Analisa multi-atribut digunakan untuk menghasilkan transformasi linier maupun non-linier antara properti log sumur—dalam hal ini adalah log impedansi akustik, densitas dan porositas—dengan serangkaian atribut seismik. Untuk model linier, dipilih transformasi pembobotan linear *step-wise regression (SWR)* yang diperoleh dari minimisasi *least-square*. Untuk mode non-linier *probabilistic neural networks (PNN)* di-training menggunakan atribut pilihan dari transformasi SWR sebagai input. PNN dipilih sebagai *network* yang akan diterapkan pada dataset karena umumnya menunjukkan korelasi yang lebih baik dan mempunyai algoritma matematis yang lebih sederhana.

Kata kunci:

Litologi, porositas, inversi, multi-atribut, multi-linear regression, artificial neural network (ANN), probabilistic neural network (PNN)

## ABSTRAK

### ABSTRACT

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketidaktanganan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran tentang mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan.

Name : Fitriyanie Bren  
Study Programme : Reservoir Geophysics  
Title : **Identification of Lithology and Porosity Distribution Using Seismic Inversion and Multi-attribute Analyses, Case Study of Blackfoot Field**

Integration of seismic and well log data of Blackfoot field dataset was conducted to identify the distribution of lithology and porosity of an interest thin reservoir zone in this field. The integration has been done using seismic and multiattribute analyses. With seismic inversion, seismic trace can be changed into acoustic impedance which represent the physical property of the reservoir layer and then converted to be a porosity volume. With seismic multiattribute, log property volumes are predicted using linear or non-linear transformations between log properties and a set of seismic attributes.

Three types of seismic inversion have been applied to the dataset i.e. recursive inversion, linear programming sparse-spike (LPSS) inversion and model-based inversion. The results then were compared each other through cross correlation and error log parameters. The difference inversion results show clearly the reservoir with its related low impedance within a channel at the depth of 1550m or moreless at 1060ms in time domain. The model-based inversion result shows smoothed image and the highest correlation coefficient (99.8%) compared to two other inversions. Therefore, the acoustic impedance of model-based inversion result was used for external attribute in multiattribute analyses. Pseudo-porosity volume was produced from regression function of a crossplot between the acoustic impedance as an inversion result with the original porosity log.

Multiaattribute analyses were used to derive a relationship between well log properties i.e. acoustic impedance, density and porosity logs—and a set of seismic attributes. The derived relationship can be linear (using step-wise regression transformation) or non-linear (using probabilistic neural network transformation). PNN is chosen as a network trained for final dataset because in general it shows better correlations and simpler matematik algorithms. The reliability of derived relationship is determined by cross-validation test.

Keywords:  
Lithology, porosity, inversion, multi-attributes, multi-linear regression, artificial neural network (ANN), probabilistic neural network (PNN)

# ABSTRAK

## DAFTAR ISI

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi.	
<b>UNIVERSITAS INDONESIA</b> .....	<b>i</b>
Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
upaya apa yang dilakukan untuk meminimalkan nilai variabel resiko yang berpengaruh serta kuantitatif dan kualitatif .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN PUBLIKASI</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
Simulasi adalah .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvii</b>
kegiatan investasi .....	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xviii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
menjadi bagian dari .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	<b>1</b>
penelitian ini hasil keluaran .....	<b>2</b>
1.2. Batasan Masalah .....	<b>2</b>
<i>probabilistic simulation</i> dan .....	<b>2</b>
1.3. Tujuan Penelitian .....	<b>2</b>
utama investasi seperti NPV, IRR, dan .....	<b>2</b>
1.4. Metodologi Penelitian .....	<b>2</b>
<i>project</i> . .....	<b>3</b>
1.5. Sistematika Penulisan .....	<b>3</b>
Berdasarkan analisis .....	<b>4</b>
<b>BAB 2 TINJAUAN TENTANG ANALISA INVERSI DAN MULTI-ATRIBUT SEISMIK</b> .....	<b>4</b>
resiko yang terjadi terdapat .....	<b>4</b>
menentukan struktur pendanaan .....	<b>5</b>
sejalan dengan meningkatnya .....	<b>7</b>
ekuitas berkisar antara 15%-25% .....	<b>8</b>
level tertinggi, artinya bahwa setiap level .....	<b>8</b>
tinggi penyertaan modal dari investor .....	<b>8</b>
menerima konsekwensi terhadap .....	<b>10</b>
Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap .....	<b>12</b>
mengenai berbagai skenario .....	<b>14</b>
Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam .....	<b>14</b>
merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek .....	<b>17</b>
jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario .....	<b>17</b>
pendanaan harus diselidiki .....	<b>19</b>
dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu .....	<b>19</b>
hasil analisis yang lebih baik .....	<b>19</b>



# ABSTRAK

3.1.1. Tinjauan Geologi Singkat.....	19
3.1.2. Kelengkapan Data.....	19
3.1.3. Diagram Alir Pengolahan Data.....	21
3.2. Pengolahan Data.....	22
3.2.1. Metoda Inversi.....	22
3.2.1.1. Analisa Crossplot Log.....	22
3.2.1.2. Analisa Spektrum Amplitudo.....	23
3.2.1.3. Analisa Tuning.....	24
3.2.1.4. Ekstraksi Wavelet.....	25
3.2.1.5. Well-Seismic Tie and Horizon Picking.....	26
3.2.1.6. Pembuatan Model Impedansi Inisial.....	27
3.2.1.7. Inversi Rekursif.....	28
3.2.1.8. Inversi Sparse-spike.....	29
3.2.1.9. Inversi Model-Based.....	30
3.2.2. Analisa Multi-Atribut.....	32
3.2.2.1. Peningkatan Resolusi Volume Impedansi Akustik Hasil Inversi.....	32
3.2.2.3. Prediksi Volume Pseudo-Densitas.....	36
3.2.2.3. Prediksi Log Porositas.....	39
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>42</b>
4.1. Analisa Inversi.....	42
4.1.1. Kontrol Mutu.....	42
4.1.2. Blind Well Test.....	43
4.1.3. Konversi Volume Impedansi ke Volume Porositas.....	44
4.2. Analisa Multi-atribut.....	46
4.2.1. Meningkatkan Resolusi Volume Impedansi Akustik Hasil Inversi.....	46
4.2.2. Prediksi Log Pseudo-Densitas.....	47
4.2.3. Prediksi Log Porositas.....	48
4.3. Interpretasi Geologi.....	49
<b>BAB 5 KESIMPULAN.....</b>	<b>51</b>
<b>DAFTAR ACUAN.....</b>	<b>52</b>

pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

# ABSTRAK

## DAFTAR GAMBAR

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor yang tinggi

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperbaiki resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap pemodelan ‘ke depan’ sementara panah hitam struktur pendanaan yang akan menunjukkan inversi.

Simulasi adalah kegiatan investasi. Program ini konkrit dan mengandung biaya. Oleh karena itu, menjadi bagian dari *Infrisk* model yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam penelitian ini hasil keluaran yang diinginkan melalui pendekatan ini adalah berbentuk *probabilistic simulation* dan *multi-period VAR (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti NPV, IRR, *debt service coverage ratio* dan *social benefit from the project*.

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif investor sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu, perspektif lender cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa sian level resiko yang terjadi di lender akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari berkisar dari 1-119 dan crossline berkisar dari 1-81.

Perlu dicatat bahwa kasus ini channel Glauconitic ditunjukkan oleh elips pada *time* 1060ms. Inset kanan adalah peta *slice* amplitudo RMS pada *time* 1060ms mengenai berbagai skenario perusakan yang ditunjukkan oleh elips pada *time* 1060ms. Sebab Simulasi Infrisk yang memperlihatkan perubahan dari amplitudo tinggi ke rendah (garis putus-putus) pada area yang diduga adalah channel.

jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

Gambar 2.1. Diagram alir standar dari proses pembuatan impedansi akustik dari data awal log sumur dan seismik sampai ke interpretasi data analisis impedansi akustik (Jason, 2001).....	4
Gambar 2.2. Konsep dari inversi Impedansi Akustik. Panah merah memperlihatkan pemodelan ‘ke depan’ sementara panah hitam menunjukkan inversi. ....	5
Gambar 2.3. Asumsi dasar dari prinsip metoda Maximum Likelihood (Russell, 1997 vide Sukmono, 2004).....	10
Gambar 2.4. Iterasi pada metoda inversi Sparse Spike yang dilakukan berulang-ulang untuk memperoleh reflektifitas dan wavelet yang sesuai (Sukmono, 2004) .....	11
Gambar 2.5. Proses inversi dari data seismik dilakukan beberapa kali untuk memperoleh reflektifitas dan <i>spike</i> yang <i>reasonable</i> (Jason, 2001) .....	11
Gambar 2.6. Diagram alir proses inversi metoda <i>model-based</i> (Russel, 1988). Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif investor sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu, perspektif lender cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa sian level resiko yang terjadi di lender akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari berkisar dari 1-119 dan crossline berkisar dari 1-81.	13
Gambar 2.7. Menggunakan operator konvolusi 5-point. ....	15
Gambar 3.1. Lokasi dan kolom stratigrafi batuan Cretaceous di lapangan Blackfoot, serta target reservoir pada Glauconitic Member (Margrave et al., 1997) .....	19
Gambar 3.2. Basemap daerah penelitian berdasarkan inline dan crossline. Inline berkisar dari 1-119 dan crossline berkisar dari 1-81. ....	20
Gambar 3.3. Penampang CDP melintasi channel yang diduga reservoir, posisi channel Glauconitic ditunjukkan oleh elips pada <i>time</i> 1060ms. Inset kanan adalah peta <i>slice</i> amplitudo RMS pada <i>time</i> 1060ms mengenai berbagai skenario perusakan yang ditunjukkan oleh elips pada <i>time</i> 1060ms. Sebab Simulasi Infrisk yang memperlihatkan perubahan dari amplitudo tinggi ke rendah (garis putus-putus) pada area yang diduga adalah channel. ....	20
Gambar 3.4. Diagram alir pengolahan data.....	21

Universitas Indonesia

# ABSTRAK

Jalan tol merupakan sarana transportasi publik yang memodifikasi nilai dan investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan.

Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk analisis resiko dalam kegiatan investasi. Program ini dikembangkan oleh World Bank Institute menjadi bagian dari *Infrisk* model. Penelitian ini hasil keluaran ya sandstone 5-10% dan shale <5%..... ini adalah herbennik.. 23

*probabilistic simulation* digunakan untuk analisis resiko dalam project.

Berdasarkan analisis ini simulasi yang digunakan menjelaskan bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif investor sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif lender cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi lender akan menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak lender hanya akan menerima konsekwensi terhadap *debt-financed* yang rendah.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaklukkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus.

Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan pada sumur FB-01, FB-04 dan FB-08. Total korelasi merefleksikan realitas dari berbagai skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat batu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

Universitas Indonesia

Gambar 3.5. Contoh crossplot antara densitas dan porositas pada log sumur FB-16. Crossplot ini dapat memisahkan antara shale, tight sand dan porous sand dengan sangat baik. Cutoff untuk porous sandstone adalah >15%, tight sandstone 5-10% dan shale <5% .....	22
Gambar 3.6. Crossplot antara impedansi dan densitas pada sumur FB-16. Pemisahan litologi belum cukup baik. Cutoff density untuk sandstone adalah 2.10-2.60-gr/cc sedangkan untuk shale 1.90-2.70-gr/cc. ....	23
Gambar 3.7. Crossplot antara impedansi dan porositas pada sumur FB-04. Walaupun masih ada overlapping tapi pada crossplot ini pemisahan antara shale, tight sand dan porous sand sudah cukup baik. Terlihat bahwa porous sandstone mempunyai AI yang rendah. Cutoff untuk porous sandstone adalah >15%, tight sandstone 5-10% dan shale <5%..... ini adalah herbennik..	23
Gambar 3.8. Spektrum amplitudo dari data seismik yang digunakan. Frekuensi utama investasi seperti NPV, IRI, dan sebagainya yang sangat penting dalam project.	24
Gambar 3.9. Time response dari semua wavelet hasil trial and error .....	26
Gambar 3.10. Wavelet yang diekstrak di lokasi semua sumur kecuali sumur untuk <i>blind well test</i> yaitu FB-05, FB-13 dan FB-29. ....	26
Gambar 3.11. Korelasi pada sumur FB-04 dengan menggunakan wavelet log sejalan dengan meningkatnya resiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif lender cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi lender akan menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak lender hanya akan menerima konsekwensi terhadap <i>debt-financed</i> yang rendah.	27
Gambar 3.12. Penampang arbitrary model impedansi akustik inisial setelah filtrasi low-pass 10Hz. Inset adalah <i>slice map</i> pada <i>time</i> 1060ms.....	28
Gambar 3.13. Contoh hasil algoritma inversi rekursif dibandingkan dengan log original pada sumur FB-01, FB-04 dan FB-08. Total korelasi mencapai 96.3% dan error log berkisar antara 818 sampai 1334 m/s.g/cc	28

## ABSTRAK

Gambar 3.14. <i>Penampang arbitrary dan slice map</i> impedansi akustik hasil algoritma inversi rekursif. Zone impedansi rendah berada sekitar 1060ms masih terlihat namun penyebarannya tidak terlalu baik. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta <i>return</i> yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko. <i>Monte Carlo simulation</i> merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. Program ini awalnya dikembangkan oleh World Bank untuk menjadi bagian dari <i>Infrisk mode</i> FB-08...keperluan analisis simulasi dan kelavakan. Dalam penelitian ini hasil	29
Gambar 3.15. Contoh hasil inversi menggunakan algoritma inversi <i>sparse-spike</i> dibandingkan dengan log original pada sumur FB-01, FB-04 dan FB-08.....	29
Gambar 3.16. <i>Cross-section dan slice map</i> impedansi akustik hasil algoritma inversi <i>sparse-spike</i> . Perhatikan zone impedansi rendah berada sekitar 1060ms (elips) .....	30
Gambar 3.17. Contoh hasil inversi menggunakan algoritma inversi <i>model-based</i> dibandingkan dengan log original pada sumur FB-01, FB-04 dan FB-08.....	30
Gambar 3.18. <i>Cross-section dan peta impedansi akustik</i> hasil inversi <i>model-based</i> . Perhatikan zone impedansi rendah berada sekitar 1060ms (elips) utama investasi seperti NPV, IRR, <i>debt-service coverage ratio</i> dan <i>social benefit from the project</i> .....	31
Gambar 3.19. Perbandingan nilai Koefisien Korelasi Sintetik Seismogram (kiri) dan Error Log (kanan) untuk setiap algoritma inversi. Terlihat bahwa inversi <i>model-based</i> mempunyai nilai korelasi terbesar dan error terkecil sehingga dipilih untuk dijadikan atribut eksternal. Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan oleh <i>lender</i> bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara <i>investor</i> dan <i>lender</i> dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif <i>investor</i> sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko, <i>investor</i> dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif <i>lender</i> cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi <i>lender</i> akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari <i>investor</i> . Dengan demikian pihak <i>lender</i> hanya akan menerima konsekwensi terhadap <i>debt-financed</i> yang rendah. Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi <i>log</i> dapat digunakan dalam penelitian ini secara terfokus dalam merefleksikan realitas dari berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Dalam konvolusi 5-point pada transformasi <i>step-wise regression</i> (kiri) dan <i>probabilistic neural network</i> (kanan).ng...telah...dijustrasikan.....	32
Gambar 3.20. Data input untuk prediksi log impedansi akustik menggunakan analisa multi-atribut .....	33
Gambar 3.21. Error rata-rata sebagai fungsi dari jumlah atribut seismik yang digunakan pada analisa <i>Step Wise Regression</i> (SWR). Garis hitam di bagian bawah adalah error penggunaan semua sumur dalam kalkulasi dan garis merah di bagian atas adalah error validasi.	34
Gambar 3.22. <i>Cross-plot</i> antara impedansi akustik aktual dan impedansi akustik prediksi dengan penggunaan 8 atribut seismik dan operator konvolusi 5-point pada transformasi <i>step-wise regression</i> (kiri) dan <i>probabilistic neural network</i> (kanan).ng...telah...dijustrasikan.....	34



## ABSTRAK

Gambar 3.23. Hasil training metoda Step Wise Regression (kiri) dan PNN (kanan) menggunakan 8 atribut seismik dan operator konvolusi 5-point dalam prediksi volume impedansi akustik. Korelasi yang sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh risiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel risiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil risiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta <i>return</i> yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah sebuah perkembangan metoda dalam analisis risiko <i>Monte Carlo simulation</i> merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk analisis risiko dalam kegiatan investasi. Program ini dikembangkan oleh <i>World Bank Institute</i> menjadi bagian dari penelitian ini hasil keluaran ya	35
Gambar 3.24. Hasil validasi Step Wise Regression (kiri) dan PNN (kanan) menggunakan 8 atribut seismik dan operator konvolusi 5-point dalam prediksi impedansi akustik. Korelasi yang dihasilkan oleh analisa SWR adalah 78.8% dan error 522 m/s*g/cc. Korelasi yang dihasilkan oleh analisa PNN adalah 81.4% dan error 491 m/s*g/cc.....	35
Gambar 3.25 Data input untuk prediksi log densitas menggunakan analisa multi-atribut.....	36
Gambar 3.26. Error rata-rata (sebagai fungsi dari jumlah atribut seismik yang digunakan pada transformasi <i>Step Wise Regression (SWR)</i> untuk prediksi log densitas. Garis hitam di bagian bawah adalah error penggunaan semua sumur dalam kalkulasi dan garis merah di bagian atas adalah error validasi. ....	37
Gambar 3.27. Cross-plot antara densitas aktual dan densitas prediksi dengan penggunaan 6 atribut seismik dan operator konvolusi 3-point. sejalan dengan meningkatnya risiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif <i>lender</i> cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level risiko yang terjadi <i>lender</i> akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak <i>lender</i> hanya akan menerima konsekwensi terhadap <i>debt-financed</i> yang rendah. Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaklukkan sebagai sebuah analisis yang logikan mengenai berbagai skenario perolehan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. ....	38
Gambar 3.28. Hasil training metoda Step Wise Regression (kiri) dan PNN (kanan) menggunakan 6 atribut seismik dan operator konvolusi 3-point dalam prediksi densitas. Korelasi yang dihasilkan oleh transformasi SWR adalah 74.7% dan error 0.042gr/cc. Korelasi yang dihasilkan oleh transformasi PNN adalah 92.7% dan error 0.025gr/cc. ....	38
Gambar 3.29. Hasil validasi SWR (kiri) dan PNN (kanan) menggunakan 6 atribut seismik dan operator konvolusi 3-point dalam prediksi densitas. Korelasi yang dihasilkan oleh transformasi SWR adalah 70.1% pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik	38

## ABSTRAK

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk proyek yang membutuhkan dana investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung risiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi.	
dan error 0.045gr/cc dan korelasi yang dihasilkan oleh transformasi PNN adalah 75.1% dan error 0.041gr/cc.	38
Gambar 3.30. Data input untuk prediksi log porositas menggunakan analisa multi-atribut.	39
Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh risiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel risiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil risiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada kalkulasi dan garis merah di bagian atas adalah error validasi.	
Gambar 3.31. Error rata-rata sebagai fungsi dari jumlah atribut seismik yang digunakan pada analisa <i>Step Wise Regression</i> . Garis hitam di bagian bawah adalah error penggunaan semua sumur dalam struktur pendanaan yang akan digunakan serta <i>return</i> yang dianggap menguntungkan.	40
Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis risiko. <i>Monte Carlo simulation</i> merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis risiko dalam kegiatan investasi. Program ini kemudian dikembangkan oleh <i>World Bank Institute</i> .	
Gambar 3.32. Cross-plot antara porositas aktual dan porositas prediksi dengan penggunaan 8 atribut seismik dan operator konvolusi 1-point.	41
menjadi bagian dari <i>Elaboration of a probabilistic simulation and multiple scenarios for a project</i> .	
Gambar 3.33. Hasil training metoda <i>Step Wise Regression</i> (kiri) dan PNN (kanan) menggunakan 8 atribut seismik dan operator konvolusi 1-point dalam prediksi porositas. Korelasi yang dihasilkan oleh analisa SWR adalah 68.3% dan error 2.76%. Korelasi yang dihasilkan oleh analisa PNN adalah 89.4% dan error 1.77 %.	41
Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh risiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara <i>investor</i> dan <i>lender</i> dalam menentukan stuktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif <i>investor</i> sangat beragam sejalan dengan meningkatnya risiko, <i>investor</i> diuntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif <i>lender</i> cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level risiko yang terjadi <i>lender</i> akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari <i>investor</i> . Dengan demikian pihak <i>lender</i> hanya akan menerima konsekwensi terhadap <i>debt-financed</i> yang rendah.	
Gambar 4.1. Hasil inversi menggunakan algoritma model-based dibandingkan dengan log asli pada sumur FB-09B. Korelasi sebesar 97.9% dan error 0.208.	42
Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang harusnya diselidiki pada sebuah kasus.	
Gambar 4.2. <i>Synthetic error plot</i> untuk inversi <i>model-based</i> . Amplitudo secara keseluruhan terlihat rendah.	43
Sebab Simulasi <i>1D</i> yang dilakukan dalam penelitian ini sangat terbatas, tidak merefleksikan realitas dari berbagai skenario yang harusnya diselidiki pada sebuah kasus.	
Gambar 4.3. Koefisien korelasi sintetik seismogram dari <i>blind wells</i> , FB-05, FB-13, FB-29. Korelasi mencapai 99.8% dan error log berkisar dari 798 – 1064 (m/s)•(g/cc) sesungguhnya, sejumlah skenario.	43
Jalan tol di Indonesia. Dalam pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik	

## ABSTRAK

Gambar 4.4. Penampang <i>arbitrary</i> dari <i>blind wells</i> , FB-29, FB-05, FB-13. Terlihat bahwa log impedansi akustik relatif mirip pada zona yang lebih dangkal dan relatif kurang mirip pada zona yang lebih dalam. Inset adalah slice pada 1060ms. ....	44
Gambar 4.5. Fungsi regresi impedansi akustik terhadap porositas.....	44
Gambar 4.6. Penampang <i>arbitrary</i> seismik kubus porositas hasil konversi dari inversi impedansi akustik dengan algoritma <i>model-based</i> . Inset adalah peta (slice) pada <i>time</i> 1060ms. ....	45
Gambar 4.7. Kombinasi volume akustik impedansi dan porositas dalam satu window. Target reservoir (ditandai dengan garis putus-putus) adalah daerah zona I yang mempunyai impedansi sampai 8000m/s.g/cc dan porositas diatas 10%.....	45
Gambar 4.8. Penampang <i>arbitrary</i> hasil peningkatan resolusi inversi impedansi akustik <i>model-based</i> menggunakan transformasi SWR. Inset adalah peta (slice) pada <i>time</i> 1060ms. ....	46
Gambar 4.9. Penampang <i>arbitrary</i> hasil peningkatan resolusi inversi impedansi akustik algoritma <i>model-based</i> menggunakan transformasi PNN. Inset adalah peta (slice) pada <i>time</i> 1060ms. ....	46
Gambar 4.10. Penampang <i>arbitrary</i> dari kubus densitas terprediksi menggunakan transformasi <i>Step Wise Regression (SWR)</i> . Inset adalah slice pada <i>time</i> 1060ms. ....	47
Gambar 4.11. Penampang <i>arbitrary</i> dari kubus densitas terprediksi menggunakan transformasi <i>Probabilistic Neural Network (PNN)</i> . Inset adalah slice pada <i>time</i> 1060ms. ....	47
Gambar 4.12. Penampang <i>arbitrary</i> dari kubus porositas terprediksi menggunakan transformasi <i>Step Wise Regression (SWR)</i> . Inset adalah slice pada <i>time</i> 1060ms .....	48
Gambar 4.13. Penampang <i>arbitrary</i> dari kubus porositas terprediksi menggunakan transformasi <i>Probabilistic Neural Network (PNN)</i> . Inset adalah slice pada <i>time</i> 1060ms. ....	48

## ABSTRAK

Gambar 4.14. Slice map distribusi impedansi akustik pada *time* 1060ms. Impedansi pada reservoir target berkisar 9100-9800m/s\*g/cc dikelilingi oleh zona impedansi tinggi. ....50

Gambar 4.15. Slice map distribusi densitas pada *time* 1060ms. Densitas pada reservoir target berkisar 2.40-2.50gr/cc. ....50

Gambar 4.16. Slice map distribusi porositas pada *time* 1060ms. Porositas pada reservoir target berkisar 10-15% dikelilingi oleh zona berporositas rendah. ....50

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur yang penting yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. Program ini kemudian dikembangkan, oleh *World Bank Institute*, menjadi bagian dari *Infrisk* model untuk keperluan analisis simulasi dan kelayakan. Dalam penelitian ini hasil keluaran yang diinginkan melalui pendekatan ini adalah berbentuk *probabilistic simulation* dan *multi-period VAR (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti NPV, IRR, *debt service coverage ratio* dan *social benefit from the project*.

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara *investor* dan *lender* dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif *investor* sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif *lender* cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi *lender* akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak *lender* hanya akan menerima konsekwensi terhadap *debt-financed* yang rendah.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi *Infrisk* yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik



## ABSTRAK

### DAFTAR TABEL

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. Program ini kemudian dikembangkan, oleh *World Bank Institute* menjadi bagian dari *Infrisk* model untuk keperluan analisis simulasi dan kelayakan. Dalam penelitian ini hasil keluaran yang diinginkan melalui pendekatan ini adalah berbentuk *probabilistic simulation* dan *multi-atribut VAP (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti *TVL*, *IRR*, *debt service coverage ratio* dan *social benefit from the project*.

Tabel 3.1. Sumur-sumur yang digunakan dalam analisa dan posisinya pada basemap..... 22

Tabel 3.2. Koefisien korelasi antara sintetik seismogram dengan seismik (hasil trial and error) menggunakan wavelet statistik, semua sumur (all-wells) dan sumur FB-09B. .... 25

Tabel 3.3. Perbandingan nilai Koefisien Korelasi Sintetik Seismogram (kiri) dan Error Log (kanan) untuk setiap algoritma inversi..... 32

Tabel 3.4. Hasil pencarian atribut pada transformasi step wise regression (SWR) yang diterapkan untuk meningkatkan resolusi inversi impedansi akustik. .... 34

Tabel 3.5. Hasil pencarian atribut pada transformasi step wise regression (SWR) untuk prediksi volume pseudo-densitas..... 36

Tabel 3.6. Hasil pencarian atribut pada transformasi step wise regression (SWR) untuk prediksi log porositas..... 39

Tabel 4.1. Perbandingan antara kedua transformasi dalam multi-atribut dalam prediksi volume pseudo-log impedansi akustik, densitas dan porositas. Terlihat bahwa terjadi *improvement* dalam prediksi saat menggunakan transformasi Probabilistic Neural Network (PNN). ekuitas berkisar antara 15%-25%. .... 49

Berdasarkan analisis simulasi *tender* dapat dikatakan bahwa tingkat risiko yang terjadi terdapat pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi *tender* akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak *lender* hanya akan menerima konsekwensi terhadap *debt-financed* yang rendah.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi *Infrisk* yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

## ABSTRAK

### DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Well Seismic Tie 12 Sumur	53-64
Lampiran B	Analisa Sensitivitas Log	65-76

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. Program ini kemudian dikembangkan, oleh *World Bank Institute*, menjadi bagian dari *Infrisk* model untuk keperluan analisis simulasi dan kelayakan. Dalam penelitian ini hasil keluaran yang diinginkan melalui pendekatan ini adalah berbentuk *probabilistic simulation* dan *multi-period VAR (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti NPV, IRR, *debt service coverage ratio* dan *social benefit from the project*.

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara *investor* dan *lender* dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif *investor* sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif *lender* cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi *lender* akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak *lender* hanya akan menerima konsekwensi terhadap *debt-financed* yang rendah.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi *Infrisk* yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

## ABSTRAK

### ABSTRAK

Nama : Fitriyanie Bren

Program Studi : Geofisika Reservoir

Judul : **Identifikasi Litologi dan Porositas Menggunakan Analisa Inversi dan Multi-atribut Seismik, Studi Kasus Lapangan Blackfoot**

Integrasi data seismik dan log sumur dilakukan pada dataset lapangan Blackfoot untuk mengidentifikasi penyebaran litologi dan porositas pada zona target reservoir tipis di lapangan ini. Integrasi dilakukan menggunakan analisa inversi dan multi-atribut seismik. Dengan inversi seismik, tras seismik dapat diubah menjadi volume impedansi akustik yang kemudian dikonversikan menjadi porositas dengan suatu asumsi sedangkan dengan multiatribut seismik, volume porositas dapat diprediksi dengan transformasi linier dan non-linier antara properti log sumur dengan serangkaian atribut seismik.

Tiga jenis metoda inversi impedansi akustik diterapkan pada dataset yaitu inversi rekursif, *linear programming sparse-spike (LPSS)* dan *model-based*. Hasil inversi kemudian dibandingkan satu sama lain melalui parameter *cross correlation* dan *error log*. Hasil dari inversi yang berbeda-beda ini secara konsisten menunjukkan reservoir dengan impedansi rendah didalam channel pada kedalaman kurang lebih 1060ms pada domain waktu. Inversi berbasis model menunjukkan pencitraan yang lebih baik dan koefisien korelasi yang paling tinggi (99.8%) dibandingkan kedua jenis inversi lainnya. Karenanya, hasil inversi impedansi akustik *model-based* ini kemudian digunakan sebagai atribut eksternal pada analisa multi-atribut. Volume pseudo porositas dibuat dari fungsi regresi dari *crossplot* hubungan impedansi akustik hasil inversi dengan log porositas yang tersedia pada setiap sumur.

Analisa multi-atribut digunakan untuk menghasilkan transformasi linier maupun non-linier antara properti log sumur—dalam hal ini adalah log impedansi akustik, densitas dan porositas—dengan serangkaian atribut seismik. Untuk model linier, dipilih transformasi pembobotan linear *step-wise regression (SWR)* yang diperoleh dari minimisasi *least-square*. Untuk mode non-linier *probabilistic neural networks (PNN)* di-training menggunakan atribut pilihan dari transformasi SWR sebagai input. PNN dipilih sebagai *network* yang akan diterapkan pada dataset karena umumnya menunjukkan korelasi yang lebih baik dan mempunyai algoritma matematis yang lebih sederhana.

Kata kunci:

Litologi, porositas, inversi, multi-atribut, multi-linear regression, artificial neural network (ANN), probabilistic neural network (PNN)

## ABSTRAK

### ABSTRACT

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketidaktanganan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran tentang mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan.

Name : Fitriyanie Bren  
Study Programme : Reservoir Geophysics  
Title : **Identification of Lithology and Porosity Distribution Using Seismic Inversion and Multi-attribute Analyses, Case Study of Blackfoot Field**

Integration of seismic and well log data of Blackfoot field dataset was conducted to identify the distribution of lithology and porosity of an interest thin reservoir zone in this field. The integration has been done using seismic and multiattribute analyses. With seismic inversion, seismic trace can be changed into acoustic impedance which represent the physical property of the reservoir layer and then converted to be a porosity volume. With seismic multiattribute, log property volumes are predicted using linear or non-linear transformations between log properties and a set of seismic attributes.

Three types of seismic inversion have been applied to the dataset i.e. recursive inversion, linear programming sparse-spike (LPSS) inversion and model-based inversion. The results then were compared each other through cross correlation and error log parameters. The difference inversion results show clearly the reservoir with its related low impedance within a channel at the depth of 1550m or moreless at 1060ms in time domain. The model-based inversion result shows smoothed image and the highest correlation coefficient (99.8%) compared to two other inversions. Therefore, the acoustic impedance of model-based inversion result was used for external attribute in multiattribute analyses. Pseudo-porosity volume was produced from regression function of a crossplot between the acoustic impedance as an inversion result with the original porosity log.

Multiaattribute analyses were used to derive a relationship between well log properties i.e. acoustic impedance, density and porosity logs—and a set of seismic attributes. The derived relationship can be linear (using step-wise regression transformation) or non-linear (using probabilistic neural network transformation). PNN is chosen as a network trained for final dataset because in general it shows better correlations and simpler matematik algorithms. The reliability of derived relationship is determined by cross-validation test.

Keywords:  
Lithology, porosity, inversion, multi-attributes, multi-linear regression, artificial neural network (ANN), probabilistic neural network (PNN)



## ABSTRAK



Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan keterbatasan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran mengenai pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan untuk menguntungan. Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. Program ini kemudian dikembangkan oleh *World Bank Institute*, menjadi bagian dari *Infrisk* model untuk keperluan analisis simulasi dan kelayakan. Dalam penelitian ini hasil keluaran yang diinginkan melalui pendekatan ini adalah berbentuk *probabilistic simulation* dan *multi-period VAR (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti NPV, IRR, *debt service coverage ratio* dan *social benefit from the project*.

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif **TESIS** *investor* dan *lender* dalam menentukan struktur pendanaan. Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains sejalan dengan meningkatnya resiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif *lender* cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan **08.06.421.060** pihak *lender* hanya akan menerima konsekuensi terhadap *debt-financed* yang rendah.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang berdampak langsung pada sebuah kasus. Sebab Simulasi *Infrisk* yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

# ABSTRAK

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan secara umum, yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah salah satu metode analisis risiko. Monte Carlo simulation merupakan salah satu metode analisis risiko yang menggunakan alat log sumur kegiatan investasi atau *core sample*. Tetapi, model geologis yang dikembangkan oleh interpolasi dari pengukuran itu seringkali tidak bisa memenuhi kebutuhan karena jarang lokasi penelitian ini hasil sumur, letaknya, atau kompleksitas dari struktur geologinya. Survey seismik 3D menyediakan cakupan yang lebih menyeluruh pada area *development*. Tetapi, data seismik juga mempunyai keterbatasan seperti *band-limited frequency* serta terkontaminasi dengan bising sinyal (*noise*) serta error fasa. Menguraikan dan mengaplikasikan metoda inversi dan multi-atribut untuk mengintegrasikan kedua sumber informasi tersebut untuk memetakan sifat fisika *subsurface* merupakan resiko yang terjadi terhadap perbedaan perspektif antara *investor* dan *lender* dalam menentukan stuktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif *investor* sangat beragam mengenai berbagai risiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu, perspektif *lender* cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi *lender* akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian, pihak *lender* hanya akan menerima konsekuensi terhadap *debt coverage* yang rendah.

Metoda inversi seismik *post-stack* (Russell, 1988) memberikan gambaran sejalan dengan meningkatnya resiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan impedansi akustik. Metoda ini sangat tergantung pada hubungan teoritis antara sifat fisika dan amplitudo seismik. Tiga jenis metoda inversi yaitu *recursive*, *sparse-spike*, dan *model-based* diuji terhadap dataset. Metoda yang terbaik dipilih dengan kriteria koefisien korelasi terbaik dan error paling rendah kemudian digunakan sebagai atribut eksternal untuk analisa multi-atribut.

Pengaruh dari beberapa properti seperti porositas dan permeabilitas, mengenai berbagai risiko terhadap gelombang elastis yang menyebar adalah kompleks dan *non-unique* Sebab Simulasi sehingga sulit untuk mengembangkan satu model teoritis. Untuk mengatasi merefleksikan realitas ini, digunakan metoda statistik untuk menghasilkan hubungan jalan tol di Indonesia berdasarkan satu kelompok data tertentu. Analisis regresi dari crossplot umumnya pendanaan harus digunakan secara rutin untuk mendapatkan fungsi hubungan inversi impedansi dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat batu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik Universitas Indonesia

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk punggut yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik analisis yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. Program ini kemudian dikembangkan, oleh *World Bank Institute*, menjadi bagian dari *frisk* untuk keperluan analisis simulasi dan kelayakan. Dalam penelitian ini hasil keluaran Tesis ini menitikberatkan pada perbandingan beberapa metoda inversi dan *probabilistic simulation* multi-atribut seismik yang digunakan untuk mengidentifikasi dan utama investasi seperti *Blackfoot*, yang berfokus pada *channel* reservoir tipis dan porositas pada lapangan *Blackfoot* yang berada pada kedalaman  $\pm 1550\text{m}$  atau  $\pm 1060\text{ms}$ .

## 1.2. Batasan Masalah

Daerah penelitian dibatasi pada dataset yang tersedia yaitu seismik 3D dengan inline 1-119 dan crossline 1-81 yang dianggap telah melalui pemrosesan resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara *investor* dan *lender* dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif *investor* sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko, *investor* dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif *lender* cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi *lender* akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari *investor*. Dengan demikian pihak *lender* hanya akan menerima konsekuensi terhadap *debt-financed* yang rendah.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Metodologi yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian adalah deskriptif-analitis meliputi studi kepustakaan tentang pengembangan metoda dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menginvestigasi penerapan metoda inversi seismik dan multi-atribut untuk mengintegrasikan informasi data bawah permukaan berupa data seismik dan log sumur untuk mendapatkan pemahaman geologi atas estimasi karakterisasi reservoir, khususnya penyebaran litologi dan porositas di lapangan *Blackfoot*.

## 1.4. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian adalah deskriptif-analitis meliputi studi kepustakaan tentang pengembangan metoda dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik.

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi.

Piranti lunak yang digunakan adalah paket Hampson Russel Veritas yang terdiri dari GEOVIEW, ELOG, STRATA dan EMERGE. GEOVIEW digunakan untuk menyimpan database sumur. ELOG digunakan untuk *cross-plotting* antar pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara horizon dan well-seismik tie. STRATA digunakan untuk menghasilkan seismik kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada inversi. Sedangkan EMERGE digunakan untuk mengekstrak atribut dari volume struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi.

### 1.5. Sistematika Penulisan

Tesis ini secara sistematis disusun sebagai berikut: Pada Bab I penelitian ini diperkenalkan latar belakang pemilihan penggunaan analisis inversi dan multi-atribut seismik untuk mengidentifikasi penyebaran litologi dan porositas di lapangan Blackfoot berikut pembatasan masalah, tujuan khusus, metodologi utama investasi seperti *NPV, IRR, dan IRR* serta *break even point* dan *social benefit* pada *project*.

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara *investor* dan *lender* dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif *investor* sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko, *investor* dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif *lender* cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi *lender* akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak *lender* hanya akan menerima konsekuensi terhadap *debt-financed* yang rendah.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik.

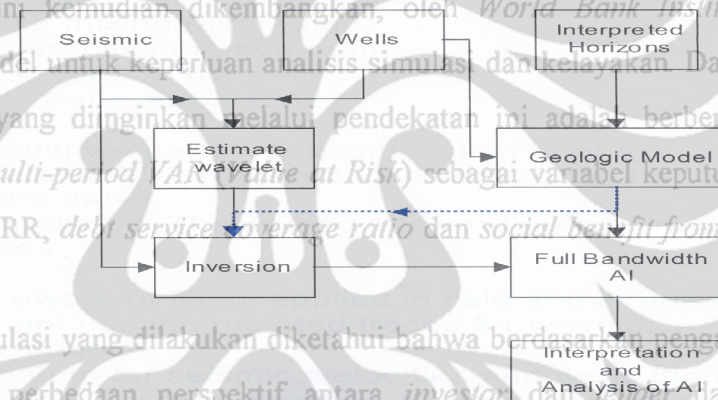
# ABSTRAK

## BAB 2

### TINJAUAN TENTANG ANALISA INVERSI DAN MULTI-ATRIBUT SEISMIK

#### 2.1. Teori Inversi Seismik

Menurut Sukmono (2000), ada tiga macam metoda inversi yang umum dipakai dalam melakukan inversi data seismik saat ini. Secara umum, diagram alir sebuah proses inversi akan mengikuti pola sebagai berikut :



Gambar 2.1. Diagram alir standar dari proses pembuatan impedansi akustik dari data awal log sumur dan seismik sampai ke interpretasi data analisis impedansi akustik (Jason, 2001).

Ketiga metoda yang dimaksud di atas akan dibahas secara lebih rinci sbb:

#### 1. Inversi Recursive

#### 2. Inversi Sparse-Spike

#### 3. Inversi Model-Based

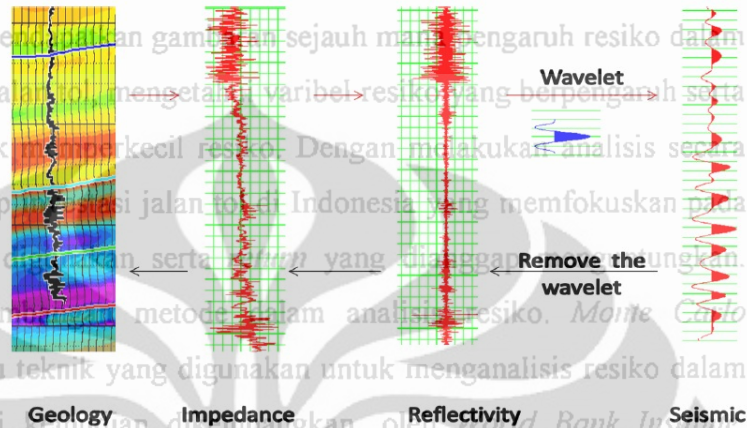
Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dipandang sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus.

Inversi tergantung pada bentuk pemodelan 'ke depan' yang menghasilkan merefleksikan respon bumi terhadap suatu parameter model dengan menggunakan hubungan matematis. Gambar 2.2. mengilustrasikan prinsip umum metoda inversi impedansi akustik *post-stack*. Diperlukan pengetahuan tentang wavelet dan model impedansi

4 yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik



Jalan tol merupakan salah satu infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol. Mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan dilakukan serta strategi yang dapat digunakan. Simulasi adalah sebuah pendekatan metodologis dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. Program ini kemudian dikembangkan, oleh *World Bank Institute*, menjadi bagian dari *Infrisk* model untuk keperluan analisis simulasi dan kelayakan. Dalam penelitian ini hasil keluaran yang digunakan untuk analisis berbentuk *probabilistic simulation* dan *multi-period VAR (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti NPV, IRR, *debt service coverage ratio* dan *social benefit from the project*.



Gambar 2.2. Konsep dari inversi Impedansi Akustik. Panah merah memperlihatkan pemodelan 'ke depan' sementara panah hitam menunjukkan inversi.

### 2.1.1. Wavelet

Berdasarkan analisis hasil Wavelet adalah elemen kunci dari model konvolusi yang menggambarkan respon dari bawah permukaan bumi terhadap *sounding* seismik (Gambar 2.2.).

Dalam domain frekuensi, ekstraksi wavelet untuk menentukan spektrum amplitudo dan spektrum fasanya dapat dilakukan dengan dua cara sbb:

#### a. Statistik

Ekstraksi ini memperoleh wavelet dari data seismik saja. Metoda ini tidak terlalu baik untuk menentukan spektrum fasa sehingga harus ditambahkan sebagai sebuah parameter terpisah. Metoda koreksi fasa perlu diterapkan bersamaan dengan pendekatan ini sedemikian rupa sehingga fasa dari data seismik dapat diubah menjadi fasa nol, fasa konstan, fasa minimum ataupun fasa lainnya yang diinginkan. Setelah fasa diubah, spektrum amplitudo dapat ditentukan sebagai berikut:

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi *Infrisk* yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. Program ini kemudian dibahas dalam *The World Bank, Insuring Probabilistic Simulation*, *Risk, Debt Service Coverage Ratio and Social Benefits*, dan *project*.

**b. Menggunakan Log Sumur**

Metoda ini menggabungkan informasi data log sumur dan seismik untuk mengekstrak wavelet dan memberikan informasi fasa yang akurat di lokasi sumur. Tetapi metoda ini tergantung kepada pengikatan antara data log dan seismik (*well-seismic tie*) dan konversi *depth-to-time*. Ekstraksi wavelet log sumur bisa dilakukan secara “full” (berarti spektrum fasa diestimasi dari data) atau “constant”.

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terhadap perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif investor sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif lender cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi lender akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak lender hanya akan menerima konsekwensi terhadap *debt-financed* yang rendah.

- Data log sonik dan densitas diekstrak dari *time window* data seismik yang dipilih;
- Impedansi dan kemudian reflektivitas dihitung;
- Wavelet yang paling tepat untuk persamaan konvolusi berikut dihitung:

$$S = W * R + n \tag{2.1}$$

dimana *S* adalah tras seismik, *W* adalah wavelet, *R* adalah reflektivitas, *n* adalah bising acak, dan tanda \* menandakan konvolusi dalam time.

Amplitude envelope dari setiap wavelet dihitung dengan menggunakan transformasi Hilbert;

- Wavelet dijumlahkan dengan wavelet yang diperoleh dari tras lain;

pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk para yang mempromosikan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi.

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam Wavelet *constant-phase* adalah kombinasi wavelet statistik dan wavelet pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta log sumur "full". Log digunakan hanya untuk menghitung satu fasa konstan. upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara Prosedurnya adalah sebagai berikut:

- Spektrum amplitudo dihitung menggunakan data seismik saja;
- Serangkaian rotasi fasa konstan dilakukan terhadap wavelet;
- Tras sintetis untuk setiap rotasi fasa dihitung dan di korelasikan dengan tras seismik;
- Fasa yang dipilih adalah yang menghasilkan korelasi maksimum antara sintetik dengan data.

menjadi bagian dari *Infrisk* sebagai bagian dari analisis simulasi dan kelayakan. Dalam penelitian ini hasil keluaran yang diinginkan melalui pendekatan ini adalah berbentuk *probabilistic simulation* dan *multi-period VAR (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti NPV, IRR, *debt service coverage ratio* dan *social benefit from the project*.

### 2.1.2. Well-Seismic Tie

Setelah wavelet yang cukup memuaskan telah diekstrak, tahap selanjutnya adalah pengikatan data log sumur dan seismik (well-seismic tie) serta Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh penarikan horison seismik (horizon-picking). Penarikan horison dilakukan pada resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam polaritas normal (peak menandakan naiknya nilai koefisien reflektivitas). Selain menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif investor, sangat beragam mendapatkan koefisien korelasi yang besar antara tras seismik dan sintetis, yang sejalan dengan meningkatnya resiko investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15% - 25%. Sementara itu perspektif lender cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi tender akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian nilai *land* akan menerima konsekwensi tersebut.

- Sebuah tras sintetis dibuat dan dibandingkan dengan tras seismik sebenarnya yang paling dekat ke lokasi sumur;
- *Time stretching dan squeezing* diterapkan untuk meluruskan antara event-event seismik dan event log-sumur;
- Koefisien korelasi diukur antara seismik dan tras sintetis log sumur yang diluruskan.

Perlu dicatat bahwa mengenai berbagai skenario yang diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat akurat dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

**2.1.3. Model Impedansi Inisial**

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungannya pada faktor tawar yang tinggi. Model impedansi inisial mengembalikan komponen frekuensi rendah dan tinggi yang hilang dari data seismik, sekaligus digunakan untuk mengurangi ketidakakuratan dari solusi inversi. Model terdiri dari horison seismik yang sudah diinterpretasi dan data log sumur dari semua sumur di daerah penelitian. Model impedansi inisial dibuat dengan tahapan sebagai berikut:

- Impedansi akustik pada lokasi sumur dihitung menggunakan data log sumur
- Horison ditarik untuk mengontrol interpolasi dan memberikan informasi struktural daerah penelitian
- Interpolasi sepanjang horison seismik dan antara lokasi sumur digunakan untuk mendapatkan model impedansi inisial

**2.1.4. Inversi Seismik**

**2.1.4.1. Inversi Rekursif**

Berdasarkan analisis, diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terhadap berbagai parameter investasi dan biaya dalam menentukan struktur modal, maka perlu diperhatikan efek dari wavelet seismik dan memperlakukan tras seismik sebagai sejalan dengan merefleksikan set koefisien yang telah difilter oleh zero phase wavelet. Koefisien refleksi sebagai fungsi impedansi akustik didefinisikan pada level tertinggi, artinya level resiko yang terjadi *tender* akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari *lender*. Dengan demikian pihak *lender* hanya akan menerima konsekwensi terhadap *debt-financed* yang rendah.

Pada persamaan berikut terlihat :

$$RC_i = \frac{Z_{i+1} - Z_i}{Z_{i+1} + Z_i} \tag{2.2}$$

Perlu dicatat bahwa persamaan ini tidak diaplikasikan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan

$$1 + RC_i = \frac{Z_{i+1} + Z_i}{Z_{i+1} + Z_i} + \frac{Z_{i+1} - Z_i}{Z_{i+1} + Z_i} = \frac{2Z_{i+1}}{Z_{i+1} + Z_i} \tag{2.3}$$

$$1 - RC_i = \frac{Z_{i+1} + Z_i}{Z_{i+1} + Z_i} - \frac{Z_{i+1} - Z_i}{Z_{i+1} + Z_i} = \frac{2Z_i}{Z_{i+1} + Z_i} \tag{2.4}$$

hasil analisis yang lebih baik

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko (2.5.)

$$\frac{Z_{i+1}}{Z_i} = \frac{1+RC_i}{1-RC_i}$$

sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh resiko dalam

Dan hasil akhirnya diperoleh sebagai berikut :

pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk meminimalkan resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada

$$Z_{i+1} = Z_i \left[ \frac{1+RC_i}{1-RC_i} \right] \quad (2.6.)$$

struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan.

Persamaan ini disebut dengan *discrete recursive inversion* dan menjadi Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. Program ini kemudian dikembangkan oleh *World Bank Institute* menjadi bagian dari *Value at Risk* (Value at Risk) dan *social benefit from the project*.

penelitian ini hasil yang diinginkan melalui pendekatan ini adalah berbentuk

*probabilistic simulation* dan *multi-period VAR (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti NPV, IRR, *debt service coverage ratio* dan *social benefit from the project*.

$$Z_2 = Z_1 \left[ \frac{1+RC_i}{1-RC_i} \right], \quad Z_3 = Z_2 \left[ \frac{1+RC_i}{1-RC_i} \right] \text{ dan seterusnya}$$

Mulai dari lapisan pertama, impedansi dari masing-masing urutan lapisan Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara *investor* dan *lender* dalam

menentukan stuktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif *investor* sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko,  $Z_n = Z_1 * \prod_{i=1}^{n-1} \left[ \frac{1+RC_i}{1-RC_i} \right]$  untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif *lender* cenderung konstan pada

level tertinggi, artinya bahwa setiap kali resiko yang terjadi *lender* akan selalu menuntut tinggi penyertaan adalah:

menerima konsekwensi terhadap *debt-financed* yang rendah

- *Frequency band-limiting*, yaitu hilangnya kandungan frekuensi rendah dan tinggi pada saat dikonvolusikan dengan wavelet seismik.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus

- *Noise*, yaitu masuknya bising sinyal acak atau koheren ke dalam tras seismik sehingga akan mengakibatkan estimasi reflektivitas menyimpang dari reflektivitas yang sebenarnya. Dari persamaan-persamaan di atas, jika

jalan tol di Indonesia. Pada lapisan teratas telah terjadi sedikit penyimpangan reflektivitas, maka pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan

dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

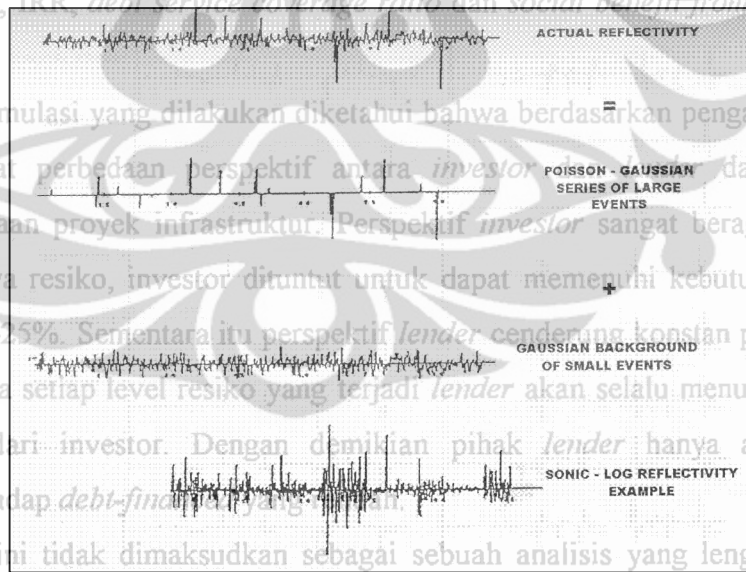


Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk parkir yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi.

**2.1.4.2. Inversi Sparse-Spike**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol. Inversi *sparse-spike* mengasumsikan bahwa reflektivitas sebenarnya merupakan sebuah deretan reflektivitas kecil yang tersimpan di dalam deretan reflektivitas yang lebih besar. Secara geologi reflektivitas besar ini berhubungan dengan ketidak selarasan atau batas litologi utama.

Simulasi adalah sebuah Reflektivitas sebenarnya dapat dicari dengan cara menambahkan *spikes simulation* yang lebih kecil di antara *spikes* yang besar dengan menggunakan nilai ambang kegiatan investasi tertentu ( $\lambda$ ) yang nilainya lebih kecil dari 1. Pencarian *spikes* yang paling kecil akan berhenti setelah didapat jumlah koefisien refleksi yang paling minimum. Setelah didapatkan model akhir reflektivitas, kemudian dilakukan estimasi wavelet untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan tras seismiknya.

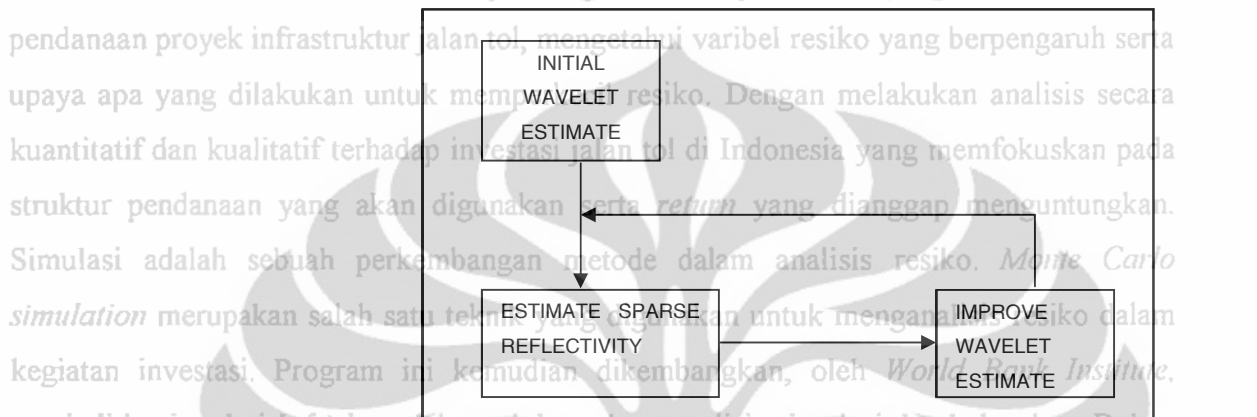


Gambar 2.3. Asumsi dasar dari prinsip metoda Maximum Likelihood (Russell, 1997 vide Sukmono, 2004).

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara investor dalam menentukan stuktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif investor sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif lender cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi lender akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak lender hanya akan menerima konsekwensi terhadap *debt-finance* yang.

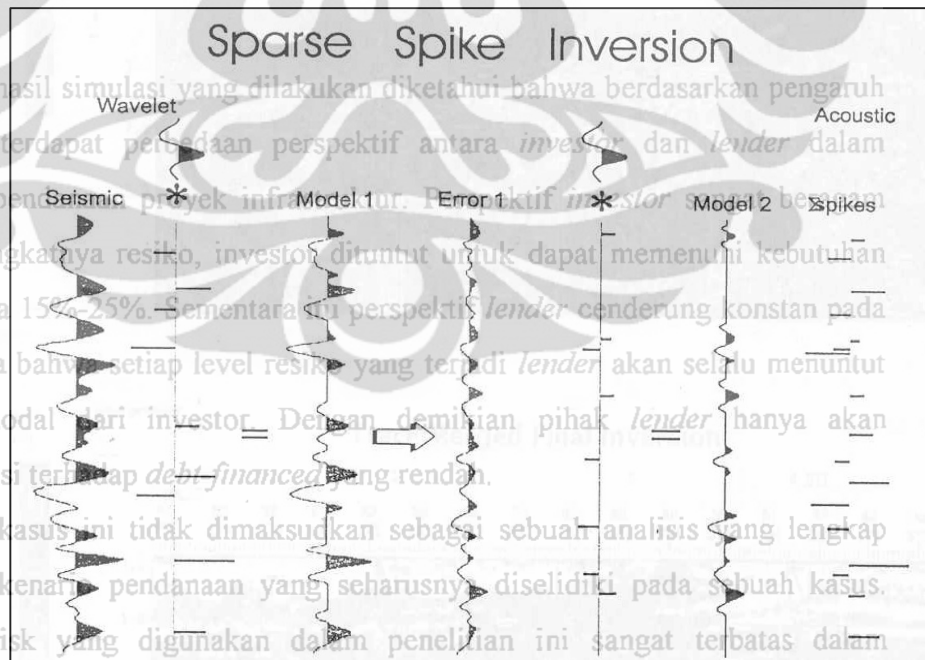
Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario. Metoda ini memberikan dua estimasi sekaligus yaitu deretan reflektivitas dan wavelet sebagaimana ditunjukkan dalam gambar yang dilakukan secara pendanaan harus berulang-ulang sampai didapat deretan reflektivitas dan wavelet yang sesuai dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam



Gambar 2.4. Iterasi pada metoda inversi Sparse Spike yang dilakukan berulang-ulang untuk memperoleh reflektifitas dan wavelet yang sesuai (Sukmono, 2004)

probabilistic simulation dan multi-period VAR (Value at Risk) sebagai variabel keputusan utama investasi seperti NPV, IRR, debt service coverage ratio dan social benefit from the project.



Gambar 2.5. Proses inversi dari data seismik dilakukan beberapa kali untuk memperoleh reflektifitas dan spike yang reasonable (Jason, 2001)

Jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus Secara matematis, metoda CSSI digambarkan sebagai berikut : diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi (2.8)

dimana :  $r$  - reflection coefficients;  $S$  - synthetics;  $D$  - seismic data;  $l$  - data mismatch weighting factor;  $a$  - soft trend constraint relative uncertainty;  $p, q$  -  $L$  norm powers;  $z$  - acoustic impedance;  $\Delta z_{trend}$  - trend mismatch

Secara sederhana, proses CSSI terdiri sebagai berikut (Jason, 2001):

- Menghitung impedansi akustik pada masing-masing tras dengan sebuah proses interaksi yang optimum
- Meminimasi Cost Function (CF) pada batas minimum dan maksimum
- $CF = L1$  (reflectivity) +  $\lambda$   $L2$  (seismic mismatch)

Parameter  $\lambda$  mengontrol spikiness dari hasil

- $\lambda$  rendah  $\rightarrow$  Reflektor sedikit, Residual banyak
- $\lambda$  tinggi  $\rightarrow$  Reflektor banyak, Seismic match bagus

Proses dekonvolusi (penghilangan fasa wavelet) termasuk bagian integral dalam proses iterasi optimisasi ( $L_2$  norm dari seismic mismatch).

### 2.1.4.3. Inversi Model-Based

Metoda ini dimulai dengan pembuatan model geologi dan kemudian membandingkan model tersebut dengan data seismik. Pada dasarnya inversi *model-based* adalah mengikuti model konvolusi seperti pada persamaan 2.1. diatas dengan asumsi: *tras seismik diketahui, wavelet diketahui, noise tidak berkorelasi dan acak.*

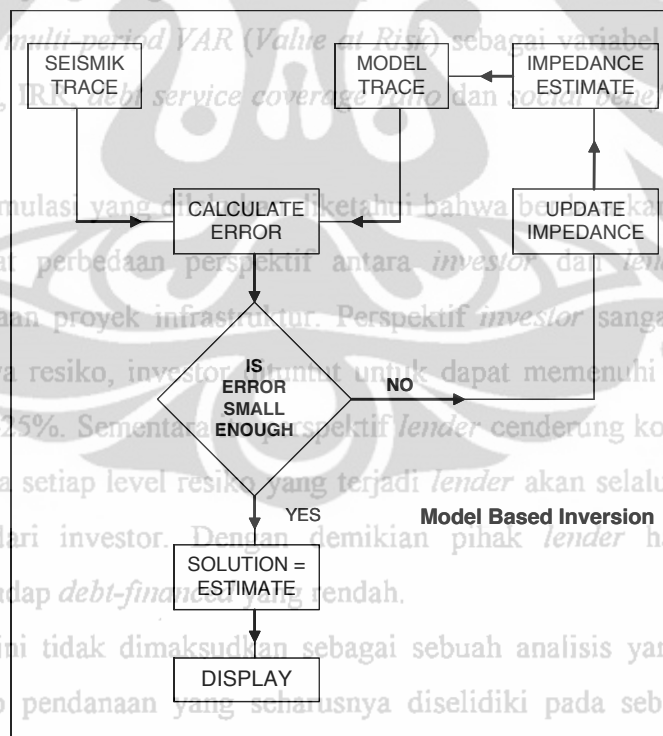
Reflektivitas (model geologi) dianggap benar jika saat dikonvolusikan dengan wavelet tertentu, menghasilkan tras sintetik yang sesuai dengan data seismik trace riil. Penerapan inversi *model-based* dimulai dengan model inisial dan diperbaiki secara iteratif, mengikuti langkah seperti diperlihatkan pada gambar 2.6.

Metoda inversi *model-based* secara intuitif sangat menarik karena terhindar dari inversi data seismik itu sendiri. Di sisi lain bisa terjadi model yang dibuat sangat cocok dengan data, tapi hasilnya tidak sesuai dengan kondisi geologinya. Hal ini dapat terjadi karena pasangan kecepatan/kedalaman yang dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat menghasilkan hasil analisis yang lebih baik

berbeda-beda dapat menghasilkan nilai yang sama karena itu inversi dengan algoritma *model-based* bersifat tidak unik.

Prosedur dalam inversi *model-based* adalah:

- Membuat blok-blok impedansi awal .
- Membuat tras sintetis dengan cara mengkonvolusikan blok-blok model upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan.
- Memodifikasi amplitudo dan ketebalan dari blok-blok impedansi agar didapatkan tingkat kecocokan dengan data seismik riil yang lebih baik (*constraint*)
- Mengulang proses ini dengan jumlah iterasi sampai diperoleh nilai kecocokan yang tinggi.



Gambar 2.6. Diagram alir proses inversi metoda *model-based* (Rusel, 1988).

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan, diketahui bahwa pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan stuktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif investor sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko, investor menuntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara perspektif lender cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi lender akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak lender hanya akan menerima konsekwensi terhadap *debt-financed* yang rendah. Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi

**2.2. Teori Multi-Atribut**

Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi.

Analisa multi-atribut seismik adalah salah satu metoda statistik menggunakan beberapa kombinasi atribut seismik untuk memprediksi parameter reservoir target. Ide ini berawal dari pemikiran Schultz dkk. (1994) yang menggunakan beberapa kombinasi atribut seismik untuk memprediksi parameter reservoir target. Ide ini berawal dari pemikiran Schultz dkk. (1994) yang kemudian mengelompokkan tiga kategori utama pada teknik analisa multi-atribut , upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada

1. Metoda perluasan dari co-kriging yang menggunakan beberapa atribut struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. Program ini kemudian dikembangkan oleh *David Durrant* menjadi bagian dari *Infrisk* untuk analisis resiko.
2. Metoda matriks kovariansi untuk memprediksi suatu parameter dari atribut input yang diberi pembobotan secara linear.
3. Metoda yang menggunakan Artificial Neural Networks (AAN) atau teknik optimisasi non-linear untuk mengkombinasikan atribut-atribut terpilih menjadi perkiraan dari parameter yang diinginkan.

penelitian ini hasil kelua menjadi perkiraan dari parameter yang diinginkan. *probabilistic simulation* dan *multi-period VAR (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti NPV, *etc*, berdasarkan *Value at Risk* pada *social bookkeeping project*.

Kategori kedua dan ketiga diatas yang akan digunakan untuk mencari suatu hubungan linear maupun non-linear antara properti log dan beberapa atribut seismik pada lokasi sumur dalam hal ini adalah log impedansi, log densitas dan log porositas. Jika sudah didapatkan, hubungan tersebut dapat diterapkan kepada volume seismik sebagai volume properti log terprediksi. Reliabilitas dari hubungan yang dihasilkan ditentukan oleh uji validasi silang.

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi, terdapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan stuktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif investor sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif lender cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi lender akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak lender hanya akan menerima konsekwensi terhadap *debt-financed* yang rendah.

**2.2.1. Analisa Multi-Regresi Linier**

Secara umum, hubungan antara properti log dan atribut seismik (dalam *time*) dapat ditulis dalam bentuk sebagai berikut:

$$P(x, y, t) = F[A_1(x, y, t), A_2(x, y, t), \dots, A_m(x, y, t)] \tag{2.8}$$

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik



Hubungan fungsional dapat ditemukan menggunakan analisa multi-regresi linier. Untuk N nilai properti log terukur pada lokasi tertentu pada waktu yang berbeda-beda, kita mempunyai:

$$P_1 = W_1 A_{11} + W_2 A_{21} + \dots + W_m A_{m1} + C$$

$$P_2 = W_1 A_{12} + W_2 A_{22} + \dots + W_m A_{m2} + C$$

$$P_N = W_1 A_{1N} + W_2 A_{2N} + \dots + W_m A_{mN} + C \tag{2.9}$$

dimana:  $P_j$  - nilai log sumur sebagai fungsi dari bertambahnya waktu,  $j = 1, \dots, N$ ;  $W_i$  - pembobotan yang tidak diketahui,  $i = 1, \dots, M$ ;  $A_{ij}$  - sampel atribut,  $i = 1, \dots, M$ , jumlah atribut,  $j = 1, \dots, N$ , jumlah waktu sampel;  $C$  - konstan

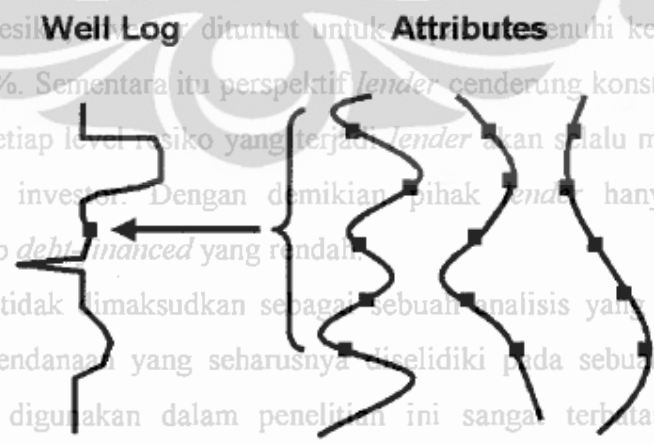
Pendekatan yang lebih maju menggunakan operator konvolusi waktu sebagai ganti pembobotan tunggal dalam analisis regresi yaitu:

$$P = W_1 * A_1 + W_2 A_2 + \dots + W_m * A_m + C \tag{2.10}$$

dimana:  $W_i$  - operator konvolusi (vektor),  $i = 1, \dots, M$

Jika kita mempunyai 5-point operator konvolusi dan 3 atribut (Gambar 2.7.), sampel ke-j dihitung dengan persamaan berikut ( $i=1, 2$ ):

$$P_j = W_{1,-1} A_{1,j-1} + W_{1,0} A_{1,j} + W_{1,1} A_{1,j+1} + W_{2,-1} A_{2,j-1} + W_{2,0} A_{2,j} + W_{2,1} A_{2,j+1} + C \tag{2.11}$$



Gambar 2.7. Menggunakan operator konvolusi 5-point.

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan stuktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif investor sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko dituntut untuk memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif lender cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi lender akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak lender hanya akan menerima konsekwensi terhadap *debt financed* yang rendah. Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

Dalam kasus operator konvolusi sebanyak  $L$ -point, ada pembobotan tak diketahui  $L \cdot M$  untuk ditentukan dengan cara meminimumkan error prediksi *mean squared*:

$$e^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (P_j - W_1 * A_1 - W_2 * A_2 - \dots - W_m * A_m - C)^2 \quad (2.12)$$

Untuk mencari kombinasi atribut terbaik sejumlah  $K$  dari total  $M$ , upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan. Memilih kombinasi dengan error prediksi paling rendah. Namun metoda ini kadang memakan waktu komputasi yang sangat panjang

Prosedur yang jauh lebih lebih cepat adalah *step-wise regression* (Draper and Smith, 1981) yang dilakukan sebagai berikut:

- dari semua atribut  $M$  temukan satu dengan error prediksi paling kecil, misalnya atribut  $\{A_1\}$  yang terbaik
- Temukan pasangan atribut terbaik, dengan asumsi atribut pertama adalah  $A_1$ , misalnya,  $\{A_1, A_2\}$
- Temukan triplet atribut terbaik, dengan asumsi atribut pertama adalah  $A_1, A_2, \dots$ , misalnya,  $\{A_1, A_2, A_3\}$
- Ulangi sampai  $K$  atribut terbaik ditemukan, misalnya,  $\{A_1, A_2, A_3, \dots, A_K\}$

Dari segi teoritis, atribut kombinasi  $K+1$  akan mempunyai error prediksi sejalan dengan meningkatnya resiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif *lender* cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi *lender* akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak *lender* hanya akan menerima konsekuensi terhadap *debt-financed* yang rendah yang dikeluarkan. Karena kita mengetahui nilai sumur terukur yang aktual, kita dapat menghitung error validasi antara log riil dan hasil prediksi:

$$e_v = \frac{1}{L} \sum_{k=1}^L (m_k - p_k)^2 \quad (2.13)$$

dimana:  $m$  = sampel log terukur;  $p$  = sampel log terprediksi; dan  $N$  = jumlah sampel.

Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidaktahuan dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi (2.14)

$$E_V = \frac{1}{L} \sum_{k=1}^L e_{V_k}$$

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta resiko yang dianggap menguntungkan.

Sekarang prosedur untuk menentukan atribut suatu operator konvolusi dengan panjang tertentu adalah sebagai berikut:

- mencari atribut tunggal terbaik dan menghitung error validasi, VE(1)
- mencari pasangan atribut terbaik dan menghitung error validasi, VE(2)
- jika VE(2) < VE(1), temukan kelompok tiga atribut terbaik dan hitung error validasi, (VE3)
- jika VE(3) < VE(2), temukan kelompok empat atribut terbaik dan hitung error validasi, (VE4)

Penelitian ini hasil ketidaktahuan analisis simulasi dan kelayakan. Dalam probabilitas dan simulasi, pendekatan ini adalah berbentuk *probabilistic simulation*. Jika VE(K+1) > VE(K), berarti atribut K+1 memasukkan *noise* dalam proses prediksi dan kombinasi K atribut pertama harus digunakan dalam proses prediksi.

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara *investor* dan *lender* dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif *investor* sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko yang dihadapi oleh *investor* dan *lender* akan semakin tinggi penyertaan modal dari *investor*. Dengan demikian pihak *lender* hanya akan menerima konsekuensi terhadap *debt-financed* yang rendah.

### 2.2.3. Artificial Neural Network (ANN)

Untuk memprediksi hubungan yang tidak linier kita dapat menggunakan *artificial neural network* (ANN) (Haykin, 1994). ANN adalah komponen elektronik yang dirancang untuk memodelkan otak yang merupakan sistem pemrosesan informasi sangat kompleks, tidak linier, dan paralel. Struktur otak terdiri dari sel-sel syaraf (neuron) yang saling terkoneksi dengan *synapsis*. Sistem kompleks ini mempunyai kemampuan besar untuk membangun aturan sendiri dan menyimpan informasi melalui apa yang biasanya kita sebut sebagai 'pengalaman'. Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus.

Sebab Simulasi 2.2.3.1. Probabilistic Neural Network (PNN) ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dan ketidakpastian umum. PNN (Specht, 1991; Masters, 1995)

adalah menggunakan satu atau beberapa nilai pengukuran, yang disebut variabel pendanaan harus independen untuk memprediksi nilai dari variabel dependen tunggal. Variabel dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik.

independen dapat direpresentasikan oleh sebuah vektor  $x = [x_1, x_2, \dots, x_p]$ , dimana  $p$  adalah jumlah variabel independen. Variabel dependen,  $y$ , adalah sebuah skalar. Input untuk neural network adalah variabel independen,  $x_1, x_2, \dots, x_p$ , dan output adalah variabel dependen,  $y$ . Tujuannya adalah untuk memprediksi variabel dependen yang tidak diketahui,  $y'$ , pada sebuah lokasi dimana variabel independen diketahui. Penilaian ini menjadi dasar persamaan fundamental dari upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara regresi umum PNN:

$$y'(x) = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \exp(-D(x, x_i))}{\sum_{i=1}^n \exp(-D(x, x_i))} \quad (2.15)$$

dimana  $n$  adalah jumlah sampel dan  $D(x, x_i)$  didefinisikan oleh:

$$D(x, x_i) = \sum_{j=1}^p \left( \frac{x_j - x_{ij}}{\sigma_j} \right)^2 \quad (2.16)$$

$D(x, x_i)$  sebenarnya adalah 'jarak' yang diskala antara titik yang kita coba untuk estimasi,  $x$ , dan titik-titik training,  $x_i$ . 'Jarak' diskala oleh kuantitas  $s_j$ , yang disebut sebagai parameter *smoothing*, yang dapat berbeda untuk setiap variabel independen. Training aktual dari ANN terdiri dari penentuan set parameter *smoothing*  $s_j$  yang paling optimal dengan kriteria minimnya error validasi. Untuk resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan stuktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif investor sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko.

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan stuktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif investor sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko.

$$y'_m(x_m) = \frac{\sum_{i \neq m}^n y_i \exp(-D(x_m, x_i))}{\sum_{i \neq m}^n \exp(-D(x_m, x_i))} \quad (2.17)$$

Sehingga nilai sample terprediksi ke- $m$  adalah  $y'_m$ . Karena kita mengetahui nilai aktual,  $y_m$ , kita dapat menghitung error validasi:

$$e_m = (y_m - y'_m)^2 \quad (2.18)$$

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus.

Total error validasi untuk  $n$  sampel adalah :

$$e = \sum_{i=1}^n (y_i - y'_i)^2 \quad (2.19)$$

Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Error validasi lalu diminimumkan menurut parameter *smoothing* menggunakan algoritma *conjugate-gradient*.

Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

# ABSTRAK

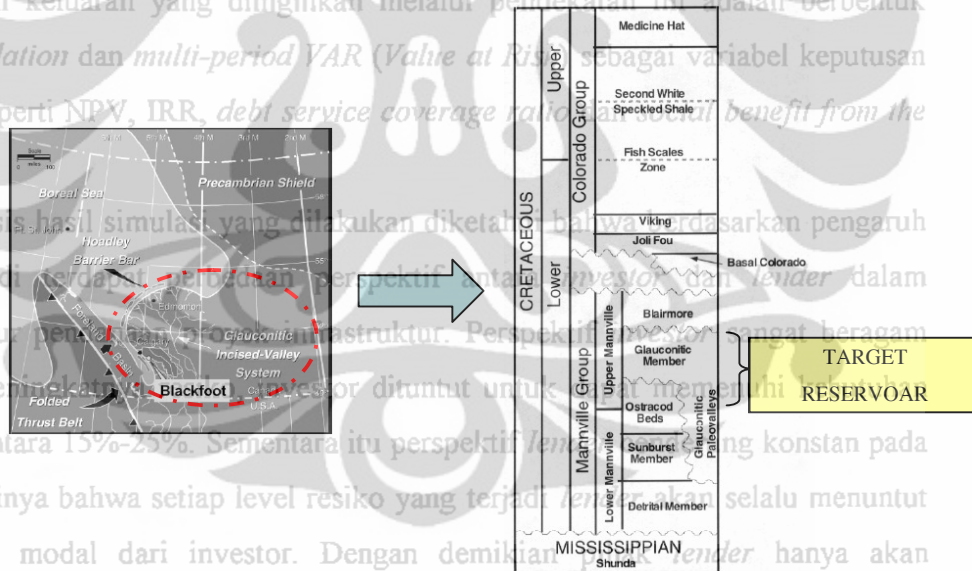
## BAB 3

### PENGOLAHAN DATA

#### 3.1. Data

##### 3.1.1. Tinjauan Geologi Singkat

Lapangan Blackfoot terletak di tenggara kota Strathmore, Alberta, Canada (Gambar 3.1). Zona target primer adalah anggota Glauconitic dari Manville Group. Glauconitic Sandstone berada pada kedalaman  $\pm 1550\text{m}$  dan ketebalan sedimen dari valley fill bervariasi dari 0-35m. Ada tiga fase pengisian sedimen pada daerah ini yaitu bagian atas dan bawah dari Group Glauconitic berupa quartz sandstone dengan porositas rata-rata 18 % sedangkan bagian tengah merupakan lithic sandstone yang kompak. Secara lengkapnya, batuan di daerah penelitian dapat dilihat pada kolom stratigrafinya dibawah ini.



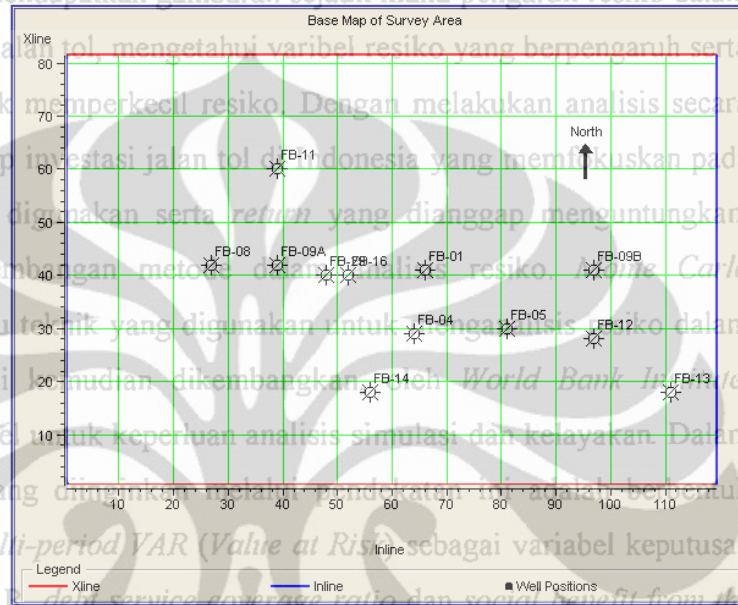
Gambar 3.1. Lokasi dan kolom stratigrafi batuan Cretaceous di lapangan Blackfoot, serta target reservoir pada Glauconitic Member (Margrave et al., 1997)

##### 3.1.2. Kelengkapan Data

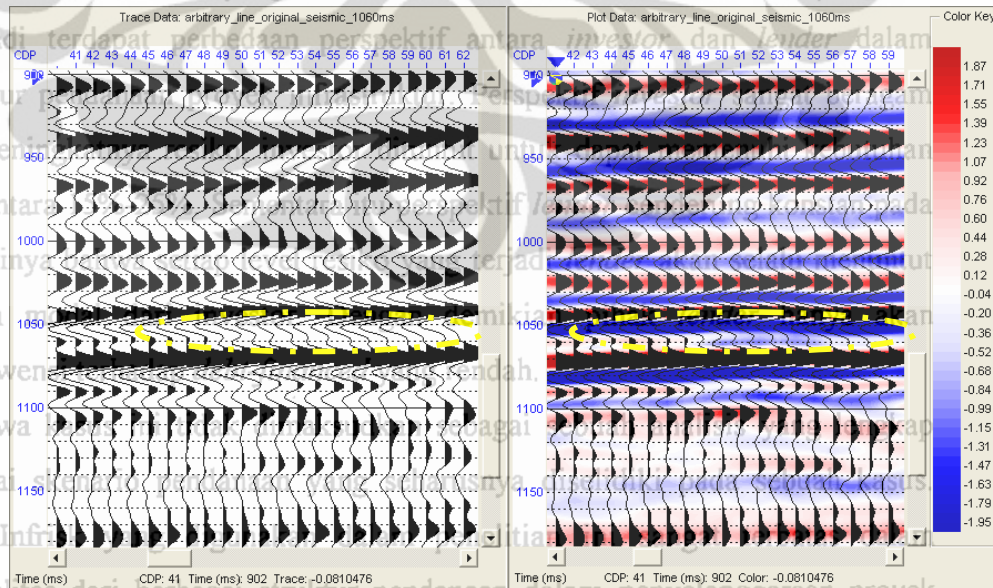
Gambar 3.2. adalah basemap daerah penelitian. Sumur yang digunakan sebanyak 12 buah (Tabel 3.1), tiga diantaranya digunakan sebagai blind wells yaitu FB-05, FB-13 dan FB-29. Semua sumur memiliki data log P-wave, Porositas dan



**Densitas:** Data seismik yang digunakan adalah data seismik 3D dengan sample rate 2ms, fasa nol dan polaritas normal dalam format SEG (kenaikan impedansi akustik ditunjukkan sebagai peak pada seismik). Data seismik terdiri dari inline 1-119 dan crossline 1-81.

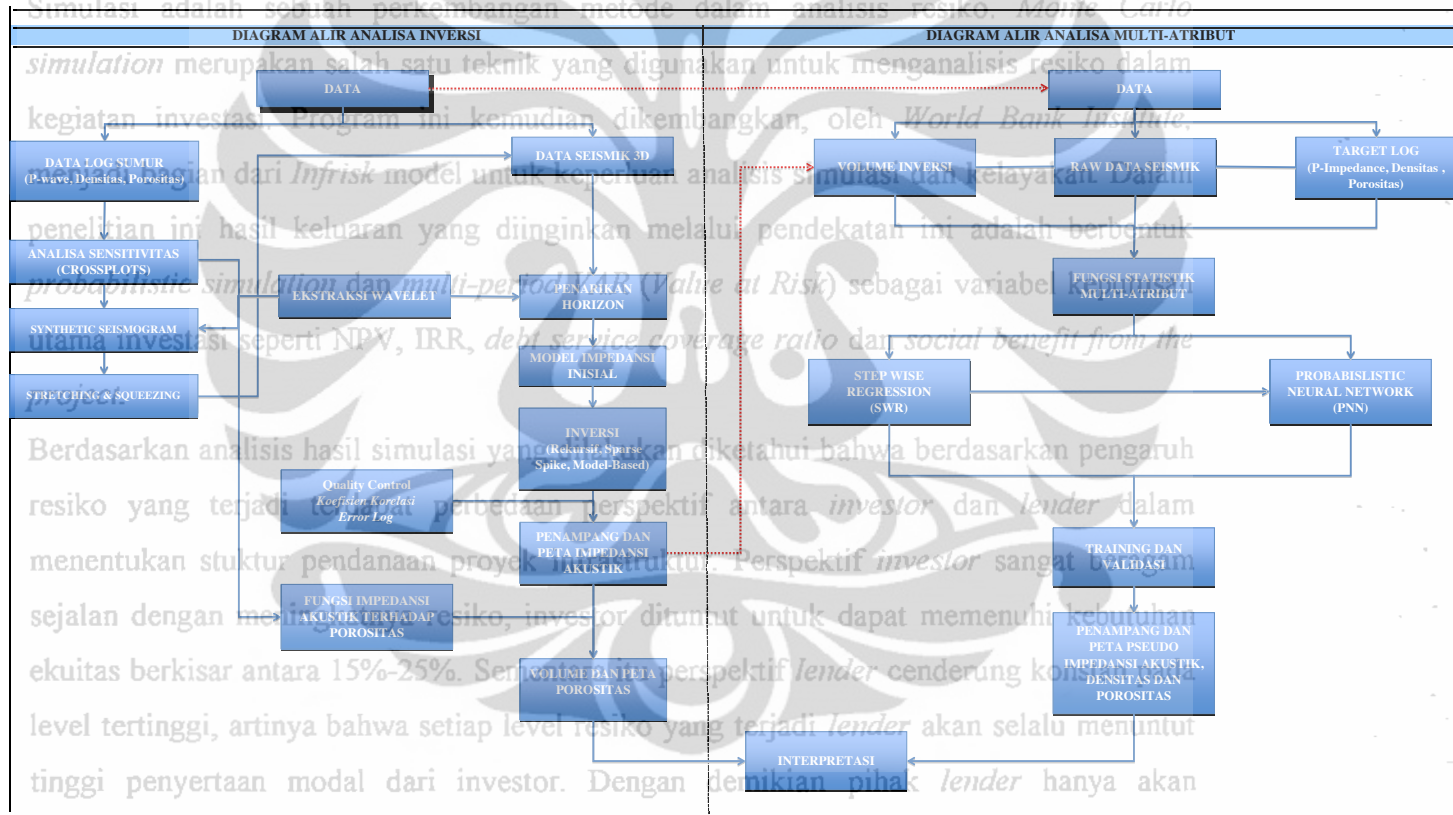


Gambar 3.2. Basemap daerah penelitian berdasarkan inline dan crossline. Inline berkisar dari 1-119 dan crossline berkisar dari 1-81.



Gambar 3.3. Penampang CDP melintasi channel yang diduga reservoir, posisi channel Glauconitic ditunjukkan oleh elips pada time 1060ms. Inset kanan adalah peta slice amplitudo RMS pada time 1060ms memperlihatkan perubahan dari amplitudo tinggi ke rendah (garis putus-putus) pada area yang diduga adalah channel

3.1.3. Diagram Alir Pengolahan Data



Gambar 3.4. Diagram alir pengolahan data

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan

Tabel 3.1.  
Sumur-sumur yang digunakan dalam analisa dan posisinya pada basemap.

Well Name	Units	X Location	Y Location	Inline	Xline	CDP	Plot
FB-01	m	85.00	40.00	66	41	18776	✓
FB-04	m	63.00	28.00	64	29	18428	✓
FB-05	m	80.00	29.00	81	30	21285	✓
FB-08	m	26.00	41.00	27	42	12225	✓
FB-09A	m	38.00	41.00	39	42	14241	✓
FB-09B	m	96.00	40.00	97	41	23984	✓
FB-11	m	38.00	59.00	39	60	14259	✓
FB-12	m	96.00	27.00	97	28	23971	✓
FB-13	m	110.00	17.00	111	18	26313	✓
FB-14	m	55.00	17.00	56	18	17073	✓
FB-16	m	51.00	39.00	52	40	16423	✓
FB-29	m	47.00	39.00	48	40	15751	✓

**3.2. Pengolahan Data**

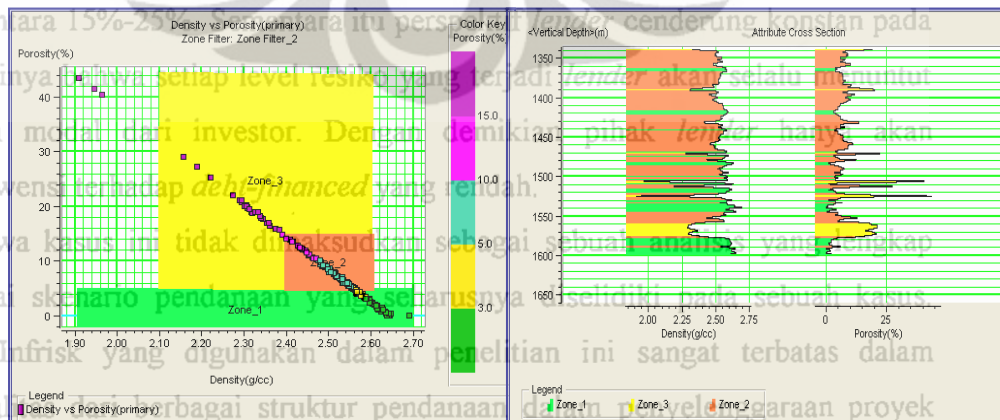
Diagram alir pengolahan data ditampilkan pada gambar 3.4.

**3.2.1. Metoda Inversi**

**3.2.1.1. Analisa Crossplot Log**

Untuk mengetahui parameter log sumur yang sensitif terhadap perubahan litologi maupun karakteristik petrofisika pada sumur, dilakukan teknik *crossplot* antara dua log dalam sistem kartesian sumbu koordinat x dan y. Data yang memiliki kesamaan karakter litologi/porositas dikelompokkan dalam zona-zona. Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terhadap perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif investor sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko investasi dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25% dari total dana itu perspektif lender cenderung konstan pada level tertinggi, artinya setiap level resiko yang terjadi lender akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak lender hanya akan menerima konsekuensi terhadap *debt-financed* yang rendah. Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak direksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas berbagai struktur pendanaan dalam penyelesaian proyek jalan tol di Indonesia.

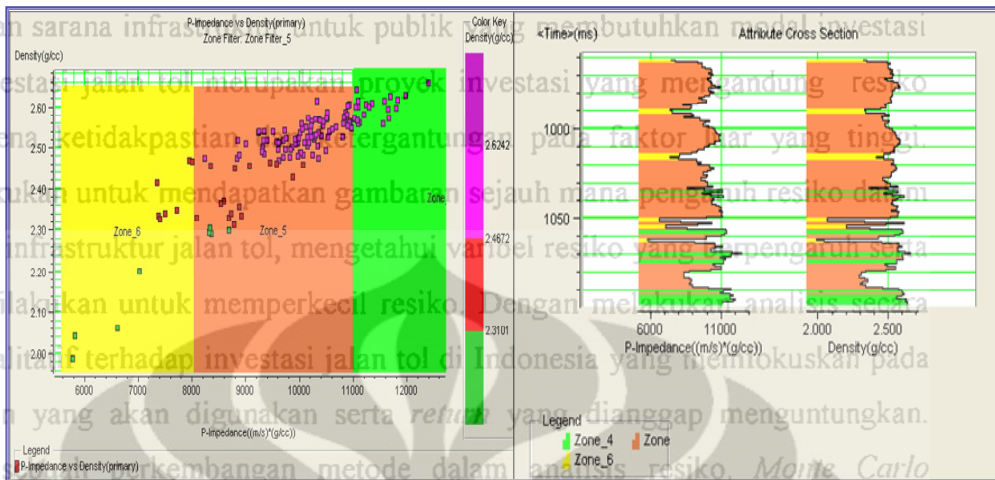
1. Density v's Porosity
2. P-Impedance vs Density
3. P-Impedance vs Porosity



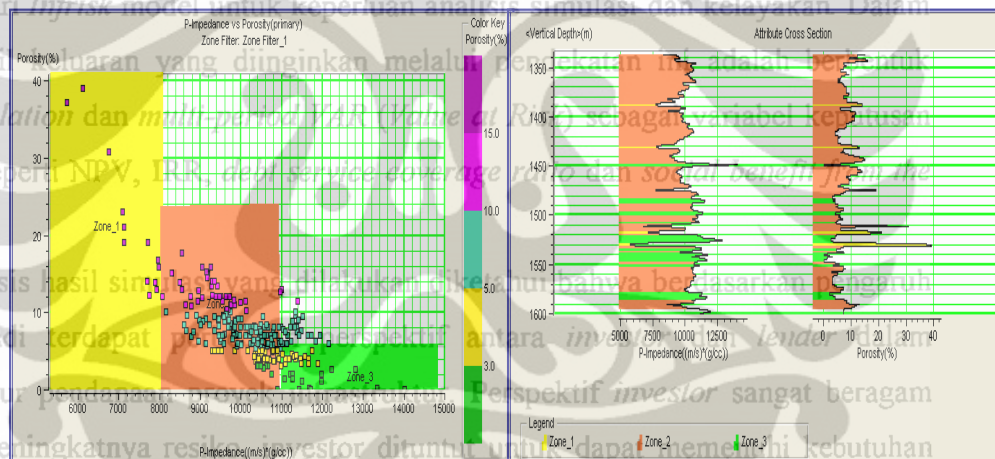
Gambar 3.5. Contoh crossplot antara densitas dan porositas pada log sumur FB-16. Crossplot ini dapat memisahkan antara shale, tight sand dan porous sand dengan sangat baik. Cutoff untuk porous sandstone adalah >15%, tight sandstone 5-10% dan shale <5%

Universitas Indonesia  
hasil analisis yang lebih baik





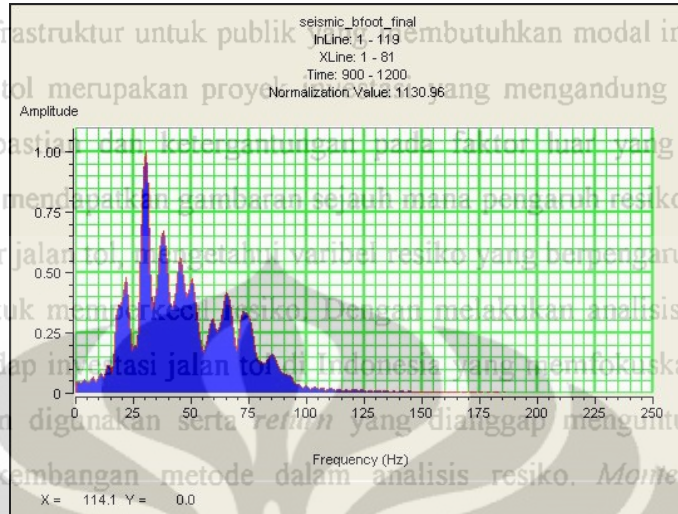
Gambar 3.6. Crossplot antara impedansi dan densitas pada sumur FB-16. Pemisahan litologi belum cukup baik. Cutoff nilai untuk sandstone adalah 2.10-2.60-gr/cc sedangkan untuk shale 1.90-2.70-gr/cc.



Gambar 3.7. Crossplot antara impedansi dan porositas pada sumur FB-04. Walaupun masih ada overlapping tapi pada crossplot ini pemisahan antara shale, tight sand dan porous sand sudah level tertinggi, artinya sudah cukup baik. Terlihat bahwa porous sandstone mempunyai AI yang rendah. Cutoff untuk porous sandstone adalah >15%, tight sandstone 5-10% dan shale <5%

**3.2.1.2. Analisa Spektrum Amplitudo**

Analisa spektrum amplitudo dilakukan untuk mengetahui kisaran frekuensi optimal pada data seismik. Pada dataset ini, frekuensi dominan adalah merefleksikan real 30Hz dan frekuensi optimal berkisar pada 10-90Hz.



Gambar 3.8. Spektrum amplitudo dari data seismik yang digunakan. Frekuensi dominan adalah 30Hz dan frekuensi optimal berkisar antara 10-90Hz.

**3.2.1.3. Analisa Tuning**

Analisa tuning dilakukan untuk mengetahui ketebalan reservoir yang masih bisa di resolusi secara teoritis dan praktis dari data seismik. Berdasarkan analisa spektrum amplitudo (Gambar 3.8.), frekuensi dominan dari data seismik adalah 30Hz. Kecepatan rata-rata gelombang sonik pada lapangan ini dari Tops Viking hingga Missisipian adalah ± 3600ms. Berdasarkan pada persamaan dasar berikut ini dapat dihitung ketebalan tuning untuk lapisan reservoir target tersebut:

$$\lambda = \frac{v}{f} \tag{3.1}$$

Berdasarkan rumus diatas, panjang gelombang seismik pada interval tersebut sekitar 120 m. Dengan demikian, ketebalan *tuning* yang diperoleh adalah seperempat panjang gelombang ( $\frac{1}{4}\lambda$ ), yaitu sekitar 30 m (7.5 ms).

Berdasarkan data log, ketebalan target reservoir bervariasi antara 5 hingga 35 meter, maka dapat dilihat bahwa secara umum ketebalan target masih berada pada resolusi vertikal seismik dan terhindar dari *pitfall tuning effect*.

Sebab Simulasi *Infrisk* yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik



**3.2.1.4. Ekstraksi Wavelet**

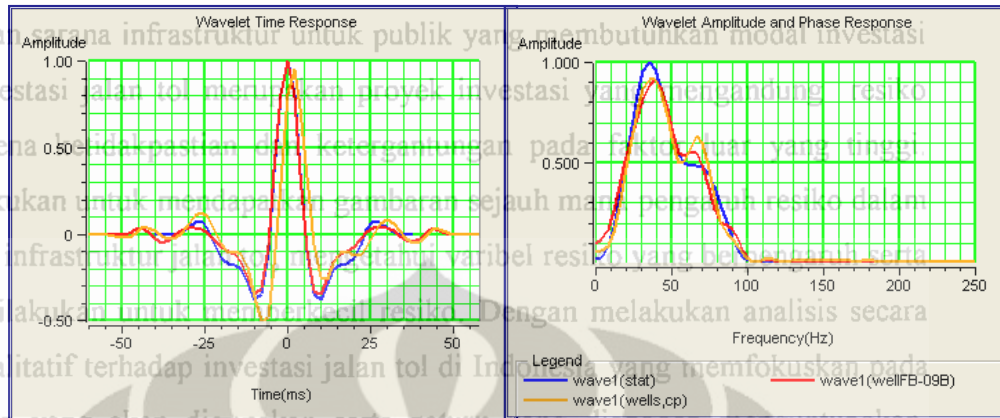
Koefisien korelasi *well-seismic tie* (pengikatan log sumur dengan seismik) menggunakan beberapa wavelet disimpulkan pada tabel 3.1. sedangkan gambar 3.9 menggambarkan *time response* dari masing-masing wavelet. *Analysis window* dipilih pada 800-1200ms untuk mendekati target reservoir yang diperkirakan berada antara 1000-1100ms. Gambar 3.10. menunjukkan wavelet yang diekstraksi dari semua log sumur (kecuali *blind wells*) yang dipilih untuk digunakan dalam kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada keseluruhan proses inversi karena mempunyai korelasi rata-rata yang lebih tinggi dari wavelet lainnya. Parameter ekstraksinya adalah: **start time 800ms; end time 1200ms; inline 27-111; xline 18-60; sample rate 2ms; wavelet length 120ms.**

Tabel 3.2.

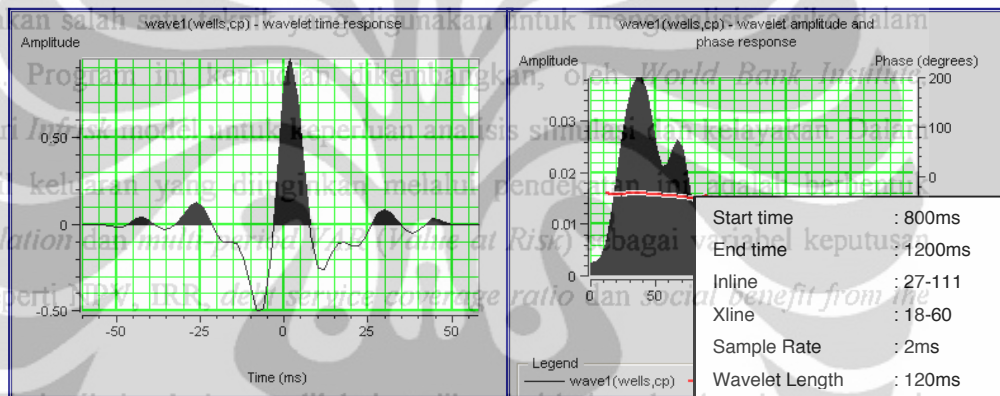
Koefisien korelasi antara sintetik seismogram dengan seismik (hasil trial and error) menggunakan wavelet statistik, semua sumur (all-wells) dan sumur FB-09B.

Nama Sumur	Statistik	Log Sumur (semua)	Log Sumur FB-09B
01-17	0.656	0.652	0.619
04-16	0.798	0.806	0.843
05-16	0.887	0.875	0.831
08-08	0.722	0.730	0.744
09-08	0.786	0.797	0.781
09-17	0.858	0.863	0.852
11-08	0.717	0.779	0.697
12-16	0.812	0.814	0.821
13-16	0.630	0.649	0.677
14-09	0.816	0.797	0.800
16-08	0.805	0.856	0.815
29-08	0.827	0.805	0.825
Average	0.776	0.785	0.775

Berdasarkan analisis hasil simulasi, risiko yang terjadi terhadap perspektif investasi infrastruktur jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik



Gambar 3.9. Time response dari semua wavelet hasil trial and error

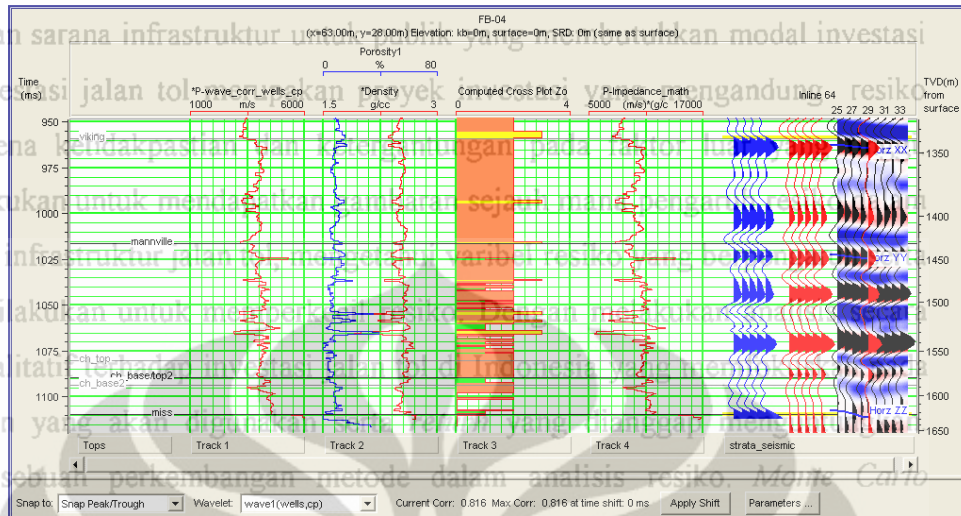


Gambar 3.10. Wavelet yang diekstrak di lokasi semua sumur kecuali sumur untuk blind well test resiko yang terjadi terdapat perbedaan yaitu FB-05, FB-13 dan FB-29.

**3.2.1.5. Well-Seismic Tie and Horizon Picking**

Salah satu contoh seismogram sintetis ditunjukkan pada gambar 3.11. yaitu pada sumur FB-16 yang mempunyai korelasi paling tinggi, 85.6%. Tiga horison seismik diinterpretasikan sebagai panduan informasi struktural untuk interpolasi yaitu Horizon XX, YY dan ZZ.

Perlu dicatat bahwa interpolasi yaitu Horizon XX, YY dan ZZ. sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik



Gambar 3.11. Korelasi pada sumur FB-04 dengan menggunakan wavelet log sumur berfasa konstan. Kurva, dari kiri ke kanan, menunjukkan kurva kecepatan gelombang-P, cross-over antara menjadi bagian dari density/porosity log, tras sintesis (biru) dan tras seismik (merah). Koefisien korelasi adalah 81.6%.

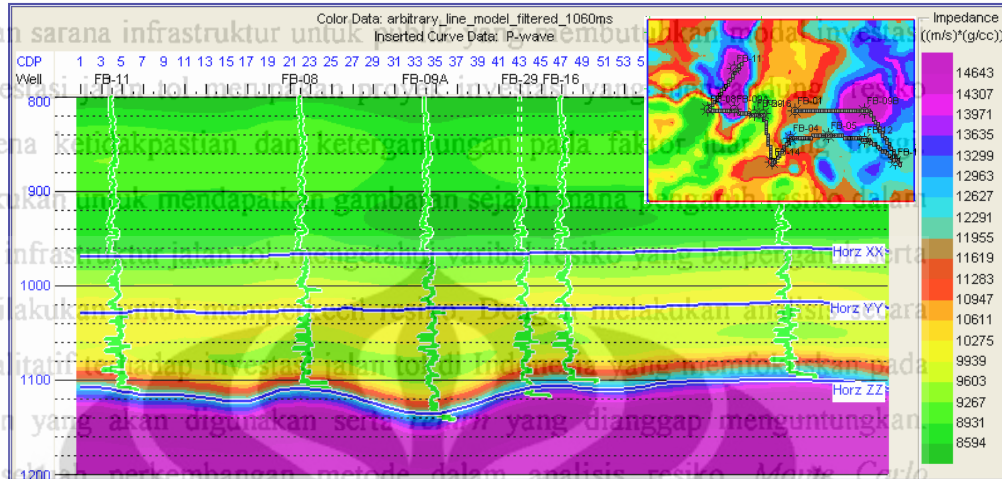
**3.2.1.6. Pembuatan Model Impedansi Inisial**

Model inisial dibuat dengan cara menginterpolasi AI dari sembilan (9) lokasi sumur (tanpa *blind wells*) ke dalam *inlines* dan *crosslines* menggunakan filter low-pass 10Hz untuk memulihkan frekuensi rendah yang hilang pada data seismik *stacked*. Pembatasan filtrasi (*cut-off*) 10-Hz diterapkan karena spektrum amplitudo dari penampang seismik menunjukkan tidak adanya data di bawah frekuensi ini (lihat Gambar 3.8).

Gambar 3.12. menunjukkan penampang arbitrary seismik dari model impedansi inisial yang telah di-filter dan *slice map* yang menampilkan *RMS average impedance* pada *time* 1060-ms, dirata-ratakan pada sebuah *analysis window* sebesar 10-ms.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

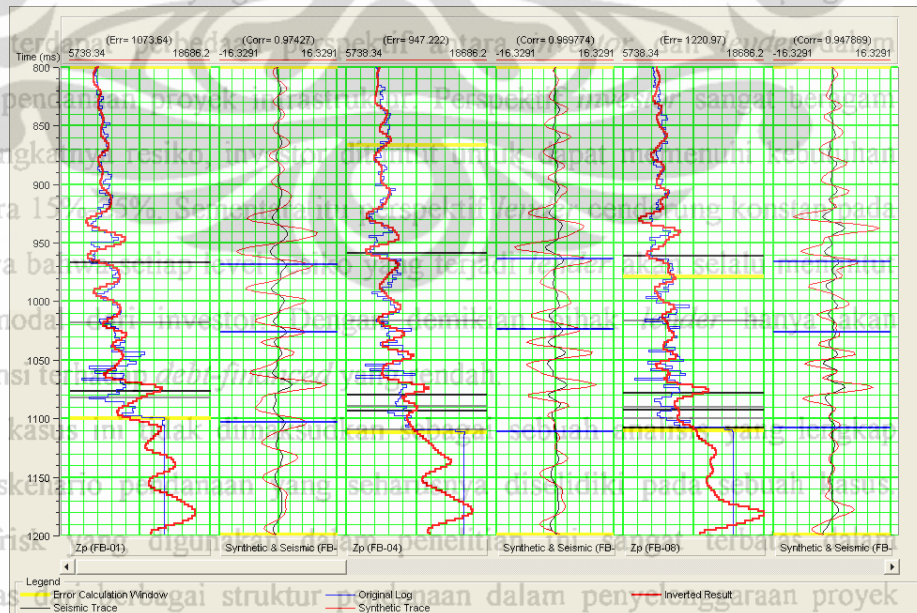




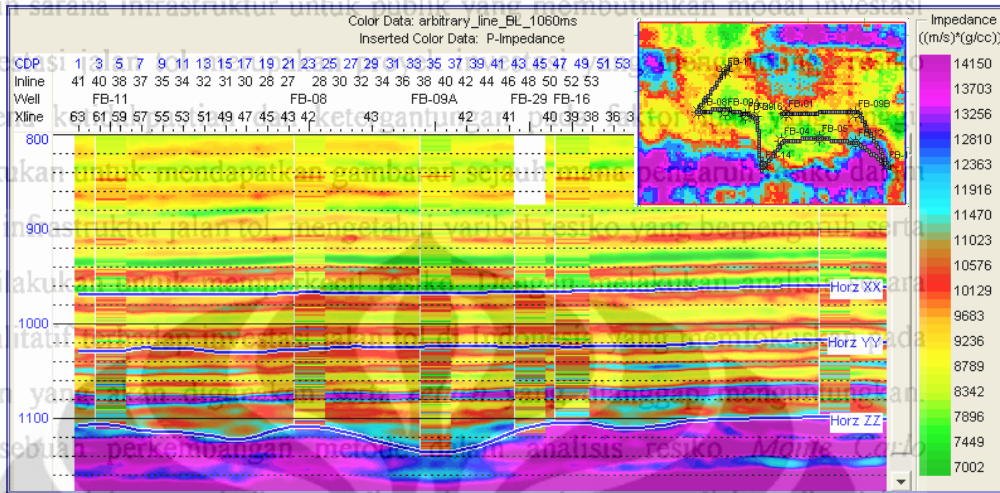
Gambar 3.12. Penampang arbitrary model impedansi akustik inisial setelah filtrasi low-pass 10Hz. Inset adalah slice map pada time 1060ms.

**3.2.1.7. Inversi Rekursif**

Gambar 3.13. dan 3.14. memperlihatkan hasil algoritma inversi rekursif yang diterapkan pada dataset dengan parameter sebagai berikut: **inversion time interval : 800-1200ms; constraint high cut frequency: 10Hz; average block size: 2ms.**



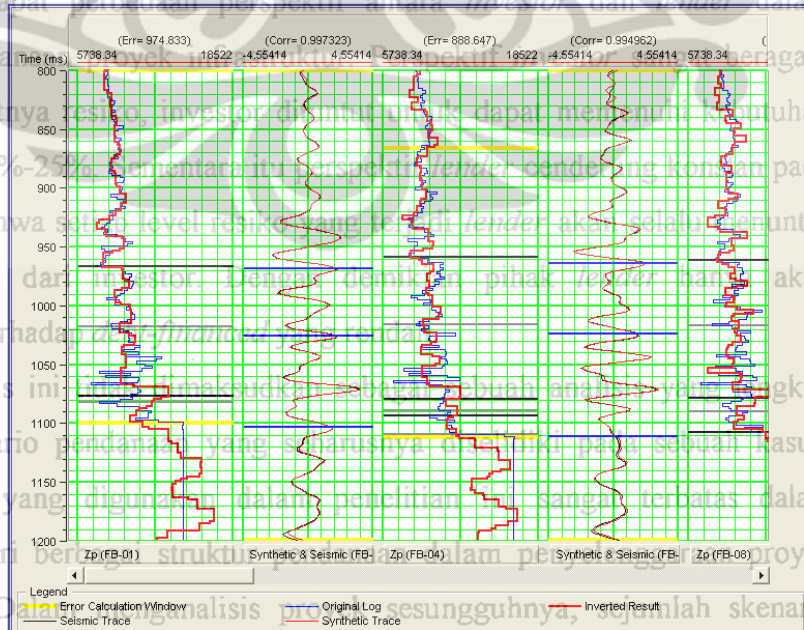
Gambar 3.13. Contoh hasil algoritma inversi rekursif dibandingkan dengan log original pada sumur FB-01, FB-04 dan FB-08. Total korelasi mencapai 96.3% dan error log berkisar antara 818 pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya sampai 1334 m/s.g/cc.



Gambar 3.14. Penampang arbitrary dan slice map impedansi akustik hasil algoritma inversi rekursif. Zone impedansi rendah berada sekitar 1060ms masih terlihat namun penyebarannya tidak menjadi bagian dari Infrisk model untuk keperluan analisis simulasi dan kelayakan.

3.2.1.8. Inversi Sparse-spike

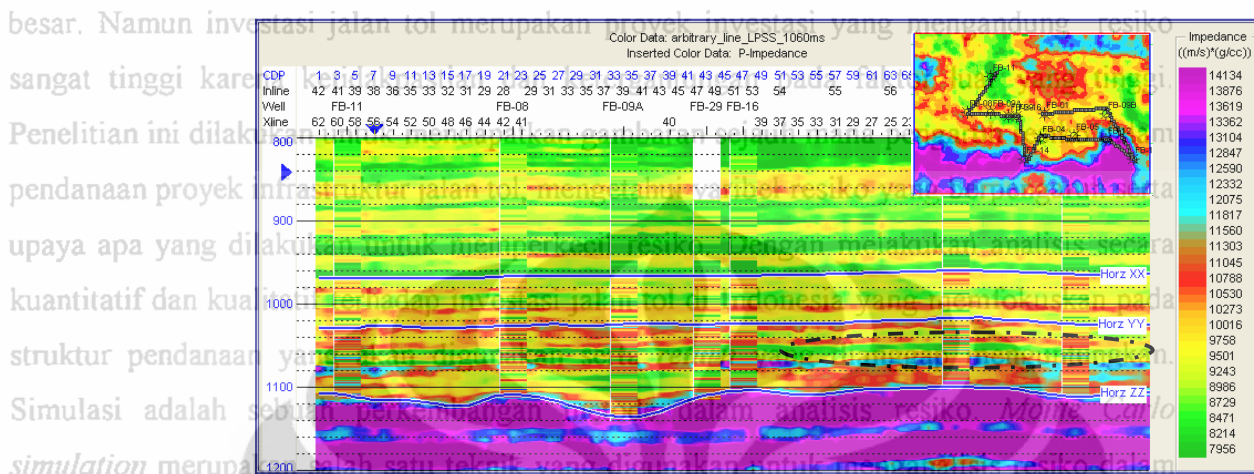
Gambar 3.15. dan 3.16. memperlihatkan hasil algoritma inversi linear programming sparse-spike (LPSS) yang diterapkan pada dataset dengan parameter sebagai berikut: inversion time interval 800-1200ms; sparseness 100%; constraint frequency 10Hz; window length 128ms; processing sample rate 2ms; output full spectrum impedance; and using separate scales.



Gambar 3.15. Contoh hasil inversi menggunakan algoritma inversi sparse-spike dibandingkan dengan log original pada sumur FB-01, FB-04 dan FB-08.



Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi



Gambar 3.16. Cross-section dan slice map impedansi akustik hasil algoritma inversi sparse-spike. Perhatikan zone impedansi rendah berada sekitar 1060ms (elips)

### 3.2.1.9. Inversi Model-Based

Algoritma inversi model-based diterapkan pada dataset dengan parameter utama investasi seperti NPV, IRR, debt service coverage ratio dan social benefit from the project.

sebagai berikut: inversion time interval 800-1200ms; impedance change constraints  $\pm 30\%$ ; average block size 2ms; prewhitening 1%, number of iterations 20; and using separate scales.

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam

menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif investor sangat beragam

sejalan dengan meningkatnya resiko investasi yang semakin tinggi, maka tingkat konsistensi

ekuitas berkisar antara 19% - 34%. Semakin tinggi resiko investasi, maka tingkat konsistensi pada

level tertinggi, artinya biaya setiap investasi yang semakin tinggi akan semakin tinggi pula

tinggi penyertaan modal yang semakin tinggi, maka tingkat konsistensi pada level tertinggi

menerima konsekuensi biaya modal yang semakin tinggi, maka tingkat konsistensi pada level tertinggi

Perlu dicatat bahwa kami telah melakukan analisis yang sama terhadap data log pada sumbu

mengenai berbagai skenario pendanaan yang sama, maka tingkat konsistensi pada level tertinggi

Sebab Simulasi Infrisk yang dilakukan dengan menggunakan alat bantu yang sama, maka tingkat konsistensi

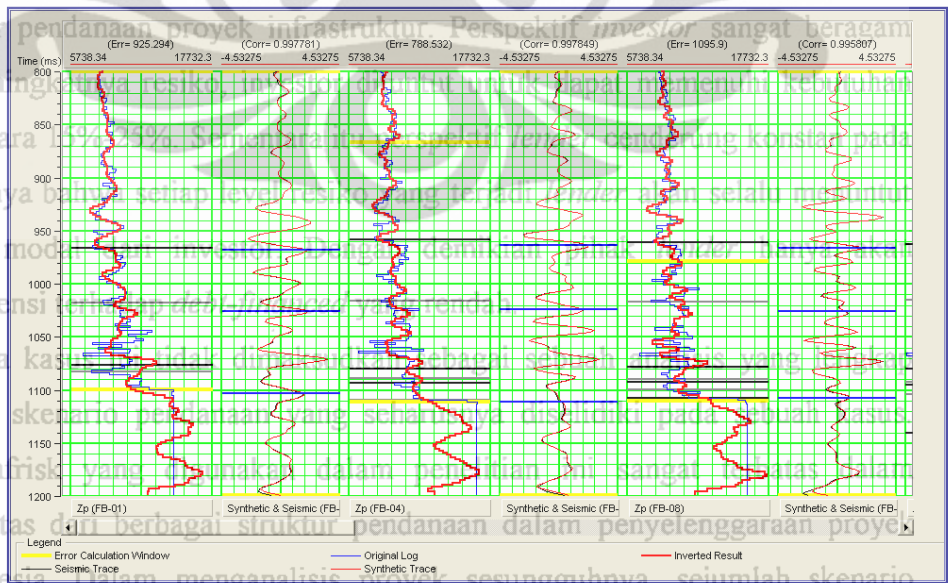
merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek

jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario

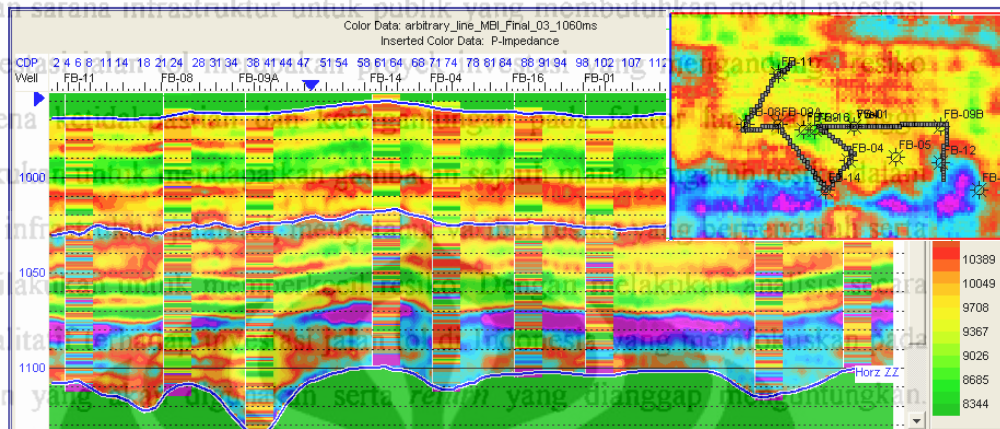
pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario skenario yang telah diilustrasikan

dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan

hasil analisis yang lebih baik



Gambar 3.17. Contoh hasil inversi menggunakan algoritma inversi model-based dibandingkan dengan log original pada sumur FB-01, FB-04 dan FB-08.



Gambar 3.18. Cross-section dan peta impedansi akustik hasil inversi *model-based*. Perhatikan zone impedansi rendah berada sekitar 1060ms (elips)

*Impedance change constraint* digunakan untuk membatasi perubahan

menjadi bagian dari *Infrisk* model untuk keperluan analisis simulasi dan kelayakan. Dalam penelitian ini hasil kebaruan yang diinginkan melalui pendekatan ini dalam *probabilistic simulation* dan *multi-period VAB (Value at Risk)* sebagai salah satu unit utama investasi seperti *IRR, EIRR, NPV, dan IRR* yang dianggap cukup saat didapatkan nilai kestabilan error minimum pada iterasi 20 kali.

**3.2.1.10. Kontrol Mutu**

Kontrol mutu terhadap hasil inversi dilakukan dengan melihat profil sejalan dengan meningkatnya resiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan korelasi terbesar dan error log terkecil. Selain itu juga dilakukan *blind well test* ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif *lender*, cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi, *lender* akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak *lender* hanya akan menerima konsekuensi terhadap *debt-finance* yang rendah.

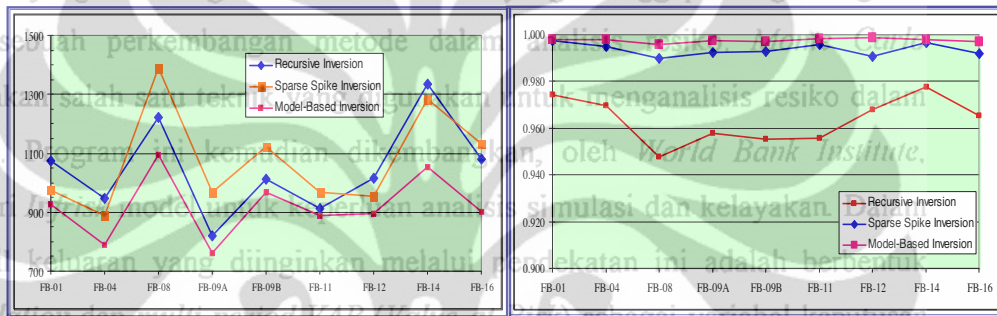
Perlu dicatat bahwa *debt-finance* ini tidak dimuludkan sebagai salah analisis yang berkaitan mengenai berbagai aspek yang dapat disimpulkan bahwa inversi *model-based* menunjukkan korelasi yang paling besar dan error log terkecil. Hasil inversi *model-based* ini yang merefleksikan realitas dan dipakai sebagai atribut eksternal pada analisa multi-atribut.

Sebab Simulasi yang paling besar dan error log terkecil. Hasil inversi *model-based* ini yang merefleksikan realitas dan dipakai sebagai atribut eksternal pada analisa multi-atribut. proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik



Tabel 3.3. Perbandingan nilai Koefisien Korelasi Sintetik Seismogram (kiri) dan Error Log (kanan) untuk setiap algoritma inversi.

Inverted Synthetic Correlation				Error between Original Logs and Inverted Result			
	RMS Error				RMS Error		
	Rekursif	Sparse-Spike	Model-Based		Rekursif	Sparse-Spike	Model-Based
FB-01	0.974	0.997	0.998	FB-01	1074	975	925
FB-04	0.970	0.995	0.998	FB-04	947	889	789
FB-08	0.948	0.990	0.996	FB-08	1221	1390	1096
FB-09A	0.958	0.993	0.998	FB-09A	818	968	760
FB-09B	0.955	0.993	0.997	FB-09B	1013	1121	967
FB-11	0.956	0.996	0.998	FB-11	913	968	887
FB-12	0.968	0.991	0.999	FB-12	1014	954	896
FB-14	0.978	0.997	0.998	FB-14	1334	1283	1054
FB-16	0.966	0.992	0.997	FB-16	1082	1131	901
Average	0.963	0.994	0.998	Average	1046	1076	920



Gambar 3.19. Perbandingan nilai Koefisien Korelasi Sintetik Seismogram (kiri) dan Error Log (kanan) untuk setiap algoritma inversi. Terlihat bahwa inversi *model-based* mempunyai nilai korelasi terbesar dan error terkecil sehingga dipilih untuk dijadikan atribut eksternal.

**3.2.2. Analisa Multi-Atribut**

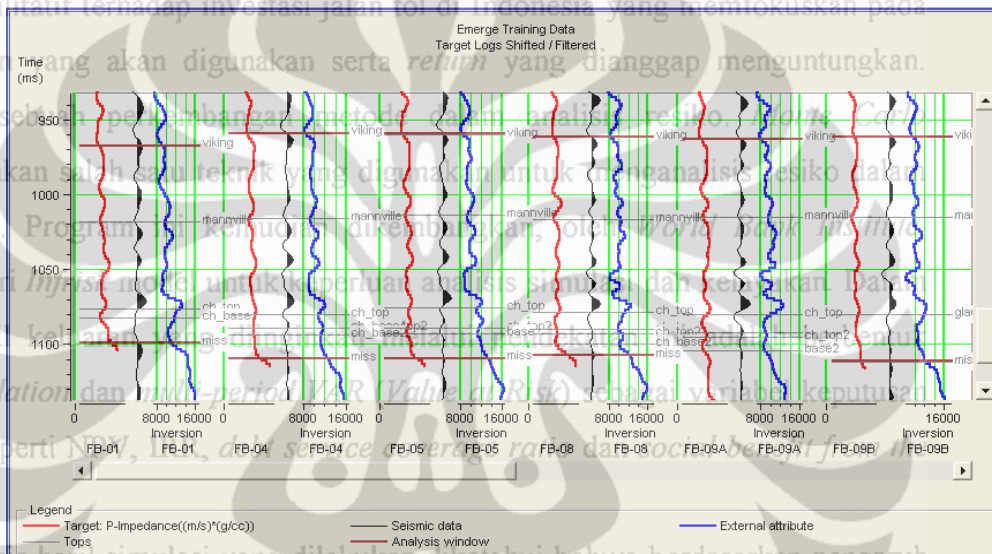
Setelah diperoleh volum inversi impedansi akustik maka volum ini menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif investor sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15% - 25%. Sementara itu, perspektif lender cenderung pada level tertinggi, artinya bahwa sebaran level resiko yang akan dihadapi lender hanya akan tinggi penyertaan volum inversi yang dihasilkan dari inversi model-based.

**3.2.2.1. Peningkatan Resolusi Volume Impedansi Akustik Hasil Inversi**

Resolusi hasil inversi impedansi akustik dapat ditingkatkan dengan menggunakan analisa multi-atribut. Langkah pertama adalah mengkonversi original log dalam domain *depth* kedalam domain *time* dan me-resampling log-log

ini dengan seismic sampling rate 2ms. Log impedansi akustik dikalkulasi dengan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

Jalan tol merupakan sarana transportasi publik yang merupakan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Hasil inversi model-based digunakan sebagai atribut tambahan. Semua sumur secara bersamaan dan tras seismik yang bersesuaian (di-ekstrak di lokasi sumur) digunakan dalam analisa ini.



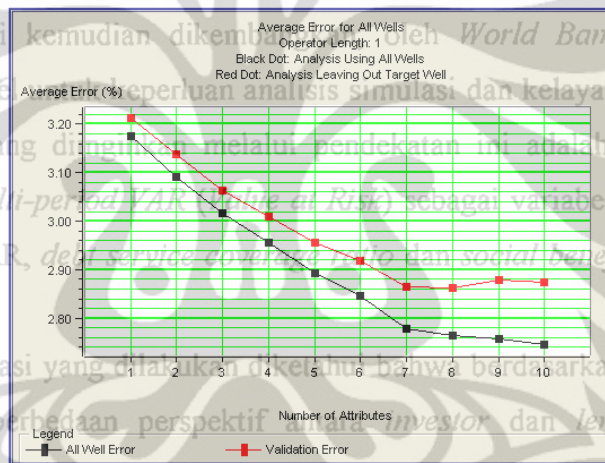
Gambar 3.20. Data input untuk prediksi log impedansi akustik menggunakan analisa multi-atribut resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan stuktur pendanaan yang akan digunakan serta return yang dianggap menguntungkan.

Simulasi adalah salah satu bagian penting dari analisa resiko dalam kegiatan investasi. Program ini kemudian dikembangkan, oleh pihak lain menjadi bagian dari *Hybrid model untuk bertarakan analisis simulasi dan keuntungannya*. penelitian ini hasil *keluaran* dari *analisa simulasi dan keuntungannya* *probabilistic simulation dan nilai-nilai* *Value at Risk* *ekuitas* *utama investasi seperti* *FB-01, dan FB-04* *sebagai* *raja* *dan* *keuntungan* *project*. Berdasarkan analisa hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan stuktur pendanaan yang akan digunakan serta return yang dianggap menguntungkan. Tabel 3.4. menunjukkan hasil *step-wise regression* (SWR) menggunakan sejalan dengan metode *10* atribut dan *5-point* operator konvolusi. Kolom 'Validasi' merepresentasikan ekuitas berkisar antara *error* validasi ulang. Secara teoritis, "error RMS" berkurang saat kita level tertinggi, artinya menambahkan atribut baru, tetapi terlihat bahwa dengan menambahkan atribut ke-9, "Integrated Absolute Amplitude", error validasi bertambah sehingga hanya delapan (8) atribut pertama yang digunakan dalam proses prediksi. Gambar 3.21. adalah representasi grafik dari tabel 3.4.

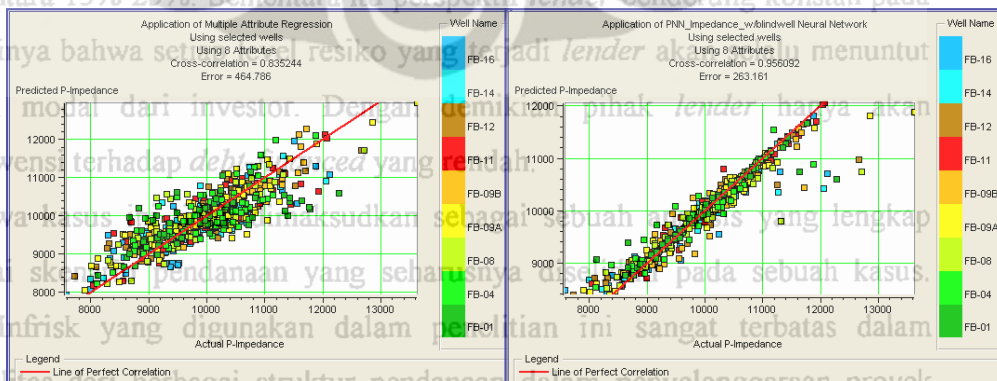
Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

Tabel 3.4.  
Hasil pencarian atribut pada transformasi step wise regression (SWR) yang diterapkan untuk meningkatkan resolusi inversi impedansi akustik.

	Target	Final Attribute	Training Error	Validation Error
1	Log( P-Impedance )	1 / ( Inversion )	625.377348	634.633043
2	Log( P-Impedance )	Filter 15/20-25/30	573.602915	587.154791
3	Log( P-Impedance )	Filter 55/60-65/70	543.920602	561.082003
4	Log( P-Impedance )	Filter 25/30-35/40	519.125874	546.690789
5	Log( P-Impedance )	Integrate	507.176873	540.873475
6	Log( P-Impedance )	Quadrature Trace	490.575298	529.248976
7	Log( P-Impedance )	Filter 5/10-15/20	476.953942	522.514247
8	Log( P-Impedance )	Amplitude Weighted Frequency	464.785965	521.510880
9	Log( P-Impedance )	Integrated Absolute Amplitude	453.644728	530.636723
10	Log( P-Impedance )	Amplitude Envelope	435.243581	506.411719



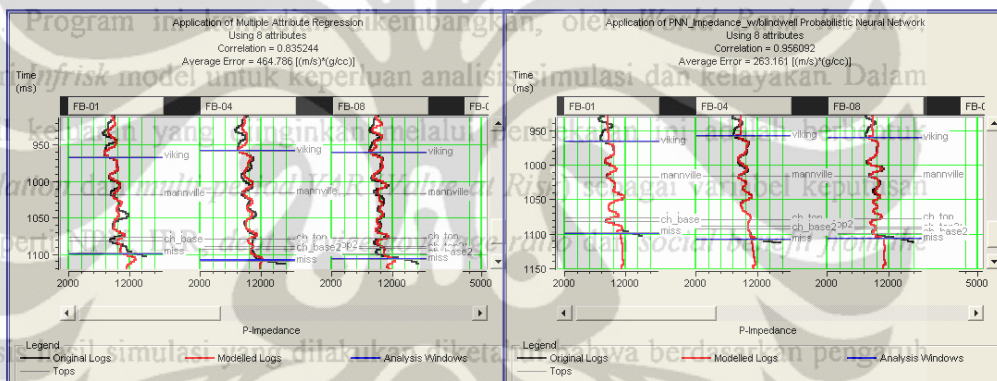
Gambar 3.21. Error rata-rata sebagai fungsi dari jumlah atribut seismik yang digunakan pada analisa Step Wise Regression (SWR). Garis hitam di bagian bawah adalah error penggunaan semua sumur dalam kalkulasi dan garis merah di bagian atas adalah error validasi.



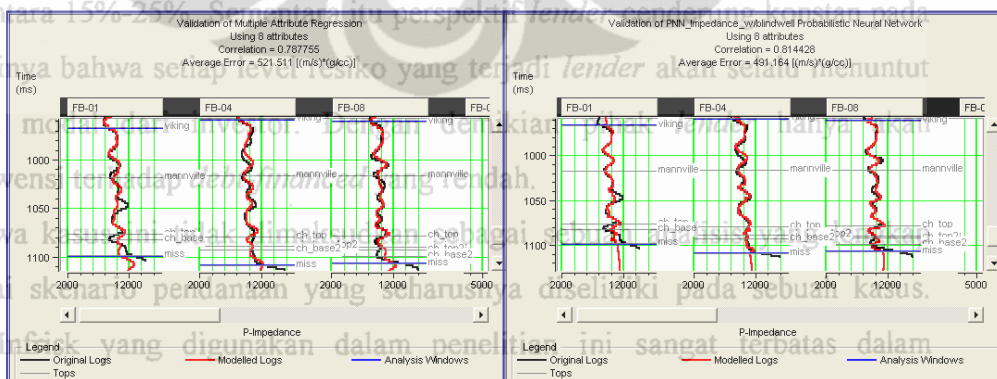
Gambar 3.22. Cross-plot antara impedansi akustik aktual dan impedansi akustik prediksi dengan penggunaan 8 atribut seismik dan operator konvolusi 5-point pada transformasi step-wise regression (kiri) dan probabilistic neural network (kanan).



*Probabilistic neural network (PNN)* di-training menggunakan delapan (8) atribut yang sama dan operator konvolusi 5-point sebagaimana pada transformasi *step-wise regression (SWR)*. Gambar 3.23. memperlihatkan log impedansi terukur (warna hitam) dan terprediksi (warna merah) pada lokasi sumur. Transformasi *SWR* memprediksi log dengan korelasi 83.5% sementara *PNN* memprediksi dengan korelasi adalah 95.6% . Hasil prediksi *PNN* juga superior dengan error prediksi lebih rendah yaitu 263 m/s\*g/cc dibandingkan transformasi *SWR* yang mempunyai error prediksi 465 m/s\*g/cc. Terlihat bahwa *PNN* memprediksi log dengan keakuratan lebih tinggi. Gambar 3.24. memperlihatkan hasil validasi dari kedua transformasi diatas.



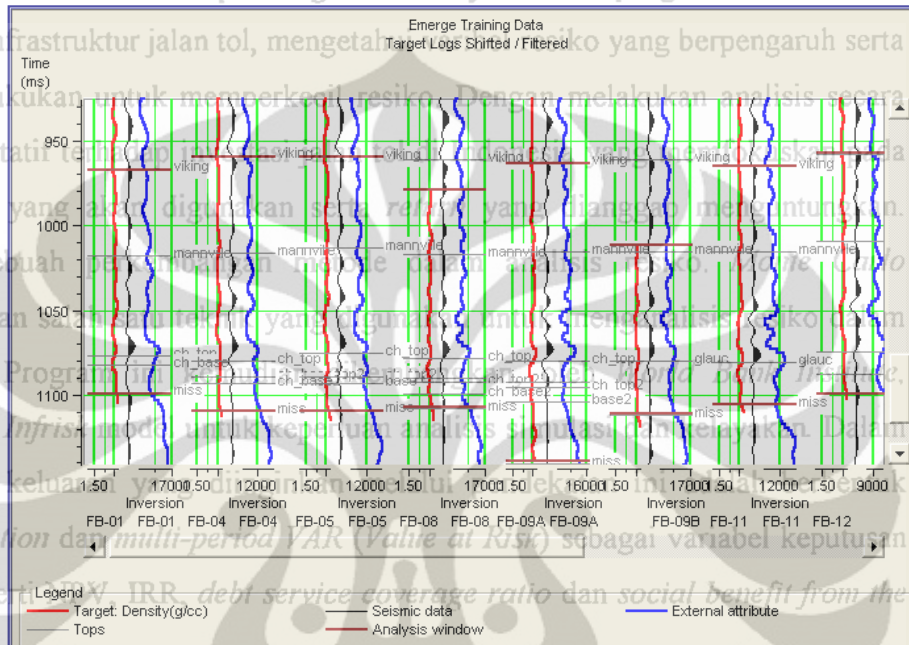
Gambar 3.23. Hasil training metoda Step Wise Regression (kiri) dan PNN (kanan) menggunakan 8 atribut seismik dan operator konvolusi 5-point dalam prediksi volume impedansi akustik. Korelasi yang dihasilkan oleh analisa SWR adalah 83.5% dan error 464 m/s\*g/cc. Korelasi yang dihasilkan oleh analisa PNN adalah 95.6% dan error 263 m/s\*g/cc.



Gambar 3.24. Hasil validasi Step Wise Regression (kiri) dan PNN (kanan) menggunakan 8 atribut seismik dan operator konvolusi 5-point dalam prediksi impedansi akustik. Korelasi yang dihasilkan oleh analisa SWR adalah 78.8% dan error 522 m/s\*g/cc. Korelasi yang dihasilkan oleh analisa PNN adalah 81.4% dan error 491 m/s\*g/cc.

3.2.2.3. **Prediksi Volume Pseudo-Densitas**

Jalan tol merupakan salah satu infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor-faktor yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk meminimalkan resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap resiko yang dihadapi dalam pelaksanaan proyek infrastruktur pendanaan yang akan digariskan serta resiko yang dihadapi oleh pemerintah. Simulasi adalah sebuah pemodelan matematis yang digunakan untuk menganalisis risiko dalam kegiatan investasi. Program ini menggunakan metode analisis risiko dalam probabilistic simulation dan multi-period VAK (Value at Risk) sebagai variabel keputusan utama investasi seperti IRR, debt service coverage ratio dan social benefit from the project.



Gambar 3.25 Data input untuk prediksi log densitas menggunakan analisa multi-atribut.

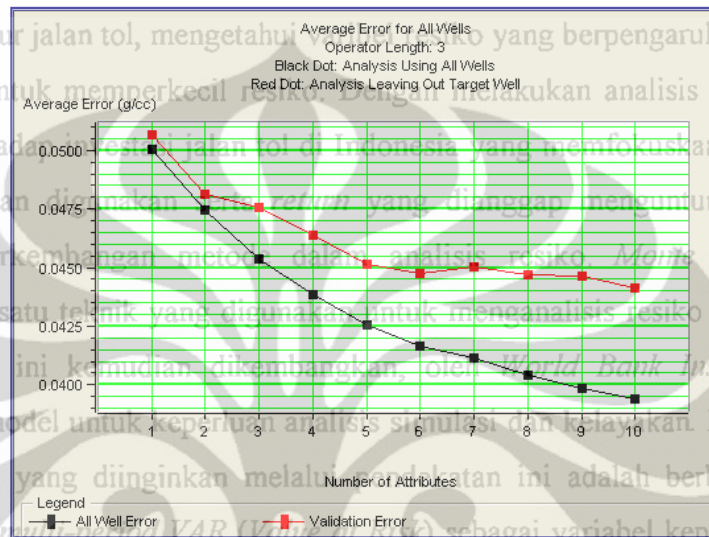
Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Tabel 3.5.

Hasil pencarian atribut pada transformasi step wise regression (SWR) untuk prediksi volume pseudo-densitas.

Target	Final Attribute	Training Error	Validation Error
1 (Density)**2	1 / (Inversion)	0.050065	0.050669
2 (Density)**2	Time	0.047432	0.048157
3 (Density)**2	Filter 5/10-15/20	0.045378	0.047588
4 (Density)**2	Filter 55/60-65/70	0.043850	0.046366
5 (Density)**2	Derivative Instantaneous Amplitude	0.042531	0.045146
6 (Density)**2	Filter 25/30-35/40	0.041678	0.044759
7 (Density)**2	Filter 15/20-25/30	0.041168	0.045018
8 (Density)**2	Instantaneous Frequency	0.040420	0.044692
9 (Density)**2	Amplitude Weighted Frequency	0.039835	0.044663
10 (Density)**2	Second Derivative Instantaneous Amplitude	0.039397	0.044154

Sebab Simulasi ini yang digunakan sebagai alat bantu yang tepat dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Tabel 3.5 menunjukkan hasil dari analisa multi-atribut step-wise regression yang dilakukan dengan menggunakan 10 (sepuluh) atribut dan pendanaan harus tetap 15%-25% dari modalnya sebagai modal yang terdapat dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik Universitas Indonesia

operator konvolusi 3-point. Terlihat bahwa dengan menambahkan atribut ke-7, “Filter 15/20-25/30”, error validasi meningkat sehingga dipilih hanya 6 (enam) atribut pertama dalam proses prediksi. Gambar 3.26. adalah representasi grafik dari tabel 3.5.

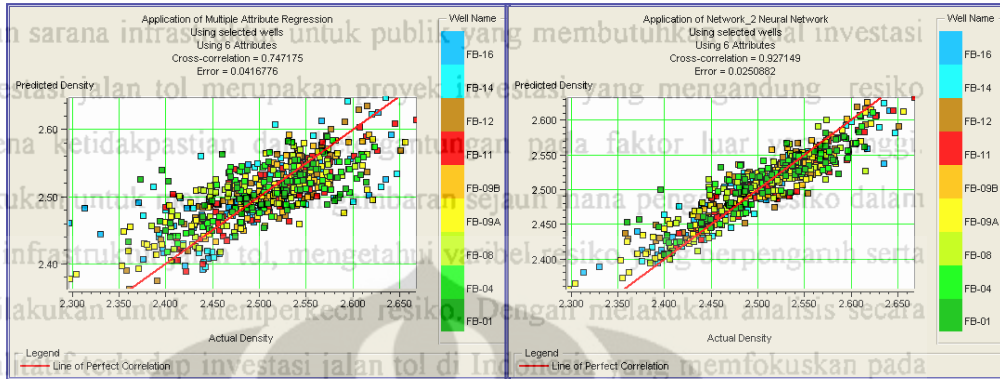


Gambar 3.26. Error rata-rata sebagai fungsi dari jumlah atribut seismik yang digunakan pada transformasi *Step Wise Regression (SWR)* untuk prediksi log densitas. Garis hitam di bagian bawah adalah error penggunaan semua sumur dalam kalkulasi dan garis merah di bagian atas adalah error validasi.

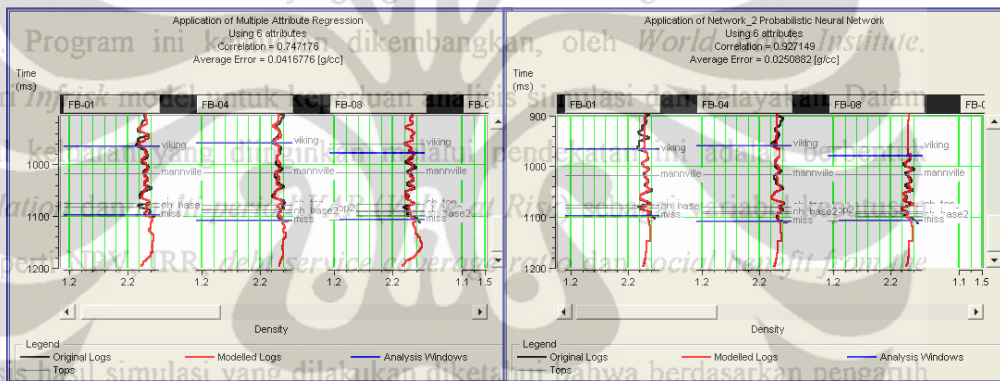
Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat *Probabilistik Neural Network (PNN)* ditraining dengan menggunakan atribut seismik yang sama dengan analisa *step wise regression* yaitu 6 atribut dengan operator konvolusi 3-point. (gambar 3.28). Jika transformasi *SWR* memprediksi log dengan korelasi 72.7% maka *PNN* memprediksi log dengan korelasi 92.7%. Hasil prediksi *PNN* juga superior dengan error prediksi lebih rendah 0.025gr/cc dibandingkan *SWR* yang mempunyai error prediksi 0.047gr/cc. Gambar 3.29. menunjukkan validasi untuk kedua transformasi. Transformasi *PNN* memprediksi log densitas dengan keakuratan lebih tinggi.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi *Infrisk* yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

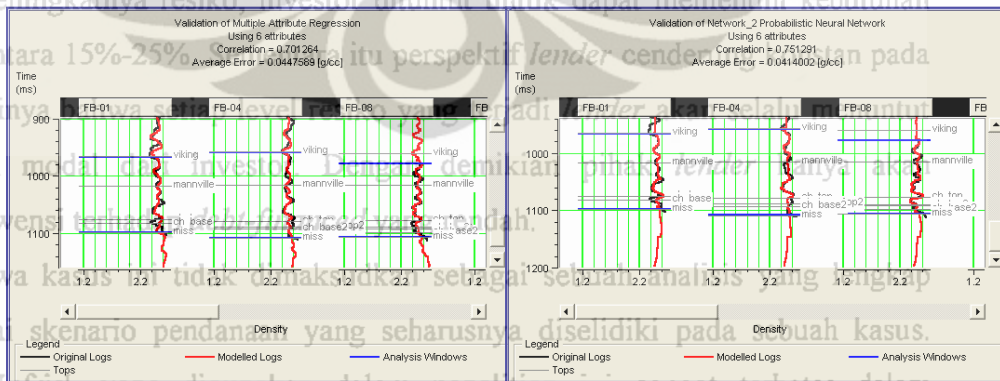




Gambar 3.27. Cross-plot antara densitas aktual dan densitas prediksi dengan penggunaan 6 atribut seismik dan operator konvolusi 3-point.



Gambar 3.28. Hasil training metoda Step Wise Regression (kiri) dan PNN (kanan) menggunakan 6 atribut seismik dan operator konvolusi 3-point dalam prediksi densitas. Korelasi yang dihasilkan oleh transformasi SWR adalah 74.7% dan error 0.042gr/cc. Korelasi yang dihasilkan oleh transformasi PNN adalah 92.7% dan error 0.025gr/cc.

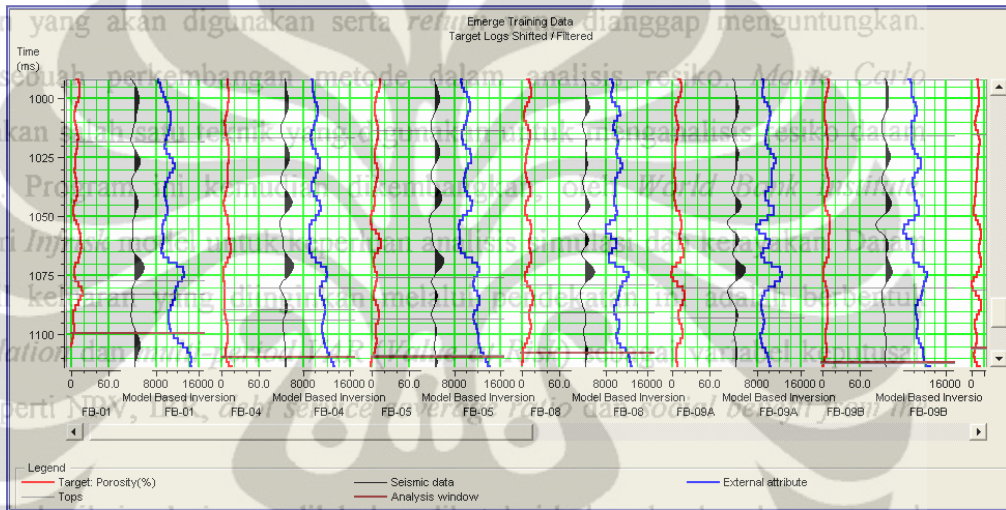


Gambar 3.29. Hasil validasi SWR (kiri) dan PNN (kanan) menggunakan 6 atribut seismik dan operator konvolusi 3-point dalam prediksi densitas. Korelasi yang dihasilkan oleh transformasi SWR adalah 70.1% dan error 0.045gr/cc dan korelasi yang dihasilkan oleh transformasi PNN adalah 75.1% dan error 0.041gr/cc.

Setelah hubungan antara atribut seismik dan log densitas telah ditentukan, maka hubungan tersebut diterapkan untuk membuat volume data.

**3.2.2.3. Prediksi Log Porositas**

Prediksi log porositas dilakukan dengan menggunakan hasil inversi sebagai atribut eksternal karena porositas mempunyai hubungan fungsi dengan impedansi akustik.



Gambar 3.30. Data input untuk prediksi log porositas menggunakan analisa multi-atribut

Tabel 3.6. Hasil pencarian atribut pada transformasi step wise regression (SWR) untuk prediksi log porositas

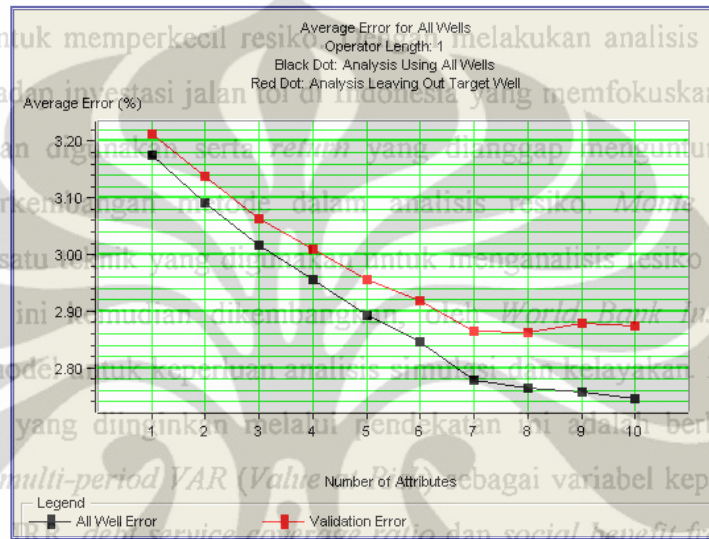
	Target	Final Attribute	Training Error	Validation Error
1	Porosity	Integrate	3.175369	3.212824
2	Porosity	1 / ( Model Based Inversion )	3.091692	3.137138
3	Porosity	Dominant Frequency	3.016054	3.063754
4	Porosity	Derivative Instantaneous Amplitude	2.955363	3.010375
5	Porosity	Filter 55/60-65/70	2.892292	2.956802
6	Porosity	Amplitude Envelope	2.845708	2.919301
7	Porosity	Second Derivative Instantaneous Amplitude	2.779010	2.864650
8	Porosity	Filter 35/40-45/60	2.764897	2.861870
9	Porosity	Amplitude Weighted Frequency	2.756917	2.878413
10	Porosity	Average Frequency	2.745529	2.873337

Tabel 3.6. menunjukkan hasil dari transformasi *step-wise regression* (SWR) yang dilakukan dengan menggunakan 10 (sepuluh) atribut dan operator Universitas Indonesia hasil analisis yang lebih baik



Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko.

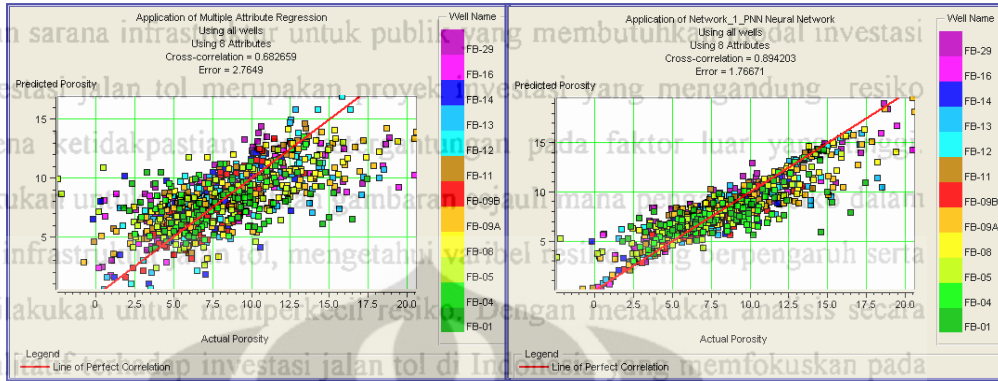
Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah sebuah perkembangan terbaru dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. Program ini kemudian dikembangkan oleh *World Bank Institute*, menjadi bagian dari *Infrisk* model untuk keperluan analisis simulasi dan kelayakan. Dalam penelitian ini hasil keluaran yang diinginkan relatif pendanaan di dalam bentuk *probabilistic simulation* dan *multi-period VAR (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti NPV, *ROI, dan service delivery rate* dan *social benefit from the project*.



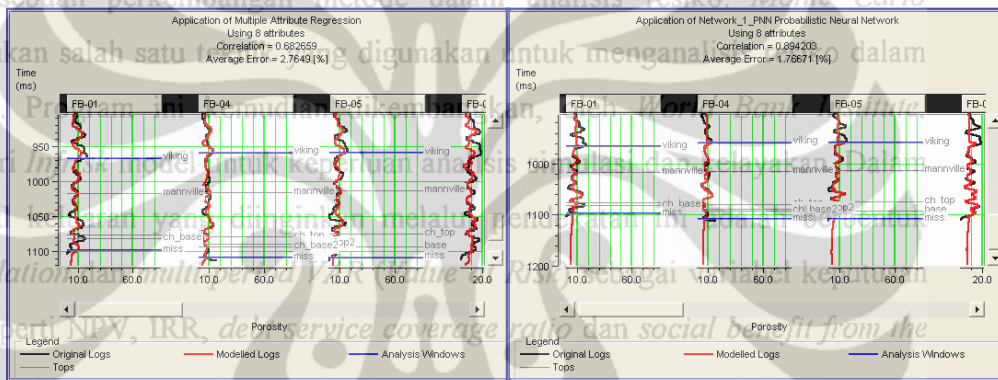
Gambar 3.31. Error rata-rata sebagai fungsi dari jumlah atribut seismik yang digunakan pada analisa *Step Wise Regression*. Garis hitam di bagian bawah adalah error penggunaan semua sumur dalam kalkulasi dan garis merah di bagian atas adalah error validasi.

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara *investor* dan *lender* dalam menentukan stuktur pendanaan proyek infrastruktur. *Probabilistik Neural Network (PNN)* ditraining dengan menggunakan atribut seismik yang sama dengan transformasi *SWR* yaitu 8 atribut dengan operator konvolusi 1-point. (gambar 3.33). Jika transformasi *SWR* memprediksi log dengan korelasi 68.3% maka *PNN* memprediksi log dengan korelasi 89.4%. Hasil prediksi *PNN* juga superior dengan error prediksi lebih rendah 1.77% porositas dibandingkan transformasi *SWR* yang mempunyai error prediksi 2.76%. Gambar 3.34. menunjukkan validasi untuk kedua transformasi. Terlihat bahwa *PNN* lagi-lagi memprediksi log dengan keakuratan lebih tinggi.

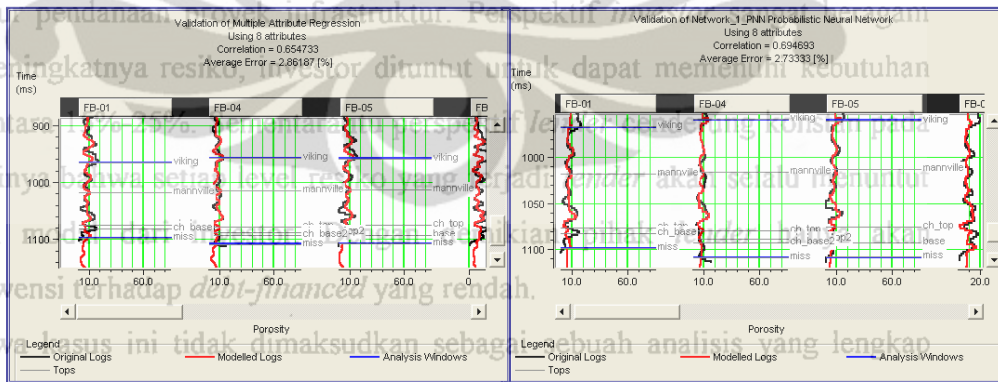
Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi *Infrisk* yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik



Gambar 3.32. Cross-plot antara porositas aktual dan porositas prediksi dengan penggunaan 8 atribut seismik dan operator konvolusi 1-point.



Gambar 3.33. Hasil training metoda Step Wise Regression (kiri) dan PNN (kanan) menggunakan 8 atribut seismik dan operator konvolusi 1-point dalam prediksi porositas. Korelasi yang dihasilkan oleh analisa SWR adalah 68.3% dan error 2.76%. Korelasi yang dihasilkan oleh analisa PNN adalah 69.4% dan error 1.77 %.



Gambar 3.34. Hasil validasi Step Wise Regression (kiri) dan PNN (kanan) menggunakan 8 atribut seismik dan operator konvolusi 1-point dalam prediksi porositas. Korelasi yang dihasilkan oleh analisa SWR adalah 65.4% dan error 2.86% dan korelasi yang dihasilkan oleh analisa PNN adalah 69.4% dan error 2.76 %.

Setelah hubungan antara atribut seismik dan log porositas telah ditentukan, maka hubungan tersebut diterapkan untuk membuat volume kubus porositas.

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. Program ini kemudian dikembangkan, oleh *World Bank Institute*, menjadi bagian dari *Infrisk* model untuk keperluan analisis simulasi dan kelayakan. Dalam penelitian ini hasil keluaran yang diinginkan melalui pendekatan ini adalah berbentuk *probabilistic simulation* dan *multi-period VAR (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti NPV, IRR, *debt service coverage ratio* dan *social benefit from the project*.

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara *investor* dan *lender* dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif *investor* sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif *lender* cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi *lender* akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak *lender* hanya akan menerima konsekwensi terhadap *debt-financed* yang rendah.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi *Infrisk* yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

# ABSTRAK

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

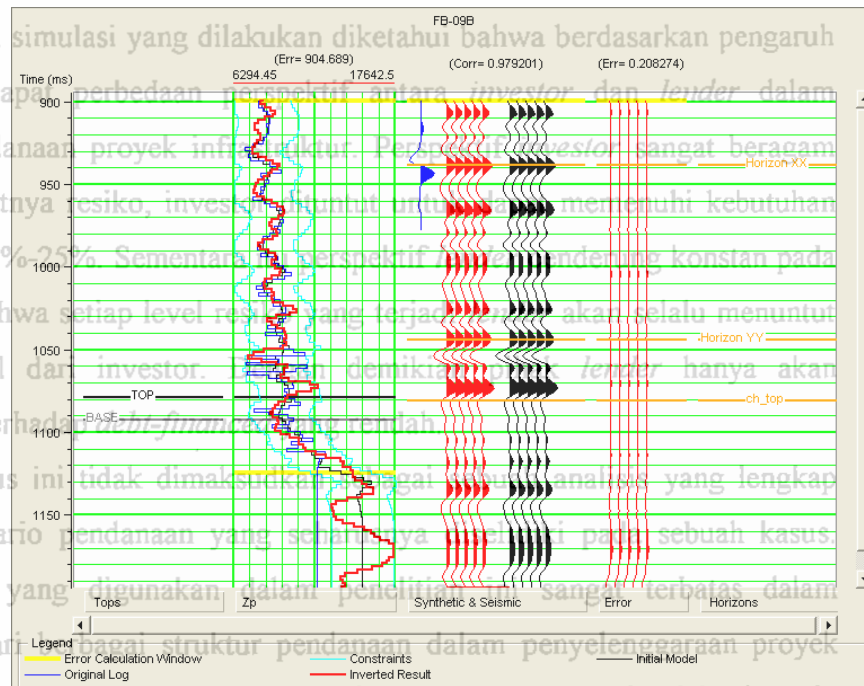
#### 4.1. Analisa Inversi

##### 4.1.1. Kontrol Mutu

Gambar 4.1. menampilkan contoh hasil inversi impedansi akustik dengan struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dipegang menguntungkan algoritma *model-based* dibandingkan dengan log asli pada sumur FB-09B. Secara umum, inversi impedansi akustik mirip (*comparable*) dengan log sumur.

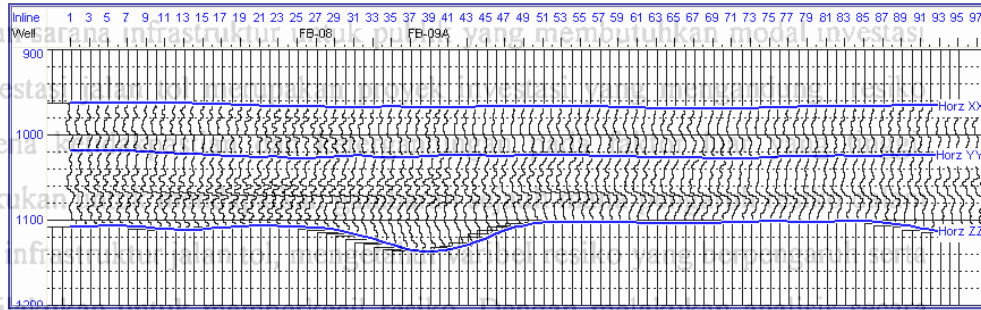
Kesesuaian antara tras sintetis dan data sumur menunjukkan korelasi yang sangat baik untuk sebagian besar sumur yaitu dengan total korelasi 0.998. Error residual pada impedansi akustik bervariasi dari 801 (m/s)•(g/cc) sampai 1283 (m/s)•(g/cc).

Gambar 4.2. menunjukkan *error plot* yaitu perbedaan antara sintetis yang dihitung dari hasil inversi dengan data asli. Fakta bahwa kecilnya error yang koheren mengindikasikan bahwa model yang dihasilkan merupakan representasi yang sangat baik dari data seismik asli.



Gambar 4.1. Hasil inversi menggunakan algoritma model-based dibandingkan dengan log asli pada sumur FB-09B. Korelasi sebesar 97.9% dan error 0.208.

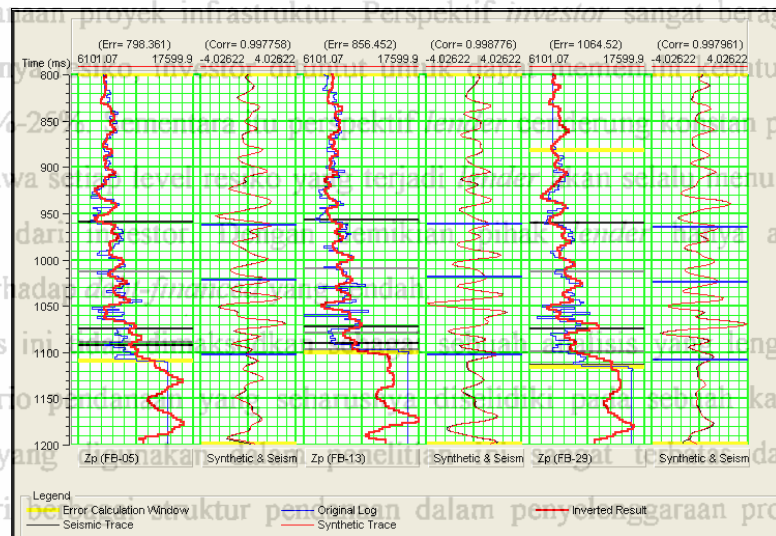




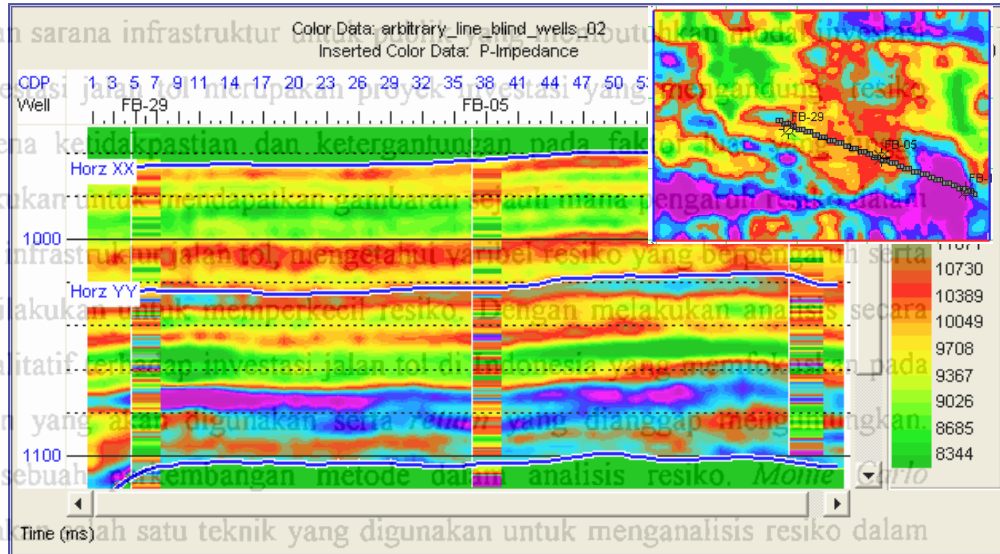
Gambar 4.2. Synthetic error plot untuk inversi model-based. Amplitudo secara keseluruhan terlihat rendah

#### 4.1.2. Blind Well Test

Pada gambar 4.3, sumur kalibrasi (*blind wells*) FB-05, FB-13 dan FB-29 menunjukkan korelasi sintetik seismogram yang sangat baik mencapai 99.8% dan error log berkisar dari 798 – 1064 (m/s)•(g/cc). Gambar 4.3. memperlihatkan penampang *arbitrary* yang melewati sumur kalibrasi dimana umumnya korelasi log impedansi pada bagian sumur yang dangkal mirip dengan hasil inversi dan semakin dalam semakin kurang mirip, kemungkinan disebabkan a. perbedaan resolusi antara seismik dan log sumur; b. kualitas data seismik yang lebih buruk Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif investor sangat beragam sejalan dengan meningkatnya ekuitas berkisar antara 15%-25% pada level tertinggi, artinya bahwa s tinggi penyertaan modal dari menerima konsekwensi terhadap Perlu dicatat bahwa kasus ini mengenai berbagai skenario Sebab Simulasi Infrisk yang merefleksikan realitas dari jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek, sehingga jumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik



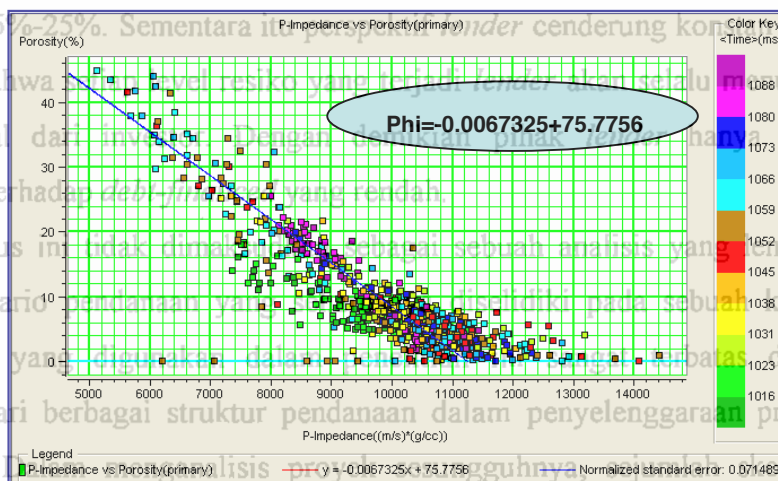
Gambar 4.3. Koefisien korelasi sintetik seismogram dari *blind wells*, FB-05, FB-13, FB-29. Korelasi mencapai 99.8% dan error log berkisar dari 798 – 1064 (m/s)•(g/cc)



Gambar 4.4. Penampang *arbitrary* dari *blind wells*, FB-29, FB-05, FB-13. Terlihat bahwa log impedansi akustik relatif mirip pada zona yang lebih dangkal dan relatif kurang mirip pada zona yang lebih dalam. Inset adalah slice pada 1060ms.

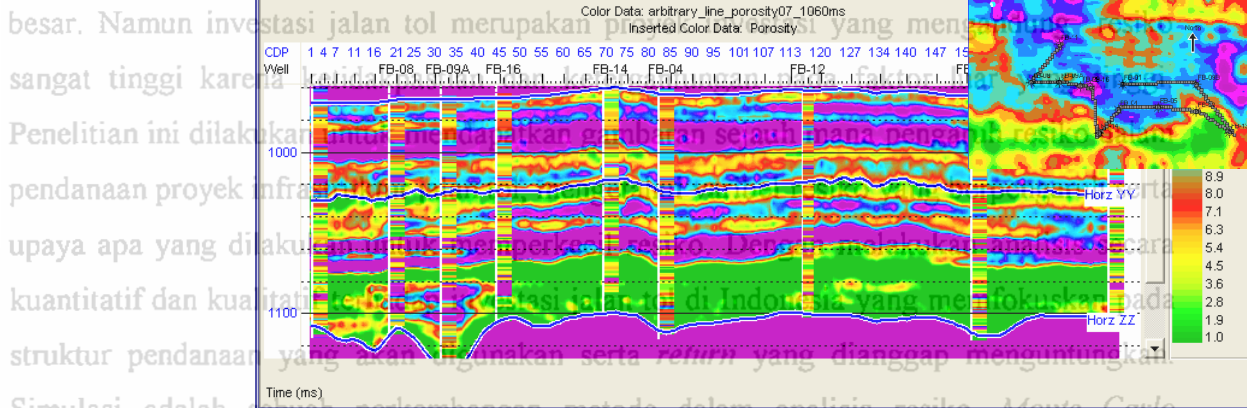
#### 4.1.3. Konversi Volume Impedansi ke Volume Porositas

Pada *crossplot* antara log impedansi akustik dan porositas terlihat korelasi yang tinggi antara kedua log (gambar 4.5.) dan menghasilkan hubungan matematis  $\Phi = -0.0067325 \cdot AI + 75.7756$ . Hubungan matematis tersebut kemudian digunakan untuk mengkonversi volume impedansi akustik menjadi volume porositas seperti pada gambar 4.5.



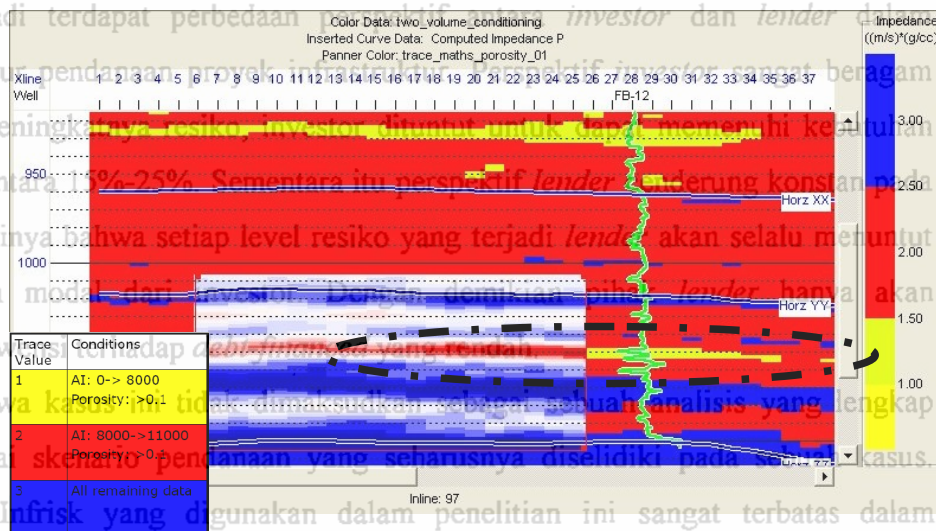
Gambar 4.5. Fungsi regresi impedansi akustik terhadap porositas

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi



Gambar 4.6. Penampang arbitrary seismik kubus porositas hasil konversi dari inversi impedansi akustik dengan algoritma *model-based*. Inset adalah peta (slice) pada *time* 1060ms.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perubahan sejarah pana pengalihan risiko. Pendanaan proyek infrastruktur yang menggunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan. Upaya apa yang dilakukan untuk memperoleh resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif. Analisis ini di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu metode dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* menjadi bagian dari *Infrisk* model untuk keperluan analisis simulasi dan kelayakan. Dalam penelitian ini hasil keluaran yang diinginkan melalui pendekatan ini adalah berbentuk *probabilistic simulation* dan *multi-period VAR (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti NPV, IRR, *debt service coverage ratio* dan *social benefit from the project*.



Gambar 4.7. Kombinasi volume akustik impedansi dan porositas dalam satu window. Target reservoir (ditandai dengan garis putus-putus) adalah daerah zona I yang mempunyai impedansi sampai 8000m/s.g/cc dan porositas diatas 10%.

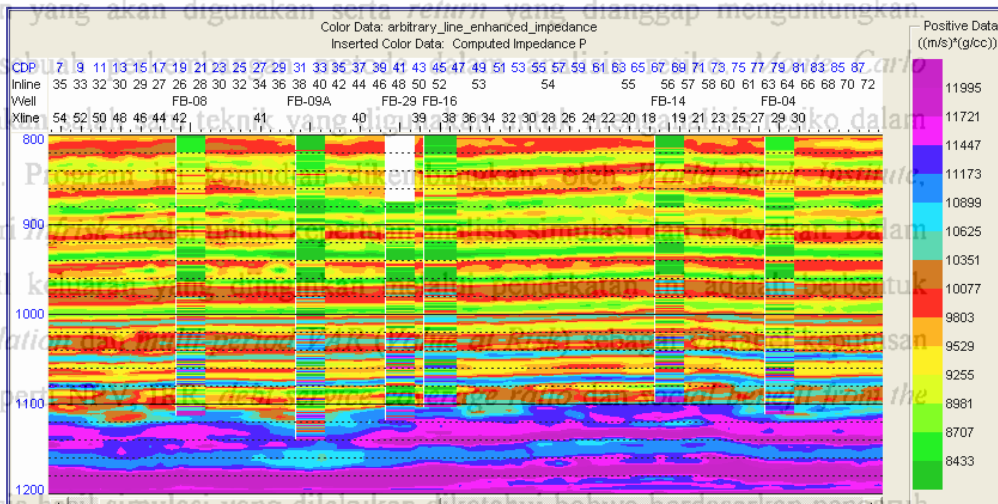
Dalam menganalisis perubahan sejarah pana pengalihan risiko, pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik.



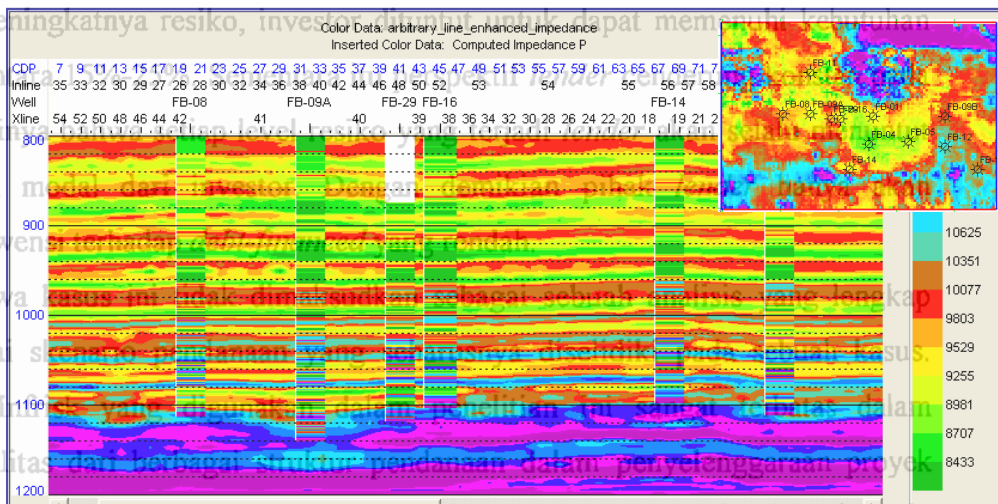
4.2. Analisa Multi-atribut

4.2.1. Meningkatkan Resolusi Volume Impedansi Akustik Hasil Inversi

Gambar 4.8. dan 4.9. menunjukkan suatu penampang melintang dari kubus impedansi akustik terprediksi yang dilakukan menggunakan analisa multi-atribut dengan memasukkan hasil inversi *model-based* sebagai atribut eksternal. Resolusi lebih tinggi dicapai menggunakan probabilistic neural network (PNN).



Gambar 4.8. Penampang arbitrary hasil peningkatan resolusi inversi impedansi akustik model-based menggunakan transformasi SWR. Inset adalah peta (slice) pada time 1060ms.



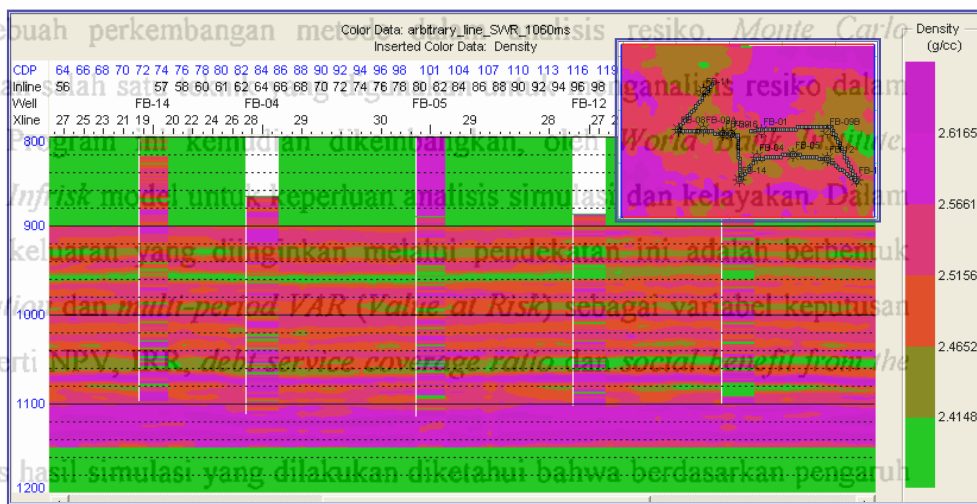
Gambar 4.9. Penampang arbitrary hasil peningkatan resolusi inversi impedansi akustik algoritma *model-based* menggunakan transformasi PNN. Inset adalah peta (slice) pada time 1060ms.

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk meminimalkan resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah suatu teknik yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. *Probabilistic simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan dalam kegiatan investasi. Penelitian ini menjadi bagian dari penelitian ini hasil *probabilistic simulation* dan *Monte Carlo simulation* untuk utama investasi seperti *project*. Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif *investor* sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko, *investor* dituntut untuk memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara level tertinggi, artinya menerima konsekuensi. Perlu dicatat bahwa mengenai berbagai simulasi. Sebab Simulasi merefleksikan realitas jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat menghasilkan hasil analisis yang lebih baik

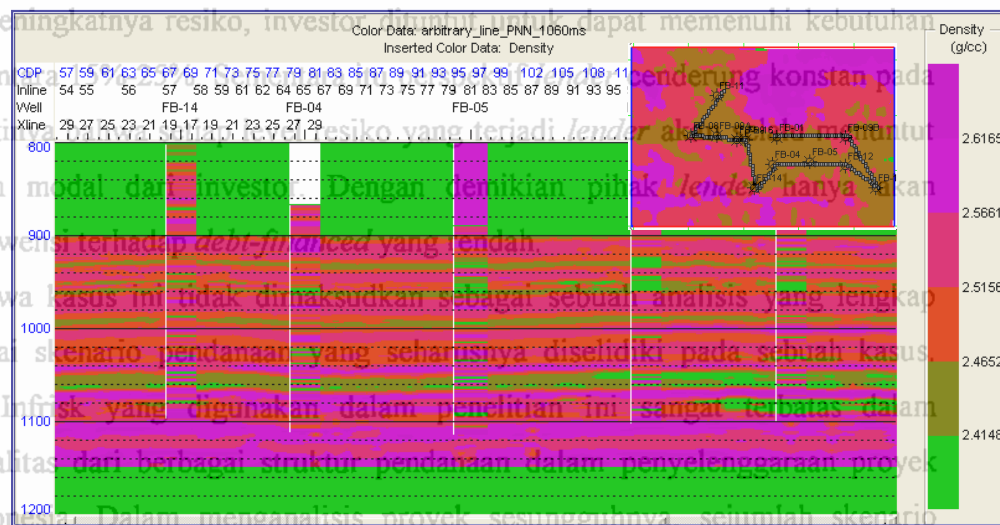


4.2.2. Prediksi Log Pseudo-Densitas

Gambar 4.10. dan 4.11. menunjukkan penampang melintang dari kubus pseudo densitas terprediksi hasil transformasi multi-atribut *step wise regression* (SWR) dan *probabilistic neural network* (PNN). Target reservoir terlihat sebagai upaya apa yang dilakukan untuk meminimalkan risiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan.



Gambar 4.10. Penampang arbitrary dari kubus densitas terprediksi menggunakan transformasi *Step Wise Regression* (SWR). Inset adalah slice pada time 1060ms. beragam

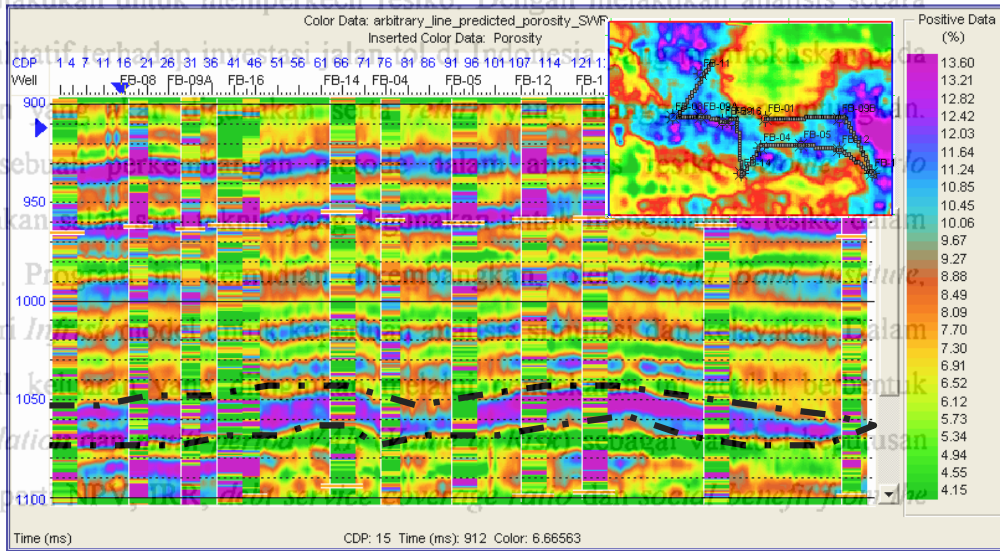


Gambar 4.11. Penampang arbitrary dari kubus densitas terprediksi menggunakan transformasi *Probabilistic Neural Network* (PNN). Inset adalah slice pada time 1060ms.

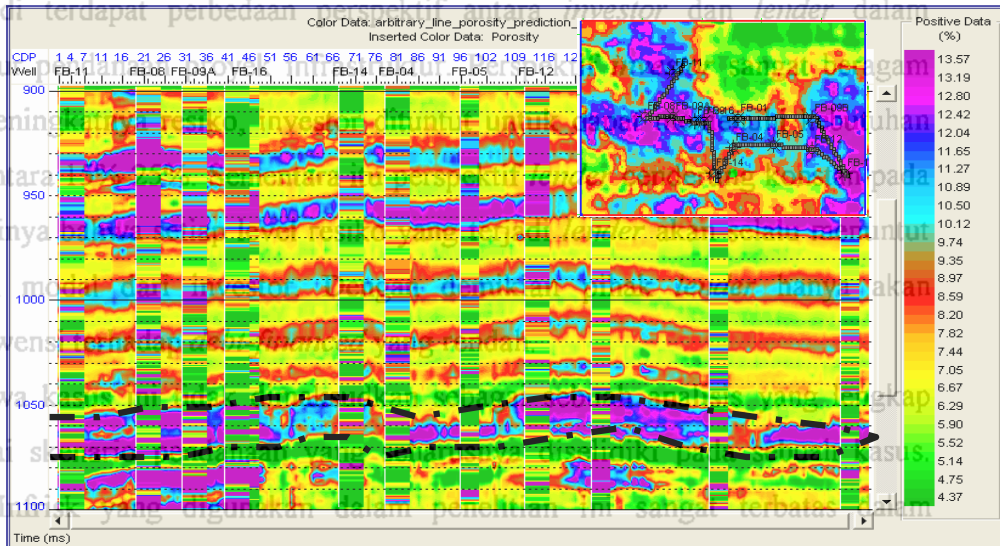
Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi.

**4.2.3. Prediksi Log Porositas**

Gambar 4.12. dan 4.13. menunjukkan penampang melintang dari kubus porositas terprediksi hasil transformasi multi-atribut *step wise regression (SWR)* dan *probabilistic neural network (PNN)*, secara berturutan.



Gambar 4.12. Penampang arbitrary dari kubus porositas terprediksi menggunakan transformasi *Step Wise Regression (SWR)*. Inset adalah slice pada time 1060ms.



Gambar 4.13. Penampang arbitrary dari kubus porositas terprediksi menggunakan transformasi *Probabilistic Neural Network (PNN)*. Inset adalah slice pada time 1060ms.

Berdasarkan analisis hasil simulasi, maka dapat disimpulkan bahwa risiko yang terjadi terdapat perbedaan signifikan antara investor dan lender dalam menentukan struktur modal. Hal ini menunjukkan bahwa risiko yang dihadapi perusahaan sejalan dengan meningkatnya nilai perusahaan. Risiko yang dihadapi perusahaan ekuitas berkisar antara 10% hingga 15%. Risiko yang dihadapi perusahaan pada level tertinggi, artinya risiko yang dihadapi perusahaan pada level tertinggi menerima konsekuensi yang signifikan. Perlu dicatat bahwa risiko yang dihadapi perusahaan yang berkaitan dengan mengenai berbagai skenario. Sebab simulasi ini menunjukkan bahwa risiko yang dihadapi perusahaan merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek pembangunan, diperlukan analisis pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik.

Dari gambar-gambar diatas reservoir target batupasir yang porous dapat dibedakan dengan baik sekali sebagai sebuah anomali porositas tinggi, ditandai dengan garis putus-putus elips pada *time* 1060ms. Resolusi lebih tinggi dicapai menggunakan transformasi PNN. Dengan korelasi sebesar 89.4% dan validasi sebesar 65.4%, maka diasumsikan bahwa volum pseudo-porositas yang dihasilkan dari transformasi ini valid untuk memprediksi penyebaran porositas pada reservoir target.

Tabel 4.1. berisi rangkuman hasil training dan validasi dari analisa multi-atribut dengan menggunakan transformasi linear *step wise regression (SWR)* dan *probabilistic neural network (PNN)* untuk memprediksi log impedansi akustik, densitas dan porositas. Penggunaan transformasi PNN selalu memberikan peningkatan keakuratan dalam prediksi ketiga log tersebut.

Tabel 4.1.

Perbandingan antara kedua transformasi dalam multi-atribut dalam prediksi volume pseudo log impedansi akustik, densitas dan porositas. Terlihat bahwa terjadi improvement dalam prediksi saat menggunakan transformasi Probabilistic Neural Network (PNN).

Prediksi	ANALISA MULTI-ATRIBUT							
	Step Wise Regression (SWR)				Probabilistic Neural Network (PNN)			
	Training	Error	Validation	Error	Training	Error	Validation	Error
Pseudo Impedansi-P	83.5	464	78.8	522	95.6	263	81.4	491
Pseudo Densitas	74.7	0.042	70.1	0.045	92.7	0.025	75.1	0.041
Pseudo Porositas	68.3	2.76	65.4	2.86	89.4	1.77	69.4	2.76

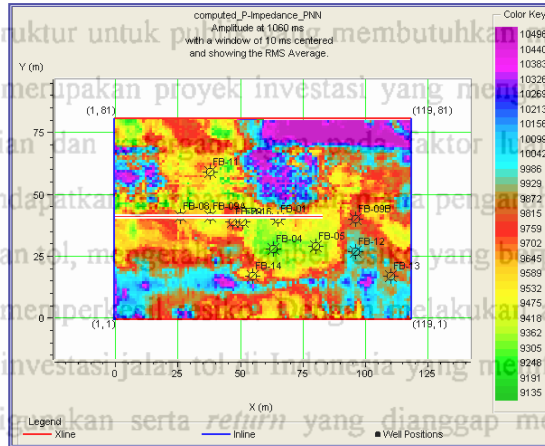
sejalan dengan meningkatnya resiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif *lender* cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi *lender* akan selalu menuntut

**4.3. Interpretasi Geologi**

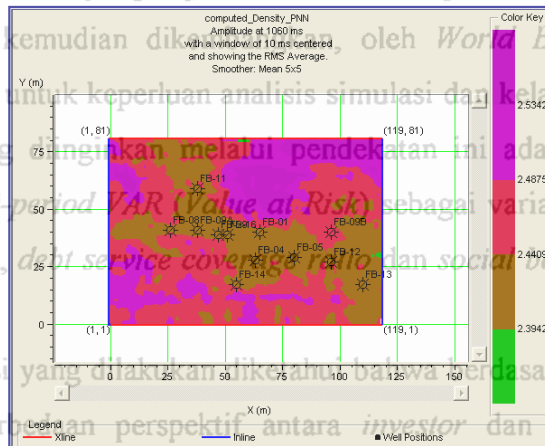
Secara keseluruhan dari penelitian ini, telah dihasilkan tiga macam peta yaitu peta impedansi akustik rata-rata, peta densitas rata-rata dan peta porositas rata-rata dari reservoir target (Gambar 4.14). Ketiga peta tersebut menunjukkan konsistensi yang cukup seragam dan delineasi yang cukup baik. Dapat diasumsikan bahwa zona reservoir target adalah suatu kanal batupasir berarah barat daya-tenggara dengan karakteristik impedansi rendah <9800m/s\*g/cc, porositas berkisar antara 10-15% dan densitas berkisar antara 2.30-2.40gr/cc pada kedalaman kurang lebih 1060ms dalam domain waktu.

Universitas Indonesia  
hasil analisis yang lebih baik

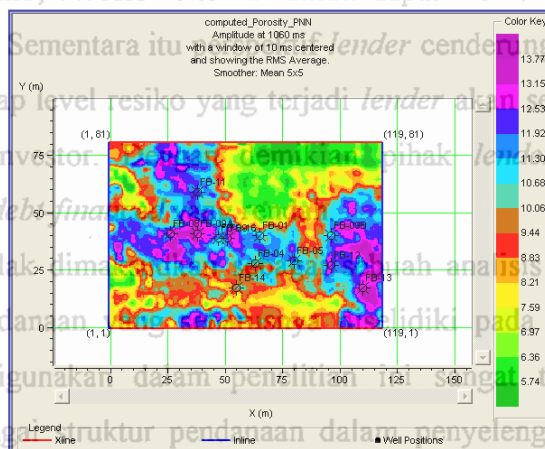




Gambar 4.14. Slice map distribusi impedansi akustik pada *time* 1060ms. Impedansi pada reservoir target berkisar 9100-9800m/s<sup>2</sup>g/cc dikelilingi oleh zona impedansi tinggi.



Gambar 4.15. Slice map distribusi densitas pada *time* 1060ms. Densitas pada reservoir target berkisar 2.40-2.50gr/cc.



Gambar 4.16. Slice map distribusi porositas pada *time* 1060ms. Porositas pada reservoir target berkisar 10-15% dikelilingi oleh zona berporositas rendah

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk perluasan ekonomi yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung risiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan kompleksitas faktor-faktor yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan informasi yang berguna untuk mengurangi risiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, serta menganalisis pengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperbaiki risiko. Analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang difokuskan pada struktur pendanaan yang akan dilakukan serta *return* yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah sebuah perkembangan dalam analisis risiko. Monte Carlo *simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis risiko dalam kegiatan investasi. Program ini kemudian dikembangkan oleh World Bank Institute, menjadi bagian dari *Infrisk* model untuk keperluan analisis simulasi dan kelayakan. Dalam penelitian ini hasil keluaran yang diinginkan melalui pendekatan ini adalah berbentuk *probabilistic simulation* dan *multi-period VAR (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti NPV, IRR, *debt service coverage ratio* dan *social benefit from the project*. Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh risiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan struktur pendanaan. Berdasarkan analisis ini, investor cenderung sejalan dengan meningkatnya risiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu, lender cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level risiko yang terjadi lender akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Demikian halnya akan menerima konsekwensi terhadap *debt financing*. Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimodelkan sebagai analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang mungkin terjadi pada sebuah kasus. Sebab Simulasi *Infrisk* yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Hasil analisis ini dapat digunakan sebagai acuan dalam pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik.



## ABSTRAK

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi.

### BAB 5 KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara

kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada

struktur pendanaan yang akan digunakan ( $\rho$  /  $\mu$ ) yang dianggap merupakan

Simulasi adalah sebuah perkembangan yang digunakan dalam analisis resiko Monte Carlo simulation merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis risiko pada

kegiatan investasi. Program ini digunakan untuk menganalisis risiko pada target reservoir sebagai zona dengan anomali impedansi rendah dan menjadi bagian dari Infrisk yang digunakan untuk menganalisis risiko pada

penelitian ini hasil keluaran yang dihasilkan adalah pendataan nilai-nilai probabilitas simulation dan nilai risiko ( $\rho$  /  $\mu$ ) sebagai variabel keputusan

utama investasi seperti NPV, IRR, debt service coverage ratio dan social benefit from the project.

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh

resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif investor sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan

ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif lender cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi lender akan selalu menuntut

tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak lender hanya akan menerima konsekwensi terhadap debt financed yang rendah.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus.

Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan

dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik

## ABSTRAK

### DAFTAR ACUAN

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. Program ini kemudian dikembangkan, oleh *World Bank Institute*, menjadi bagian dari *Infrisk* model untuk keperluan analisis simulasi dan kelayakan. Dalam penelitian ini hasil simulasi yang dilakukan menggunakan *Value at Risk (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti NPV, IRR, *debt service coverage ratio* dan *social benefit from the project*.

Badley, M.E., 1985, *Practical Seismic Interpretation*, Prentice Hall.

Branches, Rafael E. dkk, 2002, *Seismic Attributes to Pseudo-well-log Volume Using Neural Networks: Practical Considerations*, *The Leading Edge*, Vol. 21, No. 10, p. 996-1001.

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.

Harsono, A., 1997, *Evaluasi Formasi dan Aplikasi Log*, Schlumberger Oilfield Service, Edisi ke-8, Jakarta.

Russel, B., Hampson, D., Schuelke, J., and Qurein, J., 1997, *Multi-attribute Seismic Analysis*, *The Leading Edge*, Vol. 16, p. 1439-1443.

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.

Sukmono, Sigit., 2002, *Seismic Inversion for Reservoir Characterization*

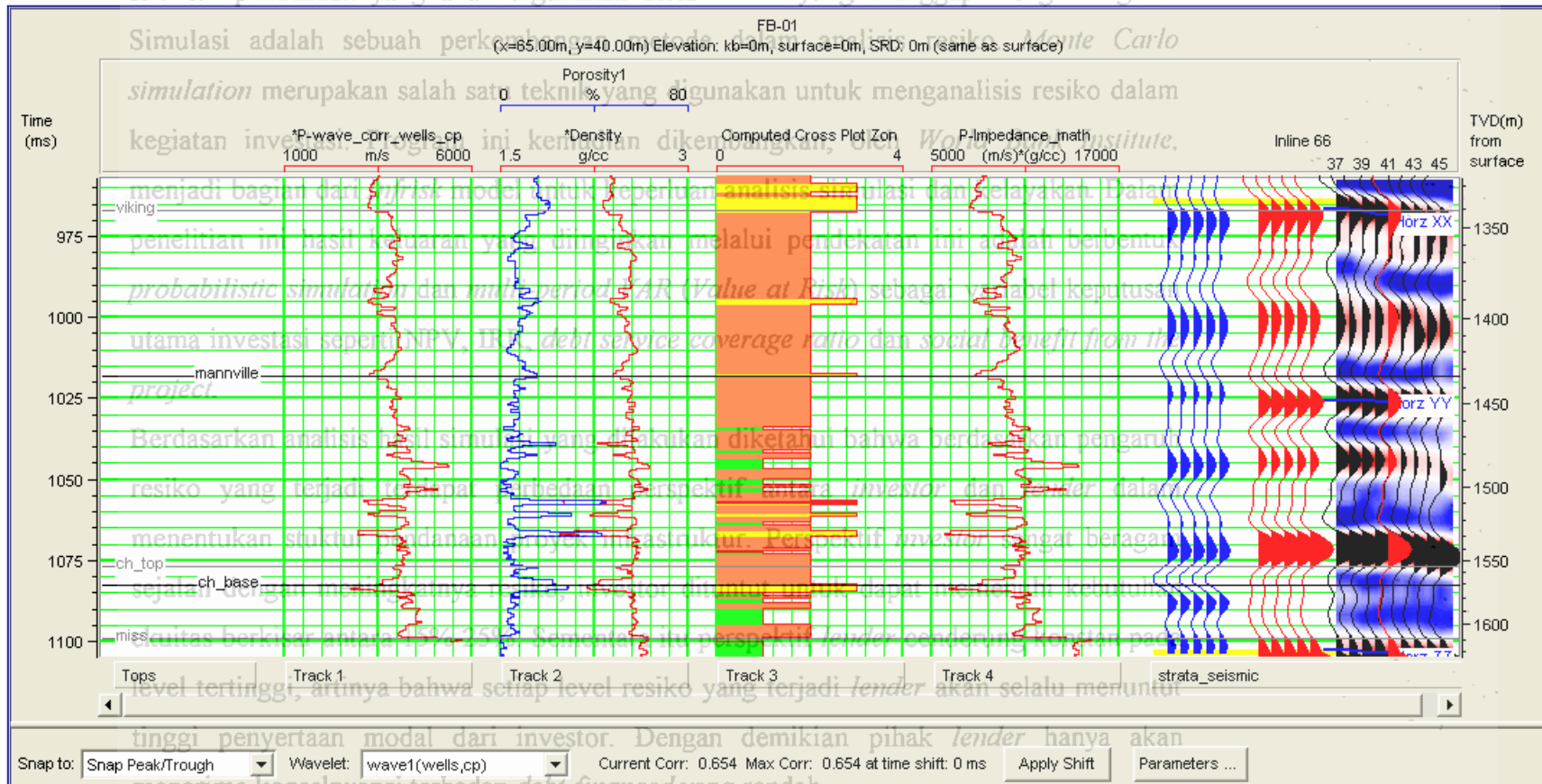
Todorov, T., 2000, *Integration of 3C-3D Seismik Data and Well Logs for Rock Property Estimation: The CREWES Project Research Report*, 10.

Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terdapat perbedaan perspektif antara *investor* dan *lender* dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif *investor* sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko, *investor* dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif *lender* cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi *lender* akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari *investor*. Dengan demikian pihak *lender* hanya akan menerima konsekuensi terhadap *debt-financed* yang rendah.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi *Infrisk* yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan dalam contoh kasus ini serta dengan penggunaan alat bantu yang tepat dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik.

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan.

### Lampiran A. Well Seismic-Tie

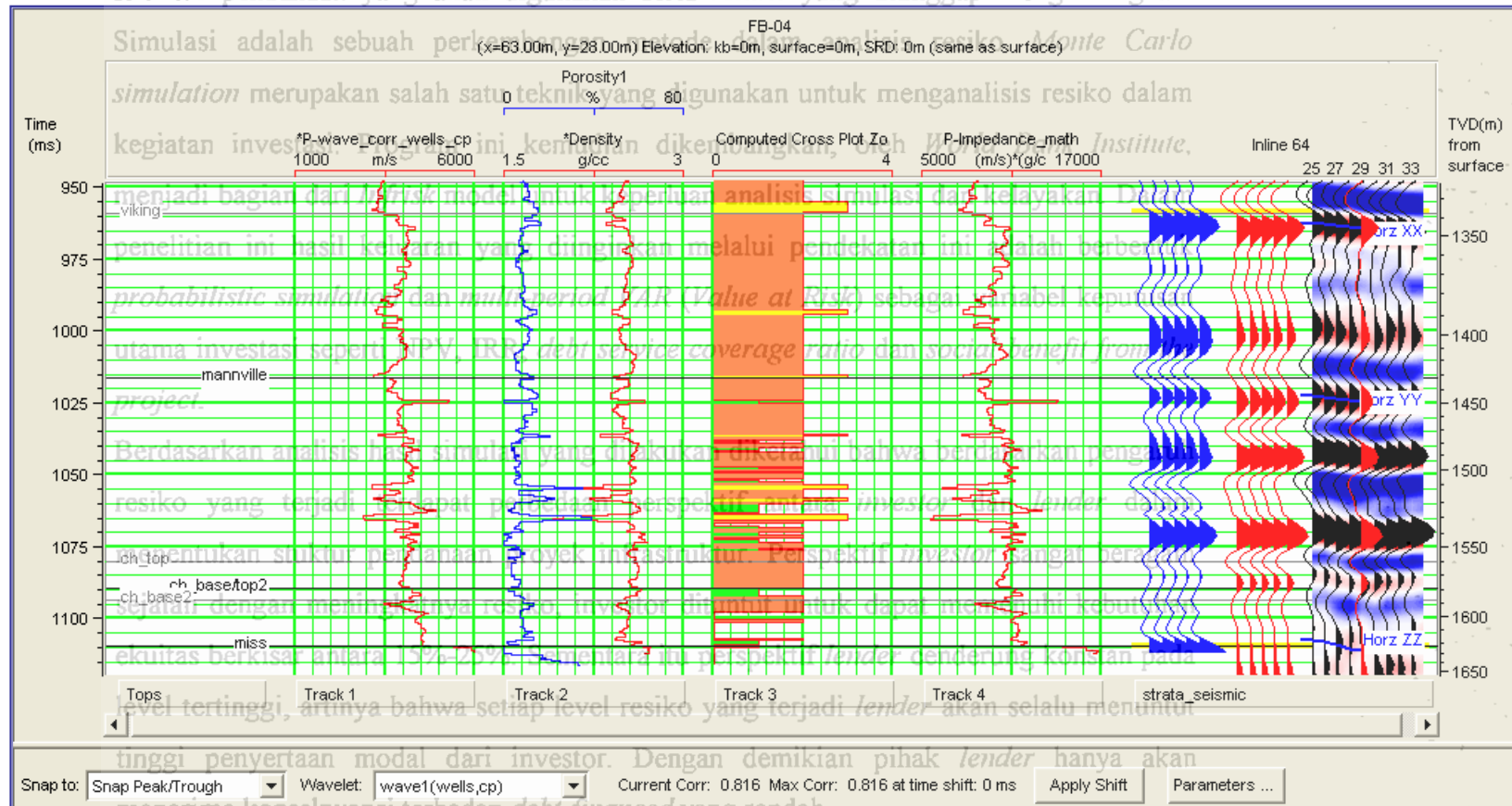


Gambar A-01. Pengikatan sumur FB-01, korelasi 0.654.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung risiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh risiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel risiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil risiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan.

### Lampiran A. Well Seismic-Tie



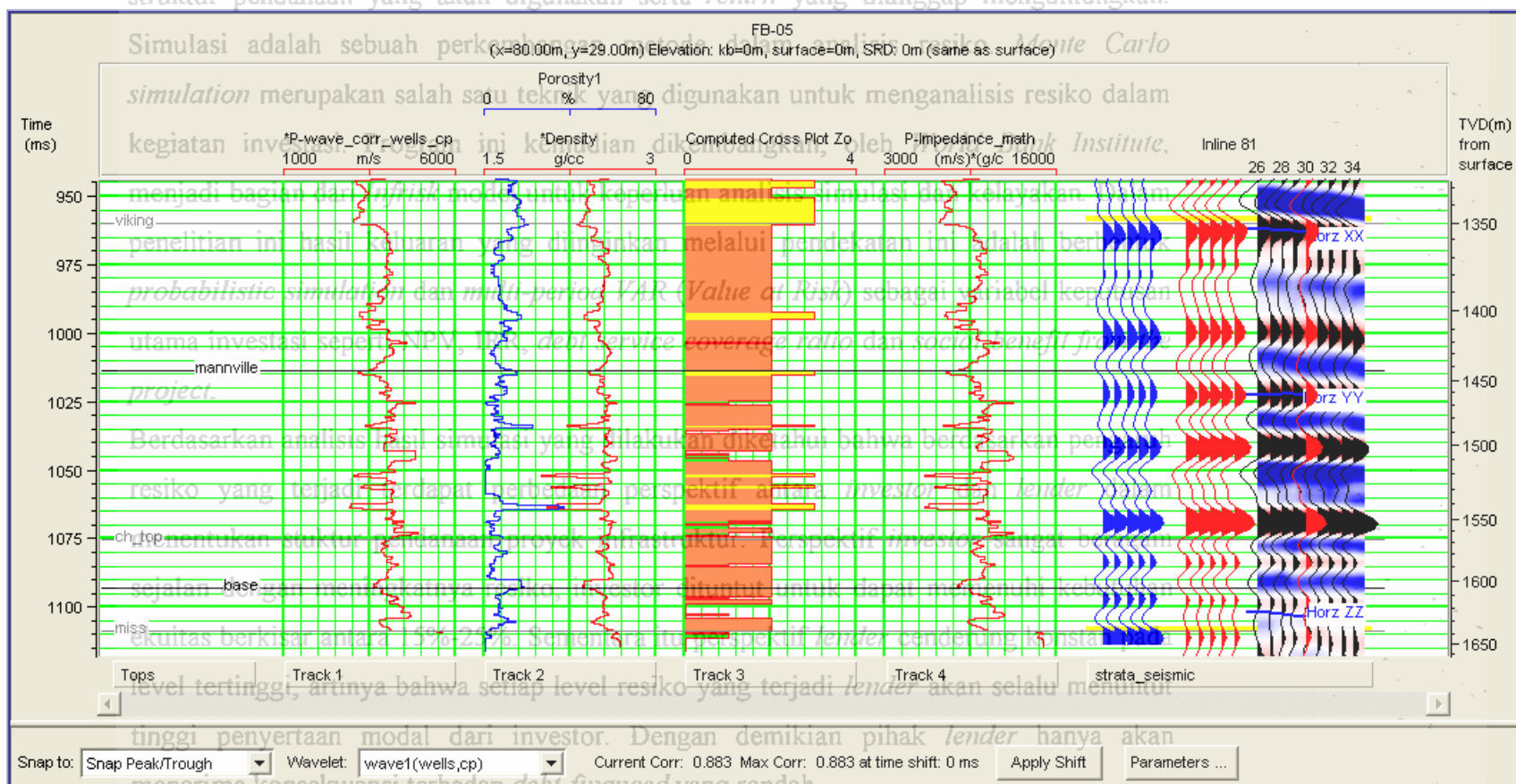
Gambar A-02. Pengikatan sumur FB-04, korelasi 0.816.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan



Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung risiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh risiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel risiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil risiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan.

### Lampiran A. Well Seismic-Tie

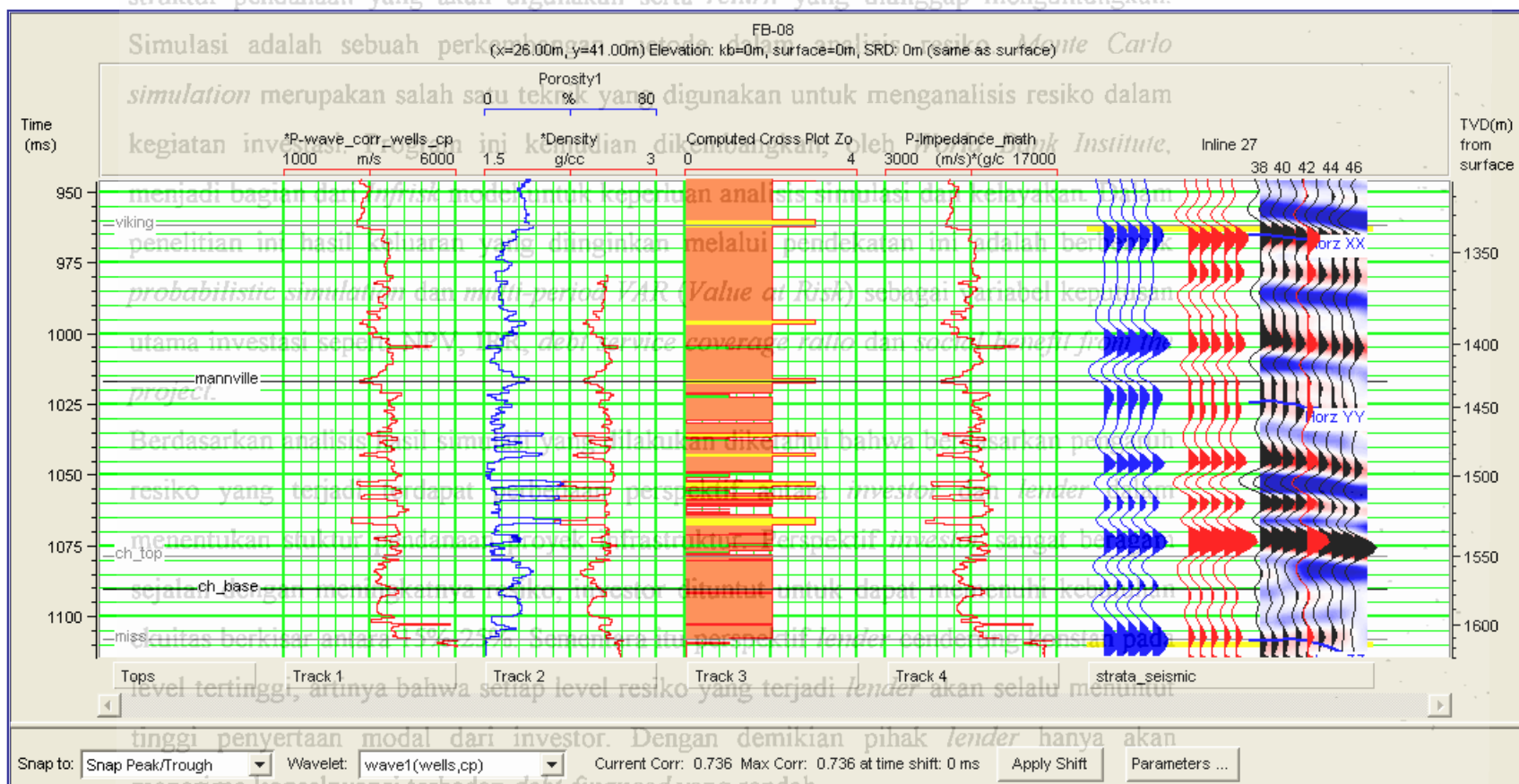


Gambar A-03. Pengikatan sumur FB-05, korelasi 0.883.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung risiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh risiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel risiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil risiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan.

### Lampiran A. Well Seismic-Tie

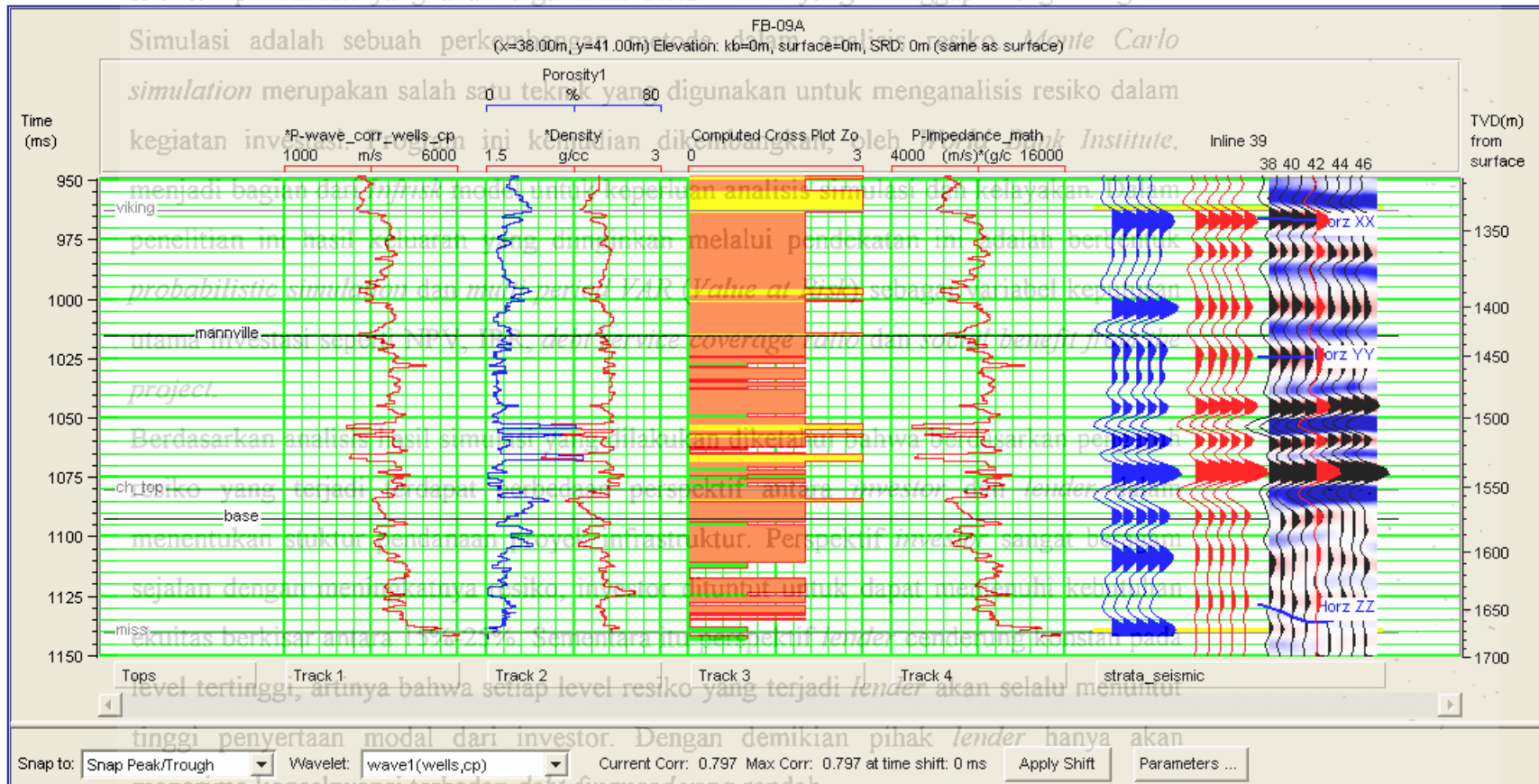


Gambar A-04. Pengikatan sumur FB-08, korelasi 0.736.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan

Jalan tol merupakan salah satu sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung risiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh risiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel risiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil risiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan.

### Lampiran A. Well Seismic-Tie



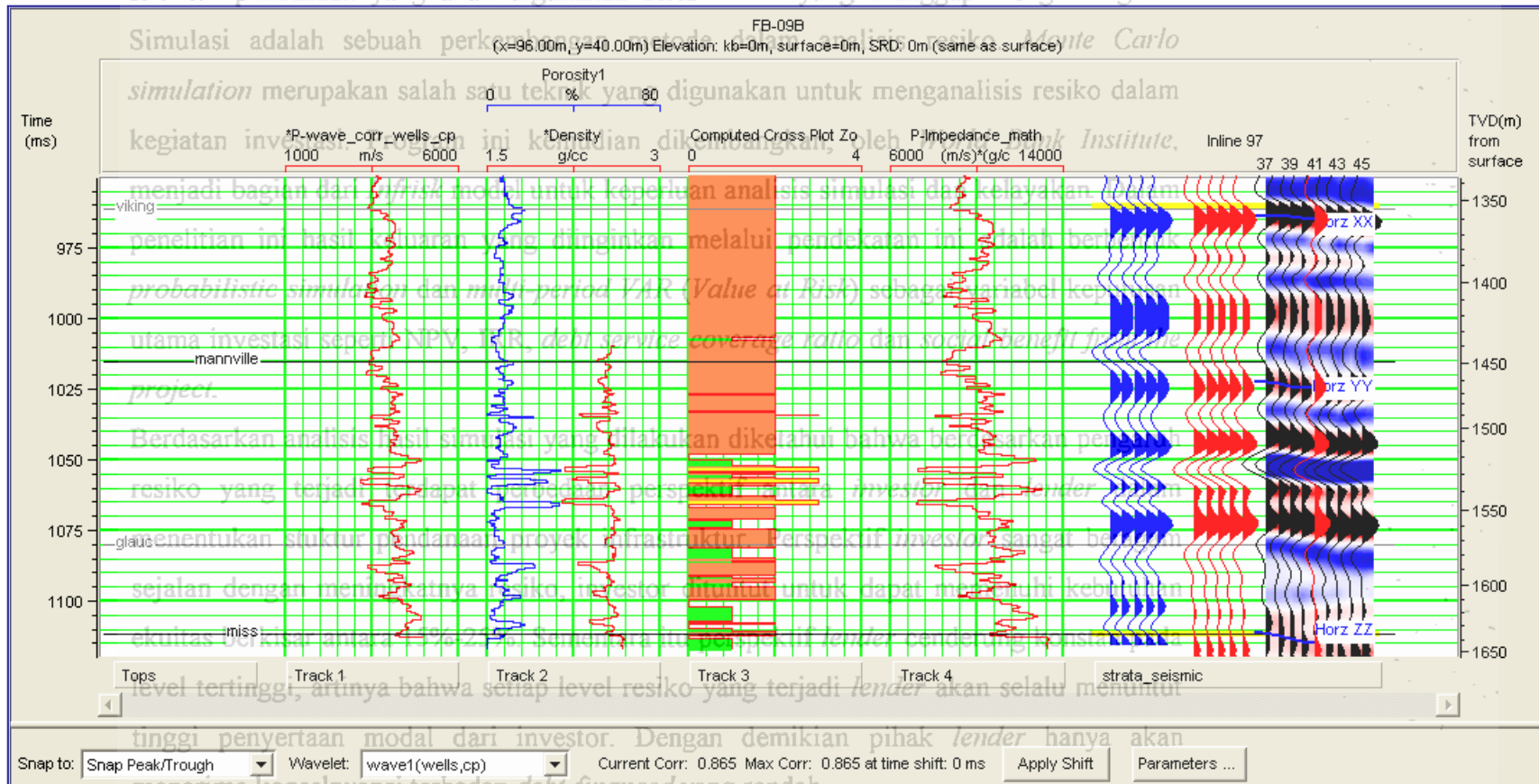
Gambar A-05. Pengikatan sumur FB-09A, korelasi 0.797.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan



Jalan tol merupakan salah satu sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan.

### Lampiran A. Well Seismic-Tie



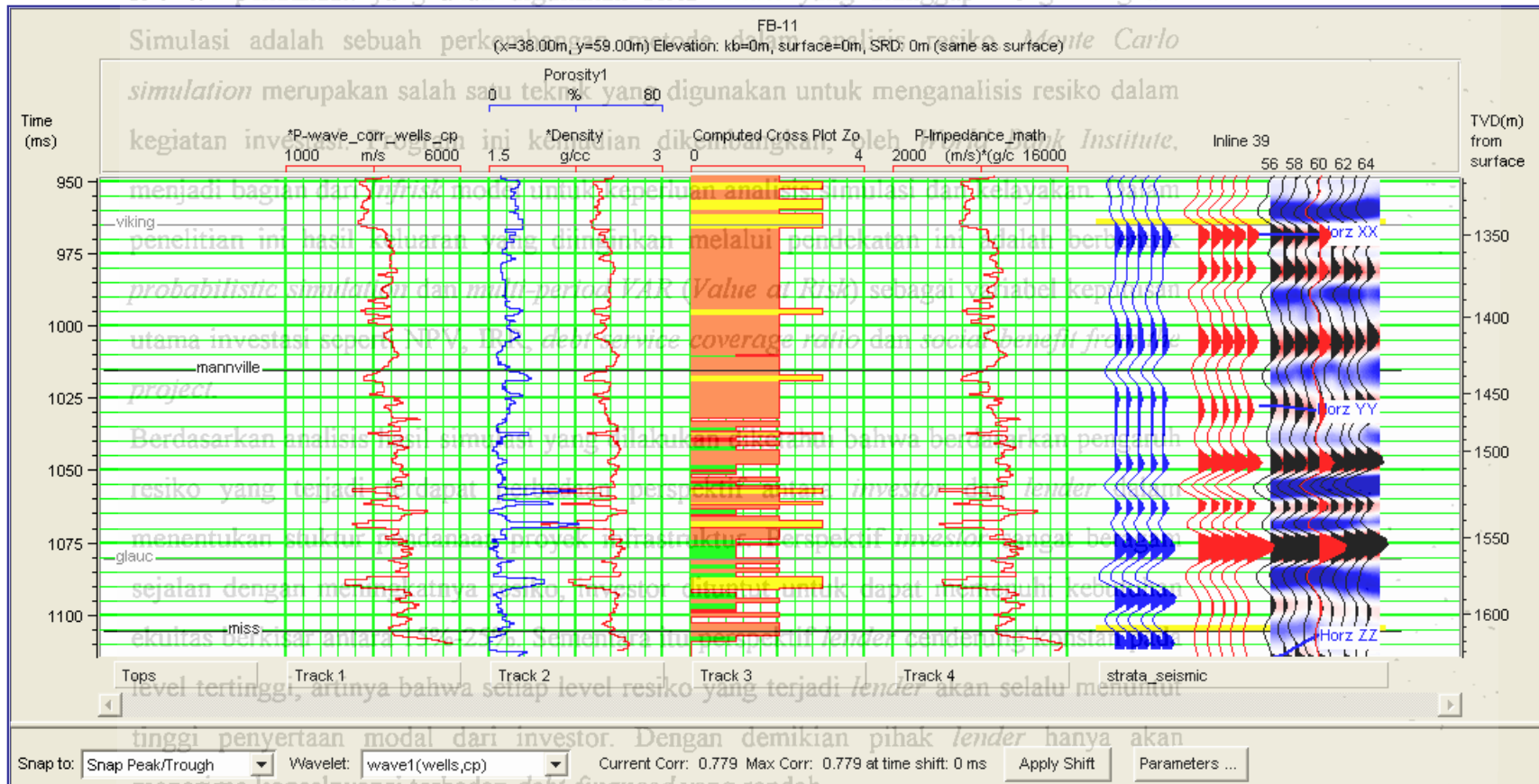
Gambar A-06. Pengikatan sumur FB-09B, korelasi 0.865.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan



Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan.

### Lampiran A. Well Seismic-Tie

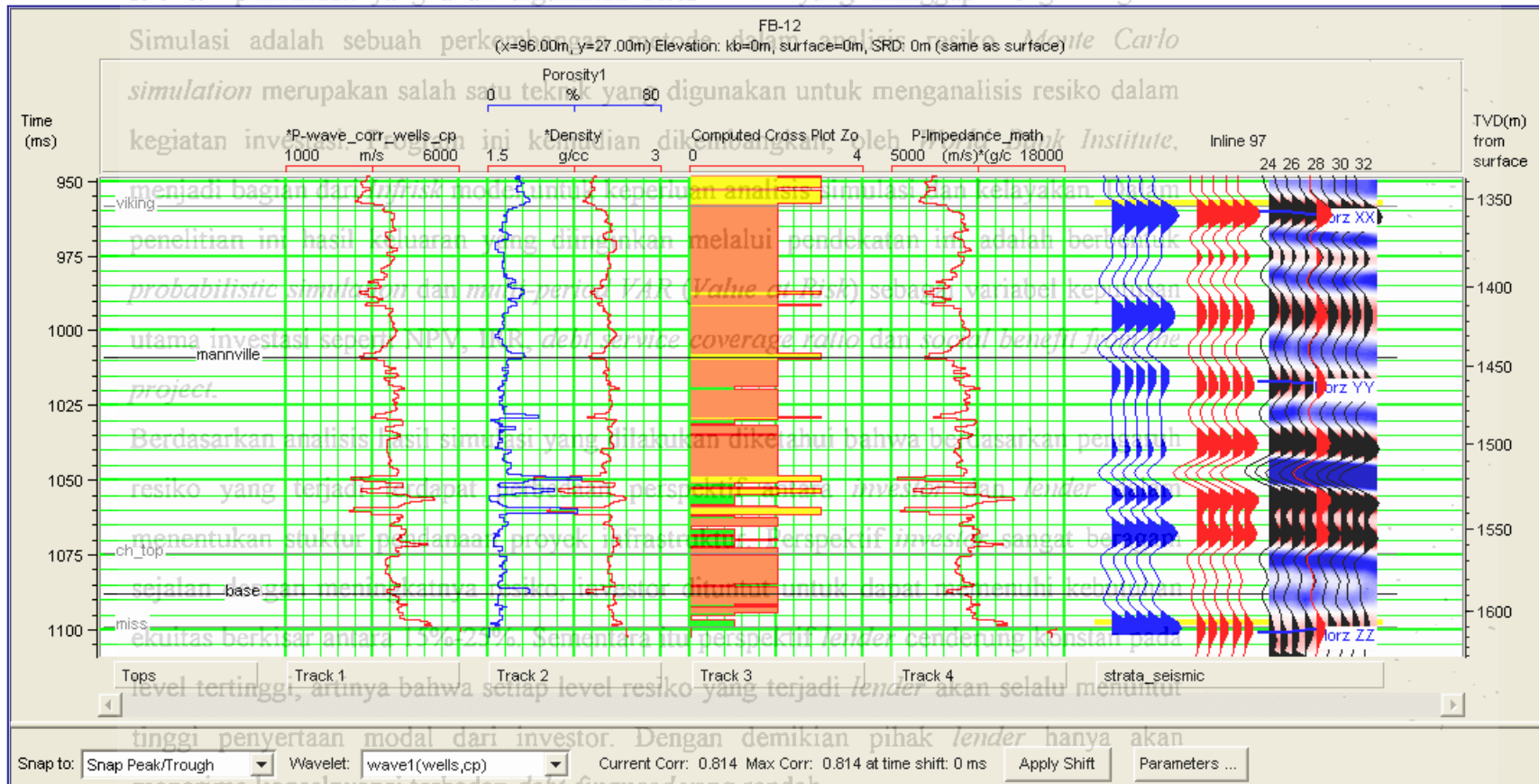


Gambar A-07. Pengikatan sumur FB-11, korelasi 0797.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung risiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh risiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel risiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil risiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan.

### Lampiran A. Well Seismic-Tie

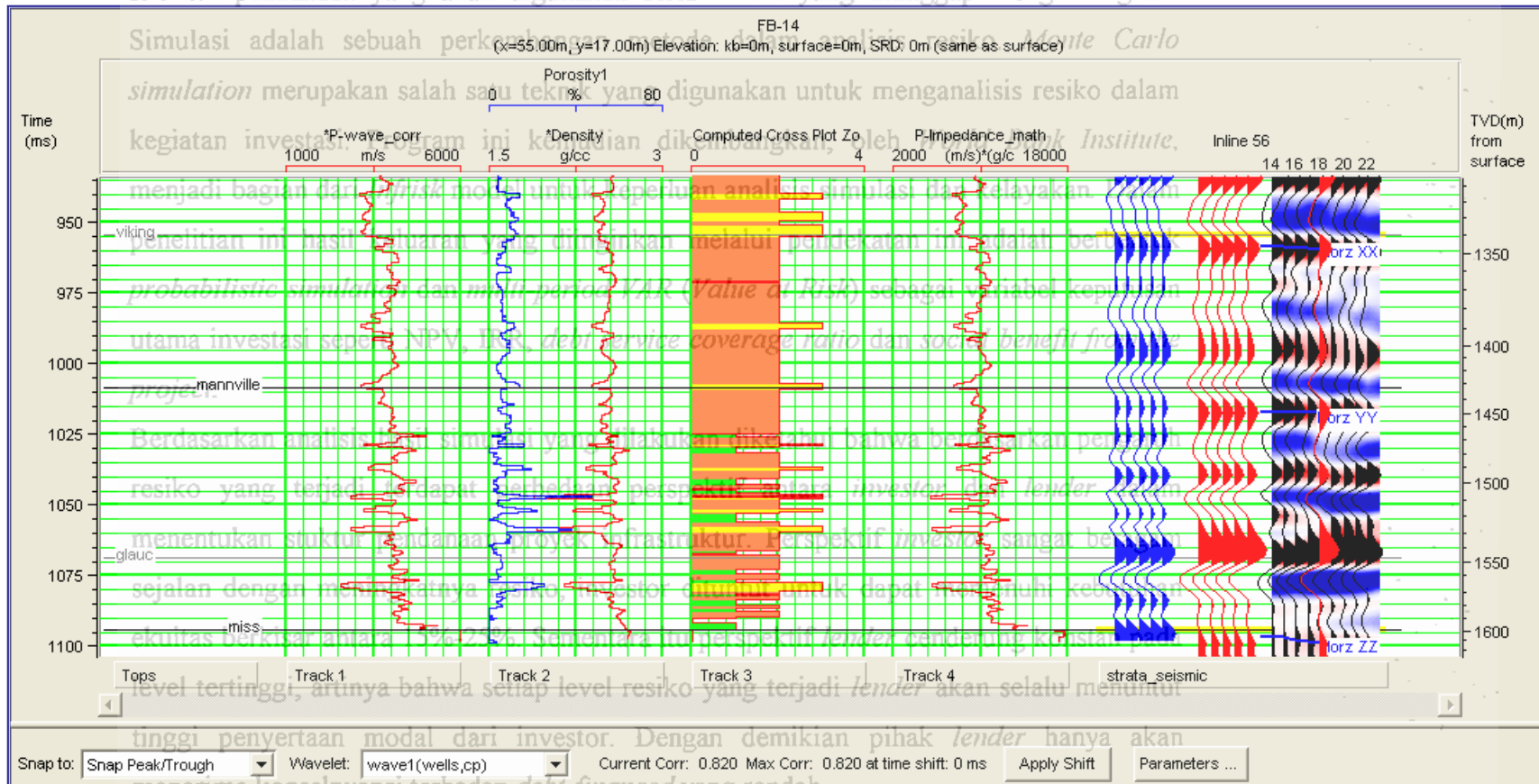


Gambar A-08. Pengikatan sumur FB-12, korelasi 0.814.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan

Jalan tol merupakan sarana transportasi untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan.

### Lampiran A. Well Seismic-Tie

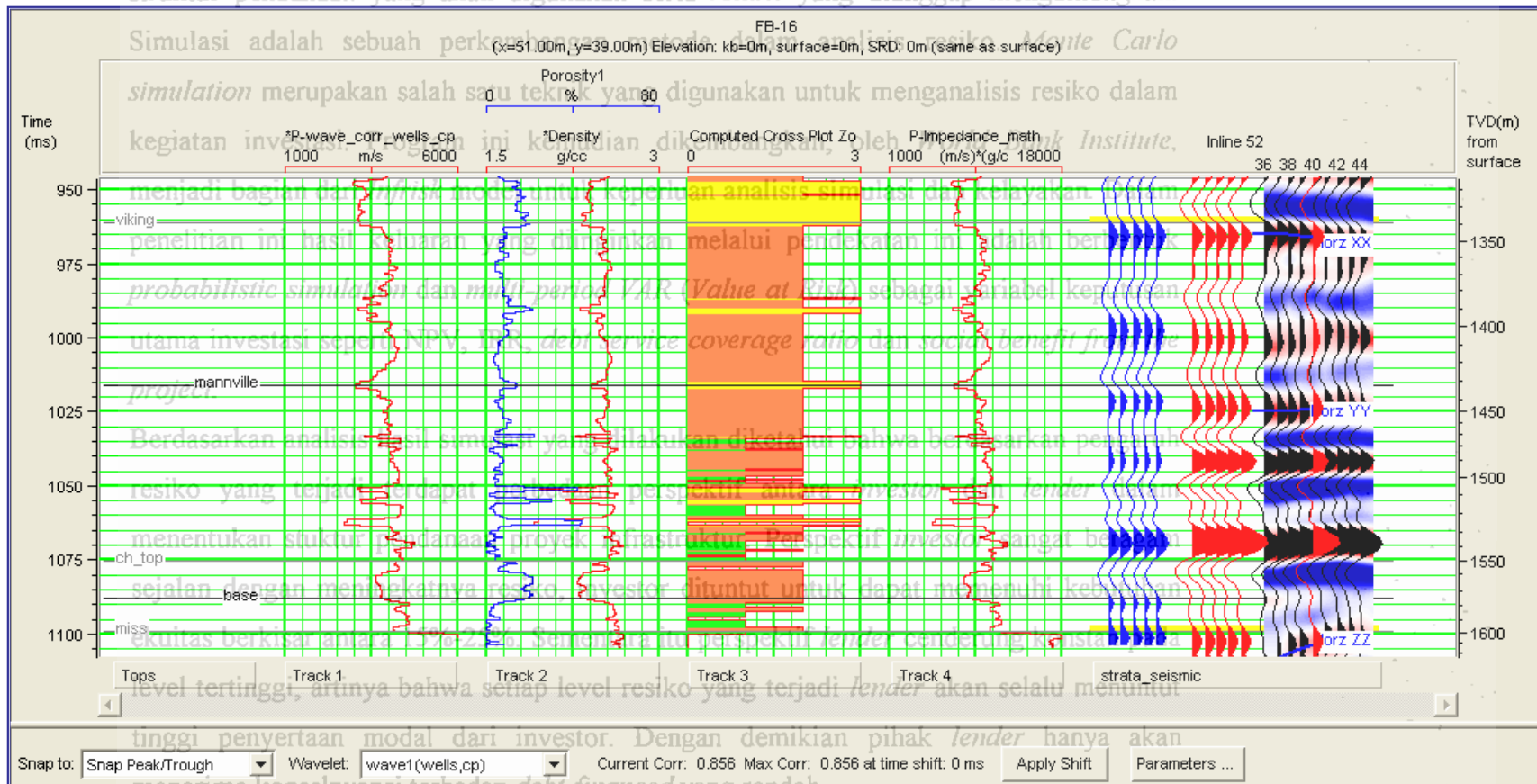


Gambar A-10. Pengikatan sumur FB-14, korelasi 0.820.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung risiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh risiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel risiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil risiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan.

### Lampiran A. Well Seismic-Tie



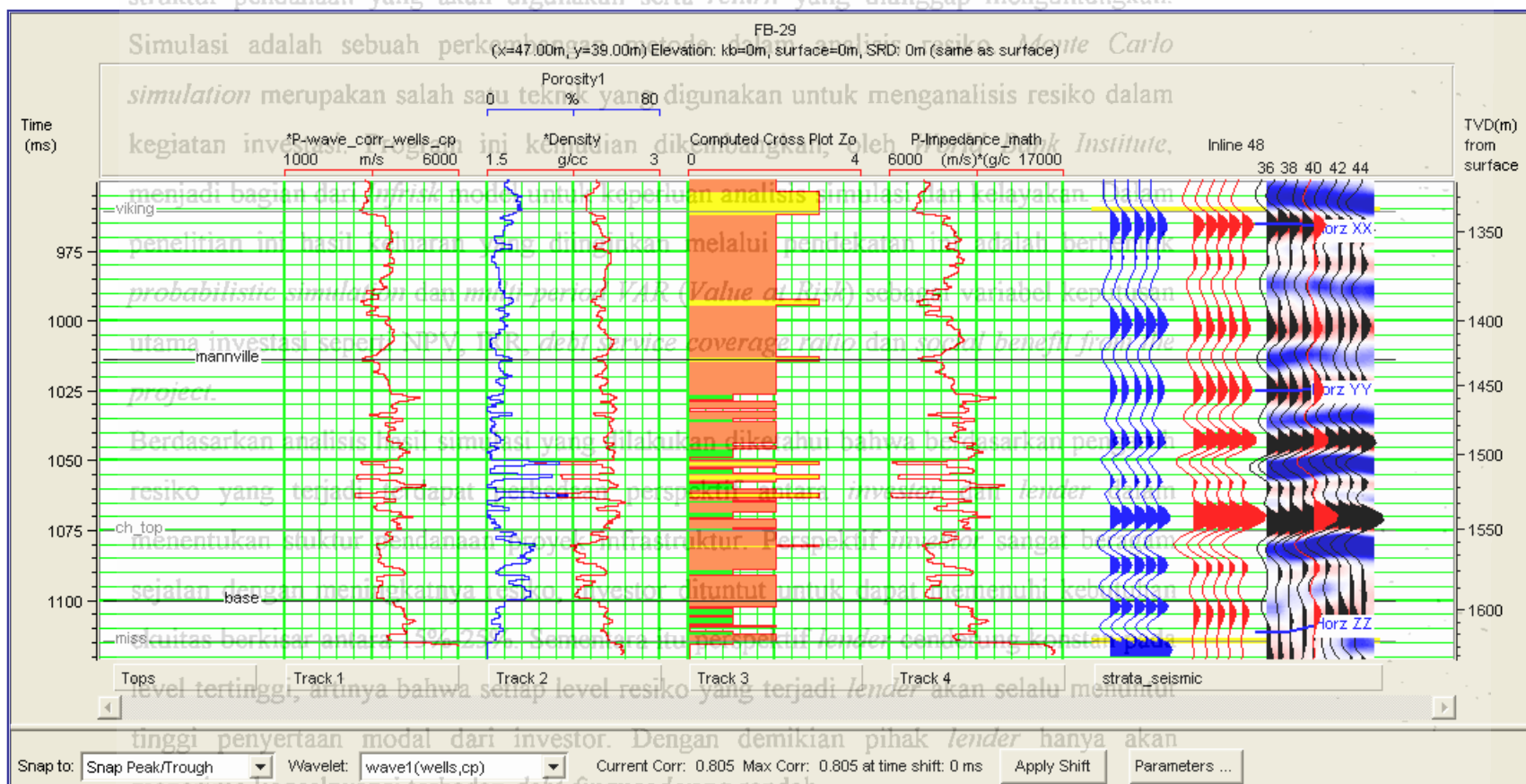
Gambar A-11. Pengikatan sumur FB-16, korelasi 0.856.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan



Jalan tol merupakan salah satu sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan.

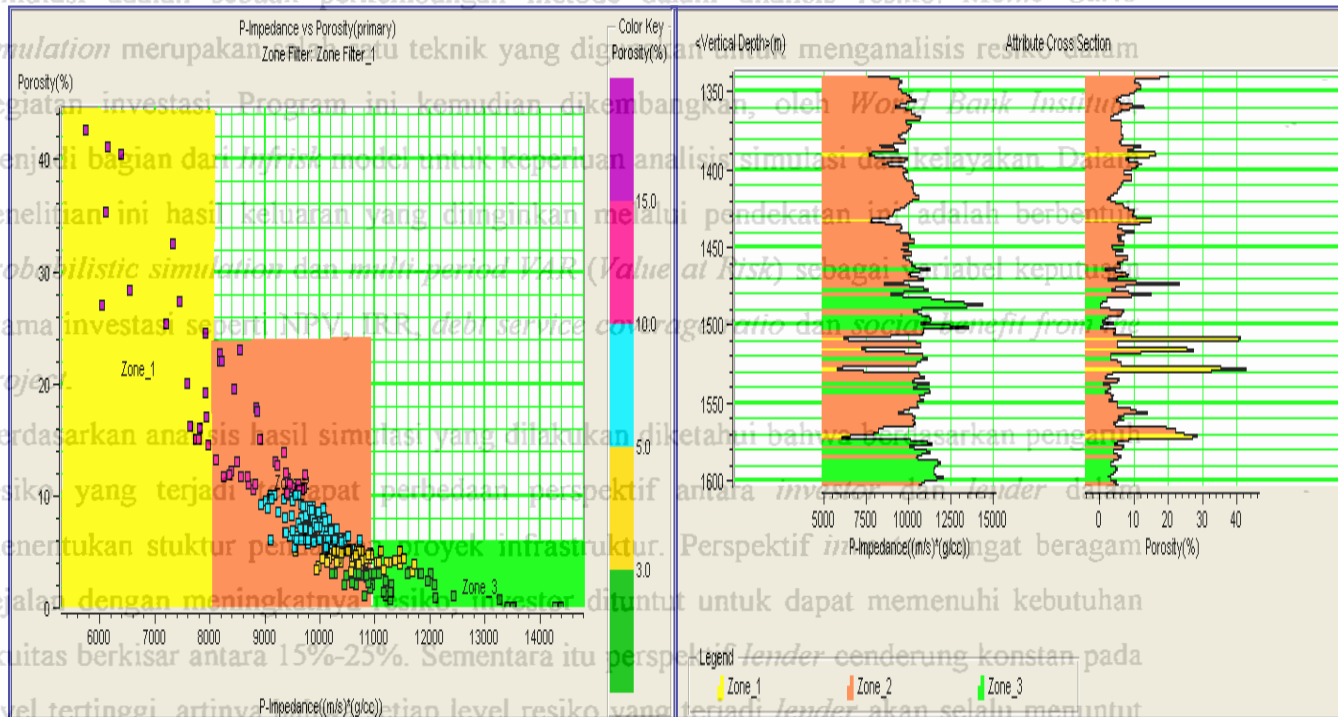
### Lampiran A. Well Seismic-Tie



Gambar A-12. Pengikatan sumur FB-29, korelasi 0.805.

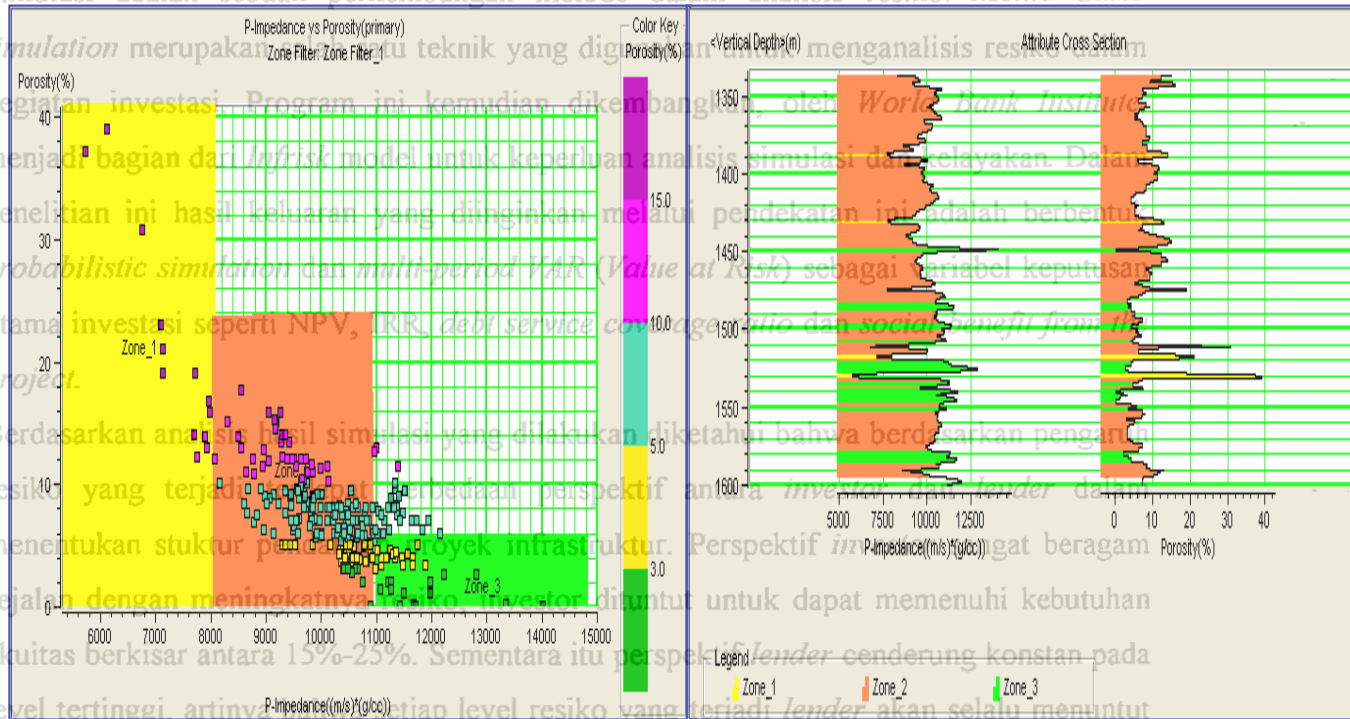
Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan

**Lampiran B. Analisa Sensitivitas – Log Impedansi-P v's Log Porosity**



Gambar B-1. Log impedansi akustik v's log porosity, sumur FB-01.

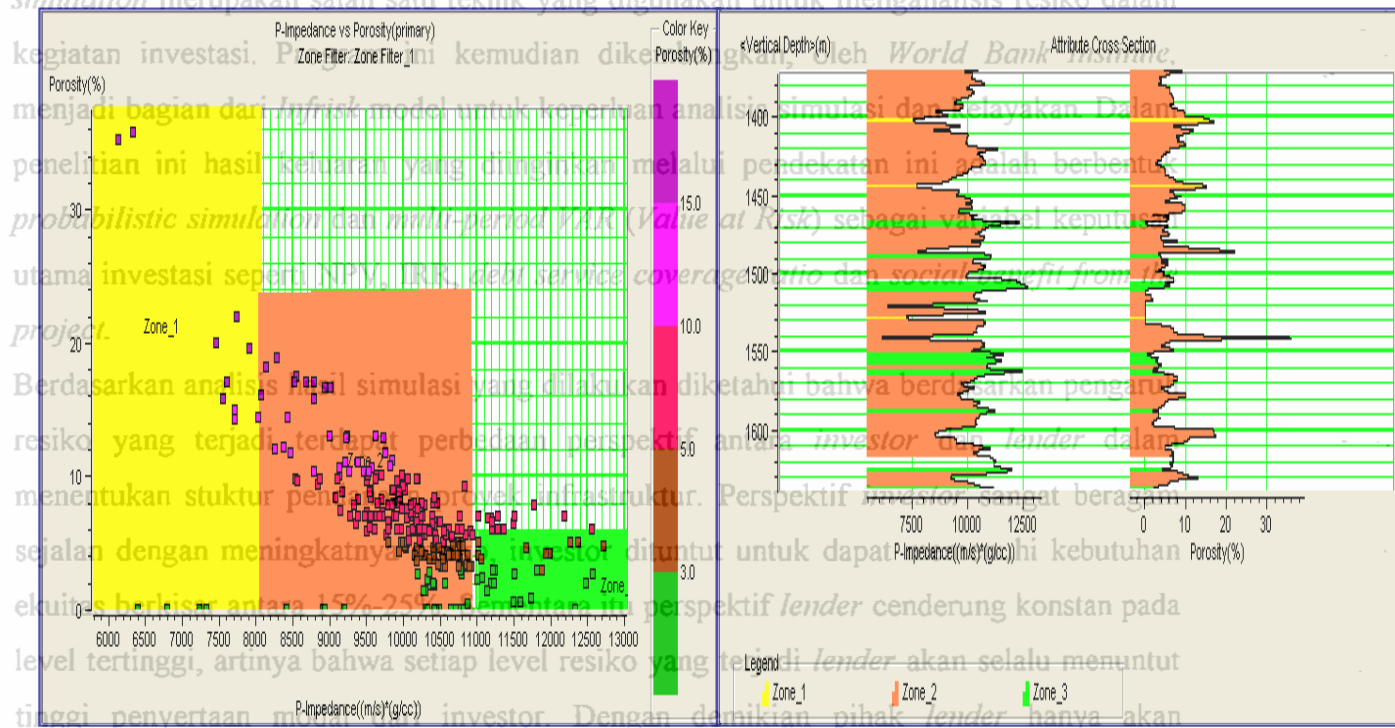
**Lampiran B. Analisa Sensitivitas – Log Impedansi-P v’s Log Porosity**



Gambar B-2. Log impedansi akustik v’s log porosity, sumur FB-04.

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membuat modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. Penelitian ini kemudian dikembangkan oleh World Bank Institute, menjadi bagian dari Infrisk model untuk keperluan analisis simulasi dan menyajikan Dalam penelitian ini hasil penelitian yang diinginkan melalui pendekatan ini adalah berbentuk *probabilistic simulation* dan *multi-period VAK (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti *NPM, IRR, debt service coverage ratio* dan *social benefit from the project*.

**Lampiran B. Analisa Sensitivitas – Log Impedansi-P v’s Log Porosity**



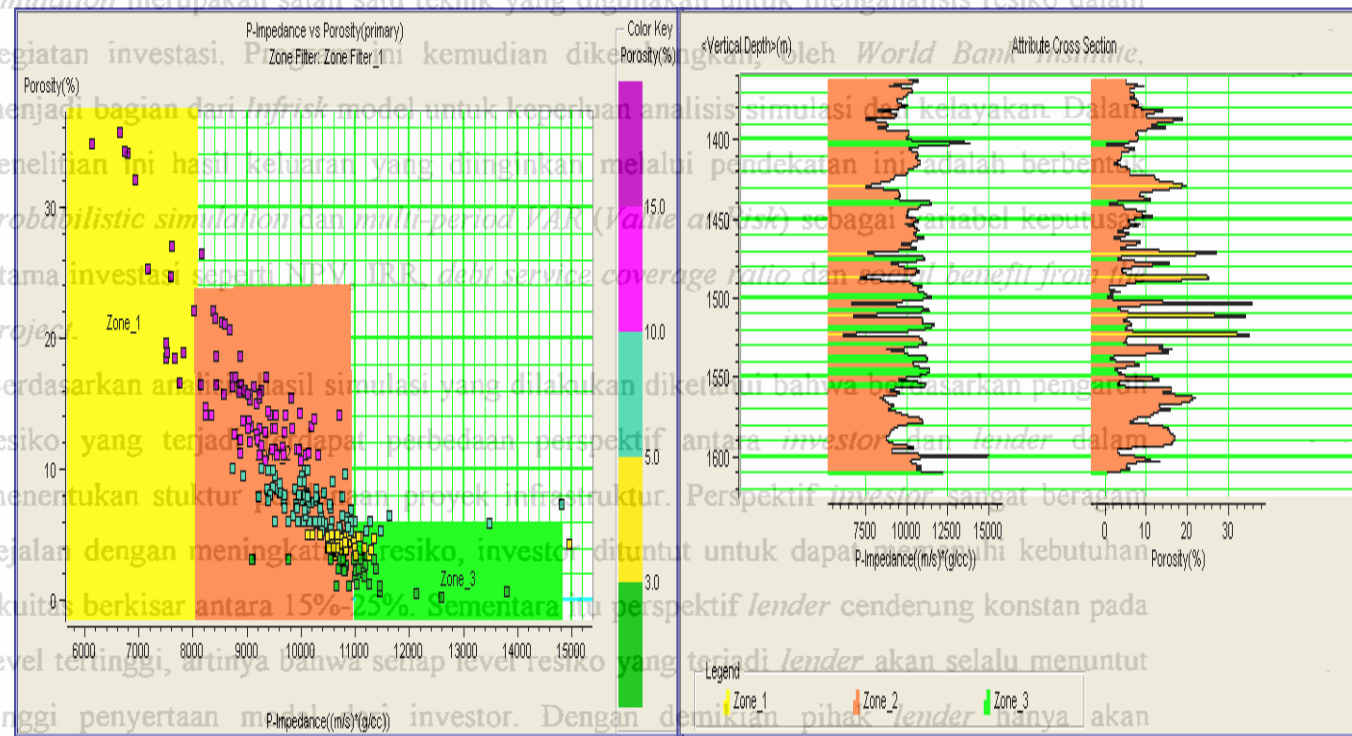
Gambar B-3. Log impedansi akustik v’s log porosity, sumur FB-05.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan



Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. *Prinsip* ini kemudian dikembangkan oleh *World Bank Institute*, menjadi bagian dari *Infrisk* model untuk keperluan analisis simulasi dan kelayakan. Dalam penelitian ini hasil kebaruan yang diinginkan melalui pendekatan ini adalah berbentuk *probabilistic simulation* dan *multi-period VAA (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti NPV, IRR, *debt service coverage ratio* dan *total benefit from the project*. Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi dapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif investor sangat beragam sejalan dengan meningkatnya resiko, investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif lender cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi lender akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal dari investor. Dengan demikian pihak lender hanya akan menerima konsekuensi terhadap resiko yang terjadi.

**Lampiran B. Analisa Sensitivitas – Log Impedansi-P v's Log Porosity**

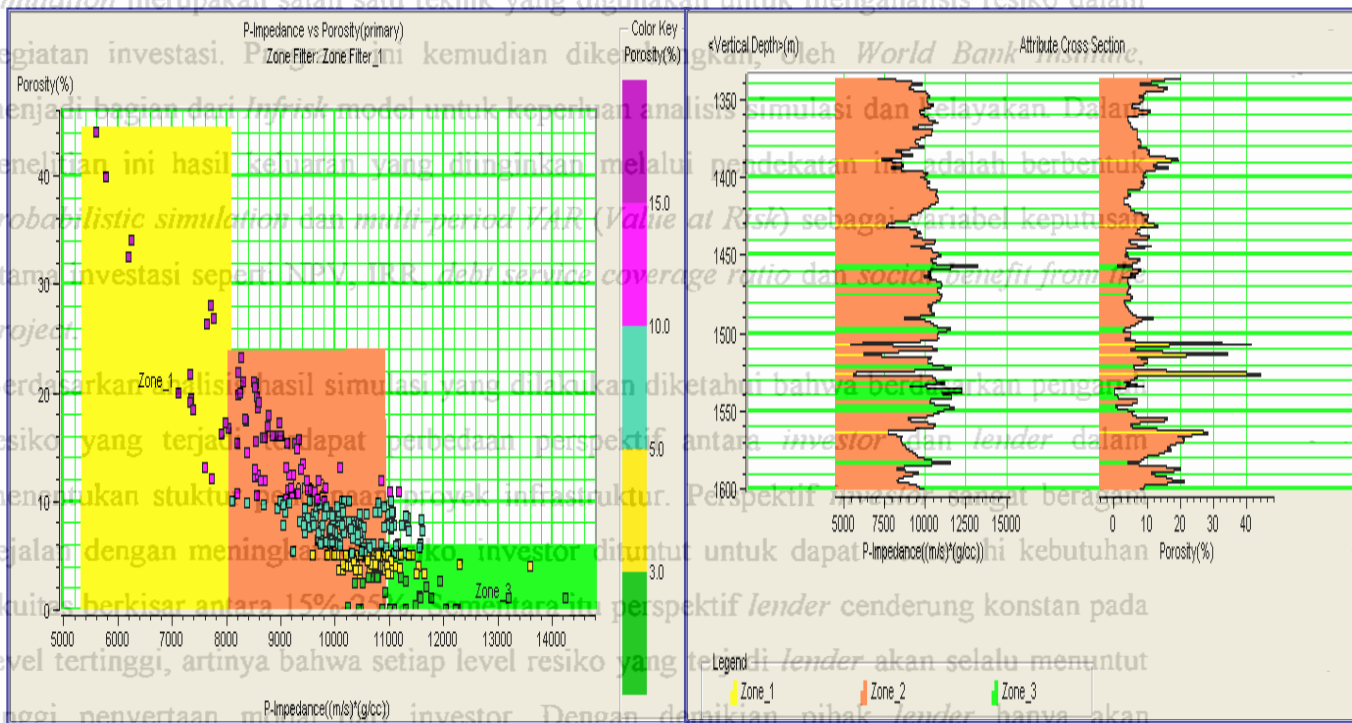


Gambar B-4. Log impedansi akustik v's log porosity, sumur FB-08.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan

Jalan tol merupakan salah satu sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan. Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. *P*-impedansi kemudian dikenal sebagai *Vertical Depth* oleh *World Bank Institute*. *Monte Carlo simulation* dan *log likelihood model* untuk keperluan analisis simulasi dan layak. Dalam penelitian ini hasil kebaruan yang digunakan melalui pendekatan ini adalah berbentuk *probabilistic simulation* dan *multi-period VaR (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan investasi seperti NPV, IRR, *break service coverage ratio* dan *social benefit from project*. Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi dapat perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan struktur pendanaan proyek infrastruktur. Perspektif investor dituntut untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15% - 20% sementara perspektif lender cenderung konstan pada level tertinggi, artinya bahwa setiap level resiko yang terjadi lender akan selalu menuntut tinggi penyertaan modal investor. Dengan demikian pihak lender hanya akan menerima konsekwensi terhadap *debt-financed* yang rendah.

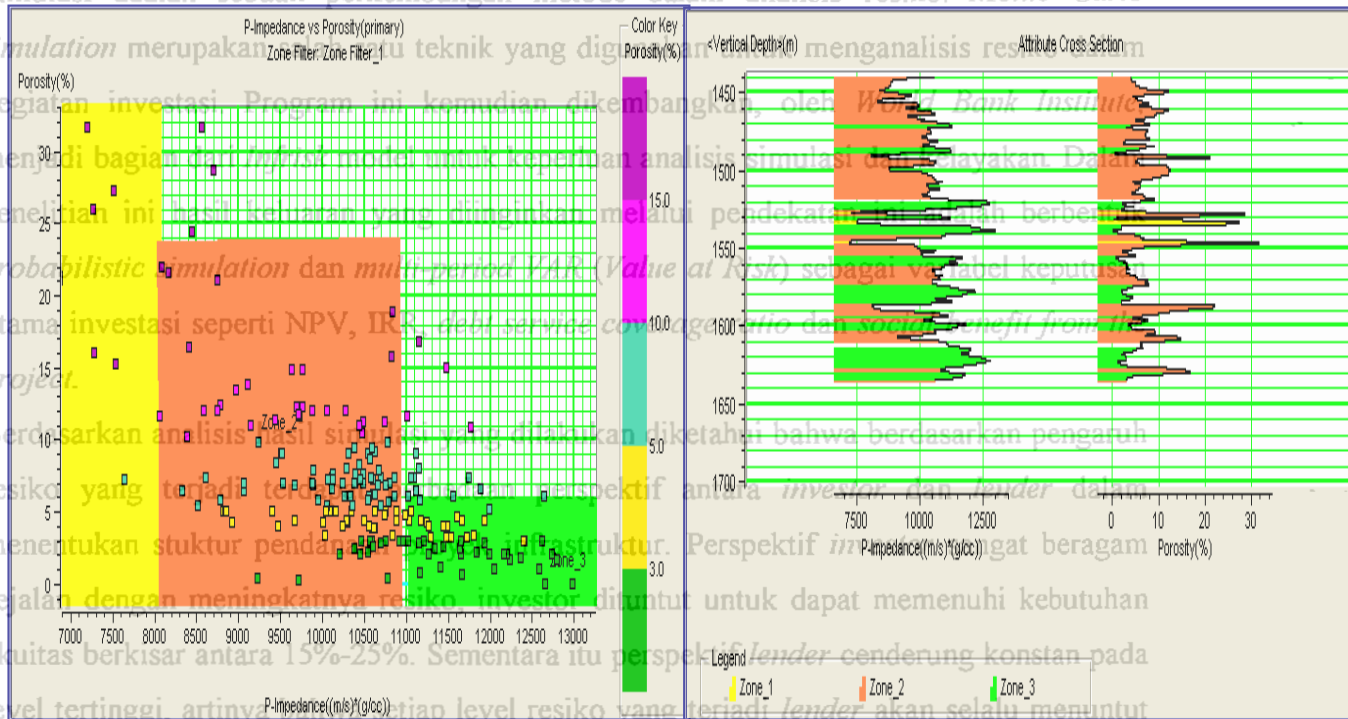
**Lampiran B. Analisa Sensitivitas – Log Impedansi-P v’s Log Porosity**



Gambar B-5. Log impedansi akustik v’s log porosity, sumur FB-09A.

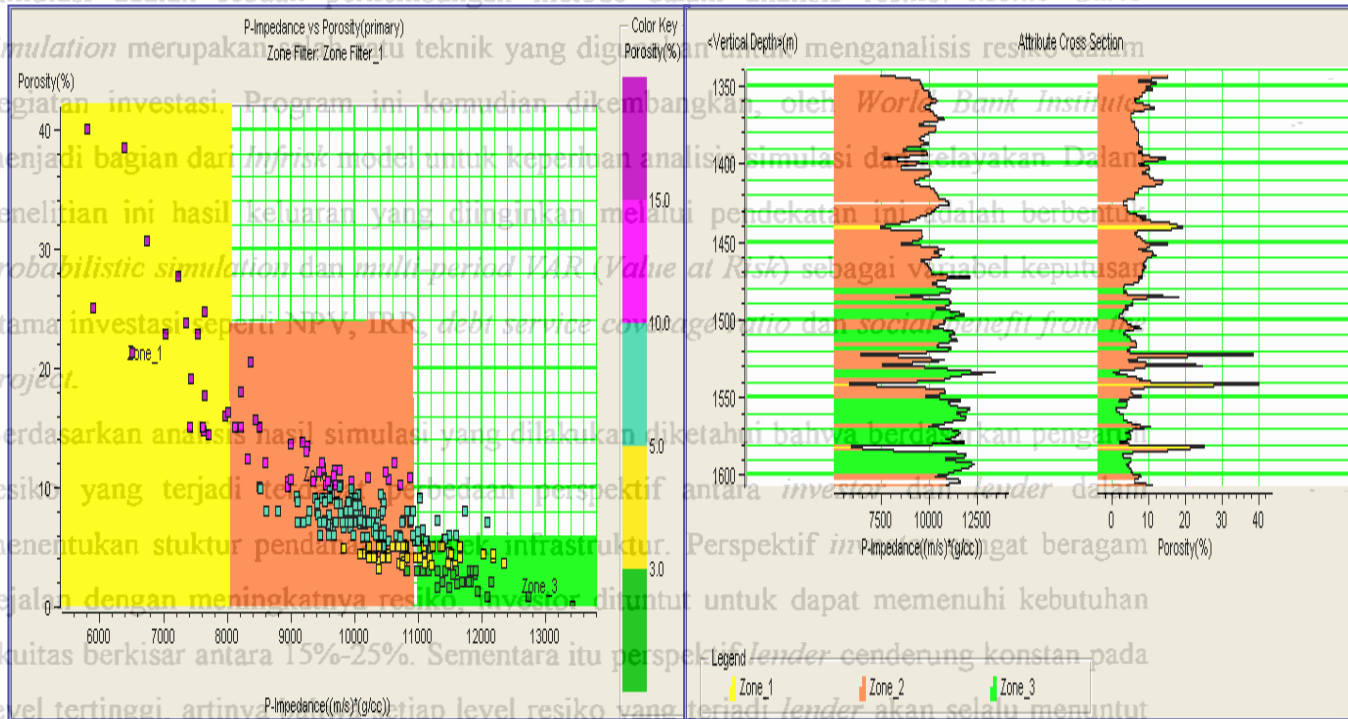
Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan

**Lampiran B. Analisa Sensitivitas – Log Impedansi-P v's Log Porosity**



Gambar B-6. Log impedansi akustik v's log porosity, sumur FB-09B.

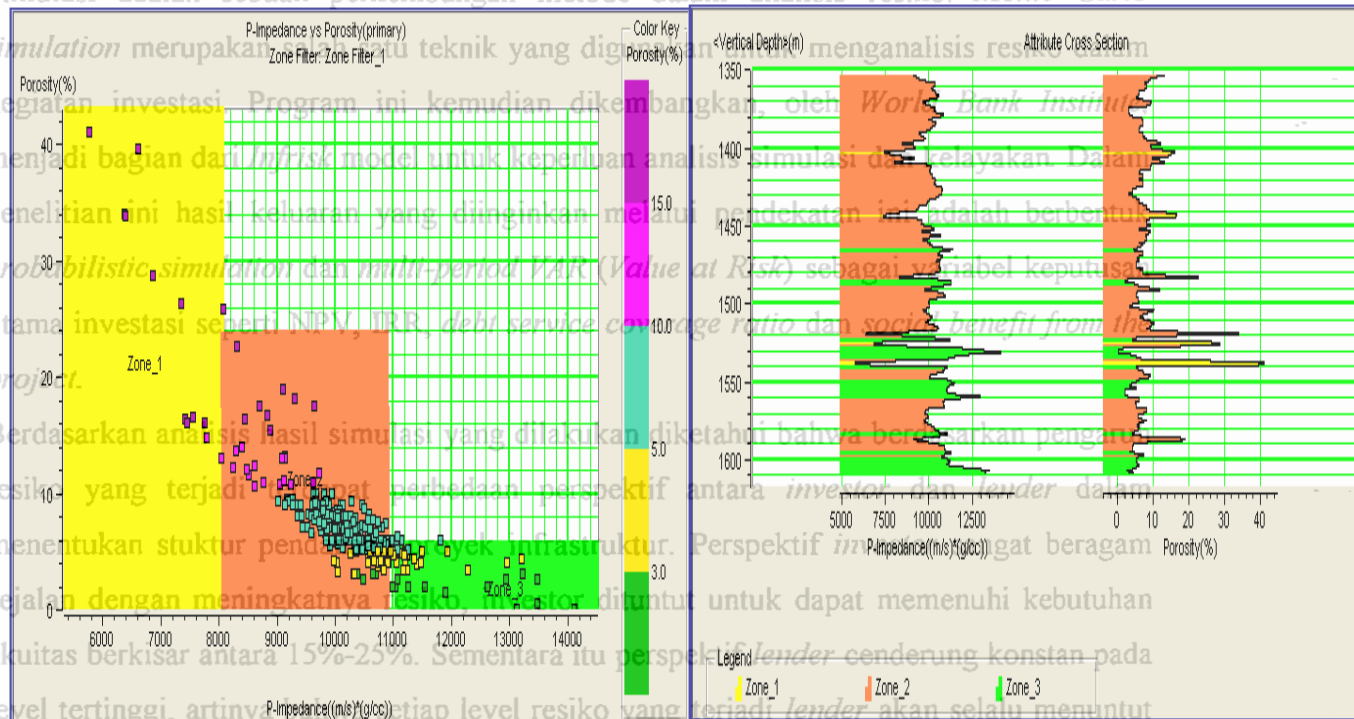
**Lampiran B. Analisa Sensitivitas – Log Impedansi-P v's Log Porosity**



Gambar B-7. Log impedansi akustik v's log porosity, sumur FB-11.

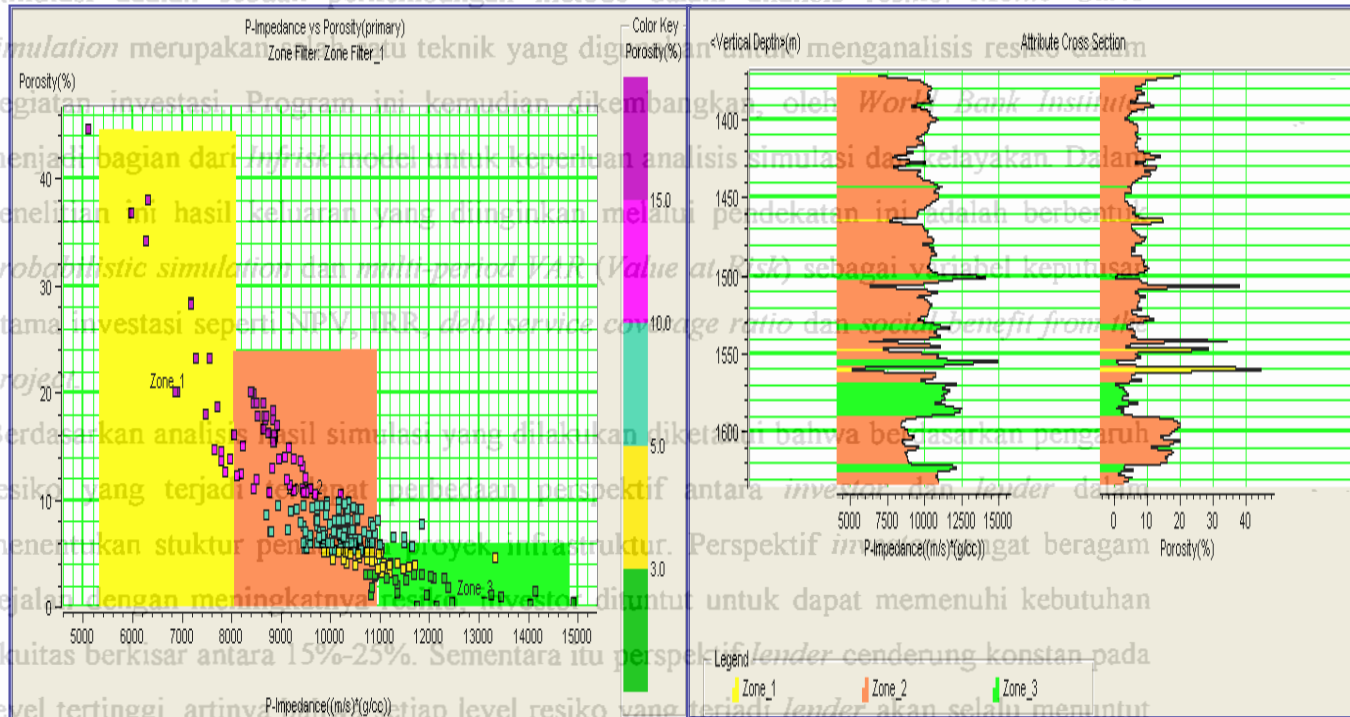


**Lampiran B. Analisa Sensitivitas – Log Impedansi-P v’s Log Porosity**



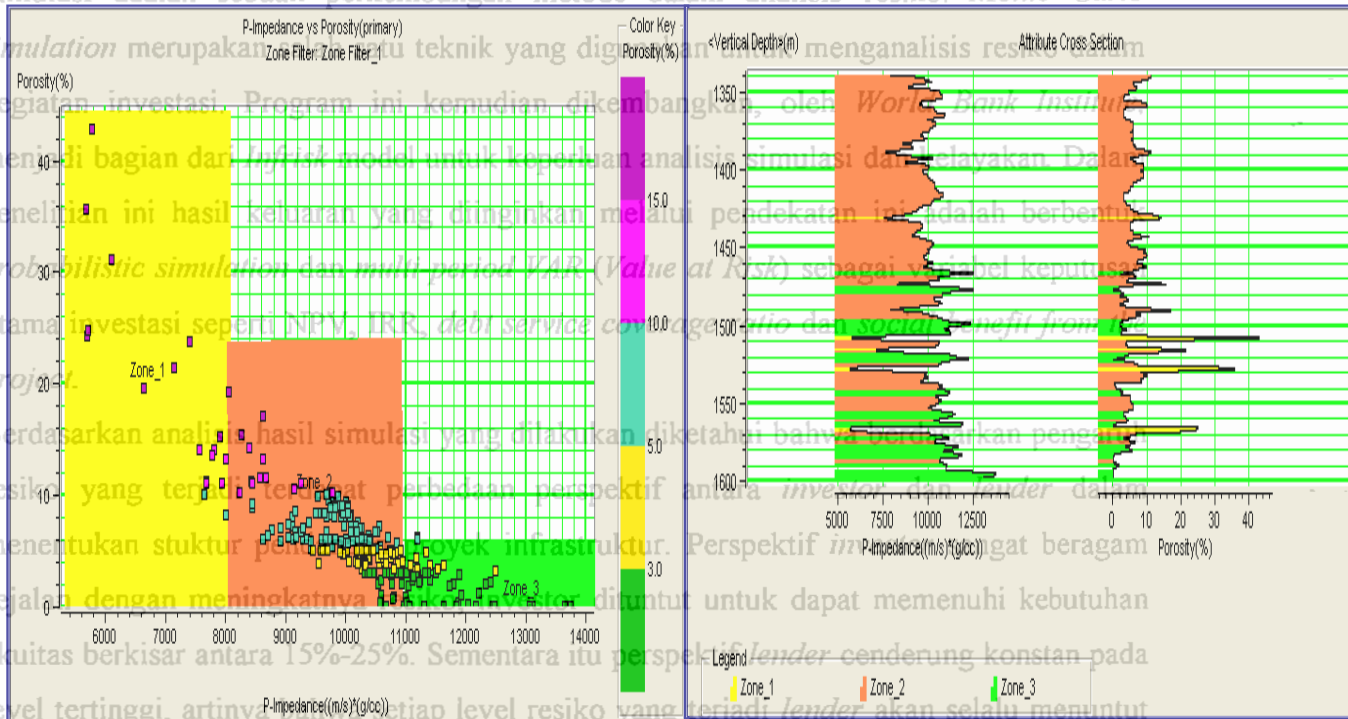
Gambar B-8. Log impedansi akustik v’s log porosity, sumur FB-12.

**Lampiran B. Analisa Sensitivitas – Log Impedansi-P v's Log Porosity**



Gambar B-9. Log impedansi akustik v's log porosity, sumur FB-13.

**Lampiran B. Analisa Sensitivitas – Log Impedansi-P v’s Log Porosity**

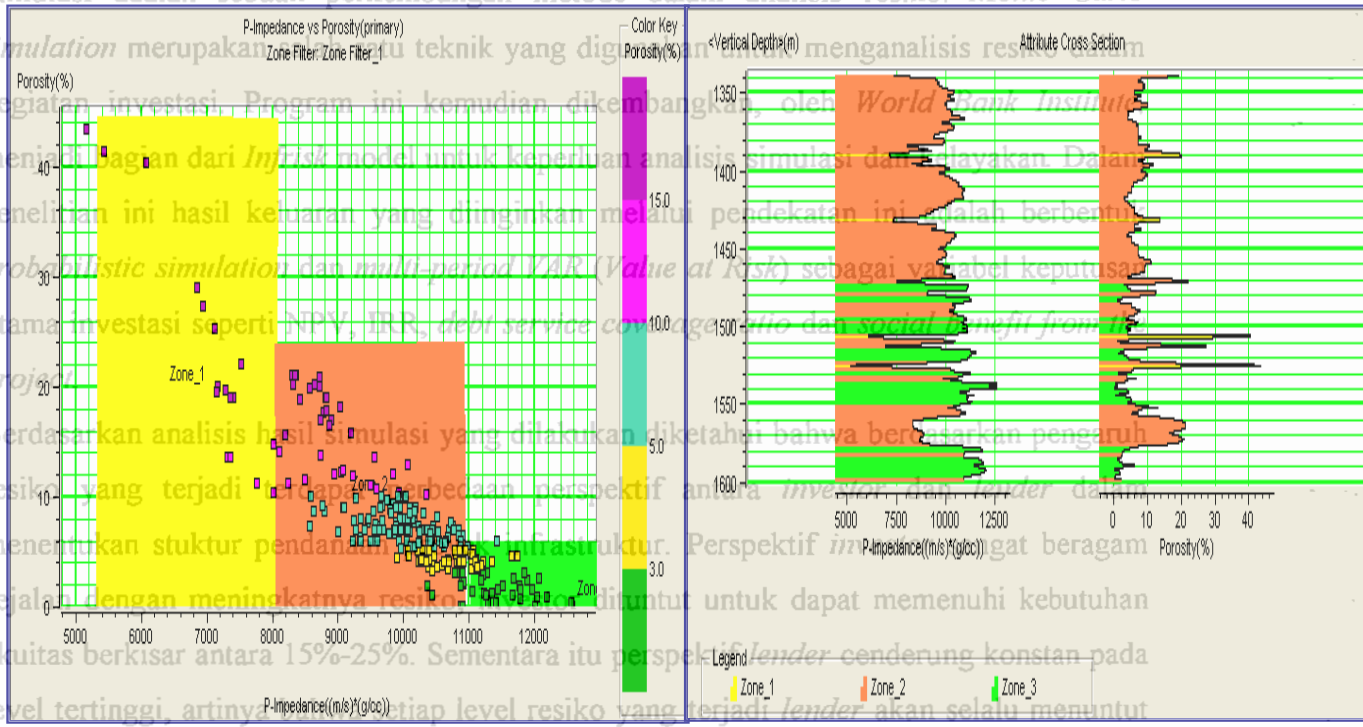


Gambar B-10. Log impedansi akustik v’s log porosity, sumur FB-14.

Jalan tol merupakan sarana infrastruktur untuk publik yang membutuhkan modal investasi besar. Namun investasi jalan tol merupakan proyek investasi yang mengandung resiko sangat tinggi karena ketidakpastian dan ketergantungan pada faktor luar yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran sejauh mana pengaruh resiko dalam pendanaan proyek infrastruktur jalan tol, mengetahui variabel resiko yang berpengaruh serta upaya apa yang dilakukan untuk memperkecil resiko. Dengan melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap investasi jalan tol di Indonesia yang memfokuskan pada struktur pendanaan yang akan digunakan serta *return* yang dianggap menguntungkan.

**Lampiran B. Analisa Sensitivitas – Log Impedansi-P v’s Log Porosity**

Simulasi adalah sebuah perkembangan metode dalam analisis resiko. *Monte Carlo simulation* merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisis resiko dalam kegiatan investasi. Program ini kemudian dikembangkan, oleh *World Bank Institut* menjadi bagian dari *Infrisk* model untuk keperluan analisis simulasi dan cakupan. Dalam penelitian ini hasil ketetapan yang diinginkan melalui pendekatan ini ialah berbentuk *probabilistic simulation* dan *multi-period VAR (Value at Risk)* sebagai variabel keputusan utama investasi seperti *NPV, IRR, debt service coverage ratio* dan *social benefit from the project*. Berdasarkan analisis hasil simulasi yang dilakukan diketahui bahwa berdasarkan pengaruh resiko yang terjadi terhadap perbedaan perspektif antara investor dan lender dalam menentukan struktur pendanaan infrastruktur. Perspektif *investor* sangat beragam sejauh *logaritma* dengan meningkatnya resiko. Untuk dapat memenuhi kebutuhan ekuitas berkisar antara 15%-25%. Sementara itu perspektif *lender* cenderung konstan pada level tertinggi, artinya setiap level resiko yang terjadi *lender* akan selalu menuntut



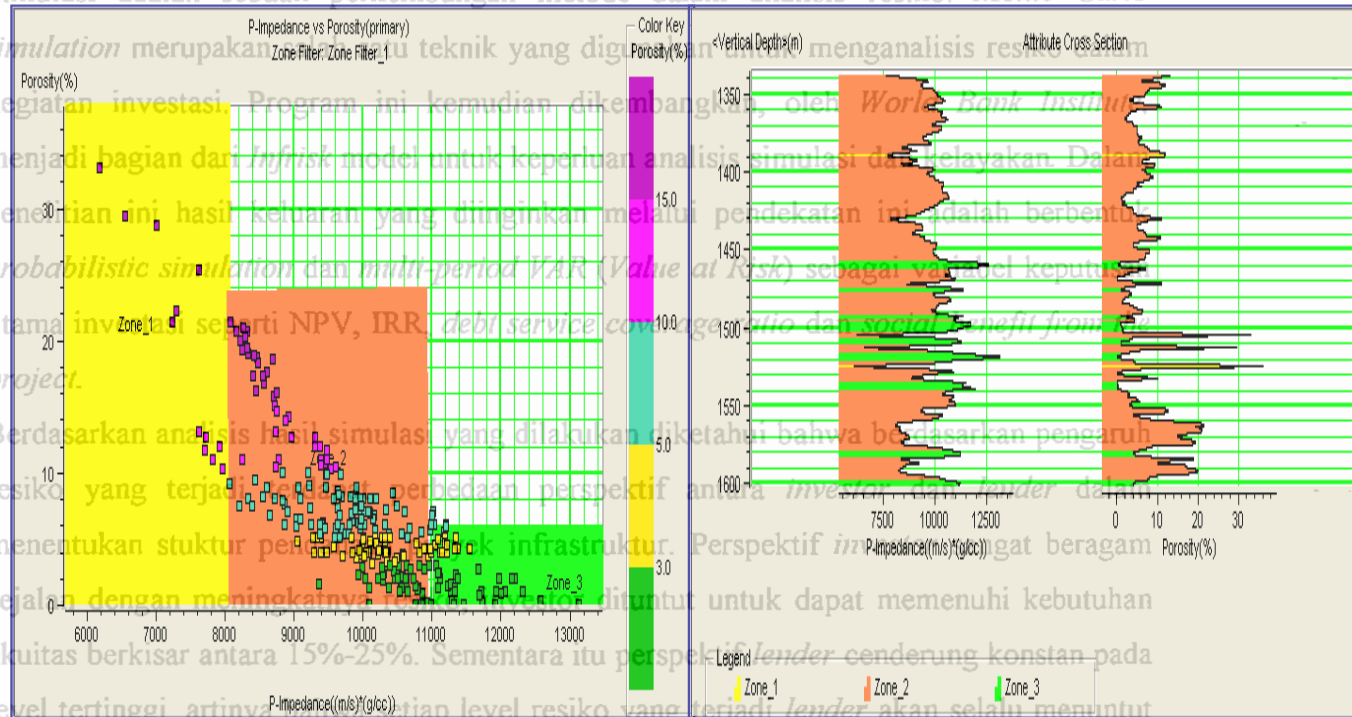
Gambar B-11. Log impedansi akustik v’s log porosity, sumur FB-16.

tinggi penyertaan modal dan investor dengan demikian pada *return* yang akan menerima konsekwensi terhadap *debt-financed* yang rendah.

Perlu dicatat bahwa kasus ini tidak dimaksudkan sebagai sebuah analisis yang lengkap mengenai berbagai skenario pendanaan yang seharusnya diselidiki pada sebuah kasus. Sebab Simulasi Infrisk yang digunakan dalam penelitian ini sangat terbatas dalam merefleksikan realitas dari berbagai struktur pendanaan dalam penyelenggaraan proyek jalan tol di Indonesia. Dalam menganalisis proyek sesungguhnya, sejumlah skenario pendanaan harus diselidiki dan tidak hanya skenario-skenario yang telah diilustrasikan



**Lampiran B. Analisa Sensitivitas – Log Impedansi-P v's Log Porosity**



Gambar B-12. Log impedansi akustik v's log porosity, sumur FB-29.